

**EDERSON LUIZ ZABOTT
SERGIO LUIZ FAGANELLO
WALDIR LOURENÇATO**

**CONTROLE DE RESÍDUOS DAS ESTAÇÕES DE TRATAMEN-
TO DE ESGOTO – ETE’S DAS UNIDADES REGIONAIS DE APUCA-
RANA E FRANCISCO BELTRÃO – CASO DO LODO DE ETE**

Projeto Técnico Apresentado como Conclusão do
Curso de Capacitação de Facilitadores para a
Qualidade do Programa de extensão em Admi-
nistração e Economia do Departamento de Pes-
quisa e Pós-Graduação do Campus de Curitiba,
da Universidade Federal do Paraná – UFPR.

Orientador: Prof. Dr. João Carlos Cunha.

**CURITIBA
2006**

AGRADECIMENTOS

A Deus, por nos dar a dádiva da vida, com saúde e felicidades.

Agradecemos aos nossos superiores, quando da oportunidade da participação de tão importante projeto – Escola da Qualidade Sanepar–, visto que a qualidade dos processos de uma companhia de saneamento, tanto na prestação de serviços de abastecimento de água quanto na coleta e tratamento de esgoto, é de grande importância para a saúde da população e a garantia de um meio ambiente saudável e necessário à vida.

Aos colegas da Sanepar, que colaboraram na execução do projeto.

A APE – Grupo específico da Qualidade que idealizou e batalhou pela execução deste Grupo de Estudos.

A Cristiane Da Graça da Silveira Ferraz.

Aos professores da UFPR e da Sanepar.

Ao orientador Prof. Dr. João Carlos da Cunha, pela paciência, compreensão e orientações.

A todos que direta ou indiretamente contribuíram para a execução deste projeto.

SUMÁRIO

LISTA DE FIGURAS	iii
LISTA DE TABELAS	iv
LISTA DE ABREVIATURAS E SIGLAS.....	v
1 INTRODUÇÃO	8
1.1 Apresentação do Tema	8
1.2 Justificativa	8
1.3 Objetivos.....	9
1.3.1 Geral.....	9
1.3.2 Específico.....	9
1.4 Apresentação da Empresa e Unidade.....	9
1.4.1 Companhia de Saneamento do Paraná	9
1.4.2 Unidade Regiona de Francisco Beltrão (URFB) e Apucarana (URAP) ...	10
2 FUNDAMENTAÇÃO TEÓRICA.....	12
2.1 Considerações Gerais	12
2.1.1 Classificação dos Resíduos Sólidos.....	14
2.2 Considerações sobre o Projeto	15
2.2.1 Tratamento de Esgoto.....	15
2.2.2 Lodo de Esgoto	17
2.2.3 Leito de Secagem.....	18
2.2.4 Alternativas para a higienização do lodo de Esgoto	19
2.2.5 Descrição das Ferramentas da Qualidade	23
3 DIAGNÓSTICO ATUAL.....	26
3.1 Descrição do Problema	26
3.2 Análise das Causas do Problema.....	29
3.3 Importância percebida pelos colaboradores	30
3.4 Disponibilidade de recursos e competências para resolver o problema	30
4 PROPOSTA	31
4.1 Materiais e Métodos	31
4.2 Implantação da Proposta.....	31
4.2.1 Etapas e Implementação.....	32
4.2.2 Monitoramento da Qualidade	34
4.2.3 Cronograma Físico-Financeiro	37

5	ANÁLISE DE VIABILIDADE	39
5.1	Como e com que eficiência a proposta resolve os problemas encontrados no Diagnóstico	39
5.2	Como e com que eficiência a proposta atende os requisitos de solução de problemas encontrados no diagnóstico	39
5.3	Análise de custo e benefício da Proposta	39
5.4	Possibilidade De Disseminação Em Outras Unidades	42
6	REFERÊNCIAS BIBLIOGRÁFICAS	43

LISTA DE FIGURAS

Figura 1 Esquema da Composição físico-química de Águas residuárias Domésticas	16
---	----

LISTA DE TABELAS

Tabela 1 Espécies indicadas para cultivo com lodo.....	23
Tabela 2 Estações de Tratamento de Esgotos da URFB, em Operação.	27
Tabela 3 Estações de Tratamento de Esgotos da URAP, em Operação.....	28
Tabela 4 Limite de patógenos presentes no lodo de esgoto para a reciclagem agrícola.	35
Tabela 5 Valor limite de concentração de metais pesados em lodo de esgoto para a reciclagem agrícola.	35
Tabela 6 Frequência de amostragem de lodo em ETE's.	36
Tabela 7 Avaliação de Custo/Benefício Destinação Atual.....	40
Tabela 8 Avaliação de Custo Benefício Destinação Proposta	41

LISTA DE ABREVIATURAS E SIGLAS

URAP	Unidade Regional de Apucarana
URFB	Unidade Regional de Francisco Beltrão
ETA	Estação de Tratamento de Água
ETE	Estação de Tratamento de Esgoto
SANEPAR	Companhia de Saneamento do Paraná
RALF	Reator Anaeróbio de Lodo Fluidizado
DBO	Demanda Bioquímica de Oxigênio
DQO	Demanda Química de Oxigênio
pH.....	Potencial Hidrogeniônico
UFPR	Universidade Federal do Paraná
SIS	Sistema de Informações Sanepar
SQA.....	Sistema de Qualidade de Água
Cd.....	Cádmio
Cu.....	Cobre
Ni.....	Níquel
Pb.....	Chumbo
Zn.....	Zinco
Hg.....	Mercúrio
Cr	Cromo
Ton.....	Tonelada
m	Metro
mg	miligrama
Kg.....	quilograma
NMP	número mais provável

1 INTRODUÇÃO

Em uma visão planetária, observa-se que a população vem consumindo seus suprimentos e energia ao mesmo tempo em que produz volumes crescentes de resíduos. Com o passar do tempo, evidentemente, os suprimentos e a energia tendem a se esgotar e os resíduos acumulados causam limitações de ordem econômica, sanitária e ambiental de um modo geral. Essa situação agrava-se ainda mais porque a população cresce e sua propensão a gerar lixo aumenta.

Os resíduos gerados pelos seres humanos e pelos empreendimentos vêm sendo caracterizados como o "maior problema da sociedade". Poucas pessoas ou entidades estão conscientes da gravidade da destinação incorreta dos seus resíduos sólidos. No decorrer do tempo, fez-se necessário à regulamentação através de leis, decretos e normas como uma tentativa de minimizar ou até mesmo extinguir os danos causados pela inadequada destinação destes resíduos no meio ambiente.

1.1 Apresentação do Tema

Aplicação de ferramentas e métodos a serem utilizadas para controlar e reduzir os impactos ambientais gerados pela destinação dos resíduos sólidos gerados pela Unidade Regional de Francisco Beltrão – URFB e Unidade Regional de Apucarana – URAP, da Companhia de Saneamento do Paraná – SANEPAR, em especial o lodo das Estações de Tratamento de Esgotos – ETE.

1.2 Justificativa

O projeto para estudos da destinação de lodo de esgoto, fundamenta-se na Política Ambiental da empresa, a qual segue abaixo:

“A Sanepar busca, no desenvolvimento de suas atividades de saneamento, a conservação ambiental, contribuindo para a melhoria da qualidade de vida da população, baseando-se nos seguintes princípios:

- Melhorar constantemente os processos que geram impactos ambientais significativos;
- Prevenir e reduzir os riscos e danos ambientais;
- Atender a legislação ambiental aplicável à nossas atividades;
- Estabelecer, revisar e acompanhar os objetivos e metas ambientais;

- Promover a comunicação entre as partes interessadas e disseminar ações para educação ambiental.”

1.3 Objetivos

1.3.1 Geral

Elaborar um projeto para o Gerenciamento do lodo produzido nas ETE's da URFB e da URAP.

1.3.2 Específico

- Caracterizar as ETE's da URAP e URFB em estudo;
- Efetuar levantamento de dados operacionais das ETE's em estudo;
- Caracterizar e quantificar o lodo gerado nas ETE's, para posterior destinação final.
- Realizar levantamento de dados das condições atuais de acondicionamento, tratamento e destino final do lodo de esgoto.

1.4 Apresentação da Empresa e Unidade

1.4.1 Companhia de Saneamento do Paraná

A Companhia de Saneamento do Paraná – Sanepar – foi criada no dia 23 de janeiro de 1963 para cuidar das ações de saneamento básico em todo o Estado do Paraná. Ela é uma empresa estatal, de economia mista cujo maior acionista é o governo do Estado, com 60% das ações. A Sanepar tem como parceiro estratégico o Grupo Dominó, formado pelas empresas Veoli, Andrade Gutierrez, Opportunity e Copel, que, juntas, detêm 39,7% das ações. A Sanepar está presente em 621 localidades, beneficiando mais de 8,1 milhões de habitantes.

O Paraná, quando a Sanepar foi criada, tinha um baixo índice de atendimento da população com água tratada e esgoto. Apenas 8,3% da população recebiam água tratada e 4,1% tinha rede de esgoto. Das 221 sedes municipais existentes na época, 19 possuíam os serviços de água e esgoto e 37 recebiam somente água tratada.

Trinta e quatro anos depois, em setembro de 1997, a Sanepar foi a primeira empresa de saneamento da América Latina a obter o certificado ISO 9002 para um

sistema produtor de água: o Sistema Itaquí - Campo Largo, em função da política de qualidade adotada.

A Sanepar foi também a primeira empresa de saneamento das Américas a receber a certificação pelas normas da ISO 14001 para um sistema completo de água e esgoto, em novembro de 1999. O certificado é considerado um dos mais importantes e de maior reconhecimento em todo o mundo na área do meio ambiente e atesta que o sistema de Foz do Iguaçu é operado de forma ambientalmente responsável, desde a captação da água para tratamento até a destinação final do esgoto. A auditoria para indicação para a ISO 14001 foi feita pela empresa americana *ABS Quality Evaluations*.

É por isso que a companhia paranaense é hoje referência na América Latina quanto à prestação de serviços de consultoria, promoção de intercâmbios e parcerias com outras companhias de saneamento. A Sanepar tem uma estreita relação com universidades e instituições científicas e desenvolve trabalhos que projetam seu domínio tecnológico e gerencial no Brasil e no exterior.

A Sanepar tem atualmente um foco social, que vai além da mera prestação de serviços públicos, concentrando esforços na transmissão de informações, na educação e na conservação ambiental.

1.4.2 Unidade Regional de Francisco Beltrão (URFB) e Apucarana (URAP)

Quando a Diretoria da Sanepar iniciou o projeto de reestruturação da empresa, visando agilizar a execução dos processos macros para cumprir com sua missão, seus princípios norteadores, políticas e diretrizes governamentais, implantou novas gerências em 2004, em especial as Unidades Regionais de Apucarana e Francisco Beltrão. A estrutura hierárquica que era composta de gerentes e coordenadores de unidades de receita, unidades de manutenção, unidades de operação, foi composta então por um gerente e quatro coordenadores, sendo estes de Planejamento e Administração, Clientes, Industrial e Redes.

A incumbência da gerência é fazer a interface das decisões da Diretoria aos empregados; negociar a renovação dos Contratos de Concessão; manter relacionamento com o poder concedente (prefeituras); gerir os processos das Unidades de âmbito estadual fazendo a interface com os processos da URAP e URFB.

Para a Coordenação de Planejamento e Administração, coube executar a gestão administrativo-financeira da unidade, efetuando o planejamento e o controle de indicadores, bem como apoio de recursos humanos, informática, transporte, suprimentos, serviços gerais e controle do patrimônio.

Para a Coordenação de Clientes coube executar o processo de faturamento, arrecadação, atendimento personalizado e 115, negociação de contrato de concessão.

Para a Coordenação Industrial coube executar a gestão Industrial da Unidade, dos processos de produção de água e tratamento de esgoto, o controle da qualidade do produto e controle operacional do sistema de água, bem como a coleta e tratamento de efluentes.

E finalmente, para a Coordenação de Redes coube executar a gestão dos processos de operação e manutenção das redes de água e esgoto, bem como executar o desenvolvimento e melhorias operacionais e, manter o cadastro técnico dos sistemas das Unidades.

A URFB foi então composta por 34 sistemas e 24 municípios do sudoeste do Paraná. Atualmente a URFB possui 06 sistemas com coleta, tratamento e disposição final de esgotos domésticos, sendo que há mais dois módulos em construção, na cidade de Capanema e Santo Antônio do Sudoeste. Possui 120 funcionários diretos (próprios) para atender a população a qual abastece com água, que é de 170.986 habitantes, gerando um índice de 99,54% de atendimento. A população urbana total das cidades atendidas é de 171.772 habitantes (SIS, 2006).

A URAP teve sua composição a partir das antigas Unidade de Receita Apucarana (modelo isolado), boa parte das Unidades de Receita Central, Unidade de Serviços de Operação Ivaí, Unidade de Serviço de Manutenção de Redes III e Unidade Regional da Região Nordeste que operava sistemas de pequeno porte e distritos em geral.

Na formação da URAP, para atender a região geográfica do Estado formada pelas Associações de Municípios e da Bacia Hidrográfica, a nova unidade foi constituída por 40 localidades, sendo 24 municípios e 16 distritos. Sua sede foi definida em Apucarana.

A URAP possui 177 funcionários diretos (próprios) para atender a população a qual abastece com água, que é de 247.152 habitantes, gerando um índice de

99,82% de atendimento. A população urbana total das cidades atendidas é de 246.698 habitantes (SIS, 2006).

2 FUNDAMENTAÇÃO TEÓRICA

2.1 Considerações Gerais

Para melhor entendimento neste trabalho e nas suas discussões, faz-se necessário descrever os termos utilizados no decorrer do projeto, bem como o que define a lei.

De acordo com a Lei Estadual 12.493, de 22 de janeiro de 1999, entende-se por:

Art. 2º Para os fins desta lei, entende-se por resíduos sólidos qualquer forma de matéria ou substância, nos estados sólido e semi-sólido, que resulte de atividade industrial, domésticas, hospitalares, comerciais, agrícolas, de serviços de varrição e de outras atividades da comunidade capazes de causar poluição ou contaminação ambiental.

Parágrafo único. Ficam incluídos entre os resíduos sólidos definidos no caput deste artigo, os lodos provenientes de sistemas de tratamento de água e os gerados em equipamentos e instalações de controle de poluição, bem como os líquidos cujas características tornem inviável o seu lançamento em rede pública de esgotos ou corpos d'água ou exijam, para tal fim, solução técnica e economicamente inviável, em face da melhor tecnologia disponível, de acordo com as especificações do Instituto Ambiental do Paraná – IAP.

Art. 3º Ficam estabelecidos os seguintes princípios no tocante a atividades de geração, importação e exportação de resíduos sólidos:

I – a geração de resíduos sólidos, no território do Estado do Paraná, deverá ser minimizada através de adoção do processo de baixa geração de resíduos e da reutilização e/ou reciclagem de resíduos sólidos, dando-se prioridade à reutilização e/ou a reciclagem a despeito de outras formas de tratamento e disposição final, exceto nos casos em que não exista tecnologia viável;

Art. 4º As atividades geradoras de resíduos sólidos, de qualquer natureza, são responsáveis pelo seu acondicionamento, armazenamento, coleta, transporte, tratamento, disposição final, pelo passivo ambiental oriundo da desativação de sua fonte geradora, bem como pela recuperação de áreas degradadas.

Art. 5º Os resíduos sólidos deverão sofrer acondicionamento, transporte, tratamento e disposição final adequados, atendendo as normas aplicáveis da Associação Brasileira de Normas Técnicas – ABNT e as condições estabelecidas pelo Instituto Ambiental do Paraná – IAP, respeitadas as demais normas legais vigentes.

Para a Associação Brasileira de Normas Técnicas – ABNT (NBR ISO 10.004), o lixo é os "restos das atividades humanas, considerados pelos geradores como inúteis, indesejáveis ou descartáveis, podendo-se apresentar no estado sólido, semi-sólido ou líquido, desde que não seja passível de tratamento convencional."

De acordo com a NBR ISO 14001, item 3.5, meio ambiente é a circunvizinhança em que uma organização opera, incluindo-se ar, água, solo, recursos naturais, flora, fauna, seres humanos e suas inter-relações.

Segundo Projeto de lei 203 de 2001 entende-se como:

- resíduos - materiais resultantes de processo de produção, transformação, utilização ou consumo, oriundos de atividades humanas ou animais, ou decorrentes de fenômenos naturais, a cujo descarte se procede, se propõe proceder ou se está obrigado a proceder;

- resíduos sólidos - os resíduos que se apresentam no estado sólido, os resíduos gasosos contidos em recipientes, os lodos provenientes de sistema de tratamento de água e esgotos, os resíduos gerados em equipamentos e instalações de controle de poluição, bem como os efluentes líquidos contendo particulados;

- gestão de resíduos sólidos - o processo que compreende atividades referentes à tomada de decisões estratégicas quanto aos aspectos institucionais, administrativos, operacionais, financeiros e ambientais com relação à limpeza urbana envolvendo políticas, instrumentos e meios;

- gerenciamento de resíduos sólidos - sistema de gestão dos processos internos ou externos de segregação, acondicionamento, identificação, coleta, manipulação, transporte, transbordo, armazenamento, tratamento e destinação final dos resíduos sólidos;

- aterro sanitário - a técnica de disposição final de resíduos sólidos urbanos no solo, por meio de confinamento em camadas cobertas com material inerte, segundo normas técnicas específicas, de modo a evitar danos ou riscos à saúde e à segurança, minimizando os impactos ambientais, incluindo impermeabilização lateral e inferior do terreno, drenagem de águas pluviais, coleta e tratamento de líquidos percolados e coleta do biogás;

- compostagem - o processo de decomposição biológica de fração orgânica biodegradável de resíduos sólidos, efetuado por uma população diversificada de organismos em condições controladas;

- unidade de compostagem - a instalação dotada de pátio de compostagem e conjunto de equipamentos destinados a promover ou auxiliar o tratamento de frações orgânicas dos resíduos sólidos;

- reciclagem - o processo de transformação de resíduos sólidos que envolvem a alteração das propriedades físicas e físico-químicas dos mesmos, tornando-os insumos destinados a processos produtivos;

- reutilização - o aproveitamento do resíduo sem transformação física ou físico-química, assegurando quando necessário, o tratamento destinado ao cumprimento dos padrões de saúde pública e meio ambiente;

- disposição final - a colocação de resíduos sólidos em aterro sanitário/industrial devidamente licenciado onde possam permanecer por tempo indeterminado, em estado natural ou transformados em material adequado a essa permanência, sem causar dano ao meio ambiente e à saúde pública;

Art. 5º - Os resíduos sólidos, quanto à origem, classificam-se em:

I - resíduos sólidos de fonte não específica - são os resíduos sólidos urbanos de geração difusa produzidos individual ou coletivamente, de forma extensiva e disseminada, pela ação humana, animal ou por fenômenos naturais, de geração não circunscrita e não identificável, abrangendo os resíduos provenientes de limpeza, varrição de ruas e logradouros públicos, inclusive aqueles cujo gerenciamento possa exigir procedimentos diferenciados;

II - resíduos sólidos de fonte específica - são os resíduos sólidos de geração determinada, produzidos de forma intensiva e determinada, de geração circunscrita e identificável, abrangendo os resíduos industriais e de mineração, de serviços de saúde, de atividades rurais, de serviços de transporte, da construção civil, de comércio e de serviços, de tratamento de água e esgoto, inclusive os que exigem procedimentos diferenciados, tais como resíduos radioativos e da indústria bélica.

2.1.1 Classificação dos Resíduos Sólidos

São várias as maneiras de se classificar os resíduos sólidos. As mais comuns são quanto aos riscos potenciais de contaminação do meio ambiente e quanto à natureza ou origem, sendo comentada somente a primeira devido ao estudo ser restrito ao lodo de esgoto.

a) Quanto aos Riscos Potenciais de Contaminação do Meio Ambiente

De acordo com a NBR 10.004 da ABNT, os resíduos sólidos podem ser classificados em:

i. Classe I Ou Perigosos

São aqueles que, em função de suas características intrínsecas de inflamabilidade, corrosividade, reatividade, toxicidade ou patogenicidade, apresentam riscos à saúde pública através do aumento da mortalidade ou da morbidade, ou ainda provocam efeitos adversos ao meio ambiente quando manuseados ou dispostos de forma inadequada.

ii. Classe II ou Não-Inertes

São os resíduos que podem apresentar características de combustibilidade, biodegradabilidade ou solubilidade, com possibilidade de acarretar riscos à saúde ou ao meio ambiente, não se enquadrando nas classificações de resíduos Classe I – Perigosos – ou Classe III – Inertes.

iii. Classe III ou Inertes

São aqueles que, por suas características intrínsecas, não oferecem riscos à saúde e ao meio ambiente, e que, quando amostrados de forma representativa, segundo a norma NBR 10.007, e submetidos a um contato estático ou dinâmico com água destilada ou deionizada, a temperatura ambiente, conforme teste de solubilização segundo a norma NBR 10.006, não tiverem nenhum de seus constituintes solubilizados a concentrações superiores aos padrões de potabilidade da água, conforme listagem n.º 8 (Anexo H da NBR 10.004), excetuando-se os padrões de aspecto, cor, turbidez e sabor.

A Sanepar possui o grupo específico de pesquisa, o qual realiza estudos e propõe metodologias para destinação dos resíduos e minimização de impactos gerados pela companhia. Este grupo é composto por aproximadamente 30 funcionários além de estagiários e colaboradores. Também há parcerias com universidades e centros de pesquisas, como por exemplo a Universidade Federal do Paraná.

2.2 Considerações sobre o Projeto

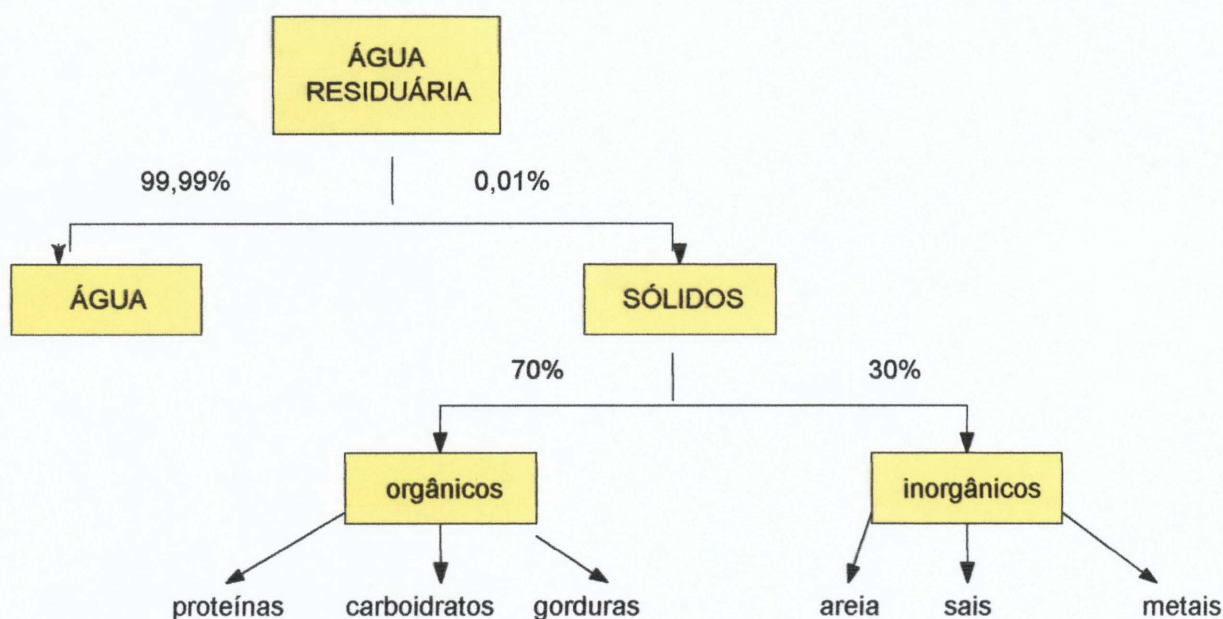
2.2.1 Tratamento de Esgoto

O tratamento do esgoto é uma necessidade de saúde pública, preservação ambiental e estética, bem como de grande interesse econômico, uma vez que água de boa qualidade é sinônimo de potencial de desenvolvimento (FERNANDES E ANDREOLI, 1997).

De modo geral, o lançamento do esgoto bruto nos rios provoca degradação ambiental, pela disseminação de doenças e comprometimento da qualidade da água que pode se tornar imprópria para certos usos. Esta limitação se reflete também em perdas econômicas, uma vez que, como vimos, a degradação da água limita seus usos reduzindo, conseqüentemente, as oportunidades de desenvolvimento (MOTA, 1995).

De acordo com FERNANDES E ANDREOLI (1997), a composição físico-química das águas residuárias domésticas é mostrada de maneira simplificada pela Figura 1.

Figura 1 Esquema da Composição físico-química de Águas residuárias Domésticas



Fonte: FERNANDES E ANDREOLI (1997).

Os sistemas de tratamento de esgotos normalmente utilizam os fenômenos de biodegradação que já ocorrem na natureza. Os métodos mais comuns de tratamento são os biológicos, que utilizam os microorganismos presentes no esgoto, onde os mesmos usam a matéria orgânica como alimento, degradando-a e purificando a água (SPERLING, 1996).

A Sanepar, na maioria das estações de tratamento de esgoto utiliza a digestão anaeróbia, que é um processo bioquímico complexo, composto por várias reações sequenciais e cada uma com sua população bacteriana específica. (SANEPAR, 2006). O processo anaeróbio é realizado com ausência de oxigênio nos reatores anaeróbios de manta de lodo e fluxo ascendente – RALF.

Basicamente, o tratamento de esgoto da Sanepar é composto por um sistema de gradeamento, desarenador, dosador de cal, medidor de vazão, RALF e leitos de secagem. No gradeamento os sólidos mais grosseiros como plásticos, pedras, etc., são removidos na entrada do sistema de tratamento, no desarenador, através da insuflação de ar é removido a areia e materiais minerais do esgoto. Após gradeado e desarenado o esgoto recebe cal para correção de pH e passa pela calha parshal, que é um medidor de vazão instantânea, caso a estação não possua um medidor automático de vazão. Então, o esgoto é conduzido até o reator (RALF) para degradação e estabilização da matéria orgânica. O esgoto tratado é destinado para o corpo receptor e, a parte sólida que é o lodo é encaminhado para desidratação nos leitos de secagem (BOHN, JAWORSKI e ZABOTT, 2003). As características do lodo e leitos de secagem serão melhor descritas a seguir.

2.2.2 Lodo de Esgoto

Entre os resíduos produzidos nas ETE's, o lodo destaca-se pelo grande volume gerado e pela complexidade de gerenciamento, que normalmente envolve diversas etapas de processamento, além do seu elevado potencial poluidor. O lodo concentra os principais contaminantes presentes nos esgotos sanitários (PEGORINI, 2006).

De acordo com Malta (2001), a necessidade de um complexo estudo para a disposição do lodo no solo se dá pela própria composição, que deve ser monitorado quanto à presença de organismos patogênicos e metais pesados, produtos estes que após a disposição no solo entram no ecossistema não só do solo, mas também das plantas, aquíferos subterrâneos e animais de pequeno e grande porte que se alimentam de gramíneas, enfim adentram a cadeia alimentar do homem sendo muito perigosos sob o ponto de vista da saúde pública.

Uma outra utilização que tem sido utilizada em cidades de pequeno porte, até pela falta de uma segunda opção, é a disposição do lodo em aterros sanitários. Esta disposição requer cuidados especiais na escolha da área, no projeto e exige um monitoramento ambiental cuidadoso (Malta, 2001; ANDREOLI, 1999).

Para PEGORINI (2006) o lodo representa de 1 a 2% do volume de esgoto tratado, porém nos custos de processamento e disposição final podem chegar a 60% dos custos de operação e 90% dos problemas de uma ETE.

A reciclagem agrícola é uma das alternativas de destino final mais interessantes para estes resíduos. A escassez de áreas aptas à construção de aterros sanitários, os problemas associados à poluição atmosférica dos incineradores e a ausência de impactos ambientais negativos quando a reciclagem agrícola é feita dentro de critérios seguros, justificam o incremento desta alternativa (FERNANDES e SILVA, 2000).

A estabilização do lodo é empregada principalmente para reduzir substancialmente os números de organismos patogênicos, e desse modo minimizar os riscos a saúde, para o controle de odores ofensivos e para diminuir a possibilidade de decomposição posterior (REALI, 1999).

A concentração de metais pesados no lodo é um dos controles fundamentais para seu uso seguro na agricultura. Dos principais elementos traços encontrados no lodo de estação de tratamento de esgotos sanitários: cádmio, cobre, zinco, níquel, mercúrio, cromo, chumbo; alguns são micronutrientes necessários às plantas como cobre e o zinco. Outros além de não serem necessários podem se acumular no solo em níveis tóxicos às plantas e ao homem. Quando presente em excesso no lodo das estações de tratamento de esgotos sanitários, estes metais provêm de esgotos industriais lançados na rede de esgotos. Neste caso as indústrias responsáveis por esses lançamentos na rede de esgotos sanitários devem ser identificadas e intimadas a tratar seus efluentes (FERNANDES e ANDREOLI, 1997).

Os lodos contêm os mais variados micro-organismos patogênicos, sendo estes vírus entéricos, bactérias (coliformes fecais, *salmonella sp*, *vibrio cholerae*) protozoários (*entamoeba. histolítica* - cistos) e helmintos (*ascaris lumbricoides* – ovo, ovos *necator americanos*, larvas de *ancylostoma duodenale*, *taenia saginata* – ovos, *trichuris trichiura* – ovos) (CHAGAS, 2000; SPERLING; FERNANDES; ANDREOLI, 2001).

2.2.3 Leito de Secagem

Os leitos de secagem são unidades de tratamento, geralmente em forma de tanques retangulares, projetadas e construídas de modo a receber o lodo dos digestores, aeróbios e anaeróbios. Neles se processa a redução de umidade com a drenagem e evaporação da água liberada durante o período de secagem (SPERLING, FERNANDES, ANDREOLI, 2001).

O funcionamento dos leitos de secagem é baseado no processo natural de perda de umidade que se desenvolve devido aos seguintes fenômenos: liberação de gases dissolvidos ao serem transferidos do digestor a pressão elevada e submetidos à pressão atmosférica nos leitos de secagem; liquefação, devido à diferença do peso específico aparente do lodo digerido e da água, estabelecendo a flotação do lodo e rápida drenagem da água; evaporação natural da água devido ao contato íntimo com a atmosfera; e evaporação devido ao poder calorífico do lodo (BETTIOL E CAMARGO, 2000).

O lodo em condições normais de secagem poderá ser removido do leito de secagem depois de um período que varia de 12 a 20 dias, quando a umidade atinge valores de 70 a 60% (CHAGAS, 2000).

2.2.4 Alternativas para a higienização do lodo de Esgoto

a) Caleação

De acordo com FERNANDES e ANDREOLI (1997), caleação é um tratamento químico onde é adicionada cal ao lodo, elevando seu pH a níveis ligeiramente superiores a 12, o que inativa ou mata a maior parte dos patógenos presentes no lodo. O tratamento com a cal também atua na estabilização química do lodo reduzindo muito o problema de odor. Nos experimentos de campo, o lodo caleado sempre apresentou odor aceitável e mais fresco que outros resíduos de origem animal.

A cal presente no lodo também atua no solo como um condicionador, elevando o seu pH, o que é um ponto favorável, já que nossos solos geralmente são ácidos (FERNANDES e ANDREOLI, 1997),

O maior problema relativo à aplicação do lodo é devido à sua aceitação pelo público, aos patógenos, aos riscos de contaminação do lençol freático pela sobrecarga de nutrientes, à diminuição do seu aproveitamento pelas concentrações excessivas de metais pesados e os riscos de contaminação da cadeia alimentar por elementos tóxicos. Ainda que os problemas advindo da sobrecarga de nitrogênio podem ser controlados pelo uso de taxas de aplicação anuais equivalentes às demandas de nitrogênio pelas culturas receptoras, a fitotoxicidade causada pelos metais pesados, é conhecida como difícil de ser predita, razão pela qual tem influência decisiva na vida útil do sítio onde o lodo está sendo aplicado (CHAGAS, 2000). A presença destes organismos patogênicos, no entanto, não inviabiliza a utilização do

biossólido, porém determina a necessidade de submetê-lo a algum processo eficaz de higienização. Os processos mais usualmente adotados no Brasil são a caleação, a compostagem e a secagem térmica (SPERLING; FERNANDES; ANDREOLI, 2001).

Os experimentos científicos mostram que uma proporção de 50% de cal em relação ao peso seco de lodo é uma proporção sanitariamente segura para o tratamento (SANEPAR, 1999).

Quando a higienização do lodo for realizada através da caleação e compostagem, o lote de biossólido deve passar por um período de maturação, para garantir a eficácia do processo e a redução dos patógenos. O tempo de maturação dependerá do processo de higienização utilizado, variando de 30 a 45 dias para a caleação, e de 15 a 30 dias para a compostagem. Após este período, o biossólido deve ser submetido a análises para determinar o conteúdo de metais pesados, a concentração final de elementos patogênicos, o grau de estabilidade e os indicadores agromômicos. Se estes parâmetros forem compatíveis com os critérios permitidos nas normatizações pertinentes de cada estado do país, o lote de biossólidos poderá ser destinado a alguma forma de uso benéfico: reciclagem agrícola, recuperação de áreas degradadas ou produção de substratos (ver Tabela 1) (SPERLING; FERNANDES; ANDREOLI, 2001).

A estrutura para acondicionamento deve possuir:

- Piso: necessário para impedir a infiltração dos líquidos derivados do lodo. Pode ser construído em concreto armado ou asfalto (alcatrão). O alcatrão se mostra mais resistente ao ataque químico; no entanto, é mais frágil à ação mecânica.
- Estrutura de coleta (drenagem), dividindo-se em duas:
 - coleta do chorume, que deverá ser conduzido à entrada do processo da ETE.
 - coleta de águas pluviais, que podem ser conduzidas junto ao efluente final da ETE e direcionadas ao corpo hídrico receptor.
- Pé direito: dispensável nos depósitos cobertos com lona. Deve ser projetado objetivando o fluxo de maquinário alto.

- Cobertura: indispensável a todo pátio de armazenamento. Pode ser com telhado ou simplesmente com lona plástica, e tem por função impedir o umedecimento com a água da chuva, e o contato com pessoas.

b) Compostagem

De acordo com FERNANDES E ANDREOLI (1997), a compostagem é um processo de tratamento biológico onde uma mistura inicial de resíduo sofre a ação de vários grupos de microorganismos. Durante o processo de biodegradação da matéria orgânica a temperatura se eleva naturalmente chegando a 60-65°C nos primeiros dias do processo. Esta elevação da temperatura é responsável pela eliminação ou redução dos microorganismos patogênicos presentes no lodo (FERNANDES E ANDREOLI, 1997).

No processo de compostagem o lodo deve ser misturado a um resíduo estruturante rico em carbono (palha, resíduos de podas de árvores triturados, bagaço de cana, serragem de madeira, etc.).

A mistura deve ser bem homogeneizada e disposta em leiras de seção triangular.

O resíduo estruturante sendo rico em carbono e pobre em nitrogênio equilibra a relação C/N da mistura, que deve se situar entre 20 e 30 para que o processo de compostagem se desenvolva em boas condições. Sendo um processo biológico, seu sucesso depende do controle de alguns parâmetros físico-químicos básicos:

Outro fator importante ligado ao aspecto processamento, diz respeito ao tratamento de higienização. Alguns tratamentos como a compostagem implicam em associar o lodo com outro resíduo. Mesmo levando-se em conta que durante o processo de compostagem há uma perda de matéria orgânica, devido à biodegradação, o volume final do produto a ser disposto é maior que o volume inicial de lodo.

O processo de compostagem deve contemplar os seguintes fatores:

I. Aeração

É fundamental, pois a compostagem deve ser predominantemente feita por microorganismos aeróbios. Na falta de ar predominam os microorganismos anaeróbios e a temperatura não atingirá os valores necessários à eliminação dos patógenos. O produto final também terá características agrônômicas inferiores.

A aeração pode ser feita por revolvimento da leira ou por injeção de ar, sob pressão, na mistura.

II. Relação Carbono/Nitrogênio

Indica o equilíbrio nutricional do meio e deve estar compreendida entre 20 e 30. O excesso do nitrogênio do lodo é compensado pelo resíduo estruturante que fornece carbono mas é pobre em nitrogênio.

III. Umidade

É necessária à atividade microbiana. Deve estar compreendida entre 55 e 65%. Caso seja inferior a este valor a atividade biológica diminui. Se for superior, a água em excesso pode tapar os interstícios da mistura e provocar anaerobiose.

IV. pH

Deve estar próximo da neutralidade. Normalmente as misturas contendo lodo apresentam pH satisfatório, próximo da neutralidade.

V. Granulometria e Estrutura

A mistura do lodo a um agente estruturante visa também criar condições para a circulação de ar na mistura, pois o lodo é formado por partículas finas que resultam em uma pasta. O agente estruturante deve apresentar granulometria entre 0,5 e 4,0 cm para formar uma boa estrutura e permitir a circulação do ar.

A eficiência da compostagem na eliminação de patógenos está diretamente relacionada com a duração da fase termófila e com a tecnologia de compostagem empregada. Portanto, não basta dizer que o produto passou por um processo de compostagem qualquer e, para isso, está higienizado.

Para se obter bons níveis de eliminação de patógenos é necessário que a mistura apresente temperaturas na faixa de 60° C durante 10-20 dias. O revolvimento da mistura também contribui na eliminação, pois incorpora para o centro da mistura as camadas externas onde a temperatura é baixa e até favorável à vida de certos patógenos.

c) Características Sanitárias e Uso Agrícola

De acordo com FERNANDES E ANDREOLI (1997), para facilitar a adequação do lodo às aplicações agrícolas, pode-se considerar classes para o lodo higienizado, com aplicações diferentes, que segue:

- I. Lodo classe A: Indicado para cultura de milho, feijão, soja e similares (grandes culturas mecanizadas e sem contato primário).
 - Parasitologia : até 50 ovos / 100g de lodo seco;
 - Microbiologia:

- ausência de *Salmonella* sp
- Estreptococos fecais < 10³ bactérias/100 gramas de lodo seco.
- Coliforme fecal < 10³ bactérias/100 gramas de lodo seco.

II. Lodo classe B: Indicado para espécies florestais e frutíferas. Estas últimas em sistemas de cova.

- Parasitologia: até 200 ovos / 100 gramas de lodo seco.
- Microbiologia:
 - ausência de *Salmonella* sp.
 - Estreptococos fecais < 10⁶ bactérias / 100 gramas de lodo seco
 - Coliforme fecal < 10⁶ bactérias / 100 gramas de lodo seco.

A definição da classe do lodo é determinada por análises durante o processo de monitoramento realizado na estação de tratamento.

d) Culturas recomendadas:

Entre as culturas a serem implantadas após o espalhamento do lodo, destacam-se como mais aptas, aquelas cujos produtos são consumidos após a industrialização, alimentos não consumidos "in natura", que não apresentam contato primário com o solo, reflorestamentos e fruticultura, conforme disposto na Tabela 1.

Tabela 1 Espécies indicadas para cultivo com lodo.

Tipo de Aplicação	Descrição
Grandes culturas	- principalmente aquelas cujos produtos são consumidos após a industrialização ou alimentos não consumidos "in natura", tais como: milho, feijão, soja, sorgo, canola, trigo, aveia, cevada, forrageiras para adubação verde
Reflorestamento	- sempre incorporado ao solo
Produção de grama	- incorporado ao solo no mínimo 3 meses antes da retirada das leivas;
Fruticultura	- na implantação de pomares quando o lodo for incorporado em covas. Para adubação de manutenção o lodo deve ser aplicado em época anterior à frutificação e incorporado ao solo
cultivo de olerícolas	- não poderá ser efetivado em área fertilizada com lodo de esgoto por um período mínimo de 12 meses após a incorporação
Em pastagens	- o lodo só poderá ser utilizado na implantação ou reforma de áreas e sempre incorporado ao solo. Deve ser observado um prazo mínimo de 75 dias entre a aplicação do resíduo e a entrada dos animais nestas áreas
OBS: Poderão ter uso permitido sem restrição de áreas e culturas lotes do biossólido que tenham passado por processo avançado de redução de patógenos	

Fonte: PEGORINI, 2002.

2.2.5 Descrição das Ferramentas da Qualidade

MOURA (1994), descreve as ferramentas da qualidade como:

a) Gráfico De Pareto

É usado para mostrar por ordem de importância, a contribuição de cada item para o efeito total. Para classificar oportunidades para a melhoria. É uma técnica gráfica simples para a classificação de itens desde os mais até os menos freqüentes. Ele é baseado no Princípio de Pareto, que declara que muitas vezes apenas alguns itens são responsáveis pela maior parte do efeito.

b) Brainstorming

Técnica de reunião coletiva de criação e sugestões. Consiste em reunir pessoas de diferentes especialidades para a discussão livre e descontraída, onde os participantes podem expor qualquer idéia, por mais absurda que pareça, sobre todos os aspectos relacionados a possibilidades, características, possíveis problemas, etc.

c) Diagrama De Causa E Efeito

Também conhecido como Diagrama Espinha de Peixe (por seu formato) e Diagrama de Ishikawa (Kaoru Ishikawa - quem o criou), foi desenvolvido para representar a relação entre o "efeito" e todas as possíveis "causas" que podem estar contribuindo para este efeito. O efeito ou problema é colocado no lado direito do gráfico e as causas são agrupadas segundo categorias lógicas e listadas à esquerda.

Ele é desenhado para ilustrar claramente as várias causas que afetam um processo por classificação e relação das causas. Para cada efeito existem seguramente, inúmeras categorias de causas. As causas principais podem ser agrupadas sob seis categorias conhecidas como os "6 M": Método, Mão-de-obra, Material, Meio Ambiente, Medida e Máquina. Nas áreas administrativas talvez seja mais apropriado usar os "4P": Políticas, Procedimentos, Pessoal e Planta (arranjo físico). Estas categorias são apenas sugestões, é possível utilizar outras que ressalte ou auxilie as pessoas a pensar criativamente.

d) Fluxograma

O objetivo do fluxograma e sua importância estão no fato de constituir o mais poderoso instrumento para simplificação e racionalização do trabalho, permitindo um estudo acurado dos métodos, processos e rotinas. Assim como o organograma é o instrumento gráfico capital para estudo da estrutura de uma empresa, o fluxograma o é para estudo do seu funcionamento.

e) Matriz Gut

Esta matriz é uma forma de se tratar problemas com o objetivo de priorizá-los. Leva-se em conta a gravidade, a urgência e a tendência, de cada problema.

- **Gravidade:** impacto do problema sobre coisas, pessoas, resultados, processos ou organizações e efeitos que surgirão a longo prazo, caso o problema não seja resolvido.

- **Urgência:** relação com o tempo disponível ou necessário para resolver o problema.

- **Tendência:** potencial de crescimento do problema, avaliação da tendência de crescimento, redução ou desaparecimento do problema.

A pontuação de 1 a 5, para cada dimensão da matriz, permite classificar em ordem decrescente de pontos os problemas a serem atacados na melhoria do processo. Este tipo de análise deve ser feito pelo grupo de melhoria com os “donos” do processo, de forma a estabelecer a melhor priorização dos problemas.

f) Metodologia 5W e 2H

Deve-se conhecer os processos, identificar os elementos, as atividades, os produtos e serviços e os padrões a eles associados. Conhecer os processos significa conhecer como os produtos são planejados e produzidos.

i) O que/Que/Qual (What)

- Quais são os insumos do processo?
- Que produto/serviço o processo produz?
- Quais são as metas, padrões e indicadores de desempenho do processo?
- Quais são os métodos e tecnologia empregada?
- Qual o grau de satisfação do cliente com o processo?

ii) Onde (Where)

- Onde o processo é planejado, executado e avaliado?
- Onde o processo deveria ser executado?

iii) Quem (Who)

- Quem são os clientes, fornecedores, gerentes e executores do processo?
- Quem participa das decisões?
- Quem deveria executar o processo?

iv) Quando (When)

- Quando deve começar e terminar a preocupação do dono do processo com o mesmo?
- Quando deve começar e terminar o envolvimento dos clientes com o processo?

- Quando o processo é planejado e avaliado?
- Quando o processo deve ser executado?
- Quando cada sub-processo deve ser executado?
- v) Por que/Para que (Why)
 - Porque/para que esse processo existe?
 - O que está sendo feito é por que é necessário?
 - Por que deve ser feito dessa maneira?
- vi) Como (How)
 - Como o processo é planejado, executado e avaliado?
 - Como as informações são registradas e disseminadas?
 - Como é avaliada a satisfação do cliente?
 - Como está o desempenho do processo?
- vii) Quanto custa (How Much)
 - Quanto custa para executar o processo?

3 DIAGNÓSTICO ATUAL

3.1 Descrição do Problema

O problema atual vivido pelas unidades em estudo é a incorreta destinação do lodo de esgoto, sendo o mesmo acondicionado de forma inadequada no pátio, ou seja, disposto sem um sistema de impermeabilização do solo, sem tratamento conforme descrito no item 2.2.4 Alternativas para a higienização do lodo de Esgoto, e sem sistema de drenagem conduzindo assim o líquido percolado para a entrada do RALF, não estando em acordo com o que exige a legislação e permitindo assim a contaminação do meio. As quantidades de lodo produzido são expressos na Tabela 2 e Tabela 3, sendo que as unidades em estudo produzem aproximadamente 28,44 ton/mês, necessitando de espaço para disposição adequada (conforme descrito no item 2.2.2 Lodo de Esgoto). Após levantamento, estimou-se que cada unidade já possui aproximadamente 300 ton acumuladas nos pátios das ETE's.

Tabela 2 Estações de Tratamento de Esgotos da URFB, em Operação.

Código do Sistema	Cidade	Nº de Ligações	População Atendida	Capacidade L/s	Ton/Lodo seco Mês	% de Atendimento
040	Ampére	770	2282	20,00	1,68	21,05
091	Dois Vizinhos	2104	7122	50,00	2,63	30,33
103	Francisco Beltrão	5689	21288	100,00	5,25	37,41
169	Marmeleiro	934	3335	7,50	1,26	44,21
223	Renascença	737	2185	18,89	2,84	75,84
308	Pranchita	158	426	5,7	1,05	12,99
Total URFB	Unidade Regional	10392	36638	202,09	14,71	21,33

Fonte: SIS, 2006.

O lodo na URFB é retirado com uma frequência aproximada de 90 dias dos RALF's e é disposto nos leitos de secagem e desidratados pela radiação solar e ação dos ventos.

O sistema de esgotamento sanitário da URFB é composto por:

- Uma ETE com capacidade de 20 L/s no sistema de **Ampére**, composto por um RALF e 02 (dois) leitos de secagem com dimensões de 6 m x 8 m cada. A quantidade aproximada de lodo úmido é de 9,6 m³/mês, considerando que as medidas dos leitos após resulta em 7 cm, resta então uma produção de 2,24 m³/lodo seco mês. De acordo com PEGORINI (2006), o lodo após desidratação nos leitos de secagem possui uma umidade residual de 50%, e para cada m³ de lodo seco tem-se 750 Kg do mesmo. Para o caso de Ampére, tem-se então uma produção de lodo mensal de 1,68 ton.

- Uma ETE com capacidade de 50 L/s no sistema de **Dois Vizinhos**, composto por um RALF, um Filtro Biológico, 3 (três) leitos de secagem com dimensões de 5 m x 10 m cada. A quantidade aproximada de lodo úmido é de 15,0 m³/mês, considerando que as medidas dos leitos após desidratação resultam em 7 cm, resta então uma produção de 3,5 m³/lodo seco mês e de 2,63 ton/mês neste sistema .

- Uma ETE com capacidade de 100 L/s no sistema de **Francisco Beltrão**, composto por um RALF e 06 (Seis) leitos de secagem com dimensões de 5 m x 10 m cada. A quantidade aproximada de lodo úmido é de 40,0 m³/mês, considerando que as medidas dos leitos após desidratação resultam em 7 cm, resta então uma produção de 7,0 m³/lodo seco mês e 5,25 ton/mês.

- Uma ETE com capacidade de 7,5 L/s no sistema de **Marmeleiro**, composto por um RALF e 01 (um) leito de secagem com dimensões de 6 m x 12 m. A quanti-

dade aproximada de lodo úmido é de 7,2 m³/mês, considerando que as medidas dos leitos após desidratação resultam em 7 cm, resta então uma produção de 1,68 m³/lodo seco mês e 1,26 ton/mês.

- Uma ETE com capacidade de 18,89 L/s no sistema de **Renascença**, composto por um RALF e 01 (um) leito de secagem com dimensões de 6 m x 09 m. A quantidade aproximada de lodo úmido é de 5,4 m³/mês, considerando que as medidas dos leitos após desidratação resultam em 7 cm, resta então uma produção de 3,78 m³/lodo seco mês e 2,84 ton/mês.

- Uma ETE com capacidade de 5,7 L/s no sistema de **Pranchita**, composto por um RALF e 01 (um) leito de secagem com dimensões de 6 m x 10 m. A quantidade aproximada de lodo úmido é de 6,0 m³/mês, considerando que as medidas dos leitos após desidratação resultam em 7 cm, resta então uma produção de 1,4 m³/lodo seco mês e 1,05 ton/mês.

O lodo na URAP é retirado com uma frequência aproximada de 90 dias para as ETE's de Apucarana (ETE 1 Jaboti), Jandaia do Sul (ETE 1 Siriema e ETE 2 Cambara) e São Pedro do Ivaí (ETE 1 Cambara); e 180 dias para as ETE's de Apucarana (ETE 2 Biguaçu), Ivaiporã (ETE 1 Pindauvinha) e Rosário do Ivaí (ETE 1 Escrita); para os sistemas da URAP, sendo disposto no leito de secagem e desidratado pela radiação solar e ação dos ventos.

Os sistemas existentes com RALF na URAP são descritos na Tabela 3

Tabela 3 Estações de Tratamento de Esgotos da URAP, em Operação.

Código do Sistema	Cidade	Nº de Ligações	População Atendida	Capacidade L/s	Ton/Lodo seco Mês	% de Atendimento
008	Apucarana	7562	25932	50,00	9,03	25,22
132	Ivaiporã	1142	3146	5,00	1,17	11,07
138	Jandaia do Sul	2795	9063	5,00	2,20	50,78
262	São Pedro do Ivaí	952	3245	5,00	1,00	40,54
314	Rosário do Ivaí	488	1395	4,00	0,33	61,02
Total URAP	Unidade Regional	12939	42781	69,00	13,73	17,31

Fonte: SIS, 2006.

O sistema de esgotamento sanitário da URAP é composto por:

- Duas ETE's com capacidades de 40,0 L/s (ETE 1 Jaboti) e 10 L/s (ETE 2 Biguaçu), no sistema de **Apucarana**, composto por um RALF (cada) e 04 (quatro) e 03 (três) leitos de secagem respectivamente. A quantidade aproximada de lodo seco produzido é de 6,7 e 2,33 ton/mês.

- Uma ETE com capacidade de 5,0 L/s (ETE 1 Pindauvinha), no sistema de **Ivaiporã**, composto por um RALF e 02 (dois) leitos de secagem. A quantidade aproximada de lodo seco produzido é de 1,17 ton/mês.

- Duas ETE's com capacidades de 5,0 L/s (ETE 1 Siriema) e 17,0 L/s (ETE 2 Cambara), no sistema de **Jandaia do Sul**, composto por um RALF (cada) mais 01 (um) e 02 (dois) leitos de secagem respectivamente. A quantidade aproximada de lodo seco produzido é de 1,2 e 1,0 ton/mês.

- Uma ETE com capacidade de 5,0 L/s (ETE 1 Cambara), no sistema de **São Pedro do Ivaí**, composto por um RALF e 03 (três) leitos de secagem. A quantidade aproximada de lodo seco produzido é de 1,0 ton/mês.

- Uma ETE com capacidade de 4,0 L/s (ETE 1 Escrita), no sistema de **Rosário do Ivaí**, composto por um RALF e 02 (dois) leitos de secagem. A quantidade aproximada de lodo seco produzido é de 0,33 ton/mês.

A incorreta destinação dos resíduos sólidos – lodo de ETE (resíduo disposto diretamente no solo sem tratamento e impermeabilização) – é causa de contaminação de solo, água e meio ambiente, visto que este material fica em contato direto com o meio e é facilmente arrastado para os rios pela ação das chuvas e está suscetível a infiltração. Há a necessidade de elaborar padronizações de como tratar este resíduo de forma correta e segura, garantindo a preservação da qualidade de vida e manutenção do meio em que vivemos.

3.2 Análise das Causas do Problema

Uma das prováveis causas do problema são os problemas operacionais se dão devido a ausência de instruções normativas e orientações adequadas para tratamento de esgoto e a destinação dos resíduos sólidos gerados. Como consequência há a incorreta destinação dos mesmo, que é a disposição no solo sem tratamento, sem impermeabilização e cobertura para evitar o contato com a chuva e posterior arraste do material para os rios causando assoreamento e contaminação.

Há também a mudança de paradigmas, visto que a visão do profissionais que efetuaram os primeiros projetos de esgotamento sanitário era de apenas tratar o esgoto e dispor o mesmo no corpo receptor, até mesmo pela exigência da legislação na época. Após a conscientização e mudanças de visão, tanto da Sanepar quanto da sociedade como um todo, a introdução da consciência ambiental, a implantação e

aplicação das política de qualidade e de meio ambiente pela companhia, optou-se por elaborar projetos não só com sistemas de tratamento de esgotos mas sim com sistema de tratamento de lodo e demais resíduos gerados. Também surge a necessidade de adequar os sistemas antigos com sistemas de tratamento de lodo, caso este proposto no presente projeto.

3.3 Importância percebida pelos colaboradores

Após levantamento via questionário será avaliado o percentual de funcionários, técnicos e coordenadores cientes (comprometidos) e com capacidade (treinamento) para manutenção e operação dos sistemas de tratamento de esgoto com disposição controlada e segura do lodo, bem como para avaliar a percepção destes da importância deste processo para a conservação e preservação do meio ambiente.

3.4 Disponibilidade de recursos e competências para resolver o problema

A Sanepar iniciou o seu Planejamento Ambiental Estratégico em 1999, contemplando programas, projetos e procedimentos para toda a organização, com o objetivo de assegurar a utilização correta do patrimônio natural e construído (SANEPAR, 2005).

Tal empreendimento foi fruto de amplo debate que contou com a participação de todos os segmentos da empresa. Pautado no compromisso com o desenvolvimento sustentável, o Planejamento Ambiental define padrões de comportamento e de métodos que a empresa passa a praticar como filosofia de atuação (SANEPAR, 2005).

Os recursos necessários são de aproximadamente R\$ 240.000,00 no primeiro ano, devido a necessidade de construção dos abrigos para acondicionamento, reduzindo para aproximadamente R\$ 25.000,00/ano nos anos seguintes. O benefício adquirido é com a conservação e a preservação do meio ambiente, cumprindo assim a política de qualidade e o compromisso social.

O quadro técnico da Sanepar está sendo preparado através do programa de educação e qualificação profissional "Tratando o Esgoto – Ambiente Legal", bem como a abertura de concurso público para profissionais habilitados e de competência. A Sanepar também possui uma área denominada APD – Assessoria de Pesquisa e Desenvolvimento, que é um grupo específico de pesquisa para estudos e ela-

boração de propostas composta por 21 (vinte e um) técnicos além de bolsistas, que dão apoio e orientações para as unidades quando solicitados.

4 PROPOSTA

O modelo proposto baseia-se na eliminação do problema, ou seja, destinação do lodo desidratado oriundo dos leitos de secagem, que estava sendo armazenado no pátio, podendo ser dividido nas seguintes etapas:

- a) levantamento de dados;
- b) acondicionamento do lodo (construção do Abrigo Coberto);
- c) higienização do lodo;
- d) destinação final do lodo.
- e) Disseminação para outras unidades.

As etapas serão melhor descritas no item 4.2.

4.1 Materiais e Métodos

A correta delimitação das causas do problema (não destinação do lodo) facilita a correta resolução do mesmo. A utilização do *Brainstorming* e, posteriormente do diagrama de causa – efeito nos possibilitará um diagnóstico real e aplicável às unidades em estudo. A tabulação dos dados se faz necessária para interpretação dos fatos, utilizando-se então da matriz Gut e do gráfico de Pareto para priorizar a solução e eliminação das causas.

Após diagnóstico e levantamento de dados, será elaborado um fluxograma para acompanhamento das etapas do processo identificando os pontos falhos e um parecer propondo através da metodologia 5W e 2H um cronograma para execução das melhorias.

4.2 Implantação da Proposta

A busca de aperfeiçoamento dos controles operacionais será através de implementação de treinamentos para o correto acompanhamento e análise do funcionamento dos sistemas de tratamento de esgoto e sua posterior produção e destinação do lodo.

4.2.1 Etapas e Implementação

a) levantamento de dados

Utilizando o *Brainstorming*, será identificado os principais focos de problemas, elaborando também um questionário, com os operadores e envolvidos com o processo, das atuais condições atuais de acondicionamento, tratamento e destino final do lodo de esgoto.

Será efetuado levantamento de dados como vazão, capacidade de tratamento, produção de lodo mediante pesquisa nos boletins de tratamento.

Será elaborado um banco de dados tabulando os dados e organizando-os no diagrama de causa-efeito, esquematizando o processo em um fluxograma para melhor visualização. As principais causas e prioridades serão enumeradas utilizando a matriz Gut e o gráfico de Pareto.

Com as causas já levantadas, com suas prioridades será elaborado utilizando a metodologia 5W e 2H o planejamento para inclusão de custos no orçamento das unidades, pretendendo construir o abrigo coberto para acondicionamento de lodo após realização da caleação, bem como o equipamento misturador de lodo e cal (conhecido como maromba).

b) acondicionamento do lodo;

Efetuada a tabulação dos dados com levantamento de quantidade de lodo produzido (3. DIAGNÓSTICO ATUAL), será dimensionado e levantado os custos para construção do abrigo coberto para acondicionamento do lodo após desidratação. Nesta etapa será monitorado a qualidade do lodo enquanto estabiliza, levando em conta as características descritas no item 4.2.2 Monitoramento da Qualidade.

c) higienização do lodo;

A higienização do lodo será realizada aplicando-se cal ao lodo, conforme descrito na letra “a” do item 2.2.4 Alternativas para a higienização do lodo de Esgoto, esperando-se o tempo para maturação e estabilização.

Será realizada análises antes da destinação do biossólido para garantir sua qualidade de acordo com os padrões da legislação atual, e posteriormente o seu monitoramento *in loco*.

d) destinação final do lodo.

Conforme Tabela 6 será realizado acompanhamento para caracterizar o lodo gerado, no período semestral.

Também será efetuado o cadastro de propriedades e seus respectivos proprietários interessados em utilizar o lodo para complementação de nutrientes em lavouras ou recuperação de áreas degradadas. Será feita avaliação de aptidão de solo da propriedade, elaborando mapas de uso e ocupação do mesmo selecionando as áreas aptas a receberem o lodo tratado, então aprovando o cadastro da mesma.

Faz-se necessário o pedido de autorização ambiental para transporte e disposição final. Quando não prevista na Licença de Operação – LO da ETE, deve ser solicitada junto ao Escritório Regional do IAP (Instituto Ambiental do Paraná), autorização ambiental para transporte e disposição final destes resíduos, visando atender a legislação vigente.

O processo de solicitação de autorização ambiental, de acordo com instruções da USGA (unidade de serviços de gestão ambiental) deve ser encaminhado ao IAP com a RLA – Requerimento de Licenciamento Ambiental, Cadastro de Caracterização de Resíduos, cópia da LO da ETE, Recolhimento da Taxa Ambiental e projeto de destinação de resíduos.

De acordo com SANEPAR (1999), será necessário também o acompanhamento agrônomo, onde este profissional deve inspecionar as áreas disponíveis e definir as dosagens de lodo e complementação mineral, em função das necessidades da cultura. A descarga do lodo na propriedade agrícola deve ser feita em local afastado de moradias e cursos d'água.

O espalhamento do lodo não deve ser feito em dias de chuva, pois as águas superficiais facilitam o escoamento. O lodo passa por processos de biodegradação antes de liberar parte de seus nutrientes, portanto é recomendado que o espalhamento e a incorporação sejam feitos, pelo menos um, mês antes do plantio.

Uma vez espalhado sobre o solo agrícola, é recomendado que o lodo seja incorporado superficialmente, com grade leve. A incorporação com o solo facilita o processo de biodegradação, diminui as perdas de nitrogênio por volatilização bem como os riscos de perda por erosão.

As pessoas envolvidas na operação de transporte e espalhamento do lodo devem usar botas, luvas e protetor de mucosas (nariz e boca). São cuidados para evitar o risco de transmissão de patógenos.

Ao final da operação as ferramentas e roupas devem ser lavadas e os trabalhadores devem tomar banho.

A área onde foi espalhado o lodo não deve permitir o acesso de animais e as pessoas que circularem pela área devem estar calçadas.

Uma área fertilizada com lodo de esgoto pode ser usada para horticultura após dois anos, a contar da data da última aplicação de lodo.

e) Disseminação para outras unidades.

O processo de disseminação tanto quanto de aperfeiçoamento do processo (melhoria contínua) será através de Benchmarking com outras Unidades/Empresas, como por exemplo a unidade de Foz do Iguaçu, que já possui o certificado ISSO 14.000, e também pela divulgação de dados através da publicação de artigos e matérias nos jornais internos da empresa. Também será realizado palestras de educação ambiental mostrando pontos fracos e fortes do projeto e possíveis alterações/melhorias.

Poderão ser efetuado visitas técnicas para compartilhamento de tecnologias e práticas de estudo com outras empresas do ramo de saneamento ambiental.

4.2.2 Monitoramento da Qualidade

Será proposto controle com análise de patógenos e metais pesados quando da preparação para destinação do lodo após prazo mínimo (30 dias) para estabilização do composto já caleado, como segue.

Os tipos de controles para monitoramento proposto, conforme PEGORINI (2002) segue em etapas:

a) Características Agronômicas

As características agronômicas importantes na definição do potencial do material são: pH, matéria seca, carbono, nitrogênio, fósforo, potássio, cálcio, magnésio, relação C/N.

b) Parâmetros Sanitários

Para fins de análise de padrão sanitário do lodo, serão avaliados os seguintes indicadores: ovos viáveis de helmintos e coliformes fecais. A Tabela 4 apresenta os valores limites almejados. Uma vez controlados estes patógenos, os demais automaticamente estarão presentes no lodo em níveis admissíveis e que não proporcionam riscos aos usuários do produto, consumidores e ao meio ambiente.

Tabela 4 Limite de patógenos presentes no lodo de esgoto para a reciclagem agrícola.

PARÂMETROS	LIMITES
Contagem de Ovos Viáveis de Helmintos	0,25 ovos/g/M.S.
<i>Coliformes Fecais</i>	10 ⁴ NMP/g M.S. ¹

Fonte: PEGORINI, 2002

c) Metais Pesados

Para os limites de metais pesados a legislação estabelece dois níveis de monitoramento:

- Limite de Referência: os lotes em que qualquer elemento exceda estes limites não poderão ser utilizados na agricultura e deverão ter outro destino.
- Limite de Alerta: permite a utilização na agricultura, e indica a necessidade de identificação e controle das fontes contaminantes.

Os elementos a serem monitorados e os respectivos níveis tolerados estão discriminados na Tabela 5 , como segue.

Tabela 5 Valor limite de concentração de metais pesados em lodo de esgoto para a reciclagem agrícola.

Elemento	Teor Limite (mg/kg de Matéria Seca)	Limite De Alerta (mg/kg de Matéria Seca)
Cd	20	10
Cu	1.000	700
Ni	300	200
Pb	750	500
Zn	2.500	2.000
Hg	16	10
Cr	1.000	500

Fonte: PEGORINI, 2002

d) Teor de Cinzas

A questão da frequência de insetos nos locais de aplicação e estocagem do lodo no campo está associada às más condições de estabilização do produto, e pode ser avaliado pelo teor de material inorgânico do lodo após digestão seca a 450°C, que, para fins de utilização agrícola deve ser superior a 29%.

e) Frequência de Análise

¹ NMP/g M.S. = Número mais provável por grama de matéria seca.

A amostragem para fins de avaliação da qualidade do resíduo deverá seguir as diretrizes apontadas na Tabela 6, que estabelece frequências diferenciadas de acordo com o porte das ETE's.

Tabela 6 Frequência de amostragem de lodo em ETE's.

Porte da Unidade de Gestão de Disposição Final (toneladas de matéria seca de Lodo/ano)	Frequência de Amostragem
Até 60	Anual (Anterior a safra de maior demanda pelo biossólido)
De 60 a 240	Semestral (uma anterior à safra de verão e outra anterior à safra de inverno)
Acima de 240	Semestralmente, anterior à safra de verão e outra anterior à safra de inverno, ou : A cada 100 ton: valor fertilizante e cinzas A cada 400 ton: sanidade e metais pesados. O que acontecer antes.

Fonte: PEGORINI, 2002.

Como as duas unidades farão seu monitoramento com apoio e vistoria dos técnicos que possuem para posterior *benchmarking* e tabulação de resultados/valores, a quantidade de lodo produzida será considerada também de forma individual, estando ambas classificadas na faixa de 60 a 240 toneladas de lodo por ano.

4.2.3 Cronograma Físico-Financeiro

Descrição	Prazo de Execução – bimestral (bim) para 2006 e trimestral (trim) para 2007, valores em reais (R\$)												
	2006						2007				Responsável	Contínuo R\$/Ano	Custo total R\$/ano
	1º Bim	2º Bim	3º Bim	4º Bim	5º Bim	6º Bim	1º Trim	2º Trim	3º Trim	4º Trim			
Aceitação da Gerencia URAP		0,00									Sanepar		0,00
Aceitação da Gerencia URFB				0,00							Sanepar		0,00
Caracterizar e definir as ETE's da URAP e URFB em estudo.		50,00	50,00	25,00							Sanepar		125,00*
Quantificar o lodo gerado nas ETE's		250,00	250,00								Sanepar		500,00*
Realizar levantamento de dados das condições atuais de acondicionamento, tratamento e destino final do lodo de esgoto.		0,00	0,00								Sanepar		0,00
Elaborar questionário, conforme proposto no item 3.3 Importância percebida pelos colaboradores			0,00								Sanepar		0,00
Realizar Planejamento para custos de implantação do Projeto					0,00	0,00				0,00	Sanepar		0,00
Construção do Abrigo Coberto							150.000,00				Sanepar		150.000,00*
Higienização do lodo		3.010,00	3.010,00	3.010,00	3.010,00	3.010,00	4.515,00	4.515,00	4.515,00	4.515,00	Sanepar	18.060,00	18.060,00
Adquirir Misturador de Lodo						60.000,00					Sanepar		60.000,00*
Cadastrar Propriedades e Proprietários da URAP e URFB interessados em utilizar o lodo.		0,00	0,00		0,00	0,00					Sanepar		0,00
Avaliar quais propriedades são aptas a receber o lodo.		200,00	200,00		200,00	200,00					Sanepar		800,00*
Caracterizar o lodo gerado nas ETE's para destinação final			500,00		500,00		500,00		500,00		Sanepar	1.000,00	1.000,00
Pedido autorização ambiental							2.000,00				Sanepar	2.000,00	2.000,00 ²
Elaborar plano de monitoramento nas propriedades.				0,00	0,00						Sanepar	0,00	0,00

² Valores a serem realizados no ato do pedido de Autorização Ambiental e no período de renovação que é geralmente 04 anos.

Continuação 4.2.3 Cronograma Físico-Financeiro

Descrição	Prazo de Execução – bimestral (bim) para 2006 e trimestral (trim) para 2007, valores em reais (R\$)												Responsável	Contínuo R\$/Ano	Custo total R\$/ano
	2006						2007								
	1º Bim	2º Bim	3º Bim	4º Bim	5º Bim	6º Bim	1º Trim	2º Trim	3º Trim	4º Trim					
Transporte do lodo para as propriedades Benchmarking com outras Unidades/ Empresas		500,00				500,00	500,00			500,00			Sanepar	1.000,00	1.000,00
Palestras de Conscientização e Educação Ambiental													Sanepar		
Monitoramento da qualidade de lodo													Sanepar		
Monitoramento do solo nas áreas de aplicação					400,00		400,00			400,00			Sanepar	800,00	800,00
Depreciação de bens						9.000,00	2.500,00	2.500,00	2.500,00	2.500,00	2.500,00		Sanepar	10.000,00	10.000,00
Atendimento da legislação vigente													Sanepar	0,00	0,00
Disposição Final													Sanepar	Benefício Social	0,00
	Total (R\$/ano)												Total (R\$/ano)		244.285,00

* Valores referentes somente ao primeiro ano.

5 ANÁLISE DE VIABILIDADE

5.1 Como e com que eficiência a proposta resolve os problemas encontrados no Diagnóstico

Os problemas descritos no diagnóstico referem-se ao impacto gerado pelo não tratamento e a incorreta destinação do lodo de esgoto. Se as etapas descritas no item 4.2.3 - Cronograma Físico-Financeiro, forem corretamente aplicadas e seguidas haveria o tratamento de aproximadamente 28,44 ton de lodo por mês, gerando um benefício social e a não poluição do meio ambiente. Também a minimizado total do passivo ambiental, devido ao lodo ser tratado (sistema para tratamento do lodo com equipamento misturador para caleação) até estabilização, e os possíveis líquidos percolados no sistema de drenagem novamente bombeados (recirculados) para o tratamento (RALF), um controle de qualidade do lodo antes da destinação e monitoramento da propriedade.

Tal resultado garantiria o atendimento da política ambiental da empresa, o atendimento da legislação, bem como a redução de riscos e danos ambientais – impactos, o melhoramento contínuo dos processos (descrito nos grupos de NBR's 9.000 e 14.000) promovendo a comunicação entre as partes nas duas unidades, com técnicos, coordenadores e operadores.

5.2 Como e com que eficiência a proposta atende os requisitos de solução de problemas encontrados no diagnóstico

No item 1.3.2 foram descritos objetivos específicos, detalhados de melhor forma no item 4.2. A proposta descrita visa somente minimizar a geração do passivo, propondo formas adequadas de tratamento e de destinação, portando sanando os problemas descritos no diagnóstico. A eficiência da proposta depende da aprovação de recursos para aquisição de equipamento, construção de instalações e capacitação de técnicos, sendo que a médio e longo prazo, após conclusão das obras estará totalmente eliminado o impacto ambiental descrito.

5.3 Análise de custo e benefício da Proposta

Os custos descritos no item 4.2.3 Cronograma Físico-Financeiro referem-se a implantação de um sistema de gerenciamento de resíduos sólidos, em específico o

caso do lodo de ETE. Como descrito na Tabela 7, a destinação atual “não causa” ônus para a companhia, visto que para não realizar tratamento e disposição correta não há custos monetários, e sim um custo social, visto que há contaminação do meio ambiente, incluindo rios, lençóis freáticos e solos. Devido ao não atendimento da legislação vigente poderia ocorrer a autuação pelos órgãos ambientais e a aplicação de multas.

Tabela 7 Avaliação de Custo/Benefício Destinação Atual

Condição	Custos	Impacto	Descrição
Secagem do lodo	0,00	P	– Eliminação de volume.
Não Higienização do lodo	0,00	A	– Contaminação do solo, lençol freático, homem, fauna e flora.
Acondicionamento no solo, sem impermeabilização.	0,00	A	– Contaminação do solo, lençóis freáticos, homem, fauna e flora.
Não Atendimento da Legislação Vigente	Possíveis Multas	A	– Contrária a Política de Qualidade, Impacto Social

A Tabela 8 demonstra os cálculos para implantação do programa de gerenciamento de resíduos sólidos com seus respectivos impactos, sendo eles positivo ou adverso, descrevendo os gastos em cada etapa. A princípio haveria mais gastos no ato da implantação, devido a construção do abrigo e aquisição do misturador de lodo. Nos anos seguintes teria apenas os gastos com monitoramento, controle de qualidade e a depreciação dos bens. O princípio do processo inicia-se na secagem de lodo, nos leitos de secagem, visto que é o primeiro “tratamento” que o lodo recebe, ou seja, a desidratação para redução de volume, estando instalado em todos os sistemas de tratamento e sem custo para manutenção, visto que o mesmo necessita somente das ações climáticas para ocorrer (funcionar).

Tabela 8 Avaliação de Custo Benefício Destinação Proposta

Condição	Custos R\$/Ano	Impacto	Justificativa
Secagem do lodo	0,00	P	- Eliminação de volume.
Aceitação das Gerências	0,00	P	- Comprometimento com o projeto e garantia de implantação e permanência do mesmo;
Caracterizar e definir as ETE's da URAP e URFB em estudo.	125,00	P	- Conhecer o que e quanto é gerado de resíduos;
Quantificar o lodo gerado nas ETE's	500,00	P	- Conhecer as qualidade do material gerado
Realizar levantamento de dados das condições atuais de acondicionamento, tratamento e destino final do lodo de esgoto.	0,00	P	- Conhecer as condições atuais e a quantidade de impacto gerado pela companhia;
Elaborar questionário, conforme proposto no item 3.3 Importância percebida pelos colaboradores	0,00	P	- Verificar o grau de comprometimento para posterior medidas de correção/alteração.
Realizar Planejamento para custos de implantação do Projeto	0,00	P	- Incluir no planejamento da unidade os custos posteriores e para continuidade do projeto
Construção do Abrigo Coberto	150.000,00	P	- Custo este no momento da construção, em etapas. - Não contaminação do solo, lençol freático, homem, fauna e flora.
Higienização do lodo	18.060,00	P	- 4,3 ton de cal para estabilização do lodo e maturação do mesmo; - Eliminação dos contaminantes do lodo
Adquirir Misturador de Lodo	60.000,00	P	- Redução de contato/contaminação do homem
Cadastrar Propriedades e Proprietários da URAP e URFB interessados em utilizar o lodo.	0,00	P	- Incluso nos custos de caracterização das ETE's, descrito no cronograma.
Avaliar quais propriedades são aptas a receber o lodo.	800,00	P	- Avaliação dos tipos de uso e ocupação do solo para garantir a não degradação do mesmo
Caracterizar o lodo gerado nas ETE's para destinação final	1.000,00	P	- Custos com análises do lodo, garantindo a minimização de impactos.
Pedido autorização ambiental	2.000,00	P	- Cadastrar nos órgãos ambientais o transporte e destinação de resíduos.
Elaborar plano de monitoramento nas propriedades.	0,00	P	- Acompanhamento necessário para garantir a correta destinação e para que não haja contaminação do meio
Transporte do lodo para as propriedades	0,00	P	- Despesas por conta dos produtores, sendo o biossólido aplicado em lavouras, pastagens e recuperação de áreas degradadas.
Benchmarking com outras Unidades/ Empresas	1.000,00	P	- Para aperfeiçoamento de tecnologias e metodologias, com unidades mais avançadas (ex.: Foz do Iguaçu) e empresas.
Palestras de Conscientização e Educação Ambiental	0,00	P	- Divulgar o plano de gerenciamento e como cada um pode colaborar para o projeto.
Monitoramento da qualidade de lodo	0,00	P	- Análises rotineiras para acompanhamento da eficiência do processo;

Continuação Tabela 8 Avaliação de Custo Benefício Destinação Proposta

Monitoramento do solo nas áreas de aplicação	800,00	P	–
Depreciação de bens	10.000,00	P	– Necessário novos gastos e investimento para manutenção de instalações e equipamentos.
Atendimento da legislação vigente	0,00	P	– Atende a Política de Qualidade, Impacto Social positivo
Disposição Final	0,00	P	– Garantir a não poluição do meio ambiente.
Totais	244.285,00		

5.4 Possibilidade De Disseminação Em Outras Unidades

A política ambiental define padrões e planos para melhoria contínua, o estudo e a determinação da correta destinação de resíduos sólidos. Expandindo o projeto a nível corporativo, o controle de qualidade e de destinação de resíduos irá minimizar o impacto gerado pela Sanepar e garantir a qualidade do meio ambiente, considerando o estado do Paraná e não apenas duas unidades da empresa, sendo que a empresa atende com esgoto doméstico cerca de 3.962.543 habitantes no estado.

6 REFERÊNCIAS BIBLIOGRÁFICAS

- ABNT – Associação Brasileira de Normas Técnicas – **NBR-ISO 10.004 – Resíduos Sólidos – Classificação**. Rio de Janeiro : ABNT, 2ª Edição, 2004.
- ABNT – Associação Brasileira de Normas Técnicas – **NBR-ISO 14.001 – Sistema de Gestão Ambiental – Requisitos com Orientações Para Uso**. Rio de Janeiro : ABNT, 2ª Edição, 2004.
- ANDREOLI, Cleverson Vitorio. **Uso e Manejo de Lodo de Esgoto na Agricultura**. Rio de Janeiro : PROSAB, 1999.
- Bettiol, Wagner; Camargo, Otávio A.. **Impacto Ambiental do Uso Agrícola do Lodo de Esgoto**. Jaguariúna, SP: EMBRAPA, 2000.
- Bohn, Aldenei; Jaworski, Wéllington Ignácio; Zabott, Ederson Luiz. **Avaliação do Processo de Tratamento e Caracterização da Utilização do Lodo Gerado na Estação de Tratamento de Esgotos (ETE – Pato Branco)**. Pato Branco, 2003.
- Chagas, Welington Ferreira, **Estudo De Patógenos E Metais Em Lodo Digerido Bruto E Higienizado Para Fins Agrícolas, Das Estações De Tratamento De Esgotos Da Ilha Do Governador E Da Penha No Estado Do Rio De Janeiro**. Rio de Janeiro, 2000
- FEAM, Fundação Estadual de Meio Ambiente. **Como destinar os Resíduos Sólidos Urbanos**. Belo Horizonte, 1995.
- Fernandes, Fernando; Andreoli, Cleverson Vítório. **Manual Técnico Para Utilização do Lodo de Esgoto no Paraná**. Curitiba, 1997.
- Fernandes, Fernando; Silva, Sandra Márcia Cesário Pereira da. **Co-Compostagem de Biossólidos, Lodo de Tratamento de Água e Resíduos de Podas de Árvores**. XXVI Congresso Interamericano de Ingeniería Sanitaria Y Ambiental. Argentina, 2000.
- LEI N.º 12.493, **Estabelece princípios, procedimentos, normas e critérios referentes à geração, acondicionamento, armazenamento, coleta, transporte, tratamento e destinação final dos resíduos sólidos no Estado do Paraná, visando controle da poluição, da contaminação e a minimização de seus impactos ambientais e adota outras providências**. Paraná, 1999.

Malta, Tatiana Siqueira. **Aplicação de lodos de Estação de Tratamento de Esgotos na Agricultura: Estudo de Caso do Município de Rio das Ostras – RJ**. Rio de Janeiro, 2001.

Monteiro, José Henrique Penido; et al. **Manual de Gerenciamento Integrado de Resíduos Sólidos**. Rio de Janeiro, 2001.

Mota, Suetônio. **Preservação e Conservação de Recursos Hídricos**. 2ª Edição, Rio de Janeiro, 1995.

Moura, Eduardo C. **As Sete Ferramentas Gerenciais Da Qualidade - Implementando A Melhoria Continua Com Maior Eficácia**. São Paulo, Makron, 1994.

Pegorini, Eduardo Sabino, **Apostila Tratamento de Esgoto Ambiente Legal – Resíduos Gerados no Tratamento de Esgoto**. Sanepar, Curitiba, 2006.

Pegorini, Eduardo Sabino. **Avaliação De Impactos Ambientais Do Programa De Reciclagem Agrícola De Lodo De Esgoto Na Região Metropolitana De Curitiba**. Curitiba, 2002

Projeto de Lei n.º 203, **Visa Institui a Política Nacional de Resíduos Sólidos, seus princípios, objetivos e instrumentos, e estabelece diretrizes e normas de ordem pública e interesse social para o gerenciamento dos diferentes tipos de resíduos sólidos**, 2001.

Reali, Marco Antônio Penalva. **Noções gerais de tratamento e disposição final de lodos de estações de tratamento de água**. 1ª. Ed. Rio de Janeiro; ABES, 1999.

SANEPAR, **Portal da Diretoria de Meio Ambiente e Ação Social**, disponível em http://intranet.sanepar.com.br/sanepar/calandrakbx/calandra.nsf/0/0D78C4CE59D9C7128325718D00481F5F?OpenDocument&pub=T&proj=Portal_DMA&sec=PortalDMA_GestaoAmbiental. Curitiba, 2005.

Sanepar. **Reciclagem De Biossólidos - Transformando Problemas Em Soluções**. Curitiba: Sanepar/Finep, 1999.

SIS – Sistema de Informações Sanepar, 2006.

Sperling, Marcos Von. **Introdução a Qualidade de Água e Ao tratamento de Esgoto**. 2ª Edição, Belo Horizonte – DESA, 1996.

Sperling, Marcos Von; Fernandes, Fernando; Andreoli, Cleverson Vítório. **Lodo de Esgoto: tratamento e disposição final**. Belo Horizonte: DESA - SANEPAR, 2001.