



Relatório Parcial I - 1|84

“Estudo de Viabilidade para Instalação e Operação de Centrais de Lodos nas Bacias PCJ”.

Relatório Parcial I.

Versão I.

**Contratante:
Consórcio Intermunicipal das Bacias dos Rios Piracicaba,
Capivari e Jundiáí.**

Setembro de 2010



Relatório Parcial I - 2|84

“Estudo de Viabilidade para Instalação e Operação de Centras de Lodos nas Bacias PCJ”.

Relatório Parcial I.

Versão I.

Elaborado por:

Biociclo

Consórcio firmado entre as empresas
Ciclo Ambiental Ltda e
BioSSOLO Agricultura e Ambiente Ltda
nos termos na Tomada de Preço 01/2010.

Equipe Técnica:

Jonas Jacob Chiaradia, eng. Dr.
Fernando Carvalho, eng. Dr.
Maria Emília Mattiazzo, eng. Dr.
Marcos Eduardo Gomes da Cunha, eng. MSc.
Marco Antônio Jacomazzi, eng. MSc.
Thelma Harumi Ohira, econ. MSc.
Camila Spíndola de Abreu Avancini, eng.
Aline Tonon, tec.
Rafael Erler, tec.

Consórcio Intermunicipal das Bacias dos Rios Piracicaba, Capivari e Jundiáí.

Setembro de 2010



ÍNDICE.

Índice de Tabelas.....	5
Índice de Figuras.	5
Acrônimos.	6
1. SUMÁRIO EXECUTIVO.	7
2. INTRODUÇÃO.....	8
2.1. Tópicos apresentados no presente relatório.....	8
3. O ESTADO DA ARTE	9
3.1. Resíduo de lodo de água. (RLA)	9
3.1.1. Conceituação e origem.....	9
3.1.2. Características.	10
3.1.3. Tratamento.	12
3.1.4. Espessamento ou adensamento.	13
3.1.5. Condicionamento.	15
3.1.6. Desidratação do lodo.....	15
3.2. Resíduo de lodo de esgoto. (RLE).....	17
3.2.1. Conceituação e origem.....	17
3.2.2. Alternativas de minimização do lodo.....	18
3.2.3. Estabilização do lodo.	19
3.2.4. Processos biológicos.	19
3.2.5. Estabilização química.	20
3.2.6. Oxidação úmida.	21
3.2.7. Pasteurização.....	21
3.2.8. Secagem térmica.	22
3.2.9. Condicionamento.	22
3.2.10. Desaguamento.....	25
4. LEVANTAMENTO DAS CARACTERÍSTICAS DO EFLUENTE BRUTO (ITEM 5.1) 33	
4.1. Levantamento da caracterização (quantidade e qualidade) dos afluentes das ETE's e das ETA's. (item 5.1 A)	33
4.2. Atendimento ao item 5.1 C.....	33
5. Levantar as concepções das ETA's e das ETE's existentes e previstas (curto prazo – até 2014) (item 5.3) :	34
5.1. Identificação dos tipos de sistemas (concepções) das ETA's e ETE's geradoras de lodo (tipologia) levando em consideração o levantamento inicial efetuado, que será fornecido pela contratante que apresenta o número de ETA's e ETE's, contatos para obtenção de informações detalhadas em cada município. Identificar a utilização dos coagulantes e auxiliares nos processos de tratamento (ETA's e ETE's) e quantidades utilizadas (5.3 A). ...	34



Relatório Parcial I - 4|84

5.2.	Apresentar de forma empírica o potencial de geração de lodo para todos os 62 municípios, conforme os cenários (atual e futuro), considerando os Planos Diretores Municipais de Saneamento (item 5.3 B);	35
5.3.	Lodo de ETA. – geração – caracterização quantitativa.	36
5.4.	Lodo de ETE. – geração – caracterização quantitativa.	40
5.5.	Algumas experiências aplicadas pelos serviços de água e esgotos em relação à gestão dos lodos de ETA (item 5.1 B).....	46
5.5.1.	A Experiência de Nova Odessa na Gestão de Lodos de ETA	47
5.5.2.	Estação de Tratamento de Lodo da ETA Capim Fino - Piracicaba	55
5.5.3.	Estação de Tratamento de Lodo da ETA 3 e 4 – Sanasa - Campinas	60
5.5.4.	A experiência da ETA RIO CLARO na gestão de Lodo de ETA.....	65
5.5.5.	Gestão de Lodo de ETA na ETA MONTE MOR – SABESP	69
5.5.6.	Gestão de lodo de ETA na ETA SÃO JOSÉ – ITUPEVA – SABESP.....	71
5.6.	Experiências aplicadas pelos serviços de água e esgotos em relação à gestão dos lodos de ETE (item 5.1 B).....	74
5.6.1.	A Experiência da ETE Jundiáí na gestão de lodo de ETE.....	74
6.	CONSIDERAÇÕES FINAIS E RECOMENDAÇÕES.	79
7.	REFERÊNCIAS BIBLIOGRAFICAS CONSULTADAS.....	83
8.	ANEXOS.....	84



Índice de Tabelas.

Tabela 5.2.1: Exemplos de concepções de ETE's e a produção de lodos de esgoto.....	36
Tabela 5.3.1 : Exemplos de sistemas de ETA's e a produção de lodos de decantador e de lavagem de filtros de areia.	38
Tabela 5.4.1: Exemplos de sistemas de ETE's e a produção de lodos de esgoto.	41

Índice de Figuras.

Figura 3.1.4. 1: Tanque de adensamento de lodo de ETA.	14
Figura 5.5.1. 1: Vista Geral do Sistema de Desidratação de lodo da ETA Nova Odessa.	47
Figura 5.5.1. 2: Decantadores para o Lodo de ETA.	49
Figura 5.5.1. 3: Leitões de secagem do lodo de ETA.	50
Figura 5.5.1.4: Disposição dos Bags na ETA.	51
Figura 5.5.1.5: (A) Leitões de secagem final e (B) Aparência final do lodo.	52
Figura 5.5.1.6: (A) Bloco cerâmico sem a adição de lodo e (B) com adição de lodo de ETA.	53
Figura 5.5.2. 1: Placa indicativa da ETL Capim Fino.	56
Figura 5.5.2.2: Vista Geral da ETL Capim Fino (área de disposição final do lodo ao fundo).	56
Figura 5.5.2. 3: Fluxograma da ETL Capim Fino.	57
Figura 5.5.2. 4: Adensadores de Lodo da ETL Capim Fino.	58
Figura 5.5.2. 5: Centrífuga da ETL-Capim Fino.	58
Figura 5.5.2. 6: Esteira de transporte de lodo para o aterro próprio da ETA.	59
Figura 5.5.2. 7: Tanque de Clarificação da ALF da ETA Capim Fino.	59
Figura 5.5.3.1: Vista parcial da ETL da ETA 3 e 4 – Sanasa - Campinas.	61
Figura 5.5.3.2: Vista geral da ETL da ETA 3 e 4 e Fluxograma do processo. –	62
Figura 5.5.3.3: Detalhe do tanque de adensamento.	63
Figura 5.5.3.4: Tanque de adensamento.	63
Figura 5.5.3.5: Saída do desaguamento do lodo de ETA. Fonte: Sanasa.	64
Figura 5.5.3.6: Transporte do Lodo de ETA para disposição final (aterro).	64
Figura 5.5.4. 1: Lavagem dos filtros.	65
Figura 5.5.4. 2: Água de lavagem dos filtros sendo conduzida para lagoa de decantação.	66
Figura 5.5.4. 3: Vista parcial do decantador.	66
Figura 5.5.4. 4: Vista parcial da lagoa de decantação em processo de enchimento.	67
Figura 5.5.4. 5: Vista parcial da lagoa de decantação com material decantado.	67
Figura 5.5.4. 6: Vista geral da secagem do lodo de ETA.	68
Figura 5.5.4. 7: Detalhe do secagem do lodo de ETA.	68
Figura 5.5.5. 1: Vista geral dos bags instalados na ETA.	69
Figura 5.5.5. 2: (A) - Caixa coletora dos efluentes, (B) Poço de recebimento dos efluentes. .	70
Figura 5.5.5. 3: (A) Detalhe da área de drenagem dos Bags, (B) - Lodo de ETA desaguado. .	70
Figura 5.5.6. 1: Tanque de decantação do lodo de ETA.	71
Figura 5.5.6. 2: Detalhe da saída do efluente sobrenadante que retorna ao tratamento.	72
Figura 5.5.6. 3: Detalhe do local onde está instalado o bag para acondicionamento do lodo. .	72
Figura 5.5.6. 4: Detalhe da canaleta coletora do efluente drenado dos bags.	73
Figura 5.6.1.1: Etapas do condicionamento do lodo de esgoto.	76
Figura 5.6.1.2. Etapas do processo de compostagem do lodo de esgoto ETEJ.	78



Acrônimos.

ETA	Estação de Tratamento de Água
ETE	Estação de Tratamento de Esgoto.
RLA	Resíduo de Lodo de Água
RLE	Resíduo de Lodo de Esgoto
SANASA	Sociedade de Abastecimento de Água e Saneamento.
PUC	Pontifícia Universidade Católica
UNICAMP	Universidade Federal de Campinas
RAFA	Reator Anaeróbio de Fluxo Ascendente
LA	Lodo Ativado
UGL	Unidade de Gerenciamento de Lodo



1. SUMÁRIO EXECUTIVO.

Para este primeiro relatório parcial utilizou-se da metodologia proposta no Termo de Referência, Anexo I do “Estudo de Viabilidade para Instalação e Operação de Centrais de Lodo nas bacias do PCJ”.

Em reunião entre partes contratadas elencou-se as maiores cidades e em comum acordo decidiu-se que o trabalho teria como foco prioritário inicialmente os municípios de CAMPINAS, LIMEIRA, PIRACICABA, JUNDIAI e MUNICÍPIOS ATENDIDOS PELA SABESP (Águas de São Pedro, Bragança Paulista, Cabreúva, Campo Limpo Paulista, Charqueada, Elias Fausto, Hortolândia, Itatiba, Itupeva, Jarinu, Joanópolis, Mombuca, Monte Mor, Morungaba, Nazaré Paulista, Paulínia, Pedra Bela, Pinhalzinho, Piracaia, Santa Maria da Serra, Vargem, Várzea Paulista.).

Apesar de todos os esforços ainda não se têm todos dos dados solicitados via Ofício P - 016/2010 (Circular).

Para o estudo das ETAs, 46,19% dos municípios da bacia já apresentam tanto as respostas dos questionários quanto as visitas realizadas. 16,27% enviaram o questionário, mas não foi possível a visita devido à agendamentos e 24,20% foram visitados porém ainda não enviaram as informações solicitadas. Cerca de 15,70% dos municípios não enviaram os questionários e também não foram visitados.

Para as ETEs, cerca de 45,04% dos municípios foram visitados, porém, ainda não enviaram as informações solicitadas. Aproximadamente 21,65% dos municípios foram visitados e apresentaram as informações técnicas e 11,92% enviaram os questionários, mas não foram visitados. Perto de 4,99% dos municípios que não possuem tratamento de esgoto foram visitados. Aproximadamente 20,10% dos municípios não enviaram os dados e não foram visitados.

Desta forma, nesta versão I do relatório parcial I apresentamos a evolução dos trabalhos que foram disponibilizados e as devidas as considerações feitas nas visitas em campo.



2. INTRODUÇÃO.

A presente versão do relatório parcial apresenta os tópicos estabelecidos no Termo de Referência “Estudo de Viabilidade para Instalação e Operação de Centrais de Lodo nas bacias do PCJ”, Anexo I, no item 10.1 – RELATÓRIO PARCIAL I em seus tópicos relativos aos itens 5.1(A, B e C) e 5.3 (A e B) que são compilados abaixo.

2.1. Tópicos apresentados no presente relatório

Levantamento das características do efluente bruto (item 5.1)

- Levantar a caracterização (quantidade e qualidade) dos afluentes das ETE's e das ETA's. (item 5.1 A)
- Relatar das experiências aplicadas pelos serviços de água e esgotos em relação à gestão dos lodos (item 5.1 B)
- Levantar os documentos dos serviços e departamentos de água e esgotos sobre a aprovação, autorização e monitoramento para interligação na rede pública do(s) lançamentos (s) de origem industrial ou de serviços, com atendimento à Lei Estadual nº 997/76 , ao Decreto Estadual nº. 8486/76 e suas alterações afins. (5.1 C).

Levantar as concepções das ETA's e das ETE's existentes e previstas (curto prazo – até 2014), considerando (item 5.3) :

- Identificação dos tipos de sistemas (concepções) das ETA's e ETE's geradoras de lodo (tipologia) levando em consideração o levantamento inicial efetuado, que será fornecido pela contratante que apresenta o número de ETA's e ETE's, contatos para obtenção de informações detalhadas em cada município. Identificar a utilização dos coagulantes e auxiliares nos processos de tratamento (ETA's e ETE's) e quantidades utilizadas (5.3 A).
- Apresentar de forma empírica o potencial de geração de lodo para todos os 62 municípios, conforme os cenários (atual e futuro), considerando os Planos Diretores Municipais de Saneamento (item 5.3 B).



3. O ESTADO DA ARTE

3.1. Resíduo de lodo de água. (RLA)

3.1.1. Conceituação e origem.

Lodo proveniente de Estação de Tratamento de Água - ETA de acordo com os dados apresentados por Gildbold, et.al (2003) apud Isaac & Morita (2004) em seu Relatório Final do Projeto Beta¹, é “todo resíduo proveniente do tratamento para produzir água potável a partir da água bruta”. Há ainda uma convenção no meio acadêmico pela qual se determina mais adequado a terminologia “resíduo sólido” em detrimento a terminologia “lodo”, pois a primeira possui uma conotação mais positiva, quando se trata de reuso.

A composição básica deste resíduo são impurezas removidas somadas aos produtos químicos utilizados no processo. Pode-se afirmar que a produção de resíduo sólido numa ETA compreende algo superior a 5% da produção anual da estação.

Outros autores como Richter (2001), apud Isaac & Morita (2004) considera que o resíduo sólido proveniente de ETA seja constituído de “água e sólidos em suspensão originalmente contidos na fonte de abastecimento, acrescidos de produtos resultantes dos reagentes aplicados à água nos processos de tratamento, bem como suas impurezas.”. Ele ainda ressalta que o tipo de tratamento escolhido influi diretamente na origem do lodo. Já Sarabia (2001), apud Isaac & Morita (2004) pondera que a constituição dos resíduos seja “materiais que são removidos da água bruta, tais como: argila, substâncias húmicas, microrganismos e produtos usados na coagulação química. Ele contém entre 93,0 e 99,5% de água, assim como sólidos inicialmente presentes na água ou gerados durante o tratamento.”

Segundo Coenwell et. al (2000), apud Isaac & Morita(2004) as ETA's geram “uma grande variedade de diferentes resíduos sólidos que podem ser, geralmente, classificados em: resíduos de alumínio, de cloreto polialumínico (PAC), de ferro, de abrandamento com cal, de polímero, de coagulante-cal e de ferro/mangânês”.

¹ O Projeto BETA, resultado da parceria entre UNUCAMP, SANASA, Prefeitura Municipal de Campinas e *Degussa Water Treatment*, teve por objetivo geral a minimização e melhoria da qualidade dos resíduos gerados nas Estações de Tratamento de Água 3 e 4 (ETAs 3 e 4), bem como a avaliação de seu potencial uso na construção civil.



Relatório Parcial I - 10|84

Quanto às concepções de tratamento mais difundidas encontram-se as ETAs Convencionais e as ETAs de Abrandamento que recebem essas classificações de acordo com suas funções:

- convencionais (coagulação, floculação, decantação, filtração, desinfecção): tem finalidade básica de remoção de cor/turbidez. Utiliza, geralmente, sulfato de alumínio ou cloreto férrico como coagulante primário. Produz lodo resultante da coagulação, floculação e sedimentação, além da água de lavagem dos filtros.

- de abrandamento: tem finalidade básica de remoção de dureza, através da precipitação do carbonato de cálcio e/ou de magnésio, pelo acréscimo de cal. Produz lodo de abrandamento.

Na bacia do PCJ é largamente utilizada a concepção convencional, sendo que até a finalização deste relatório não recebemos informação da existência da concepção de abrandamento. Segundo Richter (2001), apud Isaac & Morita (2004) em concepções convencionais “60 a 95% (em massa de sólidos) do lodo é removido nas unidades de decantação e o restante nos filtros. A porcentagem de lodo removida depende dos processos utilizados no tratamento, e geralmente encontra-se entre 0,2 a 5% do volume tratado pela estação”.

3.1.2. Características.

Segundo Richter (2001), apud Isaac & Morita (2004) as características dos resíduos provenientes de ETA's variam de acordo com as características da água bruta, dos processos e operações unitários além dos produtos químicos utilizados.

“O lodo de sulfato de alumínio é um fluido não-newtoniano, gelatinoso, cuja fração de sólidos é constituída de hidróxido de alumínio, partículas inorgânicas, colóides e resíduos orgânicos, inclusive bactérias e outros organismos removidos no processo de coagulação/ floculação/ sedimentação. Estes lodos sedimentam com relativa facilidade, porém sua baixa compressibilidade resulta em grande volume e baixo teor de sólidos.”

Ainda segundo Richter (2001), apud Isaac & Morita (2004), o resíduo gerado a partir do uso de coagulantes férricos tem características e composição aproximada ao dos resíduos gerados pelo uso de sulfato de alumínio, diferindo-se na formação de hidróxido de ferro.



Relatório Parcial I - 11|84

Embora, até o momento, pouco citado na bacia do PCJ, o resíduo formado no processo de abrandamento, quando feito por cal, é formado basicamente de carbonato de cálcio, sendo praticamente inexistente a presença de matéria orgânica. De acordo com Richter (2001), apud Isaac & Morita (2004) “sua composição inclui 75% de CaCO_3 , 6% de sílica como SiO_2 , 7% de carbono total, 3% de alumínio como Al_2O_3 e 2 % de magnésio como MgO ”. Vale ressaltar que tanto a composição, quanto a massa e o volume variam de acordo com a água bruta, e devem ser lavados em consideração a dureza removida e outras características físico-químicas.

Os resíduos resultantes das lavagens dos filtros estão intimamente ligados à eficiência da operação de filtração e dos processos das unidades de tratamento. Segundo Barbosa (2000), apud Isaac & Morita (2004), classificou este tipo de resíduo como partículas finas, hidróxidos complexos de alumínio e ferro, plâncton, matéria orgânica, água e subprodutos gerados no processo de coagulação, além de impurezas contidas nos produtos químicos aplicados. Já os resíduos retidos nos decantadores e nos flutadores, bem como a água de lavagem dos filtros, a referência citada afirma que possuem baixa biodegradabilidade, alta concentração de sólidos totais (esta concentração é mais baixa na água de lavagem dos filtros quando comparada ao lodo da ETA), patógenos e, eventualmente, metais pesados.

Porém, para que se tenha uma caracterização mais próxima a realidade dos resíduos de ETA, é imprescindível que se faça uma análise de parâmetros como sólidos, pH, metais, nitrogênio, fósforo total, carbono orgânico total (COT), etc. Alguns autores sugerem ainda outros parâmetros pouco convencionais como por exemplo pesticidas, hidrocarbonetos aromáticos polinucleares (PAHs) e compostos fenólicos. Há ainda outros autores que pesquisam a contaminação orgânica.

Quando se deseja definir qual é a metodologia mais adequada para a redução de água presente no lodo, bem como o tipo de equipamento e condições de funcionamento outras análises se fazem necessárias, tais como filtrabilidade, resistência específica, sedimentabilidade, compressibilidade, tamanho e distribuição de partículas.

De acordo com Yuzhu (1996) apud Isaac & Morita (2004) a “a filtrabilidade e a sedimentabilidade são características físicas do lodo que dependem do teor de sólidos, dosagem de coagulante e outros compostos presentes no lodo”.



Relatório Parcial I - 12|84

A filtrabilidade é definida pelo diferencial de pressão necessário para produzir uma vazão unitária de filtrado de viscosidade unitária através de uma torta de lodo de massa unitária em base seca, esse diferencial pode ser medido pelo parâmetro da resistência específica.

A sedimentação varia de acordo com o volume e o peso dos flocos formados e a compressibilidade é função do tamanho das partículas e de sua deformação pela pressão aplicada.

A resistência específica dos resíduos sólidos de ETA's já foi estudada por alguns autores e segundo Isaac & Morita (2004), pode variar entre 0,33 e 7,35 (1012 m/kg), para lodos provenientes de decantadores e 0,83 e 9,58 (1012 m/kg) para lodos provenientes de filtros. Outros dois testes podem substituir o teste de resistência específica, o primeiro chama-se CST (Capillary Suction Time), que trata do tempo necessário para uma fração de lodo percorrer uma determinada distância, num ambiente poroso. Valores padrões para CST foram determinados por Cornwell et al. (1990) apud Isaac & Morita (2004) variando entre 7 e 70 segundos. O segundo e mais simples é o tempo de filtração. Segundo Miki (1998), apud Isaac & Morita (2004), ele é na verdade uma simplificação do teste de resistência, em que é tomado somente o tempo final de filtração de um volume pré-estabelecido e feita uma análise qualitativa do filtrado.

3.1.3. Tratamento.

O principal objetivo quando se fala em tratamento de Resíduos de Lodo de Água - RLA é minimizar os impactos ambientais, encontrando uma alternativa de disposição final adequada e econômica. Hoje os processos comumente utilizados no tratameto de RLA são: no adensamento, condicionamento e desaguamento ou desidratação do lodo. Cornwell (1997) apud Isaac & Morita (2004) classifica a água de acordo com sua procedência no processo de geração de RLA e chama de água livre aquela que pode ser removida por gravidade. Para ele água do floco á aquela que encontra-se intimamente ligada á partícula floculada e neste caso há a necessidade de desidratação mecânica para removê-la. Já a água capilar encontra-se fortemente ligada às partículas sólidas e essa ligação é via pontes de hidrogênio, portanto difícil de ser rompido. Nesse caso o desaguamento mecânico só é alcançado com o



Relatório Parcial I - 13|84

rompimento do floco. A última forma de água no processo é aquela ligada quimicamente à partícula coloidal e sua remoção é alcançada apenas com a utilização de altas temperaturas, quando a água se encontra neste estado é chamada de água adsorvida.

Segundo Yuzhu (1996) apud Isaac & Morita (2004) “a prática mais eficiente para a redução do conteúdo de água no lodo é o adensamento seguido de desidratação natural ou mecânica e, como etapa final, o processo térmico”.

A eficiência na remoção de água no RLA é proporcionalmente inversa ao valor da resistência específica, nestes casos a adição de polímeros auxilia e melhora as condições de desidratação.

3.1.4. Espessamento ou adensamento.

Segundo Reali & Patrizzi (1999) apud Isaac & Morita (2004) a primeira etapa de remoção da água dos lodos pode ser realizado por gravidade ou por flotação e nesse caso é chamada de espessamento ou adensamento do lodo.

De acordo com Cornwell (1999) apud Isaac & Morita (2004) o adensamento torna-se uma alternativa atrativa, pois sem altos custos se obtêm uma significativa redução no volume de RLA, e se envia para a etapa seguinte um efluente mais concentrado. Segundo cálculos alcança-se uma redução de volume que pode chegar até a 90%, para um RLA que entrou no processo com o teor de sólidos variando de 1 a 10%.

A forma mais difundida de adensamento do lodo é por gravidade. Neste caso o processo pode ocorrer continuamente ou por batelada e basicamente o adensador deve possuir um dispositivo superior, para retirada do clarificado e um dispositivo de fundo, para retirada do lodo adensado. Há algumas situações em que o adensador é equipado com um mecanismo de raspador de fundo que direciona o RLA para o dispositivo de descarte. Na Figura 3.1.4. 1, tem-se um exemplo de adensador de lodo encontrado na ETA São José, no município de Itupeva (SP).



Figura 3.1.4. 1: Tanque de adensamento de lodo de ETA.

Alguns autores como Yuzhu (1996) apud Isaac & Morita (2004) defendem que “um adensador por gravidade pode chegar sólidos entre 1 e 2%, sendo que ao utilizar um pré-condicionamento com polímeros orgânicos, este valor pode chegar a 5% ou mais.”

Segundo Reali (1999) apud Isaac & Morita (2004), uma prática que começou a ser recentemente usada é o adensamento de lodo por flotação a ar dissolvido. Por este sistema consegue-se alcançar maiores taxas de clarificados assim como maiores teores de sólidos no lodo espessado.

Pelo princípio da flotação o lodo acumulado é retirado pela superfície com o auxílio de raspadores, pois a aspersão de ar faz com que micro bolhas fiquem aderidas no floco de lodo e provocam o movimento em direção à superfície. O clarificado é retirado por orifícios próximos ao fundo. Nos municípios visitados até o momento não se encontrou nenhuma iniciativa neste sentido. O mesmo autor ainda cita outro processo de adensamento baseado no funcionamento dos filtros prensas de esteira. Esse mecanismo é chamado de “adensamento mecânico de esteiras”. Trata-se de um equipamento pelo qual o lodo depois de receber um condicionamento químico, passa para a zona de drenagem (uma passagem através da tela que constitui a esteira), onde é retirada a água por ação da gravidade.



3.1.5. Condicionamento.

Com o condicionamento do lodo espera-se aperfeiçoar a eficiência da separação de água nas etapas de adensamento e desaguamento do lodo. Espera-se alcançar essa condição diminuindo a resistência específica. De acordo com Di Bernardo (2002) apud Isaac e Morita (2004) esse processo pode ser químico ou físico. Há alguns fatores que podem dificultar a separação da água do lodo: as partículas de lodo são carregadas negativamente e tendem a repelir-se, podendo também, por efeito da hidratação, formar uma película líquida carregada negativamente que impede a aproximação das mesmas para a formação do floco; devido à agitação, tem-se a redução do tamanho médio dos flocos, provocando aumento da área superficial das partículas, o que resulta em maior resistência à separação.

Ainda segundo o autor os processos mais conhecidos são: congelamento-degelo, tratamento térmico, oxidação com peróxido de hidrogênio e aplicação de polímeros, sendo este último o método mais utilizado.

3.1.6. Desidratação do lodo.

Existem duas maneiras básicas de desidratar o lodo. Segundo Cornwell (1999) apud Isaac e Morita (2004) esses métodos podem ser mecânicos ou não mecânicos. Dentre os não mecânicos têm-se os leitos de secagem com areia, leitos de secagem solar, lagoas de lodo e leitos de congelamento-degelo. Já dentre os mecânicos, podem ser citados filtro prensa de esteiras, centrífuga, filtro prensa e, de menor aplicação, filtro à vácuo.

O processo de desidratação do RLA possui dois princípios básicos e segundo Richter (2001), apud Isaac e Morita (2004) a separação por sedimentação e a separação por filtração. A primeira tem-se a ação de campos de forças, seja ela gravitacional ou centrífuga, e deve ser usada nos casos em que o sólido é mais denso que o líquido (por exemplo, no uso da centrífuga). No segundo o mecanismo consiste em que os sólidos fiquem retidos em uma superfície filtrante, sob alta ou baixa pressão. (como por exemplo, no uso de filtro prensas de esteira, filtros de placas, filtros a vácuo, etc.)



Relatório Parcial I - 16|84

Cada uma das alternativas de desaguamento do RLA tem suas vantagens e desvantagens, conforme abaixo:

Prensa desaguadora (filtro prensa de esteiras): alcança teores de sólidos próximos a 40-50%. Lodos de alumínio e ferro chegam a um teor de sólidos variando de 15 a 20 %%. Como limitação deste método pode ser citado a fragilidade das correias que tendem a se deteriorar rapidamente na presença de materiais abrasivos, além disso, sua eficiência é muito sensível às características da suspensão, embora seu custo relativo seja baixo. Para promover o desaguamento do lodo, usa uma combinação entre drenagem gravitacional e pressão mecânica, além de um condicionamento químico. Normalmente o lodo entra no sistema por duas correias, onde uma delas atua como meio filtrante. A rolagem das correias provoca o dreno do líquido, completando o circuito.

Decantação centrífuga: esse tipo de aparelho é indicado para instalações que tenham problemas de áreas. Ela alcança uma eficiência de 15 - 35% em média, para lodos de alumínio esse percentual varia de 16 - 18%%. O tambor pode sofrer abrasão. Não é tão eficiente da desidratação como na filtração, mesmo assim tem seu custo avaliado como médio. Neste mecanismo o que ocorre é uma separação de fases. O lodo é colocado dentro de um tambor submetido a altas rotações, que provoca um campo centrífugo. A separação ocorre porque as partículas mais densas são levadas ao centro do tambor separando-as da fase líquida.

Filtro prensa: tem um custo alto, eficiente para sedimentos finos, capaz de chegar a uma torta com 40-45% de teor de sólidos de lodos com cal. Como desvantagens pode-se citar o elevado custo operacional e energético, necessita de aplicação de cal e cinza e de elevação do pH a 11,5, além da troca do meio filtrante ser demorada.

Filtro rotativo a vácuo: é o aparelho com maior custo, indicado para desidratar sedimentos finos, podendo obter tortas com de 30 - 40 %%. Possui grande deficiência na filtração e um alto consumo de energia. Seu mecanismo de funcionamento consiste em tambores revestidos com uma tela filtrante. Algumas partes desse tambor são submetidas a pressões ora positivas e ora negativas. Essa alternância de pressões impulsiona o lodo para a superfície do tambor, se separando da parte líquida que percola pela superfície filtrante.



3.2. Resíduo de lodo de esgoto. (RLE)

3.2.1. Conceituação e origem.

O lodo, a princípio, é considerado matéria prima para os processos de tratamento de esgoto, seja nos processos aeróbios seja nos processos anaeróbios. O excesso de matéria-prima é que se torna resíduo. Segundo Andreoli, Lara & Fernandes (1999) apud Cunha (2002) em seu Relatório Final do Projeto BioLodo² “todos os sistemas de tratamento de esgotos produzem Resíduos de Lodos de Esgotos (RLE).”

O RLE é classificado de acordo com o momento de sua geração no processo e assim pode receber a denominação de:

Lodo primário: resíduo proveniente da etapa preliminar do tratamento, também chamado de tratamento primário que consiste em gradeamento, caixa de areia e em alguns casos caixa de gordura. Sua constituição é o próprio esgoto sanitário ainda com seus sólidos orgânicos e inorgânicos em suspensão e altamente concentrados. Necessita de tratamento no sentido de diminuir seu volume e estabilizar a matéria orgânica.

Lodo secundário: oriundos do processo biológico de degradação da matéria orgânica. É um lodo composto predominantemente por microorganismos, produtos extracelulares e eventuais resíduos que passaram pelo tratamento primário.

Lodo digerido / desidratado: é o lodo que passou por um processo de adensamento, estabilização e digestão biológica e, portanto encontra-se mais concentrado, inertes e concentrados.

Estima-se que o tratamento do RLE represente de 20 - 60 % dos custos operacionais de um sistema de tratamento de esgotos. Estima-se a produção de RLE no Brasil entre 150 e 300 mil toneladas de matéria seca ao ano. Esse número tende a crescer a medida que os serviços de saneamento básico como coleta, afastamento e tratamento de esgoto atingirem os índices desejáveis, visto que hoje esse número fica muito aquém do esperado.

Esses resíduos têm composição e volume variável e dependem do tipo de efluente e do processo utilizado. Os principais interferentes quantitativos na produção do lodo são:

² O Projeto BioLodo, resultado da parceria entre FEAM (Faculdade de Engenharia Ambiental) do CEATEC (Centro de Ciências Exatas Ambientais e de Tecnologias) da PUC-Campinas e a SANASA, teve por objetivo desenvolvimento científico e tecnológico no “Aproveitamento do Lodo de Esgoto de ETEs para fins agrícola, energético e de construção civil dentro da região geográfica do município de Campinas



Relatório Parcial I - 18|84

Carga orgânica: o teor de sólidos voláteis está diretamente ligado à quantidade de lodo produzido, então, quanto maior a carga orgânica, maior a quantidade de lodo gerado.

Tipo de processo a escolha do processo para o tratamento do efluente interfere na quantidade de lodo gerado. Processos biológicos, aeróbio e anaeróbio, físico-químico geram quantidades específica de lodo, largamente conhecidos na literatura.

Eficiência do sistema: à medida que se tem uma melhora na eficiência do tratamento, proporcionalmente se têm um aumento na geração de lodo.

3.2.2. Alternativas de minimização do lodo.

Na fase líquida os mecanismos de minimização na geração do lodo encontram-se na escolha do tipo de tratamento. Isso implica inclusive na escolha da sepa de microorganismos para atuar no sistema, onde a priorização de microorganismos de baixa taxa. De crescimento de biomassa resulta numa geração reduzida de lodo. As condições operacionais também interferem.

Ainda, podem-se usar métodos combinados, onde primeiro o efluente passa por um tratamento com o intuito de redução de massa (por exemplo, o processo biológico combinado anaeróbio/aeróbio) seguida de processos que propiciem a estabilização do lodo. (por exemplo, a floto-decantação)

A configuração RAFA (Reator Anaeróbio de Fluxo Ascendente) e LA (Lodos Ativados) amplia significativamente a importância do tratamento primário, que passa atuar, tanto no compartimento particulado, quanto no compartimento solúvel do substrato carbonáceo do esgoto. Pelo menos 70% do material carbonáceo afluente ao conjunto é metabolizado anaerobicamente no RAFA. Conseqüentemente, baixa produção de lodo e uma grande economia de energia são vantagens da associação RAFA + LA com relação à configuração original. A potência de aeração requerida por uma associação de reatores RAFA e reatores LA corresponde a cerca de 40% daquela referente à exigida, por exemplo, em um processo convencional de lodos ativados.

Bem operado, um tratamento anaeróbio equivale normalmente a 20% da produção de RLE comparado a um sistema aeróbio. Mesmo usando um processo aeróbio posterior o saldo total na geração de RLE ainda fica cerca de 60% da produzida em um processo aeróbio simples.



Relatório Parcial I - 19|84

Na fase sólida a geração de lodo pode ser minimizada com duas hipóteses: com o incremento da biodegradabilidade do lodo em excesso, antes da etapa de digestão, ou a seleção de técnicas de estabilização/higienização que não agreguem massa ou volume ao lodo de descarte, técnicas conhecidas e usadas para este fim são: tratamento térmico, ozonização, solubilização química pela via ácida, hidrólise alcalina, ultrassom e desintegração mecânica ou ainda a estabilização biológica, entre outras.

3.2.3. Estabilização do lodo.

Quando se pensa em alternativas para o RLE mais sustentáveis, a estabilização é parte importante no processo. Com a estabilização do lodo espera-se uma redução no odor e na concentração de patógenos. Quanto mais o lodo se assemelhar à matéria orgânica “fresca”, maior será seu potencial de putrefação e produção de odores desagradáveis. À medida que o lodo fresco passa por processos de biotransformação, seus componentes orgânicos mais facilmente biodegradáveis são transformados e o lodo ganha características de lodo estabilizado, apresentando odores menos ofensivos e menor concentração de microrganismos patogênicos. A necessidade de estabilização do lodo está ligada principalmente a duas características negativas do lodo fresco: seu potencial de produzir odores e seu conteúdo em microrganismo patogênico.

3.2.4. Processos biológicos.

Os processos biológicos de estabilização do lodo são mecanismos naturais de biodegradação, tais como digestão anaeróbia, digestão aeróbia, digestão aeróbia autotérmica e compostagem.

Na digestão anaeróbia o lodo é depositado em tanques de concreto e o processo de digestão tem como subproduto a geração de metano, dióxido de carbono e outros gases, além do lodo estabilizado. Para o processo completo são necessárias três famílias de microrganismos:

De solubilização: são microrganismos responsáveis por quebrar moléculas grandes como proteínas, lipídios e carboidratos em moléculas de cadeias menores. Essa quebra é feita por intermédio da hidrólise.



Relatório Parcial I - 20/84

As acidogênicas: são os microorganismos responsáveis por transformar os produtos da solubilização em ácidos orgânicos de cadeias curtas, como ácido acético, propiônico e lático.

As metanogênicas: são os microorganismos que transformam os ácidos em metano, dióxido de carbono e outros gases.

Na digestão aeróbica quem atua são os microorganismos aeróbios e o processo passa por duas etapas, a oxidação direta da matéria orgânica biodegradável, seguida da oxidação do material microbiano celular. Essa segunda etapa ocorre quando o substrato disponível se exaure e os microorganismos passam a degradar o próprio protoplasma. Devido à necessidade de manter o processo em respiração endógena, a digestão aeróbia é tipicamente utilizada para estabilizar lodos ativados, pois estes lodos têm grande massa bacteriana. Teoricamente, 50% da alcalinidade consumida pela nitrificação é recuperada pela denitrificação. Caso haja queda excessiva de pH devido à nitrificação, o sistema pode passar por um período de denitrificação, desligando-se os aeradores ou acondicionando-se cal ao lodo para reestabelecer o pH.

Na digestão aeróbica autotérmica segue os mesmos preceitos da digestão aeróbica com a adição de uma fase termófila. O sistema geralmente utiliza dois reatores aeróbios de dois estágios que operam em fase termófila, sem fornecimento suplementar de energia. O primeiro reator trabalha a temperaturas próximas de 55°C, atingindo 60-65°C no segundo reator. Essa forma de estabilização permite um menor tempo de detenção do lodo. Para um bom desempenho do sistema é imprescindível o fornecimento correto de oxigênio além da mistura constante do lodo.

3.2.5. Estabilização química.

Quimicamente a forma mais utilizada para estabilização de RLE é por via alcalina, pela adição de cal, muito embora o uso de outros produtos químicos como químicos, cloro, ozônio, peróxido de hidrogênio e permanganato de potássio, também seja viável.

A adição de cal virgem é a mais viável, pois se trata de um produto extremamente barato, porém outras formas como CaO, ou a cal hidratada, Ca (OH)₂, também possam ser utilizadas. Adiciona-se cal até que o lodo atinja pH 12 ou superior, a partir deste ponto ocorre destruição de microrganismos patogênicos, diminuição de odor gerado pelo lodo e fixação de metais pesados. Com a adição de cal algumas características físicas e químicas do lodo são alteradas pela adição de cal. Fisicamente, o lodo pode formar uma capa mais dura e branca ao



Relatório Parcial I - 21|84

ser exposto ao ar livre. Quimicamente, além da fixação de metais pesados, pode haver insolubilização do fósforo e perdas de nitrogênio por volatilização da amônia.

3.2.6. Oxidação úmida.

È o processo de estabilização da matéria orgânica que gera como subproduto dióxido de carbono, água, ácidos orgânicos fracos e matéria mineral, além do lodo estéril livre de 90 - 97 % do total de sólidos voláteis. Para uma boa eficiência o lodo precisa entrar no sistema com um teor entre 2 - 7% de sólidos. O processo trabalha sob altas pressões, por isso usam-se colunas enterradas a altas profundidades. O fornecimento de oxigênio na medida certa, aliado a ação das altas pressões proporciona a oxidação. A fase líquida contém componentes orgânicos facilmente biodegradáveis, principalmente ácido acético, e retorna ao sistema de tratamento. A fase sólida é estéril, composta principalmente por minerais, e pode ser facilmente biodegradada.

Vale ressaltar que faz parte do processo deixar essas partículas de lodo com diâmetro inferior a 3 mm, para isso faz-se uso de um moedor.

3.2.7. Pasteurização.

O lodo é colocado em reatores, nos quais é realizada injeção de amônia anidra até a elevação do pH a 11,5. Após uma hora, aproximadamente, há grande redução de microrganismos patogênicos, devido à presença de amônia livre (30%). Em seguida é adicionado ácido fosfórico e a reação exotérmica eleva a temperatura a 65-70°C por aproximadamente dois minutos. Esta reação também baixa o pH para 7. Em seguida, o lodo pode ser desidratado.



3.2.8. Secagem térmica.

Consiste na evaporação da água presente no lodo pelo intermédio de altas temperaturas. Para uma melhor eficiência é necessário que o lodo seja previamente desaguado até chegar a uma condição de 20 - 45% de teor de sólidos. Após a secagem o lodo pode adquirir aspecto granular e apresentar teor de sólidos de 90% - 95%. O processo é eficiente para bloquear a atividade biológica no lodo devido à secagem, porém, como não há mudanças substanciais na matéria orgânica, uma vez que o lodo se re-hidrata, no solo, por exemplo, a atividade biológica é retomada e podem ser classificados em dois grandes tipos:

Secadores de contato direto, em que o ar quente fica em contato direto com o lodo, arrastando a umidade, eventuais gases e poeira.

Secadores de contato indireto, em que o calor é transmitido por intermédio de uma placa trocadora de calor, plana ou cilíndrica.

Em cada grupo há várias tecnologias diferentes, com graus de complexidade e controle ambiental variáveis. O lodo seco pode ter várias alternativas de destino final como a reciclagem agrícola, incineração e disposição em aterro.

O grau de estabilização do RLE podem ser avaliado utilizando indicativos como o odor, o nível de redução dos patógenos e dos sólidos voláteis, a toxicidade, a taxa de absorção de oxigênio, a atividade enzimática, a DBO, a DQO, o teor de nitrogênio, teor de cinzas, valor calorífico entre outros.

3.2.9. Condicionamento.

O condicionamento é uma etapa anterior ao desaguamento do lodo, ele visa aumentar a aptidão ao desaguamento e à captura de sólidos. O tamanho das partículas pode afetar o processo de condicionamento do lodo, isso porque devido ao atrito ou ao mistura mento, o tamanho médio das partículas diminui, resultando em um crescimento exponencial da relação superfície/volume e em um maior grau de hidratação, maior demanda de produtos químicos e aumento da resistência à desidratação. Outro fator que influencia na dinâmica de condicionamento do lodo é agitação excessiva A agitação deve fornecer energia apenas para a dispersão do floculante no lodo, permitir a aproximação das partículas em suspensão coloidais e manter a integridade dos flocos. Caso o lodo seja submetido a uma agitação excessiva, poderá ocorrer a quebra dos flocos. A quantidade de condicionador também



Relatório Parcial I - 23|84

configura um fator que afeta o bom condicionamento do lodo, pois o nível de hidratação e o conteúdo de partículas finas do lodo podem ser materialmente aumentados por meio de atrição, aquecimento ou estocagem. O transporte por tubulações até uma central de processamento, a estocagem durante um fim de semana e a estocagem por períodos prolongados modificam as características do lodo e aumentam a demanda de condicionadores previamente ao desaguamento.

O condicionamento é um processo composto por uma etapa de coagulação seguida de outra de floculação. A coagulação tem por objetivo desestabilizar as partículas por meio da diminuição das forças eletrostáticas da repulsão entre elas. A floculação permite a aglomeração dos colóides e dos sólidos finos por meio de baixos gradientes de agitação. O tipo de condicionamento influencia diretamente a eficiência dos processos de desaguamento. Os principais coagulantes utilizados são os sais metálicos, a cal, e os polímeros orgânicos (polieletrólitos). Os coagulantes inorgânicos mais comuns são: o sulfato de alumínio, o cloreto férrico, o sulfato ferroso, o sulfato férrico e a cal virgem/hidratada.

O principal objetivo do condicionamento é aumentar o tamanho das partículas no lodo, envolvendo as pequenas partículas em agregados de partículas maiores e para esse fim podem ser empregados vários produtos químicos, coagulantes como sais metálicos cloreto férrico, cal, etc. Cada um deles é apropriado para determinada situação:

Coagulantes - sais metálicos e cal: são utilizados principalmente nos casos em que a desaguamento é realizada por filtração à vácuo ou pressão.

Cloreto férrico: normalmente usada em associação com cal, sendo esta adicionada posteriormente. O cloreto férrico é hidrolisado, formando complexos de ferro com cargas positivas que neutralizam as cargas de superfície negativas dos sólidos do lodo, proporcionando sua agregação. Ele também reage com a alcalinidade de bicarbonatos do lodo, formando hidróxidos que atuam como floculantes. Outro aspecto importante relacionado ao uso de cloreto férrico é a corrosividade desse produto

Cal: é utilizada, em geral, com cloreto férrico. Embora a cal tenha pouco efeito sobre o desaguamento de colóides, seu uso no condicionamento busca principalmente o controle do pH, o controle de odores e a desinfecção dos lodos. O carbonato de cálcio resultante da reação da cal com bicarbonatos consiste em uma estrutura granular que aumenta a porosidade do lodo e reduz sua compressibilidade.



Relatório Parcial I - 24|84

Polímeros Orgânicos (Poli-eletrólito): são compostos orgânicos sintéticos de alto peso molecular, encontrados no mercado em forma de pó ou na forma líquida, que podem ser usados como coagulantes ou auxiliares de floculação. Dependendo da carga superficial predominante, os polímeros, são classificados em catiônicos, aniônicos e não-aniônicos. Como normalmente no tratamento dos esgotos os sólidos apresentam cargas negativas, os polímeros mais utilizados são justamente os de carga oposta, ou seja, catiônicos. Os polímeros foram originalmente utilizados para condicionar lodos e facilitar o desaguamento de misturas de lodos primários com lodos secundários por intermédio de filtros a vácuo e centrífugas.

O polímero é vantajoso, pois seu uso, diferente dos condicionadores químicos inorgânicos, pouco aumenta a massa de lodo, reduzem problemas de manutenção e operação.

Polímeros secos: Polímeros secos possuem atividade muito alta (devido à quantidade de produtos químicos poliméricos contidos no produto). Polímeros não dissolvidos podem causar muitos problemas, incluindo o entupimento de bombas e tubulações e incrustações nos filtros prensas e nas telas das prensas desaguadoras.

Polímeros Líquidos: Os polímeros líquidos são comercializados com diferentes concentrações e tipos de materiais poliméricos. As soluções de polímeros líquidos podem ser comercializadas em bombonas de 208 litros, em reservatórios de 1.040 litros ou em grandes quantidades, dependendo da demanda.

Outros tipos de condicionantes: Carvão pulverizado foi utilizado com sucesso em testes realizados com centrífuga e filtros a vácuos nos EUA, cinzas de incineradores também produzem efeitos semelhantes ao carvão e à cinza de altos fornos, reduzindo a demanda de cloreto férrico e cal como condicionadores químicos.



3.2.10. Desaguamento.

Ao se desaguar um lodo o que se espera é uma diminuição no volume, a fim de diminuir custos no transporte e na disposição final, alcançar uma melhora nas condições de manejo, aumento do seu poder calorífico e em alguns casos prepará-lo para um possível uso agrícola.

Os principais processos são os naturais (leitos de secagem) e os mecânicos (centrífugas prensas desaguadoras e filtros prensas)

Leitos de secagem: são indicados para comunidade de pequeno e médio portes, com ETEs tratando uma população equivalente de até 20 mil habitantes localizada em áreas afastadas da zona urbana. Dentre as principais vantagens deste dispositivo de desaguamento podem ser citados o baixo valor de investimento, fácil operacionalidade, baixo consumo energético e de produtos químicos, baixa sensibilidade a variações nas características do lodo e a obtenção de uma torta com alto teor de sólidos. Entre as desvantagens podem ser destacados a necessidade de uma grande área, a exigência de estabilização prévia do lodo, a influência significativa do clima no desempenho operacional do processo, a lentidão da retirada da torta seca, o risco elevado de liberação de odores desagradáveis e proliferação de moscas e, por fim o risco de contaminação do lençol freático caso o fundo dos leitos e o sistema de drenagem não sejam bem executados.

Drenagem e evaporação atuam no processo de desaguamento do lodo em um leito de secagem. Durante as primeiras 72 horas, a drenagem é a responsável pela eliminação da grande maioria do líquido, após esse período, o lodo adquire uma consistência pastosa e a perda de líquido passa a ocorrer basicamente pela evaporação superficial.

Durante a fase de projeto dos leitos de secagem devem ser previstas pistas de acesso em volta das diversas unidades, de forma a possibilitar a movimentação de caminhões que venham retirar o lodo após a secagem. Após atingir teores de sólidos em torno de 30%, o lodo deve ser retirado do leito de secagem o mais rápido possível, a fim de não dificultar a sua remoção posterior. Além disso, a permanência prolongada do lodo nos leitos promovem o crescimento de vegetação, que, além de mostrar indícios de mal planejamento de operação da ETE, atrapalha de forma considerável sua retirada. Além das características físicas do lodo, as condições climáticas também influenciam o comportamento desse tipo de processo. A secagem natural do lodo pode promover, em determinadas situações, uma remoção



Relatório Parcial I - 26|84

considerável de organismos patogênicos devido à exposição prolongada do material ao sol, que eleva a temperatura do lodo.

Leitos de secagem com aquecimento: O processo pode ser controlado com o objetivo de maximizar a velocidade de secagem por meio de práticas como cobertura do leito, injeção de calor no sistema, elevação da temperatura e renovação do ar (úmido por seco), movimentação do ar e exposição da superfície mais úmida (fundo) por meio de revolvimento. Em alguns casos é aconselhável o uso de estufas plásticas em leito de secagem. Essa é uma solução prática e viável tanto em climas mais quentes quanto em subtropicais como no sul do Brasil.

A cobertura do leito serve para proteção contra a chuva e as geadas ocorridas em climas frios. Ao cobrir o leito de secagem abre-se a possibilidade de usar a energia solar para aquecer o lodo durante a secagem, reduzindo, dessa maneira, a concentração de bactérias patogênicas. Esta “pasteurização solar” se torna particularmente importante se o lodo seco for utilizado na agricultura. Outra forma de otimizar o uso dos leitos de secagem é injetando calor no leito de secagem. Os sistemas anaeróbios produzem biogás, que pode ser utilizado como energia alternativa, otimizando o processo de secagem do lodo de esgoto, canalizando-o a partir da tubulação do RAFA até o leito de secagem. Considerando os possíveis problemas de retorno do gás ao RAFA, gerando riscos de explosão, buscou-se uma alternativa que oferecesse segurança à estação e que fosse economicamente viável. Como a instalação de uma válvula corta-chamas situada na canalização interna à estufa teria um custo muito elevado, optou-se pela construção do selo hídrico, que é capaz de evitar o retorno do gás ao RAFA de maneira econômica. Dos tratamentos utilizados, a estufa com emprego de biogás foi a que demonstrou melhores resultados no processo de secagem e incremento de sólidos no lodo de esgoto. Estudos teóricos demonstraram que a queima do biogás produzido em reatores RAFA é suficiente para aquecer o lodo gerado nesses reatores a uma temperatura mínima de 50°C. Com a utilização do biogás no processo da secagem, ocorre uma minimização dos impactos ambientais ocasionados pela descarga gasosa na atmosfera, acelerando o processo de secagem e reduzindo o tamanho e o custo das instalações necessárias para o desaguamento do lodo.

Efeito da solarização na secagem do lodo: a solarização baseia-se no aproveitamento da energia solar por intermédio de um filme plástico transparente, de espessura reduzida, que



Relatório Parcial I - 27/84

se coloca sobre a superfície do solo úmido, provocando uma elevação da temperatura e destruindo os agentes patogênicos e infectantes.

Embora os resultados na redução de agentes patogênicos sejam promissores, o efeito desse processo tornou a secagem extremamente ineficiente, apresentando ao final de 28 dias, teores finais médios, para as três descargas realizadas, de 26,3; 21,4; 24,1; de %ST, sendo o menos eficiente no processo de secagem do lodo entre os tratamentos testados. O incremento de teor de sólidos no lodo, com este processo, foi extremamente pequeno, sendo menor até mesmo que os leitos de secagem tradicionais. O lodo por apresentar uma quantidade muito grande de água, dificulta até mesmo o processo de coleta das amostras, além de provocar fortes odores, principalmente nos dias mais quentes.

Efeito do revolvimento na secagem do lodo: O processo de revolvimento tem por função principal, dentro do sistema de secagem natural do lodo de esgoto, propiciar exposição das massas mais profundas do perfil do lodo com maior umidade na superfície, com a finalidade de receber com maior intensidade a incidência da luz e, conseqüentemente, do calor proporcionado pelos raios solares, pelo efeito estufa, pelo biogás e pelo aquecimento por meio da solarização. O processo de revolvimento deveria proporcionar a obtenção de um teor de sólidos maior que os tratamentos que não o utilizaram, justamente por proporcionar a exposição da massa úmida à superfície, porém, pelos resultados de incremento de sólidos, verificou-se uma tendência de menor eficiência para o tratamento com revolvimento.

Centrífugas: a centrifugação é um processo de separação sólido/líquido forçada pela ação de uma força centrífuga. Em uma primeira etapa de clarificação, as partículas sólidas que compõem o lodo sedimentam a uma velocidade muito superior ao que ocorreria sob ação da gravidade. Neste processo são utilizadas forças externas para separar o sólido da suspensão líquida. A grande diferença é que, em uma centrífuga, a força centrífuga aplicada é de 500 a 3000 vezes superior à da força da gravidade. As centrífugas são os únicos equipamentos utilizados indistintamente para adensamento e desaguamento do lodo. O princípio de operação da centrífuga permanece o mesmo, sendo comum a instalação de centrífugas em série, a primeira para o adensamento do lodo e a segunda para desaguamento. Os principais tipos de centrífugas utilizadas para desaguamento de lodos são as centrífugas de eixo vertical e as centrífugas de eixo horizontal. Suas principais diferenças situam-se no tipo de alimentação do lodo, na intensidade da força centrífuga e na maneira com que a torta e o



Relatório Parcial I - 28|84

líquido são descarregados do equipamento. Estão disponíveis no mercado centrífugas com capacidade variando entre 2,5 m³/h (baby) e 180 m³/h (jumbo). Os principais componentes de uma centrífuga são: base suporte, tambor, parafuso transportador, carcaça, conjunto redutor, motor principal e tubo de alimentação.

De maneira geral, as características que influenciam no desempenho da centrífuga são as mesmas que influenciam na decantação. As principais variáveis que influenciam o desempenho de uma centrífuga são a concentração de sólidos no lodo, o tipo de condicionamento, a vazão de alimentação e a temperatura. Outro fator determinante da eficiência da centrífuga na remoção de umidade é a concentração de sólidos voláteis no lodo, entretanto, como regra geral pode-se afirmar que uma maior remoção de umidade é obtida quando o diferencial de velocidade entre o tambor e a rosca transportadora é reduzido.

As centrífugas são equipamentos relativamente compactos, exigindo apenas 40 m² de área para um equipamento de grande porte. Não emitem aerossol e podem ser instaladas em galpões abertos. O consumo de energia elétrica e o custo de manutenção são razoavelmente elevados, limitando sua utilização em ETEs com vazão superior a 100 l/s ou onde a disponibilidade de área é fator limitante.

A eficiência da centrífuga na remoção de umidade está vinculada à concentração de sólidos voláteis no lodo. Quanto maior for o grau de estabilização do lodo a ser desaguado, melhor será o desempenho da centrífuga e, conseqüentemente, o teor de sólidos da torta produzida.

Prensa desaguadora: O processo de operação da prensa desaguadora pode ser dividido em três etapas distintas: zona de separação por peneiramento, zona de baixa pressão e zona de alta pressão.

Por ser um equipamento aberto, a prensa desaguadora tem como desvantagens à emissão de aerossol, o elevado nível de ruído produzido e a eventual emissão de odores desagradáveis (dependendo do tipo de lodo). Outra grande desvantagem das prensas desaguadoras é o elevado número de rolamentos (40-50), que exigem acompanhamento e substituição regulares. Apresenta como vantagens o baixo custo de aquisição e o consumo reduzido de energia elétrica.



Relatório Parcial I - 29/84

Lagoas de secagem: são utilizadas para adensamento, digestão complementar, desaguamento e até mesmo para disposição final de lodos de esgoto. Em função do procedimento operacional, as lagoas podem ser classificadas em temporárias ou permanentes.

Uma lagoa de lodo é projetada para receber continuamente o lodo descartado da fase líquida da ETE por longos períodos de tempo, permitindo que o adensamento e o desaguamento aconteçam da maneira mais eficiente possível. As seguintes estratégias operacionais podem ser adotadas para o desaguamento:

- ✓ Operação com enchimento em batelada;
- ✓ Operação com enchimento semi-contínuo;

Tanto quanto as lagoas de estabilização para tratamento de esgotos, lagoas de lodo não devem ser construídas em regiões densamente urbanizadas, ou nas proximidades de residências ou edificações.

A possibilidade de contaminação do lençol freático também existe nos casos em que o solo da região onde a lagoa for implantada for muito permeável.

Filtros a vácuo: Do ponto de vista prático, um filtro a vácuo, consiste em um tambor cilíndrico rotatório, instalado com submersão parcial em um tanque com lodo condicionado. Cerca de 10-40 % da superfície do tambor fica submersa no tanque, fração esta que se constitui na zona de filtração, ou de formação da torta. A torta se forma na parte exterior do cilindro, enquanto o líquido filtrado migra para o seu interior, onde predomina o vácuo. Em seguida, no sentido da rotação, surge a região de desaguamento, que ocupa entre 40-60 % da superfície do cilindro. Os meios filtrantes devem ser selecionados de acordo com as características do lodo a ser filtrado, os mais comuns sendo constituídos por fibras sintéticas, nylon, teflon, poliuretano e dacron ou malhas de aço inoxidável.

O desempenho dos filtros a vácuo varia bastante de acordo com as características do lodo a ser desaguado. O melhor desempenho é obtido para lodos com teor de ST entre 8-10%, sendo praticamente inviável a utilização do equipamento para desaguamento de lodos com menos de 3% de ST. A utilização de produtos químicos para condicionamento do lodo é de fundamental importância. Para o controle de ST no lodo, é a melhoria das características da torta.

Filtro prensa: Os filtros prensa foram desenvolvidos para uso de lodo industrial e em seguida sofreram adaptações para serem utilizados no desaguamento de lodo de esgotos. São



Relatório Parcial I - 30/84

equipamentos que operam em batelada, o que exige a intervenção de operadores treinados, e que tem como característica principal seu alto grau de confiabilidade. As principais vantagens do filtro prensa são:

- ✓ Torta com alta concentração de sólidos, superior à dos outros equipamentos mecânicos
- ✓ Elevada captura de sólidos
- ✓ Baixo consumo de produtos químicos para condicionamento de lodo

O ciclo de operação do filtro prensa varia entre 3 a 5 horas, podendo ser dividido em três etapas básicas:

- ✓ Enchimento
- ✓ Filtração sobre pressão máxima
- ✓ Descarga da torta

O desempenho operacional de um filtro prensa é função do tipo de lodo alimentado e dos ajustes realizados pelo operador nas variáveis de controle do equipamento. Os seguintes parâmetros estão sujeitos à regulação pelo operador:

- ✓ Pressão de trabalho
- ✓ Taxa de alimentação de lodo
- ✓ Períodos totais de filtração
- ✓ Tela utilizada
- ✓ Pratos utilizados

Secagem térmica: O processo de secagem térmica é uma das mais eficientes e flexíveis formas de redução do teor de umidade de “tortas” oriundas do desaguamento de lodos orgânicos domésticos e industriais disponíveis atualmente em uso. Pode ser utilizado em diferentes tipos de lodos, primário ou digerido, sendo recomendável na alimentação um teor de sólido entre 15-30%, obtido por meio de desaguamento mecânico. A redução da umidade a ser atingida pode ser controlada e o teor de sólido do produto final depende da torta de disposição escolhida. Os lodos destinados à incineração necessitam de teor de sólidos entre 30-35% a fim de garantir a operação auto térmica do incinerador; para disposição em aterros sanitários é aconselhável um teor de sólidos entre 30-65%, enquanto o produto destinado ao mercado agrícola por intermédio de venda no varejo (utilização irrestrita)



Relatório Parcial I - 31/84

necessita de teores de sólidos acima de 90%. Para o caso de lodos anaeróbios, pode-se utilizar o biogás gerado no digestor como fonte auxiliar de energia. Os principais benefícios da secagem térmica do lodo são:

- ✓ Redução significativa no volume de lodo;
- ✓ Redução no custo de transporte e estocagem;
- ✓ Produto estabilizado facilmente estocado, manuseado e transportado;
- ✓ Produto final praticamente livre de patógenos;
- ✓ Preservação das propriedades agrícolas do lodo;
- ✓ Não necessita de equipamento especial para ser utilizado na agricultura;
- ✓ Pode ser incinerado ou disposto em aterro sanitário;
- ✓ Pode ser ensacado e distribuído pelo comércio varejista;

O processo de secagem térmica consiste no aquecimento do lodo em ambiente hermeticamente fechado, com a conseqüente evaporação e coleta da umidade presente. O lodo sai do secador em forma de “pellets”, com diâmetro médio entre 2,0 e 5,0 mm e teor de sólidos acima de 90% (quando destinado a agricultura). O líquido evaporado é condensado e retorna a entrada da ETE para tratamento. Devido ao efeito da temperatura, o “pellet” produzido é livre de patógenos, estando habilitado para uso na agricultura sem restrição.

É indicado para ETEs de médio e grande porte com limitada disponibilidade de área e localizadas próximas a áreas residenciais. Existem no mercado vários tipos de secadores térmicos que podem ser utilizados para secagem de lodos, dentre eles pode-se destacar: secadores rotativos, por dispersão de ar, leito fluidizado, transportador de esteira ou túnel e mistos.

Tratamento térmico: A ação da temperatura (por meio do aquecimento solar ou outra fonte energética) é bastante eficaz contra os helmintos, pois a temperatura faz com que as enzimas, principalmente a albumina, que faz parte da constituição dos microrganismos, diminuam ou percam totalmente a capacidade funcional, pois sua estrutura é modificada pelo efeito térmico.

A perda de umidade em processos que utilizam a temperatura eventualmente destrói os ovos de helmintos e cistos de protozoários, mas algumas formas, particularmente *Ascaris spp.*, são notavelmente resistentes à dessecação. Processos de estabilização química são



Relatório Parcial I - 32|84

parcialmente eficientes na eliminação dos ovos de helmintos, especialmente em relação aos ovos de *Ascaris* spp., que parecem ser os mais resistentes a esses processos. Com isso, tanto o tipo de tratamento, como a estocagem, ganham importância fundamental. A temperatura e o tempo de exposição do lodo de esgoto estão diretamente relacionados à redução do número de helmintos viáveis, contribuindo para a melhoria das condições sanitárias do lodo.



4. LEVANTAMENTO DAS CARACTERÍSTICAS DO EFLUENTE BRUTO (ITEM 5.1)

4.1. Levantamento da caracterização (quantidade e qualidade) dos afluentes das ETE's e das ETA's. (item 5.1 A)

São apresentados em anexo (Anexo 1) as informações qualitativas e quantitativas levantadas (até o momento) dos afluentes das ETAs e ETEs.

Com relação às informações obtidas e registradas nos questionários, observou-se a necessidade de ser realizada uma análise de sensibilidade para a avaliação dos dados, visto que a qualidade de muitas dessas informações não foram consideradas representativas e, portanto, poderão passar por uma nova checagem. Tal análise de sensibilidade adotara um modelo de avaliação comparativo como sistemas de tratamento de ETAs e ETEs e a partir de uma comparação conceitual, poderá haver uma adequação da informação recebida em comum acordo com o órgão que apresentou tal informação. Pode-se citar como exemplo de informações a serem checadas, erros de unidades e dimensionamentos, erros conceituais e erros de interpretação das informações necessárias no questionário.

4.2. Atendimento ao item 5.1 C.

No enunciado para o atendimento do item 5.1 C consta: Levantar os documentos dos serviços e departamentos de água e esgotos sobre a aprovação, autorização e monitoramento para interligação na rede pública do(s) lançamentos (s) de origem industrial ou de serviços, com atendimento ao Decreto Estadual 8486/76 e suas alterações.

Para o atendimento do presente ítem, somente os municípios de Jundiáí e Limeira informaram em questionário que recebem lançamentos de origem industrial controlado e o município de Jundiáí apresentou sua sistemática de recebimento de efluentes industriais denominado SISREM (Anexo 02).

Os demais municípios ou informaram que não recebem esgotos de origem industrial ou não informaram (informação em branco).



Relatório Parcial I - 34|84

5. LEVANTAR AS CONCEPÇÕES DAS ETA'S E DAS ETE'S EXISTENTES E PREVISTAS (CURTO PRAZO – ATÉ 2014) (ITEM 5.3) :

5.1. Identificação dos tipos de sistemas (concepções) das ETA's e ETE's geradoras de lodo (tipologia) levando em consideração o levantamento inicial efetuado, que será fornecido pela contratante que apresenta o número de ETA's e ETE's, contatos para obtenção de informações detalhadas em cada município. Identificar a utilização dos coagulantes e auxiliares nos processos de tratamento (ETA's e ETE's) e quantidades utilizadas (5.3 A).

São apresentados em anexo (Anexo 1 e 3) as informações para o atendimento ao item 5.3A, sendo as informações levantadas (questionários) e planilhas de sistematização dessas informações.



5.2. Apresentar de forma empírica o potencial de geração de lodo para todos os 62 municípios, conforme os cenários (atual e futuro), considerando os Planos Diretores Municipais de Saneamento (item 5.3 B);

Conforme já exposto, no caso da água bruta de mananciais, diversos são os fatores que afetam a quantidade de lodo produzido pelo sistema de tratamento de água. Os principais destacam-se:

- ✓ A classificação do manancial e suas características físicas, físico-químicas, biológicas e de toxicidade e eco toxicidade;
- ✓ O uso e ocupação do solo e tipos de lançamentos de efluentes líquidos a montante do manancial de captação;
- ✓ A dinâmica hidráulica e natural do manancial de captação de água, além da sazonalidade nos períodos (chuvosos e estiagem) entre as estações do ano;
- ✓ Tipo de tratamento utilizado: a tecnologia e concepção de tratamento têm influência direta na quantidade de lodo produzida;
- ✓ Eficiência do sistema de tratamento: quanto maior for a eficiência do sistema de tratamento e a menor qualidade da água bruta, maior será a produção de lodo.

No caso dos esgotos, conforme Andreoli, Lara & Fernandes (1999), diversos são os fatores que afetam a quantidade de lodo produzido pelo sistema de tratamento de esgotos. Os principais destacam-se:

- ✓ Carga orgânica do esgoto a ser tratado: o teor de sólidos voláteis está diretamente ligado à quantidade de lodo produzido. Efluentes com maior carga orgânica geram maior quantidade de lodo;



Relatório Parcial I - 36|84

✓ Tipo de tratamento utilizado: a tecnologia e concepção de tratamento têm influência direta na quantidade de lodo produzida. São bem conhecidas as diferenças dos processos de tratamento biológico aeróbio e anaeróbio;

✓ Eficiência do sistema de tratamento: quanto maior for a eficiência do sistema de tratamento e a qualidade dos efluentes tratados, maior será a produção de lodo. Existe, portanto uma relação direta entre a qualidade dos afluentes, a produção de lodo e a qualidade dos efluentes tratados. A Tabela 5.2. 1 ilustra os tipos de tratamento de esgoto e a taxa de produção de lodo requerida.

Tabela 5.2. 1: Exemplos de concepções de ETE's e a produção de lodos de esgoto

Concepção de Tratamento	Quantidade de Lodo Produzida (m ³ /hab./ano)
Tratamento primário	0,6-13,0
Lagoa facultativa primária	0,037
Lagoa facultativa	0,03-0,08
Lagoa anaeróbia – lagoa facultativa	0,01-0,04
Lagoa aerada facultativa	0,03-0,08
Lodos ativados convencionais	1,1-1,5
Lodos ativados (aeração prolongada)	0,7-1,2
Lodos ativados (fluxo intermitente)	0,7-1,5
Filtro biológico (baixa carga)	0,4-0,6
Filtro biológico (alta carga)	1,1-1,5
Biodiscos	0,7-1,0
Reator anaeróbio de manta de lodo	0,07-0,1
Fossa séptica – filtro anaeróbio	0,07-0,1

Fonte: ANDREOLI (1999) adaptado de: ARCEIVALA (1981); EPA (1979, 1981,1992); METCALF & EDDY (1991); VIEIRA (1993); SPERLING (1995) e NASCIMENTO (1997).

5.3. Lodo de ETA. – geração – caracterização quantitativa.

Em geral são os seguintes subprodutos sólidos ou resíduos de lodo (RLA) gerados em um sistema de tratamento de água:

- ✓ material ou resíduo do gradeamento;
- ✓ material inerte “areia”;
- ✓ material ou resíduo do grifo da bomba no poço de sucção;
- ✓ lodo do decantador;
- ✓ lodo da lavagem do filtro de areia.



Relatório Parcial I - 37|84

No que tange ao aproveitamento de lodo (RLA), o lodo do decantador e da lavagem do filtro de areia de fato constituem-se o objeto de análise no presente estudo. Assim, diante dos resultados apresentados pelo Projeto BETA em seu Relatório Final, o estudo comparativo entre os lodos gerados na ETA 3 e na ETA 4 da SANASA-Campinas verificou-se que o lodo produzido nesta última (decantador do tipo laminar ou de alta taxa) apresentou-se, no período estudado, mais diluído que aquele proveniente da ETA 3 (decantador convencional). O teor de sólidos do lodo bruto do decantador do tipo convencional ficou compreendido na faixa de 0,3 a 1,3% na época de chuvas e entre 0,5% a 1,1% na estiagem. Para o lodo oriundo do decantador de alta taxa o teor de sólidos esteve entre 0,2 e 0,4% no período de chuvas e variou de 0,1% a 0,4% na estiagem. O teor de sólidos da mistura dos lodos a serem tratados conjuntamente na Estação de Tratamento de Lodo (ETL) apresentou-se bem próximo daquele apresentado pelo lodo gerado na ETA 4 da qual se extrai uma vazão cerca de três vezes maior que o da ETA 3.

A seguir destaca-se na Tabela 5.3.1. o sistema convencional para tratamento de água para abastecimento público difundido e bastante utilizado pelos municípios das Bacias Hidrográficas dos Rios Piracicaba, Capivari e Jundiá e demais Companhias de Saneamento no Brasil.



Relatório Parcial I - 38|84

Tabela 5.3.1 : Exemplos de sistemas de ETA´s e a produção de lodos de decantador e de lavagem de filtros de areia.

Sistema de Tratamento	Código	Municípios	Concentração de Lodo Produzida (%)	Concentração de Lodo Produzida com desaguamento (%)
Tratamento Convencional (correção de pH, coagulação, floculação, decantação, filtração e desinfecção) - Decantador convencional (sem desaguamento) - Decantador laminar ou de alta taxa (sem desaguamento) - Decantador convencional (com desaguamento) - Decantador laminar ou de alta taxa (com desaguamento)	A ¹	Artur Nogueira (2); Atibaia (2); Campinas (2); Capivari (2); Iracemápolis (1); Jaguariuna (1); Jundiaí (1); Limeira (1); Pedreira (1); Piracicaba (3); Rio Claro (1); Rio das Pedras (1); Saltinho(1); Valinhos (2)	0,3 - 1,3	
	A ²	Jundiaí (1);	0,1 - 0,4	
	A ³	Campinas (1); Rio Claro (1); Nova Odessa (1); Piracicaba (1)		20 - 30
	A ⁴	Campinas (2)		15 - 25

Fonte: Projeto BETA - SANASA (2004) adaptação própria.

Continua



Relatório Parcial I - 39|84

Continuação.

Sistema de Tratamento	Código	Municípios	Concentração de Lodo Produzida (%)	Concentração de Lodo Produzida com desaguamento (%)
Tratamento Compacta (correção de pH, coagulação, floculação, filtração, adsorção física e desinfecção)				
- Sem desaguamento	B¹	Atibaia(1); Capivari (1); Jaguariuna (1); Rio das Pedras (1)	0,1 - 1,3	
- Com desaguamento	B²			15 - 30

Fonte: Projeto BETA - SANASA (2004) adaptação própria.



5.4. Lodo de ETE. – geração – caracterização quantitativa.

Em geral são os seguintes subprodutos sólidos ou resíduos de lodo de esgoto (RLE) gerados em um sistema de tratamento de esgotos:

- ✓ material gradeado;
- ✓ areia;
- ✓ espuma;
- ✓ lodo primário;
- ✓ lodo secundário;
- ✓ lodo químico (caso haja etapa físico-química).

Ao se planejar o gerenciamento do lodo, os seguintes aspectos necessitam ser levados em consideração e quantificados:

- ✓ produção de lodo na fase líquida;
- ✓ descarte de lodo da fase líquida;
- ✓ descarte de lodo da fase sólida.

A seguir destaca-se na Tabela 5.4.1 os diversos sistemas para tratamento de esgotos que são utilizados pelos municípios das Bacias Hidrográficas dos Rios Piracicaba, Capivari e Jundiaí e demais Companhias de Saneamento no Brasil.



Relatório Parcial I - 41|84

Tabela 5.4.1: Exemplos de sistemas de ETE's e a produção de lodos de esgoto.

Sistema de Tratamento	Código	Municípios	Massa de Lodo Produzida (g SST*/hab.dia)	Massa de Lodo Produzida (g SSV**/hab.dia)	Volume de Lodo Produzido (base úmida) (litros de lodo/hab.dia)	Massa de Lodo Produzida (base seca) (kgSST*/hab.ano)
Tratamentos Primários (Decantador Primário)						
- Sem desaguamento	A ¹	Limeira(1)	27 – 33	21 - 27	0,68 – 3,3	98 – 120
- Com desaguamento	A ²					
Tratamentos Primários (Flotador por Ar Difuso)						
- Sem desaguamento	B ¹		60 – 70	39 – 47	2,0 – 7,0	219 – 255
- Com desaguamento	B ²					

Fonte: SABESP (2001) adaptado de: SOBRINHO, P. A. (2001). & ANDREOLI, Cleverson V.

Continua.

* SST – sólidos em suspensão totais

** SVT – sólidos em suspensão voláteis



Relatório Parcial I - 42|84

Continuação.

Sistema de Tratamento	Código	Municípios	Massa de Lodo Produzida (g SST*/hab.dia)	Massa de Lodo Produzida (g SSV**/hab.dia)	Volume de Lodo Produzido (base úmida) (litros de lodo/hab.dia)	Massa de Lodo Produzida (base seca) (kgSST*/hab.ano)
Tratamentos Anaeróbios						
- Decanto-Digestores (fossas sépticas e tanques imhoff)	C ¹	Piracicaba(1)	0,005 – 0,007	-	0,33 – 0,55	0,018 – 0,025
- Reatores Anaeróbios de Fluxo Ascendente (UASB)						
Sem desaguamento	C ²		7 – 15	-	0,18 – 1,0	25 - 55
Com desaguamento	C ³		-	-	0,03 – 0,06	-
- Filtros Anaeróbios	C ⁴		3	-	0,1 – 0,2	-
- Lagoas Anaeróbias	C ⁵	Iracemápolis (1)	0,000014	-	0,07 – 0,11	0,000051
- Tanque séptico + Reator anaeróbio + Filtro anaeróbio	C ⁶	Piracicaba(1)	0,005 – 0,007	-	0,33 – 0,55	0,018 – 0,025
- Tanque séptico+ Wetland + Lagoa com plantas	C ⁷	Piracicaba(1)	0,005 – 0,007	-	0,33 – 0,55	0,018 – 0,025

Fonte: SABESP (2001) adaptado de: SOBRINHO, P. A. (2001). & ANDREOLI, Cleverson V.

Continua

* SST – sólidos em suspensão totais

** SVT – sólidos em suspensão voláteis



Relatório Parcial I - 43|84

Continuação.

Sistema de Tratamento	Código	Municípios	Massa de Lodo Produzida (g SST*/hab.dia)	Massa de Lodo Produzida (g SSV**/hab.dia)	Volume de Lodo Produzido (base úmida) (litros de lodo/hab.dia)	Massa de Lodo Produzida (base seca) (kgSST*/hab.ano)
Tratamentos Aeróbios						
- Lodos Ativados (convencional)						
Sem desaguamento	D¹		28 – 32	21 – 26	3 – 10	102 - 117
Com desaguamento	D²	Jaguariuna(1); Nova Odessa(1)	35 – 40	-	0,14 – 0,16	128 - 146
- Lodos Ativados (aeração prolongada)						
Sem desaguamento	D³		38 – 43	28 – 32	5 – 12	139 - 157
Com desaguamento	D⁴	Atibaia (1);Vinhedo(1) Indaiatuba (1)	38 – 43	-	0,19 – 0,21	139 - 157
- Lodos Ativados (aeração prolongada por batelada)						
Sem desaguamento	D⁵	Indaiatuba(1)	38 – 43	28 – 32	5 – 12	139 - 157
Com desaguamento	D⁶	Atibaia (2);Capivari(1)	38 – 43	-	0,19 – 0,21	139 - 157
- Lodos Ativados (alta carga) <i>deep shaft</i>	D⁷		60 – 65	-	0,30 – 0,34	219 - 237
- Filtro Biológico (alta carga)						
Sem desaguamento	D⁸		28 – 32	21 – 26	3 – 10	102 - 117
Com desaguamento	D⁹		35 – 40	-	0,14 – 0,16	128 - 146

Fonte: SABESP (2001) adaptado de: SOBRINHO, P. A. (2001). & ANDREOLI, Cleverson V.

Continua

* SST – sólidos em suspensão totais

** SVT – sólidos em suspensão voláteis



Relatório Parcial I - 44/84

Continuação.

Sistema de Tratamento	Código	Municípios	Massa de Lodo Produzida (g SST*/hab.dia)	Massa de Lodo Produzida (g SSV**/hab.dia)	Volume de Lodo Produzido (base úmida) (litros de lodo/hab.dia)	Massa de Lodo Produzida (base seca) (kgSST*/hab.ano)
- Lagoas Facultativa	D ¹⁰	Saltinho (1); Santa Maria da Serra(1); Piracicaba(3)				
- Lagoas Aeradas Facultativa	D ¹¹	Limeira(1)				
- Lagoas Aeradas e Lagoa de Decantação			35 – 40	-	0,14 – 0,16	128 - 146
Sem desaguamento	D ¹²	Indaiatuba(1) . Saltinho (1)	0,00002	-	1,5	0,000073
Com desaguamento	D ¹³		0,00008	-	0,1	0,000292

Fonte: SABESP (2001) adaptado de: SOBRINHO, P. A. (2001). & ANDREOLI, Cleverson V.

* SST – sólidos em suspensão totais

** SVT – sólidos em suspensão voláteis

Continua



Relatório Parcial I - 45|84

Continuação.

Sistema de Tratamento	Código	Municípios	Massa de Lodo Produzida (g SST*/hab.dia)	Massa de Lodo Produzida (g SSV**/hab.dia)	Volume de Lodo Produzido (base úmida) (litros de lodo/hab.dia)	Massa de Lodo Produzida (base seca) (kgSST*/hab.ano)
Tratamentos Combinados (Anaeróbio/Aeróbio)						
- Reator UASB seguido de Lodo Ativado						
Sem desaguamento	E¹	Piracicaba(2)	22 – 30	-	0,55 – 2,0	80 - 110
Com desaguamento	E²		-	-	0,09 – 0,12	-
- Reator UASB seguido de Filtro Biológico						
Sem desaguamento	E³		25 – 30	-	0,63 – 2,0	91 - 110
Com desaguamento	E⁴		-	-	0,10 – 0,12	-
- Reator UASB seguido de Biodisco						
Sem desaguamento	E⁵		25 – 30	-	0,63 – 2,0	91 - 110
Com desaguamento	E⁶		-	-	0,10 – 0,12	-
- Reator UASB seguido de Flotação						
Sem desaguamento	E⁷	Valinhos(1)	22 – 30	-	0,55 – 2,0	80 - 110
Com desaguamento	E⁸		-	-	0,09 – 0,12	-
- Sistema Australiano (Lagoa Aeróbia + Lagoa	E⁹	Piracicaba(1)				

Fonte: SABESP (2001) adaptado de: SOBRINHO, P. A. (2001). & ANDREOLI, Cleverson V.

* SST – sólidos em suspensão totais

** SVT – sólidos em suspensão voláteis



5.5. Algumas experiências aplicadas pelos serviços de água e esgotos em relação à gestão dos lodos de ETA (item 5.1 B)

No presente item são relatadas as experiências em gestão de lodos de ETA e de ETA (em atendimento ao item 5.1 B) que são consideradas um avanço técnico no que concerne às práticas observadas como comuns. Definiu-se que a “prática comum” para a disposição de lodo de ETA é a descarga em corpos hídricos e para lodos de ETE, o envio para aterro sanitário. Portanto, o presente item tratará de práticas adotadas pelas ETAs e ETEs que são consideradas avanços técnicos e ambientais em relação às práticas comuns presentes.

Em primeiro plano, serão abordadas as ETAs e na sequência as ETEs. De maneira geral, o fato da ETA separar o lodo gerado e não enviar para os corpos hídricos receptores pode ser considerado um avanço de gestão, pois, são poucos os municípios que o fazem. Com relação à destinação final ambientalmente adequada do lodo de ETA desaguado ou seco, ou seja, adoção de práticas de destinação desses resíduos que incluam a reutilização, a reciclagem, a compostagem, a recuperação entre outras formas de destinação, observa-se que os avanços ainda são discretos e o maior entrave citado pelos entrevistados para que tais projetos sejam desenvolvidos foi o legal, seja pela ausência de normas e critérios para que tais práticas possam ser realizadas de modo a evitar danos ou riscos à saúde pública e à segurança e a minimizar os impactos ambientais adversos, ou pela não aprovação de projetos por parte do órgão ambiental.

Com relação à gestão de lodos de ETE, um único caso é reportado, sendo a única experiência (até o momento) em que está sendo realizada a compostagem e reciclagem agrícola de lodo de ETE como forma de destinação final ambientalmente adequada. Os demais casos observados, a disposição final ambientalmente adequada é realizada em aterros sanitários privados.

5.5.1. A Experiência de Nova Odessa na Gestão de Lodos de ETA

O município de Nova Odessa possui uma ETA convencional com uma vazão de entrada de aproximadamente 180 Litros por segundo. O tratamento produz cerca de 3,0 m³/dia de lodo hidratado. A ETA Nova Odessa possui anexa às suas instalações de tratamento de água um sistema de desidratação com a finalidade de desaguar e secar o lodo (Figura 5.5.5. 1). Visando adequar os processos da ETA à legislação ambiental e minimizar os custos da disposição final ambientalmente adequada (aterro), estão sendo desenvolvidos diversos testes tanto de desagramento e desidratação quanto para de destinação final ambientalmente adequada (compostagem, aproveitamento agrônômico, utilização em blocos cerâmicos ecológicos).



Figura 5.5.1. 1: Vista Geral do Sistema de Desidratação de lodo da ETA Nova Odessa.



Relatório Parcial I - 48|84

Segundo Pessoa (2007)³ a ETA de Nova Odessa possui 4 decantadores, sendo que um deles está equipado com raspador de fundo (bomba submersa e carro/trole temporizado eletronicamente para transporte e deslocamentos. Os demais são limpos convencionalmente, ou seja, dando descarga a cada sessenta dias com jateamento para remoção do lodo.

O processo de desaguamento e secagem é realizado da seguinte forma: O lodo, ao ser retirado dos decantadores (Figura 5.5.5. 2), apresenta umidade de aproximadamente 95%. Após permanecer em repouso por 24 horas, verifica-se que cerca de 30% do volume (sobrenadante) é de água com turbidez abaixo de 5,0 UNT que pode ser retornado à calha Parshall. O lodo adensado é disposto em leitos de secagem ou em bags de polipropileno (Figura 5.5.5. 3), permanecendo por um período de aproximadamente 30 dias.

Segundo Pessoa (2007) o acondicionamento e adensamento do lodo em bags é recomendada para espaços reduzidos, uma vez que seu volume maior fica na vertical. Após a drenagem, o bag com o lodo é facilmente transportado através de suas alças de sustentação até outro local para a secagem final. A seguir, o bag vazio é retornado ao local para um novo carregamento. Os testes demonstram que a drenagem é mais eficiente nas primeiras cargas, devendo o lodo ser repostado de forma constante, aproveitando ao máximo toda a sua área de filtragem. Nos testes realizados pela ETA Nova Odessa, o lodo apresentou uma umidade em torno de 35% após trinta dias de desaguamento.

Os leitos de secagem foram construídos em alvenaria com aproximadamente 0,80 m de altura e declive do piso leve. O piso foi coberto com camada de 2 cm de brita nº 1 e sobre a pedra depositada a manta de polipropileno densidade 300g/cm², sendo o abastecimento feito por cinco dias até a estabilização do lodo, assim como ocorre nos bags verticais. Após trinta dias o lodo apresenta cerca de 30 - 40% de umidade.

Transcorrido o período de permanência nos leitos de secagem ou bags, o lodo apresentará uma umidade próxima a 35 - 40%, sendo retirado por máquinas para

³ PESSOA, J. H. “Gestão dos Efluentes da ETA”, In: 1º Simpósio: Experiências em gestão de Recursos Hídricos por Bacia Hidrográfica, São Pedro, SP, 2007

Relatório Parcial I - 49/84

secagem final em leito apropriado por aproximadamente mais 30 dias, reduzindo sua umidade para aproximadamente 3,5% (Figura 5.5.5. 3).

A redução significativa da umidade torna consideravelmente menos onerosa sua disposição final ambientalmente adequada (em aterros). Da mesma forma, tal redução de umidade permite que o lodo possa ser aproveitado em outros processos que estão sendo testados para sua destinação final ambientalmente adequada.



Figura 5.5.1. 2. Decantadores para o Lodo de ETA.



Figura 5.5.1 3: Leitões de secagem do lodo de ETA.



A



B

Figura 5.5.1.4: Disposição dos Bags na ETA.

(A) Bags sendo utilizados para o desaguamento do lodo (retirado de Pessoa, 2007).

(B) Bags prontos para receber lodo para o desaguamento.



A



B

Figura 5.5.1.5: (A) Leitões de secagem final e (B) Aparência final do lodo.

Relatório Parcial I - 53|84

Após o processo de secagem, o lodo com 3,5% de umidade tem sua disposição final ambientalmente adequada em aterro devidamente licenciado e com CADRI Nº.34001468 com validade até 14/05/2014).

A ETA Nova Odessa está realizando testes para a utilização do lodo na confecção de blocos cerâmicos ecológicos (sem queima) e que tem apresentado excelente rendimento e qualidade dos blocos obtidos. Tais blocos serão enviados para o IPT onde serão realizados os testes necessários para atestar os parâmetros de qualidade necessários para blocos, incluindo a avaliação da melhor dosagem de lodo a ser aplicada, para subsidiar, inclusive, os procedimentos junto ao órgão ambiental para a aprovação de tal atividade junto à cerâmicas da cidade. A vantagem imediata observada em tal prática é a ausência de queima para a obtenção dos tijolos, visto que tal procedimento tem se mostrado como ponto crítico na análise de projetos de tal natureza por parte do órgão ambiental.



Figura 5.5.1.6: (A) Bloco cerâmico sem a adição de lodo e (B) com adição de lodo de ETA.



Relatório Parcial I - 54|84

Outros testes têm sido realizados pela ETA Nova Odessa. São testes de compostagem de lodo de ETA + podas urbanas trituradas do município para a obtenção de um substrato para mudas produzidas pela prefeitura. Tal teste encontra-se em andamento e os resultados preliminares indicam que o composto produzido apresenta boa qualidade no momento de sua utilização.

Também está em andamento no Instituto Agrônomo de Campinas uma pesquisa que está avaliando o potencial agrônomo do lodo de ETA de Nova Odessa para a nutrição do milho. Tal pesquisa está sendo conduzida pelo pesquisador Ronaldo Berton e os resultados devem ser disponibilizados brevemente. A pesquisa científica foi motivada devido a avaliação de testes empíricos realizados pela ETA Nova Odessa que indicaram um bom custo benefício na utilização do lodo de ETA na adubação da cultura do milho.

Observa-se pelo conjunto das iniciativas de ETA Nova Odessa, que tais trabalhos podem ser considerados uma referência dentro do contexto atual de destinação de lodos de ETA na bacia hidrográfica e tais iniciativas tem potencial para serem estabelecidas como alternativas válidas para a destinação final ambientalmente adequada do lodo de ETA no município de Nova Odessa ou mesmo serem replicadas para UGLs microrregionais.



5.5.2. Estação de Tratamento de Lodo da ETA Capim Fino - Piracicaba

No município de Piracicaba, a ETA Capim Fino instalou uma Estação de Tratamento de Lodo (ETL) de ETA que conta com uma local para o tratamento e um local para disposição final. A ETL ainda não está em operação e está aguardando a Licença de Operação emitida pelo órgão ambiental para tal.

A ETL – Capim Fino (Figura 5.5.2. 1e Figura 5.5.2.2) tem capacidade para tratar entre 2.000 e 4.000 m³ dia⁻¹ de lodo (23 a 46 l/s) que é o volume de lodo gerado para tratar uma vazão de 1.500 l/s de água na Estação de Tratamento de Água (ETA).

Na Figura 5.5.2. 3 é apresentado o fluxograma da ETL Capim Fino. O lodo do fundo dos decantadores é encaminhado para uma caixa de recepção (Estação Elevatória no 1 - EE 1), onde através de bombeamento é recalçada para dois adensadores mecânicos Figura 5.5.2. 4 , cuja função é concentrar esse lodo entre 4 a 6% de sólidos. Após o adensamento, o lodo é enviado para uma centrífuga Figura 5.5.2. 5 que fará a desidratação final, aumentando concentração de sólidos para aproximadamente 25%. Após essa etapa o lodo é transportado por esteira Figura 5.5.2. 6 para o aterro onde será disposto.

A água de lavagem de filtros (ALF) é encaminhada para um tanque de clarificação Figura 5.5.2. 7, onde através do processo de decantação é feita a separação sólido-líquido, sendo que os sólidos juntam-se ao lodo proveniente da descarga dos decantadores e segue para o tratamento conforme descrito acima.

Toda a água, tanto do lodo do fundo dos decantadores, quanto da lavagem de filtros é recuperada e é reaproveitada na ETA. São utilizados polímeros para realizar o tratamento do lodo e para clarificar a ALF.

Segundo o SEMAE – Piracicaba, com o início da operação da ETL, além de minimizar o impacto causado ao Rio Corumbataí pela descarga do lodo de ETA, proporcionará o reaproveitaremos aproximadamente 57 l/s de água que antes era descartada juntamente com o lodo.

Não perspectiva para a obtenção da Licença de Operação e portanto a operacionalização da ETL Capim Fino.



Figura 5.5.2. 1: Placa indicativa da ETL Capim Fino.



Figura 5.5.2.2: Vista Geral da ETL Capim Fino (área de disposição final do lodo ao fundo).

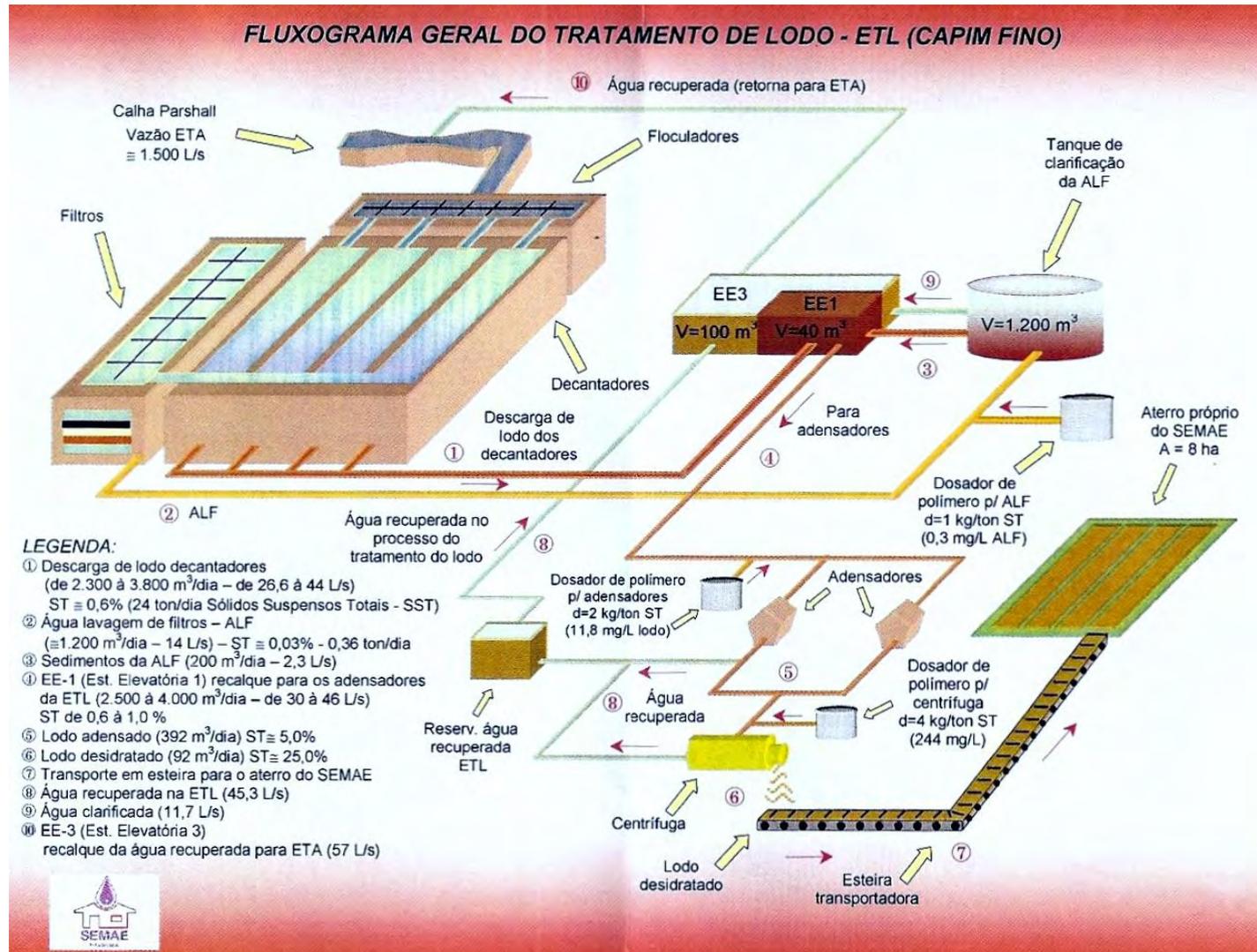


Figura 5.5.2. 3: Fluxograma da ETL Capim Fino.



Figura 5.5.2. 4: Adensadores de Lodo da ETL Capim Fino.

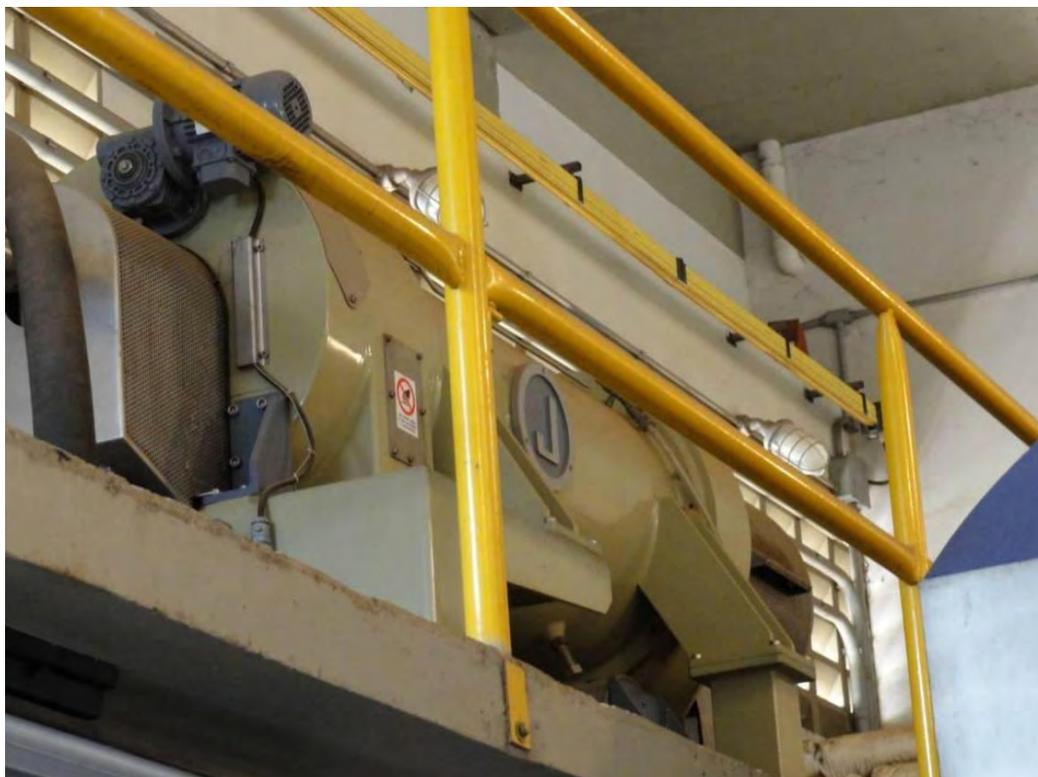


Figura 5.5.2. 5: Centrífuga da ETL-Capim Fino.



Figura 5.5.2. 6: Esteira de transporte de lodo para o aterro próprio da ETA.



Figura 5.5.2. 7: Tanque de Clarificação da ALF da ETA Capim Fino.



5.5.3. Estação de Tratamento de Lodo da ETA 3 e 4 – Sanasa - Campinas

As maiores estações de tratamento de água da SANASA para abastecimento de Campinas/SP são denominadas ETA- 3 e ETA- 4 e estão localizadas na mesma área tratando cerca de 2,5 m³/s de água captada do rio Atibaia.

Anexa às ETAs 3 e 4 está uma ETL (Figura 5.5.3.1 e Figura 5.5.3.2) que tem geração de aproximadamente 40 a 60 toneladas / dia de lodo de ETA desaguado com um teor de sólidos que pode variar de 10 a 30%.

O fluxograma de funcionamento da ETL pode ser observado na Figura 5.5.3.2.

Inúmeros estudos já foram realizados pela Sanasa para a destinação final ambientalmente adequada do lodo de ETA em blocos cerâmicos ou incorporação do lodo em matrizes de concreto, porém, segundo a empresa, até a presente data , todo lodo gerado na ETL, é armazenado e transportado conforme normas ambientais e disposto em aterro sanitário licenciado para operação pela CETESB através do CADRI 5001155.

Foi também informado pela empresa que a ETL está parada atualmente para obras de ampliação e melhoria dos processos. Nas Figura 5.5.3.5 e Figura 5.5.3.6 são observados os decantadores e a saída do processo (desaguamento), bem como o transporte do lodo de ETA para o aterro sanitário.



Relatório Parcial I - 61|84



Figura 5.5.3.1: Vista parcial da ETL da ETA 3 e 4 – Sanasa - Campinas.



Relatório Parcial I - 62|84

Estação de Tratamento de Lodo (ETL)

Como funciona:

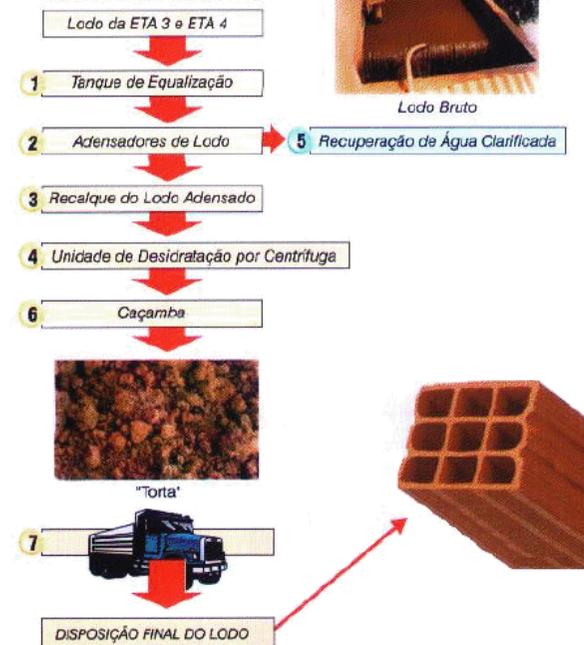


Figura 5.5.3.2: Vista geral da ETL da ETA 3 e 4 e Fluxograma do processo. – Fonte Sanana



Figura 5.5.3.3: Detalhe do tanque de adensamento.



Figura 5.5.3.4: Tanque de adensamento.

5.5.4. A experiência da ETA RIO CLARO na gestão de Lodo de ETA.

Os efluentes de lavagens dos filtros (Figura 5.5.4. 1 e Figura 5.5.4. 2) e dos decantadores (Figura 5.5.4. 3) são enviados para um sistema de lagoas de decantação (Figura 5.5.4. 4) com, atualmente, 10 lagoas instaladas.

O lodo é precipitado (Figura 5.5.4. 4) nas três primeiras lagoas e o efluente pé conduzido para as lagoas subsequentes até finalmente encontrar o corpo receptor.

O lodo de ETA depositado no fundo das lagoas, periodicamente é retirado com auxílio de máquinas e depositado ao sol para redução da umidade (Figura 5.5.4. 5 a Figura 5.5.4. 7). Posteriormente, o lodo é enviado para aterro. Existem diversas iniciativas de estudos para novas destinações do lodo de ETA, mas ainda sem escala de atuação.

Responsável pelas Informações: Leila Maria Ribeiro Teruel.



Figura 5.5.4. 1: Lavagem dos filtros.



Figura 5.5.4. 2 :Água de lavagem dos filtros sendo conduzida para lagoa de decantação.



Figura 5.5.4. 3: Vista parcial do decantador.



Figura 5.5.4. 4: Vista parcial da lagoa de decantação em processo de enchimento.



Figura 5.5.4. 5: Vista parcial da lagoa de decantação com material decantado.



Figura 5.5.4. 6: Vista geral da secagem do lodo de ETA.



Figura 5.5.4. 7: Detalhe do secagem do lodo de ETA.

5.5.5. Gestão de Lodo de ETA na ETA MONTE MOR – SABESP

O lodo gerado pela ETA é encaminhado para bags (Figura 5.5.5. 1) de polipropileno que estão colocados em baias de alvenaria horizontalmente. Os efluentes drenados são encaminhados para um poço de sucção e retorna ao início do tratamento (Figura 5.5.5. 2). Atualmente o lodo desaguado (Figura 5.5.5. 3) está sendo armazenado aguardando deliberação superior para destinação e ou disposição.

O sistema de desaguamento foi instalado a cerca de 1 (um) ano e até o momento todo o lodo desaguado continua armazenado nas instalações da ETA.

Dos quatro módulos instalados, dois estão em funcionamento parcial e já foram adquiridos novos bag's que serão instalados após a destinação/disposição dos antigos.

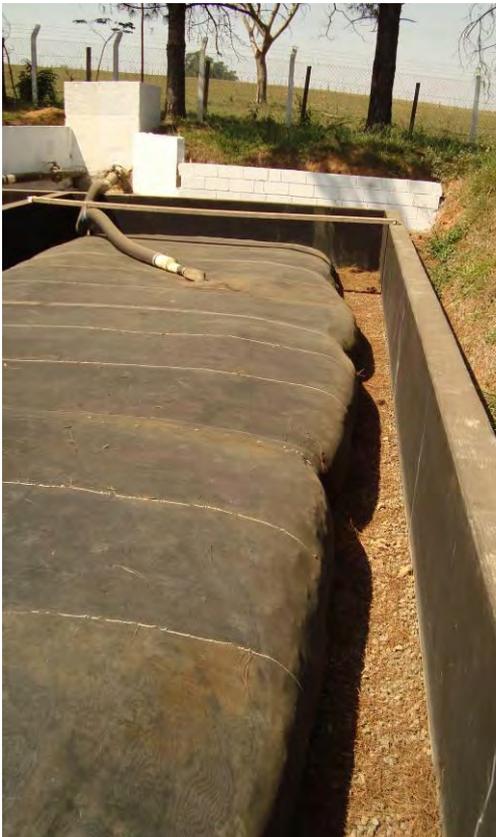
Responsável pelas Informações: José Geraldo Duarte - SABESP.



Figura 5.5.5. 1: Vista geral dos bags instalados na ETA.



Figura 5.5.5. 2: Poço de recebimento dos efluentes.



A



B

Figura 5.5.5. 3: (A) Detalhe da área de drenagem dos Bags, (B) - Lodo de ETA desaguado.

5.5.6. Gestão de lodo de ETA na ETA SÃO JOSÉ – ITUPEVA – SABESP

A ETA São José é um sistema de tratamento compacto responsável por uma parcela do abastecimento de Itupeva, operando sempre no período diurno. Está sendo implantado nessa ETA um sistema de desaguamento de lodo que utiliza bags de polipropileno e seu funcionamento é realizado da seguinte forma: O lodo gerado na ETA é enviado para um tanque de acúmulo (Figura 5.5.6. 1). O tanque de acúmulo possui um sistema de retorno do sobrenadante (ladrão) (Figura 5.5.6. 2), pelo qual o sobrenadante escoar para um tanque de captação e retorna para o início do tratamento. O lodo decantado é enviado por uma descarga de fundo para o bag (Figura 5.5.6. 3). A previsão (dados de projeto) é que cada bag seja utilizado por seis meses.. O líquido drenado do bag será enviado para uma canaleta ao rio São José (Figura 5.5.6. 4). Ainda não estão definidos a destinação final do lodo que será desaguado.

Devido a alguns problemas técnicos observados na instalação, atualmente o sistema ainda não está em funcionamento.

Responsável pelas Informações: Júlio César Gonçalves.



Figura 5.5.6. 1: Tanque de decantação do lodo de ETA.



Figura 5.5.6. 2: Detalhe da saída do efluente sobrenadante que retorna ao tratamento.



Figura 5.5.6. 3: Detalhe do local onde está instalado o bag para acondicionamento do lodo.



Figura 5.5.6. 4: Detalhe da canaleta coletora do efluente drenado dos bags.



5.6. Experiências aplicadas pelos serviços de água e esgotos em relação à gestão dos lodos de ETE (item 5.1 B)

5.6.1. A Experiência da ETE Jundiáí na gestão de lodo de ETE

A **Estação de Tratamento de Esgoto de Jundiáí (ETEJ)** foi construída pela iniciativa privada por meio de contrato de concessão, precedido de concorrência pública, nos termos da Lei 8.987 de 13/02/95. A concessionária vencedora criou a **Companhia Saneamento de Jundiáí (CSJ)**, empresa de finalidade específica, que se encarregou de efetuar as obras e tratar os esgotos do Município.

A CSJ foi a segunda empresa de saneamento no Estado de São Paulo a implantar programa para gerenciamento e reciclagem de lodo de esgoto sanitário na agricultura. Também foi a segunda empresa de saneamento a obter o Registro de Estabelecimento Produtor de Insumos Agrícolas junto ao MAPA obtendo também, em março de 2001, para o lodo, o registro de produto classificado como Condicionador de Solos, com a marca *Jundfétil*. Por se tratar de empresa de finalidade específica, a CSJ, posteriormente, contratou a empresa Opersan Serviços Ambientais S/C Ltda. como prestadora de serviços de gerenciamento do lodo de esgoto, sendo que em janeiro de 2003 esta empresa passa a ser a detentora do registro no MAPA como Estabelecimento Produtor de Insumos Agrícolas e o produto passa a ser registrado com a marca *Sanefétil*.

Em fevereiro de 2001, no início das operações de desaguamento do lodo de esgoto na ETEJ, a CSJ utilizava-se de cal virgem calcítica como método para higienização do lodo. Essa prática perdurou até meados de 2001.

A partir do início de 2002, foi implantado processo para condicionamento físico e sanitário do lodo de esgoto em pátio protegido por sistema de estufas agrícolas que cobria uma área de 12.800 m² (doze mil e oitocentos metros quadrados) e que tinha por objetivos:

1. O aumento do teor de sólidos do lodo, que podia chegar a 45%;
2. Modificar o aspecto físico do produto para farelado grosso e;
3. Redução da densidade dos indicadores de patogenicidade.

O condicionamento físico era particularmente importante já que facilitava a aplicação do lodo no campo e permitia exatidão na distribuição do material com equipamento mecânico mais simples e de baixo custo.



Relatório Parcial I - 75|84

Pelo processo de condicionamento utilizado, o lodo de esgoto desaguado, com teor de sólidos variando entre de 17 e 21%, era descarregado dos decanters diretamente na caçamba de caminhão e, após pesagem era transportado para o pátio de condicionamento em ambiente protegido. Assim que chegavam ao pátio, os caminhões descarregavam o lodo formando leiras de até 200 m de comprimento e que eram revolvidas diariamente com equipamento mecânico específico, por um período de até 90 dias. O período mínimo de permanência do lodo no pátio de condicionamento era de 45 dias (Figura 5.6.1.1).

O trabalho de condicionamento físico e sanitário do lodo de esgoto utilizado produzia um lodo classificado como Classe B, e era destinado para culturas de eucalipto e cana-de-açúcar como condicionador de solo.

O primeiro projeto agrônômico efetivamente executado pela CSJ, em maio de 2001, foi em área de reflorestamento com eucalipto, Fazenda Santo Inácio, pertencente a Suzano Papel e Celulose.

No período de 2001 a 2007 foram elaborados 15 projetos agrônômicos, sendo 3 para áreas de reflorestamento com eucalipto e 12 para áreas cultivadas com cana-de-açúcar. Os projetos elaborados para aplicação em áreas de reflorestamento com eucalipto, todas pertencentes a Suzano Papel e Celulose, totalizam 6.845,8 ha e os elaborados para áreas cultivadas com cana-de-açúcar totalizam cerca de 3.000 ha aptos a reciclagem do lodo de acordo com as normas vigentes a época.

Nas áreas de reflorestamento com eucalipto, a ETEJ reciclou, entre maio de 2001 a março de 2009, cerca de 23.500 toneladas de lodo de esgoto condicionado com média de 30% de teor de sólidos. Para as áreas cultivadas com cana-de-açúcar, entre junho de 2001 a dezembro de 2007 este quantitativo foi de aproximadamente 79.500 toneladas de lodo de esgoto condicionado também com teor médio de sólidos de 30%.

É importante salientar que nas áreas de reflorestamento, ainda não houve uma segunda aplicação do lodo em uma mesma área. Nos projetos envolvendo cana-de-açúcar, o número máximo de aplicações anuais numa mesma área variou de uma a quatro vezes, sendo que na maioria delas houve, num período de 7 anos, apenas duas aplicações.

Relatório Parcial I - 76|84



(A)



(B)



(C)



(D)



(E)



(F)

Figura 5.6.1.1: Etapas do condicionamento do lodo de esgoto.

(A) Desaguamento e carregamento da torta de lodo de esgoto; (B) Disposição do lodo de esgoto em leiras para condicionamento; (C) Condicionamento do lodo de esgoto com revolvimento mecânico; (D) Leiras de condicionamento; (E) Lodo de esgoto condicionado; (F) Lodo de esgoto condicionado. (Fotos: BioSSOLO – Agricultura & Ambiente Ltda, 2007)



Relatório Parcial I - 77|84

Com a publicação da Resolução CONAMA 375 em 29/08/2006, e toda a complexidade inerente aos critérios e procedimentos por ela estabelecidos, a CSJ passa investir no processo de compostagem termofílica do lodo de esgoto, com objetivo de obter um produto Classe A quanto a densidade de indicadores de patogenicidade, e que se enquadrasse como produto de uso seguro na agricultura de acordo com as exigências do Decreto Federal 4.954 do MAPA e suas Instruções Normativas.

Nesta época, início do ano de 2007, iniciaram-se os primeiros testes piloto para compostagem do lodo de esgoto da ETEJ, pelo sistema de leiras revolvidas, utilizando-se das matérias primas carbonáceas bagaço de cana-de-açúcar, podas urbanas e cascas de eucalipto picadas (Figura 5.6.1.2). Já no ano de 2008, a reciclagem de composto orgânico de lodo de esgoto representou 54% do total de produto enviado para reciclagem em áreas agrícolas e florestais. Dos 46% restantes, representados por lodo de esgoto condicionado, cerca de 72% foi destinado para áreas de reflorestamento.

Em fevereiro de 2009, o composto orgânico de lodo de esgoto produzido na ETEJ pela Opersan Serviços Ambientais Ltda., em função do atendimento aos dispositivos regulamentares em vigor, foi contemplado pelo MAPA com o Registro de Produto Fertilizante Orgânico Composto Classe D sob o nº SP-80610 10000-7, mantendo-se a marca *Sanefértil*.

O fertilizante *Sanefértil* é oferecido gratuitamente a agricultores devidamente cadastrados, que trabalhem com culturas não destinadas a alimentação direta, cujas propriedades agrícolas apresentem condições ambientais adequadas e bom nível de mecanização. O produto é fornecido mediante recomendação agrônômica onde constam as características do produto, indicações e restrições de uso, bem como os cuidados necessários na sua manipulação e aplicação.

É importante salientar que é aberto neste momento um imenso conjunto de possibilidades que concorrem, ao mesmo tempo, como um forte incentivo a investimentos por parte dos geradores em tratar e melhorar a qualidade do lodo de esgoto bem como, aumentar a oferta de fertilizante a baixo custo para uso exclusivamente sob recomendação por profissionais habilitados a ainda, constitui importante alternativa ambiental para destinação do resíduo lodo de esgoto, sem colocar em risco a qualidade do ambiente.



(A)



(B)



(C)



(D)



(E)



(F)

Figura 5.6.1.2. Etapas do processo de compostagem do lodo de esgoto ETEJ.

(A) Detalhe do picador de galhos e cascas; (B) Carregamento do material picado; (C) Revolvimento das leiras; (D) Leiras de compostagem identificadas; (E) Revolvimento das leiras - detalhe; (F) Controle da temperatura do processo de compostagem. (Fotos: Biossola – Agricultura & Ambiente Ltda, 2009)



6. CONSIDERAÇÕES FINAIS E RECOMENDAÇÕES.

Como é de conhecimento por parte de todos envolvidos e partes interessadas no processo de elaboração e encaminhamento deste trabalho, notadamente a equipe do Grupo Técnico de Lodo e da Secretaria Executiva do Consórcio PCJ, onde conforme elucidado no presente Relatório Parcial I versão 1, o objetivo inicial de atender os principais municípios que possuem as maiores gerações de lodo nas Bacias Hidrográficas dos Rios Piracicaba, Capivari e Jundiá, foi em parte atendida de maneira regular no que tange ao levantamento de dados e informações pertinentes.

Observa-se também em muitos casos, dentro das informações e dados que foram efetivamente levantados, baixa qualidade e precariedade nas respostas ao formulário/questionário proposto pelo Consórcio BioCiclo. Isto decorre de que alguns dados e informações enviadas foram objeto de avaliação prévia após uma visita técnica aos sistemas de tratamento de água e de esgotos aplicáveis. Neste sentido, a aplicação de uma verificação rigorosa dos dados e informações enviadas merecem procedimentos em termos de rastreabilidade, confiabilidade e consistência de conteúdo, sendo assim objeto de aplicações metodológicas em análise de sensibilidade a posteriori.

Salienta-se, no período de trabalho (entre os meses de julho e agosto/2010) efetuado pela equipe técnica do Consórcio BioCiclo, o registro através de emails e reuniões de diversas barreiras encontradas no levantamento de dados e informações, que em nossa avaliação merece toda atenção e gestão por parte da equipe técnica do Consórcio PCJ por tratar-se de assuntos administrativos e de relacionamento entre seus pares.

Consideram-se que os agentes diretamente envolvidos dentro dos órgãos de saneamento no âmbito do presente trabalho, que até então foram objeto de visitas técnicas por parte do Consórcio BioCiclo, em tese necessitam de uma estreita comunicação e treinamento por parte de seu “*Staff*” e de seus Gestores. Neste sentido, o Consórcio BioCiclo estará atento visando a avaliação na gestão que somente poderá ser melhor caracterizada quando da finalização de todas visitas técnicas e na entrega de todos formulários/questionários devidamente respondidos por parte dos municípios.

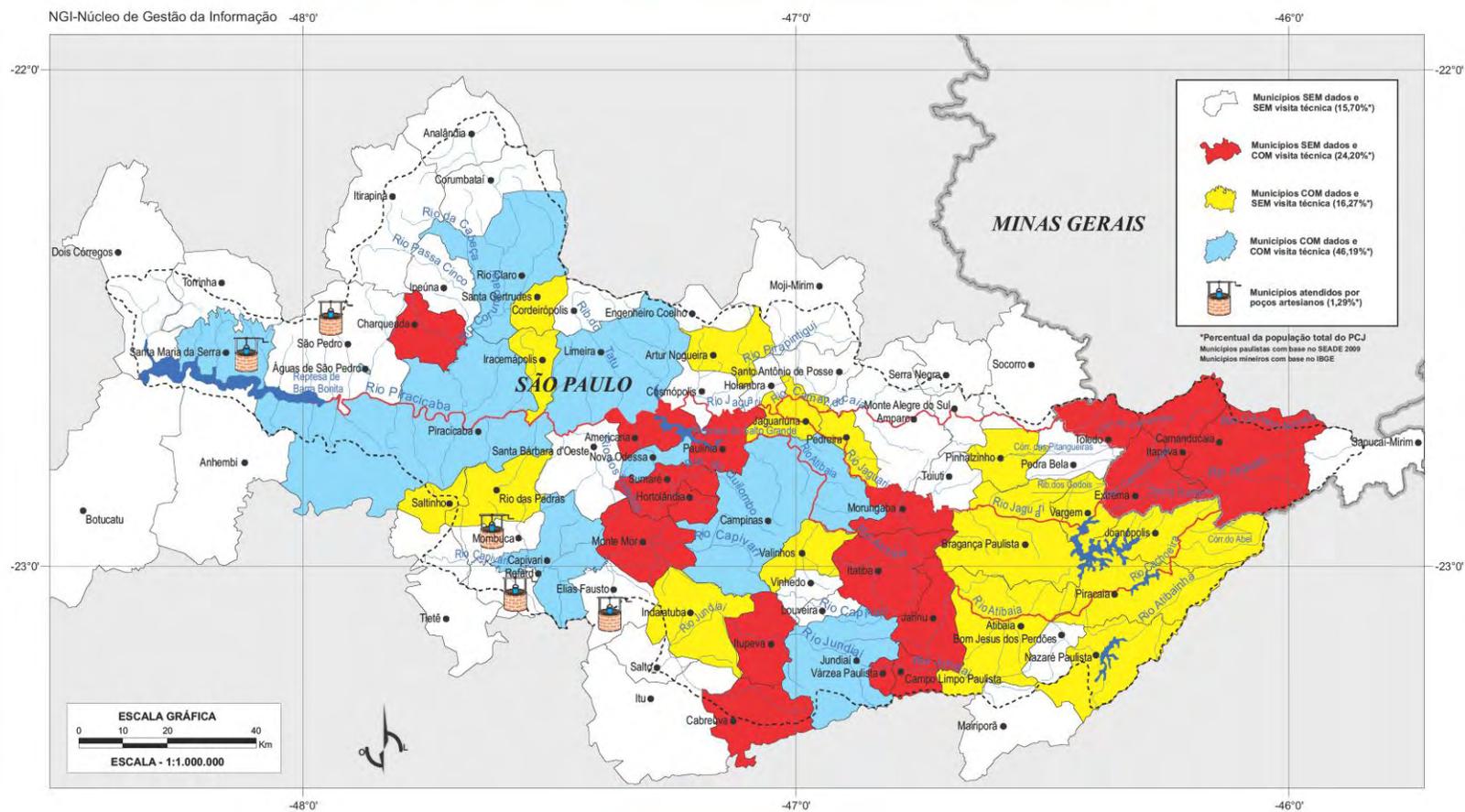
Por fim, o Consórcio BioCiclo recomenda ao Grupo Técnico de Lodo do Consórcio PCJ que avalie a possibilidade de nova reunião para dirimir e superar as barreiras encontradas neste primeiro período do presente trabalho no que tange ao levantamento de dados e informações através da sistematização em comum acordo proposta e comunicada em reunião



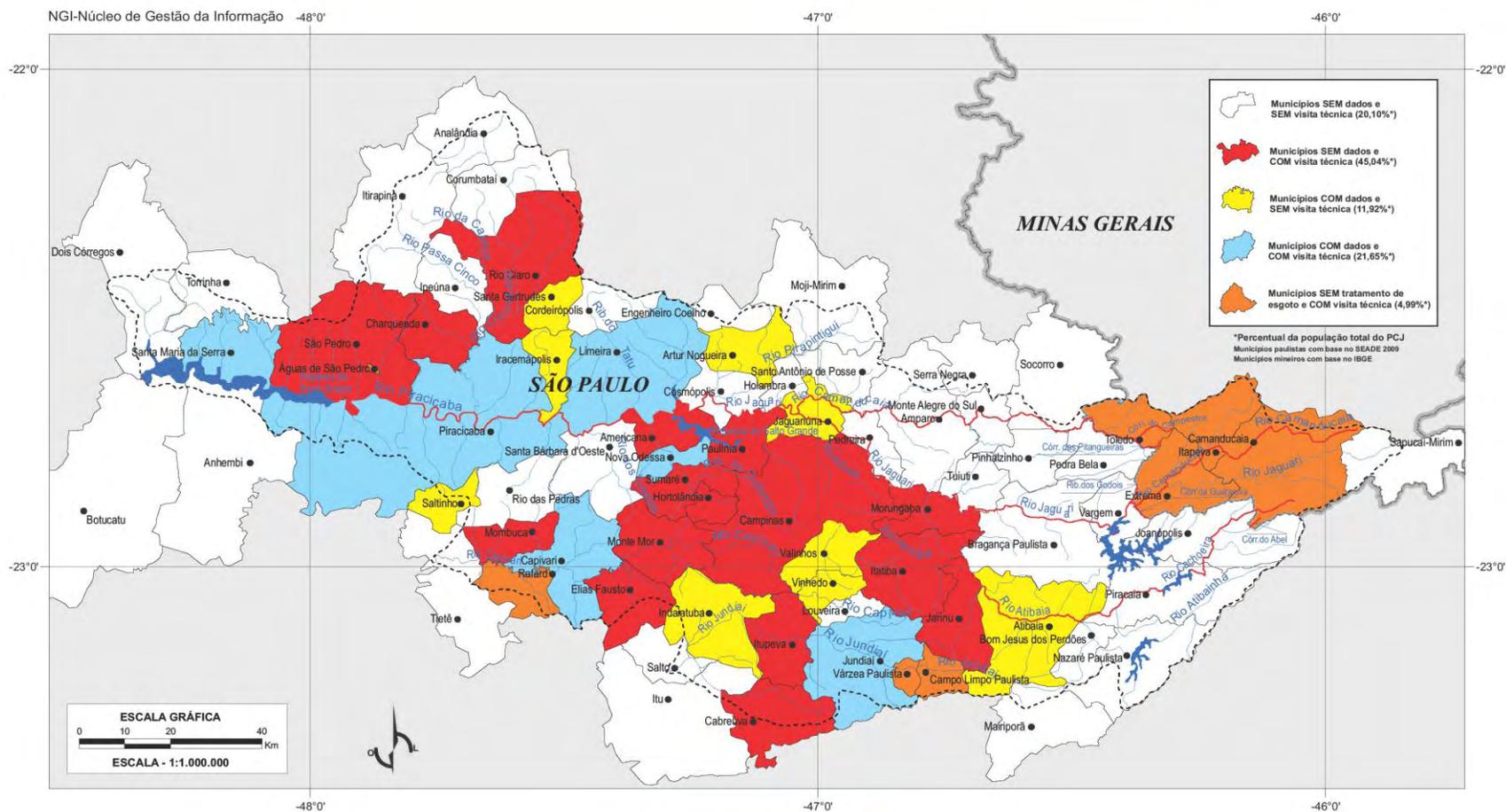
Relatório Parcial I - 80|84

oportuna (reunião na sede do Consórcio PCJ em 30/06/2010) a todos agentes envolvidos e partes interessadas. Na pauta desta reunião proposta pelo Consórcio BioCiclo deverá ser incluída a possibilidade de reavaliação do cronogramas inicialmente proposto para a entrega dos futuros relatórios subseqüentes, tendo em vista que faltam uma parte significativa de municípios que não responderam ao formulário/questionário, além do que diversas visitas técnicas foram canceladas sistematicamente afetando o objetivo inicial do trabalho proposta.

BACIAS DOS RIOS PIRACICABA, CAPIVARI E JUNDIAÍ



BACIAS DOS RIOS PIRACICABA, CAPIVARI E JUNDIAÍ





7. REFERÊNCIAS BIBLIOGRÁFICAS CONSULTADAS.

CUNHA, M. E. G. **“Diagnóstico de Situação e Estudo Preliminar Técnico-Econômico do Lodo de Esgoto no Município de Campinas”**. Convênio de Desenvolvimento Científico e Tecnológico. - Projeto Biolodo. Pontifícia Universidade Católica de Campinas
Campinas - SP, 2003.

ISAAC, R. L. ;MORITA, D. M. **“Projeto Beta – Uso do Lodo de Estação de Tratamento de Água na Construção Civil”**. Universidade Federal de Campinas – UNICAMP. Campinas – SP, 2004.

PESSOA, J. H. **“Gestão dos Efluentes da ETA”**, In: 1º Simpósio: Experiências em gestão de Recursos Hídricos por Bacia Hidrográfica, São Pedro. SP, 2007



8. ANEXOS.

ANEXO 01

Levantamento da caracterização (quantidade e qualidade) dos afluentes das ETE's e das ETA's. (item 5.1 A)

ANEXO 02

SISREM - Sistema Remessas de Esgoto – ETE - JUNDIAÍ

ANEXO 03

Questionários para levantamento de informações respondidos até 02 de setembro de 2010.