

UNIVERSIDADE FEDERAL DE SANTA CATARINA
PROGRAMA DE PÓS GRADUAÇÃO EM ENGENHARIA AMBIENTAL
DEPARTAMENTO DE ENGENHARIA SANITÁRIA E AMBIENTAL

Clarice Ilse Schwarz Manzochi

**LOGÍSTICA PARA TRATAMENTO E DISPOSIÇÃO FINAL DE LODOS DE ETE`S
VISANDO RECICLAGEM AGRÍCOLA**

Florianópolis/SC
2008

CLARICE ILSE SCHWARZ MANZOCHI

**LOGÍSTICA PARA TRATAMENTO E DISPOSIÇÃO FINAL DE LODOS DE ETE'S
VISANDO RECICLAGEM AGRÍCOLA**

Tese apresentada à Universidade Federal de
Santa Catarina para obtenção do Título de
Doutora em Engenharia Ambiental

Orientador: Dr. Fernando Soares Pinto
Sant'Anna

Co-Orientador: Dr. Cleverson Vítório Andreoli

Florianópolis/SC
2008

FOLHA DA BANCA

Ao Maurício, saudades...

Ao Érico, felicidades!

AGRADECIMENTOS

Ao Departamento de Engenharia Sanitária e Ambiental da Universidade Federal de Santa Catarina, pela oportunidade de desenvolver este trabalho.

Ao professor Fernando Sant'Anna, que sempre demonstrou total apoio a nossa pesquisa, apesar de mesma extrapolar os métodos acadêmicos tradicionais.\

Ao amigo Mauricio Paiva, pela ajuda na lembrança das datas marco do programa de pós-graduação e na organização final de entrega dos trabalhos.

A concessionária de sistemas de saneamento de saneamento do Paraná – SANEPAR, pela disponibilização dos dados e informações de procedimentos adotados na gestão de lodos e resíduos de saneamento.

Ao corpo técnico da SANEPAR - impossível nomear individualmente sem cometer alguma injustiça involuntária - pelo apoio, ampla colaboração e comprometimento com a qualidade do trabalho.

Ao Dr. Cleverson Vitorio Andreoli, co-orientador de todos os passos trilhados.

Aos meus familiares, amigos e companheiros da CISM, pelo apoio incondicional.

A todos que estiveram ao meu lado nesta caminhada.

A Deus, pela oportunidade de trilhar este caminho.

RESUMO

A disposição final do lodo de esgoto vem se caracterizando como um dos problemas ambientais urbanos mais relevantes da atualidade. A Resolução CONAMA n° 375,/2006, considera: o uso agrícola do lodo de esgoto como uma alternativa que apresenta vantagens ambientais quando comparada a outras práticas de destinação ambiental e a aplicação do lodo de esgoto na agricultura como prática que se enquadra nos princípios de reutilização de resíduos, de forma ambientalmente adequada. No entanto, estabelece que a aplicação de lodo de esgoto e produtos derivados no solo agrícola somente poderá ocorrer mediante a existência de uma Unidade Gerenciais de Lodo - UGL devidamente licenciada pelo órgão ambiental competente. Unidades Gerenciais de Lodo – UGL são unidades responsáveis pelo recebimento, processamento, caracterização, transporte, destinação do lodo de esgoto produzido por uma ou mais estações de tratamento de esgoto sanitário e monitoramento dos efeitos ambientais, agrônômicos e sanitários de sua aplicação em área agrícola. O custo é um importante fator na escolha do método de processamento do lodo de esgoto. A logística adotada, especialmente considerando as áreas de armazenamento, estruturas para higienização, distâncias de transporte e análises para controle e monitoramento da qualidade do lodo para aplicação agrícola, pode onerar em muito os custos agregados ao sistema de tratamento de esgotos. Este trabalho teve por objetivo estruturar um Plano de Gestão de Lodos de Estações de Tratamento de Esgotos – ETEs através de uma avaliação estratégica de gerenciamento, onde as variáveis mais importantes a serem consideradas na seleção de alternativas para logística de implantação de UGL's foram determinadas. Adicionalmente foi desenvolvida uma ferramenta informatizada para auxiliar no processo de tomada de decisão para reciclagem agrícola, tendo em vista a infraestrutura necessária para adequação dos resíduos; a logística operacional, de transporte, de monitoramento e de controle; e os custos envolvidos. O desenvolvimento do modelo conceitual teve por base a experiência e os dados do Estado do Paraná, através de um estudo de caso da Gerência Regional de Sistemas de Sanamento de Ponta Grossa. O custo final do tratamento e destinação final do lodo de ETEs visando uso agrícola resultou em R\$ 305,57/ton MS, sendo que as parcelas mais significativas para o processo decisório foram relativas ao transporte do lodo, R\$ 65,17/ton MS (21,30%) e às análises do lodo e do solo R\$ 39,31/ton MS (12,36%).

Palavras-Chave: Gerenciamento, Lodo, Esgoto, UGL, Logística

ABSTRACT

The final destination process of the sewage sludge is assuming the role of one of the most relevant urban environmental problems of present times. The CONAMA Resolution 375/2006 considers: the agricultural use of the sewage sludge as an alternative that shows environmental advantages when compared to other environmental destination practices and the sewage sludge application in agriculture as a practice that fits in the principles of waste reuse, in an appropriate environmental way. However, it establishes that the sewage sludge and its derivatives application in agricultural soil can only happen upon the existence of a properly licensed Sludge Management Units by the responsible environmental institution. Sludge Management Units are units responsible by receiving, processing, defining, transporting and destinating the sewage sludge produced by one or more sanitary sewage treatment plants, besides monitoring the environmental, agricultural and sanitary effects of its application in agricultural areas. Costs are a major factor when choosing the proper method of processing the sewage sludge. The adopted logistics, specially considering the storage areas, the hygiene structures, the transportation distances and the sludge quality control and monitoring for agricultural usage can increase considerably the aggregate costs to the sanitary sewage treatment system. This work aimed to structure a Sludge Management Plan for Wastewater Treatment Plant through a management strategical evaluation, where the most important variables to be considered in the selection of alternatives for the logistics of Sludge Management Units implantation were determined. Additionally it was developed a computadorized tool to aid the decision process for agricultural recycling, analyzing the necessary infrastructure for waste adequation, the operational, transportation, control and monitoring logistics, and the costs involved. The development of the conceptual model had as a basis the experience and historical database of Parana State, through a case study of the Ponta Grossa Sanitation System Regional Management Unit. The final costs of the sludge treatment and final destination aiming agricultural usage resulted in R\$ 305,57 tons of dried sludge, where the most significant costs for the decision process were related to sludge transportation, R\$ 65,17 tons of dried sludge (21,30%) and to the sludge and soil analysis R\$ 39,31 tons of dried sludge (12,36%).

Key Words: Management, Sludge, Sewage, Sludge Management Units, Logistics

RELAÇÃO DE FIGURAS

FIGURA 1	FLUXOGRAMA DE GERENCIAMENTO DO LODO DE ESGOTO	113
FIGURA 2	ROTINA DE CÁLCULO DA TAXA DE APLICAÇÃO AGRÍCOLA DE LODO DE ESGOTOS	124
FIGURA 3	PROCESSO DO DESENVOLVIMENTO DE UM SISTEMA BASEADO EM CONHECIMENTO	132
FIGURA 4	MODELO CONCEITUAL PARA DETERMINAÇÃO DA ALTERNATIVA ÓTIMA PARA LOGÍSTICA DE GERENCIAMENTO DE LODOS DE SISTEMAS DE TRATAMENTO DE ESGOTOS	150
FIGURA 5	DADOS E INFORMAÇÕES NECESSÁRIOS PARA ALIMENTAÇÃO DO MODELO	151
FIGURA 6	ALTERNATIVA 1 – UNIDADE REGIONAL DE PONTA GROSSA.....	177
FIGURA 7	ALTERNATIVA 2 - UNIDADE REGIONAL DE PONTA GROSSA	178
FIGURA 8	ALTERNATIVA 3 – UNIDADE REGIONAL DE PONTA GROSSA.....	179
FIGURA 9	ALTERNATIVA 4 – UNIDADE REGIONAL DE PONTA GROSSA.....	180
FIGURA 10	SISTEMA FOXPRO – JANELA INICIAL	209
FIGURA 11	SISTEMA FOXPRO – JANELA DE IDENTIFICAÇÃO DO PROJETO	210
FIGURA 12	SISTEMA FOXPRO – JANELA DE INSERÇÃO DE PARÂMETROS	210
FIGURA 13	SISTEMA FOXPRO – JANELA DE INSERÇÃO DE QUANTIDADES E VOLUMES	212
FIGURA 14	SISTEMA FOXPRO – JANELA DE INSERÇÃO DE DISTÂNCIAS	213
FIGURA 15	SISTEMA FOXPRO – JANELA COM RESUMO DOS DADOS CADASTRADOS	214

FIGURA 16	SISTEMA FOXPRO – JANELA COM CUSTOS FINAIS POR PARÂMETRO E ALTERNATIVA.....	215
FIGURA 17	SISTEMA FOXPRO – PLANILHA MONITORAMENTO.XLS EXPORTADA PARA EXCEL.....	216
FIGURA 18	SISTEMA FOXPRO – JANELA COM CUSTOS TOTAIS POR CENÁRIO POR ALTERNATIVA.....	217
FIGURA 19	SISTEMA FOXPRO – JANELA COM RESULTADOS EM PERCENTAGENS RELATIVAS.....	217
FIGURA 20	SISTEMA FOXPRO – JANELA COM GRÁFICOS DE RESULTADOS AGRUPADOS POR ALTERNATIVA.....	218
FIGURA 21	SISTEMA FOXPRO – JANELA COM GRÁFICO DE RESULTADOS AGRUPADOS POR CENÁRIOS.....	218

RELAÇÃO DE QUADROS

QUADRO 1 ORIGEM E DESCRIÇÃO DOS LODOS GERADOS NO TRATAMENTO DE ESGOTO	25
QUADRO 2 RESULTADOS COMPARATIVOS DE MACRONUTRIENTES PARA DIVERSOS RESÍDUOS ORGÂNICOS.	33
QUADRO 3 PRODUÇÃO TEÓRICA E CARACTERÍSTICAS DO LODO EM FUNÇÃO DO TIPO DE TRATAMENTO DE ESGOTO UTILIZADO NA ETE.	41
QUADRO 4 UGL – PORTE CARACTERIZADO PELO NÚMERO DE HABITANTES ATENDIDOS.....	103
QUADRO 5 FREQUÊNCIA MÍNIMA DE MONITORAMENTO DE LODO DE ESGOTO.....	103
QUADRO 6 SISTEMA DE CLASSIFICAÇÃO DA APTIDÃO DO SOLO PARA APLICAÇÃO DE BIOSSÓLIDOS.	105
QUADRO 7 CLASSIFICAÇÃO DA APTIDÃO DOS SOLOS PARA USO DE LODO DE ESGOTO NO ESTADO DO PARANÁ.....	106
QUADRO 8 SUB-CLASSES E UNIDADE DE APTIDÃO DE CADA UNIDADE CARTOGRÁFICA.....	108
QUADRO 9 PARÂMETROS PARA HIGIENIZAÇÃO DE LODO DE ESGOTO – ESTABILIZAÇÃO ALCALINA PROLONGADA.....	159
QUADRO 10 MÉTODO DE MISTURA DA CAL AO LODO	161

RELAÇÃO DE TABELAS

TABELA 1	PRESENÇA DE ORGANISMOS PATOGÊNICOS EM LODO DE ESGOTO DA ETE-BELÉM SUBMETIDO A HIGIENIZAÇÃO ATRAVÉS DA CALAGEM A 30 %, 40 % E 50 % M.S.....	47
TABELA 2	TEORES INICIAIS DE PATÓGENOS, ELIMINAÇÃO E PERCENTUAL DE REDUÇÃO APÓS FASE TERMÓFILA EM COMPOSTAGEM DE LODO DE ESGOTO COM BAGAÇO DE CANA.	49
TABELA 3	TEMPO DE REMOÇÃO DE 90% DE BACTÉRIAS INDICADORAS (COLIFORMES TERMOTOLERANTES E ESCHERISCHIA COLI) EM FUNÇÃO DA TEMPERATURA.....	50
TABELA 4	CUSTO DE ALGUMAS ALTERNATIVAS DE DISPOSIÇÃO FINAL DE LODO DE ESGOTO.....	53
TABELA 5	PROJEÇÕES DE USO E DISPOSIÇÃO DE LODO DE ESGOTO NOS EUA EM 1998 E PROJEÇÕES PARA 2000, 2005 E 2010.	78
TABELA 6	PRÁTICAS DE DISPOSIÇÃO FINAL DE LODOS DE SES NA NOVA ZELANDIA.....	82
TABELA 7	ALTERNATIVAS DE DISPOSIÇÃO FINAL PRATICADAS POR ALGUNS PAÍSES EM 1990 E 1996.....	84
TABELA 8	PRODUÇÃO ESTIMADA E DISPOSIÇÃO FINAL DE LODO DE ESGOTO EM CADA REGIÃO DOS ESTADOS UNIDOS, SEGUNDO ADMINISTRAÇÃO DA EPA (ESTADOS UNIDOS. ENVIRONMENTAL PROTECTION AGENCY, 1997).....	85
TABELA 9	PRODUÇÃO DE ESGOTO POR REGIÃO (2000-2001)	90
TABELA 10	DISPOSIÇÃO FINAL DO LODO PRODUZIDO	90
TABELA 11	NORMA PARA APLICAÇÃO DE LODO DE ESGOTO EM SOLOS AGRÍCOLAS NO JAPÃO.	94

TABELA 12	CONCENTRAÇÃO MÁXIMA DE METAIS EM LODOS DE ESGOTO UTILIZADOS NA AGRICULTURA EM DIVERSOS PAÍSES.	96
TABELA 13	CRITÉRIOS PARA USO AGRÍCOLA DE LODO DE ETE.....	100
TABELA 14	VALOR AGRONÔMICO MÉDIO DO LODO DE ESGOTO ANAERÓBIO CALEADO PRODUZIDO NA RMC.	119
TABELA 15	QUANTIDADE MÁXIMA DE ADIÇÃO DE METAIS PESADOS ANUAL E TOTAL NO SOLO.....	121
TABELA 16	FREQUÊNCIA DE MONITORAMENTO POR QUANTIDADE DE LODO DE ESGOTO OU PRODUTO DERIVADO DESTINADO PARA APLICAÇÃO AGRÍCOLA.	167
TABELA 17	ANÁLISE DE SOLO NAS ÁREAS DE APLICAÇÃO DE BIOSSÓLIDOS.....	170
TABELA 18	CIDADES COM MAIOR PRODUÇÃO DE LODO NA URPG	173
TABELA 19	PERCENTAGEM DA PRODUÇÃO PELO TOTAL DA URPG.....	174
TABELA 20	CARACTERÍSTICAS DAS ETES COM MAIORES POTENCIAIS PARA IMPLANTAÇÃO DE UGL	175
TABELA 21	PARÂMETROS ADOTADOS PARA DIMENSIONAMENTO.....	181
TABELA 22	VALORES ADOTADOS PARA DETERMINAÇÃO DOS CUSTOS ENVOLVIDOS.....	182
TABELA 23	CUSTOS DE ANÁLISE DE MONITORAMENTO POR LOTE DE LODO PARA FINS AGRÍCOLAS	182
TABELA 24	CUSTOS DE ANÁLISE DE SOLO	183
TABELA 25	VOLUMES DE LODO CALEADO PARA A URPG	184
TABELA 26	VOLUMES DE LODO DESAGUADO E CALEADO E QUANTIDADES DE CAL APLICADA POR CENÁRIO E ALTERNATIVA.....	185

TABELA 27	ÁREAS APTAS NOS MUNICÍPIOS VIÁVEIS PARA IMPLANTAÇÃO DE UGL`S NA URPG.	190
TABELA 28	CUSTOS OPERACIONAIS DA EQUIPE DE ASSISTÊNCIA AGRONÔMICA PARA O ESTADO DO PARANÁ E PARA A URPG.....	192
TABELA 29	RESUMO CUSTOS DE INVESTIMENTOS	194
TABELA 30	RESUMO CUSTOS OPERACIONAIS	196
TABELA 31	RESUMO ÍNDICES DE CUSTOS	200
TABELA 32	VALORES EXTREMOS DOS ÍNDICES DE CUSTO DETERMINADOS	202
TABELA 33	PERCENTUAIS DE CUSTOS.....	203
TABELA 34	PERCENTUAS ÍNDICES DE CUSTOS TOTAIS	204
TABELA 35	PERCENTAGENS CUSTOS TRANSPORTE LODO DESAGUADO	204
TABELA 36	PERCENTAGENS CUSTOS DE ANÁLISE DE LODO.....	205

SUMÁRIO

1	INTRODUÇÃO.....	17
1.1	HIPÓTESE	20
1.2	OBJETIVO GERAL.....	20
1.3	OBJETIVOS ESPECÍFICOS	20
2	REFERENCIAL BIBLIOGRÁFICO.....	22
2.1	O LODO DE SISTEMA DE TRATAMENTO DE ESGOTOS SANITÁRIOS.....	22
2.1.1	Produção do Lodo de ETES	23
2.2	LOGÍSTICA PARA GESTÃO DE LODOS DE ETES.....	26
2.2.1	Processos e Controles Associados ao Gerenciamento de Lodos de ETES.....	35
2.2.2	Legislação Normas Internacionais	92
2.2.3	Responsabilidade Legal no Brasil.....	97
2.2.4	Aporte Legal do Uso Agrícola de Lodo de Estações de Tratamento de Esgotos no Paraná	99
2.2.5	Plano de Reciclagem	110
2.2.6	Plano de Gerenciamento de Reciclagem Agrícola de Lodo no Paraná	114
2.3	FERRAMENTA DE AUXÍLIO À TOMADA DE DECISÃO	129
3	MATERIAL E MÉTODO	137
3.1	DIAGNÓSTICO DA PRODUÇÃO DE RESÍDUOS	139
3.2	PROGNÓSTICO DA PRODUÇÃO DE RESÍDUOS	140
3.3	MODELO CONCEITUAL PARA AVALIAÇÃO DE ALTERNATIVAS PARA LOGÍSTICA DE IMPLANTAÇÃO DE UGL`S	141
3.4	ESTUDO DE CASO	143
3.5	SISTEMA BASEADO NO CONHECIMENTO.....	144

4	RESULTADOS E DISCUSSÕES	147
4.1	ESTRUTURAÇÃO DE UM PLANO DE GESTÃO DE LODOS DE ESTAÇÕES DE TRATAMENTO DE ESGOTOS.....	147
4.1.1	Modelagem Conceitual e de Dados	149
4.1.2	Quantificação e Caracterização da Geração De Lodos	152
4.1.3	Estudo Populacional	152
4.1.4	Índice de Atendimento	152
4.1.5	Contribuição Per-Capita.....	153
4.1.6	Infiltração	153
4.1.7	Vazões Afluentes às Estações de Tratamento de Esgotos – ETEs	153
4.1.8	Produção do Lodo Úmido	154
4.1.9	Volume de Lodo Desaguado	156
4.1.10	Quantidade de Lodo Desaguado	158
4.1.11	Quantidade de massa seca de lodo em ton/ano.....	158
4.1.12	Quantidade de Cal Adicionada	159
4.1.13	Quantidade de Lodo Desaguado Caleado.....	161
4.1.14	Volume de Lodo Desaguado Caleado	162
4.1.15	Avaliação Estratégica para Implantação de Unidades Gerenciais de Lodo – UGLs.....	162
4.1.16	Disponibilidade de Área	164
4.1.17	Equipes de higienização	164
4.1.18	Determinação do Momento e dos Custos de Transporte.....	166
4.1.19	Monitoramento do Lodo Higienizado	167
4.1.20	Instalações – Obras Civis	168
4.1.21	Determinação das Áreas para Aplicação Agrícola do Lodo de SES.....	169
4.1.22	Área para Aplicação Agrícola – Porte e Monitoramento	170
4.1.23	Assistência Agrônômica.....	171
4.2	DESENVOLVIMENTO DE FERRAMENTA PARA AUXÍLIO À TOMADA DE DECISÃO DE IMPLANTAÇÃO DE UGL'S.....	171

4.3	AVALIAÇÃO ESTRATÉGICA DE GERENCIAMENTO DE LODOS	
	– ESTUDO DE CASO	172
4.3.1	Produção de Lodo Desaguado na URPG	173
4.3.2	Cidades com maiores produção de lodo da URPG	173
4.3.3	Capacidade de higienização	174
4.3.4	ETEs com melhores potenciais para UGLs	175
4.3.5	Definição de Alternativas	176
4.3.6	Parâmetros Adotados para Dimensionamento	181
4.3.7	Custos envolvidos.....	182
4.3.8	Higienização	183
4.3.9	Determinação da Quantidade de Lodo Caleado e do Consumo de Cal	184
4.3.10	Equipes de higienização	186
4.3.11	Determinação do Momento e dos Custos de Transporte.....	187
4.3.12	Disponibilidade de Área	188
4.3.13	Instalações – Obras Civis	189
4.3.14	Monitoramento do Lodo Higienizado	189
4.3.15	Determinação das Áreas Aptas para Aplicação Agrícola do Lodo de SES.....	190
4.3.16	Área para Aplicação Agrícola – Porte e Monitoramento	191
4.3.17	Assistência Agronômica.....	192
4.3.18	Custos finais por alternativa de pólos para implantação de UGLs – Solução Agrícola.....	193
4.3.19	Índices de custo	200
4.3.20	Definição da alternativa ótima para implantação de UGLs visando o uso agrícola do lodo	203
4.3.21	Padrões de Referência e Planilhas.....	205
4.4	SISTEMA BASEADO NO CONHECIMENTO.....	206
4.4.1	Aquisição de conhecimento	206
4.4.2	Implementação do sistema baseado em conhecimento	207
4.4.3	Verificação e refinamento do SBC	208

4.4.4	A Aplicação do Visual Foxpro Como Ferramenta Auxiliar na Tomada de Decisão.....	208
5	CONSIDERAÇÕES FINAIS.....	220
6	RECOMENDAÇÕES	224
7	REFERÊNCIAS BIBLIOGRAFICAS	225
8	ANEXOS.....	243

1 INTRODUÇÃO

A disposição final do lodo de esgoto vem se caracterizando como um dos problemas ambientais urbanos mais relevantes da atualidade, cuja amplitude cresce diariamente, tanto em países desenvolvidos quanto naqueles em desenvolvimento, como reflexo da ampliação das redes de coleta de efluentes urbanos e incremento dos níveis de tratamento (PEGORINI et al., 2003). O destino final do lodo de esgoto gerado nas estações de tratamento tem-se apresentado como um dos principais problemas na cadeia “coleta-tratamento-disposição final” (JORDÃO; PESSÔA, 2005).

Os múltiplos aspectos envolvidos, tais como o volume significativo de material gerado, as limitações na localização de áreas para destinação final de resíduos sólidos, o custo elevado para operacionalizar a disposição adequada e outros aspectos de ordem ambiental e sanitária, torna a gestão de resíduos de SES bastante complexa. A importância da sua adequabilidade foi reconhecida na Agenda 21, através do tema “Manejo ambientalmente saudável dos resíduos sólidos e questões relacionadas com esgotos”, cujas orientações básicas prevê a minimização da produção, o incentivo e aproveitamento máximo das tecnologias de reutilização e reciclagem, e o tratamento e disposição ambientalmente saudáveis (PEGORINI, et al., 2003).

A alternativa da reciclagem tem o grande benefício de transformar um resíduo problemático e de difícil disposição em um insumo agrícola, fornecendo matérias orgânicas e nutrientes ao solo (FERNANDES et al., 1993; CLAPP et al., 1986; BUNDGAARD E SAAYBE, 1992; ANDREOLI, 1999; CARVALHO e BARRAL, 1981 apud PEGORINI, 2002). Num sentido mais amplo, traz também vantagens indiretas ao homem e ao meio ambiente, tais como: a redução dos efeitos negativos da incineração, da dependência de fertilizantes químicos e melhoria do balanço do CO₂ da biosfera, pelo incremento da matéria orgânica do solo (OUTWATER, 1994; LAL et al., 1995 apud PEGORINI, 2002).

A reciclagem agrícola do lodo de esgoto é uma prática de popularidade consagrada entre os países desenvolvidos, e representa uma alternativa particularmente interessante a um Estado como o Paraná, de agricultura intensiva e

com extensas áreas de solos depauperados com níveis mínimos de matéria orgânica (ANDREOLI et al., 1998).

A Resolução CONAMA n° 375, de 29 de agosto de 2006 considera que a produção de lodos de esgoto é uma característica intrínseca de processos de tratamento de esgotos que tende a um crescimento no mínimo proporcional ao crescimento da população humana e a solução para sua disposição é medida que se impõe com urgência. Considera também que o uso agrícola do lodo de esgoto é uma alternativa que apresenta vantagens ambientais quando comparada a outras práticas de destinação ambiental, além de que, a aplicação do lodo de esgoto na agricultura se enquadra nos princípios de reutilização de resíduos de forma ambientalmente adequada. Portanto, esta resolução estabelece critérios e procedimentos para uso, em áreas agrícolas, de lodo de esgoto gerado em estação de tratamento de esgoto sanitário e seus produtos derivados, visando benefícios à agricultura e evitando riscos à saúde pública e ao meio ambiente. Segundo esta Resolução, Unidades Gerenciais de Lodo – UGL são unidades responsáveis pelo recebimento, processamento, caracterização, transporte e destinação do lodo de esgoto produzido por uma ou mais estações de tratamento de esgoto sanitário e monitoramento dos efeitos ambientais, agronômicos e sanitários de sua aplicação em área agrícola. Ainda conforme a CONAMA n° 375, a aplicação de lodo de esgoto e produtos derivados no solo agrícola somente poderá ocorrer mediante a existência de uma UGL devidamente licenciada pelo órgão ambiental competente. O licenciamento ambiental da UGL deve obedecer aos mesmos procedimentos adotados para as atividades potencialmente poluidoras e/ou modificadoras do meio ambiente, exigidos pelos órgãos ambientais competentes. O licenciamento ambiental da UGL contemplará obrigatoriamente as áreas de aplicação.

O processo de definição da destinação final destes resíduos envolve estudos e decisões relativos ao condicionamento e estabilização do lodo gerado, grau de desidratação, formas de transporte, potencial agrícola e possível reuso do lodo, eventuais impactos e riscos ambientais, e os aspectos econômicos decorrentes.

O custo é um importante fator na escolha do método de processamento do lodo de esgoto, mas não é o único a determinar a escolha. Existe uma série de outras variáveis de ordem econômica e ambiental que devem ser analisadas em conjunto com a comunidade, a fim de selecionar o método de processamento mais

apropriado para a reutilização do lodo em uma determinada região (CANZIANI et al., 1999). A logística adotada, especialmente considerando as áreas de armazenamento, estruturas para higienização, distâncias de transporte e análises para controle e monitoramento da qualidade do lodo para aplicação agrícola, pode onerar em muito os custos agregados ao sistema de tratamento de esgotos.

No entanto, ainda não foi estabelecida uma metodologia que defina os critérios e parâmetros necessários para qualificar e quantificar os vários elementos a serem considerados em uma análise de custo x benefício para estruturação de um sistema de gestão de lodo, ou por falta de conhecimento dos dados que devem ser monitorados e controlados, ou por desconhecimento dos processos e técnicas envolvidos.

Através de pesquisa junto às estações de tratamento existentes no Estado, buscou-se levantar dados e informações operacionais e, através do uso de fórmulas teóricas, validar os parâmetros adequados para as diferentes condições tecnológicas, climáticas e regionais, possibilitando o desenvolvimento de um diagnóstico atual e de um prognóstico para o horizonte de 20 anos. Para tanto, contou-se com o apoio de um grupo de especialistas da Companhia de Saneamento do Paraná, formado por 9 técnicos daquela empresa, 4 engenheiros civis, 3 engenheiros agrônomos e dois químicos ambientais, os quais auxiliaram na obtenção de dados, na verificação dos parâmetros e métodos adotados e na avaliação dos resultados obtidos, em cada fase do desenvolvimento dos trabalhos.

Desta forma, foram avaliadas as diretrizes necessárias para o estabelecimento de um plano de gestão, com o desenvolvimento de um modelo que definisse as variáveis a serem determinadas e tratadas pelos agentes responsáveis pelo planejamento das ações pertinentes a gestão do lodo de esgoto, no curto, médio e longo prazo. A consistência das diretrizes definidas neste Plano de Ação foi verificada com a sua aplicação no sistema de esgotamento sanitário da regional de Ponta Grossa, no estado do Paraná, a partir do desenvolvimento de um modelo matemático. Após a verificação da adequabilidade do modelo proposto, o mesmo subsidiou o desenvolvimento de um programa computacional baseado em cenários temporais, voltado à determinação dos custos de implantação das diversas alternativas para implantação de Unidades Gerenciais de Lodo dentro das regionais

de gerenciamento, o qual possibilitasse a análise e definição da solução ótima pelos agentes gestores.

O presente trabalho foi desenvolvido dentro da linha de pesquisa em Gestão Ambiental em Organizações, no âmbito do Programa de Pós-Graduação em Engenharia Ambiental da Universidade Federal de Santa Catarina.

1.1 HIPÓTESE

O uso de um sistema computacional que organize logicamente as premissas e os custos inerentes de transporte, adequação, monitoramento e controle da qualidade e da disposição final do lodo de esgoto pode auxiliar na seleção das alternativas mais viáveis técnica, ambiental e economicamente, durante a definição do número ótimo, e localização de Unidades Gerenciais de Lodo?

1.2 OBJETIVO GERAL

Desenvolver um modelo conceitual e uma ferramenta informatizada para auxiliar no processo de tomada de decisão de implantação de Unidades Gerenciais de Lodo – UGLs, para reciclagem agrícola, tendo em vista a infra-estrutura necessária para adequação dos resíduos; a logística operacional, de transporte, de monitoramento e de controle; e os custos envolvidos.

1.3 OBJETIVOS ESPECÍFICOS

1. Estruturar um Plano de Gestão de Lodos de Estações de Tratamento de Esgotos Sanitários, tomando como base os dados do Estado do Paraná.
 - Avaliação dos procedimentos e parâmetros que estão sendo adotados para a disposição final visando o estabelecimento dos fatores mais relevantes a serem considerados em uma análise custo x benefício de alternativas e da

metodologia lógica a ser seguida para a seleção da alternativa ótima para implantação de UGLs.

- Determinação da formulação matemática necessária para a modelagem dos parâmetros, padrões, procedimentos e custos a serem considerados durante o desenvolvimento do Estudo de Alternativas.
2. Desenvolvimento de ferramenta para auxílio à tomada de decisão de implantação de Unidades Gerenciais de Lodo (UGL`s).
- Desenvolvimento de um modelo matemático em planilhas do excell tendo por base um estudo de caso.
 - Seleção de ferramentas computacionais para sistemas baseados em conhecimento, em linguagem acessível e com interface amigável, capazes de avaliar, através da implementação de tabelas e processos customizáveis, qual o custo monetário para cada opção e cenário, bem como fornecer um relatório final para apresentação.
 - Desenvolvimento do software baseado no conhecimento para determinação dos custos monetários das alternativas para logística de gestão de lodos de ETEs.

2 REFERENCIAL BIBLIOGRÁFICO

2.1 O LODO DE SISTEMA DE TRATAMENTO DE ESGOTOS SANITÁRIOS

A Estação de Tratamento de esgotos é fator primordial para a preservação do meio ambiente e para a melhoria da qualidade de vida nas áreas urbanas, pois é através do correto tratamento dos efluentes sanitários gerados, que o aspecto estético, a saúde pública e a vida aquática nos corpos de água serão garantidos (JORDÃO; PESSÔA, 1995). O tratamento do esgoto gera um sub-produto denominado lodo de esgoto, cuja disposição final adequada efetiva os benefícios do processo de tratamento das águas residuárias, evitando problemas sanitários e ambientais e contribuindo à boa qualidade das águas dos mananciais de abastecimento, bem como a menores custos de captação e tratamento de água bruta (PEGORINI et al., 2003). Entre os resíduos produzidos nas ETEs, os lodos destacam-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. Em geral, o lodo representa 1 a 2% do volume de esgoto tratado, no entanto os custos de processamento e disposição final podem representar até 60% dos custos de operação e 90% dos problemas operacionais de uma ETE (ANDREOLI et al., 1999).

Por outro lado, a fração sólida do resíduo do tratamento de esgoto compreende essencialmente duas partes valoráveis: matéria orgânica e fosfatos. Através da mineralização o carbono orgânico pode ser seguramente e sustentavelmente disposto e reutilizado na terra e nas aplicações com solo. Os fosfatos podem ser extraídos e recuperados para reuso do fósforo na indústria química e de fertilizantes, ou permanecer fixado nos biossólidos para uso direto na agricultura. Do ponto de vista ambiental, o componente mais crítico e mais valorizado presente no lodo de esgotos é o fósforo. A urgência para recuperar e reciclar este importante elemento de sustentação da vida deve-se a sua limitação nas reservas globais (interesse econômico) e na crescente tendência de quebra do ciclo natural do fósforo (interesses ambientais). Entretanto, o desenvolvimento de

tecnologias sustentáveis para a recuperação do fósforo ainda estão em estágio inicial e sem viabilidade econômica (BALMER, 2004). Paradoxalmente, não há incentivos econômicos nem pressões sociais forçando o desenvolvimento de legislação específica, tecnologias e mercados para creditar o real valor ecológico dos fosfatos (DAVELAAR, 2007).

Segundo Spinosa (2007), é importante definir os termos “lodos de esgoto” e “biossólidos”: Lodos são os efluentes sólidos das estações de tratamento de esgoto não introduzidos nos ciclos de recuperação e reciclagem; biossólidos são os sólidos após adequação e tratamento, em qualquer forma, destinados para qualquer forma de uso benéfico. No entanto, em decorrência do largo uso em bibliografia do termo “lodos de esgoto” para designar tanto o lodo produzido nos processos de tratamento de águas residuárias quanto o lodo tratado e condicionado para uso agrícola, nesta tese não foi feita esta diferenciação entre biossólido e lodos de esgotos.

2.1.1 *Produção do Lodo de ETES*

Em sistemas biológicos de tratamento de esgoto há uma massa de microorganismos responsável pela degradação ou estabilização da matéria orgânica. Normalmente as bactérias estão presentes em maior quantidade, mas outros tipos de microorganismos (vírus, protozoários, rotíferos e ciliados) também podem ser encontrados. Quando a bactéria usa o material orgânico como fonte de energia, este é transformado em massa celular. A natureza dos produtos estabilizados depende do tipo de bactéria e do ambiente prevalecente no sistema de tratamento. A transformação do material orgânico em produtos é chamada de catabolismo ou dissimulação. Quanto ao catabolismo, distinguem-se dois processos fundamentalmente diferentes: o processo oxidativo e o fermentativo. Os produtos da oxidação do material orgânico são compostos inorgânicos estáveis, sendo o dióxido de carbono e a água os mais importantes. Dentre os processos fermentativos, a digestão anaeróbia é a de maior interesse para a engenharia sanitária e ambiental, tendo como produtos finais o metano e o dióxido de carbono. O metano não pode ser mais reduzido e o dióxido de carbono não pode ser mais oxidado. Neste sentido, a digestão anaeróbia pode ser considerada como a última fermentação: os produtos

da digestão anaeróbia são estáveis e não mais suscetíveis de outras fermentações. O material orgânico em princípio, pode ser dividido em quatro frações, de acordo com o tamanho de suas partículas e a biodegradabilidade: (1) não biodegradável e solúvel; (2) não biodegradável e particulada; (3) biodegradável e solúvel; (4) biodegradável e particulada. As frações não biodegradáveis não são metabolizadas nos sistemas aeróbios nem nos anaeróbios: a fração particulada é floculada e passa a fazer parte do lodo (fração inerte) e a fração solúvel é descartada junto com o efluente (VAN HAANDEL et al., 1999, apud ANDREOLI e PEGORINI, 2006).

Nos sistemas aeróbios, a idade do lodo influi não somente na produção de lodo, mas também, na sua composição: quanto menor a idade de lodo, maior a produção de lodo volátil e mais alta a composição de lodo ativo (bactérias vivas). As bactérias vivas presentes nos lodos ativos descartados com idade de lodo baixa tendem a morrer e entrar em decomposição pouco tempo depois da descarga e, se sua presença é predominante do lodo, isso gera gravíssimos problemas operacionais: o lodo desenvolve um odor muito desagradável e o seu desaguamento se torna mais difícil. No digestor anaeróbio, o lodo rico em material biodegradável é lançado em um reator fechado, onde se desenvolve uma população de bactérias anaeróbias, que transformam o material biodegradável do lodo estabilizado em biogás. A digestão anaeróbia não somente diminui a massa de lodo, mas também melhora sua qualidade, evitando a putrefação com geração de maus odores e ainda contribui para a remoção parcial de patógenos. Num sistema ideal de digestão anaeróbia (idade de lodo longa), o lodo se compõe de duas partes: (1) o lodo inerte formado pela floculação da fração não biodegradável e particulada e (2) o lodo biológico, representando a massa bacteriana dos grupos de bactérias que formam o consórcio da digestão anaeróbia (VAN HAANDEL et al., 1999, apud ANDREOLI e PEGORINI, 2006).

O lodo primário bruto é o lodo retirado dos decantadores primários, que pode apresentar características variáveis conforme o grau de adensamento proporcionado pelo decantador. O lodo secundário, ou lodo em excesso, é aquele removido dos decantadores secundários para fins de controle do processo (JORDÃO; PESSÔA, 2005). As características deste lodo variam em função do processo do tipo de tratamento (aeróbio ou anaeróbio), e da estabilização. O Quadro 1 apresenta de

forma resumida a origem e os processos de gerenciamento destes resíduos para sua disposição final ambientalmente adequada.

QUADRO 1 ORIGEM E DESCRIÇÃO DOS LODOS GERADOS NO TRATAMENTO DE ESGOTO

RESÍDUO SÓLIDO	ORIGEM (etapa do tratamento)	GERENCIAMENTO E DISPOSIÇÃO FINAL
Lodo primário	Decantador primário	Estabilização Adensamento Desaguamento Higienização Estocagem Disposição final na Agricultura ou em Aterro Sanitário
Lodo secundário ou biológico	Tanque séptico RALF Decantador secundário (*) Filtros biológicos (*) Lagoas Lodos Ativados (*) Tanque Imhoff	Adensamento Desaguamento Higienização Estocagem Disposição final na Agricultura ou em Aterro Sanitário

Fonte: adaptado de Metcalf & Eddy, Inc (1991), Sperling (2001), Nuvolari (2003)

(*) Lodos provenientes de decantador secundário, filtro biológico e lodos ativados, conforme a composição do processo de tratamento, podem, necessitar de estabilização.

O lodo primário só é gerado em estações que possuem uma etapa de tratamento primário (decantação primária). O lodo secundário é gerado em todos os processos de tratamento biológico. O lodo químico só é produzido em estações que explicitamente incorporam uma etapa físico-química de tratamento da fase líquida (SILVA et al., 2000).

Alguns componentes do esgoto concentram-se no lodo durante os processos de tratamento. Destes, vários conferem características que agregam valor ao lodo, como nutrientes e material orgânico. No entanto, outros, pelo risco sanitário e ambiental, são indesejáveis (SILVA et al., 2001). Os processos de tratamento de lodo visam reduzir o teor de material orgânico biodegradável, a concentração de organismos patogênicos e o teor de água para que se obtenha um material sólido e estável, que não constitua perigo para a saúde e possa ser manipulado e transportado com facilidade e a baixo custo (VAN HAANDEL e ALÉM SOBRINHO, 2006 – PROSAB).

2.2 LOGÍSTICA PARA GESTÃO DE LODOS DE ETES

Logística é o planejamento e operação de sistemas físicos, informacionais e gerenciais necessários para que insumos e produtos vençam condicionantes espaciais e temporais de forma econômica (DASKIN, 2005). Neste sentido também pode ser considerada como o esforço integrado que objetiva criar valor para o cliente pelo menor custo possível, sua existência se justifica em satisfazer as necessidades dos clientes, facilitando as operações relevantes de produção e marketing (BOWERSOX, 2004).

Em termos práticos, a logística é parte da cadeia do processo de suprimentos responsável pelo planejamento, implementação e controle da eficiência dos custos efetivos de fluxo e de estoque de matéria-prima, estoque circulante, mercadorias acabadas e informações relacionadas do ponto de origem ao ponto de consumo (NOVACK, 1993). Envolve a criação de utilidade de tempo, lugar, quantidade, forma e posse entre empresas e indivíduos, através do gerenciamento de estratégias, infraestrutura e recursos (NOVACK, 1993). Seu objeto consiste em prover melhor nível de rentabilidade nos serviços de distribuição aos clientes e consumidores, através de planejamento, organização e controle efetivo para atividades de movimentação e armazenagem que visam facilitar o fluxo de produtos (BALLOU, 1993).

Os componentes do sistema logístico podem ser agrupados em básicos e de apoio. Os componentes básicos consistem das operações e instalações de transporte e informação de estoque, enquanto que os componentes de apoio são as operações e instalações relativas ao armazenamento, movimentação de materiais, embalagem e unitização, programação da produção e manutenção de informações (LIMA JR., 2003).

Segundo o IMAM (2000), a logística representa uma oportunidade ideal para adicionar valor a fim de realizar o sucesso do cliente, isto pode ser por meio de:

- Melhoria da qualidade: reduzir inventário; reduzir tempo em trânsito;
- Flexibilidade da embalagem: os clientes recebendo os produtos como desejam;
- Velocidade de resposta: fluxos rápidos de informações e redução de tempo;

- Distribuição coordenada: planejamento dos locais de distribuição.

Com a melhoria de vida, sobretudo nos países industrializados, tem-se verificado um aumento cada vez maior dos resíduos, em número e em quantidade. Até um passado muito recente, os resíduos eram eliminados, através da deposição em aterros. No entanto, com o passar do tempo, esta alternativa resultou em aterros operando com sua capacidade acima do aconselhável. O reduzido número de incineradoras agravou ainda mais a condição dos aterros de resíduos, porém, motivou a criação de alternativas para o desenvolvimento de uma cadeia produtiva, como a produção agrícola, por exemplo, que permita um desenvolvimento mais sustentável dos resíduos.

Vale acrescentar que a contínua busca por menores impactos ambientais também são resultantes de exigências impostas por requisitos legais. As legislações ambientais tornaram-se mais duras na última década, exigindo das empresas um comportamento ambiental mais ativo, responsabilizando-as pela completa gestão do ciclo de vida dos seus produtos, diminuindo assim os impactos ambientais não apenas dos processos, mas também daqueles causados pelas atividades de descarte (OLIVEIRA, et al., 2003).

Neste sentido, a reintegração dos resíduos nos processos produtivos permite um desenvolvimento mais sustentável, não colocando em risco as gerações futuras. Além disto, a reintegração dos resíduos recuperados na cadeia de abastecimento implicará um fluxo de material e de informação adicional, em sentido inverso ao tradicional, o que permite fechar o circuito (BARROSO; MACHADO, 2005). Assim, a cadeia de abastecimento em circuito fechado terá de englobar não só as atividades logísticas tradicionais, de abastecimento, produção, distribuição e consumo, como também, as atividades associadas à logística inversa: recolha, inspeção/separação, reprocessamento, deposição e redistribuição de resíduos recuperados (FLEISCHMANN et al., 2000).

Kroiss (2007), tomando por base a comparação entre diferentes localizações e escalas de tempo dos sistemas de tratamento e disposição de lodos de esgotos existentes na Austria, elencou os principais parâmetros de referência de qualidade e quantidade a serem considerados durante um processo de tomada de decisão visando a viabilidade na adoção da reciclagem de biossólidos, conforme abaixo transcrito.

- Relevância da Matéria Orgânica (Matéria Seca) no Lodo de Esgoto: 50 a 60 % do lodo de esgotos é matéria orgânica. Isto representa a grandeza da fração de massa disponível de sólidos secos. A compostagem reduz esta fração. Manter uma boa estrutura no solo requer matéria orgânica. A quantidade depende das condições climáticas e da cultura cultivada. Nas condições climáticas da Áustria são necessárias em torno de 2 TMS/há ano. Em regiões onde a produção de matéria orgânica presente no Lodo de Esgoto for inferior a necessidade de incorporação pelas áreas agrícolas, toda a produção deverá ser destinada a agricultura. O uso do lodo só é relevante para cobrir as deficiências locais.
- Relevância dos componentes nitrogenados do lodo de esgoto na agricultura: Nitrogênio é um recurso ilimitado. Os fertilizantes químicos Nitrogenados necessitam de energia (10 KWh/KgN) para serem fabricados. Normalmente, o lodo de esgotos contém menos que 20% do nitrogênio presente nos esgotos. A comparação a ser feita deve considerar o potencial de estabilização do esgoto verificando a viabilidade de cobrir o consumo de fertilizante comercial.
- Relevância dos componentes fosforados no lodo de esgoto na agricultura: Estima-se que as reservas naturais de fósforos venham a exaurir dentro de 75 a algumas centenas de anos, dependendo do índice de consumo. Portanto, o fósforo pode ser considerado um recurso limitado. A fertilização a base de fósforo é vital para o suprimento alimentar da crescente população global e não pode ser substituída. A regulamentação para a remoção do fósforo nas estações de tratamento não é importante para diminuir a eutrofização dos recursos hídricos mas, também, visando a sua recuperação como matéria prima. O descarte de fósforo nas águas residuárias é da ordem de 2g P/dia por pessoa. O fósforo presente no lodo de esgoto pode variar entre 0,4 a 1,5 kg P/pessoa ano, dependendo dos padrões de remoção e do uso de detergentes livres de fosfatos. Descartar o lodo de esgoto sem a recuperação deste elemento ou sem que se faça uso dele através da aplicação agrícola significa a diminuição das reservas naturais em menor prazo de tempo.

- Relevância do transporte do lodo: A carga e transporte do lodo dependem do teor de água associada com os sólidos e varia de 10 a 500 kg/pessoa.ano. A distância de transporte e a carga determinam o consumo de energia para o transporte. Ainda que o transporte do lodo pareça ter pouca relevância nos países desenvolvidos, pode ser um impacto importante em escala regional ou local, quando diferentes soluções de disposição forem comparadas.
- Relevância do potencial de energia disponível no lodo de esgoto: O valor de recuperação de energia é mais alto no metano de lodo digerido e mais baixo nas águas residuárias. O tratamento e a disposição do lodo de esgoto é altamente relevante para o gerenciamento de energia na estação, mas não chega a ser relevante para o suprimento de energia nacional em países desenvolvidos (<1% do consumo primário). Se o lodo é incinerado o valor de energia pode aumentar significativamente dependendo do potencial de uso do excesso de calor.
- Relevância econômica dos compostos do lodo de esgotos: considera o valor monetário do total de nutrientes potenciais na substituição de fertilizantes a base de Nitrogênio e Fósforo mineral. Quanto maior a estação de tratamento, menor o custo relativo das opções de disposição final do lodo. Como consequência, o baixo custo de disposição agrícola é especialmente relevante nas pequenas estações de tratamento.

A implementação de um processo logístico inverso (cliente-fornecedor) requer, tal como num direto (fornecedor-cliente), a definição de uma estrutura adequada para lidar com os fluxos de entrada (resíduos) e os fluxos de saída (produtos, componentes e/ou materiais recuperados). Assim torna-se necessário desenvolver instalações de processamento e armazenagem de resíduos, bem como sistema de transporte que liguem, de um modo eficaz, os pontos onde os resíduos são recolhidos às instalações onde serão sujeitos a operações de tratamento, reprocessamento e/ou deposição (BARROSO; MACHADO, 2005).

A definição mais relevante dentro do sistema de logística inversa está associada à centralização e descentralização do sistema de gestão. Num sistema descentralizado, todas as decisões relativas ao destino a dar aos resíduos são tomadas ao nível retalhista. Embora sejam evitados alguns custos de transporte,

uma vez que os resíduos não são encaminhados para um centro de processamento central, o custo total de recuperação e distribuição do produto pode ser onerado devido aos custos gerenciais de instalação, monitoramento e controle e a dispersão dos pontos de deposição. A centralização da recolha dos resíduos é mais eficiente do que se for realizada por centros de distribuição (STOCK, 1998). Centralizar o fluxo inverso cria volumes maiores, o que promove não só a constituição de massa crítica para a aquisição de equipamento especializado, como também focaliza as atividades na logística inversa (BARROSO; MACHADO, 2005).

Outra definição cuidadosa refere-se a da localização de instalações, sejam elas fábricas, depósitos ou terminais de transporte. Sua importância decorre dos altos investimentos envolvidos e dos profundos impactos que as decisões de localização têm sobre os custos logísticos. Para o estudo de localização, os sistemas logísticos devem ser tratados de forma efetivamente integradas, uma vez que a rede logística está sujeita às restrições de capacidade das instalações, tendo que atender a uma determinada demanda e devendo satisfazer certos limites de nível de serviço. Os dados de entrada para análise são as previsões de demanda de cada produto, as limitações de capacidade e as taxas de produção, as prováveis localizações das instalações, as possíveis ligações entre elas e os respectivos custos de transporte de cada modal. A complexidade é devida ao fato de a análise ter que lidar com um conjunto extenso de variáveis de decisão que se influenciam mutuamente. Além disto, o número de possíveis alternativas a serem analisadas e comparadas é muito alto, mesmo para problemas de pequeno porte (LACERDA, 1999).

Genericamente, os fatores operacionais influenciam os sistemas de logística inversa no que diz respeito à análise custo benefício, transporte, armazenagem, gestão do abastecimento, embalagem, bem como reprocessamento e desmantelamento. Estes fatores nem sempre tem igual importância devendo as empresas considerar cada um deles em termos de sua importância relativa (DOWLATSHAHI, 2000). Um fator importante na definição da rede logística é a inspeção do produto no início da cadeia reversa. Erros cometidos aqui podem resultar em aumentos significativos de tempo e custos (GARCIA, 2006).

O transporte é normalmente o maior custo associado à logística inversa, contribuindo em 25% ou mais para o custo total (STOCK, 1998). Pode ser

identificado como um custo variável chave (BARROSO; MACHADO, 2005). A gestão do abastecimento para sistemas de logística inversa focados na reutilização dos componentes e materiais reduz a utilização e os custos das matérias-primas (STOCK, 1992).

São fatores críticos de sucesso nos casos de logística reversa, os seis elementos listados abaixo (LACERDA, 2000 apud OLIVEIRA et al, 2003):

- Bons Controles de Entrada: consiste na identificação do estado dos materiais a serem retornados e a decisão se o material pode ou não ser reutilizado;
- Processos padronizados e mapeados: a mudança do foco na logística reversa, onde deixa de ser um processo esporádico e de contingência, passando a ser considerado um processo regular, que requer documentação adequada através do mapeamento de processos e formalização de procedimentos. Assim, pode-se estabelecer controle e oportunidades de melhorias;
- Tempo de ciclo reduzido: é o tempo considerado entre a identificação da necessidade de reciclagem, disposição ou retorno de produtos e o seu efetivo processamento;
- Sistema de informação: o processo de logística reversa necessita do suporte da tecnologia da informação (TI), a fim de viabilizar o atendimento de requerimentos necessários para a operação. Entre as funcionalidades requeridas pode-se listar: Informação centralizada e confiável, rastreabilidade, avaliação de avarias, etc.
- Rede logística planejada: consiste na infra-estrutura logística adequada para lidar com os fluxos de entrada de materiais usados e fluxos de saída de materiais processados. Envolve instalações, sistemas, recursos (financeiros, humanos e máquinas), entre outros;
- Relações colaborativas entre clientes e fornecedores: como há uma série de agentes envolvidos no processo, surgem questões relacionadas ao nível de confiança entre as partes envolvidas. Informações tais como, nível de estoques, previsão de vendas e tempo de reposição dos materiais, devem ser trocadas entre os membros da cadeia para que o sistema funcione de maneira eficiente.

Segundo Leite (1999) apud Felizardo et al., apud Garcia (2006), para a realização de projetos de Cadeia de Distribuição Reversa destacam-se os principais fatores que condicionam a necessidade de tornar possível este fluxo, ou que possam modificar a estrutura e organização destes Canais Reversos:

- Custos: ainda não bem definidos e de difícil avaliação;
- Oferta: de materiais reciclados, permitindo a continuidade industrial necessária;
- Qualidade: adequada ao processo industrial e constante para garantir rendimentos operacionais economicamente competitivos;
- Tecnologia: a tecnologia e o teor de determinada matéria-prima podem variar em função do produto de pós-consumo utilizado, redundando em custos diferentes e orientando o mercado de pós-consumo para aquele que se apresente mais conveniente;
- Logística: a característica logística dos materiais de pós-consumo, tais como atividades de coleta, seleção, embalagem dos produtos recicláveis, instalações e mão-de-obra adequadas e em particular a transportabilidade dos mesmos, revela-se de enorme importância na estruturação e eficiência dos canais reversos;
- Mercado: é necessário que haja quantitativa e qualitativamente mercado para os produtos fabricados com materiais reciclados;
- Ecologia: novos comportamentos passam a exigir novas posições estratégicas das empresas sobre o impacto dos seus produtos e processos industriais;
- Governo: Legislação, subsídios que afetam o interesse nos materiais reciclados;
- Responsabilidade Social: valorização social e possibilidade de produção e consumo de produtos ecologicamente corretos.

Do ponto de vista estratégico a logística reversa tem por objetivo agregar valor ao produto, inserindo-o em uma cadeia produtiva. Do ponto de vista econômico, o uso do lodo como fertilizante orgânico representa o reaproveitamento integral de seus nutrientes e a substituição de parte das doses de adubação química sobre as culturas, com rendimentos equivalentes ou superiores aos conseguidos com

fertilizantes comerciais (ANDREOLI, 1995). O lodo de esgoto apresenta um teor relativamente elevado de nitrogênio e fósforo, e concentrações discretas de potássio. Portanto, o lodo de esgoto não pode ser considerado um fertilizante orgânico substituto da adubação convencional. Ele deve ser visto como um complemento desta adubação, no sentido de reduzir a utilização de fertilizantes minerais e com isto, reduzir o custo da adubação (METCALFF e EDDY, 1991). Ao comparar o lodo de esgoto com outros resíduos orgânicos, a Companhia de Águas e Esgoto de Brasília (CAESB, 1996 apud ANDREOLI, 1999) observou que ele apresenta teores de nitrogênio e fósforo acima dos demais (Quadro 2). Tanto o lodo de esgoto como os demais resíduos orgânicos podem apresentar variações em suas composições de acordo com o local de origem, sendo que os valores apresentados não devem ser considerados como uma regra (Andreoli, 1999).

QUADRO 2 RESULTADOS COMPARATIVOS DE MACRONUTRIENTES PARA DIVERSOS RESÍDUOS ORGÂNICOS.

Tipo de resíduo	Nitrogênio (%)	Fósforo (%)	Potássio (%)	Matéria Orgânica (%)
Lodo de esgoto	6,27	8,15	0,36	51,5
Esterco de galinha	5,00	2,00	2,00	-
Húmus de minhoca	1,50	1,90	0,20	80,0
Adubo de lixo	0,70	0,56	0,68	35,0

Fonte: CAESB (1996) apud Andreoli, 1999.

No Brasil, cujos solos são tipicamente ácidos, a reciclagem agrícola dos lodos de esgoto podem sofrer restrições conforme o pH do solo. Por outro lado, o processo de higienização através da calagem, torna o lodo um produto com potencial para correção da acidez dos solos, reduzindo a disponibilidade dos metais no solo e minimizando o problema. (ANDREOLI, et al., 1998).

Kroiss (2007), para a situação austríaca, onde 90% da população se encontra conectada a estações de tratamento de esgotos, conclui que:

- O manuseio e a disposição do lodo correspondem a aproximadamente 50% dos custos do tratamento de esgotos, o que corresponde a 10% das tarifas pagas pelo serviço de saneamento;
- A substituição da fertilização química com nitrogênio e fósforo pelos componentes do lodo equivale a economia de aproximadamente 1,5 a 2

€/habitante ou aproximadamente 4% dos investimentos na agricultura nacional, considerando todo lodo utilizado na agricultura. Atualmente menos de 20% é utilizado.

- A recuperação prévia de Fósforo na água residuária (na Áustria aproximadamente 85% do fósforo presentes nos esgotos está contido no lodo) é relevante para o gerenciamento sustentável de fósforo (P). Ainda, o teor de P contido na produção de lodo é equivalente ao teor de P perdido pelo solo devido ao escoamento das águas superficiais.
- A mono-incineração do lodo resulta na destruição de todo micro-poluente orgânico e oferece as opções mais promissoras para a reciclagem do fósforo em grandes estações de tratamento, além de minimizar custos de transporte, armazenamento e distribuição tanto quanto os problemas com micro-poluentes orgânicos no solo;
- Co-incineração do lodo (queima de cimento, estações de energia elétrica, etc) inibe a possibilidade de reciclagem do Fósforo, mesmo que se apresente como uma solução viável economicamente;
- A aplicação direta do lodo adensado e desaguado no solo para uso agrícola é a solução mais econômica para a reciclagem do fósforo em pequenas estações de tratamento em áreas rurais.
- Os riscos ambientais da aplicação agrícola do lodo são baixas se a origem de poluentes orgânicos e inorgânicos for efetivamente controlada e se forem adotadas boas práticas para aplicação
- As especificidades locais são decisivas para a seleção da melhor solução de disposição final do lodo.

Desta forma, torna-se altamente recomendável o estabelecimento de relações de cooperação com a comunidade de agricultores, visando a troca de conhecimentos; a otimização das instalações de armazenagem, das operações de transporte e dos processos de distribuição; e agilização das atividades de rastreabilidade, monitoramento e controle; uma vez que a prática de incorporação do biossólidos no solo agrícola pode representar significativos ganhos finais para completar a cadeia de suprimentos de nutrientes e fertilizantes .

O surgimento da colaboração como uma ferramenta de aumento de competitividade da empresa e da cadeia de valor da qual ela participa como uma

função coordenada, estruturada, planejada, executada e sob melhoria contínua expande o foco da logística reversa para além dos muros da empresa, abrangendo parceiros de negócios. Em relação à inovação, a colaboração é uma ferramenta de viabilização da utilização do conhecimento tácito no campo de Gestão do Conhecimento, diminuição do risco, redução de recursos e como modelos para mudança (OLIVEIRA, et al., 2003).

2.2.1 Processos e Controles Associados ao Gerenciamento de Lodos de ETES

As atividades de gerenciamento do lodo de sistemas de tratamento de esgotos sanitários tem início com as operações de descarte de lodo das unidades de tratamento. No entanto, as características do lodo produzido em uma ETE (estação de tratamento de esgoto) dependem da qualidade dos esgotos afluentes e do processo e eficiência de tratamento ao qual é submetido. Os lodos de esgoto são subprodutos que surgem da aplicação de processos de tratamento de águas residuárias em ETEs. Estes materiais apresentam alta capacidade poluidora, além de apresentarem uma grande quantidade e variedade de patógenos (NUVOLARI, 2003; TSUTIYA, 2001). O conceito da reciclagem exige a adoção de alternativas tecnológicas que maximizem os benefícios através do uso dos componentes benéficos dos resíduos, mas considerando cuidadosamente os riscos ambientais e sanitários decorrentes, de forma a gerar alternativas seguras e economicamente viáveis, que garantam a sustentabilidade do processo. Embora de composição bastante variável, em função de particularidades regionais e dos processos em que são gerados, em geral apresentam em sua constituição elementos de grande valor, possibilitando seu uso como matéria prima ou insumo de processos industriais, agrícolas, energético, etc. Podem ser citados os nutrientes (macro e microelementos), elementos essenciais para o desenvolvimento das plantas, e a matéria orgânica, fundamental para sustentabilidade de solos, fonte de energia, combustível, entre outros. O poder calorífico da fração sólida volátil do lodo de esgoto pode chegar a 3,3 Kwh/kg, semelhante ao da lenha, possibilitando uso como combustível. A concentração de NPK pode exceder a 4% do material, equivalente a 75 a 100 R\$/t base seca (PEGORINI, et al., 2006 – PROSAB). As limitações

relativas aos teores de metais pesados nos lodos reciclados para uso agrícola impõem que a empresa de saneamento defina critérios para recebimento de efluentes industriais em sua rede de coleta. A aceitação de efluentes industriais deve ser precedida de um exame cuidadoso das suas características para que o mesmo não prejudique o sistema de tratamento e nem tampouco a qualidade do lodo gerado (ANDREOLI et al., 1998).

A aplicação de biossólidos no solo não é frequentemente percebido pelo público em geral, como um uso final benéfico. O gerenciamento de biossólidos no entanto, está se tornando um serviço cada vez mais imprescindível que necessita do suporte das municipalidades ainda frequentemente com uma pobre percepção pública. Uma abordagem inovadora e diversificada se faz necessária para diminuir a preocupação pública, através da melhoria dos serviços, da comunicação e da aquisição e fornecimento de dados e informações científicas. A propaganda de biossólidos como produto conquistará mais soluções de gerenciamento que apenas mudanças tecnológicas (BARROW et al., 2007).

As soluções para tratamento e disposição do lodo produzido em estações de tratamento de esgotos devem ser seguras em qualquer tempo e, portanto necessitam de um suporte legal, organizacional e profundamente técnico. O suporte legal é normalmente criado a nível nacional ou mesmo supranacional (Comunidade Européia). As soluções técnicas e organizacionais podem ser variadas dependendo das condições específicas locais da estação de tratamento (KROISS, 2007).

A regional municipal de Durham, em Ontário no Canadá desenvolveu um plano mestre de longo prazo (2005 a 2021) para gerenciamento de biossólidos, visando preparar um programa de gestão sustentável, realista, ambientalmente adequado e com custo efetivo viável. Os estudos desenvolvidos produziram opções para o gerenciamento dos biossólidos no curto e logo prazos, ambos incluindo a continuidade da aplicação agrícola, sempre que as condições fossem possíveis. Atualmente os biossólidos gerados nas estações de tratamento de esgotos de Corbett Creek e Harmony Creek Water Pollution Control são utilizados na agricultura, tendo por plano de contingência, a incineração conjunta com os demais resíduos do tratamento de esgotos. A região de Durham possui e opera sete estações de tratamento de esgotos gerados nas áreas urbanas, com uma população atendida estimada no ano de 2005, de 520.000 habitantes. Os lodos de tratamento de esgoto

são digeridos anaerobiamente e encaminhados para aplicação agrícola durante os meses de maio a novembro. Durante o período de não aplicação, os lodos são armazenados na estação de Cobert Creek que serve como uma central de armazenamento de biossólidos para a região, para futuro processamento, ou são encaminhados para incineração na estação de Duffin Creek. Após ter sido indiciada pela Nutrient Management Regulation em uma de suas estações, a regional foi obrigada a preparar um Plano Estratégico de Gerenciamento de Nutrientes para toda a região, uma vez que o Órgão Regulador considera a estação de Corbett Creek uma central de armazenamento ou de intermediação. A estratégia de gestão de nutrientes desenvolvida inclui a estimativa de quantidades de biossólidos, plano anual de aplicação de nutrientes no solo, destinação final de biossólidos e plano de contingência. Os acordos entre a Regional Municipal de Duran e a comunidade agrícola precisaram ser formalizados através de contratos, cuja elaboração envolveu departamentos municipais e o envolvimento de toda a comunidade local, através da criação de comitês e conselhos de trabalho. Apesar da região ser pro-ativa nas questões de responsabilidade ambiental, com um amplo programa para aplicação de biossólidos na agricultura, com as melhores práticas gerenciais de melhoria contínua, os acordos firmados para a estratégia de gestão de nutrientes mostraram que as questões a serem observadas excedem os padrões mínimos estabelecidos em documentos regulatórios (THOMPSON et al., 2007).

A Regional da Municipalidade de Niagara (Niagara Region) é responsável pela operação de nove estações de tratamento de esgotos, a maioria consistindo de processo de tratamento por lodos ativados convencional, cujos lodos são estabilizados por digestão anaeróbia. O produto final, biossólidos, é aplicado na agricultura ou transportado para a Unidade de Armazenamento de Biossólidos de Garner Road. Em 2001, a Região de Niagara concluiu um plano diretivo para as atividades de gerenciamento de biossólidos até o ano 2025 e desenvolveu uma estratégia para dar suporte e embasar seus colaboradores e, conseqüentemente o Conselho Regional, as quais resultaram em três pontos chaves para o sucesso no longo prazo (BARROW et al., 2007):

- Desenvolvimento de programa de fornecimento – melhorias nas atividades de monitoramento, aquisição e armazenamento de dados;

programas de educação ambiental e comunicação social; e revisão dos termos contratuais de aplicação de biossólidos no solo.

- Diversificação do programa de biossólidos - estar bem preparado para responder as mudanças potenciais futuras, sejam de ordem política, reguladoras ou diretrizes de mercado; implementação de estudos pilotos para identificação de alternativas e investigação de métodos de co-compostagem ou co-processamento;
- Desenvolvimento de um plano de contingência - criação de unidades de armazenamento de biossólidos, adequação para Certificado de Aprovação para disposição em aterro sanitário, e discussões com municípios vizinhos para parcerias potenciais.

Segundo Andreoli (2000), as principais etapas do processamento e gerenciamento do lodo nas ETE's, com os respectivos objetivos são:

- Descarte do lodo: onde os lodos excedentes dos decantadores primários e dos reatores secundários são retirados e encaminhados para estabilização e/ou adensamento e/ou condicionamento e/ou desaguamento, conforme as características do lodo bruto decorrentes da unidade de tratamento de onde foram removidos;
- Estabilização: redução da matéria orgânica (redução de sólidos voláteis), do volume e do potencial de geração de odores e atração de vetores;
- Adensamento: aumento da concentração de sólidos.
- Condicionamento: preparo para desaguamento, principalmente mecânico, através da aplicação de polímeros;
- Desaguamento: remoção da umidade visando reduzir o volume de lodo para disposição final, atingindo de 13 a 70% de ST;
- Higienização: redução da patogenicidade do lodo (redução do potencial de disseminação de patógenos);
- Estocagem: Acondicionamento do lodo enquanto aguarda a disposição final;
- Disposição final: uso agrícola ou aterro sanitário licenciado.

2.2.1.1 Produção de Lodo de ETES

As estações de tratamento de esgoto sanitário (ETES) geram um subproduto denominado esgoto, cuja composição média aponta para uma mistura de água e sólidos, sendo que do total de sólidos, 80% são orgânicos (proteínas, carboidratos, gorduras, etc) e 20% inorgânicos (areia, sais, metais, etc) (adaptado de ANDREOLI, 1999). Os métodos mais comuns de tratamento são os biológicos, que utilizam os microorganismos presentes no esgoto para degradar a matéria orgânica e purificar a água (FERREIRA; ANDREOLI; JÜRGENSEN, 1999).

Como a eficiência dos processos biológicos está ligada à quantidade de células vivas atuantes no processo, os sistemas de tratamento mantêm o afluente em um meio rico em lodo. Sendo assim, o lodo é matéria prima para os processos biológicos de tratamento de esgotos e somente seu excesso é considerado um resíduo (FERNANDES, 2000 apud BARBOSA; TAVARES FILHO, 2006). Portanto, a quantidade e qualidade do lodo produzido por uma ETE dependem da vazão de esgoto tratado, das características do lodo, do tipo de tratamento e da operação da estação (FERREIRA; ANDREOLI; JÜRGENSEN, 1999)

O tipo de tratamento utilizado influencia a quantidade gerada e algumas características importantes do ponto de vista do gerenciamento do lodo, tais como:

- Produção: Quanto maior a eficiência dos sistemas de tratamento, maior a qualidade do efluente e maior a produção de lodo;
- Estabilidade: potencial de geração de odor e atração de vetores;
- Drenabilidade: facilidade de desaguamento;
- Composição: principalmente em relação à concentração de matéria orgânica, N, P, patógenos e metais pesados.

A massa de lodo gerada num sistema de tratamento não dá diretamente o valor da massa de material orgânico afluente anabolizada. Contudo, existe uma proporção fcv entre a massa de sólidos voláteis em suspensão num lodo biológico e sua DQO (MARAIS e EKAMA, 1976, apud VAN HAANDEL e ALÉM SOBRINHO, 2006 – PROSAB). Foi determinado experimentalmente que o fator de conversão tem um valor médio de aproximadamente $fcv = 1,5 \text{ kg DQO do lodo/kg SVS}$. Portanto, a DQO de um lodo é um fator 1,5 vezes maior que a sua massa expressa em SVS.

Dessa forma, pode-se concluir que, no ambiente aeróbio, uma fração de fcv, $Y=1,5$ kg DQO/kg SVS * 0,45 kg SVS/kg DQOmet = 0,67 do material orgânico metabolizado é anabolizado, isto é, convertido em massa bacteriana, sendo $(1-fcv.Y) = 1-0,67 = 0,33$, a fração do material orgânico metabolizado que é catabolizada. (VAN HAANDEL e ALÉM SOBRINHO, 2006 – PROSAB).

Na maioria das águas residuárias e em particular o esgoto doméstico, o material orgânico biodegradável é um mistura: uma pequena parte (menos de 10%) está presente como acetato, outra parte como substâncias solúveis (em torno de 20 %) e o restante como material particulado (até 75%). Por essa razão, no caso da digestão anaeróbia, podem-se distinguir dois extremos: (1) se o material orgânico na água residuária se compõe tão somente de acetato, haverá um aumento da população de bactérias metanogênicas, contudo a um coeficiente de rendimento baixo: $Y_{an, min} = 0,02$ g SVS/g DQOmet; mas (2) se o material orgânico se compõe de macro moléculas, todas as quatro populações (hidrolítica, acidogênica, acetogênica e metanogênica) irão se desenvolver, sendo o coeficiente de rendimento muito maior: $Y_{an, max} = 0,12$ g SVS/ g DQOmet (HENZE e HARREMOES, 1983 apud VAN HAANDEL e ALÉM SOBRINHO, 2006 – PROSAB).

No caso de digestão anaeróbia, a fração anabolizada varia entre um mínimo de $f_{cv}.Y_{min} = 1,5 * 0,02 = 0,03$ e um máximo de $f_{cv}.Y_{max} = 1,5 * 0,12 = 0,18$, acotando-se como média $f_{cv}.Y = 1,5 * 0,05 = 0,07$ (VAN HAANDEL e ALÉM SOBRINHO, 2006 – PROSAB).

Ainda segundo Van Haandel e Além Sobrinho (2006), o lodo gerado em sistema de tratamento de águas residuárias (particularmente sistemas de tratamento de esgoto sanitário) pode exibir três aspectos indesejáveis:

- Instabilidade biológica: normalmente uma parte do lodo gerado se compõe de material biodegradável e se esta fração for alta, o lodo se torna putrescível;
- A qualidade higiênica do lodo gerado é péssima, tendo uma grande variedade de vírus, bactérias e parasitas (protozoários, ovos de nematóides e helmintos) que constituem uma ameaça para a saúde pública;
- A concentração dos sólidos suspensos no lodo é baixa (na faixa de 5 a 50 g/L, dependendo da natureza do lodo) de modo que o volume de lodo produzido é grande.

O gerenciamento do lodo na ETE objetiva reduzir o volume e adequar o lodo para a disposição final e a quantidade e a qualidade do lodo produzido por uma ETE dependem da vazão de esgoto tratado, das características do esgoto, do tipo de tratamento e da operação da ETE. *O momento e as condições em que o lodo deixa de ser matéria prima para se transformar em resíduo dependem da tecnologia do sistema de tratamento de esgoto e de sua operação* (ANDREOLI; PEGORINI, 2000). Assim, a quantidade de lodo produzido por um sistema pode ser considerada como um referencial da eficiência de operação, os quais prevêem um determinado volume de descarte de lodo. Se o descarte estiver acima ou abaixo deste ideal, reduz a eficiência do sistema. O quadro 3 apresenta resumidamente a influência dos tipos usuais de tratamento adotados na SANEPAR sobre a produção e características de lodo de esgoto.

QUADRO 3 PRODUÇÃO TEÓRICA E CARACTERÍSTICAS DO LODO EM FUNÇÃO DO TIPO DE TRATAMENTO DE ESGOTO UTILIZADO NA ETE.

ORIGEM DO LODO	PRODUÇÃO DE LODO gSS/hab.dia	TEOR DE SÓLIDOS (%ST)	ESTABILIDADE	ASPECTO	DESAGUAMENTO
Decantador Primário	35 a 45	2 a 6	Necessita estabilização	Acinzentados e odores fortes	Boa
Aeração prolongada	38 a 45	0,8 a 1,2	Estabilizado	Marrom a marrom escuro, aparência floculenta, odor pouco ofensivo, tende a tornar-se séptico e gerar odores rapidamente	Regular
RALF / UASB	7 a 18	3 a 6	Estabilizado	Negro, aparência floculenta, odor não ofensivo	Boa
Filtro Anaeróbio (após UASB/RALF)	3 a 9	0,5 a 4	Estabilizado		Boa
Lagoas Anaeróbias	13 a 45	15 a 20	Estabilizado		Boa
Lagoas Facultativas	20 a 25	10 a 20	Estabilizado		Boa
Lagoas de Maturação	3 a 20	10 a 20	Estabilizado		Boa

ORIGEM DO LODO	PRODUÇÃO DE LODO gSS/hab.dia	TEOR DE SÓLIDOS (%ST)	ESTABILIDADE	ASPECTO	DESAGUAMENTO
Filtro Biológico de Alta Taxa – Lodo Secundário	20 a 30	1 a 3	Necessita Estabilização		
Decantador Secundário (Flotação)	8-14	3 a 4	Necessita Estabilização		

Fonte: Adaptado de Além Sobrinho (2001) e Sperling (2001)

Aplicam-se quase exclusivamente métodos biológicos para estabilizar os lodos gerados nas ETEs: digestão anaeróbia ou em poucos casos, digestão aeróbia. Nos sistemas anaeróbios, para idades de lodo longas (entre 50 e 100 dias, dependendo da temperatura), tem-se em torno de 2 kg de lodo total por kg de material orgânico (DQO) aplicado, com uma fração volátil de 40 a 50%. Acima de 100 dias a produção de lodo se torna constante e o sistema anaeróbio se comporta como um sistema ideal, onde a remoção do material biodegradável do esgoto é essencialmente completa. Nestas condições apenas a fração de DQO não biodegradável e solúvel se encontra no efluente, enquanto a fração não biodegradável e particulada é floculada e se encontra no lodo. Quando a idade do lodo não é muito baixa (ideal 50 dias para $T = 25^{\circ} C$), o lodo anaeróbio já sai estabilizado do sistema anaeróbio e não requer mais tratamento adicional, podendo-se aplicar diretamente processos de desaguamento. No caso de se usar sistemas de tratamento anaeróbio como pré-tratamento e sistemas aeróbios para tratamento complementar, abre-se a possibilidade de se usar a unidade anaeróbia de pré-tratamento para a digestão anaeróbia do lodo produzido no pós-tratamento aeróbio, dispensando-se, assim, a necessidade de um digestor específico para o lodo. Pesquisas do PROSAB indicam que a eficiência do pré-tratamento não é prejudicada pela introdução adicional de lodo aeróbio, quando a proporção entre a carga orgânica do lodo a ser estabilizado não excede a 60% da carga do material orgânico na água residuária a ser digerida. (VAN HAANDEL e ALÉM SOBRINHO, 2006).

A redução do teor de água é efetuado por processos físicos (adensamento, filtração, flotação, evaporação) eventualmente precedidos por processos preparatórios de condicionamento que visam facilitar e/ou acelerar o processo de separação de água (VAN HAANDEL e ALÉM SOBRINHO, 2006).

2.2.1.2 Adensamento

Especificamente no caso dos lodos de esgoto, o adensamento consiste de processo físico de concentração de sólidos visando a redução da sua umidade e, conseqüentemente, seu volume, facilitando e otimizando as unidades e operações subseqüentes de tratamento. Os principais processos utilizados para o adensamento do lodo são adensadores por gravidade; flotadores por ar dissolvido; centrífugas; adensadores de esteira (*"belt-press"*) ou tambor rotativo (MIKI et al., 2006).

Os teores de sólidos nos lodos adensados, por processo de adensamento são:

- Adensadores por gravidade: o teor de sólidos varia de 5 a 10 % para lodos primários e de 2 a 6 % para lodos de filtro biológico, descarte de lodo ativado ou para lodos secundários (MIKI et al., 2006).
- Adensadores por flotação: o teor de sólidos do lodo flotado pode atingir valores entre 3 a 6 % (Metcalf e Eddy, 1991 citado em MIKI et al., 2006).
- Centrífugas: são utilizadas tanto para adensamento quanto para o desaguamento do lodo. Para o adensamento do lodo recomenda-se a sua utilização somente para o lodo biológico de descarte. O teor de sólidos de saída do lodo adensado varia entre 5 e 8% (MIKI et al., 2006).
- Adensadores de esteira (*"belt press"*): Também utilizados tanto para adensamento quanto para desaguamento. O teor de sólidos atinge valores de 3 a 5%, dependendo o teor de sólidos do lodo afluente (MIKI et. al., 2006).
- Tambores rotativos: os lodos adensados apresentam teores de sólidos variando de 7 a 9% para lodos primários; de 4 a 9% para excesso de lodo ativado; de 5 a 9 % para lodos primários e secundários; de 4 a 6 % para lodos digeridos aerobicamente e de 5 a 9 % para lodos digeridos anaerobicamente (WEF, 1996 apud MIKI et. al., 2006).

2.2.1.3 Desaguamento

Desaguamento é uma operação física (mecânica) que reduz o volume do lodo por meio da redução do seu teor de água (MIKI et. al., 2006). De acordo com Metcalf e Eddy (1991), os motivos que justificam esta redução de volume são:

- Custos de transporte para o local de disposição final tornam-se significativamente menores devido a redução de volume de lodo;
- O lodo desaguado é normalmente mais fácil de ser manipulado que o lodo adensado ou líquido;
- O desaguamento, isto é, a redução do conteúdo de umidade do lodo, permite incineração mais eficiente, se for o caso;
- Redução de agentes aditivos, caso a compostagem seja utilizada posteriormente como opção de reuso do lodo desaguado;
- Diminui a produção de chorume caso a disposição final seja em aterro sanitário;
- Garante uma certa redução na geração de mau odores, ou o torna menos ofensivo.

Os sistemas de desaguamento para reduzir o teor de água em lodos se distinguem basicamente em duas alternativas: (1) desaguamento mecânico, ou (2) secagem natural (PEDROZA, 2003 et al., apud PEGORINI e ANDREOLI, 2006).

A remoção da água por percolação é muito maior que a da evaporação, mas a evaporação é necessária para que se produza um lodo de alto teor de sólidos (VAN HAANDEL et al, 2006). No desaguamento mecânico usam-se processos físicos como filtração ou centrifugação para remoção da água. Este desaguamento será somente parcial, obtendo-se um produto final com um teor de sólidos de 15 a 35 %, dependendo das características do lodo e das condições operacionais. O produto final é uma torta, cuja disposição final ainda é problemática, não somente por sua constituição semi-sólida, mas também por causa da presença de patógenos. Na secagem natural se usam normalmente leitos, que na sua essência funcionam como filtros granulares de bateladas de lodo (PEDROZA et al., 2003, apud PEGORINI e ANDREOLI, 2006). À medida que o teor de sólidos da suspensão inicial aumenta, o lodo se torna mais pastoso e abaixo de uma porcentagem de 75%, perde as características de fluido passando a ser uma torta semi-sólida. Ao perder

mais água a torta enrijece e com uma umidade de 65% é um sólido duro, que não deixa transparecer que ainda quase 2/3 de sua massa seja água. Secando mais ainda, o lodo se quebra em grânulos quando a umidade alcança em torno de 40% e eventualmente se desintegra, formando um pó fino para uma umidade menor que 15% (VAN HAANDEL et al., 2006).

Os métodos mais comuns de secagem natural são: leitos de secagem e lagoas de secagem de lodo.

2.2.1.4 Higienização de Lodo de Esgoto

Para dar destino sanitário e poder reutilizar os lodos de esgoto, é necessário que o lodo passe por um processo complementar de estabilização, denominado higienização. Este processo visa eliminar ou reduzir significativamente a densidade de microorganismos, tornando o produto final biologicamente seguro para as diferentes aplicações desejadas (PASSAMANI et al, 2002). De acordo com a EPA (1983), o grau de higienização do lodo é muito importante para a reciclagem agrícola, moderadamente importante para a disposição em aterro sanitário e transporte em geral, e sem importância quando o destino final é a incineração ou disposição oceânica.

A higienização do lodo tem como objetivos: (a) reduzir a quantidade de patógenos, (b) eliminar os maus odores, (c) inibir, reduzir ou eliminar o potencial de putrefação (MIKI et al., apud PEGORINI e ANDREOLI, 2006).

Os meios para se atingir a estabilização são: (a) redução biológica do conteúdo de sólidos voláteis, (b) a oxidação química da matéria orgânica, (c) a adição de produtos químicos no lodo de modo a impedir a sobrevivência dos microorganismos e (d) aplicação de calor para desinfetar ou esterilizar o lodo (MIKI et al., 2006).

Dentre os métodos para a Higienização do Lodo de ETE, os mais usuais e viáveis economicamente, são:

- **Higienização Biológica:** Envolvendo a digestão aeróbia, anaeróbia, aeróbia autotérmica ou compostagem.

- **Higienização Química:** Estabilização alcalina, onde a cal é um dos produtos mais utilizados no saneamento; oxidação úmida; N-Viro, processo de estabilização alcalina avançada com sub-sequente secagem acelerada (SALVADOR, 2006).
- **Higienização Física:** Pausterização; e secagem térmica

Dentre estes, destacam-se pela sua facilidade operacional e baixos custos operacionais, a calagem, a compostagem e o tratamento térmico. Este último vem sendo viabilizado através do uso de biogás produzido em estações de tratamento de esgoto anaeróbicas.

- **Caleação :** O tratamento com a cal é eficaz, de baixo custo e pode ser implantado com tecnologia simples. É um método de estabilização e desinfecção que consiste na mistura da cal virgem (CaO) ao lodo em proporções que variam de 30% a 50% em função do peso seco do lodo. Os fatores que intervêm no processo de desinfecção são a alteração da temperatura, a mudança do pH e a ação da amônia resultante de reações ocasionadas pelo aumento de temperatura do pH. Com isto, tem-se a inativação ou destruição da maior parte dos patógenos e principalmente a redução considerável do odor do lodo (ANDREOLI E FERNANDES, 1999)

No pós-tratamento a cal é adicionada ao lodo já desaguado através de equipamentos especiais de mistura. A cal virgem é mais utilizada neste processo devido a sua reação exotérmica com a água, podendo a mistura do lodo com a cal atingir uma temperatura acima de 50 °C, ou seja, alta o suficiente para inativar os ovos de vermes. A utilização da cal virgem também possui a vantagem de não se adicionar água no lodo desaguado. O pós-tratamento é uma alternativa conveniente de estabilização de lodo para estações de tratamento de esgoto que não possuem a digestão anaeróbia. Muitas vezes necessita-se desta estabilização para atender o critério microbiológico do biossólido, através da inativação dos agentes patogênicos (MIKI et. al., 2006).

A inertização do lodo pela adição de cal preconizada pela EPA (1994) envolve a adição de quantidades suficientes de cal para alcançar e manter o pH 12 pelo período mínimo de 2 horas. A calagem pode inviabilizar ovos de holintos, porém, desde que respeitados os períodos de carência, que são

variáveis segundo a dosagem de cal. Os ovos remanescentes não apresentam viabilidade biológica, portanto, não apresentam potencial infectivo (ILHENFELD et al, 1999 apud MADER NETTO, et. al., 2003). Adicionalmente a cal minimiza odores gerados por lodos de esgoto, promovendo uma maior estabilização dos processos biológicos. A caleação (CaO) é um processo barato, de fácil aplicabilidade e bastante eficiente, gerando um produto alcalino, de alta reatividade, em condições de corrigir a acidez do solo de lodos de esgoto para fins de uso agrícola (MADER NETTO, et. al., 2003).

Fernandes et al. (1996), citado em Pegorini (2002) investigando os processos de caleação e compostagem na eliminação de organismos patogênicos de lodo de esgoto proveniente da ETE-Belém (Curitiba) encontrou níveis diferenciados de eficiência em função da quantidade de cal adicionada ao lodo (tabela 1).

TABELA 1 PRESENÇA DE ORGANISMOS PATOGÊNICOS EM LODO DE ESGOTO DA ETE-BELÉM SUBMETIDO A HIGIENIZAÇÃO ATRAVÉS DA CALAGEM A 30 %, 40 % E 50 % M.S.

Tipo de Lodo	Colif. totais	Colif. Fecais	Estreptococos fecais	<i>Salmonella</i>	Ovos de helmintos	Larvas de helmintos	Cistos protozoário
	NMP/100g	NMP/100g	NMP/100g	p/a em 25 g	em 100g	em 100 g	em 100g
Lodo Bruto	$7,54 \times 10^8$	$86,4 \times 10^6$	+ 17%	$36,7 \times 10^6$	429	207	2.4
L. Calado 30 %	$1,77 \times 10^5$	< 200	Ausente	$0,9 \times 10^3$	151	ausente	ausente
L. Calado 40%	$257,84 \times 10^3$	< 200	Ausente	$7,3 \times 10^5$	85	1,75	ausente
L. Calado 50 %	$3,47 \times 10^4$	< 200	Ausente	< 200	40	ausente	ausente

Fonte: PEGORINI, 2002

- **Compostagem:** A compostagem é um método de desinfecção eficiente e permite o co-processamento com outros resíduos orgânicos, pode ser realizada com tecnologias de baixo custo e seu produto final é de alta qualidade agrônômica (ANDREOLI E FERNANDES, 1999). A compostagem é um processo biológico de degradação da matéria orgânica. Os microrganismos degradam o material orgânico do lodo, geralmente em mistura com outros resíduos orgânicos, em processos exotérmicos, gerando calor e mantendo a temperatura entre 55 e 65 °C por alguns dias, o que inviabiliza e reduz os

organismos patogênicos do lodo a níveis apropriados para a utilização na agricultura (PEGORINI, 2002). O material resultante é chamado de composto que, em outras palavras, é como um húmus rico em nutrientes que irá reestabelecer e manter as características físicas, químicas e biológicas de substratos, sejam eles solos ou não, favoráveis à vegetação, facilitando a torná-la mais vigorosa, resistente e rica em princípios nutritivos (FORNARI, 2002 apud ANDREOLI et al., 2006). O alcance da inativação térmica dos patógenos depende do tempo de exposição a uma dada temperatura. Outro desafio para um produto compostado é a falta de garantia quanto à uniformidade porque, geralmente, os nutrientes, estrutura e sais totais variam de lote para lote, o que não facilita a garantia nutricional de todos os lotes (ANDREOLI et al., 2006). Segundo EPA (1992), citada em Andreoli et al. (2006), a compostagem utilizando o método de leiras estáticas aeradas é um processo de avançada redução de patógenos quando sua temperatura permanece superior a 55°C por pelo menos 13 dias. Este lodo pode ser aplicado em solo para uso agrícola sem restrições (incluindo gramados e jardins) e também em substratos. Os parâmetros monitorados devem ser ovos de helmintos viáveis, coliformes fecais, *Salmonella* spp. Isso quando em uso ou estocado, assegurando que não ocorra renascimento. A tecnologia de compostagem empregada (leiras revolvidas ou leiras estáticas aeradas) tem papel fundamental na eficácia do processo para eliminar patógenos. No sistema de leiras revolvidas há um gradiente de temperatura na leira, sendo que na parte externa a temperatura não atinge níveis letais. Pelo contrário, apresenta temperatura favorável a que vários microorganismos voltem a crescer. Estudos comparativos entre sistemas de leiras revolvidas e leiras estáticas aeradas mostraram que a segunda alternativa é mais eficaz na eliminação de patógenos (ANDREOLI et al., 2006). A tabela 2 apresenta os resultados obtidos por Fernandes et al. (1996), citado em Pegorini (2002) da eficiência do processo de compostagem do lodo com bagaço de cana-de-açúcar.

TABELA 2 TEORES INICIAIS DE PATÓGENOS, ELIMINAÇÃO E PERCENTUAL DE REDUÇÃO APÓS FASE TERMÓFILA EM COMPOSTAGEM DE LODO DE ESGOTO COM BAGAÇO DE CANA.

Dia	Coliformes totais	Coliformes fecais	Estreptococos fecais	Ovos de helmintos	Larvas de helmintos	Cistos de Protozoários
	NMP / 100g			Unidades / g		
0	$5,59 \times 10^8$	$2,68 \times 10^8$	$2,76 \times 10^7$	1415	273	ausente
30	$2,10 \times 10^8$	$9,14 \times 10^4$	$4,4 \times 10^6$	204,5	119	51
Redução -%	62,43	99,96	84,05	85,54	56,4	(+) 51

Fonte: FERNANDES et al. (1996) apud PEGORINI (2002)

Nos estudos realizados pelo PROSAB 4 (2006) foram efetuados experimentos visando identificar o potencial dos resíduos de ETE e de ETA para produção de substratos. Como o lodo de esgoto apresenta granulometria muito fina, é impossível realizar compostagem sem adição de material estruturante ao meio, por problemas relativos à aeração. Durante estes experimentos foram testados substratos de composto de lodo de esgoto com podas urbanas e com lodo de ETA, cujos custos foram comparados com os valores dos substratos industrializados. O processo de compostagem com lodo de esgoto apresentou custo aproximado de R\$ 50,00 a R\$ 110,00/t, desconsiderando os valores de investimento (pátio impermeabilizado, sistema de aeração de leiras, maquinário, etc), contra R\$ 240,00/t do substrato comercial. No entanto, a compostagem é uma alternativa que só pode ser analisada como solução centralizada, pois instalar e operar pequenos sistemas, além do custo elevado, torna-se muito complicado do ponto de vista operacional, já que este processo depende de um resíduo estruturante externo (ANDREOLI et al., 2006).

• Tratamento Térmico

O tratamento térmico tem sido uma alternativa para a destruição e/ou inativação de organismos patogênicos. O tempo de exposição do lodo a uma determinada temperatura é fundamental para garantir a sua higienização, sendo necessário conhecer a relação desses dois parâmetros na destruição e inativação dos parasitos e microorganismos patogênicos mais termoresistentes. O conhecimento da curva de sobrevivência térmica de organismos indicadores de qualidade sanitária possibilita estimar a relação adequada entre o tempo de

exposição do lodo e determinadas temperaturas, suficientes para alcançar a higienização (PEDROZA et al., 2006). Através de investigação experimental, Pedroza et al., (2006) determinou as curvas de sobrevivência térmica de bactérias patogênicas, a partir das quais é possível definir os tempos de decaimento decimal (D), que representa o tempo necessário para que ocorra a destruição de 90% desta população (uma escala logarítmica). Na tabela 3 estão os valores experimentais de (D) obtidos no âmbito do PROSAB, para as temperaturas de 55°C, 60°C, 65°C e 70°C.

TABELA 3 TEMPO DE REMOÇÃO DE 90% DE BACTÉRIAS INDICADORAS (COLIFORMES TERMOTOLERANTES E ESCHERISCHIA COLI) EM FUNÇÃO DA TEMPERATURA

Temperatura	Coliformes termotolerantes	Escherischia Coli
53°C	12,07 min	12,00 min
60°C	3,11 min	3,07 min
65°C	0,87 min	0,80 min
70°C	0,22 min	0,21 min

Fonte: Pedroza et al., 2006

Entretanto, é fundamental considerar que a distribuição de calor no lodo não é homogênea e apresenta-se diretamente relacionada com as propriedades físicas do material e da umidade. Desta forma, o tempo de exposição adequado provavelmente será bem maior na prática (PEDROZA et al., 2006). A EPA (1992), citada em Pedroza (2006), recomenda que se aplique uma temperatura de 70°C durante um período mínimo de 60 minutos.

2.2.1.5 Disposição Adequada dos Resíduos

A escolha do método para uso ou disposição final de biossólidos pela municipalidade é função das características do lodo.

Existem inúmeras formas de disposição dos lodos, que vão desde o uso de lagoas de lodo e aterros sanitários, até seu uso como agregado e óleo combustível (NUVOLARI, 2003). A importância da definição de um destino correto dos resíduos foi reconhecida pela *Agenda 21*, principal instrumento aprovado na Conferência Mundial de Meio Ambiente no Rio de Janeiro em 1992, que incluiu no seu capítulo 21 o tema *Manejo ambientalmente saudável dos resíduos sólidos e questões*

relacionadas com esgotos. Este capítulo define quatro programas prioritários: a redução da produção de resíduos, o aumento ao máximo da reutilização e da reciclagem, a promoção de depósitos e tratamento ambientalmente saudável, e finalmente, a ampliação do alcance dos serviços que se ocupam com os resíduos (BRASIL, 1995).

Segundo Fernandes (1997), a Comunidade Econômica Européia formulou uma diretiva que somente permitirá a disposição dos chamados “resíduos últimos”, que são impróprios para a reciclagem e apresentam teores de água e matéria orgânica abaixo de 5% em aterros sanitários até o ano de 2002; nos Estados Unidos esta mesma restrição foi também estabelecida, mas com prazo de início de vigência para o ano de 2004.

Diversas opções podem ser adequadas para o destino final do lodo de esgoto em função das características específicas de cada sistema. A incineração, a disposição em aterros sanitários e os *landfarmings* devem ser priorizados sempre que as características do biossólido ou a análise econômica não viabilizem a reciclagem em solos agrícolas. No entanto, sempre que possível a reciclagem deve ser priorizada, por representar a alternativa mais adequada sob o aspecto ambiental e geralmente a mais econômica, pois transforma um resíduo urbano de disposição problemática em um insumo de grande valor agrícola (ANDREOLI et al., 1998).

Segundo Jordão e Pessôa (1995), dentre as alternativas para o aproveitamento e/ou disposição final de lodo de esgoto pode-se relacionar: aterros sanitários; Incineração; usos agrícolas, como aplicação no solo com fins agrícola, aplicação em áreas de reflorestamento, produção de composto ou fertilizante organo-mineral, restauração de terras; reuso industrial, como agregado leve para a construção civil, incorporação do lodo à fabricação de cimento e de produtos cerâmicos; *landfarming*. Pedroza (2005) inclui ainda a disposição oceânica, porém cita que, segundo Tsutiya (1999), esta prática foi proibida nos Estados Unidos, desde 1992, pela Ocean Dumping Act, e na Comunidade Européia desde 1998. Os aterros sanitários, além de possuírem o inconveniente de concorrer com os resíduos sólidos, apresentam altos custos de manutenção. A incineração, para evitar problemas de emissões atmosféricas, os incineradores necessitam estar equipados com leito fluidizado de custos elevados, e demandam grande quantidade de energia. O uso agrícola torna o lodo um produto útil dentro do processo produtivo (PEDROZA

et al., apud PEGORINI e ANDREOLI 2006). Atualmente a alternativa que preenche de modo mais adequado os quesitos de sustentabilidade ambiental é a reciclagem agrícola (SALVADOR, 2006). A reciclagem na agricultura exige a produção de biofóssido de qualidade assegurada, garantindo a adequação do produto ao uso agrícola, definindo restrições de uso aos solos e apresentando as alternativas tecnológicas, visando uma maior rentabilidade ao produtor. Neste sentido, o Plano de Distribuição do Lodo deve ser encarado como um sistema que visa o planejamento e a otimização das atividades operacionais da reciclagem agrícola, avaliando a economicidade, a disponibilidade de áreas, os problemas sociais e a orientação agrônômica da reciclagem do lodo (ANDREOLI et al., 1998).

Huang (1995) situa a preocupação com a disposição final do lodo de esgotos nos últimos séculos da Idade Média, associando-a ao advento de valas subterrâneas e posteriormente das fossas sépticas. Nestes sistemas, excesso de material era periodicamente removido e disposto sobre terras agrícolas ou áreas de pastagem, ou descarregado em cursos d'água. Parâmetros modernos para a disposição final do lodo foram desenvolvidos no início do Século XX, simultaneamente ao desenvolvimento de sistemas coletivos de tratamento de esgotos. Estes sistemas evoluíram particularmente durante as décadas de 1950 e 1960 nos Estados Unidos, com incentivos maciços do governo para o setor. Um impulso importante para a temática nos Estados Unidos foi a promulgação, como consequência do *Clean Water Act* de 1972, das Normas CFR 40 partes 257, 403 e 503 - que ensejaram a implementação de soluções eficazes de tratamento de esgotos e disposição de lodo no país (FERNANDES, 1998). Atualmente, a busca de alternativas viáveis para a disposição final do lodo de esgoto enquadra-se na preocupação mundial em relação à gestão adequada de resíduos (ANDREOLI, 1999).

Para Calcutt e Moss citado por Takamatsu (1993) os processos de desidratação e os custos de disposição para uma estação de tratamento de tamanho médio ultrapassam 50% do capital inicial e 65% dos custos de operação. O custo por tonelada de algumas alternativas de disposição é apresentado na Tabela 4.

TABELA 4 CUSTO DE ALGUMAS ALTERNATIVAS DE DISPOSIÇÃO FINAL DE LODO DE ESGOTO.

Disposição	Custo (US\$/t)
Oceânica	12-50
Aterros sanitários	20-60
Incineração	55-2500
Uso agrícola	20-125

Fonte: Miller citado por Carvalho e Barral, 1981, apud Ingunza, 2006.

Estes custos, que requerem atenção prioritária em outros países, ainda não estão absorvidos nos países em desenvolvimento. Por seus próprios custos e dificuldade técnica, a disposição de lodo no Brasil é uma fase ainda freqüentemente negligenciada pelos sistemas de tratamento em operação e em projeto, o que compromete parcialmente os efeitos benéficos da coleta e tratamento de esgoto doméstico. A disposição de lodos é um problema emergente no Brasil, posto que a produção do resíduo é ainda pequena, acompanhando os índices deficitários de coleta e tratamento de esgoto. Devido às exigências mais rigorosas da qualidade dos efluentes, crescem os investimentos para a implantação de estações de tratamento. Ademais, as exigências feitas pela legislação e autoridades ambientais quanto à qualidade dos efluentes estende-se, quase sempre, à adequação técnica e ambiental da disposição do lodo gerado (LUDUVICE, 1998).

Para racionalizar este processo, a definição de um sistema de tratamento e disposição final do lodo deve ser parte do planejamento e projeto de uma unidade de tratamento de esgotos. As fases de depuração das águas servidas e de manejo do lodo devem estar integradas de forma coerente e complementar dos pontos de vista técnico, econômico, operacional e ambiental. Esta visão deve, na medida do possível, ser incorporada ao planejamento e gestão dos sistemas de saneamento em âmbito municipal. A escolha da forma de disposição final deve abranger o espaço municipal ou metropolitano, de forma a que se adeqüe à realidade local (ESTADOS UNIDOS ENVIRONMENTAL PROTECTION AGENCY, 1979).

Em outros países, existe grande preocupação a respeito da caracterização e disposição adequada do lodo de esgoto, em especial nos Estados Unidos e em vários países da Europa. Em países desenvolvidos já existem normas e parâmetros para a disposição adequada do lodo de esgoto. No Brasil, ainda não existe normatização nacional específica sobre o tema, e algumas normas foram

desenvolvidas em algumas regionais. Destaca-se que, embora importante como referência, as normas internacionais não podem ser aplicadas à realidade nacional e o conhecimento técnico-científico para sua definição, deve ser gerado localmente (ANDREOLI et al., 1999).

Segundo Andreoli (1999) existem diversas formas de disposição final do lodo de esgoto. As soluções mais tradicionais neste aspecto objetivam seu afastamento e/ou isolamento das concentrações populacionais – como aterros sanitários ou descarga oceânica - ou sua degradação controlada - como incineração e *landfarming*. As mais comuns alternativas de disposição final são comentadas a seguir.

2.2.1.5.1 Descarga Oceânica

A destinação de esgotos no mar é realizada após pré-condicionamento em emissários oceânicos, dimensionados segundo a carga orgânica do material a ser lançado e os movimentos das correntes e das marés na costa utilizada para a prática. Outra modalidade de disposição oceânica é o transporte do lodo de estações convencionais de tratamento de esgotos, por navios lameiros, e sua descarga a distâncias determinadas da costa. Problemas comuns ligados a esta prática decorrem da emissão de odores ofensivos dos reservatórios junto aos cais das embarcações. Alguns países misturam lodos digeridos aos efluentes das ETES para lançamento submarino (IMHOFF, 1986, apud INGUNZA, 2006).

A alternativa de descarga oceânica torna-se potencialmente impactante no sentido de que movimentos de mar na região de dispersão da mancha podem resultar na volta à praia do material lançado. No Brasil o conhecimento ambiental sobre os movimentos das correntes e das marés que influenciam o desempenho de emissários não é ainda suficientemente organizado de forma diretamente aplicável a emissários submarinos, tornando mais difíceis as condições de previsão de ocorrências. O alto custo de dimensionamento e instalação de um sistema, que por vezes o inviabiliza, pode suscitar alterações inadequadas em sua colocação e operação (CARVALHO E BARRAL, 1981). Os principais impactos ambientais negativos associados à prática são a formação de filmes de superfície, a depleção

do O₂ dissolvido, a alteração da comunidade bêntica, a aporte de patógenos, compostos orgânicos tóxicos e metais pesados ao mar e a eutrofização.

Sobre tais impactos, cabe destacar o perigo representado pela capacidade de bioacumulação de metais pesados e compostos orgânicos tóxicos na teia trófica, podendo provocar alterações severas nas biocenoses e atingir o homem ou espécies de papel estratégico nos ecossistemas. No que concerne a patógenos, deve ser considerada também a grande resistência a ambientes salinos, por parte de espécies de *Vibrio cholerae*, e a consequente viabilização de rotas de migração destes agentes e das enfermidades associadas a sua presença (MOSCALEWSKI et al., 1996).

A descarga oceânica já foi bastante utilizada por cidades litorâneas, tendo inclusive sido a principal forma de disposição de lodos na cidade de Nova Iorque, nos Estados Unidos. Porém, estudos realizados pela *Environmental Protection Agency* (EPA) e outras autoridades ambientais demonstraram os prejuízos ambientais de tal prática. Essa técnica foi proibida nos Estados Unidos em 1992 (MONNEY, 1992).

Os países da União Européia seguiram planos plurianuais de descarte progressivo dos emissários oceânicos até 1998 quando a prática foi extinta como alternativa de disposição (BUNDGAARD E SAABYE, 1992).

2.2.1.5.2 Aterros Sanitários

São geralmente formados pela deposição de resíduos em trincheiras, que são compactados e recobertos com solo ou materiais inertes com controle de variáveis técnicas e ambientais. Segundo Environmental Protection Service (EPS Canadá, 1984), o lodo de esgotos pode ser aterrado em duas formas básicas:

- a) Trincheira exclusiva: para a disposição de lodos estáveis ou brutos. É necessário o recobrimento diário e desejável a desidratação prévia do lodo, para melhorar as condições de operação.
- b) Co-disposição com resíduos sólidos urbanos: alternativa mais comum, em que lodo e resíduos são misturados para espalhamento, compactação e

cobertura com solo. O lodo deve ser estabilizado e desaguado previamente a um teor de pelo menos 15% de sólidos, ou o volume de lodo líquido aterrado deve ser rigidamente limitado segundo a capacidade de absorção.

Grande parte dos impactos ambientais negativos causados por aterros sanitários são confinados à área de descarga do resíduo, numa condição que permita o seu controle (Canadá, 1984). As desvantagens da prática incluem problemas operacionais potenciais tais como a lixiviação e o escoamento de líquidos percolados, a emissão de gases, a vida útil limitada e a crescente dificuldade em encontrar locais apropriados para uso em áreas metropolitanas (GRECA, 1994). É necessário coletar e tratar os líquidos resultantes da atividade de decomposição dos resíduos, numa prevenção à poluição de águas subterrâneas e superficiais. A atividade de degradação é normalmente anaeróbia, lenta e com produção de CH_4 - que em raras situações é recuperado e pode tornar necessária a utilização de equipamentos de emissão. A instalação de um aterro sanitário desabilita definitivamente a área alocada, que se torna utilizável apenas para atividades recreativas após a restauração superficial (ANDREOLI, 1999).

Aterros sanitários são uma alternativa de disposição final de custo relativamente baixo. Carvalho e Barral (1981) estimam o custo de US\$ 20 a 60/t para a disposição em aterros sanitários. Já EPA (Estados Unidos. Environmental Protection Agency, 1979) aponta os aterros como o mais barato procedimento de disposição final, mesmo acrescido dos custos resultantes de procedimentos de controle de impacto ambiental e dos processos de secagem e alocação de áreas. A disposição em aterros sanitários é uma alternativa comum à reciclagem agrícola quando características indesejáveis do lodo, como altos teores de metais pesados, desaconselham seu uso como insumo agrícola (ANDREOLI, 1999).

Aterros sanitários exclusivos são uma opção de destinação final de lodo adotada na cidade de São Paulo, após decantação secundária e desidratação termo-mecânica ou em filtros-prensa. Segundo Papaborello citado Rocha, (1998), a ETE de Barueri, de responsabilidade da Sabesp, dispõe cerca de 160 toneladas diárias de lodo de esgoto em aterro sanitário do Departamento de Limpeza Urbana da Prefeitura de São Paulo, Limpurb, arcando com o custo de transporte do material e tratando, em troca, o chorume gerado pelo aterro. Esta alternativa, porém, não é

sustentável a longo prazo, devido à saturação da capacidade dos aterros. A aquisição de novas áreas é dificultada devido a uma série de fatores, entre eles a forte rejeição por parte da população em torno dos aterros, preço elevado das áreas existentes em torno das cidades e dificuldades em encontrar áreas que atendam às necessidades técnicas. Outro ponto desfavorável desta alternativa é a tecnologia e o grau de conhecimento necessário para se operar um aterro dentro de condições mínimas necessárias de segurança e sustentabilidade (ANDREOLI, 1999).

Na Europa, a proibição de lançamento de lodo no mar fez com que os países procurassem outras alternativas para disposição final, sendo interessante para isso uma redução dos volumes gerados, dentre elas a disposição final em aterro sanitário. Para tanto, os órgãos receptores (municipal, estadual ou particular) têm exigido teores de sólidos de pelo menos 35 ou até 40% (MIKI, et al., 2006).

2.2.1.5.3 Landfarming

O *landfarming* é uma alternativa de tratamento e disposição final em que o substrato orgânico é degradado biologicamente na camada superior (até 20 cm) do solo e os íons metálicos liberados desta degradação são incorporados nesta camada, de forma a não haver contaminação do lençol freático. Desenvolvido no âmbito da indústria petrolífera há cerca de duas décadas, o processo apresenta bons resultados com outros resíduos orgânicos, inclusive com pesadas doses de lodo de esgotos (CETESB, 1985).

O aporte continuado de metais pesados e compostos químicos tóxicos orgânicos e inorgânicos inviabiliza áreas de *landfarming* para qualquer uso futuro. Sua aplicação em grande escala dentro de critérios ambientais rígidos torna-se complexa e requer pessoal especializado (CETESB, 1985). Projetos de *landfarming* devem conferir proteção às águas subterrâneas e superficiais em relação à migração de poluentes, pormenorizados em planos específicos de operação, monitoramento, emergência e fechamento. Como para aterros sanitários, são quesitos para o *landfarming* a desidratação a um teor de sólidos mínimo de 15% e estabilização prévia do material a destinar (EPS, 1984).

2.2.1.5.4 Incineração

Métodos térmicos de redução de volume ganharam atenção em países desenvolvidos algumas décadas atrás, na medida em que se tornavam raras as áreas adequadas ao uso de métodos mais simples e baratos de disposição. A incineração é um processo de combustão controlada de resíduos, aplicável a lodos de esgotos previamente adensados, desaguados a um teor de sólidos mínimo de 25% e macerados (USEPA, 1979). As principais vantagens da alternativa são a redução flagrante do volume, sua detoxicação dentro dos critérios ambientais e a possibilidade de recuperação de energia (VALENTIN, 1994 apud ANDREOLI, 1999).

Em sistemas com incineradores, são importantes ao processo o controle odorífero e o conhecimento da composição e poder calorífico do lodo. O processamento dos lodos não deve incluir procedimentos de digestão e tratamento térmico, que reduzem o teor de sólidos voláteis e aumentam o teor de componentes inertes - com a conseqüente diminuição do seu poder calorífico (Estados Unidos. Environmental Protection Agency, 1979). O processo exige também sistemas de alimentação com temperatura adequada de combustão, tempo de residência para queima e instalações auxiliares específicas para controle ou recuperação de gases, líquidos e particulados segundo os padrões estabelecidos pela legislação ambiental (VALENTIN, 1994 apud ANDREOLI, 1999). É necessária uma rotina de disposição final das cinzas em aterros sanitários. Alguns impactos ambientais negativos potencialmente causados pela incineração são: impacto visual decorrente da construção do incinerador e da fumaça produzida; contaminação de rios e aquíferos por vazamento de efluentes; poluição sonora decorrente do funcionamento do incinerador e poluição do ar por lançamento de diversos poluentes como CO, SO₂, compostos orgânicos complexos e particulados (ANDREOLI, 1999).

A incineração exige vultoso investimento inicial, além de sistemas de eliminação de cinzas e gases produzidos. Diversas variáveis influenciam o custo do processo, como os teores de umidade e sólidos voláteis do resíduo e a complementação requerida de combustível e ar (Estados Unidos. Environmental Protection Agency, 1979). É conveniente a localização da unidade próximo da fonte geradora, para a minimização de gastos e riscos com transportes. Os custos

energéticos do processo podem ser reduzidos com configurações que combinem a incineração de lodos com lixo, em sistemas com recuperação de energia (ANDREOLI, 1999).

De acordo com Central de Tratamento de Efluentes (CETREL - Inceneração, 1994), o custo de um sistema de incineração industrial pode chegar a US\$ 1800 por tonelada de resíduo. O período médio para o licenciamento de uma unidade na Europa ou América do Norte é de quatro anos, com custos que podem chegar a US\$ 4 milhões. Segundo a Companhia de Tecnologia de Saneamento Ambiental de Brasília (CETESB, 1997) existem no Estado de São Paulo cinco incineradores aptos a receber lodos de esgoto. Nestes incineradores, o custo de processamento de uma tonelada de resíduo varia de R\$ 1.000,00 a R\$ 2.000,00 dependendo das características do material, excluído o custo de transporte (ANDREOLI, 1999).

2.2.1.5.5 Recuperação de Áreas Degradadas

O gerenciamento ambiental das atividades relacionadas ao uso de biossólidos na recuperação de áreas degradadas promove condições de sustentabilidade regional e, através de treinamento, oportunidades de emprego (VAM HAM et al., 2007).

Os biossólidos representam a maior parte dos compostos orgânicos utilizados no programa de recuperação de minas localizadas no Distrito de Sechelt, no Canadá. Os métodos tradicionais de recuperação de áreas degradadas têm sucesso limitado especialmente em áreas resultantes da exploração de minérios e jazidas de areia. São solos geralmente pobremente desenvolvidos, carentes de matéria orgânica, nutrientes e de capacidade de retenção de água necessária para sustentar a vegetação. Promover uma aplicação inicial de nutrientes através de fertilização química não contribui para o estabelecimento de auto-sustentação da vegetação no longo prazo como também, não melhora as condições estruturais do solo. A matéria orgânica e a troca de cátions nestes solos é muito baixa, resultando em uma capacidade de armazenamento de nutrientes muito limitada. A aplicação de corretivos orgânicos foi selecionada como um método de complementar as práticas de recuperação de áreas degradadas, vencendo as limitações das técnicas mais

tradicionais. Quando aplicadas com sobrecarga, os bio sólidos aumentam a matéria orgânica no solo, melhorando a capacidade de retenção da água e promovendo o fornecimento de nutrientes por um longo período. O programa de recuperação das minas, iniciado em 1997 inclui o monitoramento e controle dos índices de aplicação anual, a qualidade do lodo aplicado e do solo após sua aplicação, cujos resultados são apresentados anualmente, sob a forma de relatório, ao BC Ministry of Environment (MoE). Hoje os bio sólidos líquidos e desaguados de todas as comunidades da região do Distrito de Sechelt, cidades de Gibsons, Powell River e a região metropolitana de Vancouver são recicladas nas minas de Sechelt (HAM et al., 2007)

A recuperação de áreas degradadas associando-se o uso do lodo de esgoto com espécies florestais nativas possui as mesmas vantagens apontadas para o uso do resíduo em plantios florestais comerciais, tais como: a redução dos custos com fertilizantes em áreas geralmente extensas, particularmente na reposição de N e P; absorção de nutrientes durante boa parte do ano pelas raízes perenes (lenta liberação dos elementos), geralmente explorando grandes volumes de solo; capacidade de imobilizar grandes quantidades de nutrientes e de metais pesados pela grande produção e distribuição de carbono orgânico; e não associação, em geral, do produto florestal final com a produção de alimentos, propiciando baixos riscos à saúde pública (GONÇALVES et al. 2000, POGIANI et al. 2000, SOCCOL e PAULINO, 2000, apud SKORUPA et al., 2006).

2.2.1.5.6 Vias de Reciclagem

As soluções de disposição final têm sido repensadas face a novas demandas ambientais e econômicas, colocadas inicialmente em países da Europa e da América do Norte. Nestes países, alternativas altamente impactantes vêm sendo severamente restringidas pela lei. A descarga oceânica, por exemplo, está proibida nos Estados Unidos (CARVALHO E BARRAL, 1981). Opções como a incineração e a disposição em aterros sanitários requerem tecnologia de adequação ambiental cada vez mais sofisticada, o que lhes confere alto custo por tonelada tratada (WEBBER E SHAMMES, 1984; CARVALHO E BARRAL, 1981; SAABYE, 1994).

As constatações técnico-científicas e da opinião pública sobre as conseqüências deletérias do consumo inadequado dos recursos naturais e energéticos da atividade antrópica, gerou a necessidade de um questionamento do padrão de aproveitamento destes recursos. Dentro de uma perspectiva de desenvolvimento sustentado, resíduos são recursos potenciais e as alternativas preferenciais de disposição de um subproduto passam a ser a minimização de sua produção combinada a sua reciclagem como insumo de novos processos. As relações de custo/benefício de processos de reciclagem devem ser avaliadas de forma diferenciada, segundo a análise conjunta de variáveis econômicas, sociais, tecnológicas e ambientais (BONNET, 1995).

Em termos de lodos de esgotos, as opções que minimizem sua produção são tomadas tanto nas estações de tratamento como nos sistemas de disposição final. Podem incluir a otimização de processos anaeróbios de tratamento de esgotos, que geram menores volumes de lodos mais estabilizados, ou a digestão anaeróbia do produto, que reduz seu volume em até 40%. No tocante aos sistemas de destinação, a tendência mundial aponta às soluções de reutilização do produto como fator de diminuição de custos a médio e longo prazo e de preservação da qualidade ambiental. Algumas alternativas que envolvem reciclagem de parte ou da totalidade do lodo de esgotos são apresentadas a seguir (CANADÁ, 1984).

- ***Pirólise***

Utilizada há algumas décadas como processo industrial, a pirólise é um processo de combustão controlada - e não necessariamente queima - realizado em atmosfera deficiente em oxigênio molecular. O processo requer aquecimento do lodo de esgotos em sistema fechado e a temperaturas que possibilitem a destilação do material, deixando como residual o carbono e materiais inertes. A matéria volátil residual do processo pode ser queimada em presença de oxigênio molecular em câmaras secundárias. Os gases podem também ser condensados para a recuperação de óleos e alcatrões, ou purificados para uso como combustível. A pirólise oferece as vantagens de eliminar a poluição do ar e gerar subprodutos amplamente recicláveis, embora tenha custo bastante alto (Estados Unidos. Environmental Protection Agency, 1979).

- ***Encapsulamento/Uso na Construção Civil***

O encapsulamento consiste na adição de aglomerantes e processos físicos ao lodo e sua inserção em materiais plásticos ou termofixos, estabilizando-o e diminuindo seu potencial poluidor (Companhia de Tecnologia de Saneamento Ambiental de Brasília, 1985). O processo busca melhorar as características físicas e de manejo dos resíduos, diminuindo a superfície de contato de poluentes com o ambiente e limitando sua solubilidade. É particularmente interessante a lodos com grande contaminação por metais pesados. Um exemplo de encapsulamento, desenvolvido especificamente para lodos de esgotos, é a produção de agregado leve para uso na construção civil, através da incineração do produto em sinterizadores (CARVALHO E BARRAL, 1981). No Brasil o processo foi desenvolvido na década de 1980 pelo Instituto de Pesquisas Tecnológicas da Universidade de São Paulo (IPT/USP) em colaboração com a Companhia de Saneamento Básico do Estado de São Paulo (SABESP), mas mostrou limitações de custo e consumo energético em escala real. No Japão o processo é largamente difundido e aplicado.

- ***Incorporação na Fabricação de Cerâmica Vermelha***

As pesquisas no âmbito do PROSAB 4 demonstraram que a caracterização dos lodos de esgoto e de ETA possibilita a incorporação destes resíduos na massa cerâmica. Tanto os lodos de esgoto como o lodo de água apresentam componentes interessantes (argilo-minerais) e prejudiciais (material orgânico e umidade elevada) à massa cerâmica em quantidades excessivas. É importante observar que a adição destes resíduos demandará um ajuste tanto na formação da massa cerâmica quanto no processo de produção. No Paraná, a SANEPAR realizou dois ensaios visando maximizar a adição dos lodos na massa cerâmica. Num primeiro ensaio procurou-se adicionar os lodos na forma como são produzidos na rotina operacional das estações de tratamento. Em seguida procurou-se maximizar a dosagem através de um tratamento visando reduzir a umidade inicial do lodo. As dosagens de lodo de esgoto variaram entre 2,2% e 36%. A melhor dosagem foi de 2,2%. Observou-se

que maiores dosagens de lodo de esgoto apresentam problemas de extrusão durante a fabricação, devido à baixa umidade, tornando os blocos muito secos e quebradiços. Mesmo na dosagem de 2,2%, embora a extrusão fosse possível, a qualidade dos blocos produzidos não permitiria sua comercialização. Os fatores mais limitantes na definição da dosagem do lodo a incorporar ao resíduo são a umidade e a perda ao fogo. A umidade dificulta o processo operacional e a perda ao fogo compromete a qualidade do bloco (INGUNZA et al., 2006).

- **Matéria Prima para Produção de Biopesticidas**

Do, Daileader e Duran (2007), comprovaram que o lodo de esgotos sanitários pode ser usado para a produção de biopesticidas e pode ser considerado como a matéria prima mais abundante disponível para servir como substrato para o crescimento de microorganismos. A concentração ótima de sólidos requerida para a produção de Biopesticidas com base no *Bacillus thuringiensis var. kurstaki (Btk)* foi observada entre 25 e 25 g/l.

- **Co-processamento com Palha de Arroz**

A estratégia de uso de Biomassa Nippon, assinada em 2002 pelo governo japonês tem por objetivo o uso de biomassa, tal como palha de arroz e resíduos florestais, para a geração de energia, através do uso da digestão anaeróbia. No entanto, a digestão isolada da palha de arroz é ineficiente porque os nutrientes e minerais não estão presentes nos níveis requeridos para o crescimento bacteriano. O lodo de esgoto não possui teores de carbono suficiente para viabilizar a produção de energia através da digestão anaeróbia. A co-digestão anaeróbia do lodo de esgotos sanitários e palha de arroz propicia uma relação (C/N) mais próxima do ideal, entre 20 e 30, e está sendo considerado um atraente método para a produção de energia dentro da estratégia do governo japonês (KOMATSU, 2007).

- ***Uso de Lodo de Esgoto na Produção de Substrato Vegetal***

Substrato vegetal é uma combinação de componentes utilizada para a produção de mudas, fornecendo as condições químicas e físicas favoráveis à germinação das sementes e ao seu desenvolvimento, dando sustentação às plântulas (ANDREOLI et al., 2006). O uso de materiais orgânicos, tais como lodo de esgoto, esterco, resíduos, casca de Pinus e Eucalipto como substrato vegetal apresenta as seguintes vantagens: produzido a partir de processos naturais; boa consistência dentro dos recipientes; média a alta porosidade e drenagem; média a alta capacidade de retenção de água e nutrientes; elevada fertilidade (macro e micronutrientes); fácil obtenção e processamento; permite boa agregação do sistema radicular às mudas; baixo custo (WENDLING e GATTO, 2000 apud WENDLING et al., 2002 e ANDREOLI et al., 2006). Ainda segundo Wendling e Gatto (2000) citado por Andreoli (2006), como desvantagens são citadas: baixa porosidade e aeração quando puros; necessitam de adubação balanceada de N e S, principalmente em cobertura; composição química variada em função da origem do material; podem conter sementes de plantas invasoras; difícil manuseio do lodo úmido.

- ***Substrato para Cultura de Enzimas***

O lodo de esgotos sanitários é rico em carbono, nitrogênio, fósforo e outros nutrientes requeridos para o crescimento e produção de proteases. A enzima protease representa 60% do total das enzimas cultivadas para comercialização, em especial as proteases alcalinas, principalmente pela sua aplicação na produção de detergentes. As proteases alcalinas resultam principalmente do *Bacillus licheniformis*. Embora o uso de enzimas tenha muitas vantagens, sua competitividade quando comparada aos produtos químicos é limitada pelo custo de produção, onde o meio de cultura responde por 30 a 40 %. O uso de um meio de cultura mais econômico que possa concomitantemente estimular seu desenvolvimento irá diminuir os custos de produção (DROUIN, 2007).

- ***Inoculante para Biorremediação***

Segundo estudos desenvolvidos por Song et al (2007), os biossólidos podem ser utilizados como meio para o cultivo de microorganismos funcionais degradadores de óleo diesel, como também como inoculante, além do que, o produto obtido da fermentação do biossólidos foi efetivo para a remediação de solo contaminado com óleo diesel.

2.2.1.6 A Reciclagem Agrícola

O uso agrícola de biossólidos tem provado que, quando adequadamente aplicado, tem o melhor custo efetivo e é a alternativa mais sustentável para o reuso do lodo (DIAZ-AVELAR et ali, 2007 apud SEQUI et al. 2000; SPINOSA e VESILIND, 2001). Com o aumento da produção de lodo em todo mundo, estão crescendo os esforços para considerar a agricultura como a principal rota para os biossólidos, pois sua aplicação melhora a fertilidade e aumenta a produção agrícola. Esta opção deve ser seriamente considerada, uma vez que é esperado que por volta do ano 2020 a degradação do solo pode se revelar um sério problema na produção de alimentos, manutenção de florestas, suprimentos de água, e na qualidade de vida rural e, particularmente para as áreas pobres e densamente povoadas. A projeção efetuada para a década de 2000 previa 10 milhões de hectares anuais de perda de terra agricultável devido aos processos de degradação (DIAZ- AVELAR et al., 2007 apud RHOADES, 1997). É importante salientar que a incorporação do biossólidos na agricultura é uma prática da moderna agricultura para aumentar a produção agrícola de forma sustentável, reduzindo o uso de fertilizantes químicos, e considerando as limitações na disponibilidade de alguns componentes químicos, tais como o fósforo. (DIAZ-AVELAR et al., 2007 apud VELÁZQUEZ-RODRIGUES, 2001). Os recursos naturais de fosfato são finitos e não renováveis. No final deste século os depósitos de fosfato com baixas concentrações de substâncias nocivas, tais como cádmio e urânio, estarão totalmente esgotados. Como o fosfato não pode ser substituído por outra substância na nutrição dos vegetais, o uso de fontes alternativas de fosfato

tem se tornado cada vez mais importante. O lodo de esgotos é uma fonte alternativa com alto potencial de teor de fosfato (MONTAG et al., 2007).

A reciclagem agrícola do lodo de esgoto dentro de critérios seguros é uma das alternativas mais adequadas dos pontos de vista técnico, econômico e ambiental para a disposição deste resíduo, e, portanto tem sido considerada como forte tendência de solução à disposição final de lodos no Paraná e em outros Estados do Brasil. Esta opção tem se destacado por viabilizar a reciclagem de nutrientes, promover melhorias físicas, especialmente na estruturação do solo e por apresentar uma solução definitiva para a disposição do lodo, transformando um rejeito em um importante insumo agrícola (ANDREOLI et al., 1994a).

Dentro da proposta de reciclagem agrícola, inclui-se o uso do lodo de esgoto como fertilizante e condicionador de solos em culturas agrícolas de cereais, leguminosas, pastagens e adubação de cobertura, fruticultura, floricultura de espécies arbustivas e arbóreas, jardinagem, paisagismo de áreas verdes urbanas, recuperação de áreas degradadas e em silvicultura de espécies exóticas e nativas (BONNET, 1998).

Levantamentos realizados por Aitken (1999) mostram que 40% do lodo europeu são dispostos em aterro, 37% é reciclado na agricultura e 11% é incinerado. DEUS (1993) descreve práticas de aplicação de lodos ao solo na Austrália, Grã-Bretanha, Israel e Alemanha, com lodos brutos primários, secundários e digeridos, em áreas de pastagens, silvicultura e fruticultura, além de áreas verdes urbanas de prefeituras e em áreas degradadas. Em 1983, a reciclagem foi adotada em 141 municípios do Canadá, e destes, 121 localizavam-se em Alberta, British Columbia ou Ontario. Também em 1983, a Itália admitia como formas de disposição final apenas a incineração, a disposição em aterros sanitários e a reciclagem agrícola, através da qual já se destinavam 30% dos lodos em solos agrícolas.

- Experiências particularmente exitosas na recuperação de áreas degradadas por atividades minerárias foram desenvolvidas em Alberta (Canadá) e Illinois (EUA). Em 1977, cerca de 76% do lodo de esgotos produzido por ETEs japonesas foi disposta nos solos e 10% deste total em solos agrícolas (SANTOS, 1979).

A valorização do lodo de esgoto em silvicultura é tradicional em estados norte-americanos da costa do Pacífico, em diversas províncias canadenses e em

países europeus como Alemanha e Grã-Bretanha, embora o número de áreas de aplicação nesta modalidade não seja sequer comparável com o de áreas agrícolas de aplicação. A EPA (ESTADOS UNIDOS. Environmental Protection Agency, 1997) informa que nos Estados Unidos 3% dos lodos aplicados ao solo são reciclados em áreas florestais, num percentual que tendem a crescer expressivamente na próxima década.

Segundo Bonnet (1995), a posição brasileira em relação à tendência internacional de reciclagem agrícola dos lodos de esgotos foi levantada preliminarmente por técnicos paranaenses em 1993 com o objetivo de identificar experiências avançadas em reciclagem agrícola no país, e por meio de consulta por carta às concessionárias estaduais de saneamento sobre a forma de disposição do resíduo praticada. Das consultas respondidas, seis Estados informaram utilizar alguma forma de reciclagem agrícola, mas apenas dois - Rio Grande do Sul e Distrito Federal - declararam desenvolver estudos sobre o tema. No levantamento foi relatado que o Estado do Amazonas lança seu lodo de esgotos em igarapés e rios e que os Estados do Ceará e Rio de Janeiro praticavam a disposição oceânica.

No Rio de Janeiro, bem como no Estado de São Paulo, há forte tendência à adoção da descarga em aterros sanitários como solução de destinação final, em função dos altos teores de metais pesados dos lodos destes Estados (LARA et al., 1997).

O Paraná iniciou em 1988, um programa interdisciplinar de pesquisas sobre a reciclagem agrícola do lodo de esgotos, na região metropolitana de Curitiba. A partir de alguns estudos isolados na década de 1980, as iniciativas para a resolução da disposição final dos lodos de esgotos no Paraná tomaram corpo a partir da associação em 1990 da Sanepar e da autoridade ambiental estadual – Instituto Ambiental do Paraná (IAP) – em torno do problema, que gerou a proposição de linhas de pesquisa sobre o uso agrícola do lodo tratado com cal e co-compostado (ANDREOLI et al., 1994b; FERNANDES, PIERO e YAMOTO et al., 1993) e reuniu parceiros institucionais como universidades, institutos de pesquisa e empresas de extensão rural para a formação de um Programa Interdisciplinar de Pesquisas em Reciclagem Agrícola do Lodo de Esgotos, que ainda encontra-se em desenvolvimento.

Os Estados de Espírito Santo, Rio Grande do Sul e Paraíba vêm também ganhando tradição de pesquisa no assunto. Um extenso estudo sobre o uso de lodos na silvicultura do gênero *Eucalyptus* está em andamento na Universidade de São Paulo/Escola Superior de Agricultura Luiz de Queiroz (ESALQ/USP) no interior paulista, onde a SABESP está em fase de implementação da reciclagem agrícola de lodos de algumas de suas estações de tratamento. No Distrito Federal, a Companhia de Água e Esgoto de Brasília (CAESB), vem praticando a distribuição de lodo de esgotos produzido por suas ETEs Norte e Sul a agricultores e ao Departamento de Estradas de Rodagem local, para recuperação de áreas degradadas pela exploração de cascalho após a higienização por calagem. A maioria destes Estados estão envolvidos em uma iniciativa nacional de pesquisa sistemática sobre o assunto, no âmbito do Programa de Pesquisa em Saneamento Básico (PROSAB), iniciado em 1997 sob financiamento governamental e constando de uma rede institucional específica para a discussão de lodos de esgotos, com ênfase a sua reciclagem agrícola (BONNET, 1998).

O uso do lodo como fertilizante orgânico é uma alternativa particularmente interessante a um Estado como o Paraná, de agricultura intensiva e com extensas áreas de solos depauperados com níveis mínimos de matéria orgânica (COMPANHIA DE SANEAMENTO DO PARANÁ, 1994). De fato, a própria composição do lodo de esgotos e seus teores de matéria orgânica, nitrogênio, fósforo e outros nutrientes apontam sua valorização agrícola como alternativa mais adequada em relação a outras formas de disposição (CLAPP et al., 1986; BUNDGAARD e SAAYBE, 1992), desde que praticada em condições apropriadas.

Dentre os efeitos do lodo de esgoto sobre as propriedades físicas do solo, condicionadas principalmente pela presença de matéria orgânica, destacam-se a melhoria no estado de agregação das partículas do solo, com conseqüente diminuição da densidade e aumento na aeração e retenção de água (MELO et al 2001, apud COSTA E BERTON, 2004). Quanto aos aspectos químicos, a aplicação de lodo ao solo tem propiciado elevação dos teores de fósforo, de carbono orgânico, da fração húmica da matéria orgânica, do pH, da condutividade elétrica e da capacidade de troca de cátions (NASCIMENTO et al, 2004).

Segundo Andreoli (1999), a aplicação no solo destaca-se pela viabilização da reciclagem de nutrientes, promoção de melhorias físicas, especialmente na

estruturação do solo e por ser uma solução de longo alcance para destinação do lodo. As maiores limitações para o emprego deste método são os riscos de contaminação do solo com metais pesados e agentes patogênicos (LOPES et al., 2005). Também deve se destacar a necessidade de disponibilidade de grandes áreas, a possibilidade de lixiviação de nitrogênio e fósforo, contaminando o lençol freático e as águas superficiais, e a possibilidade da ocorrência de problemas como atração de insetos vetores, pequenos roedores e liberação de odores quando não houver estabilização suficiente do lodo. Todavia, a composição e o nível dos contaminantes depende da origem dos rejeitos, tais como esgotos domésticos, industriais e hospitalares. De acordo com Nascimento et al. (2004) são evidentes os resultados positivos apresentados por culturas como soja, trigo, feijão e girassol, com a aplicação de lodo de esgoto. Segundo Andreoli et al. (1999) foram observados aumentos de produtividade com o uso deste insumo no sistema de cultivo de bracatinga consorciado com o milho e o feijão, sendo o retorno financeiro com base no investimento em adubo, quatro vezes maior com o uso do lodo de esgoto quando comparado a adubação mineral. Lourenço et al (1996) também verificou efeito residual para cultivos subseqüentes, quando o lodo de esgoto foi empregado em doses elevadas.

A aplicação do produto em áreas agrícolas traz efeitos benéficos às propriedades físicas do solo, como a agregação das partículas e a conseqüente facilitação à infiltração e retenção de água e à aeração. A decomposição do lodo de esgotos gera agentes complexantes que facilitam a solubilização de fosfatos combinados no solo a ferro e alumínio, bem como nutrientes em compostos orgânicos de liberação lenta. A melhoria nos fatores físicos e químicos do solo leva à imediata reação de incremento da atividade da população edáfica (ANDREOLI et al., 1994a).

Outras vantagens associadas à prática são a redução de efeitos adversos causados por formas de disposição de efeitos agressivos, como a incineração, a melhoria das condições para o balanço do CO₂ pelo incremento da matéria orgânica no solo e a diminuição da dependência de fertilizantes minerais para a produção agrícola (OUTWATER, 1994).

Por outro lado, a prática envolve alguns impactos ambientais negativos potenciais, que demandam controle estrito. É característica do tratamento de

esgotos a decantação de organismos patogênicos e sua concentração nos lodos, bem como a de compostos orgânicos complexos e moléculas ligadas a metais pesados. Esses poluentes podem ser transferidos ao solo, às plantas e às águas subterrâneas e superficiais, através de processos de escoamento superficial, lixiviação e absorção por produtos agropecuários através do solo ou das águas (FERNANDES et al., 1995 apud ANDREOLI, 1999). Nutrientes em excesso podem ser mobilizados quimicamente no solo ou atingir as águas, onde podem concentrar poluentes como nitratos em águas subterrâneas ou eutrofizar águas superficiais. Doses inadequadas podem também ter efeito depressivo sobre a produtividade do solo ou afetar negativamente a qualidade dos insumos agrícolas para uso do homem ou de outros animais. Condições de baixa estabilização podem favorecer a emissão de odores e a instalação de insetos vetores sobre o produto. Para a minimização destes impactos potenciais têm sido utilizados no Paraná, para as aplicações em escala piloto, lodos bem estabilizados e calados a 50% de seu peso seco. Uma linha de pesquisa em compostagem de lodo está bem desenvolvida no Estado, colocando-a como alternativa potencial importante para alguns cenários locais do Estado (FERNANDES et al., 1996a). No Paraná, análises físico-químicas preliminares têm apontado teores de metais pesados inferiores a algumas das mais rígidas normatizações internacionais, numa condição favorável à utilização agrícola do material (BONNET, 1995).

Surampalli et al (2007), avaliaram os impactos da aplicação de lodo de esgotos em solo agrícola no longo prazo. O local estudado possui área de 55,9 ha e tem sido operado entre 8 e 15 anos. Amostras do lençol freático e do solo foram coletados para monitoramento de pH, condutividade, sólidos totais, coliformes fecais, streptococos fecais, nitrato, amônia, nitrogênio Kjeldahl, fósforo total, arsênico, cádmio, cromo, cobre, níquel, chumbo e zinco. As características dos biossólidos e as taxas de aplicação foram também monitoradas simultaneamente, durante a aplicação no solo. Os testes com amostras de solo mostraram que não houve contaminação com metais pesados mesmo após 10 anos de aplicação de biossólidos. Resultados similares foram constatados com amostras da água subterrânea onde as concentrações de metais pesados estavam bem abaixo dos padrões máximos admitidos para água potável. Os níveis bacteriológicos encontrados nas amostras de solo e da água subterrânea estavam próximos aos

valores de referência sem a aplicação de biossólidos e abaixo dos limites estabelecidos, mostrando não estar ocorrendo contaminação por agentes patogênicos. Entretanto, foi ocasionalmente observada a contaminação por nitrogênio na forma de nitrato na água subterrânea, provavelmente devido a aplicação excessiva de biossólidos no passado. Este problema pode ser contornado através da aplicação de biossólidos em acordo com as taxas agronômicas estabelecidas para o local, de forma que não haja excesso de nitrogênio disponível para lixiviar até atingir o lençol freático (SURAMPALLI et al., 2007).

Do ponto de vista econômico, o uso do lodo como fertilizante orgânico representa o reaproveitamento integral de seus nutrientes e a substituição de parte das doses de adubação mineral sobre as culturas, com rendimentos equivalentes ou superiores aos alcançados com fertilizantes comerciais (ESTADOS UNIDOS. Environmental Protection Agency, 1979).

Tomando como exemplo a cidade de Limeira, no Estado de São Paulo, Rocha (1998) determinou o custo privado da aplicação agrícola do lodo de esgoto baseando-se em um modelo de aplicação agrícola norte-americano. Segundo o autor, o custo total de capital para a disposição de 2.744 t secas/ano é de R\$ 454.973,68 enquanto que o custo anual de manutenção e operação é de R\$ 70.575,15. O custo por tonelada de sólidos secos é de R\$ 42,30. Tal custo é inferior aos custos calculados pelo autor para disposição em aterros (R\$ 46,15/t úmida) e para incineração (R\$ 1.000,00 a R\$ 2.000,00/t). O autor observa que os custos privados podem recair, tanto sobre as companhias de saneamento, como sobre os agricultores, dependendo de quem tem maior interesse na sua aplicação, mas considera que estes custos cabem, de princípio, às companhias de saneamento.

A comparação de Rocha (1998) deve ser apreciada com cautela, uma vez que algumas variáveis, dentre elas o custo de transporte - comumente muito expressivo no custo efetivo final - não foram levadas em consideração. O autor pressupõe também que o custo da aquisição da terra seria nulo. Ademais, seria necessário elaborar planilhas de custos privados para aplicação de lodo de esgoto em florestas e em áreas degradadas, para que todas as alternativas possíveis pudessem ser comparadas. Estudos preliminares incluindo custos de transporte, feitos por Biscaia e Miranda (1996), constataram um retorno por unidade monetária gasta com lodo de esgotos até quatro vezes maior do que com adubos minerais.

Canziani (1999) avaliaram a economicidade do uso do lodo aeróbio produzido pela ETE Belém de Curitiba (com produção atual de 80 t úmidas/dia), na cultura do milho na Região Metropolitana de Curitiba. Os autores chegaram a um custo total do tratamento de secagem e calagem do lodo produzido de R\$ 7,40/t. A instalação e operação de um sistema de tratamento por co-compostagem do lodo de esgoto com resíduos verdes urbanos foi estimada em R\$ 10,30/t. Segundo os mesmos autores, considerando uma aplicação de lodo calado ao solo de 30 t úmidas /ha e a disponibilização de 50% da dosagem de NPK correspondente às plantas no primeiro ano, há ganho econômico de R\$ 37,41/ha, se 100% da demanda de N mineral for substituída por N orgânico na forma de lodo - mesmo constatando o maior custo operacional da aplicação de lodo de esgoto.

Assim, segundo a análise de Canziani et al. (1999), a reciclagem agrícola de 29.200 t/ano de lodo calado da ETE Belém custaria para sua produtora, a SANEPAR, aproximadamente R\$ 391.280,00 por ano. Os autores destacam que a cobertura deste valor pelo seu repasse à tarifa de esgoto representaria um acréscimo de 2,84 % sobre a tarifa de esgoto, ou sua elevação dos atuais R\$ 0,63 para R\$ 0,648/m³.

Rocha (1998) avalia que a alternativa de repasse dos custos ao agricultor somente será viável se o agricultor obtiver ganho de produtividade com a aplicação do lodo suficiente para tornar a relação fator/produto favorável. Com isto, eles teriam interesse em receber o lodo de esgoto e não cobrariam pela utilização de suas terras, e poderiam mesmo concordar em pagar certo valor pelo produto. Outra possibilidade é que as próprias companhias de saneamento adquiram áreas de valorização agrícola. Nos Estados Unidos, em regiões onde há histórico de problemas de aceitação do lodo por parte dos agricultores, companhias de saneamento possuem fazendas próprias para a reciclagem agrícola do lodo de esgoto.

Além do conhecimento dos impactos ambientais positivos e negativos potenciais causados pela utilização do produto, a reciclagem agrícola segura do lodo de esgoto pressupõe o desenvolvimento de tecnologias que permitam o processamento e controle da qualidade do lodo produzido, as formas de comercialização e distribuição e a inserção do novo produto nos sistemas agrícolas adequados a seu uso com o adequado monitoramento, de forma a maximizar os

impactos positivos e minimizar os impactos negativos associados à prática (ANDREOLI et al., 1994a).

Segundo Lara et al., (1999) as considerações a serem observadas na utilização agrícola do lodo de esgoto podem ser resumidas em alguns fatores importantes, tais como:

- a) qualidade físico-química: devem ser feitas análises dos nutrientes, metais pesados e poluentes orgânicos dos lodos, a fim de um monitoramento ambiental que evite danos ecotoxicológicos aos componentes da cadeia alimentar e à saúde humana.
- b) qualidade sanitária: controle dos patógenos existentes no lodo para evitar a proliferação de doenças.
- c) estabilidade do material: a fim de evitar odor e atração de vetores.
- d) aceitabilidade e marketing: a quantidade de NPK, de material orgânico e o conteúdo de cal (dependendo do tratamento) são fatores que interessam aos agricultores e devem ser explorados no mercado de fertilizantes.

O lodo pode ser utilizado como fertilizante pela quantidade de nitrogênio, fósforo e matéria orgânica ou como condicionador do solo. Algumas vezes, pode ser utilizado como corretivo, quando o tratamento para desinfecção é feita com cal. Muitas vezes, as quantidades aplicadas de lodo são calculadas com base nos teores de nitrogênio do lodo (WEBBER e SHAMES, 1984).

2.2.1.7 Tendências Mundiais para Disposição de Resíduos de ETE's.

Qualquer diretiva da União Européia, que enquadre legalmente a gestão de resíduos a nível comunitário, visa, em primeiro lugar, a redução na produção dos resíduos; em segundo lugar, a sua reutilização, reciclagem e outras formas de valorização; e, em terceiro lugar, a minimização dos riscos e impactos ambientais decorrentes do seu tratamento e eliminação. Deve contribuir também para a harmonização das medidas nacionais em matéria de gestão de resíduos, por forma a assegurar o bom funcionamento do mercado interno. A política comunitária baseia-se nos princípios da ação preventiva de correção dos danos causados ao ambiente, prioritariamente na fonte, e do poluidor-pagador. A idéia subjacente ao princípio da

responsabilidade do produtor é a de responsabilizar, pela poluição do ambiente, as entidades que têm possibilidade de melhorar esta situação (BARROSO E MACHADO, 2005). O lodo de sistemas de tratamento de esgotos sanitários é considerado um subproduto do processo de recuperação de águas residuárias, de forma que as concessionárias são responsabilizadas pela sua valorização e pelo seu retorno ao meio ambiente de forma segura (NEIVA, 1999 apud PEDROZA et al., 2005).

A Diretiva 99/31/EC preconiza a contínua redução de resíduos biodegradáveis para disposição em aterros sanitários. A legislação Australiana (BGBI, 1996), com prazo de adequação já prescrito em 2004, não permite a disposição em aterros sanitários, de resíduos sólidos com teores superiores a 5% de matéria orgânica (PARRAVICINI et al., 2007). O governo de Québec estabeleceu uma política priorizando a recuperação de resíduos municipais, tais como o uso agrícola do lodo seco tratado e higienizado dentro dos padrões de qualidade mais restritos da América do Norte (COILE et al., 2003). Para sua real implementação, instituiu a aplicação de uma taxa de \$10 por tonelada (green tax) de resíduos municipais tais como os biossólidos sempre que dispostos em aterros sanitários ou incinerados (HÉBERT, 2007).

- ***Europa Ocidental***

O uso intensivo de tratamento de esgotos na Europa tem resultado na produção de grandes quantidades de lodo de esgoto (9 milhões de toneladas de matéria seca para 2005, correspondendo a um aumento de 50% em 10 anos). Este aumento conduz a um desafio para os gestores das estações de tratamento de esgotos considerando que é necessário encontrar soluções para o manejo e disposição sustentável do lodo. A Diretiva de Esgoto Urbano da Comunidade Européia (91/271/EEC) e a Diretiva de Lodo de Esgoto (86/278/EEC) estabelecem o uso prioritário do lodo de esgoto na agricultura. Estes resíduos podem apresentar grande vantagem ao ser reciclado e aplicado em terras agricultáveis como fertilizante e como condicionador dos solos. A Diretiva de Lodo de Esgoto (86/278/EEC) estabelece também alguns processos para o tratamento do lodo antes de sua aplicação, de forma a garantir sua estabilização e higienização. Na França,

60% do lodo de esgoto urbano produzido (900.000 t/ano em massa seca) é reutilizada para aplicação agrícola (MULLER et al., 2007).

Entre os países membros se verificam grandes variações, reflexos das peculiaridades ambientais, sociais e normativas de cada região. Com relação à disposição em aterros, seis países utilizam os aterros como principal opção de disposição final, variando de 8% (Reino Unido) a 90%(Grécia e Luxemburgo), enquanto a reciclagem agrícola representa a alternativa predominante em apenas quatro países, variando de 10 % (Grécia e Irlanda) a 60 % (França). A Alemanha é o país membro que destina a maior quantidade de lodo para a agricultura, com 730.000 t ms/ano, seguido da França e do Reino Unido, com 500.000 t M.S./ano. A Alemanha também é responsável pelo maior volume disposto em aterros 1,46 milhões de toneladas de M.S./ano, seguido pela Itália e França (PEGORINI, 2002 apud DAVIS e HALL, 1997).

Embora as pressões ambientais nestes países criem restrições cada vez maiores às atividades que afetam o meio ambiente, as políticas de disposição final de resíduos da Comunidade Econômica Européia (CEE) reconhecem a reciclagem como opção preferencial à incineração ou aos aterros. As diretivas encaram o lodo para reciclagem como um recurso, não como um resíduo (DAVIS e HALL, 1997 apud PEGORINI, 2002). Muitos aspectos são evidências nesta área com estreito controle legislativo imposto pela comunidade europeia (EU) e de grande variedade de graus de recursos individualizados por país para rotas de uso ou disposição final. Por exemplo, o uso agrícola do lodo varia de 10% na Suécia e aproximadamente 70% na Espanha. Atualmente, a maior atenção está sendo dada para a reciclagem dos resíduos biodegradáveis dentro do contexto da política de sustentabilidade do solo, onde a Diretiva 86/278/EEC para a utilização no lodo na agricultura e o desenvolvimento de resíduos degradáveis (Biowaste) tem sido observada. A percepção geral é que as políticas ambientais européias estão forçando a reciclagem, mas frequentemente restrições injustificadas são impostas aumentando a dificuldade e onerando os custos para a aplicação desta alternativa. A aplicação do lodo no solo parece permanecer como a melhor opção na região ainda por muitos anos, porém o declínio da aceitação pública e os limites restritivos impostos estão se tornando um fator limitante. A disposição final em aterros sanitário será reduzida principalmente devido as fortes contribuições das emissões de gás metano para o

efeito estufa, mas em muitos países os sistemas de gerenciamento de lodos ainda está baseado nesta alternativa. Particularmente, a Diretiva 99/31 introduziu metas para a redução de resíduos biodegradáveis municipais em aterros sanitários: em 2006, apenas 75 % de todo lixo biodegradável municipal produzido em 2005; em 2009 apenas 50%, decrescendo para 35% em 2016. Esta normativa irá influenciar o futuro da gestão de lodo, fazendo com que algumas regiões alterem a rota de disposição para a aplicação agrícola enquanto outras deverão optar pela incineração (SPINOSA, 2007).

Na Alemanha, aproximadamente um terço do lodo de esgotos (em torno de 2,5 milhões de toneladas de matéria seca por ano) é utilizado na agricultura (Durth et al., 2005; Statistisches Bundesamt, 2006). Esta prática de reciclagem tem o propósito de utilizar os nutrientes contidos no lodo para fertilização. Esta prática está sendo restringida pelos teores limites de metais pesados e substâncias orgânicas. Menores quantidades de lodos reciclados na agricultura significarão que os compostos fosforados transferidos para o lodo de esgoto durante o tratamento de esgotos não estarão mais disponíveis para uso agrícola, e assim terão que ser substituídos por fertilizantes minerais adicionais (MONTAG et al., 2007).

- **Europa Oriental**

Nesta região o gerenciamento dos lodos está em período de grandes e rápidas mudanças com a expansão dos sistemas de esgotamento sanitário, particularmente naqueles países que recentemente tornaram-se membros da comunidade europeia e estão obrigadas a harmonizar seus procedimentos com a legislação padrão. Os métodos são fortemente influenciados pela economia local e, portanto, prevalece a seleção pelos mais econômicos. O uso agrícola do lodo, com um controle de qualidade mais restrito, deve continuar sendo a solução sustentável para a região. Neste contexto, destacam-se as iniciativas da Federação Russa, que aparentemente já reformulou sua legislação considerando as diretivas europeias porém ainda não apresentou efeitos práticos na questão da gestão do lodo; e a Turquia que combinou as diretivas europeias com um extenso programa para construção de estação de tratamento de esgotos e de lodos, onde a compostagem é a mais importante dentre as tecnologias adotadas. O lodo produzido é comumente

em áreas municipais e distribuído no solo com propósitos agrícolas. Algumas estações estão adotando a compostagem com resíduos sólidos municipais como opção de destino final (SPINOSA, 2007).

A Federação Russa gera anualmente 80 milhões de m³ de lodo de esgoto. Dependendo das propriedades do lodo, das condições locais e das diretrizes legais, as práticas correntes para disposição final incluem: reuso agrícola ou na horticultura (a maior rota) incluindo compostagem (tendência crescente, especialmente em pequenas estações visando melhores perspectivas de mercado); recuperação de áreas degradadas e de solos pobres em nutrientes (tendência crescente); disposição em aterros sanitários controlados especiais (Moscow e outras cidades); incineração (St.Petersburg e outras megalópoles). A deposição do lodo de esgoto em aterros controlados está se tornando uma prática limitada devido a sua não sustentabilidade no longo prazo e, particularmente, devido às cotas do protocolo de Kyoto (KALYUZHNYI, 2007).

- **América do Norte**

A América do Norte tem conduzido o desenvolvimento das últimas abordagens de práticas e procedimentos a serem adotados na gestão do lodo/biossólidos. Esta percepção está baseada nos princípios científicos determinando “o que se sabe” e nas análises de risco para examinar “o que não se sabe”. Estas prioridades estão sendo constantemente divulgadas por diversas iniciativas para envolver o público e ganhar sua confiança nas políticas de gestão do lodo. Entre outras questões, tanto o Canadá como os Estados Unidos, tem investido em contínuos programas de pesquisa focando, dentre outros: os riscos das dioxinas e furans; da acumulação dos agentes anti-microbianos; reativação e re-crescimento de patógenos; fontes de odor e mecanismos relevantes (SPINOSA, 2007).

A reciclagem agrícola dos lodos de esgoto representa uma prática com grandes perspectivas no Canadá, onde 29% do lodo produzido é reciclado segundo os parâmetros normativos da EPS - Environmental Protection Service (BRADLEY et al, 1992 apud ANDREOLI, 2006). O autor toma como exemplo a experiência canadense ressaltando que embora esteja fundamentada sobre informações

científicas, enfrenta “bolsões” de resistência pública em função de experiências mal sucedidas do passado e informações incorretas (PEGORINI, 2002).

A região da grande Vancouver possui 5 estações de tratamento tratando 1.200 megalitros por dia de esgotos e produzindo 75.000 toneladas de bio sólidos anualmente. Em 2005, aproximadamente 17% dos bio sólidos produzidos eram estocados em lagoas e na terra para desidratação e uso futuro; 70% dos bio sólidos reciclados foram usados em recuperação de áreas degradadas por mineração, 10% para fertilização de solo agrícola; 10 % para cobertura de aterro sanitário e o remanescente para recuperação de pedreiras e desenvolvimento de produtos a base de solo para praças e áreas marginais as vias urbanas (VAN HAM et al., 2007).

Atualmente as principais formas de disposição final utilizadas na Europa e Estados Unidos são: disposição em aterros e a reciclagem na agrícola. Nos EUA, 60% do lodo produzido é reutilizado como fertilizante na agricultura e há perspectiva para crescimento da disposição no solo de 70% - Tabela 5 - (EPA, 1999).

TABELA 5 PROJEÇÕES DE USO E DISPOSIÇÃO DE LODO DE ESGOTO NOS EUA EM 1998 E PROJEÇÕES PARA 2000, 2005 E 2010.

Ano	Usos Benéficos				Disposição			
	Reciclagem Agrícola.	Tratamentos Avançados.	Outros Usos Benéficos.	Total	Aterro	Incineração	Outros	Total
1998	41%	12.0%	7.0%	60%	17%	22%	1%	40%
2000	43%	12.5%	7.5%	63%	14%	22%	1%	37%
2005	45%	13.0%	8.0%	66%	13%	20%	1%	34%
2010	48%	13.5%	8.5%	70%	10%	19%	1%	30%

Fonte: EPA (1999)

Nos EUA, 54% dos lodos de SES produzidos são reciclados na agricultura, 30% é disposto em aterros e 16% é incinerado (ROGALLA, 1998).

- **América Latina e Caribe**

Os países da América Latina têm concentrado seus esforços nos serviços de coleta e tratamento de esgotos, uma vez que 15% da população não tem acesso à água potável e 20% ainda carece de sistema de esgotamento adequado. A pouca atenção dada a questão da gestão do lodo é refletida em legislações individuais que frequentemente adotam normas e diretrizes de países mais industrializados sem se atentar para as adaptações às condições locais. Com base na importância da

agricultura para a América Latina, tanto quanto no grau de erosão do solo desta região, a aplicação do lodo visando o uso agrícola e a recuperação de áreas degradadas é considerada a melhor alternativa (SPINOSA, 2007).

Na América Latina, segundo Yagual e Escalona (2001), em cidades como Cidade do México, Buenos Aires, Santiago do Chile, Bogotá, Lima e Guayaquil grande parte do esgoto é descartado “*in natura*” diretamente nos cursos d’água. Com a perspectiva de incremento nos níveis de coleta e tratamento de esgoto no México, a utilização da reciclagem se apresenta como a mais promissora alternativa de disposição final (BARRIOS et al., 2001 apud PEGORINI, 2002).

- **Leste Asiático (Japão e Coréia do Sul)**

A região do leste asiático mostra uma situação de contraste, o Japão apresenta alta tecnologia para tratamento e gerenciamento de lodo, com conseqüentes problemas com os elevados custos de energia, enquanto que a Coréia do Sul continua lançando a maior parte dos seus lodos para disposição oceânica.

No Japão, o índice de reuso de biossólidos na agricultura é limitado, e as alternativas que estão sendo planejadas são a compostagem, o uso das cinzas dos incinerados como ingredientes para a indústria do cimento Portland e outros processos de solidificação termal, porém o incremento crescente nos custos de energia tende a se tornar um fator limitante.

A Coréia do Sul planeja abandonar a disposição oceânica em 2008, no entanto as leis atuais nacionais proíbem o uso de fertilizantes de esgotos no solo agrícola, sendo necessária uma mudança no corpo legal do país, para que seja possível outras disposições seguras. Algumas alternativas tem se apresentado de forma satisfatória, como o uso de lodo na forma de substrato para culturas de minhocas e em misturas com coagulantes e sementes para a proteção de superfícies e taludes de terraplenagem contra a erosão (SPINOSA, 2007).

Até 1988, operavam no Japão 736 ETEs gerando aproximadamente 1,36 milhão de toneladas de lodo (M.S.), das quais 58% eram incineradas, 11,5% utilizadas na agricultura, 3,5% na construção civil e o restante eram dispostos em aterros. Bradley et al, 1992 e Kasunagi et al., (2001), citado em Pegorini, 2002,

aponta produção de lodo no Japão de 1,86 milhões de toneladas MS em 2001, e um crescimento da reciclagem para 15 % do lodo total produzido.

- **Sul da Ásia e China**

A situação dos países asiáticos é muito diferenciada. Com exceção da China, a densidade demográfica dos países do sul da Ásia é alta, e conseqüentemente a abordagem quanto ao gerenciamento do lodo se desenvolve entre extremos: Vietman, com 78 milhões de habitantes e apenas uma estação de tratamento de esgotos; Singapura, com 4,3 milhões de habitantes e todo esgoto coletado e tratado, com o lodo quase totalmente disposto em aterro sanitário ou no oceano; Malásia com programa para atender 85% da população em 2022 e trocar o uso de leitos e lagoas de secagem para um sistema de desaguamento mecânico centralizado, com o lodo desaguado sendo destinado a disposição em aterro sanitário ou para recuperação de áreas degradadas; Taiwan está seguindo a política do total reuso até 2010, deixando de dispor em aterro sanitário para tratar com compostagem visando o uso na horticultura ou co-incineração com resíduos sólido municipal, reutilizando as cinzas. No caso específico da China, apesar de não se possuir informações de regulamentações particulares para tratamento e disposição de lodo, estima-se que em 2020 se atinja o índice de 8 M-tds/ano, sendo o uso agrícola considerado a solução de disposição final mais favorável (SPINOSA, 2007).

A produção de lodo de esgoto em estações de tratamento de efluentes domésticos de Taiwan está estimada em 29 milhões de m³ / ano, a maior parte disposta em aterros (HSIAU e LIEN LO, 2001 apud PEGORINI, 2002). No entanto, segundo os autores, esta modalidade de disposição pode ser inviabilizada pela legislação ambiental do País a curto prazo, que incentivam as modalidades de reuso (PEGORINI, 2002).

Na China, mais de mil estações de tratamento de esgotos serão postas em operação nos próximos 10 anos, a maioria com processos de tratamento secundários ou terciários. O aumento da capacidade de tratamento de águas residuárias e a melhoria dos processos de tratamento irão produzir uma enorme quantidade de lodo de esgotos. Há 5 anos atrás, o sistema coletor de esgotos na China aumentou seu atendimento em 18,2%, enquanto que a capacidade de

tratamento aumentou 135%. No final de 2005, 39% dos esgotos coletados eram tratados. Um total de 792 estações de tratamento em 661 cidades tratando 57,25 milhões de toneladas de esgotos por dia. 87,4% eram operadas com processos de tratamento secundário ou terciário. A partir de junho de 2005, 297 cidades na China não possuíam ETEs, indicando o potencial de crescimento da capacidade de tratamento de esgotos. Em 2005, 9 milhões de toneladas de esgotos foram geradas como torta desidratada contendo 80% de água, equivalendo a 7% de todo resíduo sólido gerado na China. Como nos próximos 10 anos o número de ETEs deve aumentar para mais de 1000, com a maioria dos processos equipadas para remoção de nutrientes, a produção de lodo estimada deve atingir 27 milhões de toneladas por ano. Apenas 25% das ETEs possuem unidades para estabilização do lodo. Menos que 10 % do lodo é aplicado com segurança no solo. Devido ao elevado teor de água, o lodo é muito instável para ser aceito em aterros sanitários municipais. As diretivas nacionais estão promulgando a construção de sistemas de tratamento de lodos, incluindo desidratação, compostagem, incineração e fabricação de tijolos. As principais cidades iniciaram seus planos de tratamento e disposição final a partir de 2003. Guangzhou irá usar o lodo como fertilizante, Shenshen adotou a desidratação e incineração, Shanghai irá usar a compostagem para posterior uso na horticultura ou disposição em aterro ou ainda incineração. A gestão do lodo em Shanghai será centralizada em uma única estação de tratamento. Bijing irá fazer uso intensivo do lodo na agricultura. Hefei irá incinerar conjunto com o carvão. Uhan irá usar o lodo na fabricação de tijolos, Taiyuan irá usar o lodo como fertilizante (HE et al., 2007).

- **África**

Os países africanos, com exceção da África do Sul, onde mais de 900 estações de tratamento de esgoto estão operando sob suporte de um corpo legal específico, apresentam uma lacuna no acesso as informações das praticas e regulamentações existentes sobre lodos. Os esforços ainda estão concentrados no acesso aos sistemas de saneamento básicos, com pouca ênfase à gestão do lodo, uma vez que as áreas rurais e 180 milhões de cidades ainda não são servidas por sistemas de esgotos. As legislações dos países industrializados são adotadas sem

adaptações para as condições locais. O gerenciamento do lodo geralmente se limita ao armazenamento local (SPINOSA, 2007).

- **Australasia (Austrália e Nova Zelândia)**

Atualmente, tanto a Austrália quanto a Nova Zelândia estão concentrando esforços para adotar a reciclagem dos lodos em aplicação no solo como a principal alternativa de disposição final. A Austrália está mais avançada na concretização deste objetivo, com praticamente toda a produção de lodo nas maiores cidades, que concentram 50% da população, sendo reutilizada. A Nova Zelândia continua dispondo significativas quantidades de lodo em aterros sanitários, porém com muitas pesquisas em andamento para o uso benéfico do lodo em torno das maiores cidades (SPINOSA, 2007).

A produção atual de biossólidos na Austrália é de 360.000 toneladas anuais. O custo para gerenciamento do lodo/biossólidos é em torno de \$300 por tonelada seca, equivalente a \$100.000 por ano, representando entre 40 a 50 % do total do custo de investimento e operação do tratamento de esgotos (GALÉ, 2007).

Na Nova Zelândia a expectativa de produção de lodo de esgoto para o ano de 2000 era de 55.000 t MS. A principal modalidade de disposição no país são os aterros responsáveis por 40% da produção, o uso em terras agrícolas, jardins, florestas e recuperação de áreas degradadas juntas absorvem cerca de 50% da produção (BRADLEY et al., apud PEGORINI, 2002).

As principais práticas de disposição final por comunidade na Nova Zelândia estão apresentadas na tabela 6, a seguir.

TABELA 6 PRÁTICAS DE DISPOSIÇÃO FINAL DE LODOS DE SES NA NOVA ZELANDIA

Comunidade	População Atendida (hab)	Ano de Início da Prática	Prática de Disposição Final dos Lodos de SES
North Shore	120.000	1997	Estabilização alcalina do lodo digerido (USEPA Classe A) para disposição no solo
Hamilton	120.000	2001	Desidratação em centrifuga de lodo digerido anaerobicamente para produzir biossólido Classe A para uso agrícola
Rotorua	68.000	1993	Compostagem de lodos de sistemas de lodos ativados com lascas de madeira para uso agrícola (30%, dispostos em aterro sanitário)

Comunidade	População Atendida (hab)	Ano de Início da Prática	Prática de Disposição Final dos Lodos de SES
Ne Plymouth	65.000	2000	Secagem Térmica do lodo proveniente de tratamento de esgotos com lodos ativados de aeração prolongada, para peletização disposta para cultivo de turfa selecionada e horticultura (100% do uso)
Hutt Valley	150.000	2002	Secagem térmica de lodo primário e secundário para disposição em aterro sanitário
Wellington	146.000	1999	Desidratação e compostagem com resíduos de podas de árvores e folhas para ser comercializado como adubo
Christchurch	450.000	1999	Desidratação de lodo por digestão aeróbica autotérmica termofílica para reabilitação de aterros sanitários. Em estudo a viabilidade de secagem térmica
Dunedin (Green Island)	60.000	2001	Desidratação mecânica por centrífuga de lodo digerido anaeróbio. Ainda sem definição de disposição final

Fonte: Walmsley (2001) apud Fitzmaurice (2007)

2.2.1.8 O Uso Agrícola como Alternativa de Disposição Final em Contexto Internacional

A pesquisa do uso agrícola de bioossólidos teve início na Austrália em 1970 e desde então, tem sido uma longa história examinando os benefícios e os riscos associados ao uso de bioossólidos em sistemas agrícolas. O maior programa de pesquisa com o uso de bioossólidos ocorreu em 1990 focado em New South Wales (NSW), coordenado pela agência estadual de agricultura e financiado pelo maior produtor de bioossólidos em NSW, Sydney Water. As pesquisas iniciais foram desenvolvidas devido as preocupações com a não aplicabilidade das diretrizes para uso de bioossólidos na agricultura de outros países não se aplicarem aos sistemas agrícolas da Austrália. Os solos Australianos são naturalmente inférteis, e os agricultores adicionam grandes quantidades de nitrogênio, fósforo, enxofre, potássio, cobre, manganês e zinco, com o intuito de aumentar a produção de grãos e as áreas de pastagens. Como os Bioossólidos contêm todos estes elementos, o interesse no seu uso como fertilizante tem crescido consideravelmente. Como resultado deste programa, New South Wales foi o primeiro estado na Austrália a produzir um manual para uso de bioossólidos (NSW EPA, 1997) e outros estados usaram este manual

como guia para produzir sua regulamentação própria. Os manuais para controle de nutrientes, patógenos e contaminantes no solo utilizado para aplicação do lodo apresentam pouca variação entre os estados Australianos. O Programa Nacional de Pesquisas com Biossólidos foi estabelecido na Austrália pelo Centro de Pesquisa de Contaminantes Ambientais (CSIRO – Centre for Environmental Contaminants Research) em 2002, com o objetivo de coordenar a pesquisa relativa aos benefícios e riscos usando biossólidos na agricultura (McLAUGHIN, 2007).

Dentre as alternativas de disposição final do lodo de esgoto, a reciclagem agrícola tem se constituído, em uma das formas mais utilizadas em diversos países desenvolvidos como condicionador e fertilizante do solo: Bélgica, 29%; Dinamarca, 54%; França, 58%; Alemanha, 27%; Itália, 33%; Espanha, 50%; Reino Unido, 44% (Neiva, 1999 apud Pedroza et al., 2005). Nos Estados Unidos, o uso de lodo de esgoto como fertilizante data de 1927, quando esse tipo de material tornou-se comercialmente disponível (ANDERSON, 1959 apud MARQUES, 1996 apud PEDROZA et al., 2005). Atualmente, cerca de 25% de todo biossólido produzido nos Estados Unidos, aproximadamente 13 milhões de ton/ano, é utilizado na agricultura (TZUTIYZ, 1999 apud PEDROZA, et al., 2005) e 41% em solos florestais (BARBOSA; TAVARES FILHO, 2006).

A reciclagem agrícola tem sido praticada em muitos países desenvolvidos como solução mais adequada à destinação final do produto, como mostra a Tabela 7. (ANDREOLI, 1999) A Europa unificada procura chegar a um padrão comum de disposição de lodo de esgotos, respeitando-se as particularidades geográficas e climáticas de cada país. Com as restrições ao uso de aterros sanitários, o percentual de lodo reciclado deverá aumentar substancialmente nos próximos anos (FERNANDES, 1998).

TABELA 7 ALTERNATIVAS DE DISPOSIÇÃO FINAL PRATICADAS POR ALGUNS PAÍSES EM 1990 E 1996.

País	Produção (1000 t.ano ⁻¹)		Aterro sanitário %		Incineração %		Disposição Oceânica %*		Uso Agrícola %	
	1990	1996	1990	1996	1990	1996	1990	1996	1990	1996
Alemanha	2500	2750	65	65	10	10			25	25
Reino Unido	1075	1500	16	19	5	5	28	30	51	46
Bélgica	35	35	43	50		22			57	28
Dinamarca	130	150	29	27	28	28		8	43	37

País	Produção (1000 t.ano ⁻¹)		Aterro sanitário %		Incineração %		Disposição Oceânica %*		Uso Agrícola %	
	1990	1996	1990	1996	1990	1996	1990	1996	1990	1996
Espanha	300	300	10	50		10	9	30	61	10
França	700	900	53	40	20	20			27	40
Grécia	200	200	90	90					10	10
Irlanda	23	23	34	34	43			43	23	23
Itália	800	800	55	55	11	11			34	34
Luxemburgo	15	15	20	18					80	81
Países Baixos	280	280	29	37	10	4	8	33	53	26

Fonte: ANDREOLI (1999); Adaptado de BONNIN (1996), FERNANDES (1998) e LUE-HING *et al.* (1997)..

*A União Européia proibiu a descarga oceânica entre seus países membros em 1998 (BUNDGAARD e SAABYE, 1992).

Nos Estados Unidos cerca de 36% do lodo de esgotos gerado anualmente é aplicado na agricultura, em florestas e na recuperação de solos (KRAUSS e PAGE, 1997). Na Tabela 8 pode-se observar a produção estimada e a disposição final de lodo para cada região de controle da EPA (ANDREOLI, 1999).

TABELA 8 PRODUÇÃO ESTIMADA E DISPOSIÇÃO FINAL DE LODO DE ESGOTO EM CADA REGIÃO DOS ESTADOS UNIDOS, SEGUNDO ADMINISTRAÇÃO DA EPA (ESTADOS UNIDOS. ENVIRONMENTAL PROTECTION AGENCY, 1997).

Região	Produção total (t secas.ano ⁻¹)	Aplicação ao solo ^a (%)	Aterro sanitário (%)	Incineração (%)	Outros (%)
Connecticut, Vermont, Maine, Massachusetts, New Hampshire e Rhode Island.	367430	24	46	30	
New Jersey, New York, Puerto Rico	605046	30	14	23	3
Delaware, Distrito de Columbia, Maryland, Pennsylvania, Virginia e West Virginia	1040206	74	16	10	1
Alabama, Florida, Georgia, Kentucky, Mississippi, Carolina do Norte, Carolina do Sul e Tennessee	1050326	57	30	12	1
Illinois, Indiana, Michigan, Minnesota, Ohio e Wisconsin	1705316	51	2	30	7
Arkansas, Louisiana, Oklahoma, Novo México e Texas	425203	53	45	2	
Iowa, Kansas, Missouri e Nebraska	511712	65,5	4	25,5	5
Colorado, Montana, Dakota do Norte, Dakota do Sul, Utah e Wyoming	111880	68	29		3
Arizona, California, Havaí e Nevada	819050	51	36	4	7
Alaska, Idaho, Oregon e Washington	220000	89	2	9	

Fonte: ANDREOLI, 1999 Adaptado de BASTIAN (1997).

A Aplicação ao solo: inclui a aplicação de lodo líquido, desaguado, seco, composto, etc. na agricultura, em florestas, em áreas degradadas, como fertilizante e/ou corretivo de solos.

Nos Estados Unidos, além de diversos grupos estaduais ativos na questão dos bio sólidos, tais como Maine, Florida e Texas, atualmente existem cinco grupos regionais com atividades voltadas a aplicação agrícola de bio sólidos: Northeast Bio solids Management Association; the Great Lakes By-products Management Association, the Mid-Atlantic Bio solids Association, the Califórnia Association of Sanitation Agencies Bio solids Program, and the Rocki Mountain EA Bio solids Comitee; NEBRA – North East Bio solids and Residuals Association. Estes grupos, com mais de 10 anos de atuação, consistem de associações regionais de profissionais que trabalham na produção, tratamento, uso final ou disposição de resíduos sólidos de tratamento de esgotos, incluindo bio sólidos e outros resíduos orgânicos, tais como aqueles produzidos pelas fábricas de papel. Servem como uma central de troca de informações e buscam avançar através de um trabalho cooperativo na gestão ambiental e sustentável dos bio sólidos (BEECHER, 2007).

A legislação para aplicação de bio sólidos na Noruega teve início em 1976 com a publicação do manual de higienização para reciclagem de bio sólidos em terras agricultáveis. Em 1982, este manual foi aprimorado com a inclusão de diretrizes para o armazenamento temporário uso e disposição de bio sólidos na Noruega. Este manual recomenda tanto o uso na agricultura quando em áreas verdes (parques, taludes de estradas, recuperação de áreas degradadas ou outras que não produzem culturas para consumo humano), enquanto a disposição em aterro sanitário só deve ser considerada quando as opções de reciclagem não forem viáveis para uma estação de tratamento de esgotos específica. A aplicação no solo do lodo bruto não é permitida, porém o lodo desaguado (20 a 25% sólidos) pode ser aplicado no solo agricultável após um período mínimo de estocagem de 6 meses. A partir de 1995, a legislação Norueguesa passou a exigir higienização do lodo de esgotos, cujos critérios seguem as diretrizes das normas alemãs, as quais incluem recomendações e padrões de projeto e operação para controle de patógenos. Adotou padrões restritos para obter uma única classe de lodo, similar a classe “A” da USEPA. Estes padrões restritos contribuíram para melhorar a

confiança entre os colaboradores e a percepção pública em geral. A meta estabelecida em 1995, de dispor 75% do total da produção de biossólidos na agricultura está próxima de ser atendida. Em 2003 foi publicada a nova legislação norueguesa denominada “Regulamentação para fertilizantes derivados de matéria orgânica”. Segundo esta regulamentação, todo fertilizante orgânico após higienização deve estar isento de *Salmonella sp.* em 50 gramas de lodo, não apresentar ovos de helmintos viáveis e conter menos que 2.500 coliformes fecais por grama de sólidos secos (PAULSRUD et al., 2007).

Na China existem apenas três regulamentações relacionadas com lodo de esgoto: “Padrões de controle de poluentes em lodos para uso agrícola “(GB4284-84); “Critérios para controle da descarga de esgoto e lodo das estações de tratamento de água residuária municipais” (CJ3025-93) e “Critérios para controle de descarga de poluentes de estações de tratamento de águas residuárias municipais (GB18918-2002). A legislação GB4284 foi promulgada em 1984, nunca entrou em vigor e precisa ser revisada uma vez que os padrões para metais pesados devem ser atualizados e os micro-poluentes e o controle de patógenos não são regulamentados (HE et al., 2007).

Segundo Matthews (2007) o Reino Unido é uma economia baseada na agricultura intensiva e necessita de matéria orgânica para complementar as necessidades de nutrientes. O uso de biossólidos na agricultura promove os seguintes benefícios:

- Um suprimento sustentável de nutrientes disponíveis para o cultivo agrícola, reduzindo a necessidade de importar fertilizantes (particularmente fosfatos) e incrementando a produção econômica de grãos;
- Um suprimento de matéria orgânica que é componente chave para a qualidade do solo, particularmente nos solos cultiváveis do Reino Unido.
- A reciclagem de matéria orgânica para o solo pode ter um papel significativo na redução da emissão de gases do efeito estufa (dióxido de carbono), comparados com o aterro sanitário e, portanto, contribuirá para o controle das mudanças climáticas.

No entanto, apesar de contar com uma legislação específica para o uso de lodos de esgoto na agricultura (The Sludge Regulation and The Code of Practice for the Agricultural Use of Sewage Sludge), a resistência da população em consumir

produtos cultivados com biossólidos de esgoto sanitário faz com que a comunidade agrícola do Reino Unido não adote esta prática. Anualmente, 64.000 toneladas de lodo em massa seca são utilizados em recuperação de áreas degradadas (Matthews, 2007). O futuro da aplicação do biossólido no campo será ditada pela aceitação pública. Para tornar a reciclagem de biossólidos sustentável é necessário fornecer respostas as percepções públicas de forma que a população se sinta segura ao consumir produtos cultivados com este insumo agrícola.

Beecher et al (2004) apontaram a importância da certificação dos biossólidos e da auditoria independente. Nos Estados Unidos, a NBP (National Biosolids Partnership) instituiu o processo de certificação privado. Para ser certificada, a estação de tratamento de esgotos tem que entrar em um processo de auditoria conduzido por uma firma independente. Os biossólidos devem respeitar as normas federais de qualidade (USEPA, 1993) e outros critérios desenvolvidos pela NBP. Atualmente as 14 maiores cidades dos EUA são certificadas pela NBP. Na França, outro tipo de certificação foi desenvolvido pela SYPREA, uma associação de profissionais liberais. SYPREA desenvolveu uma codificação das melhores práticas em colaboração com o governo e com a união de fazendeiros. Os padrões confirmam ou excedem aqueles previstos pelas normas governamentais. Uma organização independente, Qualicert, desenvolve a auditoria nas estações de tratamento e nos sistemas de transporte. Atualmente 8 organizações urbanas são certificadas na França, incluindo a região de Paris. Uma vantagem é que o certificado de Qualicert é muito mais conhecido do público na França que o certificado NBP nos Estados Unidos, uma vez que ele é divulgado pela mídia. Portanto, este código de boas práticas foi endossado pelas principais associações de fazendeiro. No Reino Unido, o certificado de biossólido seguro “Safe Sludge Matrix” é outro tipo de padrão voluntário consensado entre muitos colaboradores, incluindo a indústria de alimentos (CRATHORNE, 2006). Estes padrões de procedimentos deverão ser incorporados nas diretivas oficiais do Reino Unido. Durante os 10 últimos anos o Canadá desenvolveu três padrões de fertilizantes reciclados: compostos (CAN/BNQ 0413-200, 1996, revisão 2005); Materiais para calagem para processos industriais (BNQ 0419-090, 1997 revisão 2006); Biossólidos Municipais Granulados (CAN/BNQ 0413-400, 2002). Através de um comitê formado por três classes de colaboradores (comerciantes; usuários; cientistas e governantes)

e gerenciado pelo Bureaus de nomatização de Québec (BNQ) dentro das normas estritas do Conselho de Padronização do Canadá (SCC) e ISO, definiu os padrões para certificação de 8 fertilizantes reciclados incluindo biossólidos granulados e 2 compostos de biossólidos. A certificação envolve auditorias locais e amostragem de biossólidos duas vezes por ano. A certificação de produtos e de profissionais tem demonstrado ser uma ferramenta muito importante para gerenciar eficazmente os riscos da atividade e estabelecer uma via de comunicação entre os colaboradores e o público em geral (HÉBERT, 2007).

.Adicionalmente, o lodo é produzido sob contextos técnicos, econômicos e sociais diversos, requerendo diferentes abordagens e envolvendo soluções diferenciadas para chegar a um processo de gestão ideal (SPINOSA, 2007).

2.2.1.9 A Tendência Brasileira para Disposição de Resíduos de SES

No Brasil o aumento na produção de lodo acompanha a expansão dos serviços de coleta e tratamento dos esgotos sanitários. Na Região Metropolitana de São Paulo, de acordo com SABESP (2001), citado por Van Hanndel e Além Sobrinho, (2006) a produção diária das cinco maiores ETEs está estimada em 540 t/dia de lodo (base seca) para 2005. No Estado do Paraná a produção de lodo saltou de 2000 m³/mês em 1999 para aproximadamente 4.000 m³/mês em 2003 (VAN HAANDEL e ALÉM SOBRINHO, 2006).

Há poucos estudos sobre a produção de lodo no Brasil. Machado (2001) pesquisou a produção de lodo no território brasileiro durante os anos 2000 e 2001. Neste trabalho 275 estações de água e esgoto foram analisadas de um total de 984, sendo que os dados foram compilados por região, conforme apresentado nas tabelas 9 e 10, com as estimativas de produção de lodo e de disposição final, respectivamente (ANDREOLI, 2007).

TABELA 9 PRODUÇÃO DE ESGOTO POR REGIÃO (2000-2001)

Região	Nº de ETEs	Qatual (m³/dia)	Q nominal (m³/dia)	População atendida (hab)	Produção de lodo informada (ton/ano *)	Produção estimada de lodo (ton TSS/ano *)
Norte	03	12.183	56.127	56.000	-	328
Nordeste	66	228.056	184.590	1.620.906	-	15.668
Centro-oeste	66	324.776	505.761	2.025.252	11.385	19.497
Sudeste	48	1.033.307	1.445.106	7.286.044	274.719	98.139
Sul	92	279.294	120.040	1.789.772	22.529	18.092
Total	275	1.877.616	2.311.624	12.777.975	308.633	151.724

(*) Massa úmida

Fonte: Machado, 2001 apud Andreoli, 2007

TABELA 10 DISPOSIÇÃO FINAL DO LODO PRODUZIDO

Disposição Final	Quantidade Informada (t/ano*)	Percentagem de volume Informado (%)	Quantidade Estimada (tSST/ano)	Percentagem do volume estimado (%)
Aterro Sanitário	138.418	44,9	75.844	50,0
Agricultura	17.333	5,6	22.973	15,1
Indefinido	152.882	49,5	52.907	34,9
Total analisado	308.633	-	151.724	-

(*) Massa úmida

Fonte: Machado, 2001 apud Andreoli, 2007

Em acordo com o exposto pelo Sistema Nacional de Informação Sanitária – SNIS, em 2005 aproximadamente 46.836.317 habitantes são atendidos pelo sistema de coleta de esgotos, porém 42,47 milhões de habitantes estão ligados a sistema de tratamento de esgotos. Considerando o índice entre coleta e tratamento de 66% e estimando a produção de lodo de 33 g TSS /hab.ano, é possível estimar a produção de 372.000 ton TSS /ano. Em acordo com a Companhia de Saneamento do Estado de São Paulo – SABESP, a produção de lodo no estado de São Paulo é da ordem de 528 ton /dia (massa úmida), equivalente a 48.000 ton/ano. No Paraná, a produção de lodo dobrou entre 1999 e 2003, de 2.000 m³/mês para 4.000 m³/mês. Para 2007, considerando as ETEs operando com a vazão de projeto, a produção de lodo no Paraná deve atingi 10.000 m³/mês (ANDREOLI, 2007- CANADA).

Grande parte do lodo produzido em sistemas de tratamento no Brasil, tem destino final não regularizado, que geralmente é distribuído nas áreas das próprias

ETEs ou a produtores rurais, sem sofrer higienização e sem controle químico ou sanitário. Já se observou casos extremos, em que o lodo era doado a Prefeituras e utilizado em áreas públicas urbanizadas ou até mesmo lançado nos rios (SANEPAR et GECIP, 2002).

Atualmente, as companhias de Saneamento estão em um momento de adequação de seus processos para o uso de seus lodos na agricultura. Em acordo com a Resolução Conama 375/2006, as companhias tem 18 meses para se ajustarem as novas diretrizes, contados a partir de fevereiro de 2007. Uma das grandes dificuldades encontradas pelas companhias de Saneamento está relacionada com a verificação das características sanitárias do lodo, principalmente com respeito a vírus e micropoluentes orgânicos. Estes tipos de análise não são efetuadas pela maioria dos laboratórios comerciais, estando restritas a alguns poucos laboratórios de pesquisas de universidades. Outro aspecto de extrema relevância no processo de uso do lodo na agricultura está na integração dos muitos atores envolvidos (geração de lodo, processamento, armazenamento, transporte, incorporação no solo), tais como companhias de saneamento, produção rural e institutos de assistência técnica, órgão fiscalizadores ambientais, fazendeiros e público em geral. Em decorrência, há uma grande necessidade de integração para cooperação técnica e operacional entre companhias, instituições e administração pública envolvida no processo além do suporte dos agricultores que irão receber o lodo. A viabilidade e a manutenção dos processos definidos são extremamente importantes objetivando reforçar a credibilidade nos novos programas implementados. A educação ambiental tem essencial importância para o sucesso do programa e efetivamente promove mudanças de comportamento e culturais. A estação de tratamento de esgotos deve passar a ser vista como uma fábrica de bio sólidos. A avaliação do sistema de tratamento não deve se restringir apenas a qualidade do efluente tratado, mas também na qualidade de seus produtos, tais como quantidade e características dos bio sólidos. Apesar das características benéficas do lodo na agricultura serem claras, as normas técnicas para cada situação devem ser respeitadas de forma a evitar impactos negativos ao meio ambiente (ANDREOLI, 2007).

Qualquer que seja a composição do sistema de tratamento de esgotos adotado onde eles são gerados, geralmente os bio sólidos apresentam em sua

constituição elementos de grande valor, tornando-o viável para o uso como insumo nos processos agrícolas. O lodo de esgotos contém nutrientes, elementos essenciais para o desenvolvimento das plantas (macro e microelementos) e substâncias orgânicas, base para a sustentabilidade dos solos, e apenas algumas poucas estações de tratamento no Brasil apresentam lodos contaminados por metais pesados (ANDREOLI, 2007).

2.2.2 *Legislação Normas Internacionais*

Em termos globais, as exigências legais para a reciclagem de biossólidos na agricultura têm abordado de forma integrada: condições mínimas das áreas de aplicação e os critérios de tratamento, transporte, armazenamento e aplicação aos solos de lodos brutos ou tratados. Mesclam-se assim, exigências relativas às diferentes etapas do processo de valorização agrícola do lodo, desde a geração e tratamento do produto ao nível da ETE até especificações segundo as condições do ambiente, forma de aplicação e monitoramentos complementares (BONNET, 1995 apud PEGORINI, 2002).

Segundo Pegorini, 2002, embora a valorização agrícola do lodo seja crescente no mundo toda, e em especial nos EUA e CEE, as normatizações nestas regiões apresentam grandes contrastes em função da abordagem utilizada na avaliação de riscos da atividade. No entanto são bastante coerentes com relação aos fatores controlados. Os parâmetros enfatizados mundialmente tem sido (USEPA, 1997; EPS, 1984; EU86/278/EEC; SANTOS, 2001; BUNDGAARD E SAAYBE, 1992):

- Qualidade do lodo de esgoto: conteúdo de nutrientes, conteúdo de poluentes (metais pesados e compostos orgânicos), redução de patógenos
- Quantidade máxima de poluentes que pode ser aplicada nos solos
- Limitações para a área de aplicação: declividade, culturas, proximidade a corpos d'água; épocas de aplicação
- Dosagens de aplicação: baseadas na necessidade agrônômica ou alterações de características do solo.

- Instruções de manejo do resíduo
- Monitoramento

Segundo Santos (2001), citado em Pegorini (2002) há uma tendência mundial na exigência pelas normatizações de maiores níveis de qualidade para sua reciclagem agrícola, o que se refletirá em menor contaminação dos biossólidos produzidos. Esta tendência responde parcialmente às pressões ambientais, que em muitos locais questionam a prática de reciclagem agrícola e representam maior garantia de segurança da prática.

Um aspecto importante a ser levantado é a característica dinâmica das readequações das legislações a nível mundial. Alguns grupos de países estabeleceram regras básicas unificadas, como a Diretiva da Comunidade Econômica Européia, e algumas regulamentações são desenvolvidas no âmbito de cada país, com níveis diferenciados de exigências e especificidade. Na América do Norte, uma extensiva e dinâmica linha de regulamentações de razoável especificação é elaborada e constantemente revista pela EPA, para o assunto - ainda assim, normas complementares são estabelecidas em cada Estado. No Canadá, o EPS exerce uma normatização mais abrangente usada como base para a elaboração de regulamentações específicas pelos órgãos de agricultura e proteção ambiental de cada jurisdição (BONNET, 1995).

Entre os diversos contaminantes incluídos no documento 503, a legislação norte-americana, intitulada *Padrões para o uso e disposição do lodo de esgoto* publicada pela EPA, merecem destaque os metais pesados (arsênio, cádmio, cobre, chumbo, mercúrio, molibdênio, níquel, selênio e zinco) e os patógenos (coliformes fecais, ovos de helmintos e salmonellas). Além disso, a aplicação do lodo de esgoto deve ser feita de maneira a reduzir a atração de vetores de doenças, tais como ratos, pássaros, etc (Water Environment Federation, 1993, citado em PEGORINI, 2002).

Nos Estados Unidos a EPA propõe uma classificação dos lodos como classe A e B, segundo diferentes critérios de avaliação, especialmente no que se refere ao conteúdo de metais e de agentes patogênicos. Para a *Classe A* são exigidos: bactérias patogênicas, vírus, protozoários e ovos de helmintos abaixo do nível detectável e densidade de coliformes fecais e estreptococos < 100 por g de sólidos em suspensão ou lodo aquecido a 53°C por cinco dias ou a 55°C por três dias ou 70°C por 0,5 horas. Para lodo *Classe B*: densidade de bactérias e vírus por grama

de sólidos em suspensão é 100 vezes menor no lodo que no afluente ou densidade de coliformes fecais e estreptococos $< 10^6$ por g de sólidos em suspensão. (ESTADOS UNIDOS. Environmental Protection Agency, 1992).

A EPA propõe ainda um critério de classificação quanto à tecnologia de tratamento, classificando em dois níveis de tratamento: o chamado Process to Significantly reduce pathogens (PSRP) (basicamente reduz de duas unidades logo o número de indicadores de microrganismos patogênicos) e o Process to further reduce pathogens (PFRP). O PSRP se refere a compostagem em sistema de reator, leira estática ou sistema windrow, temperatura mínima de 40°C, e manutenção de 55 °C por pelo menos quatro horas. O PFRP se refere a compostagem em reator ou leira estática a temperatura superior a 55 °C por pelo menos três dias, e a compostagem em sistema windrow, com temperatura superior a 55 °C por pelo menos quinze dias e no mínimo cinco revolvimentos durante o período de temperatura mais elevada (ESTADOS UNIDOS. Environmental Protection Agency, 1992).

Para alguns países europeus e o Japão, é importante o monitoramento da lixiviação do nitrogênio (na forma de nitrato) no ambiente. O Japão apresenta formas de controle da quantidade de nitrogênio adicionadas ao solo (Tabela 11).

TABELA 11 NORMA PARA APLICAÇÃO DE LODO DE ESGOTO EM SOLOS AGRÍCOLAS NO JAPÃO.

Aplicação em profundidade	Nitrogênio permitido (g m ⁻²)*		
	Solos de excelente qualidade	Solos de boa qualidade	Solos de baixa qualidade
< 10 cm	10-15	30-45	45-60
< 20 cm	20-30	60-90	90-120
< 30 cm	30-45	90-135	135-180

* Os valores numéricos mostrados nessa tabela são dados para peso de nitrogênio total no lodo aplicado

Fonte: LUE-HING et al. (1992) citado em ANDREOLI (1999)

As práticas do manejo da aplicação do lodo no solo devem levar em conta as concentrações de metais pesados presentes no lodo, bem como os níveis cumulativos máximos permitidos no solo, quantidade de acumulação, as condições dos solos a nível regional, condições climáticas e topografia. A Tabela 12 mostra que países como a Dinamarca e a Alemanha tendem a restringir os valores máximos de metais pesados permitidos nos lodos. Por outro lado, os Estados Unidos, possuem os maiores níveis permitidos para todos os elementos, com exceção do chumbo.

Trabalhos indicam que os critérios adotados pelos Estados Unidos, que fixaram as normas através de 14 vias de contaminação (efeitos secundários), podem causar danos ecotoxicológicos a alguns microrganismos do solo importantes na fixação do nitrogênio. Os critérios podem, também, trazer sérios danos ambientais a longo prazo, devido ao acúmulo desses elementos tóxicos no ambiente (McGRATH et al., 1994 apud ANDREOLI, 1999). Os limites estabelecidos pelas Resoluções CONAMA e da SEMA-PR, são mais restritivas que a legislação da USEPA (1993), porém ainda superiores aos estabelecidos na Dinamarca e na Alemanha.

TABELA 12 CONCENTRAÇÃO MÁXIMA DE METAIS EM LODOS DE ESGOTO UTILIZADOS NA AGRICULTURA EM DIVERSOS PAÍSES.

País	Ano	As	Ba	Cd	Pb	Cu	Cr	Hg	Ni	Mo	Zn	Se
Comunidade Européia	1986			20-40	750-1200	1000-1750	1000-1750	16-25	300-400		2500-4000	
França	1988			20	800	1000	1000	10	200		3000	
Alemanha	1982			20	1200	1200	1200	25	200		3000	
	1992			10	900	800	900	8	200		2500	
Espanha	1990			20	750	1000	1000	16	300		2500	
Dinamarca	1990			1,2	120	1000	100	1,2	45		4000	
	1995			0,8	120	1000	100	0,8	30		4000	
Finlândia	1995			1,5	100	600	300	1	100		1500	
Noruega				4	100	1000	125	5	80		1500	
Suécia	1995			2	100	600	100	2,5	50		800	
Estados Unidos	1993			39-85	300-840	1500-4300	1200-3000	17-57	420-420		2800-7500	
Nova Zelândia	1992			15	600	1000	1000	10	200		2000	
Reino Unido	1989			3,5	300	225	600	1,5	125		500	
NSW *	1991			8	300	1200	500	7,5	100		1800	
Itália	1992			20	750	1000	---	10	300		2500	
Luxemburgo	1992			40	1200	1750	1750	25	400		4000	
Países Baixos	1995			1,25	100	75	75	0,75	30		300	
Canadá	1984			20	500	---	---	5	180		1850	
Brasil – CONAMA 375	2006	41	1300	39	300	1500	1000	17		50	2800	100
P4230 – CETESB	1999	75		85	840	4300		57		75	7500	
DF 03-07	2006	20		26	500			15			3000	
SEMA-PR 001/07	2007	41	1300	39	300	1500	1000	17	300	50	2800	100

* NSW: New Salte Wales (Austrália)

Fonte: DEPARTMEN OF HEALTH (1992) apud McGRATH et al. (1994); WEBBER (1984) apud ANDREOLI, 1999; ANDREOLI; 2007

2.2.3 Responsabilidade Legal no Brasil

Em acordo com o corpo legal vigente, quanto a responsabilidade legal no gerenciamento de resíduos, salienta-se:

Art 18° da Lei Estadual n° 12493 (Paraná), o qual estabelece que a responsabilidade pela execução de medidas para prevenir e/ou corrigir a poluição e/ou contaminação do meio ambiente decorrente de derramamento, vazamento, lançamento e/ou disposição inadequada de resíduos sólidos é: I – da atividade geradora dos resíduos, quando a poluição e/ou contaminação originar-se ou ocorrer em suas instalações; II – da atividade geradora dos resíduos e da atividade transportadora, solidariamente, quando a poluição e/ou contaminação originar-se ou ocorrer durante o transporte; III – da atividade geradora dos resíduos e da atividade executora de acondicionamento, de tratamento e/ou de disposição final dos resíduos, solidariamente, quando a poluição e/ou contaminação ocorrer no local de acondicionamento, de tratamento e/ou de disposição final.

Decreto Estadual n° 6674 (Paraná), que regulamenta a Lei n° 12493, as atividades geradoras de resíduos sólidos, de qualquer natureza, responsáveis pelo seu acondicionamento, armazenamento, coleta, transporte, tratamento e/ou destinação final; pelo passivo ambiental, bem como pela recuperação de áreas degradadas, em acordo com o Art 12, ficam sujeitas ao prévio licenciamento ambiental junto ao Instituto Ambiental do Paraná – IAP e, segundo o Art.13, devem apresentar ao Instituto Ambiental do Paraná – IAP plano de recuperação de áreas degradadas e/ou de eliminação de seus passivos ambientais, quando do encerramento de suas atividades ou a qualquer momento em que forem identificados passivos ambientais. Quando da solicitação de licenciamento ambiental ou de sua renovação junto ao Instituto Ambiental do Paraná – IAP, conforme ART. 16, a atividade geradora de resíduos sólidos deverá apresentar Plano de Gerenciamento, contemplando as atividades de geração, acondicionamento, armazenamento, coleta, transporte, reutilização, reciclagem, tratamento e/ou destinação final dos resíduos sólidos. O Art. 17 estabelece que as atividades geradoras de resíduos sólidos existentes no território paranaense, ficam obrigadas a efetuar o seu cadastramento junto ao Instituto Ambiental do Paraná – IAP, quando

da solicitação da renovação do licenciamento ambiental, para fins de controle e inventário dos resíduos sólidos gerados, informando, inclusive, qual a destinação final atualmente dispensada aos mesmos, sob pena das sanções previstas em lei.

Resolução CONAMA n° 375, em seu Art. 23 da Seção X, determina que são de **responsabilidade do gerador e da UGL**, o gerenciamento e o monitoramento do uso agrícola do lodo de esgoto ou produto derivado. Os resultados dos monitoramentos poderão a qualquer momento, ser auditados pelo órgão ambiental. Quando comprovado o uso do lodo de esgoto ou produto derivado com negligência, imprudência, imperícia, má-fé ou inobservância dos critérios e procedimentos previstos nesta Resolução, a responsabilidade será do autor. São considerados **responsáveis solidários** pela qualidade do solo e das águas em áreas onde será aplicado o lodo de esgoto ou produto derivado: o gerador do lodo de esgoto ou produto derivado; a UGL que encaminhar o lodo de esgoto ou produto derivado para aplicação no solo; o proprietário da área de aplicação; o técnico responsável; o transportador; quem se beneficiar diretamente da aplicação.

Instrução Técnica IAP - CEP/DTA 001/2002, determina que a **empresa de saneamento**, como empresa geradora do resíduo, é **responsável pela fiscalização do gerenciamento e pelo monitoramento** da operação de destino final do lodo, seja esta utilização agrícola ou qualquer outra forma de disposição final. O monitoramento da utilização agrícola do lodo de esgoto deve ser avaliado em dois níveis: no lodo de esgoto e na área de aplicação. Todas as UGL's são obrigadas a realizar o acompanhamento da qualidade do lodo, sendo o monitoramento efetuado na fonte de produção. Para o Monitoramento da área de aplicação, esta IT prevê os parâmetros e a frequência considerando: monitoramento de parâmetros agronômicos; monitoramento de metais pesados; monitoramento em áreas agrícolas; monitoramento em áreas degradadas; acompanhamento agronômico e produtividade; acompanhamento de opinião pública através da avaliação de aceitação, problemas ambientais e da necessidade de melhorias.

Resolução SEMA-PR 001/2007, em seu artigo 6 determina que são de responsabilidade do gerador e da UGL o gerenciamento e o monitoramento do uso agrícola do lodo de esgoto ou produto derivado. Os resultados dos monitoramentos previstos na resolução (caracterização do solo onde será aplicado o lodo de esgoto ou produto derivado; parâmetros orgânicos, inorgânicos, microbiológicos e

parasitológicos, do lodo de esgoto e produtos derivados) poderão ser, a qualquer momento, auditados pelo órgão ambiental. Quando comprovado o uso do lodo de esgoto ou produto derivado com negligência, imprudência, imperícia, má-fé ou inobservância dos critérios e procedimentos previstos nesta resolução, a responsabilidade será do seu autor. São considerados responsáveis solidários pela qualidade do solo e das águas em áreas onde será aplicado o lodo de esgoto ou produto derivado: o gerador do lodo de esgoto ou produto derivado; a UGL que encaminhar o lodo de esgoto ou produto derivado para aplicação no solo; o proprietário da área de aplicação; o detentor da posse efetiva; o técnico responsável; o transportador; e quem se beneficiar diretamente da aplicação.

2.2.4 Aporte Legal do Uso Agrícola de Lodo de Estações de Tratamento de Esgotos no Paraná

O princípio I do Art 3º da Lei Estadual nº 12.493 de 22 de janeiro de 1999 estabelece que: “a geração de resíduos sólidos deverá ser minimizada através da adoção de processos de baixa geração de resíduos e da reutilização ou reciclagem, dando prioridade à reutilização e/ou reciclagem a despeito de outras formas de tratamento e disposição final, exceto nos casos em que não exista tecnologia viável”. O uso agrícola do lodo vem ao encontro do preconizado no Princípio acima citado. A alternativa da reciclagem tem o grande benefício de transformar um resíduo problemático e de difícil disposição em um insumo agrícola, fornecendo matéria orgânica e nutrientes ao solo (FERNANDES et al., 1993; CLAPP et al., 1986; BUNDGAARD E SAAYBE, 1992; ANDREOLI, 1999; CARVALHO e BARRAL, 1981 apud PEGORINI, 2002). Num sentido mais amplo, traz também vantagens indiretas ao homem e ao meio ambiente, tais como: a redução dos efeitos negativos da incineração, da dependência de fertilizantes químicos e melhoria do balanço do CO₂ da biosfera, pelo incremento da matéria orgânica do solo (OUTWATER, 1994; LAL et al., 1995, apud PEGORINI, 2002).

No entanto, para que sua utilização seja segura, devem ser controlados os teores de metais pesados e organismos patogênicos. Portanto, o lodo deve passar

por procesos que reduzam significativamente o teor destes organismos (FERNANDES et al., 1996).

A Lei Estadual nº12.493/1999 (Paraná), em seu Art. 14º estabelece que: “o solo e o subsolo somente poderão ser utilizados para armazenamento, acumulação ou disposição final de resíduos sólidos de qualquer natureza, desde que sua disposição seja feita de forma tecnicamente adequada, estabelecida em projetos específicos, obedecidas as condições e critérios estabelecidos pelo Instituto Ambiental do Paraná – IAP”. Os critérios para uso agrícola para fins de destinação final do lodo de Estação de Tratamento de Esgotos foram estabelecidos pela Instrução Técnica CEP/DTA 001/2002. Com a publicação da Resolução CONAMA nº375/2006, que define critérios e procedimentos para uso agrícola de lodos de esgoto, a CEP/DTA 001/2002 foi revisada, tendo gerado a atual Resolução SEMA nº 01/2007 (SEMA/IAP). Atualmente, os mecanismos e procedimentos para o uso agrícola do Lodo de Esgoto no Estado do Paraná estão regulamentados pela Resolução SEMA nº 01 / 2007.

2.2.4.1 Qualidade do Lodo de SES para Uso Agrícola no Estado do Paraná

Em acordo com o Anexo 6 da Resolução SEMA nº01/2007, que estabelece Critérios para Uso Agrícola de Lodo de ETE, os lotes de esgoto e de produtos derivados, para o uso agrícola, devem respeitar as seguintes concentrações máximas:

TABELA 13 CRITÉRIOS PARA USO AGRÍCOLA DE LODO DE ETE

Substâncias Inorgânicas	Concentração Máxima Permitida no Lodo de Esgoto ou Produto Derivado (MG/KG.Base Seca)
Arsênio	41
Bário	1300
Cádmio	20
Chumbo	300
Cobre	1000
Cromo	1000
Mercúrio	16
Molibdênio	50
Níquel	420

Substâncias Inorgânicas	Concentração Máxima Permitida no Lodo de Esgoto ou Produto Derivado (MG/KG.Base Seca)
Selênio	100
Zinco	2500
AGENTES PATOGÊNICOS	CONCENTRAÇÃO
Coliformes Termotolerantes	< 10 ³ NMP / g de ST
Ovos viáveis de helmintos	< 0,25 ovo / g de ST
Salmonella	Ausência em 10 g de ST
Vírus	< 0,25 UFP ou UFP/ g de ST

Fonte: Resolução SEMA 01/2007

Os lodos de esgoto que não atendam os requisitos mínimos de qualidade não poderão ser misturados aos lodos de outra procedência visando a formação de lotes para liberação para uso agrícola.

2.2.4.2 Caracterização do Lodo de SES para Fins Agrícolas no Estado do Paraná

A Resolução 375 CONAMA que trata da regulamentação do uso de lodo de esgoto na agricultura estabelece que a caracterização do lodo de esgoto ou produto derivado a ser aplicado na agricultura deve incluir os seguintes aspectos: Potencial Agrônomo; Substâncias inorgânicas e orgânicas potencialmente tóxicas; Indicadores bacteriológicos e agentes patogênicos; e Estabilidade.

O potencial agrônomo será definido a partir da determinação das concentrações de 13 parâmetros: Carbono orgânico; fósforo total; nitrogênio Kjeldahl; nitrogênio amoniacal; nitrogênio nitrato/nitrito; pH em água (1:10); potássio total; sódio total; enxofre total; cálcio total; magnésio total; umidade; sólidos voláteis e sólidos totais. São 11 as substâncias inorgânicas a serem determinadas: Arsênio; Bário; Cádmi; Chumbo; Cobre; Cromo; Mercúrio; Molibdênio; Níquel; Selênio; e Zinco. As substâncias orgânicas a serem determinadas no lodo de esgoto ou produto derivado e no solo incluem benzenos clorados; ésteres de ftalatos; fenóis não clorados; fenóis clorados; hidrocarbonetos aromáticos policíclicos e poluentes orgânicos persistentes (POP`s). No entanto, em função das características específicas da bacia de esgotamento sanitário e dos efluentes recebidos, as UGLs poderão requerer dispensa ou alteração da lista de substâncias orgânicas a serem analisadas. A caracterização quanto a presença de agentes patogênicos e

indicadores bacteriológicos será mediante a determinação de concentrações de: coliformes termotolerantes; ovos viáveis de helmintos; salmonella e vírus entéricos. Em acordo com a Resolução SEMA 01/07 do Estado do Paraná, para fins de utilização agrícola, o lodo de esgoto ou produto derivado será considerado estável se a relação entre sólidos voláteis e sólidos totais for inferior a 0,70.

2.2.4.3 Licenciamento das Unidades Gerenciais de Lodo – UGL no Estado do Paraná

A aplicação em solo agrícola somente poderá ocorrer mediante a existência de uma UGL, devidamente licenciada pelo órgão ambiental. O licenciamento ambiental da UGL contemplará obrigatoriamente as áreas de aplicação e deve obedecer aos mesmos procedimentos adotados para atividades potencialmente poluidoras e/ou modificadoras do meio ambiente. Os lotes de lodo ou produto derivado que não se enquadrarem nos limites e critérios estabelecidos deverão receber outra forma de destinação final, devidamente detalhada no processo de licenciamento ambiental e aprovada pelo órgão ambiental licenciador. Devem constar do processo de licenciamento mecanismos de prestação de informações à população da localidade em que será utilizado o lodo de esgoto ou produto derivado, sobre: os benefícios; riscos; tipo e classe de lodo de esgoto ou produto derivado empregado; critérios de aplicação; procedimentos para evitar a contaminação do meio ambiente e do homem por organismos patogênicos; e o controle de proliferação de animais vetores.

No Paraná, em acordo com a Resolução SEMA 01/2007, as licenças ambientais necessárias para sistemas de tratamento e disposição final de lodo de esgoto para uso agrícola decorrem do porte da Unidade de Gerenciamento de Lodo – UGL. Cada UGL pode receber lodo de uma ou mais ETE's, com o porte caracterizado pelo número de habitantes atendidos, conforme discriminado no quadro 4:

QUADRO 4 UGL – PORTE CARACTERIZADO PELO NÚMERO DE HABITANTES ATENDIDOS

Número de habitantes atendidos pelas ETE`s, cujos Lodos são recebidos pela UGL	Licença Prévia – LP	Licença de Instalação – LI	Licença de Operação – LO	Licença Ambiental Simplificada – LAS
≥ 250.000	Sim	Sim	Sim	Não
30.000 a 250.000	Não	Não	Sim	Sim (*)
< 30.000	Não	Não	Não	Sim (**)

Fonte: Resolução SEMA 01/2007

(*) Substitui a LP e LI

(**) Substitui a LP, LI e LO

O Licenciamento Ambiental de sistemas de esgotos sanitários, sempre que possível, deverá contemplar em um único processo as unidades: interceptação, elevatórias, emissários ETE`s e UGL`s. Para ETEs que já possuem Licença de Operação e que venham a implantar UGLs, deverá ser requerido o licenciamento ambiental desta unidade, em separado. Quando da Renovação da LO da ETE, o licenciamento da UGL deverá ser contemplado no processo. No caso de UGL já em operação poderá ser solicitada diretamente a Licença de Operação. Para o transporte do lodo das UGL`s para as propriedades deverá ser solicitada Autorização Ambiental junto ao IAP.

2.2.4.4 Monitoramento do Lodo de Esgoto No Paraná

A frequência mínima de monitoramento do lodo de esgoto ou produto derivado exigida pela Resolução Estadual é função da quantidade a ser destinada para aplicação agrícola, conforme apresentado a seguir:

QUADRO 5 FREQUÊNCIA MÍNIMA DE MONITORAMENTO DE LODO DE ESGOTO

Quantidade de lodo ou PD destinado à aplicação agrícola (base seca)	Frequência de monitoramento
Até 60 tonelada/ano	Anual, preferencialmente anterior ao período de maior demanda
De 60 a 240 tonelada/ano	Semestral, preferencialmente anterior ao período de maior demanda

Quantidade de lodo ou PD destinado à aplicação agrícola (base seca)	Freqüência de monitoramento
De 240 a 1.500 tonelada/ano	Trimestral
De 1.500 a 15.000 tonelada/ano	Bimestral
Acima de 15.000 tonelada/ano	Mensal

Fonte: Resolução SEMA 01/2007

No caso de substâncias tóxicas que alcancem 80% dos limites estabelecidos, a freqüência de monitoramento deverá ser aumentada, a critério do órgão ambiental e a UGL deverá implementar medidas adequadas para reduzir estes valores.

2.2.4.5 Culturas Aptas a Receberem Lodo de Esgoto ou Produto Derivado no Estado do Paraná

Segundo a Resolução SEMA 001/2007, é proibida a utilização de esgoto ou produto derivado em pastagens e cultivo de olerícolas, tubérculos e raízes, e culturas inundadas, bem como as demais culturas cuja parte comestível entre em contato com o solo. Em solos onde for aplicado lodo de esgoto ou PD, as pastagens só poderão ser implantadas após um período mínimo de 24 meses após a última aplicação. Olerícolas, tubérculos, raízes e demais culturas cuja parte comestível entre em contato com o solo ou inundáveis só poderão ser cultivadas após um período mínimo de 48 meses da última aplicação.

2.2.4.6 Aptidão do Solo das Áreas De Aplicação

Para garantir a viabilidade do uso agrícola dos biossólidos, além da adequada orientação agrônômica, que leve em conta a composição do lodo e a fertilidade do solo visando equilibrar os nutrientes e pH, devem ser considerados os aspectos ambientais da área de aplicação, com cuidados especiais nas proximidades de residências e de cursos de água, principalmente quando se trata de mananciais de abastecimento, e em solos com declividade acentuada. Portanto, torna-se imprescindível uma avaliação do ambiente, tendo como referência critérios

pedológicos, que interpretados indiquem a aptidão das terras para recebimento dos lodos de esgoto. Para atender esta demanda, um sistema interpretativo de classificação de terras foi desenvolvido no âmbito do Programa de Reciclagem Agrícola de Lodo de Esgoto, sob a forma de convênio entre a Universidade Federal do Paraná - UFPR e a Companhia de Saneamento do Paraná – SANEPAR.

Souza et al. (1984) sistematizaram um sistema de classificação da aptidão do solo para uso de lodo que relaciona estes parâmetros e o grau de risco associado a cada um deles. Este sistema foi elaborado visando tanto a utilização em nível de campo, na definição de aptidão de cada gleba, como em nível gerencial e de planejamento, para definição de zonas preferenciais a partir de mapas de solo (Quadro.6).

QUADRO 6 SISTEMA DE CLASSIFICAÇÃO DA APTIDÃO DO SOLO PARA APLICAÇÃO DE BISSÓLIDOS.

Fator	Critério	Grau	Classe
Profundidade	Latosolos, cambissolos ou podzólicos profundos	0-nulo	I
	Cambissolos ou podzólicos com citação de pouca profundidade	2-moderado	III
	Litólicos ou outras unidades com citação de solos rasos	3-forte	V
Textura superficial	Textura argilosa (35 a 60% de argila)	0-nulo	I
	Textura muito argilosa (> 60% de argila) e média (15-35% argila)	1-ligeiro	II
	Textura siltosa (< 35% de argila e < 15% de areia)	2-moderado	III
	Textura arenosa (< 15% de argila)	3-forte	V
Susceptibilidade à erosão	Solos em relevo plano	0-nulo	I
	Solos argilosos ou muito argilosos em relevo suave ondulado	1-ligeiro	II
	Solos com textura média ou siltosa em relevo suave ondulado e solos com textura argilosa e muito argilosa em relevo ondulado	2-moderado	III
	Solos de relevo ondulado com textura arenosa e/ou caráter abrupto ou relevo forte ondulado associado a textura muito argilosa	3-forte	IV
	Relevo forte ondulado, com textura média e arenosa e relevo montanhoso ou escarpado independente da classe textural	4-muito forte	V
Drenagem	Solos acentuadamente bem drenados	0-nulo	I
	Solos fortemente drenados	1-ligeiro	II
	Solos moderadamente drenados	2-moderado	III
	Solos imperfeitamente e excessivamente drenados	3-forte	V

Fator	Critério	Grau	Classe
	Solos mal e muito mal drenados	4-muito forte	V
Relevo	Relevo plano (0-3%)	0-nulo	I
	Relevo suave ondulado (3-8%)	1-ligeiro	II
	Relevo ondulado (8-20%)	2-moderado	III
	Relevo forte ondulado (20-45%)	3-forte	IV
	Relevo montanhoso ou escarpado (maior que 45%)	4-muito forte	V
Pedregosidade	Solos sem fase pedregosa	0-nulo	I
	Citação de pedregosidade na legenda	2-moderado	IV
	Solos com fase pedregosa	4-forte	V
Hidromorfismo	Solos sem indicação de hidromorfismo	0-nulo	I
	Solos com caráter gleico	2-moderado	III
	Solos hidromórficos	3-forte	
pH	Solos com pH inferior a 6,5 para aplicação de lodo caleado Qualquer faixa de pH para lodo compostado	0-nulo	I
	Solos com pH igual ou superior a 6,5 para uso de lodo caleado	4-forte	V

Fonte: adaptado de Souza et al. (1994)

A aptidão propriamente dita é definida como a classe mais restritiva obtida. Por exemplo, o solo pode ser enquadrado como classe I para profundidade, III para textura, III quanto à suscetibilidade à erosão, IV como relevo e I para pedregosidade, hidromorfismo e pH. A classe de aptidão final deste solo será IV; considerando o grande risco associado à forte declividade da gleba, risco elevado para erosão e escoamento superficial.

Através da identificação da intensidade com que cada um dos aspectos ambientais elencados pudesse inferir, Souza (1994) partiu para a classificação da aptidão dos solos para uso de lodo de esgotos no Estado do Paraná. As classes definidas caracterizam o potencial do solo em acordo com sua aptidão, definidas pelo grau de limitação de impedimento mais forte à aplicação de lodo de esgotos, conforme transcrito no quadro 7 a seguir:

QUADRO 7 CLASSIFICAÇÃO DA APTIDÃO DOS SOLOS PARA USO DE LODO DE ESGOTO NO ESTADO DO PARANÁ

Classe de Aptidão	Uso	Observação
Classe I	Permitido	Permitida a utilização do lodo de esgoto sem restrições
Classe II		
Classe III		

Classe de Aptidão	Uso	Observação
Classe IV	Não recomendável	Poderá ser permitido o uso mediante apresentação de fatores atenuantes
Classe V	Vetado	Não deve ser permitida a aplicação

Fonte: Souza et al.,1994

Cada unidade cartográfica foi identificada considerando os fatores de limitação (sub-classes) e o grau de limitação (unidade de aptidão), conforme quadro 8, apresentado a seguir:

QUADRO 8 SUB-CLASSES E UNIDADE DE APTIDÃO DE CADA UNIDADE CARTOGRÁFICA

FATORES DE LIMITAÇÃO [SUBCLASSE]	GRÁU DE LIMITAÇÃO [UNIDADE]	CLASSE DE APTIDÃO				
		I	II	III	IV	V
PR-PROFUNDIDADE	0-NULO	X	X	X	X	X
	2-MODERADO	-	-	X	X	X
	4-MUITO FORTE	-	-	-	-	X
TE-TEXTURA	0-NULO	X	X	X	X	X
	1-LIGEIRO	-	X	X	X	X
	2-MODERADO	-	-	X	X	X
	3-FORTE	-	-	-	X	X
	4-MUITO FORTE	-	-	-	-	X
ER-SUSCETIBILIDADE A EROSÃO	0-NULO	X	X	X	X	X
	1-LIGEIRO	-	X	X	X	X
	2-MODERADO	-	-	X	X	X
	3-FORTE	-	-	-	X	X
	4-MUITO FORTE	-	-	-	-	X
DR-DRENAGEM	0-NULO	X	X	X	X	X
	1-LIGEIRO	X	X	X	X	X
	2-MODERADO	-	-	X	X	X
	3-FORTE	-	-	-	X	X
	4-MUITO FORTE	-	-	-	-	X
RE-RELEVO	0-NULO	X	X	X	X	X
	1-LIGEIRO	X	X	X	X	X
	2-MODERADO	-	-	X	X	X
	3-FORTE	-	-	-	X	X
	4-MUITO FORTE	-	-	-	-	X
PD-PEDREGOSIDADE	0-NULO	X	X	X	X	X
	2-MODERADO	-	-	X	X	X
	4-MUITO FORTE	-	-	-	-	X
HI-HIDROMORFISMO	0-NULO	X	X	X	X	X
	2-MODERADO	-	-	-	X	X
	4-MUITO FORTE	-	-	-	-	X
FE-FERTILIDADE	0-NULO	X	X	X	X	X
	1-LIGEIRO	X	X	X	X	X
	2-MODERADO	-	-	X	X	X
	3-FORTE	-	-	-	X	X
	4-MUITO FORTE	-	-	-	-	X

Fonte: Souza et al. 1994

O mapa contendo a aptidão do solo para aplicação agrícola encontra-se apresentado no anexo A deste volume. A legenda de identificação é auto-explicativa, mostrando as informações sobre a aptidão de cada polígono cartográfico (classe, subclasse e unidade).

Em acordo com a Resolução SEMA 001/07, as áreas deverão adotar obrigatoriamente técnicas ou práticas de uso, manejo e conservação do solo, compatíveis com a sua classe de aptidão. Não será permitida a aplicação de lodo de esgoto ou produto derivado:

- Em unidades de conservação, com exceção das Áreas de Proteção Ambiental – APA;
- Em Área de Preservação Permanente – APP;
- Em Áreas de Proteção aos Mananciais – APMs definidas por legislações estaduais e municipais e em outras áreas de captação de água para abastecimento público, a critério do órgão ambiental competente;
- No interior da Zona de Transporte para fontes de águas minerais, balneários e estâncias de águas minerais e potáveis de mesa;
- Num raio mínimo de 100 m de poços rasos e residências, podendo este limite ser ampliado;
- Numa distância mínima de 15 (quinze) metros de vias de domínio público e drenos interceptadores e divisores de águas superficiais de jusante e de trincheiras drenantes de águas subterrâneas e superficiais;
- Em área agrícola cuja declividade das parcelas ultrapasse:
 - 8% no caso de aplicação superficial sem incorporação, com adoção de práticas mecânicas de conservação;
 - 5% no caso de aplicação superficial com incorporação;
 - 18% no caso de aplicação subsuperficial e em sulcos;
 - 25 % no caso de aplicação em covas.
- Em áreas onde a profundidade do nível do aquífero freático seja inferior a 1,5 m na cota mais baixa do terreno; e
- Em áreas agrícolas definidas como não adequadas por decisão motivada dos órgãos ambientais e de agricultura competentes.

Ainda, o lodo de esgoto ou produto derivado poderá ser utilizado na zona de amortecimento de unidades de conservação, desde que em acordo com as restrições previstas no Plano de Manejo, mediante prévia autorização do órgão responsável pela administração da Unidade de Conservação.

2.2.5 *Plano de Reciclagem*

A alternativa de distribuição do lodo para áreas de produção agrícola é altamente recomendada. Exige, no entanto, rígidos controles tanto em relação ao lodo gerado, quanto às taxas de agregação do solo e aos componentes químicos e biológicos. Há que se verificar a qualidade físico-química e biológica do lodo, sua adequação ao uso pretendido, as taxas de aplicação, e as exigências da legislação e dos órgãos ambientais. Pressupõe também a existência de um mercado em potencial, custos de transporte adequados, e um serviço de informação e divulgação sobre o uso do lodo e o controle de sua aplicação. É fundamental que haja pleno conhecimento e aceitação da população em relação ao uso agrícola do lodo, que podemos chamar de biossólidos (JORDÃO; PESSÔA, 2005). O processo de planejamento de qualquer modalidade de disposição do lodo no solo inicia-se com a coleta e avaliação de dados para caracterização do biossólido e do sistema de tratamento de esgotos. Estas informações iniciais são comparadas às restrições definidas nas legislações federal, estadual e municipal pertinentes, para uma avaliação preliminar da viabilidade de uso dos resíduos no solo. As etapas seguintes envolverão estudos de aceitação pública, qualidade e disponibilidade de áreas para aplicação, formas de transporte, condições climáticas entre outros (ANDREOLI, 2000).

Andreoli (2002) elencou as seguintes atividades pertinentes a elaboração de um plano de reciclagem de lodo de esgotos aqui adaptadas em decorrência da Resolução CONAMA 375 (2006):

PLANEJAMENTO PRELIMINAR

- Levantamento de informações: avaliação da produção de biossólidos (por ETE e/ou UGL, considerando os cenários de médio e longo prazo e a determinação da área necessária para disposição do biossólido);
- Qualidade do Biossólido: Parâmetros Agronômicos, Metais Pesados, Sanidade, Ovos viáveis de Helmintos, Coliformes Fecais e Estabilidade (Teor de Cinzas).
- Área de Aplicação: Uso do solo; culturas e técnicas de cultivo utilizadas; restrições municipais e ambientais; disponibilidade atual e futura para uso de biossólidos; condições de acesso; aptidão das terras da região; características climáticas; contexto sócio-econômico; sazonalidade.

ORGANIZAÇÃO DA DISTRIBUIÇÃO

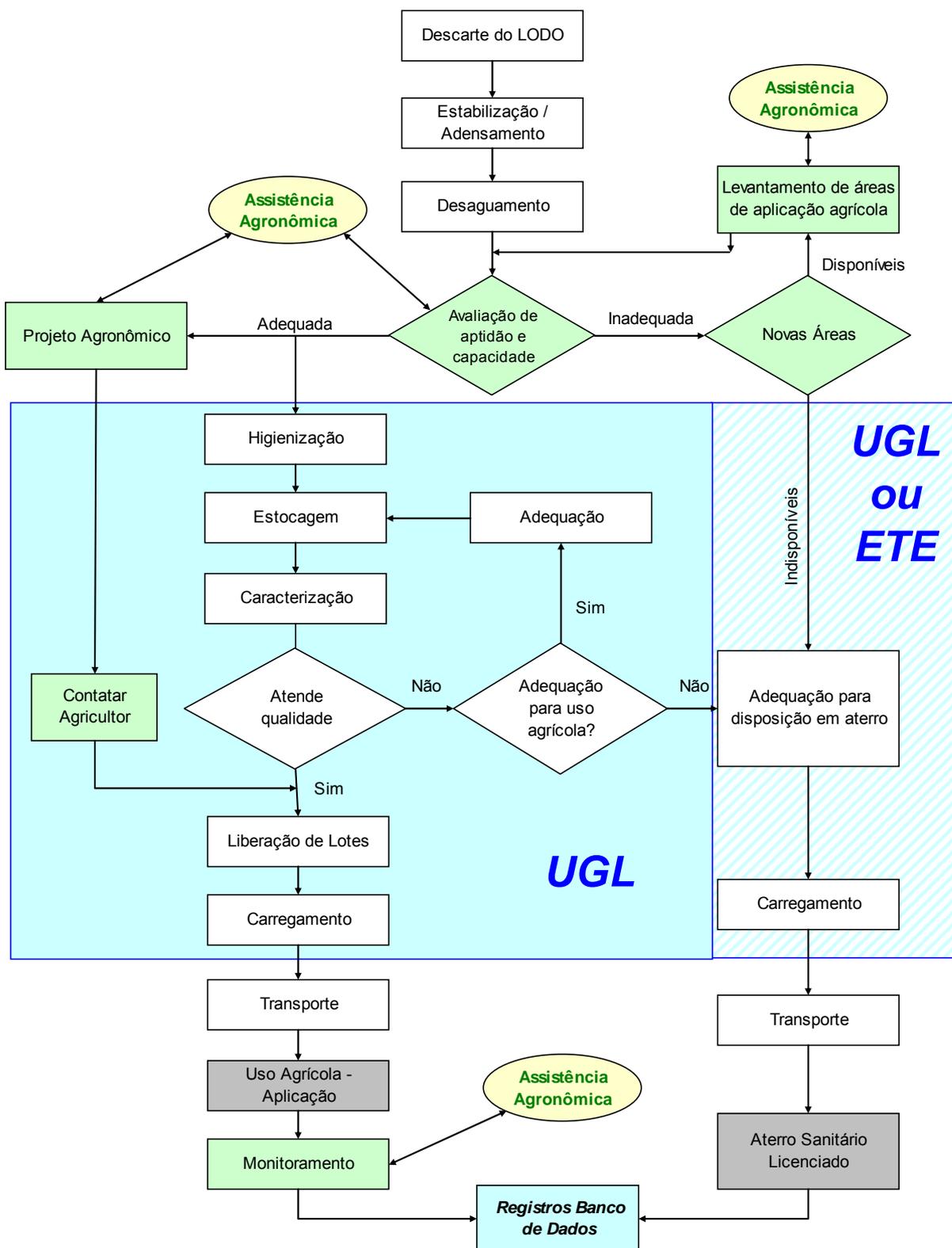
- Definição da alternativa e do processo de higienização e disposição
- Estruturação da ETE e/ou UGLs : equipamentos e mão de obra; estocagem; limpeza do veículo transportador; monitoramento e controle; armazenamento.
- Transporte: definição do tipo de veículo e das vias em função da constituição do biossólido; localização da UGL; condições das vias de acesso à UGL e propriedade rural; custo.
- Divulgação: participação pública; estratégias de marketing e divulgação.
- Assistência Técnica: avaliação da capacidade e seleção das propriedades; recomendação agronômica (dosagens, culturas, época de aplicação, orientações de uso e monitoramento ambiental).
- Operação de Distribuição: seleção e treinamento do corpo técnico; programa de controle.

Decorrente do preconizado na Resolução CONAMA 375 e na Portaria da SEMA 001/2007, quanto à necessidade de unidades gerenciais de lodo e formação de lotes para liberação ao uso agrícola, a centralização ou descentralização das

Unidades Gerenciais de Lodo, bem como a localização destas unidade tornaram-se fatores de elevada importância no processo de planejamento, uma vez que, em função da alternativa selecionada, os custos de transporte, operação, monitoramento e controle podem ser onerados. Também passaram a ser exigidos: a elaboração de projeto agrônomo e assistência agrônoma; o controle dos lotes de lodo e sua rastreabilidade; o monitoramento ambiental; e o registro de informações que possibilite localizar a área, a época, a qualidade e a quantidade de um lote de lodo identificado em determinada área agrícola.

A figura 1 mostra as etapas de gerenciamento do lodo de esgoto priorizando o uso agrícola.

FIGURA 1 FLUXOGRAMA DE GERENCIAMENTO DO LODO DE ESGOTO



Fonte: Adaptado de PEGORINI e ANDREOLI, 2003

Costa et al. (2004) estabeleceram o seguinte roteiro para elaboração de projetos de aplicação de solos em áreas agrícolas, no Estado de São Paulo, conforme norma da CETESB:

- a) caracterização da instalação de tratamento de efluentes;
- b) caracterização do lodo;
- c) caracterização da área de aplicação: localização e caracterização do solo;
- d) determinação da taxa de aplicação: na norma da CETESB, citada em Costa et al. (2004) diz: deverá ser apresentada a base de cálculo para a taxa de aplicação e frequência de reaplicação a ser utilizada, que deverá considerar o benefício agrônomo da utilização do lodo na área, levando em conta o tipo de cultura a ser utilizada e as limitações quanto à aplicação de nitrogênio e metais e características do lodo” ;
- e) forma de tratamento, armazenamento e transporte do lodo;
- f) plano de aplicação e manejo: plano de aplicação; plano de manejo da área;
- g) planos de operação e monitoramento, compreendendo: planta da área de aplicação com delimitação de parcelas e descrição da seqüência da aplicação de lodo detalhando períodos previstos para a aplicação ao longo do ano;
- h) certificação agrônoma, junto à CETESB;
- i) informações adicionais.

2.2.6 *Plano de Gerenciamento de Reciclagem Agrícola de Lodo no Paraná*

O Plano de Gerenciamento de Reciclagem Agrícola de Lodo no Paraná segue a Instrução Ambiental para o Plano de Gerenciamento de Reciclagem Agrícola de Lodo Excedente - versão 01, desenvolvida pela Companhia de Saneamento do Paraná – SANEPAR. Esta IA enumera os seguintes procedimentos a serem observados e compilados em um sistema de informações, por UGL (SANEPAR, 2006).

1. Identificação da UGL: nome
2. Informações cadastrais: localização; condições e origem de abastecimento de água potável; identificação do corpo receptor; área da UGL (construída e livre)
3. Estudo da produção do lodo;
4. ETEs fornecedoras;
5. Vazão média de esgotos tratados pelas etes relacionadas; porte de cada ETE; regime de produção de lodo úmido, seco e teor de umidade do lodo; processo de tratamento do esgoto adotado em cada ETE (pré-tratamento, tratamento biológico, tratamento complementar e desinfecção);
6. Processamento do lodo – No Paraná, os processos de estabilização, adensamento e desaguamento são realizados individualmente em cada ETE. Os processos de higienização e estocagem são centralizados na UGL, em Pátio de Maturação específico. Para tanto, os lotes de lodo de cada ETE são transportados através de caminhões caçamba (sempre cobertos com lona e com trava da baxculante traseira) ou caçambas do tipo Brooks. Para evitar a diluição de substâncias potencialmente tóxicas (especialmente metais pesados) é realizada caracterização individual do lodo produzido em cada ETE, seguindo frequência de amostragem conforme porte da ETE. Operacionalmente, os lotes de lodo de cada ETE são processados, estocados e identificados separadamente, em função das suas características físicas distintas. A identificação de cada lote deve conter a origem (ETE), processo de tratamento de esgotos, processo de desidratação e teor de sólidos em matéria seca. O processo de higienização atualmente adotado caracteriza-se por caleação a 50% do peso seco, utilizando a cal virgem como reagente. O sistema de mistura se dá através de misturador, tipo maromba, fixa ou móvel. A maturação é propiciada em pátio de concreto armado e coberto. Para a disposição final, a caracterização dos lotes de lodo envolve os seguintes parâmetros: potencial agrônômico, metais pesados, sanidade e estabilidade, conforme métodos analíticos e parâmetros conforme preconizado na Resolução

SEMA 001/2007. Os lotes são identificados em acordo com a origem do lodo.

7. Disposição Final - Os lotes de lodo que após a caracterização enquadrarem-se nos requisitos normativos são destinados para a aplicação em áreas agrícolas próximas a UGL. A operacionalização das atividades relacionadas à destinação agrícola do lodo e monitoramento das áreas onde o bio-sólido será aplicado está atualmente estabelecida através de convênio entre SANEPAR (Companhia de Saneamento do Paraná) e EMATER/PR (Empresa de Assistência Técnica e Extensão Rural/PR). De acordo com este convênio a SANEPAR se responsabiliza pela produção, higienização e controle de qualidade do lodo de esgoto em nível compatível com a utilização agrícola, enquanto a EMATER identifica as áreas agrícolas e produtores aptos para utilização do lodo; orienta o agricultor quanto ao manuseio e aplicação do lodo e realiza o monitoramento ambiental. A SANEPAR responde pelas operações de produção e monitoramento da qualidade do lodo, incluindo as seguintes atividades: desaguamento; higienização; estocagem; amostragem, monitoramento da qualidade e controle da liberação de lotes; liberação dos lotes de lodo para uso agrícola; carregamento do lodo; transporte do lodo da UGL até as áreas de aplicação. O espalhamento e incorporação no solo, preferencialmente executado pelos proprietários das áreas selecionadas. A assistência agrônômica, no caso a EMATER, é responsável pela execução das atividades relacionadas aos aspectos agrônômicos do processo. Especificamente são atribuições da assistência agrônômica, no programa de reciclagem: cadastro de produtores; seleção das áreas de aplicação; análise da aptidão das propriedades; planejamento e escalonamento de distribuição baseado no cadastro; recomendação agrônômica; apoio agrônômico – orientação quanto ao manejo do lodo, depósito temporário, culturas e riscos; monitoramento ambiental das áreas onde for aplicado bio-sólidos; difusão do uso do lodo na agricultura; rastreabilidade.
8. Caracterização geral da(s) área(s) potencial(is) para aplicação: localização geográfica; geologia; relevo; clima; hidrologia; contexto

agrícola; aptidão e restrições ao uso do lodo; características dos solos predominantes; áreas de proteção ambiental

9. Cadastramento dos usuários potenciais: culturas tradicionais e aptidão ao uso do lodo de esgoto; período de demanda, épocas de preparo do solo e plantio; práticas de manejo e conservação do solo; equipamentos disponíveis para a distribuição e incorporação do lodo.
10. Planejamento da distribuição: desenvolvimento de fluxograma das fases da atividade, apresentando todas as unidades envolvidas, propriedades rurais e as etapas do processo; quantidade de lodo produzido e formação dos lotes; apoio agrônomo; critérios e metodologia de seleção das propriedades rurais para aplicação; recomendação agrônoma e apoio aos agricultores (amostragem e análise do solo; recomendação de manejo e adubação do solo; doses de aplicação; técnica de aplicação e incorporação; deposição temporária na propriedade; acompanhamento da cultura e resultados).
11. Carregamento e Transporte
12. Controle da Operação:
 - i. Na ETE: controle da qualidade do lodo higienizado; controle da liberação de lotes de lodo;
 - ii. Na propriedade: recomendação agrônoma (rastreadibilidade, aptidão da gleba, taxa de aplicação); avaliação da aceitabilidade através de questionário aos produtores.

A higienização do lodo das ETEs no Paraná é realizada através de tratamento alcalino com a adição de cal e estocagem por período de 30 dias em pátio específico. O sistema para execução desses processos geralmente consta de: silo para estocagem de cal; dosador de cal; misturador de cal e pátio de maturação. A cal é um dos produtos químicos mais baratos e usados no saneamento. Ela é usada para elevar o pH dos digestores, remover fósforo em certos tratamentos avançados, condicionar o lodo para os processos de desaguamento e para estabilizar quimicamente o lodo. Pode-se utilizar a cal virgem (CaO) ou a cal hidratada $\text{Ca}(\text{OH})_2$. A cal virgem libera calor em contato com a água, porém nas doses usuais para a higienização, esta elevação da temperatura não tem efeito relevante na eliminação de patógenos. A eliminação dos patógenos se dá por efeito

da elevação do pH do lodo a níveis iguais ou superiores a 12 e liberação de amônia. São utilizadas misturas de cal em dosagens de até 50% em relação ao peso seco de lodo (conteúdo de sólidos totais da torta) (SANEPAR, 2006). O emprego destas dosagens fundamenta-se nos resultados de pesquisas realizadas em conjunto entre SANEPAR, IAP, UEL e UFPR objetivando analisar o desempenho do tratamento de lodo com diferentes dosagens de cal (FERNANDES et al, 1996; SOCCOL et al, 1999 apud SANEPAR, 2006). O tratamento com cal é altamente eficiente na inativação dos ovos e larvas de helmintos do lodo de esgoto. Vários estudos mostram que a mistura de dosagens de Cal Virgem ou Hidratada entre 30% e 50% do conteúdo de sólidos totais (ST) da massa bruta são capazes de alcançar níveis de sanidade abaixo dos limites definidos pela IN-IAP quando associadas a um período de estocagem de pelo menos 30 dias (OOSRSCHOT et al., 2000; ANDREOLI et al., 1999; EPA, 1992, 1994; ANDREASEN, 2001; ERIKSEN et al., 1995 apud SANEPAR 2006).

Pesquisas realizadas durante o PROGRAMA DE PESQUISAS coordenado pela SANEPAR (2006) (THOMAZ-SOCCOL et al., 1997a, b, THOMAZ-SOCCOL et al., 1999; THOMAZ-SOCCOL et al., 1996; FERNANDES et al., 1996; GASPARD, WIART e SCHWARTZBROD, 1996 apud SANEPAR, 2006) apontaram a necessidade de estocagem da mistura lodo-cal por períodos entre 30 e 60 dias para garantir a inviabilização dos ovos de helmintos a níveis compatíveis com a reciclagem agrícola (0,25 ovos viáveis por grama de ST - limite compatível com os mais rigorosos adotados na CEE e EUA).

A inviabilização de ovos de helmintos através da caleação permite a utilização destes lodos sem restrição sanitária na Holanda (DANISH EPA, 2000 - Agência de Proteção Ambiental da Holanda - apud SANEPAR, 2006), país reconhecido mundialmente como mais restritivo quanto à utilização de lodo de esgoto na agricultura. De forma semelhante, nos EUA, a 40 CFR PART 503 - legislação federal dos EUA - permite a rotulagem dos lodos caleados com até 0,25 ovos viáveis de helmintos / g MS, como lodos CLASSE A, passíveis de comercialização/utilização como fertilizantes orgânicos e sem restrições sanitárias (USEPA, 1993 apud SANEPAR, 2006).

Após a mistura com a cal, o lodo é mantido no pátio de estocagem para maturação por período mínimo de 30 dias, tempo necessário para garantir a

eficiência de higienização exigida para aplicação do material na agricultura. Os lotes de lodo higienizados são objeto de monitoramento biológico e físico-químico, de modo a garantir que o material disponibilizado par aos agricultores apresente a qualidade prevista e garanta os níveis de segurança sanitária e ambiental desejados (SANEPAR, 2006).

O sistema de higienização através do tratamento alcalino (caleação) torna o produto também um eficiente corretivo da acidez do solo. Do ponto de vista agrônomo interessam ao agricultor, principalmente as características do lodo ligado ao seu valor fertilizante. O nitrogênio é agrônomo e ambientalmente o principal componente do lodo de esgoto, constituindo em geral, o principal referencial na limitação das taxas de aplicação. Em seguida vem o fósforo e a matéria orgânica. O potássio é o macronutriente mais carente no lodo, por ser bastante solúvel, este elemento permanece no meio líquido durante o desaguamento do lodo. O lodo anaeróbio apresenta características agrônomicas bastante diferentes do lodo aeróbio. Geralmente é mais pobre em matéria orgânica e nitrogênio, o que faz com que as respostas agrônomicas sejam menos expressivas, demandando taxas de aplicação usualmente maiores que as recomendadas para o lodo aeróbio. Em média espera-se taxa de aplicação de 10 a 12 t (base seca) de lodo anaeróbio por hectare na região do Paraná. Observa-se que a definição da taxa de aplicação depende, além das características do lodo, do solo da área de aplicação e da cultura onde será empregado, devendo ser determinada lote a lote, pelo Engenheiro Agrônomo responsável pela Assistência Técnica (SANEPAR, 2006).

Dados preliminares de caracterização do valor fertilizante de lodos de esgoto anaeróbio produzidos na Região Metropolitana de Curitiba estão dispostos na tabela 14, servindo como indicativo do potencial do lodo gerado para a agricultura.

TABELA 14 VALOR AGRONÔMICO MÉDIO DO LODO DE ESGOTO ANAERÓBIO CALEADO PRODUZIDO NA RMC.

Lodo	N _{total} %	P ₂ O ₅ total %	K ₂ O %	C %	C/N	Ca %	Mg %	Mat org. %	pH	Sólidos Fixos %
Bruto*	2,2	0,95	0,34	20,1	9,2	0,83	0,30	36,2	7,9	55,3
Caleado*	1,48	0,44	0,63	13,0	8,8	8,32	4,48	23,0	12,0	77,0
Atuba Caleado**	1,70	0,85	0,02	15,0	8,8	20,5	10,4	27,0	9,2	74,1

*média de 16 amostras de ETEs RALF operadas na RMC

** Lote de lodo produzido e higienizado na ETE Atuba em 2004.

Fonte: IA de Gerenciamento de Lodo de Esgoto (Sanepar, 2006)

A necessidade de estabilização do lodo está principalmente ligada ao potencial de produzir odores e seu conteúdo em microorganismos patogênicos. O grau de estabilização do lodo ao deixar o tratamento da fase líquida depende da tecnologia de tratamento de esgotos utilizada. Durante o processo de reciclagem agrícola, o grau de estabilização será avaliado através do teor de sólidos fixos (cinzas) do lodo, o qual deve ser superior a 29% em base seca. Lotes de lodo com valores inferiores serão estabilizados através de maiores adições de cal. Em geral, nas ETEs do Paraná, a estabilização dos lodos é obtida por biodegradação no interior dos reatores anaeróbios tipo UASB, que retém o lodo por intervalos de tempo de 3 a 5 meses. Os resultados apontam concentração de sólidos fixos (cinzas) acima de 70% em lodos anaeróbios caleados a 50% do peso seco (SANEPAR, 2006).

Os metais pesados, de modo geral, estão presentes na natureza, nos tecidos orgânicos, rochas e solo. Alguns deles são essenciais aos processos metabólicos da vida, como o cobre, o ferro, manganês e o zinco. Outros metais não têm utilidade para o metabolismo vegetal e animal, podendo causar efeitos tóxicos para o homem e as plantas, como o cádmio e o mercúrio. Geralmente, os efluentes predominantemente domésticos apresentam nível muito baixo de metais pesados, gerando lodos pouco contaminados. As grandes fontes de contaminação de metais pesados dos esgotos e conseqüentemente do lodo são as águas pluviais (resíduos de dispersão de fumaça automotiva, superfícies metálicas) e principalmente os efluentes industriais, que apresentam teores de metais variáveis, de acordo com o tipo de indústria. Os metais pesados são objeto de monitoramento constante ao longo do programa, uma vez que depois de incorporados ao lodo, ainda não se dispõem de alternativas economicamente viáveis de retirá-los. Ao contrário dos patógenos, que podem ser eliminados do lodo através do tratamento de desinfecção, os metais pesados, quando presentes acima dos níveis de segurança, automaticamente obrigam o lodo a ter outro tipo de destinação final. Os metais monitorados e os respectivos limites admissíveis para uso agrícola serão: cádmio (20 ppm), cobre (1.000 ppm), cromo (1.000 ppm), níquel (300 ppm), chumbo (750 ppm), zinco (2.500 ppm) e mercúrio (16 ppm) (SANEPAR, 2006).

A IA do Plano de Gerenciamento de Lodo de Esgoto da SANEPAR estabelece que o destino prioritário do lodo será as grandes culturas e mais

especificamente a cultura do milho, no entanto, em função do grande número de variáveis imprevisíveis no processo de distribuição, como precipitação, aceitabilidade por parte dos agricultores e as épocas de demanda, poderão ser exploradas também as seguintes culturas:

- **Grandes culturas** cujos produtos são consumidos após industrialização ou alimentos não consumidos "*in natura*", tais como: feijão, soja, sorgo, canola, trigo, aveia, cevada, forrageiras para adubação verde.
- **Reflorestamento**;
- **Produção de grama**, quando incorporado ao solo no mínimo 3 meses antes da retirada das leivas;
- **Fruticultura**, apenas espécies perenes e cujas frutas não apresentem contato com o solo;

Não será permitida a utilização para pastagens, produção de culturas olerícolas, morango e outras culturas cujos produtos colhidos apresentem contato primário com o solo, tais como amendoim, mandioca, batata. O cultivo das espécies olerícolas e de contato primário somente poderá ser efetivado 12 meses após a incorporação do lodo, para pastagens, o uso somente poderá ser realizado 48 meses. O lodo poderá eventualmente ser utilizado ainda em projetos de recuperação de áreas degradadas, contudo atenção especial deverá ser dada as dosagens de aplicação que devem respeitar o valor máximo de acúmulo de metais no solo, não excedendo os limites de adição propostos na tabela 15. As doses também deverão ser calculadas de forma a não ocasionar lixiviação de nitratos.

TABELA 15 QUANTIDADE MÁXIMA DE ADIÇÃO DE METAIS PESADOS ANUAL E TOTAL NO SOLO

Elemento	Máximo anual permitido (kg/ha)	Máximo total permitido (kg/ha)
Hg	0,08	0,80
Cd	0,10	1,00
Cr	5,00	50,00
Pb	3,75	37,50
Ni	1,50	15,00
Cu	5,00	50,00
Zn	12,50	125,00

Fonte: IA Plano de Gerenciamento de Lodo de Esgoto (SANEPAR, 2006)

Os lotes de lodo são caracterizados individualmente, de forma a garantir a rastreabilidade da origem do lodo em todas as etapas do processo e permitir a correção de eventuais problemas constatados. Os lodos de cada unidade será avaliado quanto a concentração de metais pesados conforme frequência prevista em função do porte das ETEs, visando descaracterizar diluição de lotes impróprios através da mistura de lodo de diferentes procedências.

O apoio agrônômico será realizado pela assistência técnica, utilizando uma equipe de agrônomos e veículos lotados nos escritórios municipais da região de abrangência do projeto. É de responsabilidade do técnico de campo preencher a Ficha de Cadastro e Recomendação Agrônômica padrão da SANEPAR, observando os seguintes aspectos: número da recomendação; localização da propriedade (itinerário e coordenadas geográficas e UTM); classificação da aptidão agrícola das terras para uso de lodo de esgoto, das glebas em que será aplicado o lodo de esgoto caledo, conforme orientações definidas no projeto; limitações locacionais e ambientais; identificação do lote de lodo utilizado; caracterização do lote (parâmetros utilizados na recomendação de dosagem); adição de metais pesados ao solo; recomendações ao produtor, especialmente referentes à estocagem na propriedade, distância de corpos d'água, cuidados quanto ao acesso dos animais e uso de equipamentos de proteção individual (EPI) para quem for manusear o lodo; anuência do produtor e proprietário da área agrícola; rastreabilidade.

Em acordo com a visão social da Empresa de Saneamento do Paraná, serão atendidos prioritariamente agricultores familiares. Antes de receber o lodo, cada área será inspecionada por um agrônomo, objetivando caracterizar a aptidão do solo (pH; profundidade efetiva; textura superficial; suscetibilidade a erosão; drenagem; relevo; pedregosidade; hidromorfismo) e as limitações locais (proximidade de cursos d'água, poços e minas de água; proximidade de áreas residenciais e de frequência pública; localização em mananciais de abastecimento público).

A recomendação agrônômica representa o projeto de utilização de lodo individual para cada propriedade rural, contemplando várias informações a respeito da propriedade e do produtor rural, como:

- *Caracterização do produtor e da propriedade rural*, com informações cadastrais da gleba e do produtor

- *Características da área de aplicação*, contemplando a caracterização de aptidão do terreno e definição das espécies cultivadas e croqui de delimitação da área a receber lodo
- *Características do lodo a ser aplicado*: identificação do lote de lodo, parâmetros utilizados na recomendação, adição de metais pesados.
- *Resultados da análise do solo*, incluindo a caracterização físico-química
- *Limitações e aptidão das glebas*
- *Recomendações de adubação* com o lodo, além da dosagem recomendada determinar a complementação com adubação mineral
- *Recomendações gerais*, envolvendo os cuidados no uso e manuseio do lodo
- *Declaração do produtor* sendo este o termo de aceitação do produtor
- *Assinatura do responsável técnico*

Os lotes de lodo são amostrados por amostragem composta, coletando-se material de 9 pontos distintos da leira em porções exterior, interna e base da leira. Os parâmetros de análise são: valor fertilizante (pH, %sólidos, C, N, P, K, Ca, Mg, relação C/N); cinzas (sólidos totais fixos); metais pesados (Cd, Cr, Ni, Pb, Zn, Hg e Cu); sanidade (coliformes fecais e ovos de helmintos). As informações de caracterização dos lotes de lodo são armazenadas em banco de dados na UGL para posterior tabulação e envio ao órgão ambiental.

Ao receber o resultado das análises de solo, número(s) do(s) lote(s) e resultado da análise de nutrientes no lodo, o responsável técnico pela assistência ao produtor deverá fazer o cálculo de adubação e a recomendação agrônômica para a(s) cultura(s), preenchendo a ficha de cadastro e recomendação de lodo. A Ficha de Cadastro e Recomendação de lodo indica a dose de lodo recomendada total (t/há), época de aplicação ou preparo do solo. Estas informações são importantes para o planejamento de carga que o setor de transporte enviará para a respectiva propriedade. Para a determinação das doses de aplicação de lodo no solo será observado em primeiro lugar o pH do solo em análise, em segundo a necessidade de nitrogênio assimilável, em terceiro lugar, a necessidade de fósforo e por último de potássio. Estando o pH elevado, a dosagem de lodo calado não deverá ultrapassar o

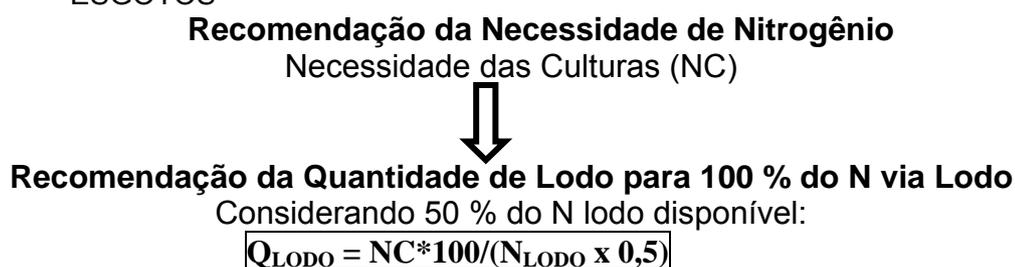
pH ideal para a cultura. Se a dosagem máxima de lodo calado não suprir o solo com N, P e/ou K, o suprimento será através da adubação complementar (fertilizantes químicos sintéticos), observando-se a não aplicação de P juntamente com o lodo, dado o efeito de imobilização de P promovido por produtos com alto teor de cálcio.

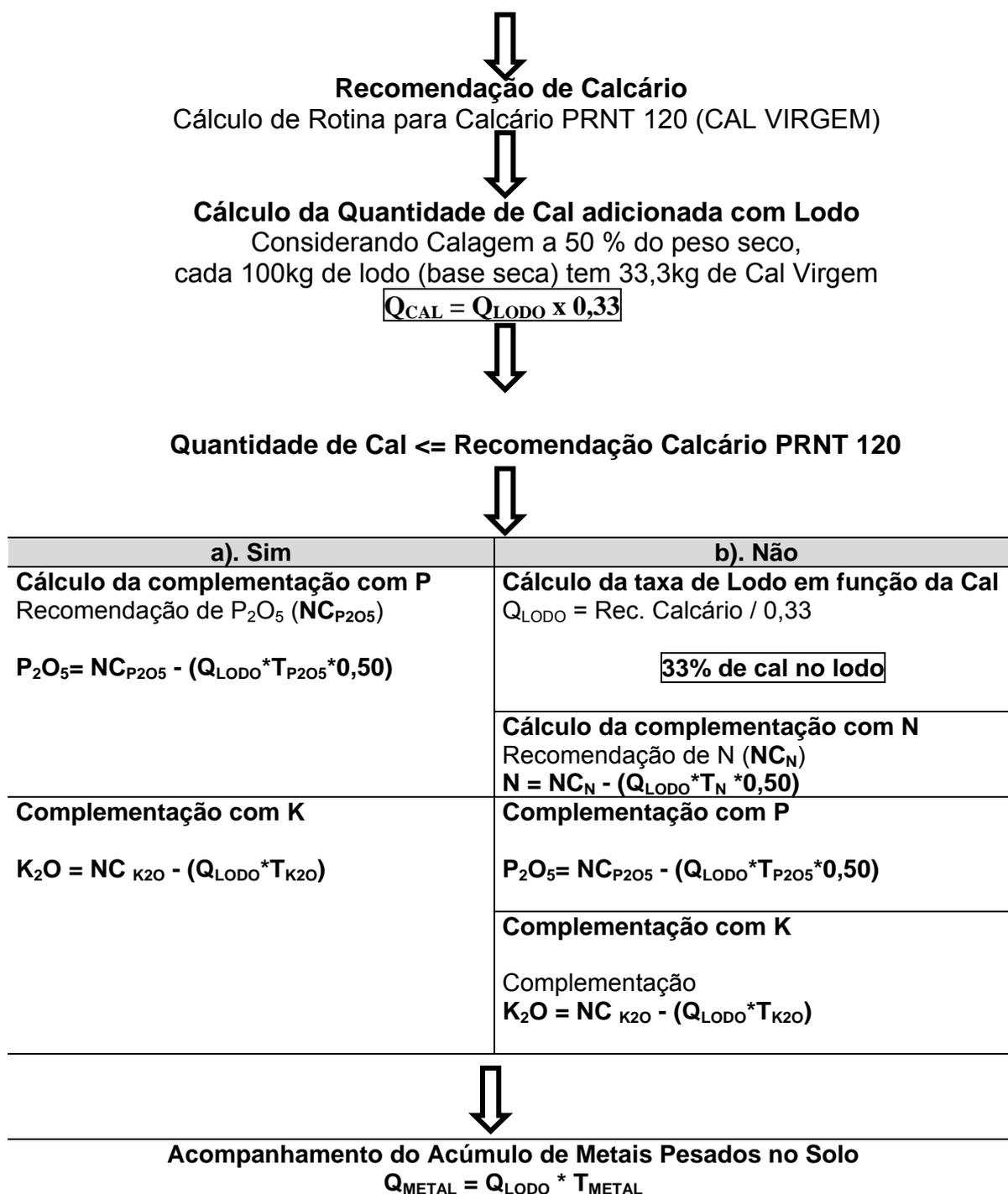
A recomendação da taxa de aplicação, além de instrumento de controle da fertilização do solo, constitui instrumento técnico de avaliação e controle do uso seguro do lodo. A taxa deverá ser calculada em função da: necessidade de nitrogênio da cultura; poder reativo do lodo; acúmulo de metais pesados.

O uso indiscriminado do lodo pode desencadear uma série de problemas ambientais: risco de lixiviação de nitrogênio, comprometendo a qualidade das águas subterrâneas e superficiais; risco de elevação de pH acima dos níveis adequados com comprometimento do desenvolvimento das culturas; risco de adicionar quantidade excessivas de metais pesados. A dose de aplicação do lodo não poderá fornecer nitrogênio ao solo superior ao recomendado para a cultura a ser implantada, considerando como taxa de Nitrogênio disponível no primeiro ano, 50% do valor total de nitrogênio presente no lodo. A cal virgem adicionada ao lodo no processo de higienização tem um poder relativo de neutralização total (PRNT) em torno de 120, considerada elevada e muito superior ao calcário dolomítico (PRNT de 75) usualmente utilizado na região, o que deve promover a elteração acentuada do pH do solo, que não pode ser elevado a níveis superiores a 6,5. A taxa de aplicação do lodo não poderá exceder o teor de qualquer metal pesado monitorado. O aporte em função do volume de aplicação em 10 anos não poderá exceder a 50 toneladas secas do lodo neste prazo para uso agrícola ou 100 toneladas de matéria seca de lodo aplicado em áreas degradadas.

A rotina de cálculo a ser seguida para a determinação da taxa de aplicação de lodo está ilustrada na figura 2, a seguir.

FIGURA 2 ROTINA DE CÁLCULO DA TAXA DE APLICAÇÃO AGRÍCOLA DE LODO DE ESGOTOS





Fonte: IA Plano de Gerenciamento de Lodo de Esgoto (SANEPAR, 2006)

A liberação dos lotes para uso agrícola está associada a duas condicionantes:

a) Qualidade do lote dentro dos padrões estabelecidos: Só podem ser liberados para uso agrícola os lotes de lodo que atenderem aos padrões

sugeridos. Caso algum parâmetro do lote de lodo não esteja em conformidade com algum dos parâmetros estabelecidos, deve-se verificar a possibilidade de correção, caso não seja possível este lote deverá ser desconsiderado para a reciclagem e encaminhado para outro destino de forma que a disposição se processe de forma ambientalmente adequada.

b) Recomendação Agronômica nos padrões solicitados: Somente será permitida a retirada de lodo higienizado com destino e recomendação agronômica de uso (projeto de uso), conforme projeto específico desenvolvido. Esta fase precede o recebimento do lodo. Assim sendo, a própria ficha de cadastro e recomendação enviada constitui-se na requisição de lodo. A rubrica ou assinatura do produtor, ao final do preenchimento, é fundamental para que este esteja ciente das recomendações de ordem agronômicas e ambientais.

A recomendação agronômica representa o projeto de utilização, relacionando as características do lodo produzido com a área onde será aplicado (rastreadibilidade), a avaliação do solo quanto ao potencial para uso do lodo (aptidão da gleba) e as taxas de aplicação de lodo e complementação mineral de adubos recomendadas pelo agrônomo responsável (taxa de aplicação), constituindo uma ferramenta de controle das condições de uso.

Após a liberação dos lotes para uso agrícola, o lodo higienizado dos pátios é carregado para os caminhões através de pá carregadeira convencional. O transporte do lodo para as propriedades é feito exclusivamente por caminhões caçamba devidamente adaptados para o transporte de materiais de natureza pastosa. A carroceria é dotada de trava de segurança para impedir eventual vazamento de lodo, realizando-se inspeções freqüentes para verificar a estanqueidade da caçamba. A carga é sempre coberta com lona plástica, de modo a proteger a carga de chuva e limitar odores. Após cada carregamento, os pneus devem ser lavados mediante uso de equipamentos de alta pressão, em instalação específica para este fim, na UGL. O transporte deve ser planejado em concordância com o espalhamento, otimizando a articulação das atividades: municípios e regiões de distribuição; rotas de transporte; deslocamento de máquinas e implementos de espalhamento; contratação de serviços; carregamento; indicação de itinerários; datas de entrega; etc.

O lodo deve ser utilizado logo após a entrega, não devendo ser estocado na propriedade. Caso seja impossível a utilização imediata, o armazenamento temporário deverá se dar no menor tempo possível e seguindo, no mínimo aos seguintes critérios: área plana de até 5% de declividade; distância mínima de 100 m de corpos hídricos, residências e áreas de frequência pública; aplicação de cal em superfície; sulco ao redor da leira.

Em acordo com as práticas de manejo e conservação do solo, previstas na IA – Plano de Gerenciamento de Lodo de Esgoto (SANEPAR, 2006), somente será permitida a utilização do lodo caleado em pré-plantio incorporado a profundidade mínima de 10 cm. As áreas destinadas a aplicação de lodo deverão obrigatoriamente possuir, ou implementar antes da aplicação, práticas de manejo e conservação do solo de acordo com as limitações e aptidão dos solos e recomendação técnica. As práticas usuais envolvem o plantio em nível, controle da erosão e manutenção da cobertura do solo. O espalhamento deverá ser feito em cobertura, segundo os procedimentos recomendados pelo responsável técnico de campo, visando atender a dosagem definida na recomendação agrônômica. A incorporação é imprescindível e será realizada com os equipamentos usuais disponíveis pelos agricultores, entre eles a grade niveladora, grade pesada, enxada rotativa ou outro implemento que a promova. A não incorporação expõe o produto ao transporte pela enxurrada, aumentando a probabilidade de contaminação de cursos d'água e de áreas a jusante. O planejamento de espalhamento acompanha o planejamento de transporte. Qualquer interrupção ou falha nesta fase prejudica o transporte do lodo e vice-versa.

As áreas de aplicação devem ser monitoradas regularmente para avaliar o desempenho do uso do lodo e determinar os efeitos do resíduo sobre o meio ambiente, com o objetivo de proteger o agricultor, a população e o ambiente.

Uma primeira avaliação anterior a aplicação de lodo avaliação deverá constar da ficha de recomendação agrônômica. Uma nova avaliação será realizada após a colheita da cultura fertilizada com lodo, e contará na ficha de controle da atividade na área em questão, juntamente com as impressões do técnico e do produtor sobre a utilização do lodo e os resultados sobre o desempenho agrônômico do resíduo.

Todas as propriedades agrícolas que receberão lodo de esgoto serão avaliadas quanto as propriedades físico-químicas em dois momentos:

- Antes da aplicação de lodo: visando avaliar a aptidão.
- Após a aplicação: após a colheita das espécies cultivadas visando caracterizar quanto aos efeitos da aplicação e possíveis efeitos negativos em especial quanto a alterações do pH.

Na aplicação de lodo em áreas degradadas a coleta de amostras deverá ser realizada a cada 100ha onde houve a utilização de lodo. A coleta de amostras para monitoramento dos efeitos sobre o solo deve ocorrer na gleba onde foram aplicadas as maiores dosagens de lodo.

Os metais a serem avaliados deverão ser os mesmos considerados para a análise do lodo (Pb, Cd, Cu, Zn, Ni, Hg e Cr) e o monitoramento de acúmulo de metais pesados será executado em duas fases:

- Quantidade de metais aplicada no solo, executado em todas as áreas, relacionará, com base nos teores de metais no lodo e da quantidade de lodo aplicada por unidade de área, o montante total de cada um dos elementos acumulado a cada nova aplicação de lodo realizada.
- Teores de metais pesados nas propriedades que receberam lodo será realizada por amostragem, nas propriedades que receberam as maiores aplicações de metais.

A frequência de monitoramento para aplicação de lodo em áreas degradadas deverá ser a cada 10ha com utilização de lodo. A coleta de amostras para monitoramento dos efeitos sobre o solo deve ocorrer na gleba onde foram aplicadas as maiores dosagens de lodo.

As respostas esperadas com o monitoramento têm como objetivo orientar a interpretação dos resultados destas análises na revisão das estratégias do plano de reciclagem, permitindo redefinir posições mais conservadoras ou impor limitações mais rígidas para o programa.

O cadastro das propriedades será realizado com base nas informações obtidas e compiladas nos fichários de recomendação agrônômica, incluindo as seguintes informações:

- Caracterização da Propriedade
- Avaliação das Restrições Locacionais

- Caracterização do Potencial do Solo para Uso de Lodo
- Avaliação do Local de Estocagem Temporária
- Recomendação de Doses de Lodo e Complemento Mineral
- Espécies para Cultivo com Lodo
- Critérios e Cuidados no Manuseio
- Acompanhamento das Quantidades de Metais Pesados Adicionadas
- Responsabilidade Técnica pelo Laudo

Um relatório, pós colheita será feito pelo responsável técnico de campo e deverá ser encaminhado para a SANEPAR, visando a avaliação da produtividade das áreas e dos eventos como comportamento das culturas, eventos relacionados com aspectos ambientais, opinião do produtor, etc.

A avaliação da aceitabilidade será mediante questionários aplicados aos agricultores que receberam lodo e vizinhos visando caracterizar as limitações da aplicação e os pontos fortes.

Os relatórios de acompanhamento da atividade são solicitados pelo IAP para renovação da autorização/licenciamento do uso do lodo em áreas agrícolas.

Estes relatórios devem sistematizar as seguintes informações:

- Relação de agricultores beneficiados
- Localização das propriedades
- Área aplicada
- Data de retirada do lodo da ETE
- Data de aplicação
- Quantidade de lodo aplicada
- Lotes de lodo
- Espécie cultivada
- Forma de transporte
- Forma de aplicação

2.3 FERRAMENTA DE AUXÍLIO À TOMADA DE DECISÃO

Uma boa metodologia de análise de decisão requer avaliação da exatidão dos dados (informações) sobre o problema e eficiência de manipulação do sistema a

fim de que se possa atingir as metas planejadas (DIAS, 1996 apud MEDEIROS, 2003). O dado é um elemento puro, quantificável sobre um determinado evento. Geralmente, os dados são utilizados no ambiente operacional, registrados, selecionados e recuperados de um Banco de Dados ou das mais variadas formas de documentos. A informação é o dado analisado e contextualizado. Envolve a interpretação de um conjunto de dados. Já o conhecimento, refere-se à habilidade de criar um modelo mental que descreva o objeto e indique as ações a implementar, as ações a tomar. A compreensão, análise e síntese, necessárias para a tomada de decisões inteligente, são realizadas a partir do nível do conhecimento. A geração do conhecimento resulta de um processo no qual uma informação é comparada a outra e combinada em muitas ligações (hiperconexões) úteis e com significado. Uma decisão é o uso explícito de um conhecimento (REZENDE, et al., 2005).

A modelagem é uma técnica (ou ferramenta) que pode auxiliar o processo de tomada de decisão, uma vez que permite a simulação de vários cenários e estimar a repercussão dos diferentes cursos de ação sobre os sistemas de produção (MEDEIROS, 2003). Simulação consiste no processo de construção de um modelo que replica o funcionamento de um sistema real ou idealizado (ainda a ser construído) e na condução de experimentos computacionais com este modelo, com o objetivo de melhor entender o problema em estudo, testar diferentes alternativas para sua operação e, assim, propor melhores formas de operá-lo (SALIBY, 1999). Além de descrever e/ou estimar a reação do sistema face à ação, a técnica de modelagem pode ser utilizada para orientar a execução de pesquisas e indentificar áreas onde existe carência de informação. Assim, após a identificação do problema e do conhecimento prévio a construção do modelo pode fornecer subsídios (informações) para quantificar os processos que ocorrem no interior do sistema (LOVATTO, 2002 apud REZENDE et al., 2005). O modelo deve representar o sistema ou sub-sistema logístico a ser estudado, considerando os relacionamentos existentes entre recursos e atividades, ficando próximo o suficiente da operação real, de modo a garantir resultados robustos e confiáveis (BRITO, 2007). Os modelos devem ser tão simples quanto possíveis e tão complexos quanto necessário para que ocorra um balanço ótimo entre os erros das estimativas e dos parâmetros modelados (BARIONI, 2002 apud REZENDE et al. 2005). Incorporar as incertezas presentes, ou pelo menos as principais dela é muito importante para o planejamento

de capacidade de longo prazo, uma vez que pode mudar significativamente a decisão tomada e, conseqüentemente, os investimentos necessários para a implantação do plano de expansão (BRITO, 2007).

Brito (2007) propõe a seguinte metodologia para desenvolvimento do modelo:

Etapa 1 - Levantamento de informações: onde o analista de simulação deve obter todas as informações necessárias para o entendimento claro do sistema a ser modelado e dos objetivos que devem ser alcançados. É importante definir claramente o escopo e ter em mente quais perguntas precisam ser respondidas pelo modelo.

Etapa 2 – Modelagem conceitual e de dados: consiste na definição da lógica do modelo e na sua representação para que todas as pessoas envolvidas no processo possam entendê-lo. É nesta etapa que são definidas as prioridades de atendimento, fluxo de materiais, recursos envolvidos e seu relacionamentos com as atividades entre outros.

Etapa 3 – Modelagem matemática: o modelo é convertido em um modelo computacional por meio da utilização de alguma linguagem de programação ou de algum software de simulação.

Etapa 4 – Validação do modelo: Após a construção, o modelo matemático computacional precisa ser comparado ao modelo conceitual de modo a avaliar se a lógica definida anteriormente foi fielmente implementada.

Etapa 5 – Análise dos resultados: São realizadas diversas rodadas em função dos cenários e variações que se deseja avaliar. A simulação por si só não responde qual seria a melhor alternativa, e sim como um sistema se comporta dada uma certa configuração.

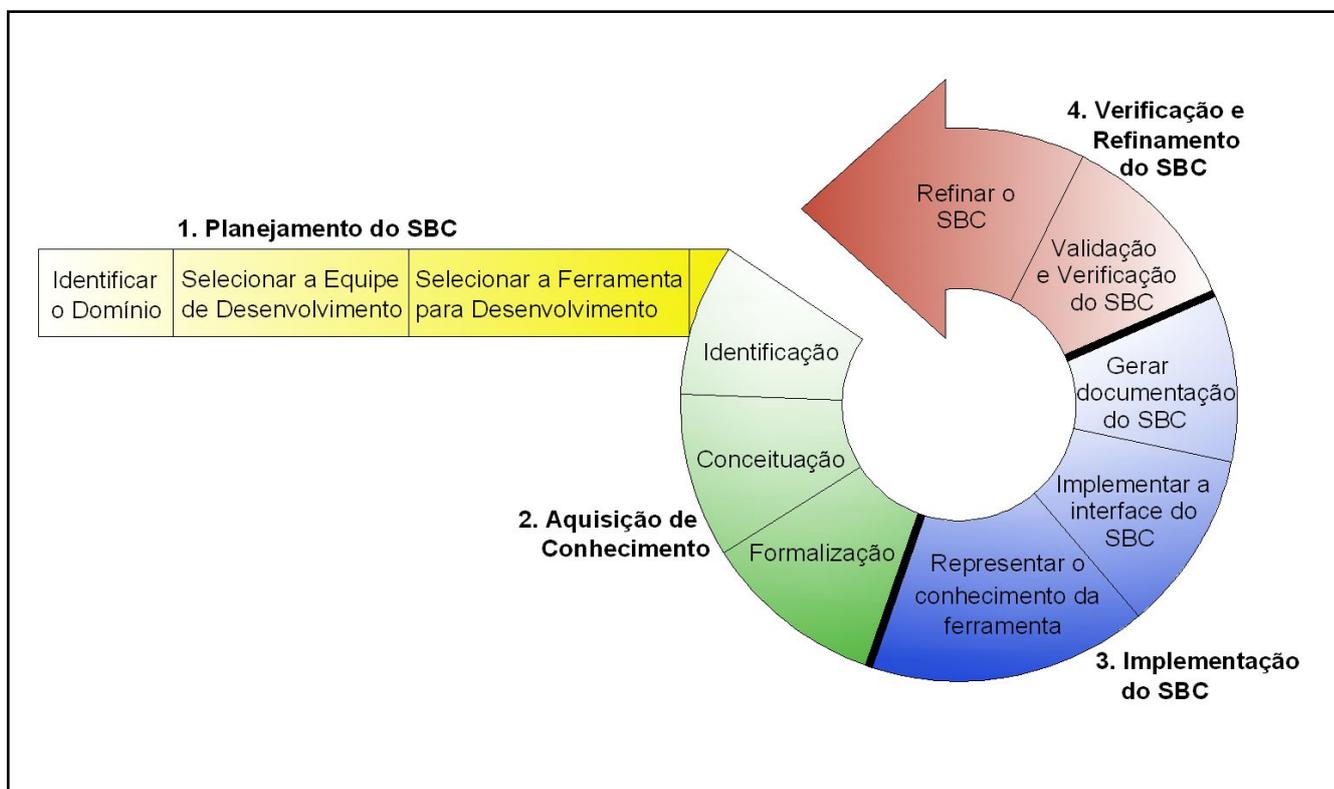
Segundo Rezende et al., (2005), Sistemas baseados no conhecimento são sistemas capazes de resolver problemas usando conhecimento específico sobre o domínio da aplicação. A estrutura Geral de um SBC (Sistema baseado no conhecimento) se constitui de:

- Núcleo do Sistema Baseado em Conhecimento (NSBC) ou shell, que desenha as principais funções do SBC, sendo responsável, entre outros pelos mecanismos de inferência do sistema;

- Base do Conhecimento (BC) onde está representado todo o conhecimento sobre um determinado domínio, ou seja, contém uma abstração do mundo descrita explicitamente por um formalismo processável computacional;
- Memória de Trabalho (MT), onde são armazenadas as conclusões intermediárias de um processo de raciocínio e as respostas fornecidas pelo usuário durante a interação;
- Base de Dados (BD), o sistema pode estar interagindo com uma BD para obtenção ou armazenamento de dados e/ou informações;
- Interface com o usuário, responsável pela obtenção da informação junto ao usuário, além da apresentação de resultados e explicações.

Ainda segundo Rezende et al. (2005), o desenvolvimento de um SBC é um processo que depende muito dos recursos disponíveis e de como estes recursos são organizados e gerenciados. As principais etapas do desenvolvimento de um SBC são ilustradas na figura 3.

FIGURA 3 PROCESSO DO DESENVOLVIMENTO DE UM SISTEMA BASEADO EM CONHECIMENTO



Fonte: Rezende et al (2005)

Costa et al., (2004) desenvolveu um sistema especialista a fim de fornecer maior eficiência aos profissionais responsáveis pela aplicação do lodo de esgoto em áreas agrícolas. Para o desenvolvimento do sistema foi utilizado o software ASP (Active Server Pages) e incorporados ao sistema os conhecimentos da norma da CETESB P4.230/99, referente à aplicação de lodo de sistemas biológicos no solo e também critérios agronômicos.

O sistema desenvolvido objetivou avaliar a qualidade do lodo de esgoto e fazer sua recomendação de aplicação, levando em consideração fatores como teor de nitrogênio disponível, concentração de metais pesados, presença de microorganismos patogênicos presentes no lodo de esgoto e os teores de metais pesados acumulados pelas aplicações sucessivas de resíduo. O sistema ASP é uma linguagem computacional de programação para geração de páginas dinâmicas. Este fica armazenado na plataforma de um servidor, onde pode ser acessado pelos usuários via Internet. A base do conhecimento do sistema foi desenvolvida de acordo com a forma como o especialista no uso agrícola do lodo de esgoto, no caso Dr Ronaldo Severiano Berton, deduz e infere seu conhecimento. O conhecimento consiste de fatos e heurísticas, onde os fatos no sistema constituem-se de informações que são solicitadas ao usuário do sistema. As heurísticas são as regras que caracterizam a tomada de decisão e foram representadas através de regras do tipo “se..então”. A linguagem ASP não possui máquina de inferência, mas fornece ferramentas que possibilitaram criar rotinas de interação dos fatos com as regras, simulando o mecanismo de encadeamento para frente ou “forward chaining”. As rotinas de análise da qualidade do lodo de esgoto consideraram os seguintes critérios: concentrações máximas permitidas de metais pesados e concentrações máximas permitidas de patógenos. O sistema está estruturado segundo duas fases:

- Diagnóstico: O sistema solicita ao usuário dados da análise química e microbiológica da amostra que representa o lodo de esgoto que pretende utilizar para dar o diagnóstico da sua qualidade. As concentrações (mg/kg) são solicitadas para os metais pesados arsênio, cádmio, cobre, chumbo, mercúrio, molibdênio, níquel, selênio e zinco e para os patógenos coliformes fecais (NMP/gST) e Salmonella sp. (NMP/ 4gST). No diagnóstico da amostra, a resposta do sistema indica a adequabilidade do esgot para uso agrícola.

- **Recomendação de adubação:** O sistema solicita o nome da área onde se deseja aplicar o lodo de esgoto e o seu histórico, caso haja, de aplicações com respectivas quantidades; bem como dados do lodo de esgoto (base seca) para o cálculo da dose provisória de lodo de esgoto, basendo-se na necessidade de nitrogênio da cultura alvo. O profissional responsável pela aplicação deve informar as quantidades de nitrogênio, fósforo e potássio recomendadas para a cultura e qual o tipo de aplicação de lodo, se “superficial” ou “sub-superficial”. A taxa provisória calculada é então comparada com os valores máximos anuais e de cargas cumulativas de metais pesados permitidos em solos agrícolas on Estado de São Paulo, segundo padrões CETESB ,1999. O sistema permite atualização destes padrões. Havendo uma ou mais restrições, o sistema adota a dose que apresentar o menor valor como dose final. Após calcular a dose final, o sistema apresenta uma recomendação de adubação complementar com adubo mineral, se necessário. Os dados gerados são armazenados em um banco de dados do sistema para que sejam considerados em aplicações futuras.

Costa et al., (2004) quanto a aduabilidade do sistema desenvolvido, concluíram que o sistema desenvolvido é uma ferramenta de auxílio ao técnico responsável pela aplicação do lodo de esgoto na agricultura. Porém, ficou demonstrado que seu escopo de atuação é limitado, não abrangendo todos os aspectos que envolvem uma aplicação agrícola de esgoto. As informações precisas do sistema referentes a nutrientes (NPK) e metais pesados possibilitaram um aproveitamento agrônômico aduado do lodo de esgoto, feito com segurança de não estar causando danos ao ambiente e ao homem. A subjetividade na utilização do lodo de esgoto na agricultura influencia o processo de validação do sistema, pois a avaliação fica sujeita à experiência e ao conhecimento técnico responsável pela aplicação. Os resultados apresentados pelos especialistas apresentaram divergências em questões como valor da dose calculada de lodo de esgoto, quantidades fornecidas pela dose de NPK e na recomendação de adubação complementar com adubo mineral para NPK. Todos receberam as mesmas situações para fazer recomendação de adubação com lodo de esgoto e um mesmo questionário.

Já para o estudo de localização das UGLs verifica-se que o roteiro pode seguir a mesma estrutura daquela utilizada para a definição de redes logísticas, em função do nível de atendimento conforme proposto por Lacerda (2001). Neste caso, o sistema computacional pode apresentar as seguintes aplicações:

- Nível estratégico: determinação do número, tamanho e localização de UGLs e áreas de armazenamento;
- Nível Tático: definição da alocação das comunidades agrícolas às UGLs e das UGLs às ETEs;
- Nível Operacional: elaboração de planos de contingência, onde se pretende realocar de forma ótima a disposição do lodo no caso de saturação de uma determinada área.

São desejáveis em um sistema computacional de localização as seguintes características (LACERDA, 2001):

- Capacidade de Modelagem: deve permitir a modelagem de características específicas de cada sistema sob análise.
- Metodologia de solução: preferencialmente os que utilizam algoritmos otimizantes: programação linear ou programação inteira mista, pois permitem uma avaliação rigorosa das alternativas operacionais.
- Facilidade no manuseio de dados: os problemas de localização invariavelmente lidam com uma massa de dados muito grande, sendo fundamental manuseá-la de forma eficiente. São desejáveis a conectividade com sistemas existentes na empresa, permitindo troca de dados com aplicativos como planilhas eletrônicas e softwares de gerenciamento de banco de dados
- Visualização de resultados: a apresentação dos resultados através de mapas, gráficos e tabelas é um excelente instrumento para comunicação dos resultados das análises ao pessoal não técnico.
- Facilidade de utilização: os sistemas computacionais devem permitir a realização de análise de cenários e análises paramétricas de forma rápida e fácil.

Conforme Costa (2004), com o auxílio de um sistema especialista como uma ferramenta, uma maior confiança é alcançada nos resultados dos projetos para aplicação do lodo de esgotos na agricultura, diminuindo possibilidades de erro.

Considerando a hipótese aqui trabalhada, pode-se inferir ainda, a otimização dos recursos orçamentários envolvidos.

3 MATERIAL E MÉTODO

O desenvolvimento deste trabalho consistiu basicamente, do cumprimento das seguintes etapas:

- a) pesquisa e compilação de dados e informações relativas a: gestão de lodo de esgotos; impacto ambiental do lodo de esgoto; uso agrícola do lodo de esgoto; aquisição do conhecimento; logísticas de instalações e transportes.
- b) obtenção de Normas, Leis, Regulamentos, Resoluções e Procedimentos pertinentes ao tema, a nível governamental e institucional;
- c) análise das normas e leis Federal, Estaduais e Municipais frente às reais condições ambientais, operacionais e gerenciais de lodos de esgoto e de sua aplicação na agricultura;
- d) estruturação de um Plano de Gestão de Lodos de Estações de Tratamento de Esgotos, tomando como base os dados do Estado do Paraná;
- e) desenvolvimento de um modelo conceitual para gestão do lodo e para a seleção da alternativa ótima para implantação de UGLs.
- f) avaliação estratégica de gerenciamento de lodos com desenvolvimento de um modelo matemático embasado em um Estudo de Caso.
- g) desenvolvimento de um software baseado no conhecimento para determinação dos custos monetários das alternativas para logística de instalação de UGLs.

Para se estabelecer um modelo conceitual de gerenciamento de lodos visando o uso agrícola partiu-se para pesquisa das práticas atuais que estão sendo implementadas no Estado do Paraná.

Os trabalhos de aquisição de informações, dados e parâmetros foram desenvolvidos junto a concessionária de serviços de saneamento do estado do Paraná. Devido ao interesse da Companhia para o desenvolvimento de um Plano de Ação de Resíduos de Estações de Tratamento – ETE em nível do Estado do Paraná, um grupo de trabalho de técnicos da concessionária foi alocado para dar suporte ao desenvolvimento do objeto desta tese. Este grupo de trabalho contou com a

colaboração fixa de quatro engenheiros civis; 3 engenheiros agrônomos e 2 químicos ambientais da concessionária de saneamento do Paraná.

A problemática da gestão de resíduos de ETE foi abordada através de reuniões semanais durante o período entre agosto de 2006 a março de 2007, sendo que, a cada reunião, os marcos principais necessários para a definição de soluções eram elencados de forma a nortear o desenvolvimento da pesquisa de informações, levantamento, tratamento e tratamento de dados, e avaliação de resultados.

A concessionária de saneamento do Paraná, em acordo com informações relativas a outubro/2006, responde pela coleta, afastamento, tratamento e lançamento final dos esgotos sanitários de 146 municípios do Estado do Paraná, agrupados em 20 gerências regionais. Possui 233 Estações de Tratamentos de Esgoto, totalizando 13.790 L/s de capacidade nominal, atendendo 3.535.364 habitantes de um contingente urbano estimado em 4.918.513 habitantes residentes nos municípios atendidos por SES.

Apesar de possuir padrões operacionais já estabelecidos, a nível regional, as informações são gerenciadas de forma bastante particularizadas, dificultando a disponibilização de dados em um mesmo formato e com a mesma qualidade, necessários para se estabelecer um modelo. Também o processo de tomada de decisão é desenvolvido independentemente por cada Gerente Regional, seguindo diretrizes estabelecidas pela Companhia, porém considerando as condicionantes locais de interesse. Desta forma, o desenvolvimento dos trabalhos pode ser dividido nas seguintes etapas:

- Diagnóstico da produção de resíduos;
- Prognóstico da produção de resíduos;
- Estabelecimento de diretrizes para avaliação de alternativas para logística de implantação de UGLs visando a aplicação agrícola – Modelo Conceitual;
- Estudo de Caso visando estruturar o modelo matemático;
- Desenvolvimento de um software baseado no conhecimento para o cálculo da viabilidade de implantação de UGLs

3.1 DIAGNÓSTICO DA PRODUÇÃO DE RESÍDUOS

Inicialmente sentiu-se a necessidade de se diagnosticar os sistemas de tratamento existentes, as técnicas de desidratação e desinfecção do lodo em operação, bem como os procedimentos de higienização e disposição final em vigor dentro da companhia, seguindo um mesmo procedimento de obtenção de dados. Para tanto, a concessionária de saneamento do Paraná elaborou um questionário interno para as Unidades Regionais, onde foram solicitadas as seguintes informações, por estação de tratamento:

- Nome da estação de tratamento de esgotos, localização e coordenadas UTM;
- Lay-out da ETE, ou avaliação e área disponível para futura implantação de Unidades Gerenciais de Lodo;
- Descrição e características das unidades e processos de tratamento existentes;
- Vazão de tratamento atual e capacidade nominal (vazão de projeto) de cada estação;
- Condições atuais de adequação e disposição final de resíduos

Os dados foram fornecidos pela Concessionária em forma de planilha resumo, onde constavam os valores e informações básicas dos sistemas de água e de esgoto de cada localidade, possibilitando a avaliação dos consumos e contribuições per-capita para cada sistema sanitário, conforme tabela apresentada no anexo B , relativa a Gerência Regional de Ponta Grossa.

A partir do conhecimento das vazões atuais e de projeto de cada estação, bem como das tecnologias, unidades e processos de tratamento existentes foi possível determinar a quantidade de resíduos geradas atualmente e relativas a capacidade nominal das ETEs. Os parâmetros e as fórmulas matemáticas utilizadas foram adotados com base em bibliografia especializada e em processos empíricos aplicados no Estado do Paraná. Os valores determinados teoricamente foram avaliados junto aos dados de operação dos sistemas de forma a validar os parâmetros e formulários adotados.

Nesta etapa de diagnóstico, os cálculos foram desenvolvidos para todo o Estado do Paraná, de forma a possibilitar o conhecimento das diferentes variáveis

envolvidas a nível regional, considerando fatores tais como: clima, tecnologias adotadas, procedimentos operacionais, características do lodo produzido, etc. As informações homogêneas foram agrupadas, possibilitando a definição de procedimentos e parâmetros padrões em acordo com determinadas condições locais, tais como:

- Densidade do lodo e teor de sólidos no lodo produzido por tecnologia de desidratação em uso pela concessionária de saneamento do Paraná (leitões de secagem ou centrífuga) e devido a condições climáticas regionais;
- Teor de cal adicionada por tipo de lodo bruto produzido

3.2 PROGNÓSTICO DA PRODUÇÃO DE RESÍDUOS

A partir do reconhecimento das definições necessárias, partiu-se para o estabelecimento de quais dados seriam necessários, de que forma deveriam ser apresentados e como deveriam ser tratados, assegurando que os mesmos estivessem de acordo com o sistema de padronização da concessionária de saneamento do Paraná e que os resultados obtidos fossem confiáveis e seguros para embasar um planejamento de gestão de lodo de esgotos sanitários no curto, médio e longo prazos.

Com base nos procedimentos e parâmetros estabelecidos, foi desenvolvido junto com a equipe do Plano de Ação alocada pela concessionária de saneamento do Paraná, o modelo conceitual do processo de produção de resíduos de ETEs e de lodos de esgoto desaguado e caleado. Este modelo conceitual foi simulado matematicamente em planilhas do excel, com os valores obtidos para o cenário atual comparados pela Concessionária com os dados reais da operação.

Tendo-se definido pela qualidade dos resultados obtidos frente aos valores reais operacionais, o modelo conceitual elaborado para o cenário atual foi extrapolado para o prognóstico dos cenários nominal (vazão de projeto das ETEs já em operação), 2017 e 2027.

Para tanto, houve a necessidade de se desenvolver o estudo populacional dos municípios do Estado do Paraná, de se estabelecer metas de atendimento para as regiões urbanas já servidas por sistemas de esgotos sanitários, bem como para

aquelas que ainda não estão atendidas. Foram também discutidas as possíveis tecnologias futuras a serem adotadas pela concessionária de saneamento do Paraná, tendo em vista termos de compromisso para tratamento de esgotos, visando a incorporação de processos para remoção de nutrientes nas ETEs existentes e novas, conforme estabelece a resolução SEMA 001/2007. A definição das tecnologias de tratamento de águas residuárias tem grande importância na produção quantitativa e qualitativa de resíduos e, portanto, mereceu uma atenção especial por parte da equipe alocada nas discussões quanto aos parâmetros e fórmulas a serem adotados no modelo matemático.

Os resultados obtidos forneceram um prognóstico dos volumes de lodos brutos, desaguados e caleados produzidos nos sistemas de esgotamento sanitário do estado do Paraná, para o horizonte de 10 e 20 anos.

3.3 MODELO CONCEITUAL PARA AVALIAÇÃO DE ALTERNATIVAS PARA LOGÍSTICA DE IMPLANTAÇÃO DE UGL'S

Da mesma forma que na etapa de diagnóstico foram pesquisados os requisitos legais, as instruções normativas, os diferentes fatores regionais e os cuidados operacionais a serem observados pelo processo de gestão do lodo de esgotos, tais como: características de solo; tipo de transporte requerido e disponibilizado; características das vias de transporte; aceitação da comunidade; tipos de cultivo agrícola; requisitos agrônômicos regionais; sazonalidade; características dos resíduos produzidos; facilidade operacional; disponibilidade técnica para monitoramento e controle de qualidade do lodo e para assistência agrônômica; alocação de pessoal técnico e de equipamentos; possibilidade de disposição final em aterro sanitário municipal; etc. A partir da compatibilização das variáveis envolvidas, procurou-se determinar os requisitos mínimos necessários para a implantação de um projeto para aplicação de lodo de esgoto na agricultura e as diretrizes padrão passíveis de implantação pelas regionais no gerenciamento do lodo, tais como:

- Procedimentos e recursos necessários para a coleta de amostras, e para análises de monitoramento e controle da qualidade do lodo, bem como durante a caracterização e análise do solo onde o lodo será aplicado
- Caracterização dos solos por município, condições e taxas de aplicação agrícola
- Considerações e definição do plano “B”: disposição final do lodo não aplicável na agricultura
- Processo de calagem por porte da estação
- Definição dos fluxogramas operacionais das alternativas de adequação de lodo de esgotos para uso agrícola
- Definição das instalações mínimas e áreas necessárias por alternativa
- Definição das alternativas de transporte de lodo e de equipamentos (maromba móvel)
- Determinação das distâncias de transporte entre estações de tratamento e entre municípios, com base no mapa rodoviário do Estado do Paraná (2004).
- Determinação do potencial agrícola para aplicação do lodo de esgotos, estimado com base no mapa de solos e aptidão agrícola do Estado do Paraná, desenvolvido pela UFPR (SOUZA et al., 1994).
- Disponibilização de mão de obra adequada e qualificada
- Produtividade média da equipe e dos equipamentos
- Vida útil dos equipamentos
- Principais custos envolvidos
- Taxas de amortização de investimentos

A cada fase cumprida, os parâmetros adotados, os valores resultantes, os desenhos produzidos, e os procedimentos descritos eram levados para avaliação nas reuniões da Equipe do Plano de Ação, onde eram apreciados e analisados quanto a sua adequação. O modelo Conceitual desenvolvido visou o atendimento das expectativas de todas as gerenciais regionais de sistemas de saneamento do estado do Paraná.

3.4 ESTUDO DE CASO

Para atestar a validade do Modelo Conceitual e a aplicabilidade do modelo matemático desenvolvido em planilhas do excel frente a realidade do Paraná, selecionou -se a unidade regional de gerenciamento de sistemas de saneamento de Ponta Grossa – URPG, no Estado do Paraná, para ser objeto de Estudo de Caso. A seleção desta regional deveu-se a mesma ser composta por diferentes portes de sistemas de esgotamento sanitário, o que auxiliou na verificação da adequabilidade do modelo para diversas condições operacionais.

A regional de Ponta Grossa atende com SES os municípios de Imbituva, Inácio Martins, Ipiranga, Irati, Ivaí, Palmeira, Ponta Grossa, Porto Amazonas e Prudentópolis. Integram ainda esta regional, porém sem contar com SES, os municípios Fernandes Pinheiros, Guamiranga e Teixeira Soares. A população atualmente atendida pelo SES é de 211.732 habitantes. Com 20 ETEs instaladas, a URPG trata atualmente uma vazão média de 433,40 L/s de esgotos sanitários. A média atual de lodo dos reatores totaliza 112,510 m³/dia. Deve-se ainda incluir nestes totais, o lodo das lagoas, estimados em 14.421,84 m³/10 anos para a vazão média atual ou 42.094,65 m³/10 anos considerando a capacidade nominal. Assim, a produção de lodo desaguado chega a 10,81 m³/dia para a vazão média atual. As ETEs da URPG totalizam 1736 m³ de volume disponível para desidratação em leitos de secagem dispostos em 13 ETEs, sendo que a ETE Verde conta com sistema mecanizado com centrífuga e 5 ETEs não possuem sistema de desidratação.

Os valores orçamentários adotados na aplicação do estudo de caso foram determinados através de pesquisa dos valores praticados pela Unidade de Serviços de Aquisições – USAQ da Concessionária de saneamento do Paraná.

Os resultados foram analisados a cada passo pela Equipe do Plano de Ação, verificando a coerência dos valores obtidos com sistemas de saneamento similares em operação no Estado do Paraná.

3.5 SISTEMA BASEADO NO CONHECIMENTO

A par e passo com a evolução do desenvolvimento do modelo conceitual, também foi se arquitetando a melhor ferramenta para o desenvolvimento do sistema baseado no conhecimento. No início dos trabalhos o aspecto decorrente da falta de informações indicava um significativo grau de incerteza no processo de tomada de decisão para seleção da melhor alternativa. Desta forma a idéia do sistema a ser desenvolvido indicava a apropriabilidade de uma análise multi-criterial, com o estabelecimento de graus de incertezas que após processamento interativo, conduzissem a melhor solução estabelecida para os critérios adotados.

A primeira ferramenta a ser avaliada para a aplicação do sistema foi o ambiente de suporte Nética baseada na teoria da probabilidade. O Nética é um programa que pode ser usado para encontrar padrões de dados, criar diagramas que incorporam conhecimento ou representem o processo de tomada de decisão, de forma a fornecer respostas; definir a alternativa ótima e criar sistemas especialistas onde as incertezas são tratadas segundo a Teoria da Probabilidade (Sistemas Especialistas Probabilísticos ou Bayesianos). Trabalha com base em redes de confiança (crença) e diagramas de influência. A teoria da probabilidade representa a incerteza por aleatoriedade, isto é não se pode prever com toda certeza o que acontecerá num novo caso, mesmo do conhecimento estocástico de casos anteriores do domínio de aplicação. Utiliza uma estrutura rigorosa de representação de eventos aleatórios, aonde a probabilidade de um evento ocorrer assume valor de 0 a 1. É considerada também a probabilidade de ocorrência de um evento B (“conseqüência”) condicionada a ocorrência de um evento A (“causa”) (NASSAR, 2005).

Durante a avaliação desta ferramenta, o sistema concebido teria as suas variáveis concebidas como índice de valor que agregariam valores determinados com parâmetros de critérios, como por exemplo: o parâmetro custo operacional seria expresso em percentagem relativa entre as alternativas e poderia ter a ele agregado peso diferenciado dos outros parâmetros, sob a forma de probabilidade .

Ainda durante a concepção do sistema como aplicação de uma análise multi-criterial foi avaliada a possibilidade de utilização da teoria dos conjuntos difusos (Fuzzy Set). A lógica fuzzy utiliza os conjuntos difusos que permitem representar e

manipular dados que não são expressos em variáveis lingüísticas, isto é, classifica as variáveis de um problema de modo impreciso, em termos de conceitos qualitativos em vez de quantitativos (NASSAR, 2005). A aplicabilidade desta lógica no desenvolvimento do sistema especialista estaria embasada no estabelecimento de graus de pertinência, como por exemplo: facilidade operacional; alto, baixo custo de implantação; qualidade do produto: seco, muito seco, úmido, fluído; etc.

No entanto, a medida que os dados relativos a gestão de lodo de esgoto começaram a ser obtidos e o aprimoramento da qualidade destas informações, fizeram crescer o grau de certeza dos parâmetros adotados. Desta forma, os modelos numéricos baseado em regras se-então, onde as exceções as regras cada vez solicitavam menos inferências, tornaram-se cada vez mais atraentes.

Outro fator a ser destacado é associado ao tipo de usuário final do software pretendido. A ferramenta objetiva subsidiar o processo de tomada de decisão durante a seleção da melhor logística para implantação de UGLs regionais e, portanto, deve ser manipulada pelo gerente da regional do sistema de saneamento ou seus assistentes, que não possuem qualificação para testar e implementar inferências em sistemas informatizados, porém possuem grande domínio em ambientes windows da Microsoft. A ferramenta deve, portanto, ser facilmente manuseada e ter uma interface com o usuário extremamente amigável. Para dar ao Nética estas características seria necessário o desenvolvimento de um software de interface de tal forma que as inferências continuariam parte do programa, porém não necessitariam ser acessadas pelo usuário.

A apresentação de inferências embutidas sem que o usuário necessite conhecê-las foram as características encontradas na terceira ferramenta avaliada, o Visual FoxPro. O console computacional Visual FoxPro, pertence a suíte Visual Studio, pacote comercial da Microsoft, e caracteriza-se como uma ferramenta com linguagem centrada em dados e orientada a objetos, que oferece aos desenvolvedores de sistemas baseados no conhecimento, um conjunto de ferramentas robustas para a construção de aplicativos com bancos de dados (GRANOR; MARTINS, 2000).

Através da implementação de tabelas e processos customizáveis, o sistema desenvolvido no Visual FOXPRO é capaz de avaliar, entre opções e cenários apresentados, qual a melhor relação custo x benefício, custo monetário para cada

opção e cenário, bem como fornecer um relatório final para apresentação. Como vantagem oferecida por este sistema e voltada para o objetivo pretendido nesta tese salienta-se os recursos de interfaces com o usuário e a conectividade com aplicativos do Windows, através de formulários ancoráveis, que permite o gerenciamento simultâneo de vários bancos de dados com agilidade e confiança.

O Visual FoxPro permite criar uma interface personalizada de entrada de dados, e também implementar a base do conhecimento e o motor de inferência dentro da mesma ferramenta, através de técnicas de programação próprias, não sendo necessário o uso de mais de uma ferramenta para obtenção de resultados. Todas as regras ficam armazenadas dentro do próprio programa, facilitando alterações que se façam necessárias ou acréscimo de novos conhecimentos e funcionalidades, tornando-o ágil e de fácil adaptação a novas regras que venham a ser criadas. O programa é facilmente instalado no computador do usuário, não havendo a necessidade de instalação e nem configuração de mais nada além do aplicativo desenvolvido dentro da ferramenta (GRANOR; MARTINS, 2000).

O sistema permite que as “shells”, ou seja, *os ambientes de suporte para as várias tarefas envolvidas na utilização efetiva de um modelo numérico* (LUDVIGSEN, 1989), fiquem escondidas dentro do próprio programa, fazendo com que apenas uma simples entrada de dados seja feita pelo usuário, para então obter o resultado desejado. Desta forma, a entrada de dados no sistema é bastante amigável ao usuário final, facilitando o uso do sistema por pessoas que não tenham um conhecimento mais aprofundado na área computacional.

4 RESULTADOS E DISCUSSÕES

O presente trabalho teve por objetivo maior elencar todos os procedimentos necessários para o desenvolvimento de um sistema lógico de análise técnica-econômica e ambiental, visando nortear o processo de tomada de decisão na seleção de alternativas para gestão de resíduos de estações de tratamento de esgotos sanitários. Para tanto, pode-se contar com a cultura e experiência em sistemas de saneamento do Estado do Paraná, verificando-se as variáveis e condicionantes existentes, avaliando-se a complexidade do problema por unidade regional de serviços, através da compilação de dados e informações.

Desta forma, foi possível desenvolver uma metodologia para nortear uma ferramenta informatizada para auxiliar no processo de tomada de decisão de implantação de Unidades Gerenciais de Lodo – UGLs, para reciclagem agrícola, tendo em vista: suposições e prognósticos de alternativas viáveis; determinação das quantidades de resíduos e insumos; infra-estrutura necessária para adequação dos resíduos; a logística operacional, de transporte, de monitoramento e de controle; e os custos envolvidos.

4.1 ESTRUTURAÇÃO DE UM PLANO DE GESTÃO DE LODOS DE ESTAÇÕES DE TRATAMENTO DE ESGOTOS

O Plano de Ação para Gerenciamento de Lodos de ETE para o Estado do Paraná teve início com este trabalho, em agosto de 2006 e foi desenvolvido visando os seguintes estágios:

- Implantação efetiva: ano 2007
- Cenário Atual: 2006 / 2007, com índices de atendimento atuais
- Primeira Etapa: ano 2017, com índices de atendimento:
 - Municípios já atendidos – índice mínimo de 70%
 - Outros municípios com população urbana > 5000 hab – 60%
- Horizonte de Projeto: ano 2027, com índices de atendimento:
 - Municípios já atendidos – índice mínimo de 85%
 - Outros municípios com população urbana > 5000 hab – 80%

Os valores de quantificação dos resíduos por cenários do Plano de Ação foram agrupados em 20 unidades regionais de serviços de saneamento.

As pesquisas efetuadas e a experiência no gerenciamento de resíduos demonstraram serem tecnicamente viáveis para o Estado do Paraná, as seguintes soluções de disposição de lodos de sistemas de tratamento de esgotos:

- Reciclagem agrícola de nutrientes de todo o lodo de qualidade;
- Disposição em aterro sanitário próprio ou co-processamento em aterro sanitário municipal dos lodos sem aptidão agrícola.

Dentro da Estratégia de Gerenciamento, foram definidas pelo Plano de Ação, por unidade regional de gerenciamento de sistemas de saneamento no Estado do Paraná:

- Avaliação das quantidades de resíduos produzidos;
- Avaliação do tipo de desaguamentos das estruturas de higienização / condicionamento existentes, bem como da qualificação de mão de obra disponível.
- Desenvolvimento dos fluxogramas de referência para caleação, por porte de UGL (apresentados no anexo C)
- Avaliação das condicionantes técnicas-ambientais para reciclagem agrícola, onde foi verificado o potencial de incorporação do lodo na agricultura: áreas aptas, culturas adequadas, aceitação da comunidade;

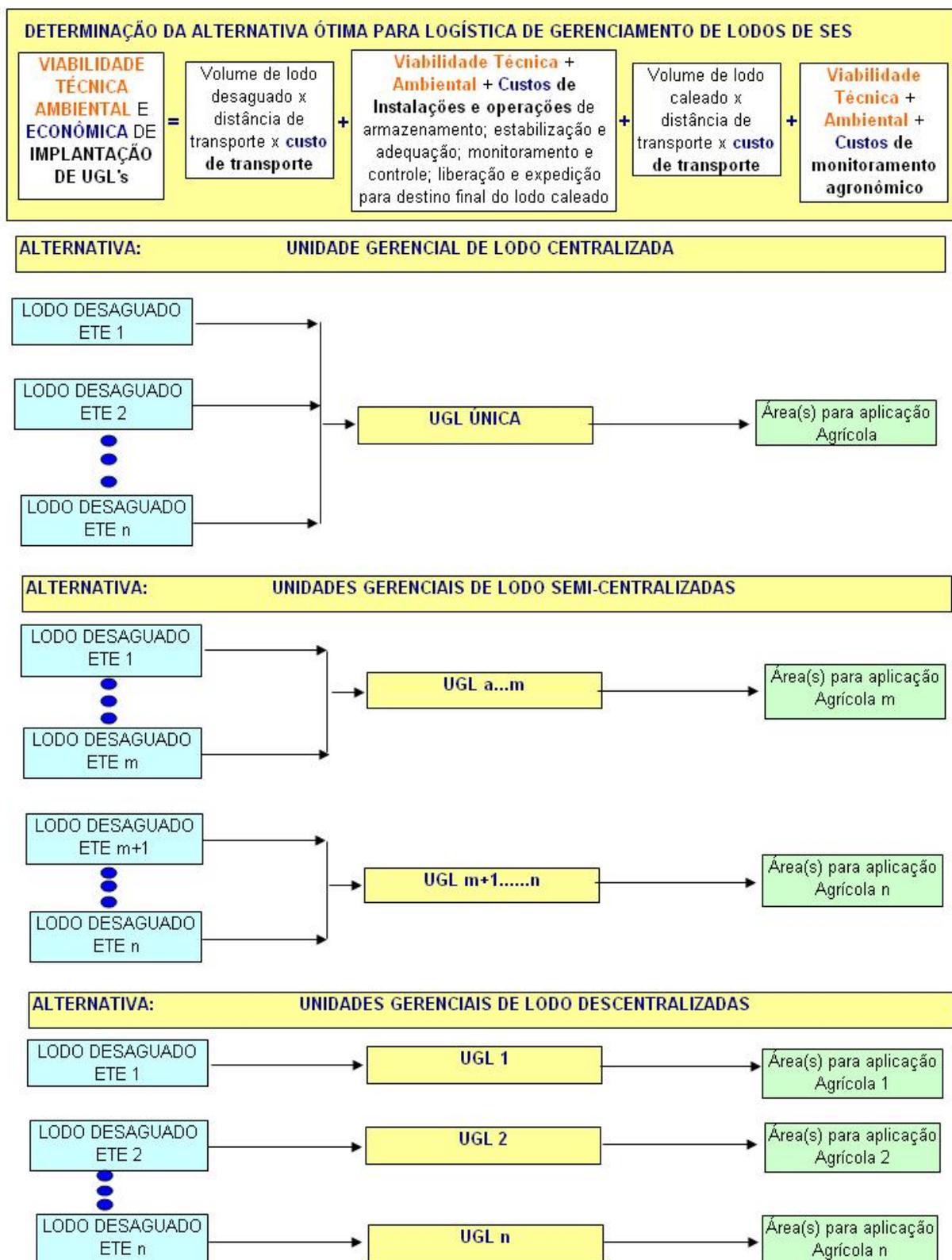
Partiu-se então para a estruturação da avaliação de Custos e Benefícios das alternativas de gerenciamento de lodos das ETEs de cada regional, onde foram considerados os seguintes fatores:

- Transporte do Lodo Desaguado das ETE`s até os possíveis pólos de UGL e do Lodo Tratado até a disposição final;
- Implantação das estruturas e aquisição de equipamentos
- Monitoramento: controle do processo, coleta de amostras e análises
- Operação: qualificação de mão de obra, produtividade, produtos químicos, energia elétrica
- Assistência Agronômica
- Banco de dados, rastreabilidade e responsabilidades
- Processos de Licenciamento

4.1.1 *Modelagem Conceitual e de Dados*

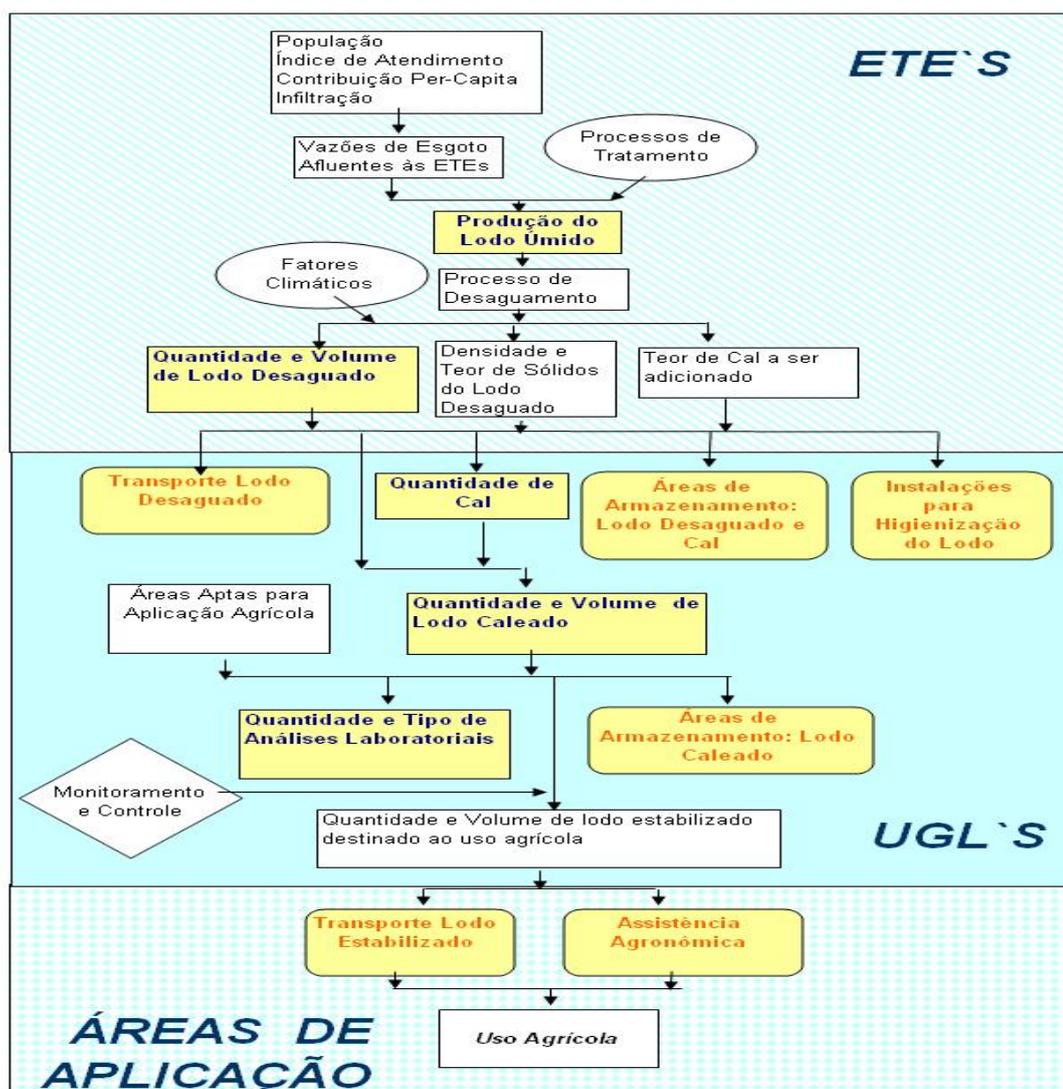
O modelo conceitual para determinação da alternativa ótima para logística de gerenciamento de lodos de sistemas de tratamento de esgotos sanitários levou em consideração as premissas contidas na Resolução CONAMA 375 e os itens mais significativos em uma avaliação estratégica, tais como: transporte, instalações, operações de higienização, monitoramento e controle, conforme representado pela ilustração da figura 4 a seguir.

FIGURA 4 MODELO CONCEITUAL PARA DETERMINAÇÃO DA ALTERNATIVA ÓTIMA PARA LOGÍSTICA DE GERENCIAMENTO DE LODOS DE SISTEMAS DE TRATAMENTO DE ESGOTOS



A figura 5 ilustra a seqüência de processamento de dados básicos para alimentar o modelo. As caixas com fundo branco representam os dados e informações necessários para o pré-processamento. As caixas em amarelo escritas com fonte azul representam os resultados do processamento visando o diagnóstico das ETEs da região estudada, e são os dados de entrada utilizados para a análise estratégica de gerenciamento do lodo. As informações obtidas e representadas em laranja são as quantidades utilizadas para a determinação dos custos durante a avaliação econômica comparativa entre alternativas de logística para implantação de unidades gerenciais de lodo, UGL's.

FIGURA 5 DADOS E INFORMAÇÕES NECESSÁRIOS PARA ALIMENTAÇÃO DO MODELO



4.1.2 *Quantificação e Caracterização da Geração De Lodos*

Para a determinação da quantidade de resíduos produzidos pelas estações de tratamento de esgotos, partiu-se dos dados operacionais relativos às ETEs existentes e do estudo populacional dos municípios atendidos pelo sistema de água e esgotos no Estado do Paraná, visando vislumbrar não apenas a situação atual, mas também no horizonte de 10 e 20 anos. Considerando que o Plano de Ação para Gerenciamento de Resíduos tenha sua implantação efetivada em 2007, estudaram-se os cenários: atual, capacidade nominal e para os anos 2017 e 2027.

4.1.3 *Estudo Populacional*

O Estudo Populacional foi elaborado considerando a população urbana dos municípios do Paraná, a partir dos dados dos Censos do IBGE relativos aos anos 1970, 1980, 1991, 1996 e 2000. Os valores censitários foram tratados individualmente para cada município, através das curvas de ajuste Linear, Logarítmica, Polinomial, Potência e Exponencial. A regressão que apresentou a melhor correlação foi adotada para a projeção da população de cada município, de forma a se obter os valores urbanos para os cenários 2007, 2017 e 2027.

4.1.4 *Índice de Atendimento*

Para o desenvolvimento deste estudo considerou-se para o cenário atual, os volumes de resíduos gerados nas ETEs para o nível de atendimento hoje existente do serviço de esgotamento sanitário nos municípios atendidos. Para os cenários 2017 e 2027, os índices mínimos de atendimento adotados foram de 70% e 85%, respectivamente, em acordo com metas estabelecidas pela concessionária. Considerou-se ainda que, a partir de 2017, os municípios atendidos pelo SAA no Paraná que apresentassem população urbana superior a 5.000 habitantes, passariam a ser atendidos também pelo SES. Estes novos municípios, foram

considerados com índice de atendimento de 60% em 2017 e 80% em 2027, em acordo com a política e metas da empresa concessionária estadual.

4.1.5 *Contribuição Per-Capita*

O per-capita de consumo para os municípios foi obtido através de dados dos sistemas locais de abastecimento de água. Considerou-se um acréscimo de 20% nos valores obtidos para compensar os erros de micro-medição. A taxa de retorno considerada para o per-capita de contribuição foi de 80%. Para os municípios cujos dados de consumo não estavam disponíveis, adotou-se per-capita de contribuição igual a 120 L/hab.dia.

4.1.6 *Infiltração*

Nos municípios já atendidos pelo SES determinou-se a extensão de rede para cada cenário considerando os índices de extensão de rede por residência e de hab/dom verificados pelos sistemas locais. Foram acrescentadas as extensões de interceptores existentes. Para os municípios sem atendimento atual, adotaram-se os índices de 15 m/ed para o cenário 2017 e 12 m/ed para o cenário 2027. A taxa de infiltração considerada foi de 0,1 l/s.km, equivalente à rede em PVC ou Manilha de Barro com junta elástica.

4.1.7 *Vazões Afluentes às Estações de Tratamento de Esgotos – ETEs*

As vazões médias afluentes às estações de tratamento foram determinadas a partir da somatória das vazões sanitárias com as contribuições relativas à infiltração.

4.1.8 Produção do Lodo Úmido

Os processos de tratamento do Paraná, a exceção da ETE Belém, caracterizam-se por uma composição de reator anaeróbio seguido de tratamento secundário, onde são geralmente considerados os seguintes parâmetros (ALÉM SOBRINHO, 2001, JORDÃO, 2005, PESSOA, 2005;):

- Carga Orgânica Afluente a ETE: 54 kgSS/hab.dia
- Produção de Lodo no Reator: 0,28 kgSS/dia/kg C.O.apl
- Eficiência na remoção de SS do Reator: 70 %
- Produção de Lodo no Filtro Anaeróbio: 0,035 kgSS/dia. m³
- Produção de Lodo no Filtro Biológico AT: 0,85 kgSS/dia kg C.O.apl
- Produção de Lodo no Tanque de Flotação: 1,00 kgSS/dia kg C.O.apl
- Produção de Lodo no Filtro Aerado Submerso: 0,70 kgSS/dia Kg C.O.apl
- Produção de Lodo no Tanque de Aeração Prolongada: 0,70 kgSS/dia Kg C.O.apl
- Produção de Lodo em Lagoas: 0,18 kgSS/dia kg C.O.apl
- Peso Específico do lodo úmido: 1030 kg/m³
- Teor de sólidos no lodo úmido após unidades de tratamento: 3% SS
- Teor de sólidos no lodo úmido após tratamento c/ aeração prolongada: 1,2% SS

Os processos existentes foram considerados para os cenários atual e nominal. Para a determinação do volume de lodo gerado no cenário 2017, considerou-se a composição de Reator Anaeróbio seguido de Filtro Biológico Aeróbio Percolador de Alta Taxa. A mesma composição foi considerada para o cenário 2027, porém acrescida de tratamento físico-químico complementar, visando a remoção de nutrientes, conforme previsto na Resolução IAP / SEMA 001/2007. Nesta condição, o volume de lodo produzido no Filtro Biológico Aeróbio sofrerá um acréscimo de 6%, com o incremento devido ao lodo químico.

Desta forma, o volume do lodo bruto foi obtido através das seguintes expressões:

- Carga Orgânica aplicada no reator anaeróbio:

$$CO_{apl} = \frac{Pop_{At} * 54}{1000}$$

Onde,

COapl = carga orgânica aplicada, em kg/dia

PopAt = população atendida, em habitantes

- Produção de Lodo no Reator Anaeróbio:

$$LBra = COapl * PL$$

Onde,

LBra = Lodo Bruto Produzido pelo Reator Anaeróbio, em kgSS/dia

COapl = carga orgânica aplicada, em kg/dia

PL = Produção de lodo no reator anaeróbio = 0,28 kgSS/dia.COapl

- Produção de Lodo no Filtro Anaeróbio:

$$LBfa = Qmédia * 86,4 * PL$$

Onde,

LBfa = Lodo Bruto Produzido pelo Filtro Anaeróbio, em kgSS/dia

Qmédia = vazão média afluente ao sistema, em L/s

PL = Produção de lodo no filtro anaeróbio = 0,035 kgSS/m³

- Produção de Lodo em outras unidades de pós-tratamento:

$$LB = COapl * (1 - EFa) * PL$$

Onde,

LB = Lodo Bruto nas demais unidades de tratamento, em kgSS/dia

COapl = carga orgânica aplicada afluente a ETE, em kg/dia

EFa = Eficiência em remoção de sólidos da unidade de montante.

No reator anaeróbio foi considerada remoção de 70%, EFa = 0,7

PL = Produção de lodo na unidade, conforme listado anteriormente, em kgSS/m³

- Volume de Lodo Produzido;

$$VLB = \frac{LB}{\rho * SSb}$$

Onde,

VLB = Volume do Lodo Bruto, em m³/dia;

LB = Lodo Bruto produzido, em kgSS/dia;

ρ = Peso específico do lodo bruto = 1030 kg/m³

SSb = Teor de sólidos no lodo bruto:

Reator Anaeróbio e unidades de pós-tratamento = 0,03 kgSS/kgSS

Tanque de Aeração Prolongada = 0,012 kgSS/kgSS

4.1.9 Volume de Lodo Desaguado

As ETEs da Paraná desidratam o lodo proveniente do sistema de tratamento através de processos mecanizados, centrífuga ou prensa desaguadora, ou de processos naturais, em leitos de secagem. As características finais do lodo desaguado dependem do processo adotado para o desaguamento e também das características climáticas da região. Por experiência operacional e com base nos estudos climáticos do Estado do Paraná, foi possível dividir o Estado do Paraná em duas zonas climáticas, que foram denominadas de Zona Norte e Zona Sul, conforme pode ser visualizado no mapa de Zoneamento das Características Operacionais das Regionais apresentado no final deste volume (anexo D), onde foram adotados dos seguintes parâmetros:

- Região Norte:
 - Desidratação Mecânica
 - Peso Específico do Lodo Desaguado Empolado (Relação massa/volume para efeito de transporte): 1020 kg/m³
 - Teor de sólidos no Lodo Desaguado: 20 %
 - Desidratação em Leitos de Secagem
 - Peso Específico do Lodo Desaguado Empolado (Relação massa/volume para efeito de transporte): 700 kg/m³

- Teor de sólidos no Lodo Desaguado: 45%
- Região Sul:
 - Desidratação Mecânica
 - Peso Específico do Lodo Desaguado Empolado (Relação massa/volume para efeito de transporte): 1020 kg/m³
 - Teor de sólidos no Lodo Desaguado:
 - ✓ Centrífuga: 20 %
 - ✓ Lodo proveniente de processo anaeróbico desaguado em prensa desaguadora: 20%
 - ✓ Lodo proveniente de processo aeróbico desaguado em prensa desaguadora: 15%

Para efeito deste estudo adotou-se teor de sólidos na região sul para desaguamento mecânico igual a 20%, tanto para centrífuga quanto para prensa, independente do processo de tratamento de esgotos que deu origem ao lodo.

- Desidratação em Leitões de Secagem
 - Peso Específico do Lodo Desaguado: 1000 kg/m³
 - Teor de sólidos no Lodo Desaguado: 35%

O volume do lodo desaguado foi obtido pela seguinte expressão:

$$VLD = \frac{VLB * \rho_{LB} * SSLB}{\rho_{LD} * SSLD}$$

Onde:

VLD = Volume de lodo desaguado, em m³/dia;

VLB = Volume de lodo bruto, em m³/dia;

ρ_{LB} = Peso Específico do lodo bruto = 1.030 kg/m³;

ρ_{LD} = Peso Específico do lodo desaguado, conforme zona climática e processo de desaguamento;

SSLB = Teor de sólidos no lodo bruto = 0,03 ou 3%;

SSLD = Teor de sólidos no lodo desaguado, conforme zona climática e processo de desaguamento.

4.1.10 Quantidade de Lodo Desaguado

A quantidade do lodo desaguado em ton/ano é igual a:

$$QLD = VLD * pLD * 30 * 12$$

Onde:

QLD = Quantidade de lodo desaguado, em ton/ano;

VLD = Volume do lodo desaguado, em m³/dia;

pLD = peso específico do lodo desaguado, em ton/m³:

Região Norte - Desidratação Mecânica:	pLD = 1,02 ton/m ³
Região Norte - Desidratação em Leitos de Secagem:	pLD = 0,7 ton/m ³
Região Sul - Desidratação Mecânica:	pLD = 1,02 ton/m ³
Região Sul - Desidratação em Leitos de Secagem:	pLD = 1,0 ton/m ³

4.1.11 Quantidade de massa seca de lodo em ton/ano

A quantidade de lodo produzido em tonelada de Massa Seca foi determinada a partir do cálculo:

$$QMSLD = QLD * SSLD$$

Onde:

QMSLD = Quantidade equivalente em Massa Seca de lodo desaguado, em ton MS/ano;

QLD = Quantidade de lodo desaguado, em ton/ano;

SSLD = Teor de sólidos no lodo desaguado, conforme zona climática e processo de desaguamento:

Região Norte - Desidratação Mecânica:	SSLD = 0,2 tonSS/tonLD
Região Norte - Leitos de Secagem:	SSLD = 0,45 tonSS/tonLD
Região Sul - Desidratação Mecânica:	SSLD = 0,20 tonSS/tonLD
Região Sul - Leitos de Secagem:	SSLD = 0,35 tonSS/tonLD

4.1.12 Quantidade de Cal Adicionada

O processo de higienização mais adotado pela SANEPAR consiste na adição de cal virgem ao lodo seco.

Para os procedimentos dos cálculos da dosagem de cal a ser adicionada foram utilizados como parâmetros para este estudo a IT – Higienização de Lodo de Esgoto através da Estabilização Alcalina Prolongada (SANEPAR, 2007).

QUADRO 9 PARÂMETROS PARA HIGIENIZAÇÃO DE LODO DE ESGOTO – ESTABILIZAÇÃO ALCALINA PROLONGADA

Concentração de ST no lodo	Dosagem de CaO	Dosagem de Cal Virgem	
		Cal Calcítica	Cal Dolomítica
Superior a 50%	15% CaO/ST	16% de Cal/ST	25% de Cal/ST
Entre 30 e 50%	20% CaO/ST	22% de Cal/ST	33% de Cal/ST
Inferior a 30%	30% CaO/ST	33% de Cal/ST	50% de Cal/ST

Fonte: IT-Higienização de Lodo de Esgoto através da Estabilização Alcalina Prolongada (Sanepar, 2007)

Segundo a IT-Higienização de Lodo de Esgoto através da Estabilização Alcalina Prolongada (SANEPAR, 2007), os tipos de cal que podem ser utilizados são cal virgem ou cal hidratada, sendo que quando for utilizada a cal hidratada, deve-se multiplicar a dosagem de cal por 1,32 para balancear adequadamente a reação e compensar a liberação de calor resultante da hidratação da cal virgem. Para se determinar a quantidade de lodo de esgoto resultante do processo de secagem, deve-se utilizar a seguinte fórmula:

$$Q_{\text{lodo}} = V_{\text{lodo}} \times d_{\text{lodo}}$$

Sendo,

Q_{lodo} = quantidade de lodo, em toneladas;

V_{lodo} = Volume de lodo, em toneladas;

d_{lodo} = densidade do lodo;

Com isto determina-se a quantidade de cal aplicada ao lodo de esgoto através da seguinte fórmula:

$$Q_{\text{cal}} = Q_{\text{lodo}} \times \text{Dosagem de cal}$$

Sendo,

Q_{cal} = quantidade de cal a ser adicionada ao lodo de esgoto, em kg ou toneladas;

Q_{lodo} = quantidade de lodo, em kg ou toneladas de ST;

Dosagem de cal = %cal/ST de lodo de esgoto.

Para a determinação preliminar das quantidades envolvidas nos processos atuais, adotaram-se valores médios observados durante a operação das ETEs. Como o teor de cal adicionado para a caleação varia em função do teor de sólidos que por sua vez sofre influência das condições climáticas locais, os valores adotados foram:

- Região Norte:
 - Desidratação Mecânica
 - Teor de sólidos no Lodo Desaguado: 20%
 - Teor de cal dolomítica adicionada = 50% da massa seca de lodo
 - Desidratação em Leitos de Secagem
 - Teor de sólidos no Lodo Desaguado: 45%
 - Teor de cal dolomítica adicionada = 33% da massa seca de lodo
- Região Sul:
 - Desidratação Mecânica
 - Teor de sólidos no Lodo Desaguado: 20%
 - Teor de cal adicionada = 50% da massa seca de lodo
 - Desidratação em Leitos de Secagem
 - Teor de sólidos no Lodo Desaguado: 35%
 - Teor de cal adicionada = 33% da massa seca de lodo

A quantidade de cal necessária a higienização do lodo é determinada pela expressão:

$$Q_{\text{cal}} = Q_{\text{MSLD}} \times T_{\text{cal}} \times p_{\text{Cal}}$$

Onde:

Qcal = Quantidade de massa seca de cal virgem a ser adicionada no lodo desaguado, em tonMS/ano

Q MSLD = Quantidade equivalente em Massa Seca de lodo desaguado, em ton MS/ano

Tcal – teor de cal dolomítica a ser adicionada no lodo desaguado, conforme zona climática e processo de desaguamento:

- Região Norte - Desidratação Mecânica: Tcal = 0,33 tonCal/tonMSLD
- Região Norte - Leitões de Secagem: Tcal = 0,33 tonCal/tonMSLD
- Região Sul - Desidratação Mecânica: Tcal = 0,50 tonCal/tonMSLD
- Região Sul - Leitões de Secagem: Tcal = 0,50 tonCal/tonMSLD
- ρ_{Cal} = Densidade da cal virgem, em kg/m³

Conforme a IT – Higienização de Lodo de Esgoto através da Estabilização Alcalina Prolongada (SANEPAR, 2007), a mistura da cal ao lodo poderá ser realizada das seguintes formas:

QUADRO 10 MÉTODO DE MISTURA DA CAL AO LODO

Forma de Mistura	Equipamento	Rendimento Esperado	Recomendado para sistemas até
Manual	Pás e enxadas	3 ton lodo / dia / operador	30 ton / descarga
	Betoneira	16 ton lodo / dia (4 operadores)	60 ton / descarga
Mecanizada	Misturados com carregamento manual (maromba)	16 ton / lodo / dia (4 operadores)	60 ton / descarga
	Misturador após prensa/centrífuga	Depende da capacidade do equipamento	Com prensa ou centrífuga

Fonte: IT - Calagem de Lodo de Esgoto (Sanepar, 2007)

4.1.13 Quantidade de Lodo Desaguado Caleado

A quantidade de lodo desaguado caleado é obtida pela soma da quantidade de lodo desaguado com a quantidade de cal adicionada:

$$QLDCal = QLD + QCal$$

Onde:

QLDCal = Quantidade de lodo desaguado caleado, em ton/ano;

QLD = Quantidade de lodo desaguado, em ton/ano;

Qcal = Quantidade de massa seca de cal virgem a ser adicionada no lodo desaguado, em tonMS/ano

4.1.14 Volume de Lodo Desaguado Caleado

O volume de lodo desaguado caleado é obtido pela seguinte expressão:

$$VLD_{cal} = (VLD * 30) + \frac{Q_{cal}}{(12 * p_{cal})}$$

Onde:

VLDcal = Volume de lodo desaguado caleado, em m³/mes

VLD = Volume de lodo desaguado, em m³/dia;

Qcal = Quantidade de massa seca de cal virgem a ser adicionada no lodo desaguado, em tonMS/ano

p_{cal} = peso específico de massa seca de cal virgem = 0,7 ton/m³.

4.1.15 Avaliação Estratégica para Implantação de Unidades Gerenciais de Lodo – UGLs

A avaliação estratégica para definição da logística de gerenciamento de lodos tem início a partir do conhecimento das quantidades de produção de lodo nas Estações de Tratamento de Esgotos da seção regional estudada, e prosseguindo pela seguinte seqüência de análise:

- Identificação de ETEs e/ou cidades com maiores produção de lodo
- Identificação de cidades com maiores facilidades e potencialidades para aplicação do lodo na agricultura
- Capacidade e número de equipes necessárias para Higienização do lodo
- ETEs e/ou cidade com melhores potenciais para instalação de UGL's

- Definição de alternativas técnica e ambientalmente viáveis para implantação de UGL's, considerando as possíveis composições de centralização e descentralização para atendimento das ETEs da seção regional estudada.
- Definição de parâmetros para a determinação das quantidades relativas a cada alternativa, bem como para o dimensionamento das unidades e serviços necessários para tratamento, monitoramento, controle e estocagem de subprodutos, equipamentos e materiais
- Caracterização e quantificação dos volumes de lodos envolvidos em cada alternativa elencada
- Definição dos processos de higienização/estabilização viáveis, com equipamentos fixos ou móveis (atendendo várias UGLs)
- Pré-dimensionamento das instalações e equipamentos necessários a cada alternativa
- Determinação dos meios e vias de transporte e das distâncias a serem percorridas por tipo de pavimento
- Identificação dos custos básicos envolvidos
 - Instalações de armazenamento e higienização do lodo
 - Área a desapropriar
 - Equipes e produção de Higienização
 - Consumo de cal
 - Transporte do lodo desaguado da(s) ETE(s) até UGL e da UGL até a área de aplicação agrícola
 - Análises de monitoramento do Lote de Lodo para fins agrícolas
 - Análises de caracterização do solo
 - Assistência Agronômica
- Totalização dos custos de investimento, operacionais mensais e custos totais por alternativa
- Definição da alternativa ótima para logística gerencial de lodo de tratamento de esgotos sanitários

4.1.16 Disponibilidade de Área

Foram consideradas, em cada UGL, áreas para o recebimento do lodo desaguado, área para o equipamento e processo de higienização e área para cura e armazenamento do lodo higienizado. Para tanto, os ciclos de remoção do lodo das unidades de desaguamento foram determinados, verificando a viabilidade de transporte deste material das ETEs até as UGL a cada ciclo ou após um período de armazenamento na própria ETE, otimizando os custos de transporte.

4.1.17 Equipes de higienização

O número de equipes necessárias para a higienização é determinado em função do volume de lodo desaguado a ser tratado nas UGLs e do processo de higienização adotado. Considerando a caleação através do uso de marombas, como é feito no Paraná, o número de equipes necessárias é obtido segundo a expressão:

$$N^{\circ} \text{ Equipes} = LD / (Pr * d)$$

Onde,

N° Equipes = equivalente a equipe de 4 pessoas e 1 maromba

LD = Lodo desaguado a ser higienizado na UGL, em m³.

Pr = Produtividade da equipe, em m³/dia

D = número de dias úteis por mês

A viabilidade de adoção de maromba móvel é determinada considerando os seguintes parâmetros:

- **Produção:** a maromba móvel será viável se a somatória dos períodos necessários para a higienização dos volumes de lodo produzido nas UGLs a serem atendidas por este equipamento mais o tempo necessário para o transporte da maromba, ida e volta, for inferior ao período correspondente aos dias de trabalho/mês, ou seja:

$$\text{km} * \text{n}^\circ \text{ viagens necessárias} / (\text{v} * \text{h}) + \Sigma (\text{LD}/\text{Pr}) < 1$$

Onde,

km = distância entre pólos de atendimento – UGLs, em quilômetros

Nº viagens necessárias, considerando ida e volta

V = velocidade média do transporte da maromba, em km/h

h = número de horas mês do período útil

Σ = somatória do período necessário para higienização do lodo com a equipe considerada

LD = volume de lodo desaguado a ser higienizado em cada UGL, em m³/mês

Pr = produtividade de higienização por equipe e equipamento, m³/dia.

- **Custo:** a maromba móvel será viável se o custo da quilometragem percorrida for inferior ao custo da prestação mensal equivalente do capital da maromba em valor presente, ou seja:

$$\text{Km} * \text{n}^\circ \text{ viagens necessárias} * \text{CTV} < \text{PVP}$$

Onde,

Km = quilometragem percorrida para o transporte da maromba, em km

Nº viagens necessárias, considerando ida e volta

CTV = custo de transporte de veículos, em R\$ por km

PVP = prestação mensal equivalente do capital da maromba em valor presente.

Em caso de não viabilidade da maromba móvel, é indicada a solução com equipamento fixo instalado na UGL.

Os custos relativos a higienização foram assim considerados:

$$\text{CH} = \text{LD} * \text{Ch}$$

Onde,

CH = custo da higienização do lodo na UGL, em R\$

LD = volume do lodo desaguado a ser higienizado na UGL, em m³

Ch = custo unitário de higienização terceirizada ou própria, considerando equipe e equipamento.

4.1.18 Determinação do Momento e dos Custos de Transporte

Os valores dos momentos de transporte, decorrentes das quilometragens percorridas e dos volumes de lodos transportados é obtido pela expressão:

$$MT = \sum (P_{LD} \times DT)$$

Onde:

MT = momento de transporte, em ton.km

\sum = somatória dos momentos de cada ETE

P_{LD} = peso do lodo desaguado de cada ETE a ser transportado até a UGL, em tonelada

DT = distância de transporte, em km.

No caso destas diferenças mostrarem significância relativa para o processo de tomada de decisão, deve-se considerar sua incorporação para determinação dos custos de transporte em cada alternativa, que resultará em:

$$MT = \sum (P_{LD} \times DT_{UGL}) + \sum (P_{LH} \times DT_{AG})$$

Onde:

MT = momento de transporte, em ton.km

\sum = somatória dos momentos

P_{LD} = peso do lodo desaguado de cada ETE a ser transportado até a UGL, em tonelada

DT_{UGL} = distância de transporte do lodo desaguado da ETE até a UGL, em km.

P_{LH} = peso do lodo higienizado de cada UGL a ser transportado até a área agrícola apta para incorporação ou aterro sanitário, em tonelada

DT_{UGL} = distância de transporte do lodo higienizado desde a UGL até seu destino final, em km.

$$C_{Transporte} = MT \times CTK$$

Onde:

$C_{Transporte}$ = custo do transporte, em R\$

MT = momento de transporte, em t.km

CTK = custo tonelada transportada por quilometro, em R\$ / ton.km.

4.1.19 Monitoramento do Lodo Higienizado

O monitoramento das características do lodo de esgoto para aplicação agrícola deve ser realizado de acordo com os critérios estabelecidos na Resolução SEMA 01/2007 e do CONAMA 375/2006.

TABELA 16 FREQUÊNCIA DE MONITORAMENTO POR QUANTIDADE DE LODO DE ESGOTO OU PRODUTO DERIVADO DESTINADO PARA APLICAÇÃO AGRÍCOLA.

Quantidade de lodo ou PD destinado à aplicação agrícola (base seca)	Frequência de monitoramento
Até 60 tonelada/ano	Anual, preferencialmente anterior ao período de maior demanda
De 60 a 240 tonelada/ano	Semestral, preferencialmente anterior ao período de maior demanda
De 240 a 1.500 tonelada/ano	Trimestral
De 1.500 a 15.000 tonelada/ano	Bimestral
Acima de 15.000 tonelada/ano	Mensal

Fonte: Conama 375/2006; Sema 01/2007

Em cada situação elencada para análise deverá ser verificado qual o período ideal para formação de lotes, uma vez que o número de análises será decorrente dos lotes liberados para a agricultura e o volume de lodo disponibilizado será função da área de estocagem disponível. Desta forma, em cada UGL deverá ser avaliada a melhor composição volume dos lotes (área de estocagem) x número de lotes

(número de análises). Em acordo com a totalização em toneladas, são verificadas as quantidades de amostras exigidas para análise e liberação daquele lote, sendo que as análises devem ser realizadas levando em consideração a produção de lodo higienizado (lodo desaguado caleado, base seca) neste período.

4.1.20 Instalações – Obras Civis

As UGLs devem ter áreas dimensionadas especificamente para o gerenciamento do lodo. O processo de estabilização e higienização e a estocagem são as operações relacionadas a produção dos biossólidos que devem ser efetivadas em áreas específicas. As UGLs deverão apresentar projeto de estrutura dimensionada especificamente para o manejo do lodo. Os critérios básicos para elaboração destes projetos são: piso que não permita a infiltração no solo; cobertura com lona ou estocagem em área coberta com proteção lateral contra águas pluviais. Após higienização, o lodo tem que ser estocado na UGL para garantir a eficácia do tratamento sanitário e aguardar os resultados das análises de controle e monitoramento até ser liberado pelo órgão ambiental, para seu uso agrícola. Por outro lado, o tempo suplementar com o contexto agrícola da região, o período de utilização poderá ser variável. Segundo extensionistas da EMATER, no Paraná o período de utilização prioritária se estenderá pelos meses de maio e setembro e, portanto, a área de estocagem deverá ser dimensionada para um período de 6 a 7 meses (safra de verão). Uma opção para redução do período é o estímulo de uso em diferentes frentes, como: recuperação de áreas degradadas, pastagens, reflorestamentos, floricultura e outras opções. Neste sentido, o período dependerá do empenho da empresa em estimular o uso do produto. A área necessária para estocagem de lodo deve ser indicada em função da concentração de sólidos do biossólido. Para biossólidos que tenham comportamento semelhante ao de sólidos, as áreas variam entre 0,80 a 1,50 m³ de biossólidos/ m² de área de armazenagem; para biossólidos na forma pastosa recomenda-se 0,40 a 0,80 m³/m²; e para biossólidos mais líquidos, o projeto deverá definir especificamente a forma de armazenamento a ser adotada (IT – Instrução Normativa para Reciclagem Agrícola de Lodo de Esgoto – SANEPAR).

Para a avaliação dos custos relativos às obras civis, foram considerados os valores de pátios cobertos, de forma a acomodar: as instalações necessárias às operações de condicionamento e/ou higienização, mediante utilização de maromba; para a estocagem dos lodos durante as fases de recebimento; e, para a solução de uso agrícola, dos pátios cobertos para cura, maturação e armazenamento.

4.1.21 Determinação das Áreas para Aplicação Agrícola do Lodo de SES

Para a avaliação das áreas aptas para recebimento de biossólidos adotou-se o mapa de aptidão desenvolvido por Souza et al., (1994) para o estado do Paraná, apresentado no anexo A. O cruzamento dos eixos horizontal e vertical traduz o resultado da aplicação da metodologia que considera o cruzamento de índices aplicados para a classificação da aptidão (I – muito boa; II – boa; III – regular; IV – restrita; V – inapta) com os índices da natureza da limitação, as sub-classes (Solo; paisagem; drenagem) e com os graus de limitação (0 – sem limitação; 1 – ligeira limitação; 2- moderada limitação; 3 – limitação forte; 4 – limitação muito forte) estabelecidos para para cada aspecto ambiental considerado, as unidades (textura, profundidade, erosão, fertilidade, relevo, pedregosidade, drenagem, hidromorfismo). O cruzamento dos dois eixos fornece a fórmula mínima, quanto maior o resultado, maior limitação. A partir do mapa foram determinadas as extensões de áreas enquadradas nas classes de aptidão 1 (eixo vertical 0 e eixo horizontal 1) a 30 (eixo vertical 3 e eixo horizontal 0) para solos homogêneos. Para solos compostos, as áreas das associações com classes de aptidão I, II, III e IV, que permitem a aplicação do lodo para uso agrícola em determinadas porções de áreas a serem identificados “in situ” também foram determinadas. Os solos com classes de aptidão 31 a 90, sem as associações I, II, III e IV, foram considerados não aptos para aplicação agrícola de lodos de ETEs.

4.1.22 Área para Aplicação Agrícola – Porte e Monitoramento

O tipo e quantidade de análises necessárias para o monitoramento do solo onde se pretende aplicar o lodo, foram determinadas considerando a proporção de área necessária para aplicação agrícola pelas áreas definidas pela Resolução SEMA 001/2007, em acordo com o porte da área a ser utilizada para aplicação de biossólido, conforme apresentado na tabela 17.

TABELA 17 ANÁLISE DE SOLO NAS ÁREAS DE APLICAÇÃO DE BIOSSÓLIDOS

Descrição	Nº Amostras	Área Aplicação
Parâmetros agronômicos	1	20 Ha
Metais Pesados	2	20 Ha

Fonte: SEMA 01/2007

A análise de substâncias orgânicas no solo da área agrícola onde o biossólido é aplicado deverá ser feita caso se identifique uma possível contaminação do solo pelo lodo aplicado, ou seja, se a presença destes elementos for constatada no lote de lodo destinado ao uso agrícola. No Paraná, o monitoramento de risco de contaminação é feito no lodo e, caso se verifique sua ocorrência, este não é destinado para uso agrícola e sim encaminhado para deposição em aterro sanitário. Desta forma, durante o planejamento da avaliação estratégica, não foram consideradas análises de substâncias orgânicas no solo.

A área necessária para o uso de lodo na agricultura foi avaliada considerando as taxas de aplicação observadas pelos procedimentos atuais no Estado do Paraná e obedecendo aos valores máximos permitidos pela Resolução CONAMA 375/2006:

- 50 TMS /ha em 10 anos para aplicação na agricultura
- 100 TMS /ha em 10 anos para recuperação de área degradada
- Taxa de aplicação média no Paraná: 12,5 t de lodo caleado base seca / ha

4.1.23 *Assistência Agronômica*

A assistência agronômica deve se desenvolver em toda a região onde ocorre a reciclagem agrícola de lodos de sistemas de tratamento de esgoto. Para tanto, considerou-se equipes compostas por um Engenheiro Agrônomo e um Técnico Agrícola. O número de equipes necessárias é função da distribuição espacial das propriedades onde os lodos de esgoto serão aplicados e da área de atuação que os profissionais ficarão responsáveis.

4.2 DESENVOLVIMENTO DE FERRAMENTA PARA AUXÍLIO À TOMADA DE DECISÃO DE IMPLANTAÇÃO DE UGL'S

O modelo conceitual foi desenvolvido e detalhado matematicamente em planilhas do excel, estando constituído de duas etapas. A primeira etapa teve por objetivo caracterizar os lodos de diversas procedências e determinar as quantidades de lodos úmidos, desaguados e caleados gerados, bem como a quantidade de cal adicionada durante o processo de higienização. A segunda etapa objetivou a modelagem de parâmetros e custos visando o desenvolvimento de uma avaliação estratégica para implantação de Unidades Gerenciais de Lodo – UGLs, tomando por base os dados obtidos para a Gerência de Saneamento da Região de Ponta Grossa, no Paraná.

Para se verificar a aderência do modelo matemático desenvolvido ao modelo conceitual proposto, foram simuladas quatro alternativas locais para o Estudo de Caso da Regional de Ponta Grossa objetivando selecionar a melhor logística para implantação dos pólos de gerenciamento de lodos ao longo do tempo.

Com base no diagnóstico, dados e informações até então coletados e processados, foi selecionada a Unidade Regional de Ponta Grossa para desenvolvimento de Estudo de Caso. A seleção desta unidade regional deveu-se pela mesma possuir ETEs implantadas de pequeno, médio e grande porte, e ainda municípios atualmente sem atendimento, representando os diversos universos existentes nas demais regionais.

Os custos de investimento, operacionais e totais de cada alternativa foram comparados entre si em termos percentuais, considerando-se que o menor valor equivale a 100%. Desta forma pode-se verificar a alternativa técnica-ambiental com melhor resposta econômica para cada cenário avaliado.

Os valores totais obtidos em cada alternativa foram transformados em índices de custos, calculados através da relação dos custos equivalentes mensais com a massa seca de lodo produzido no mesmo período. Com estes índices pode-se avaliar a faixa de variação possível nos custos econômicos estimados, considerando como limite inferior, a totalização dos piores resultados por parâmetros analisados, e o limite superior, com a máxima otimização possível, através da adoção das soluções mais econômicas verificadas. Através da análise destes índices pode-se planejar e otimizar a aplicação dos recursos orçamentários disponibilizados para a gerência regional de sistemas de saneamento.

O modelo matemático implementado em planilhas do excel serviram de base para o desenvolvimento das inferências e heurísticas do sistema baseado no conhecimento – SBC, para cálculo de viabilidade de implantação de UGLs, desenvolvido na ferramenta de apoio Visual FoxPro, pertencente a suíte Visual Studio, pacote comercial da Microsoft.

4.3 AVALIAÇÃO ESTRATÉGICA DE GERENCIAMENTO DE LODOS – ESTUDO DE CASO

A unidade regional de gerenciamento de serviços de saneamento de Ponta Grossa - URPG, no Estado do Paraná, possui 20 ETEs instaladas e atende com sistema de esgotamento sanitário – SES, os municípios de Imbituva, Inácio Martins, Ipiranga, Irati, Ivaí, Palmeira, Ponta Grossa, Porto Amazonas e Prudentópolis. Integram ainda esta regional, porém sem contar com SES, os municípios Fernandes Pinheiros, Guamiranga e Teixeira Soares.

4.3.1 Produção de Lodo Desaguado na URPG

Quanto a geração de lodos desaguados, em acordo com o diagnóstico efetuado, tem-se para a URPG:

- Cenário Vazão Atual: 10,81 m³/dia
- Cenário Vazão Nominal: 29,25 m³/dia
- Cenário 2017: 21,44 m³/dia
- Cenário 2027: 30,52 m³/dia

4.3.2 Cidades com maiores produção de lodo da URPG

Observando-se os cenários montados para a URPG, destacam-se as seguintes produções de lodo (tabela 18):

TABELA 18 CIDADES COM MAIOR PRODUÇÃO DE LODO NA URPG

Cidade	Produção de Lodo Desaguado por Cenário (m ³ /dia)			
	Atual	Capacidade Nominal	2017	2027
Ponta Grossa	7,13	21,68	11,78	16,30
Irati	1,04	2,92	1,67	2,45
Prudentópolis	0,75	0,77	2,24	3,82
Total 3 cidades	8,92	25,37	15,69	22,56
Total URPG	10,82	29,26	21,45	30,52

Como se pode verificar na tabela 19, a cidade de Ponta Grossa é um pólo produtor de lodo significativo dentro da regional, respondendo atualmente por 7,13 m³/dia dos 10,82 m³/dia de lodos gerados em toda a unidade regional de gerenciamento de serviços de saneamento, URPG.

TABELA 19 PERCENTAGEM DA PRODUÇÃO PELO TOTAL DA URPG

Cidade	Produção de Lodo Desaguado por Cenário (%)			
	Atual	Capacidade Nominal	2017	2027
Ponta Grossa	65,92	74,10	54,89	53,41
Irati	9,60	9,96	7,80	8,01
Prudentópolis	6,92	2,63	10,44	12,51
Total 3 cidades	82,45	86,69	73,13	73,94

Ponta Grossa, conforme verificado na tabela 19, responde atualmente por aproximadamente 66% dos lodos gerados, e permanece em patamar superior a 50% com o crescimento populacional e do atendimento previsto nos demais municípios pertencentes a regional até o ano de 2027. Desta forma, indiscutivelmente deverá ter uma UGL locada neste município. Em função das produções, Irati e Prudentópolis seriam as segundas e terceiras opções para a centralização de UGLs. Os demais 6 municípios pertencentes a regional de Ponta Grossa e atualmente atendidos por sistema de esgotamento sanitário, respondem por menos de 18% da produção de lodo para o cenário atual, passando a representar 26% na produção no cenário 2027, com o atendimento por SES do município de Teixeira Soares e aumento dos índices de atendimento nos demais sistemas já existentes.

4.3.3 Capacidade de higienização

Conforme experiência no Paraná com processos de higienização, a produtividade de uma equipe de 4 pessoas operando uma maromba é da ordem de 16 m³/dia. Desta forma verifica-se que para o condicionamento do lodo da URPG, duas instalações seriam suficientes para o atendimento até o horizonte de 2027, com produção prevista de 30,52 m³/dia de lodo desaguado. No entanto, em Ponta Grossa, já seria necessário que a produtividade fosse superior a média prevista para uma equipe atender a produção em final de plano, igual a 16,30 m³/dia, o que poderia ser obtido com um pequeno aumento da carga horária da operação.

Observa-se ainda, a possibilidade de se contar com uma UGL fixa na URPG, preferencialmente localizada em Ponta Grossa para atender a produção de lodos

deste município e talvez dos municípios próximos, sendo que as demais ETEs poderiam contar com UGLs locais, atendidas com marombas móveis.

4.3.4 ETEs com melhores potenciais para UGLs

Das cidades inicialmente elencadas como de interesse em função do volume de produção de lodo (Ponta Grossa, Irati e Prudentópolis) observa-se que Ponta Grossa possui 7 pólos de tratamento sendo que 3 pólos possuem instalações para tratar vazões de esgotos sanitários superiores a 100 L/s, e portanto, justificariam a concentração de uma unidade gerencial. A ETE Antas em Irati, de médio porte, também pode ser considerada como uma estação estratégica para gerenciamento dos lodos. Em terceiro viria a ETE Prudentópolis.

Das ETEs de Ponta Grossa, conforme apresentado na tabela 20, destaca-se a ETE Verde que, por já possuir sistema mecanizado de desidratação acoplado a caleação, apresenta equipe habilitada para a dosagem e controle deste processo de higienização. No entanto, é necessário verificar a disponibilidade de área para a implantação de uma UGL regional, com dimensões para recebimento, condicionamento e armazenamento do Lodo das demais estações de tratamento de esgotos.

TABELA 20 CARACTERÍSTICAS DAS ETES COM MAIORES POTENCIAIS PARA IMPLANTAÇÃO DE UGL

Cidade	ETE	Capacidade Nominal (L/s)	Vazão Média Atual (L/s)	Sistema de Desidratação
Ponta Grossa	ETE Verde	300	160	Centrífugas
	ETE Ronda	200	75	Leitos de Secagem
	ETE Olarias	100	35	Leitos de Secagem
Irati	ETE Antas	80	55	Leitos de Secagem
Prudentópolis	ETE Prudentópolis	20	20	Leitos de Secagem

4.3.5 Definição de Alternativas

O Estudo de Alternativas para a URPG foi desenvolvido objetivando selecionar a melhor logística para implantação dos pólos de gerenciamento de lodos para o uso agrícola do lodo higienizado. Considerou-se em todas as alternativas que a higienização do lodo seria através do uso de maromba com rendimento de 16 m³/dia e equipe de 4 pessoas. Tendo em vista que as necessidades de área e instalações quando totalizadas seriam equivalentes em todas as alternativas, assim como também a questão de assistência agrônômica, estes itens não foram diferenciados em 1ª etapa.

Considerando os volumes de lodo desaguados, o porte das instalações existentes, a existência de processos mecanizados na URPG e a produtividade média de higienização, foram definidas para efeito deste estudo, as seguintes opções de implantação de UGLs (Figuras, 6, 7, 8 e 9):

Alternativa 1: UGL única implantada na ETE Verde em Ponta Grossa

Alternativa 2: UGLs nas ETES Verde em Ponta Grossa e Antas em Irati

Alternativa 3: UGLs nas ETES Verde em Ponta Grossa, Antas em Irati e Prudentópolis em Prudentópolis

Alternativa 4: UGL em Ponta Grossa recebendo lodos de Ponta Grossa, Palmeira e Porto Amazonas e demais municípios com UGL local e maromba móvel.

FIGURA 6 ALTERNATIVA 1 – UNIDADE REGIONAL DE PONTA GROSSA

UNIDADE REGIONAL DE PONTA GROSSA
LOGÍSTICA DE LOCALIZAÇÃO DE UGL'S
ALTERNATIVA 1

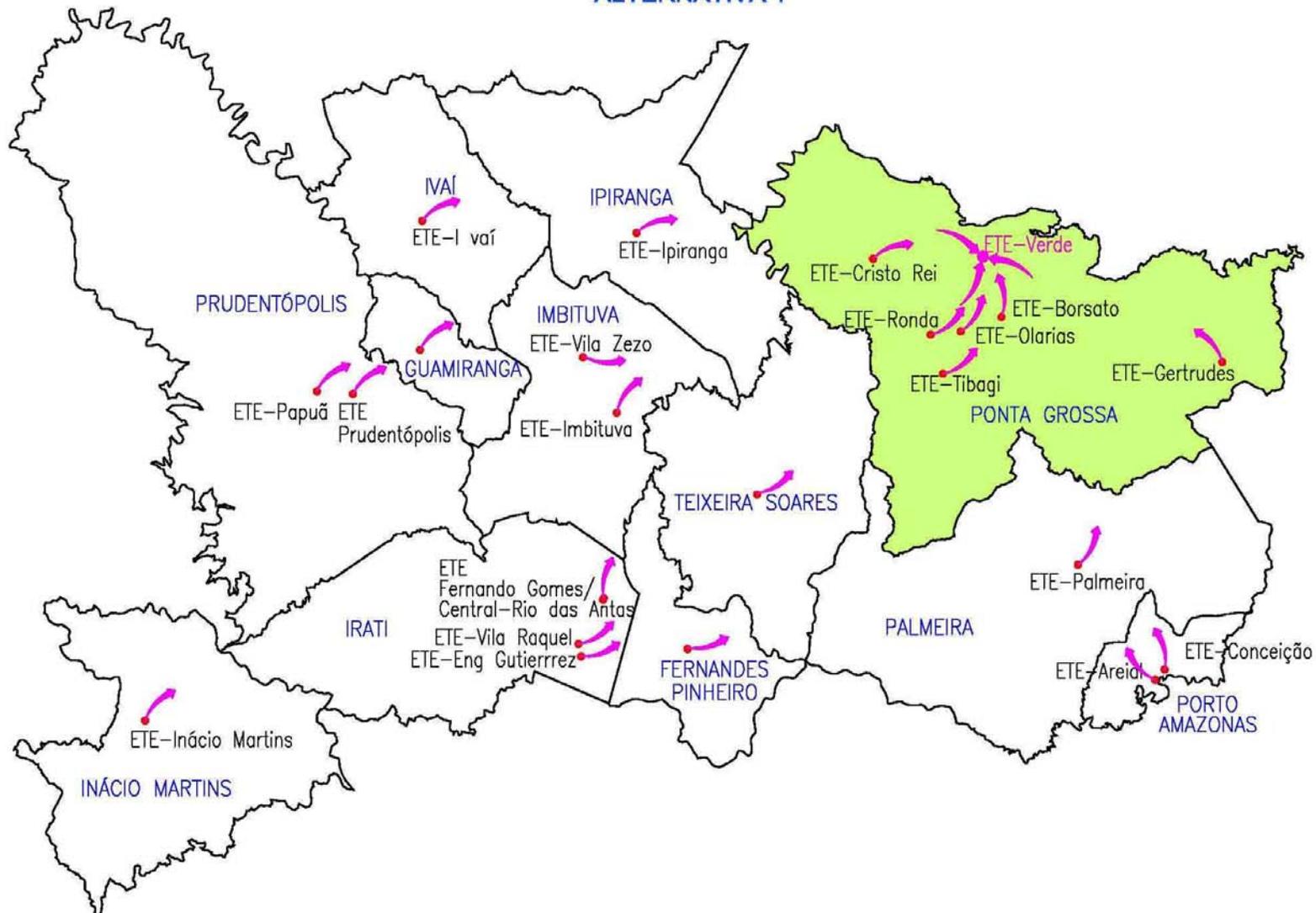


FIGURA 7 ALTERNATIVA 2 - UNIDADE REGIONAL DE PONTA GROSSA

UNIDADE REGIONAL DE PONTA GROSSA
LOGÍSTICA DE LOCALIZAÇÃO DE UGL'S
ALTERNATIVA 2

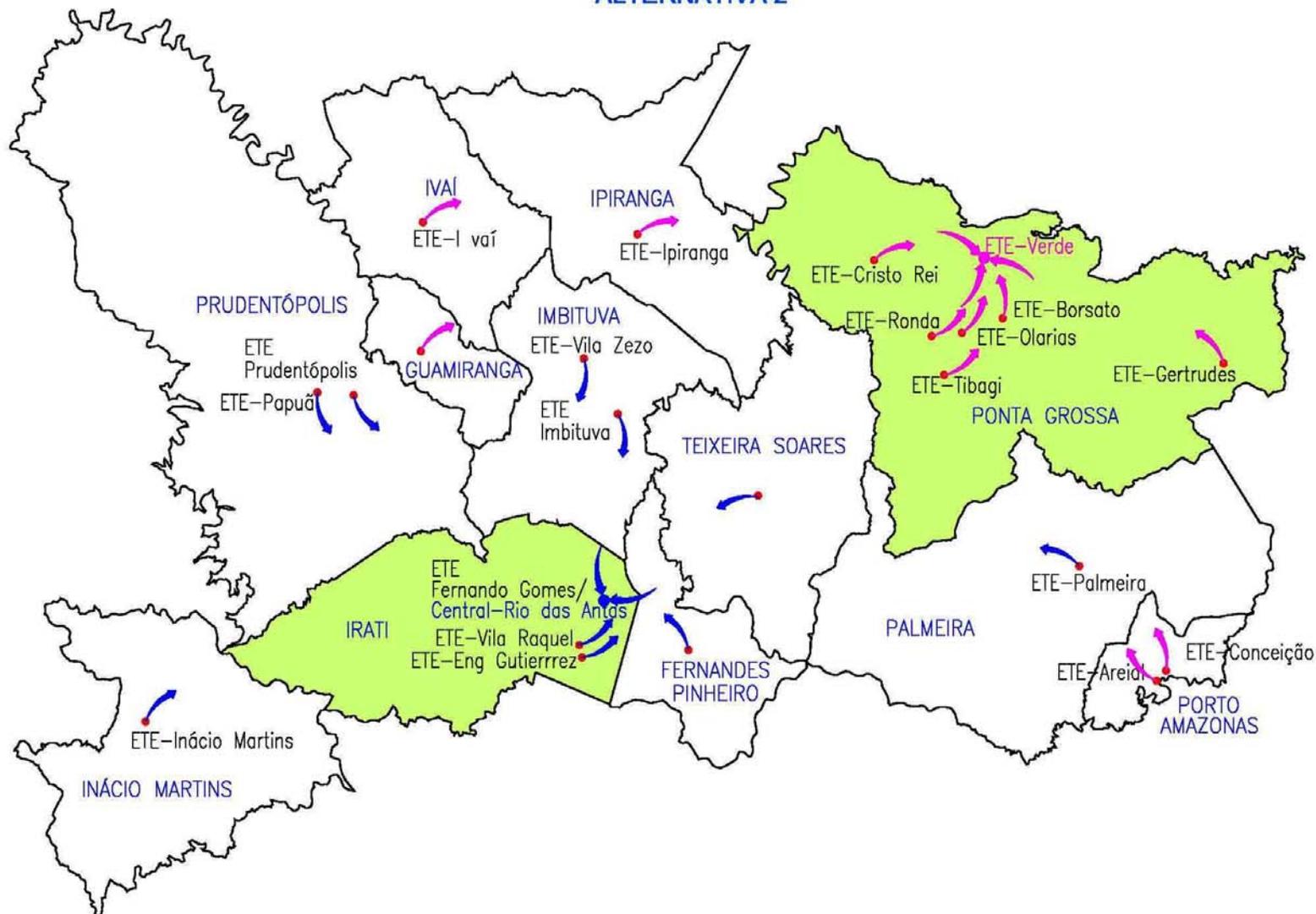


FIGURA 8 ALTERNATIVA 3 – UNIDADE REGIONAL DE PONTA GROSSA

UNIDADE REGIONAL DE PONTA GROSSA
LOGÍSTICA DE LOCALIZAÇÃO DE UGL'S
ALTERNATIVA 3

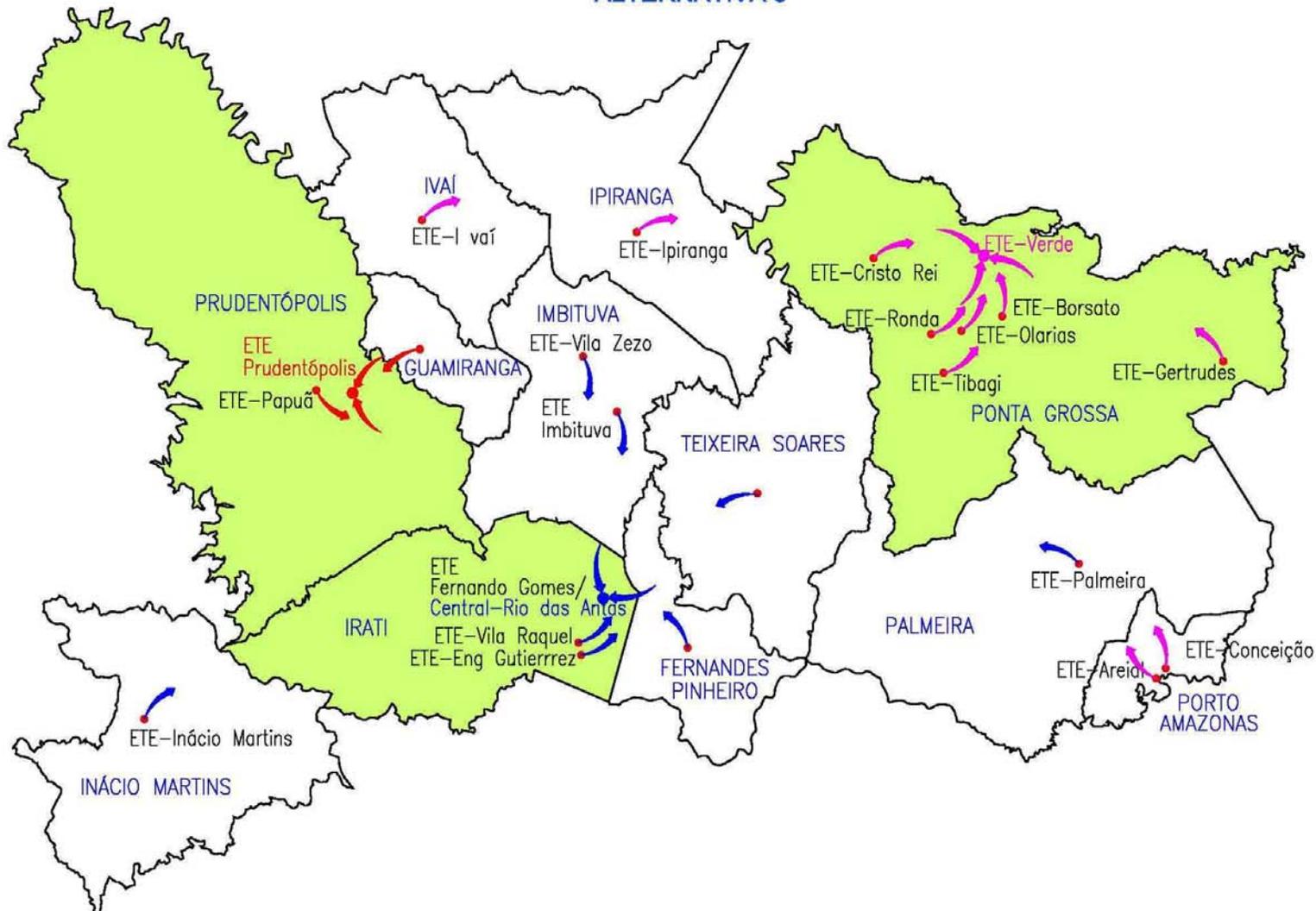
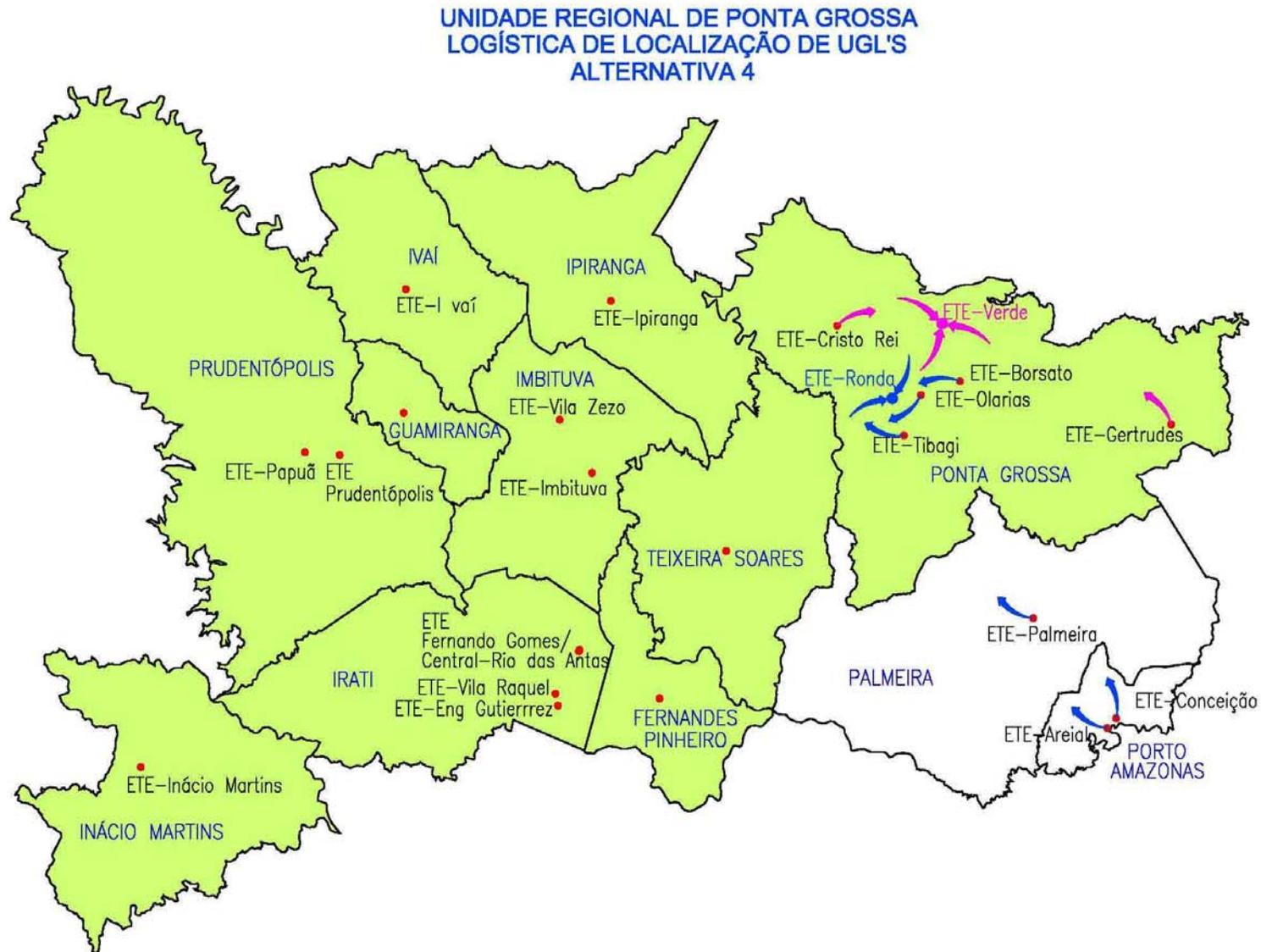


FIGURA 9 ALTERNATIVA 4 – UNIDADE REGIONAL DE PONTA GROSSA



4.3.6 Parâmetros Adotados para Dimensionamento

Para a determinação das quantidades relativas a cada alternativa, bem como para o dimensionamento das unidades e serviços necessários para tratamento, monitoramento, controle e estocagem de sub-produtos, equipamentos e materiais, foram adotados os parâmetros apresentados na tabela 21:

TABELA 21 PARÂMETROS ADOTADOS PARA DIMENSIONAMENTO

Lodo desaguado em Leito de secagem na região Norte	Densidade	0,7	ton/m ³
	Massa seca	0,45	MS
Lodo desaguado em Leito de secagem na região Sul	Densidade	1,00	ton/m ³
	Massa seca	0,35	MS
Lodo desaguado em Centrifuga na região Norte	Densidade	1,02	ton/m ³
	Massa seca	0,20	MS
Lodo desaguado em Centrifuga na região Sul	Densidade	1,02	ton/m ³
	Massa seca	0,20	MS
Teor de cal para higienização para reciclagem agrícola			
Lodos desaguados em Centrifuga, regiões norte e sul		0,50	MS
Lodos desaguados em Leitos de Secagem, região norte e sul		0,33	MS
Densidade Cal		700	kg/m ³
Empilhamento máximo de sacos de cal virgem		10	Sacos
Quantidade de cal virgem em 1 saco		25	kg
Área ocupada para cada pilha de cal		0,5	m ²
Área necessária para estocagem de 1 m ³ de lodo caleado		1,00	m ²
Área necessária para equipe / maromba higienização		20,00	m ²
Taxa aplicação agrícola		12,5	Ton/ha
Fator de demanda do volume útil do aterro (alternativa aterro sanitário próprio convencional para lodos)			
Torta com 30/33% de MS em mistura de cal virgem (1:0,20) – lodo desaguado em centrifuga, regiões norte e sul e em leito de secagem região sul		2,94	m ³ /ton
Torta com 40 % de MS em mistura de cal virgem 1:0,175 – lodo desaguado em leito de secagem na região norte		2,30	m ³ /ton

4.3.7 Custos envolvidos

Para previsão dos custos utilizou-se os valores listados na tabela 22, a seguir:

TABELA 22 VALORES ADOTADOS PARA DETERMINAÇÃO DOS CUSTOS ENVOLVIDOS

Custo	R\$	Unidade
Transporte lodo desaguado (ETE-UGL e UGL para agricultura ou aterro sanitário)	0,23	ton.km
Transporte veículos (maromba móvel)	0,51	km
Higienização (mão de obra terceirizada considerando equipe de 4 pessoas e produção de 16 m ³ /dia)	18,00	M ³
Higienização (mão de obra considerando equipe de 4 pessoas a R\$ 651,70 e 130% de benefícios, com produção de 16 m ³ /dia e 22 dias por mês)	17,03	M ³
Cal	0,24	kg
Análises por lote (Parâmetros Agronômicos, Coliformes, Ovos Helmintos, Vírus, Salmonella, Anions e Metais)	2.895,00	Uni / lote
Análises por ETE (Substâncias Orgânicas)	4.290,00	Uni / ETE
Análise solo (parâmetros agronômicos e Metais pesados)	540,00	Uni / 20 ha
Maromba	58.200,00	Uni.
Prestação equivalente capital maromba em valor presente com taxa de amortização de 12%a.a. e vida útil de 5 anos	1345,44	R\$/mês

Fonte: SANEPAR/CISM, 2007

Os custos de análise por lote de lodo foram obtidos através da composição apresentada na tabela 23:

TABELA 23 CUSTOS DE ANÁLISE DE MONITORAMENTO POR LOTE DE LODO PARA FINS AGRÍCOLAS

Descrição	(R\$)
Parâmetros agronômicos	350,00
Metais pesados	330,00
Coliformes	60,00
Helmintos	290,00
Vírus	1.800,00
Salmonella	65,00
Caixa de Coleta de Amostras (2 un)	100,00
Transporte da Caixa	96,00
Total	3.091,00

Fonte: SANEPAR/CISM, 2007

Além destas análises também é necessária a confirmação de isenção de substâncias orgânicas no lodo. A quantidade de monitoramento é verificada através de uma primeira análise do lodo de cada ETE, de forma a se identificar a presença destas substâncias. Caso não sejam detectadas substâncias orgânicas no lodo produzido pela ETE, a periodicidade de monitoramento deverá ser negociada junto ao órgão ambiental. Em sendo detectada a presença destas substâncias no lodo, este lote será inviabilizado para uso agrícola devendo ser destinado ao aterro sanitário municipal. A procedência do esgoto afluyente a ETE deverá ser investigada e deverão ser tomadas as procedências cabíveis para a adequação do esgoto recebido para tratamento. Desta forma, para efeito deste estudo, considerou-se que será realizada uma única análise anual por ETE para comprovar que o lodo produzido está isento de substâncias orgânicas, tendo-se estimado os seguintes custos adicionais, fornecidos por laboratórios especializados, tendo por mês base, novembro de 2006:

- Substâncias orgânicas no lodo R\$ 4.290,00 / análise (1 análise por ETE por ano, incluindo VOC, SVOC, Dioxinas e Furanos, PAH e PCB).

Os custos de análise do solo para controle ambiental foram obtidos segundo a composição apresentada na tabela 24:

TABELA 24 CUSTOS DE ANÁLISE DE SOLO

Descrição	(R\$)	N° Amostras	Área Aplicação
Parâmetros agronômicos	210,00	1	20 Ha
Metais Pesados	330,00	2	20 Ha

Fonte: SANEPAR/CISM, 2007

4.3.8 Higienização

Durante o estudo de alternativas para implantação de UGLs, para a higienização do lodo produzido foi considerado o processo com adição manual de cal, destorroamento e mistura através do uso de maromba. Para as ETEs com desaguamento mecanizado do lodo, a quantidade de lodo desaguado nestas unidades com calagem acoplada foi desconsiderada quando da determinação do número de marombas necessárias para a higienização nas UGLs. No entanto, o

consumo de cal necessário para higienização foi computado junto com o volume total de lodos desaguados, avaliando os teores de cal a ser adicionada, em função da localização norte-sul e das características do lodo desaguado decorrente do processo de desidratação adotado.

4.3.9 Determinação da Quantidade de Lodo Caleado e do Consumo de Cal

Visando o cálculo dos custos de transporte de lodo caleado até a propriedade onde será incorporado na agricultura; bem como da quantidade de cal; e das áreas necessárias para armazenamento da cal e do lodo, para reações de cura, para monitoramento e período até sua liberação; foram verificados os volumes de lodo gerados. Os valores de lodo caleado para a URPG, considerando as cidades das alternativas anteriormente definidas para UGL encontram-se listados na tabela 25:

TABELA 25 VOLUMES DE LODO CALEADO PARA A URPG

Cidade	Produção de Lodo Caleado por Cenário (m³/dia)			
	Atual	Capacidade Nominal	2017	2027
Ponta Grossa	8,82	26,80	15,52	21,61
Irati	1,30	3,65	2,20	3,21
Prudentópolis	0,85	0,87	2,54	4,33
Total 3 cidades	10,97	31,32	20,26	29,16
Total URPG	12,97	34,79	24,50	35,00
Porcentagem da Produção pelo Total da URPG (%)				
Ponta Grossa	68,00	77,02	63,37	61,75
Irati	10,02	10,49	8,97	9,18
Prudentópolis	6,55	2,51	10,38	12,38
Total 3 cidades	84,58	90,02	82,72	83,31

Como se observa, Ponta Grossa também concentra a produção de lodo higienizado para uso agrícola, representando entre 60 e 70% do total de lodo caleado produzido na URPG.

Foram totalizados em cada alternativa, em acordo com o apresentado na tabela 26: os volumes de lodo desaguado a serem transportados das estações de tratamento onde são produzidos até as unidades gerenciais de lodo onde serão

higienizados; os volumes de cal necessários para higienização nas UGLs; e os volumes de lodo caleadado a serem transportados das UGLs até as propriedades agrícolas onde serão aplicados.

TABELA 26 VOLUMES DE LODO DESAGUADO E CALEADO E QUANTIDADES DE CAL APLICADA POR CENÁRIO E ALTERNATIVA

Produção	Q Média Atual	Capacidade Nominal	Cenário 2017	Cenário 2027
LODO DESAGUADO (m³/mês)	324,48	877,81	643,62	919,87
LODO CALEADO (m³/mês)	372,52	1.008,25	738,63	1.055,78
LODO (TON.MS/MÊS)	86,20	240,81	178,00	256,50
ALTERNATIVA I: UGL ÚNICA NA ETE VERDE EM PONTA GROSSA				
LODO DESAGUADO TRANSPORTADO (TON/MÊS)	165,81	458,33	377,54	542,28
LODO DESAGUADO TRANSPORTADO (TON.MS/MÊS)	62,68	182,42	146,16	212,43
LODO CALEADO TRANSPORTADO UGL - AGRICULTURA (TON./MÊS)	315,67	839,29	603,24	857,77
CONSUMO DE CAL (kg/mês)	33.631,62	91.306,20	66.509,38	95.138,57
ALTERNATIVA II: UGL'S NAS ETES VERDE EM PONTA GROSSA E ANTAS EM IRATI				
LODO DESAGUADO TRANSPORTADO (TON/MÊS)	134,54	371,15	326,14	467,21
LODO DESAGUADO TRANSPORTADO (TON.MS/MÊS)	51,74	151,91	128,17	186,16
LODO CALEADO TRANSPORTADO UGL VERDE - AGRICULTURA (TON/MÊS)	222,12	661,58	386,70	541,63
LODO CALEADO TRANSPORTADO UGL ANTAS - AGRICULTURA (TON/MÊS)	93,55	177,71	216,54	316,14
CONSUMO DE CAL - ETE Verde (kg/mês)	23.521,70	72.483,05	42.781,22	59.960,86
CONSUMO DE CAL - ETE Antas (kg/mês)	10.109,92	18.823,15	23.728,16	35.177,71
ALTERNATIVA III: UGL'S NAS ETES VERDE, ANTAS E PRUDENTÓPOLIS				
LODO DESAGUADO TRANSPORTADO (TON/MÊS)	118,81	355,00	279,11	387,01
LODO DESAGUADO TRANSPORTADO (TON.MS/MÊS)	44,66	144,64	107,00	150,07
LODO CALEADO TRANSPORTADO UGL VERDE - AGRICULTURA (TON/MÊS)	222,12	661,58	386,70	541,63

Produção	Q Média Atual	Capacidade Nominal	Cenário 2017	Cenário 2027
LODO CALEADO TRANSPORTADO UGL ANTAS - AGRICULTURA (TON/MÊS)	75,49	159,17	162,52	224,03
LODO CALEADO TRANSPORTADO UGL PRUDENTÓPOLIS - AGRICULTURA (TON/MÊS)	18,06	18,54	54,02	92,11
CONSUMO DE CAL - ETE Verde (kg/mês)	23.521,70	72.483,05	42.781,22	59.960,86
CONSUMO DE CAL - ETE Antas (kg/mês)	7.774,64	16.425,30	16.743,92	23.268,51
CONSUMO DE CAL - ETE Prudentópolis (kg/mês)	2.335,28	2.397,85	6.984,25	11.909,19

ALTERNATIVA IV: UMA UGL EM PONTA GROSSA (ETE VERDE OU ETE RONDA) RECEBENDO LODO DOS MUNICÍPIOS DE PG, PALMEIRA E P. AMAZONAS E DEMAIS MUNICÍPIOS COM UGL LOCAL E MAROMBA MÓVEL

LODO DESAGUADO TRANSPORTADO (TON/MÊS)	66,98	185,19	146,74	196,47
LODO DESAGUADO TRANSPORTADO (TON.MS/MÊS)	21,57	69,82	51,03	69,84
LODO CALEADO TRANSPORTADO UGL VERDE - AGRICULTURA (TON/MÊS)	140,51	363,25	205,83	286,23
LODO CALEADO TRANSPORTADO UGL RONDA - AGRICULTURA (TON/MÊS)	108,43	324,33	220,03	296,04
LODO CALEADO TRANSPORTADO UGL'S DEMAIS ETES - AGRICULTURA (TON/MÊS)	68,13	154,02	177,38	275,51
CONSUMO DE CAL (kg/mês)	33.631,62	91.306,20	66.509,38	95.138,57

Na alternativa IV, não foram apresentados os consumos de cal em separado por UGL, já que os custos de transporte serão pulverizados em toda a regional, de forma a atender todas as ETES.

4.3.10 Equipes de higienização

Para o dimensionamento das equipes de higienização foram adotados os seguintes parâmetros:

Composição da Equipes: 4 pessoas e 1 maromba

Volume de lodo a ser higienizado: Foram desconsiderados deste volume os lodos provenientes de desidratação em centrífuga com caleagem acoplada.

Produtividade da equipe = 16 m³/dia

Número de dias úteis por mês = 22 dias

Para a verificação da viabilidade de adoção de maromba móvel foram considerados os seguintes parâmetros:

Nº viagens necessárias = normalmente 2, considerando ida e volta

Velocidade média do transporte da maromba = 60 km/h

Número de horas mês do período útil = 8 horas * 22 dias = 176 horas

Produtividade de higienização = 16 m³/dia com equipe de 4 pessoas e 1 maromba

CTV = custo de transporte de veículos = R\$ 0,51 / km

PVP = prestação mensal equivalente do capital da maromba em valor presente = R\$ 1.345,44, considerando capital inicial de R\$ 58.200,00, taxa de amortização de 12%a.a. e 5 anos de vida útil.

Os custos relativos a higienização foram assim considerados, com base nos preços de novembro/2006 (USAQ/SANEPAR, 2007):

Ch = custo unitário de higienização terceirizada, considerando equipe de 4 pessoas + maromba e produtividade de 16 m³/dia = 18 R\$/m³

Ch = custo unitário de higienização com mão de obra própria:

4 operadores = 4 * R\$ 651,70 = R\$ 2.606,70 por mês

Encargos = 130% = R\$ 3.388,84 por mês

Custo de pessoal mensal = R\$ 5.995,94 por mês

Produtividade de higienização = 16 m³ / dia

Valor por metro cúbico (22 dias mês) = R\$ 17,03 / m³

4.3.11 Determinação do Momento e dos Custos de Transporte

Tendo-se delineadas as alternativas, foram determinados os valores dos momentos de transporte, decorrentes das quilometragens percorridas e dos volumes

de lodos transportados. Para a determinação das quilometragens percorridas, determinaram-se as distâncias relativas entre ETEs da regional. Desta forma, as produções de lodos desaguados foram multiplicadas pelas distâncias necessárias ao seu transporte até a UGL considerada em cada alternativa.

Considerou-se um custo médio de transporte, R\$ 0,23 por tonelada x quilometro, sem que fosse discriminado o tipo de pavimento, as condições de acesso e o veículo a ser utilizado. O aprimoramento destes valores deverá ser considerado à critério de cada gerência regional.

Tendo em vista que a URPG possui área apta para recebimento do lodo e sua incorporação na agricultura em toda a região, considerou-se que, na etapa de determinação no número e localização de UGLs, os momentos de transporte do lodo caleado para reciclagem agrícola seriam equivalentes com distância máxima de 50 km. No entanto, para um valor mais apurado, devem ser preliminarmente avaliadas as possíveis diferenças dos momentos de transporte para aplicação do lodo na agricultura decorrente da localização da UGL e da aptidão agrícola regional.

O custo da tonelada transportada por quilometro, em R\$ / ton.km, foi adotado uniforme e igual a R\$ 0,23 / ton.km. Estes valores deverão ser avaliados caso a caso, em função das características das vias, facilidades de acesso e tipo de veículo utilizado para o transporte.

4.3.12 Disponibilidade de Área

O ponto ótimo entre armazenamento e transporte do lodo desaguado das ETEs até a UGL não foi considerado neste estudo, mas deverá ser avaliado pela gerência operacional, caso a caso. No estudo aqui processado, foi considerado que a produtividade da higienização da UGL seria compatível com o volume mensal de lodo recebido por cada UGL. Desta forma, a área para recebimento do lodo desaguado seria aquela necessária para um período médio de 15 dias e máximo de 30 dias de armazenamento. A área para caleação foi a necessária para acomodar uma maromba e os operadores durante o processo de higienização, estimada em 20 m²/equipe. Foram ainda previstas áreas para armazenamento de cal, considerando o consumo mensal, e para o lodo caleado por um período de 3 meses, sendo 30 dias

para cura, 30 dias para maturação e realização de análises e mais 30 dias para aguardar a liberação para aplicação na agricultura.

Os custos das áreas para efeito de desapropriação foram pesquisados junto a Imobiliária Tavarnaro, em Ponta Grossa, que forneceu os seguintes valores, válidos para todos os municípios das regionais (referência novembro/2006):

- Custo médio de área rural agricultável: R\$ 1,20 a 1,50 / m²
- Custo médio de área rural não agricultável: R\$ 0,50 / m²

Para efeito deste estudo, considerou-se área rural agricultável com valor de R\$ 1,20/m².

4.3.13 Instalações – Obras Civas

Para a avaliação dos custos relativos às obras civis, foram considerados os valores de pátios cobertos, de forma a acomodar: as instalações necessárias às operações de condicionamento e/ou higienização, mediante utilização de maromba; para a estocagem dos lodos durante as fases de recebimento; e, para a solução de uso agrícola, dos pátios cobertos para cura, maturação e armazenamento.

A avaliação dos custos finais das instalações considerou os seguintes valores por m² de instalação, considerando as condições de acesso, infraestruturas disponíveis e unidades existentes (referência novembro/2006).

- Custo de pátio coberto para higienização R\$ 1.000,00 / m²
- Custo de pátio coberto para armazenamento R\$ 250,00 / m²

4.3.14 Monitoramento do Lodo Higienizado

Neste estudo, considerou-se simplificada, por avaliação do volume de lodo produzido, da área necessária a estocagem, do período necessário para liberação dos lotes após análise e da sazonalidade nas culturas para aplicação agrícola, que os lotes serão formados a cada três meses. Em acordo com a totalização em toneladas, foram verificadas por alternativa e por cenário, as quantidades de amostras exigidas para análise e liberação daquele lote,

considerando a produção de lodo higienizado (lodo desaguado caleado, base seca) neste período.

É importante salientar que, apesar de ter sido considerada a formação dos lotes através da composição de lodos de várias procedências, os diferentes lotes de lodo devem ser mantidos segregados. Apenas as amostras serão compostas pelo material retirado das diferentes leiras, porém, sem que ocorra a mistura dos lodos antes de se processar a amostragem ou que sejam liberados para aplicação agrícola. Esse cuidado visa possibilitar a identificação do lodo impróprio para reciclagem e a preservação dos lodos das demais procedências que atendam aos padrões exigidos.

4.3.15 Determinação das Áreas Aptas para Aplicação Agrícola do Lodo de SES

Em termos gerais, a URPG conta com 196.876 ha de área homogênea apta para aplicação agrícola disponíveis. Considerando apenas a região de Ponta Grossa, para a alternativa de UGL única na ETE Verde, teríamos 20.108 ha de área homogênea apta a receber o lodo. Além das áreas homogêneas ainda são observadas na região da URPG a existência de 539.971 ha de área com solos compostos, com regiões aptas ao recebimento do lodo, mas necessitando de reconhecimento e confirmação através de pesquisa em campo. Portanto, a reciclagem agrícola do lodo de ETEs nesta regional é viável para qualquer composição de UGLs, não necessitando de nenhuma solução alternativa para a disposição final deste sub-produtos. Considerando os municípios viáveis para a implantação de UGLs, durante o estudo de alternativas, as áreas aptas estão distribuídas conforme tabela 27:

TABELA 27 ÁREAS APTAS NOS MUNICÍPIOS VIÁVEIS PARA IMPLANTAÇÃO DE UGL'S NA URPG.

Cidade	Tipo de Solo	Área(ha)	Observação	Área Total (Ha)	
				Homogênea	Composta
IRATI	4	7321,11	CLASSE DE APTIDÃO 2		
IRATI	8	4371,90			
IRATI	8	2072,28	CLASSE DE APTIDÃO 3		
IRATI	11	8736,29	CLASSE DE APTIDÃO 2		
IRATI	11	2840,00	CLASSE DE APTIDÃO 5		
IRATI	38	6988,91	CLASSE DE APTIDÃO 3		

Cidade	Tipo de Solo	Área(ha)	Observação	Área Total (Ha)	
				Homogênea	Composta
IRATI	58	4273,97	CLASSE DE APTIDÃO 3	4371,90	43020,39
PONTA GROSSA	68	6014,77	CLASSE DE APTIDÃO 3		
PONTA GROSSA	66	2024,79	CLASSE DE APTIDÃO 3		
PONTA GROSSA	6	1812,94			
PONTA GROSSA	7	3155,94	CLASSE DE APTIDÃO 5		
PONTA GROSSA	29	3701,29	CLASSE DE APTIDÃO 5		
PONTA GROSSA	40	1994,45	CLASSE DE APTIDÃO 3		
PONTA GROSSA	4	4030,51			
PONTA GROSSA	27	14548,16			
PONTA GROSSA	6	3109,05	CLASSE DE APTIDÃO 3		
PONTA GROSSA	4	41125,02	CLASSE DE APTIDÃO 2		
PONTA GROSSA	11	59416,57	CLASSE DE APTIDÃO 2		
PONTA GROSSA	21	3747,27		20108,37	118547,44
PRUDENTÓPOLIS	4	17835,89			
PRUDENTÓPOLIS	4	3085,91	CLASSE DE APTIDÃO 5		
PRUDENTÓPOLIS	4	18352,56	CLASSE DE APTIDÃO 2		
PRUDENTÓPOLIS	8	23446,79	CLASSE DE APTIDÃO 3		
PRUDENTÓPOLIS	13	6228,39			
PRUDENTÓPOLIS	18	2885,77			
PRUDENTÓPOLIS	58	1395,87	CLASSE DE APTIDÃO 3	26950,04	46281,15

Fonte: Souza et al., (1994)

4.3.16 Área para Aplicação Agrícola – Porte e Monitoramento

No caso da URP, o destino deverá ser para uso agrícola. Portanto a área necessária para aplicação em final de plano (2027), em acordo com o CONAMA será igual a:

Q de lodo desaguado caleado = 5038,45 ton MS/ano = 50385 ton MS/10 anos

Área necessária para 10 anos = 50385 ton/ 50 = 1007,70 ha

Considerando a taxa adotada atualmente no Estado do Paraná por aplicação = 12,5 ton de lodo caleado base seca /ha, tem-se a seguinte necessidade de área:

Q de lodo desaguado caleado = 419,87 ton MS/mês

Período de formação dos lotes = 3 meses

Q de lodo por lote = 1259,61 ton

Área necessária por aplicação = 1259,61/12,5 = 100,77 ha

4.3.17 Assistência Agronômica

Considerou-se que a assistência agronômica se dará em todo Estado do Paraná, com 5 equipes compostas por um Engenheiro Agrônomo e um Técnico Agrícola cada, dando assistência a todos os produtores que integrarem ao programa de uso de lodos de ETEs em suas culturas. Para avaliação dos custos envolvidos foram considerados os salários listados na tabela 28, relativizados aos volumes totais de lodo previstos para aplicação agrícola em todo o Estado e na URPG:

TABELA 28 CUSTOS OPERACIONAIS DA EQUIPE DE ASSISTÊNCIA AGRONÔMICA PARA O ESTADO DO PARANÁ E PARA A URPG

Técnico	Salário Mensal	Benefícios e Leis Sociais	Valor mensal	Quantidade	Valor Total R\$
Engenheiro Agrônomo	3.150,00	3.937,49	7.087,49	5,00	35.437,47
Técnico Agrícola Responsável	1.170,17	1.462,71	2.632,88	5,00	13.164,40
Agente Técnico -solo	1.170,17	1.462,71	2.632,88	5,00	13.164,40
Operador -coletor	651,70	814,63	1.466,33	6,00	8.797,95
TOTAL	6.142,04	7.677,54	13.819,58	21,00	70.564,22
Custos Deslocamento	Preço Unitário (R\$)	Unidade	Qtda mensal	Custo Mensal por Regional (R\$/mes)	Custo Total 5 Regionais (R\$/mes)
130 km /viagem * 4 viagens/mês	0,51	km	520,00	265,20	1.326,00
Diárias	100	dia	2,00	200,00	1.000,00
Refeições	20	refeição	6,00	120,00	600,00
TOTAL	120,51		528,00	585,20	2.926,00
Custo de Pessoal por Quantidade de Lodo Higienizado (m ³ /mês)					
Lodo Higienizado (m ³ /mês)	Paraná	Custo Pessoal/m ³	URPG	Custo AA R\$/mês	
Cenários	Atual	6.493,56	10,87	372,52	4.633,32
	Nominal	15.253,60	4,63	1.008,25	5.249,44
	2017	21.144,06	3,34	738,63	3.050,25
	2027	30.195,90	2,34	1.055,78	3.052,43

Fonte: SANEPAR/CISM, 2007

4.3.18 Custos finais por alternativa de pólos para implantação de UGLs – Solução Agrícola

Para este estudo de alternativas locacionais das UGLs, os custos de implantação foram determinados de maneira simplificada, considerando apenas os valores relativos a aquisição da maromba; os custos por área para uma estrutura coberta destinada às operações de higienização; e os custos por área de um pátio coberto para armazenamento do lodo, em função dos volumes envolvidos. Não foi considerada a otimização das estruturas nem o possível estagiamento das obras. Já os custos operacionais buscaram identificar os parâmetros mais relevantes a serem elencados em uma análise estratégica, visando o uso do lodo na agricultura. Algumas simplificações foram efetuadas devendo ser analisadas com mais critério por ocasião da efetiva implantação, tais como: distâncias de transporte das UGLs até as propriedades agrícolas, número de propriedades e em conseqüência número de ensaios para caracterização agrícola, apropriação dos custos das áreas destinadas a implantação das UGLs e detalhamento dos custos das unidades e infraestrutura necessárias para operação, dentre outros. Os valores finais obtidos encontram-se apresentados nas tabelas 29 – Resumo de Custos de Investimento e tabela 30 – Resumo dos Custos Operacionais, a seguir:

TABELA 29 RESUMO CUSTOS DE INVESTIMENTOS
ALTERNATIVA I: UGL ÚNICA NA ETE VERDE EM PONTA GROSSA

Custos (R\$)	Q Média Atual	Capacidade Nominal	Cenário 2017	Cenário 2027
MAROMBA - INVESTIMENTO	58.200,00	116.400,00	116.400,00	116.400,00
PÁTIOS COBERTOS HIGIENIZAÇÃO	20.000,00	40.000,00	40.000,00	40.000,00
PÁTIOS COBERTOS ESTOCAGEM	360.510,81	975.641,63	714.880,43	1.021.802,51
DESAPROPRIAÇÃO DE ÁREAS	1.754,45	4.731,08	3.479,43	4.952,65
TOTAL	440.465,26	1.136.772,71	874.759,86	1.183.155,16

ALTERNATIVA II: UGL'S NAS ETES VERDE EM PONTA GROSSA E ANTAS EM IRATI

Custos (R\$)	Q Média Atual	Capacidade Nominal	Cenário 2017	Cenário 2027
MAROMBA - INVESTIMENTO	58.200,00	116.400,00	116.400,00	116.400,00
PÁTIOS COBERTOS HIGIENIZAÇÃO ETE Verde	20.000,00	20.000,00	20.000,00	20.000,00
PÁTIOS COBERTOS HIGIENIZAÇÃO ETE Antas	20.000,00	20.000,00	20.000,00	20.000,00
PÁTIOS COBERTOS ESTOCAGEM ETE Verde	256.086,79	786.454,96	465.370,58	652.218,83
PÁTIOS COBERTOS ESTOCAGEM ETE Antas	104.424,01	189.186,67	249.509,85	369.583,68
DESAPROPRIAÇÃO DE ÁREAS	1.778,45	4.731,08	3.479,43	4.952,65
TOTAL	460.489,26	1.136.772,71	874.759,86	1.183.155,16

ALTERNATIVA III: UGL`S NAS ETES VERDE, ANTAS E PRUDENTÓPOLIS

Custos (R\$)		Q Média Atual	Capacidade Nominal	Cenário 2017	Cenário 2027
MAROMBA - INVESTIMENTO		58.200,00	116.400,00	116.400,00	116.400,00
PÁTIOS COBERTOS HIGIENIZAÇÃO	ETE Verde	20.000,00	20.000,00	20.000,00	20.000,00
	ETE Antas	20.000,00	20.000,00	20.000,00	20.000,00
	ETE Prudentópolis	20.000,00	20.000,00	20.000,00	20.000,00
PÁTIOS COBERTOS ESTOCAGEM	ETE Verde	256.086,79	786.454,96	465.370,58	652.218,83
	ETE Antas	79.456,49	163.550,20	174.838,22	242.257,26
	ETE Prudentópolis	24.967,53	25.636,47	74.671,63	127.326,41
DESAPROPRIAÇÃO DE ÁREAS		1.802,45	4.755,08	3.503,43	4.976,65
TOTAL		480.513,26	1.156.796,71	894.783,86	1.203.179,16

ALTERNATIVA IV: UGL`s EM PONTA GROSSA (ETE VERDE -CENTRÍFUGA E/OU ETE RONDA - MAROMBA) RECEBENDO LODO DOS MUNICÍPIOS DE PG, PALMEIRA E P. AMAZONAS E DEMAIS MUNICÍPIOS COM UGL LOCAL E MAROMBA MÓVEL

Custos (R\$)		Q Média Atual	Capacidade Nominal	Cenário 2017	Cenário 2027
MAROMBA – INVESTIMENTO		116.400,00	116.400,00	116.400,00	116.400,00
PÁTIOS COBERTOS HIGIENIZAÇÃO	ETE Verde	20.000,00	20.000,00	20.000,00	20.000,00
	ETE Ronda	20.000,00	20.000,00	20.000,00	20.000,00
	ETE`s Maromba Móvel	180.000,00	180.000,00	200.000,00	200.000,00
PÁTIOS COBERTOS ESTOCAGEM	ETE Verde	145.601,96	381.425,86	218.712,12	304.562,80
	ETE Ronda	135.069,26	425.043,11	279.894,26	379.513,85
	ETE`s Maromba Móvel	79.839,59	169.172,66	216.274,05	337.725,86
DESAPROPRIAÇÃO DE ÁREAS		1.994,45	4.947,08	3.719,43	5.192,65
TOTAL		698.905,26	1.316.988,71	1.074.999,86	1.383.395,16

TABELA 30 RESUMO CUSTOS OPERACIONAIS

ALTERNATIVA I: UGL ÚNICA NA ETE VERDE EM PONTA GROSSA

Custos Operacionais (R\$/mês)	Q Média Atual	Capacidade Nominal	Cenário 2017	Cenário 2027
TRANSPORTE LODO DESAGUADO (MOMENTO DIST. CALCULADAS)	2.386,23	5.809,97	5.752,97	8.474,44
TRANSPORTE LODO CALEADO PARA AGRICULTURA (MOMENTO COM D = 50 KM)	3.646,16	9.678,41	6.937,30	9.864,36
CAL	8.071,59	21.913,49	15.962,25	22.833,26
ANÁLISES LODO	8.180,33	8.695,50	9.053,00	9.053,00
ANÁLISES SOLO	1.251,08	3.467,31	2.552,63	3.671,14
HIGIENIZAÇÃO	3.523,47	9.978,77	8.251,31	11.914,92
TRANSPORTE MAROMBA	0,00	0,00	0,00	0,00
MAROMBA - PRESTAÇÃO AMORTIZAÇÃO - 12%a.a. 5 ANOS	1.345,44	2.690,87	2.690,87	2.690,87
PÁTIO HIGIENIZAÇÃO - PRESTAÇÃO AMORTIZAÇÃO - 12%a.a. 20 ANOS	223,13	446,26	446,26	446,26
PÁTIO ESTOCAGEM - PRESTAÇÃO AMORTIZAÇÃO - 12%a.a. 20 ANOS	4.022,06	10.884,81	7.975,61	11.399,81
ÁREA DESAPROPRIADA - PRESTAÇÃO AMORTIZAÇÃO - 12%a.a.20 ANOS	19,57	52,78	38,82	55,25
ASSISTÊNCIA AGRONÔMICA	4.633,32	5.249,44	3.050,25	3.052,43
TOTAL	37.302,39	78.867,62	62.711,27	83.455,75

ALTERNATIVA II: UGL'S NAS ETES VERDE EM PONTA GROSSA E ANTAS EM IRATI

Custos Operacionais (R\$/mês)	Q Média Atual	Capacidade Nominal	Cenário 2017	Cenário 2027
TRANSPORTE LODO DESAGUADO (MOMENTO DIST. CALCULADAS)	1.333,81	3.213,32	3.307,09	4.753,22
TRANSPORTE LODO CALEADO PARA AGRICULTURA (MOMENTO COM D = 50 KM)	3.630,19	9.651,78	6.937,30	9.864,36
CAL	8.071,59	21.913,49	15.962,25	22.833,26
ANÁLISES LODO	9.210,67	9.725,83	9.568,17	10.083,33
ANÁLISES SOLO	1.251,08	3.467,31	2.552,63	3.671,14
HIGIENIZAÇÃO	3.523,47	9.978,77	8.251,31	11.914,92
TRANSPORTE MAROMBA	0,00	0,00	0,00	0,00
MAROMBA - PRESTAÇÃO AMORTIZAÇÃO - 12%a.a. 5 ANOS	1.345,44	2.690,87	2.690,87	2.690,87
PÁTIO HIGIENIZAÇÃO - PRESTAÇÃO AMORTIZAÇÃO - 12%a.a. 20 ANOS	446,26	446,26	446,26	446,26
PÁTIO ESTOCAGEM - PRESTAÇÃO AMORTIZAÇÃO - 12%a.a. 20 ANOS	4.022,06	10.884,81	7.975,61	11.399,81
ÁREA DESAPROPRIADA - PRESTAÇÃO AMORTIZAÇÃO - 12%a.a.20 ANOS	19,84	52,78	38,82	55,25
ASSISTÊNCIA AGRONÔMICA	4.633,32	5.249,44	3.050,25	3.052,43
TOTAL	37.487,72	77.274,68	60.780,56	80.764,86

ALTERNATIVA III: UGL`S NAS ETES VERDE, ANTAS E PRUDENTÓPOLIS

Custos Operacionais (R\$/mês)	Q Média Atual	Capacidade Nominal	Cenário 2017	Cenário 2027
TRANSPORTE LODO DESAGUADO (MOMENTO DIST. CALCULADAS)	1.127,53	3.001,52	2.690,17	3.701,29
TRANSPORTE LODO CALEADO PARA AGRICULTURA (MOMENTO COM D = 50 KM)	3.630,19	9.651,78	6.937,30	9.864,36
CAL	8.071,59	21.913,49	15.962,25	22.833,26
ANÁLISES LODO	10.241,00	10.756,17	10.598,50	11.113,67
ANÁLISES SOLO	1.251,08	3.467,31	2.552,63	3.671,14
HIGIENIZAÇÃO	3.523,47	9.978,77	8.251,31	11.914,92
TRANSPORTE MAROMBA	158,74	58,17	58,17	58,17
MAROMBA - PRESTAÇÃO AMORTIZAÇÃO - 12%a.a. 5 ANOS	1.345,44	2.690,87	2.690,87	2.690,87
PÁTIO HIGIENIZAÇÃO - PRESTAÇÃO AMORTIZAÇÃO - 12%a.a. 20 ANOS	669,39	669,39	669,39	669,39
PÁTIO ESTOCAGEM - PRESTAÇÃO AMORTIZAÇÃO - 12%a.a. 20 ANOS	4.022,06	10.884,81	7.975,61	11.399,81
ÁREA DESAPROPRIADA - PRESTAÇÃO AMORTIZAÇÃO - 12%a.a.20 ANOS	20,11	53,05	39,09	55,52
ASSISTÊNCIA AGRONÔMICA	4.633,32	5.249,44	3.050,25	3.052,43
TOTAL	38.693,92	78.374,78	61.475,55	81.024,83

ALTERNATIVA IV: UGL`s EM PONTA GROSSA (ETE VERDE -CENTRÍFUGA E/OU ETE RONDA - MAROMBA) RECEBENDO LODO DOS MUNICÍPIOS DE PG, PALMEIRA E P. AMAZONAS E DEMAIS MUNICÍPIOS COM UGL LOCAL E MAROMBA MÓVEL

Custos Operacionais (R\$/mês)	Q Média Atual	Capacidade Nominal	Cenário 2017	Cenário 2027
TRANSPORTE LODO DESAGUADO (MOMENTO DIST. CALCULADAS)	674,87	1.446,45	1.348,68	1.747,59
TRANSPORTE LODO CALEADO PARA AGRICULTURA (MOMENTO COM D = 50 KM)	3.646,16	9.678,41	6.937,30	9.864,36
CAL	8.071,59	21.913,49	15.962,25	22.833,26
ANÁLISES DE LODO	19.514,00	19.514,00	19.871,50	19.871,50
ANÁLISES DE SOLO	1.252,03	3.500,53	2.593,37	3.768,69
HIGIENIZAÇÃO	3.523,47	9.978,77	8.251,31	11.914,92
TRANSPORTE MAROMBA	283,68	283,68	283,68	283,68
MAROMBA - PRESTAÇÃO AMORTIZAÇÃO - 12%a.a. 5 ANOS	2.690,87	2.690,87	2.690,87	2.690,87
PÁTIO HIGIENIZAÇÃO - PRESTAÇÃO AMORTIZAÇÃO - 12%a.a. 20 ANOS	2.454,44	2.454,44	2.677,58	2.677,58
PÁTIO ESTOCAGEM - PRESTAÇÃO AMORTIZAÇÃO - 12%a.a. 20 ANOS	4.022,06	10.884,81	7.975,61	11.399,81
ÁREA DESAPROPRIADA - PRESTAÇÃO AMORTIZAÇÃO - 12%a.a.20 ANOS	22,25	55,19	41,50	57,93
ASSISTÊNCIA AGRONÔMICA	4.633,32	5.249,44	3.050,25	3.052,43
TOTAL	50.788,75	87.650,09	71.683,89	90.162,62

4.3.19 Índices de custo

Os índices foram calculados relacionando os custos mensais com a massa seca produzida no mesmo período. Como se pode visualizar na tabela 30, os índices mais representativos dentre os parâmetros avaliados foram o transporte (lodo desaguado + lodo caleado), o consumo de cal, o processo de higienização e as análises (solo e lodo). Os custos de implantação, apesar de significativos, foram aqui considerados por área necessária, não refletindo a economia de escala resultante de unidades maiores x maior quantidade, a infraestrutura necessária tais como acessos e unidades de controle, cujos elementos deverão ser avaliados com mais acuidade durante o processo de tomada de decisão.

TABELA 31 RESUMO ÍNDICES DE CUSTOS
ALTERNATIVA I: UGL ÚNICA NA ETE VERDE EM PONTA GROSSA

PARÂMETRO AVALIADO	Índices (R\$/Ton MS mês)			
	Cenário Q Média Atual	Cenário (Capacidade Nominal)	Cenário 2017	Cenário 2027
TRANSPORTE LODO DESAGUADO (MS transportada -Não consid.no índice total))	38,07	31,85	39,36	39,89
TRANSPORTE LODO DESAGUADO (MédiaPonderada MS transp.)	45,44	45,44	48,86	48,86
TRANSPORTE LODO CALEADO PARA AGRICULTURA (MOMENTO COM D = 50 KM)	42,30	40,19	38,97	38,46
CAL	93,63	91,00	89,68	89,02
ANÁLISES LODO	94,90	36,11	50,86	35,29
ANÁLISES SOLO	14,51	14,40	14,34	14,31
HIGIENIZAÇÃO	40,87	41,44	46,36	46,45
TRANSPORTE MAROMBA	0,00	0,00	0,00	0,00
MAROMBA - PRESTAÇÃO AMORTIZAÇÃO - 12%a.a. 5 ANOS	15,61	11,17	15,12	10,49
PÁTIO HIGIENIZAÇÃO - PRESTAÇÃO AMORTIZAÇÃO - 12%a.a. 20 ANOS	2,59	1,85	2,51	1,74
PÁTIO ESTOCAGEM - PRESTAÇÃO AMORTIZAÇÃO - 12%a.a. 20 ANOS	46,66	45,20	44,81	44,44
ÁREA DESAPROPRIADA - PRESTAÇÃO AMORTIZAÇÃO - 12%a.a.20 ANOS	0,23	0,22	0,22	0,22
ASSISTÊNCIA AGRONÔMICA	53,75	21,80	17,14	11,90
TOTAL (R\$/ TON MS MÊS)	450,48	348,82	368,86	341,19

ALTERNATIVA II: UGL`S NAS ETES VERDE EM PONTA GROSSA E ANTAS EM IRATI

PARÂMETRO AVALIADO	Índices (R\$/Ton MS mês)			
	Cenário Q Média Atual	Cenário (Capacidade Nominal)	Cenário 2017	Cenário 2027
TRANSPORTE LODO DESAGUADO (Apenas MS transp.-Não considerado no índice total)	25,78	21,15	25,80	25,53
TRANSPORTE LODO DESAGUADO (MédiaPonderada MS transp.)	26,71	26,71	29,43	29,43
TRANSPORTE LODO CALEADO PARA AGRICULTURA (MOMENTO COM D = 50 KM)	42,11	40,08	38,97	38,46
CAL	93,63	91,00	89,68	89,02
ANÁLISES LODO	106,85	40,39	53,76	39,31
ANÁLISES SOLO	14,51	14,40	14,34	14,31
HIGIENIZAÇÃO	40,87	41,44	46,36	46,45
TRANSPORTE MAROMBA	0,00	0,00	0,00	0,00
MAROMBA - PRESTAÇÃO AMORTIZAÇÃO - 12%a.a. 5 ANOS	15,61	11,17	15,12	10,49
PÁTIO HIGIENIZAÇÃO - PRESTAÇÃO AMORTIZAÇÃO - 12%a.a. 20 ANOS	5,18	1,85	2,51	1,74
PÁTIO ESTOCAGEM - PRESTAÇÃO AMORTIZAÇÃO - 12%a.a. 20 ANOS	46,66	45,20	44,81	44,44
ÁREA DESAPROPRIADA - PRESTAÇÃO AMORTIZAÇÃO - 12%a.a.20 ANOS	0,23	0,22	0,22	0,22
ASSISTÊNCIA AGRONÔMICA	53,75	21,80	17,14	11,90
TOTAL (R\$/ TON MS MÊS)	446,11	334,26	352,32	325,76

ALTERNATIVA III: UGL`S NAS ETES VERDE, ANTAS E PRUDENTÓPOLIS

PARÂMETRO AVALIADO	Índices (R\$/Ton MS mês)			
	Cenário Q Média Atual	Cenário (Capacidade Nominal)	Cenário 2017	Cenário 2027
TRANSPORTE LODO DESAGUADO (Não considerado no índice total)	25,25	20,75	25,14	24,66
TRANSPORTE LODO DESAGUADO (MédiaPonderada MS transp.)	25,39	25,39	28,10	28,10
TRANSPORTE LODO CALEADO PARA AGRICULTURA (MOMENTO COM D = 50 KM)	42,11	40,08	38,97	38,46
CAL	93,63	91,00	89,68	89,02
ANÁLISES LODO	118,80	44,67	59,54	43,33
ANÁLISES SOLO	14,51	14,40	14,34	14,31
HIGIENIZAÇÃO	40,87	41,44	46,36	46,45
TRANSPORTE MAROMBA	1,84	0,24	0,33	0,23
MAROMBA - PRESTAÇÃO AMORTIZAÇÃO - 12%a.a. 5 ANOS	15,61	11,17	15,12	10,49
PÁTIO HIGIENIZAÇÃO - PRESTAÇÃO AMORTIZAÇÃO - 12%a.a. 20 ANOS	7,77	2,78	3,76	2,61
PÁTIO ESTOCAGEM - PRESTAÇÃO AMORTIZAÇÃO - 12%a.a. 20 ANOS	46,66	45,20	44,81	44,44
ÁREA DESAPROPRIADA - PRESTAÇÃO AMORTIZAÇÃO - 12%a.a.20 ANOS	0,23	0,22	0,22	0,22
ASSISTÊNCIA AGRONÔMICA	53,75	21,80	17,14	11,90
TOTAL (R\$/ TON MS MÊS)	461,17	338,38	358,36	329,55

ALTERNATIVA IV: UGL's EM PONTA GROSSA (ETE VERDE -CENTRÍFUGA E/OU ETE RONDA - MAROMBA) RECEBENDO LODO DOS MUNICÍPIOS DE PG, PALMEIRA E P. AMAZONAS E DEMAIS MUNICÍPIOS COM UGL LOCAL E MAROMBA MÓVEL

Índices (R\$/Ton MS mês)	Q Média Atual	Capacidade Nominal	Cenário 2017	Cenário 2027
TRANSPORTE LODO DESAGUADO (Não considerado no índice total)	31,29	20,72	26,43	25,02
TRANSPORTE LODO DESAGUADO (Média Ponderada MS transp.)	13,60	13,60	14,24	14,24
TRANSPORTE LODO CALEADO PARA AGRICULTURA (MOMENTO COM D = 50 KM)	42,30	40,19	38,97	38,46
CAL	93,63	91,00	89,68	89,02
ANÁLISES LODO	226,37	81,03	111,64	77,47
ANÁLISES SOLO	14,52	14,54	14,57	14,69
HIGIENIZAÇÃO	40,87	41,44	46,36	46,45
TRANSPORTE MAROMBA	3,29	1,18	1,59	1,11
MAROMBA - PRESTAÇÃO AMORTIZAÇÃO - 12%a.a. 5 ANOS	31,22	11,17	15,12	10,49
PÁTIO HIGIENIZAÇÃO - PRESTAÇÃO AMORTIZAÇÃO - 12%a.a. 20 ANOS	28,47	10,19	15,04	10,44
PÁTIO ESTOCAGEM - PRESTAÇÃO AMORTIZAÇÃO - 12%a.a. 20 ANOS	46,66	45,20	44,81	44,44
ÁREA DESAPROPRIADA - PRESTAÇÃO AMORTIZAÇÃO - 12%a.a. 20 ANOS	0,26	0,23	0,23	0,23
ASSISTÊNCIA AGRONÔMICA	53,75	21,80	17,14	11,90
TOTAL (R\$/ TON MS MÊS)	594,94	371,57	409,40	358,94

Os valores obtidos para a Regional de Ponta Grossa, considerando todas as alternativas, cenários e variações elencadas, podem ser traduzidos pelos índices econômicos extremos apresentados na tabela 32:

TABELA 32 VALORES EXTREMOS DOS ÍNDICES DE CUSTO DETERMINADOS

Índices (R\$/Ton MS mês)	Valores Extremos					
	Mínimo	%	ótimo	%	Máximo	%
TRANSPORTE LODO DESAGUADO (Média Ponderada MS transp.)	13,60	4,71	26,71	6,73	48,86	8,40
TRANSPORTE LODO CALEADO PARA AGRICULTURA (MOMENTO COM D = 50 KM)	38,46	13,33	38,46	9,69	42,30	7,27
CAL	89,02	30,86	89,02	22,44	93,63	16,09
ANÁLISES LODO	35,29	12,24	39,31	9,91	226,37	38,89
ANÁLISES SOLO	14,31	4,96	14,31	3,61	14,51	2,49
HIGIENIZAÇÃO	40,87	14,17	40,87	10,30	46,45	7,98
TRANSPORTE MAROMBA	0,00	0,00	0,00	0,00	3,29	0,57
MAROMBA - PRESTAÇÃO AMORTIZAÇÃO - 12%a.a. 15 ANOS	10,49	3,64	10,49	2,64	31,22	5,36

Índices (R\$/Ton MS mês)	Valores Extremos					
	Mínimo	%	ótimo	%	Máximo	%
PÁTIO HIGIENIZAÇÃO - PRESTAÇÃO AMORTIZAÇÃO - 12%a.a. 20 ANOS	1,74	0,60	1,74	0,44	28,47	4,89
PÁTIO ESTOCAGEM - PRESTAÇÃO AMORTIZAÇÃO - 12%a.a. 20 ANOS	44,44	15,41	44,44	11,20	46,66	8,02
ASSISTÊNCIA AGRONÔMICA	0,22	0,07	0,22	0,05	0,26	0,04
TOTAL (R\$/ TON MS MÊS)	288,44	100,00	305,57	77,02	582,02	100,00

Analisando-se os valores da tabela 32 verifica-se que, dos parâmetros elencados, os que mais variaram em decorrência da logística adotada por alternativa foram: as análises de lodo, uma vez que quanto maior o volume a gerenciar, melhor a otimização dos lotes; as instalações para higienização e estocagem, também devido a economia de escala obtida pela concentração dos volumes; e o transporte do lodo desaguado, cujos custos aumentam com o volume de lodo a ser transportado. Esta relação inversa análises x transporte fica bem evidenciada quando observamos os valores da tabela 16. Quanto mais concentrados os volumes em UGLs centralizadas, melhor a otimização nos custos de análises e instalações, porém maiores são os custos com transporte de lodo. A determinação do ponto ótimo entre estas relações indica a melhor logística a adotar para cada situação onde o gerenciamento do lodo de esgotos esteja envolvido, ou seja, a alternativa ótima a ser selecionada.

4.3.20 Definição da alternativa ótima para implantação de UGLs visando o uso agrícola do lodo

Avaliando os custos das alternativas em termos percentuais, obtêm-se as relações listadas na tabela 33:

TABELA 33 PERCENTUAIS DE CUSTOS

PERCENTAGENS CUSTOS DE INVESTIMENTO				
Alternativa	Q Média Atual	Capacidade Nominal	Cenário 2017	Cenário 2027
I	100,00	100,00	100,00	100,00
II	104,55	100,00	100,00	100,00
III	109,09	101,76	102,29	101,69
IV	158,67	115,85	122,89	116,92

PERCENTAGENS CUSTOS OPERACIONAIS

Alternativa	Q Média Atual	Capacidade Nominal	Cenário 2017	Cenário 2027
I	100,00	102,06	103,18	103,33
II	100,50	100,00	100,00	100,00
III	103,73	101,42	101,14	100,32
IV	136,15	113,43	117,94	111,64

Pela observação da tabela 33, verifica-se que a alternativa 1, com UGL única em Ponta Grossa, aqui simulada na ETE Verde, é a mais viável para atendimento de 1ª etapa, com vantagens entre 4,55% e 58,67% em termos de implantação atual e empatando com a alternativa 2 considerando os custos operacionais atuais. Em 2017 estas vantagens diminuem, com a alternativa 1 empatando com a alternativa 2 em termos de implantação, e ficando 3,18% menos viável que esta, em custos operacionais.

TABELA 34 PERCENTUAS ÍNDICES DE CUSTOS TOTAIS

Alternativa	Q Média Atual	Capacidade Nominal	Cenário 2017	Cenário 2027
I	100,98	104,36	104,70	104,73
II	100,00	100,00	100,00	100,00
III	103,38	101,23	101,72	101,16
IV	133,36	111,16	116,20	110,18

Considerando os índices por matéria seca, apresentados na tabela 34, observa-se que a medida que o volume de lodo aumenta, os custos de transporte tendem a ter mais peso que os custos das análises, levando a alternativa II com UGLs em Ponta Grossa e em Irati ficar ligeiramente mais viável para o período de 2ª etapa 2027. As tendências no peso destes índices podem ser melhor visualizadas quando comparadas as suas percentagens relativas, conforme tabelas 35 e 36, a seguir:

TABELA 35 PERCENTAGENS CUSTOS TRANSPORTE LODO DESAGUADO

Alternativa	Q Média Atual	Capacidade Nominal	Cenário 2017	Cenário 2027
I	353,58	401,67	426,56	484,92
II	197,64	222,15	245,21	271,99
III	167,07	207,51	199,47	211,79
IV	100,00	100,00	100,00	100,00

TABELA 36 PERCENTAGENS CUSTOS DE ANÁLISE DE LODO

Alternativa	Q Média Atual	Capacidade Nominal	Cenário 2017	Cenário 2027
I	100,00	100,00	100,00	100,00
II	112,60	111,85	105,69	111,38
III	125,19	123,70	117,07	122,76
IV	238,55	224,41	219,50	219,50

Desta forma, para a URPG a melhor solução resultou em UGL única em Ponta Grossa, preferencialmente na ETE Verde, em primeira etapa, avaliando-se para 2ª etapa a implantação de nova UGL em Irati, nas proximidades da ETE Antas. Note-se que, o dimensionamento da UGL Verde para atender a Primeira Etapa, recebendo 643,62 m³/mês de lodo desaguado e produzindo 738,63 m³/mês de lodo caleado na alternativa I, é superior ao volume necessário para o atendimento de segunda etapa da alternativa II, quando a UGL Verde deverá receber 419,53 m³/mês de lodo desaguado e produzir 480,65 m³/mês de lodo caleado.

Em primeira etapa indicou-se a implantação de uma UGL nas proximidades da ETE Verde em Ponta Grossa com capacidade para receber e tratar 650 m³/mês de lodo desaguado. Por ocasião da implantação da segunda etapa, o estudo de alternativas deverá ser atualizado de forma a se verificar se a implantação de uma segunda UGL, próximo a ETE Antas em Irati, com capacidade para receber e tratar aproximadamente 350 m³/mês de lodo desaguado tem sua viabilidade confirmada.

4.3.21 Padrões de Referência e Planilhas

Os desenhos de padrões de referência e orçamentos detalhados efetuados encontram-se apresentados nos anexos (B, C e D), bem como as planilhas de dimensionamento com custos de implantação por município para os cenários Atual, Nominal, 2017 e 2027.

- a) Alternativa Ponta Grossa – Anexo B;
- b) Mapas da Regional de Ponta Grossa – Anexo D;
- c) Croquis das alternativas UGLs – Anexo C.

4.4 SISTEMA BASEADO NO CONHECIMENTO

Identificação do Domínio: o sistema baseado no conhecimento desenvolvido tem por domínio o gerenciamento de recursos. Pretende-se com a utilização do programa, prever e otimizar custos, definir os melhores locais para aquisição de áreas e a quantidade de equipamentos e verificar o ponto técnico x ambiental x econômico ideal entre centralização e descentralização de UGLs, considerando os fatores mais relevantes dentro da logística de gerenciamento de lodo.

Seleção da Equipe de Desenvolvimento: para o desenvolvimento do software foi alocado um engenheiro do conhecimento, com suporte na equipe de engenheiros e técnicos da empresa de saneamento do Paraná, e um engenheiro de computação.

Seleção da Ferramenta para o Desenvolvimento: O software produzido tem o objetivo de ser operacionalmente simples, facilitando a manipulação de dados e com interface com usuário bastante amigável, permitindo que o usuário final não apresente qualificações específicas para o uso do sistema. Para tanto, dentre as diferentes ferramentas de suporte à construção, foi selecionada a Visual FoxPro, pertencente a suíte Visual Studio, pacote comercial da Microsoft, a qual oferece vários esquemas de representação do conhecimento, monitoramento de inferência, estratégias para resolução de problemas, bem como interfaces para aquisição do conhecimento e explicação. O VisualFoxPro apresenta como vantagem a conectividade com aplicativos do windows, através de formulários ancoráveis, que permite o gerenciamento simultâneo de vários bancos de dados com agilidade e confiança.

4.4.1 Aquisição de conhecimento

Identificação: Com o desenvolvimento do modelo conceitual verificou-se que a planificação do conhecimento se dá através do levantamento dos dados dos

sistemas de esgotos sanitários municipais que processados e alinhados permitem a tomada de decisão quanto a melhor logística a adotar para o gerenciamento de lodos.

Conceituação: O paradigma simbólico utilizado é através de regra Se-Então. Através do desenvolvimento do modelo matemático foi possível verificar os parâmetros mais significativos para a tomada de decisão na seleção da melhor alternativa, os quais tiveram suas redes de inferência lógica representadas no programa.

Formalização: Como o VisualFoxPro já possui um banco de dados próprio, os dados são facilmente manipulados pelo aplicativo. Todas as funções que fazem esta manipulação já estão embutidas na própria linguagem de programação.

4.4.2 *Implementação do sistema baseado em conhecimento*

Representação do conhecimento da ferramenta: a codificação do modelo matemático para o sistema baseado em conhecimento foi efetuada usando a ferramenta de inteligência artificial Visual FoxPro. Trata-se de linguagem formal de sistemas de produção, que permite expressar o conhecimento de forma precisa e não ambígua, onde o conhecimento é representado por meio de regras do tipo <condição> <ação>.

Implementação da interface do SBC: na fase de teste, o software foi avaliado com os dados de entrada relativos a unidade regional de gerenciamento de sistemas de saneamento de Ponta Grossa – URPG, no Estado do Paraná, comparando os resultados obtidos pelo sistema baseado no conhecimento para as diversas alternativas, com os obtidos pelo modelo matemático efetuado em planilhas do excell.

Geração da documentação do SBC: Foi desenvolvido um manual do usuário para o software de cálculo de viabilidade de implantação de UGL's, o qual está apresentado no anexo E.

4.4.3 *Verificação e refinamento do SBC*

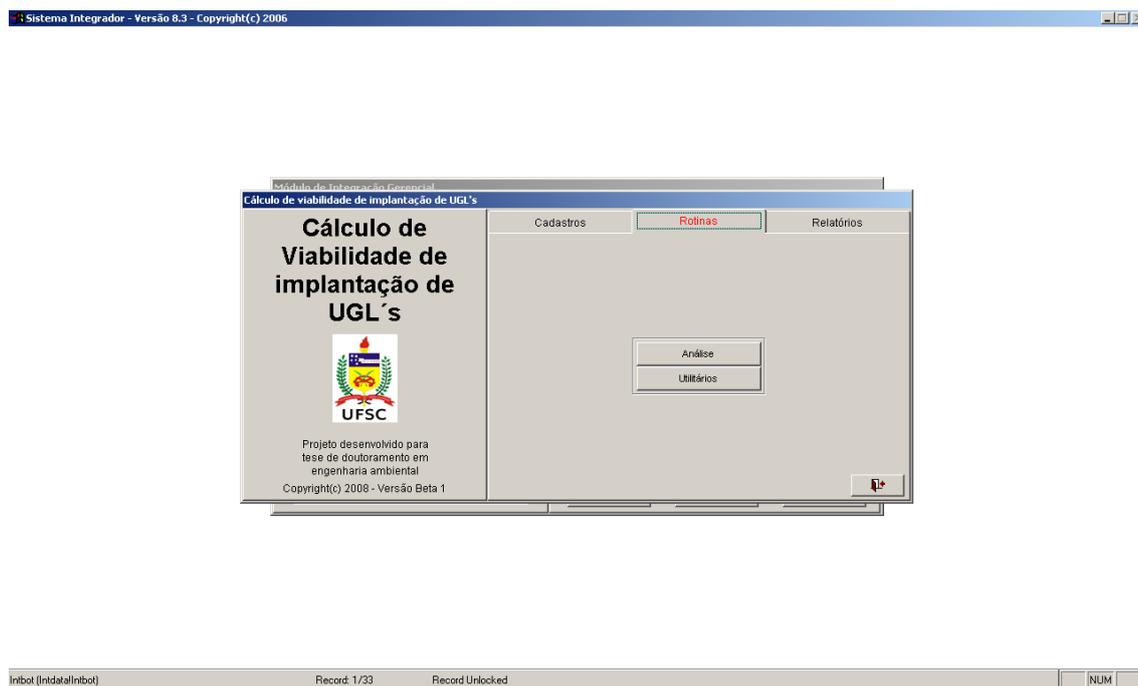
Validação e Verificação do SBC: o sistema teve sua validação com as simulações efetuadas com os dados da unidade regional de gerenciamento de sistemas de saneamento de Ponta Grossa – URPG, no Estado do Paraná. No entanto, o processo de validação e verificação do sistema é considerado contínuo, merecendo avaliações por parte dos usuários e refinamentos do sistema a cada nova utilização. O FoxPro permite que o sistema baseado no conhecimento possa ser facilmente adaptado a novas regras que venham a ser criadas, enfatizando a aquisição de conhecimento contínua e a avaliação do sistema em andamento.

4.4.4 *A Aplicação do Visual Foxpro Como Ferramenta Auxiliar na Tomada de Decisão*

O sistema baseado no conhecimento foi desenvolvido visando auxiliar no processo de tomada de decisão na seleção da melhor logística a ser adotada para gerenciamento de lodos de esgoto, através do cálculo da viabilidade de implantação de Unidades Gerenciais de Lodo – UGL's.

O sistema desenvolvido caracteriza-se por 3 partes principais, conforme pode ser visualizado na figura 10, quais sejam:

FIGURA 10 SISTEMA FOXPRO – JANELA INICIAL



- Cadastro: onde são incluídos os projetos que poderão ser analisados no sistema, no caso, projeto URPG, as alternativas elencadas, os cenários estipulados e os parâmetros necessários para os cálculos desenvolvidos, como quantidades de lodo por alternativa, por cenário e distâncias entre localidades.
- Rotinas: onde são efetuados os cálculos de viabilidade inferidos ao sistema e os utilitários como exportação ou importação de dados.
- Relatórios: onde são disponibilizados os relatórios implementados, com opção de visualização ou impressão.

Os dados de projeto para alimentação do sistema serão inseridos nos seguintes campos, conforme apresentado na figura 11:

- Campo 'Código': Campo atribuído pelo usuário para identificar cada projeto. É um campo numérico, com até 6 dígitos, permitindo o cadastramento de até 999.999 projetos diferentes.
- Campo 'Descrição': É um campo que permite a descrição do projeto em questão, ou seja, informações que devam ser armazenadas junto ao projeto.
- Campo 'Data': É informada a data de início do projeto neste campo.
- Campo 'Nº. de alternativas': É informado o número máximo de alternativas que vamos usar nas simulações (cenários), limitado a no máximo 8 alternativas.

- Campo 'Área para 1 m³ de lodo': área necessária para armazenar 1 m³ de lodo. Aqui foi considerado o armazenamento do lodo em camadas de 1 m de altura, sendo necessário 1 m² para armazenar cada 1 m³ de lodo.
- Campo 'Período de formação dos lotes': Da mesma forma que na simulação matemática por planilhas de excell, foi estimado o período de 3 meses para formação dos lotes.
- Campo 'Taxa de aplicação agrícola': que é a taxa permissível para aplicação do lodo no solo agricultável, aqui considerado igual a 12,5 t/ha, conforme práticas comprovadas no Paraná.
- Campo 'Frete por tonelada de lodo': Valor em real para cada tonelada transportada por KM rodado, considerado igual a 0,23 R\$/ton km.
- Campo 'Custo da análise para substância orgânica': Incluem os custos de amostragem e análise para verificação da presença de substâncias orgânicas no lodo de esgoto, a saber: benzenos clorados; ésteres de ftalatos; fenóis não clorados; fenóis clorados; hidrocarbonetos aromáticos policíclicos e poluentes orgânicos persistentes (POP`s)
- Campo 'Custo da análise do lodo': incluindo os custos de amostragem, acondicionamento e transporte das amostras e realização de análises para determinação do potencial agronômico do lodo (Carbono orgânico; fósforo total; nitrogênio Kjeldahl; nitrogênio amoniacal; nitrogênio nitrato/nitrito; pH em água (1:10); potássio total; sódio total; enxofre total; cálcio total; magnésio total; umidade; sólidos voláteis e sólidos totais); para se detectar os teores de metais pesados presentes (Arsênio; Bário; Cádmio; Chumbo; Cobre; Cromo; Mercúrio; Molibdênio; Níquel; Selênio; e Zinco) e visando a caracterização quanto a presença de agentes patogênicos e indicadores bacteriológicos, mediante a determinação de concentrações de: coliformes termotolerantes; ovos viáveis de helmintos; salmonella e vírus entéricos. Refere-se ao custo de amostragem necessária para caracterização e liberação de 1 lote de lodo de esgotos com fins de uso agrícola.
- Campo 'Vlr. Amostra do solo': Referem-se aos custos de amostragem, acondicionamento e transporte das amostras e realização de análises para determinação do potencial agronômico (1 amostra para cada 20 ha) do solo.

- Campo 'Vlr.Amostra Metais Pesados': Os custos de análise do solo para controle ambiental referem-se aos custos de amostragem, acondicionamento e transporte das amostras e realização de análises para e verificação da presença de metais pesados no solo (2 amostras para cada 20 ha)
- Campo 'Valor da Cal ': Custo de aquisição de 1 tonelada de cal, igual a 240,00 R\$/ton, a valores de novembro/2006.

As informações das quantidades de lodo produzidas por ETE, da quantidade de cal necessária para sua higienização e do correspondente volume de lodo caledo, serão alimentadaa pela janela apresentada na figura 13.

FIGURA 13 SISTEMA FOXPRO – JANELA DE INSERÇÃO DE QUANTIDADES E VOLUMES

Localidade: ETE ANTAS - IRATI
 Cenário: 01-Atual

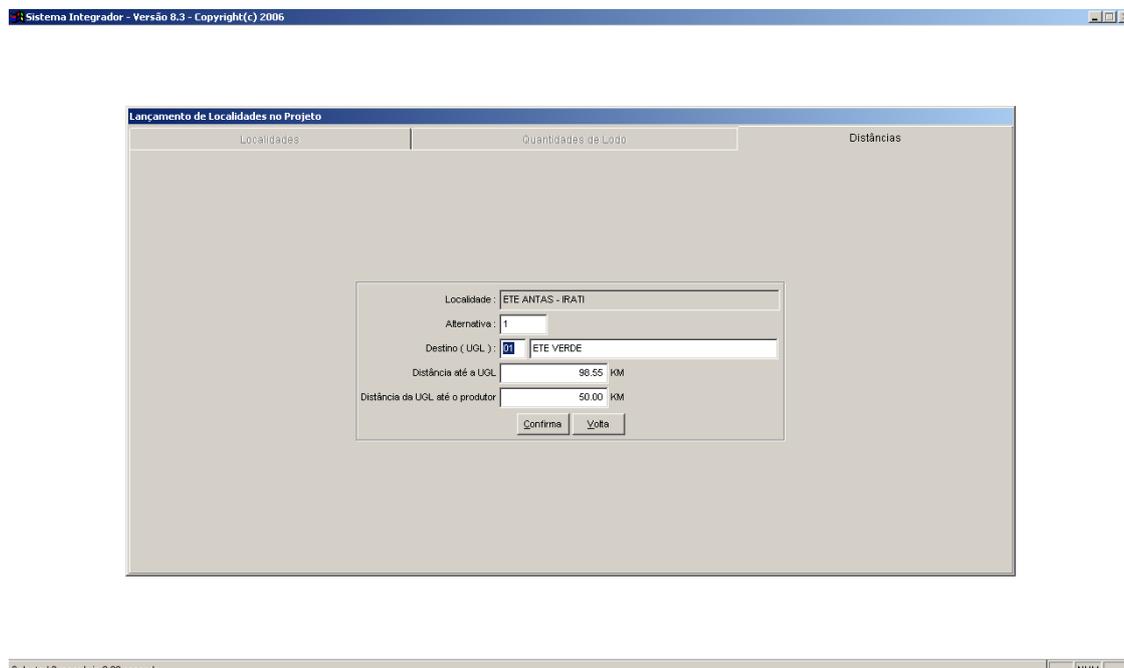
Qtd. lodo Desidratado M3:	30.68	M3/mês
Q.Lodo Desidratado:	375.23	Ton/Año
Q.Lodo B.S.:	131.33	Ton/Año
Q.Lodo Caleado M3:	35.82	M3/mês
Q.Lodo Caleado:	418.57	Ton/Año
Qtd. Cal:	43.34	Ton/Año

Buttons: Confirma, Volta

Selected 1 record in 0.02 seconds

Ainda são dados de entrada no sistema, a inserção das distâncias entre ETEs e UGLs, bem como da distância média das UGLs até a propriedade agrícola, por cenário por alternativa, conforme janela apresentada na figura 14.

FIGURA 14 SISTEMA FOXPRO – JANELA DE INSERÇÃO DE DISTÂNCIAS



Com o cadastramento dos cenários e da identificação das UGLs que fazem parte deles, bem como com a informação dos volumes de lodos úmido, desaguado e caleado; do volume de cal; e das distâncias entre ETE's e UGL's e entre UGL's e propriedade agrícola; o sistema é capaz de calcular os custos de monitoramento, de transporte e de consumo de cal, determinando os índices de custos e percentuais finais para estes elementos.

Conhecendo-se outras variáveis, as mesmas podem ser carregadas no sistema para serem somadas aos valores por ele já calculados e inseridas para os processamentos dos índices e percentuais finais, conforme pode ser visualizado na figura 15.

No presente caso, foram determinados pelo sistema os seguintes valores:

- Custos de transporte de lodo desaguado (ETEs – UGLs);
- Custos de transporte de lodo caleado para a agricultura
- Custos decorrentes da aquisição de cal
- Custos de análises de lodo
- Custos de análises de solo

E foram incluídos os demais custos de implantação e operacionais já levantados durante a modelagem, porém não calculados diretamente pelo sistema desenvolvido, a saber:

- Custo de aquisição de maromba (investimento) e prestação de amortização da maromba (operacional);
- Custo de implantação de pátios cobertos para higienização (investimento) e equivalente prestação de amortização (operacional);
- Custo de implantação de pátios cobertos para estocagem (investimento) e equivalente prestação de amortização (operacional);
- Custos de desapropriação de áreas (investimento) e equivalente prestação de amortização (operacional);
- Custos de Higienização (mão de obra)
- Custos de Assistência Agrônômica (equipe necessária)

FIGURA 15 SISTEMA FOXPRO – JANELA COM RESUMO DOS DADOS CADASTRADOS

Sistema Integrador - Versão 8.3 - Copyright(c) 2006

Análise dos Projetos

Monitoramento | Resumo de Custos | Percentagens Totais | Custos totais (R\$) | Gráficos por Cenário | Gráficos por Alternativa

Informe o código do projeto: 000001 URPG

TPO I - Custo de investimento em R\$

TPO O - Custo operacional em R\$ / mês

Custo	UGL	Tipo	Cenário 1	Cenário 2	Cenário 3	Cenário 4
-----> Investimento - Alternativa 1 <-----						
DESAPROPRIAÇÃO DE ÁREAS	00	I	1754.45	4731.08	3479.43	4952.65
MAROMBA INVESTIMENTO	00	I	58200.00	116400.00	116400.00	116400.00
PÁTIOS COBERTOS ESTOCAGEM	01-ETE VERDI		360510.81	975641.63		
PÁTIOS COBERTOS HIGIENIZAÇÃO	01-ETE VERDI		20000.00	40000.00	40000.00	
PÁTIOS COBERTOS ESTOCAGEM	01-ETE VERDI				714880.43	1021802.51
PÁTIOS COBERTOS HIGIENIZAÇÃO	01-ETE VERDI					40000.00
PÁTIOS COBERTOS ESTOCAGEM	03-ETE ANTAH		0.00	0.00		
PÁTIOS COBERTOS HIGIENIZAÇÃO	03-ETE ANTAH		0.00	0.00		
PÁTIOS COBERTOS ESTOCAGEM	03-ETE ANTAH				0.00	0.00
PÁTIOS COBERTOS HIGIENIZAÇÃO	03-ETE ANTAH				0.00	0.00
PÁTIOS COBERTOS ESTOCAGEM	06-ETE PRUII		0.00	0.00		
PÁTIOS COBERTOS HIGIENIZAÇÃO	06-ETE PRUII		0.00	0.00		
PÁTIOS COBERTOS ESTOCAGEM	06-ETE PRUII				0.00	0.00
PÁTIOS COBERTOS HIGIENIZAÇÃO	06-ETE PRUII				0.00	0.00
PÁTIOS COBERTOS ESTOCAGEM	08-ETE RONII		0.00	0.00		
PÁTIOS COBERTOS HIGIENIZAÇÃO	08-ETE RONII		0.00	0.00		
PÁTIOS COBERTOS ESTOCAGEM	08-ETE RONII				0.00	0.00
PÁTIOS COBERTOS HIGIENIZAÇÃO	08-ETE RONII				0.00	0.00
-----> Total da Alternativa <-----			440465.26	1136772.71	874759.86	1183155.16
-----> Investimento - Alternativa 2 <-----						
DESAPROPRIAÇÃO DE ÁREAS	00	I	1778.45	4731.08	3479.43	4952.65
MAROMBA INVESTIMENTO	00	I	58200.00	116400.00	116400.00	116400.00

Monitoramento Record: 1/378 Exclusive

Os cálculos efetuados pelo sistema e o resultado final a partir do resumo de custos, índices e percentuais, podem ser visualizados nas telas de rotina de análises, tanto por cenário como por alternativa.

Os cálculos do processo de análise podem ser visualizados através das janelas “monitoramento” (Figura 16) e “resumo de custos”.

FIGURA 16 SISTEMA FOXPRO – JANELA COM CUSTOS FINAIS POR PARÂMETRO E ALTERNATIVA

Sistema Integrador - Versão 8.3 - Copyright(c) 2006

Análise dos Projetos

Monitoramento | Resumo de Custos | Percentagens Totais | Custos totais (R\$) | Gráficos por Cenário | Gráficos por Alternativa

Informe o código do projeto: 000001 URPO

Parâmetro	UQL	Cenário 1	Cenário 2	Cenário 3	Cenário 4	Cenário 5
-----> Alternativa 1 <-----						
Número de ETEs Atendidas por UQL	01-ETE VERT	20.0000	20.0000	21.0000	21.0000	
Lodo desidratado caledado (m³/mês)	01-ETE VERT	372.1300	1008.6400	739.1300	1056.0900	0.0000
Lodo desidratado caledado (ton/ano)	01-ETE VERT	3805.2500	10090.5900	7239.2900	10294.2900	0.0000
Lodo desidratado base seca (ton/ano)	01-ETE VERT	1033.5800	2860.4400	2136.3200	3078.8500	0.0000
Lodo desidratado caledado base seca (ton/ano)	01-ETE VERT	1438.0400	3955.9700	2934.5600	4218.8800	0.0000
Número amostragens mínima (ano)	01-ETE VERT	4.0000	6.0000	6.0000	6.0000	0.0000
Período de formação dos lotes adotado (x meses)	01-ETE VERT	3.0000	3.0000	3.0000	3.0000	0.0000
Área armazenamento (m²/(n+1) meses)	01-ETE VERT	975.0000	2632.8300	1930.6800	2760.6900	0.0000
Tamanho lotes (ton / ano x meses)	01-ETE VERT	951.3100	2524.6500	1809.8200	2571.0700	0.0000
Tamanho lotes base seca (ton / x meses)	01-ETE VERT	258.4000	715.1100	534.0800	769.7100	0.0000
Número amostragens (ano)	01-ETE VERT	4.0000	6.0000	6.0000	6.0000	0.0000
Nº de Amostras lodo- Substâncias Orgânicas (ano)	01-ETE VERT	20.0000	20.0000	21.0000	21.0000	
Custo análises Lodo (R\$/mês)	01-ETE VERT	8180.3333	8695.5000	9053.0000	9053.0000	0.0000
Área necessária para aplicação agrícola (há)	01-ETE VERT	28.7600	79.1200	58.6900	84.3800	0.0000
Área Ágta Homogênea (há)	01-ETE VERT	20108.3700	20108.3700	20108.3700	20108.3700	0.0000
Necessidade de Área Complementar (0 - Não / 1 - Sim)	01-ETE VERT	1.0000	1.0000	1.0000	1.0000	1.0000
Nº de Amostras solo- Metais pesados	01-ETE VERT	2.8760	7.9120	5.8690	8.4380	0.0000
Nº de Amostras solo- Parâmetros Agronômicos	01-ETE VERT	1.4380	3.9560	2.9345	4.2190	0.0000
-----> Alternativa 2 <-----						
Número de ETEs Atendidas por UQL	01-ETE VERT	11.0000	11.0000	11.0000	11.0000	
Número de ETEs Atendidas por UQL	03-ETE ANTA	9.0000	9.0000	10.0000	10.0000	
Lodo desidratado caledado (m³/mês)	01-ETE VERT	264.0700	812.6900	481.0500	673.5700	0.0000

Monitoramento | Record: 213/378 | Exclusive

A exportação das tabelas e gráficos pode ser feita para planilhas de excel, a partir da própria janela do sistema a qual se deseja exportar, conforme pode ser verificado na figura 17.

FIGURA 17 SISTEMA FOXPRO – PLANILHA MONITORAMENTO.XLS EXPORTADA PARA EXCEL

parametro	cenario01	cenario02	cenario03	cenario04	cenario05	cenario06	cenario07	cenario08	cenario09	cenario10	ordem
.....	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0001
Número de01-ETE VE	20	20	21	21	0	0	0	0	0	0	000100
Lodo desic01-ETE VE	372,13	1008,64	739,13	1056,09	0	0	0	0	0	0	000101
Lodo desic01-ETE VE	3805,25	10098,59	7239,29	10284,29	0	0	0	0	0	0	000102
Lodo desic01-ETE VE	1033,58	2860,44	2136,32	3078,85	0	0	0	0	0	0	000103
Lodo desic01-ETE VE	1438,04	3955,97	2934,56	4218,88	0	0	0	0	0	0	000104
Número ar01-ETE VE	4	6	6	6	0	0	0	0	0	0	000105
Período de01-ETE VE	3	3	3	3	0	0	0	0	0	0	000106
Área arma01-ETE VE	975	2632,83	1930,88	2760,69	0	0	0	0	0	0	000107
Tamanho l01-ETE VE	951,31	2524,65	1809,82	2571,07	0	0	0	0	0	0	000108
Tamanho l01-ETE VE	258,4	715,11	534,08	769,71	0	0	0	0	0	0	000109
Número ar01-ETE VE	4	6	6	6	0	0	0	0	0	0	000110
Nº de Amc01-ETE VE	20	20	21	21	0	0	0	0	0	0	000111
Custo anal01-ETE VE	8180,333	8695,5	9053	9053	0	0	0	0	0	0	000112
Área nece:01-ETE VE	28,76	79,12	58,69	84,38	0	0	0	0	0	0	000113
Área Apta 01-ETE VE	20108,37	20108,37	20108,37	20108,37	0	0	0	0	0	0	000114
Necessida01-ETE VE	1	1	1	1	1	1	1	1	1	1	000115
Nº de Amc01-ETE VE	2,876	7,912	5,869	8,438	0	0	0	0	0	0	000116
Nº de Amc01-ETE VE	1,438	3,956	2,9345	4,219	0	0	0	0	0	0	000116
.....	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0002
Número de01-ETE VE	11	11	11	11	0	0	0	0	0	0	000200
Número de03-ETE AN	9	9	10	10	0	0	0	0	0	0	000200
Lodo desic01-ETE VE	264,07	812,69	481,05	673,57	0	0	0	0	0	0	000201
Lodo desic03-ETE AN	108,06	195,95	258,08	382,52	0	0	0	0	0	0	000201
Lodo desic01-ETE VE	2665,75	7937,79	4640,69	6500,89	0	0	0	0	0	0	000202
Lodo desic03-ETE AN	1139,5	2160,8	2598,6	3783,4	0	0	0	0	0	0	000202
Lodo desic01-ETE VE	702,58	2254,22	1344,18	1886,35	0	0	0	0	0	0	000203
Lodo desic03-ETE AN	331	606,22	792,14	1192,5	0	0	0	0	0	0	000203
Lodo desic01-ETE VE	984,74	3124,13	1857,76	2604,58	0	0	0	0	0	0	000204
Lodo desic03-ETE AN	453,3	831,84	1076,8	1614,3	0	0	0	0	0	0	000204
Número ar01-ETE VE	4	6	4	6	0	0	0	0	0	0	000205
Número ar03-ETE AN	4	4	4	4	0	0	0	0	0	0	000205
Período de01-ETE VE	3	3	3	3	0	0	0	0	0	0	000206
Período de03-ETE AN	3	3	3	3	0	0	0	0	0	0	000206

A avaliação final é apresentada sob a forma de tabela de resultados, onde estão listados os custos totais de investimento e operacionais mensais, incluindo os valores referentes a amortização dos investimentos, por cenário e por alternativa estudada, conforme apresentado na figura 18. Os índices de custo obtidos através da relação dos valores operacionais pelos volumes de lodo desaguado produzido em massa seca, também são determinados.

FIGURA 18 SISTEMA FOXPRO – JANELA COM CUSTOS TOTAIS POR CENÁRIO POR ALTERNATIVA

Sistema Integrador - Versão 8.3 - Copyright(c) 2006

Informe o código do projeto: 000001 URPO

Custos de Investimento (R\$)	Alternativa	Cenário 1	Cenário 2	Cenário 3	Cenário 4
2		460489.25	1136772.71	874759.86	1183155.16
3		480513.26	1156796.71	894783.86	1203179.15
4		698905.26	1316988.71	1074999.86	1383395.16

Custos Operacionais (R\$ / mês)	Alternativa	Cenário 1	Cenário 2	Cenário 3	Cenário 4
2		37510.83	77291.56	60782.02	80751.95
3		38716.87	78391.58	61477.59	81012.48
4		50786.14	87593.22	71644.79	90052.77

Índice de custos operacionais mensais (R\$ / ton MS x mês)	Alternativa	Cenário 1	Cenário 2	Cenário 3	Cenário 4
2		435.51	324.25	341.42	314.74
3		449.51	328.87	345.33	315.75
4		589.63	367.47	402.44	350.99

Estes mesmos valores finais podem ser visualizados através de percentuais relativos, onde o menor valor obtido equivale a 100%, conforme apresentado na figura 19.

FIGURA 19 SISTEMA FOXPRO – JANELA COM RESULTADOS EM PERCENTAGENS RELATIVAS

Sistema Integrador - Versão 8.3 - Copyright(c) 2006

Informe o código do projeto: 000001 URPO

Custos de Investimento	Alternativa	Cenário 1	Cenário 2	Cenário 3	Cenário 4
2		104.55	100.00	100.00	100.00
3		109.09	101.76	102.29	101.69
4		158.67	115.85	122.89	116.92

Custos Operacionais	Alternativa	Cenário 1	Cenário 2	Cenário 3	Cenário 4
2		100.51	100.00	100.00	100.00
3		103.74	101.42	101.14	100.32
4		136.08	113.33	117.87	111.52

Índice de Custos operacionais mensais	Alternativa	Cenário 1	Cenário 2	Cenário 3	Cenário 4
2		100.51	100.00	100.00	100.00
3		103.74	101.42	101.15	100.32
4		136.08	113.33	117.87	111.52

Os valores finais podem ainda ser visualizados através de gráficos apresentando os percentuais obtidos por cenário e por alternativa, conforme ilustrados na figura 20 e 21.

FIGURA 20 SISTEMA FOXPRO – JANELA COM GRÁFICOS DE RESULTADOS AGRUPADOS POR ALTERNATIVA

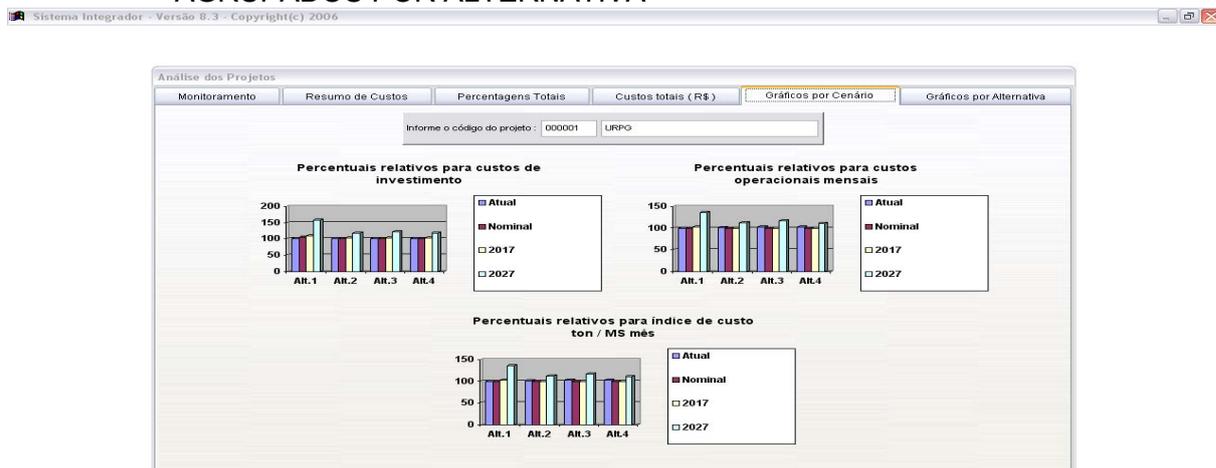
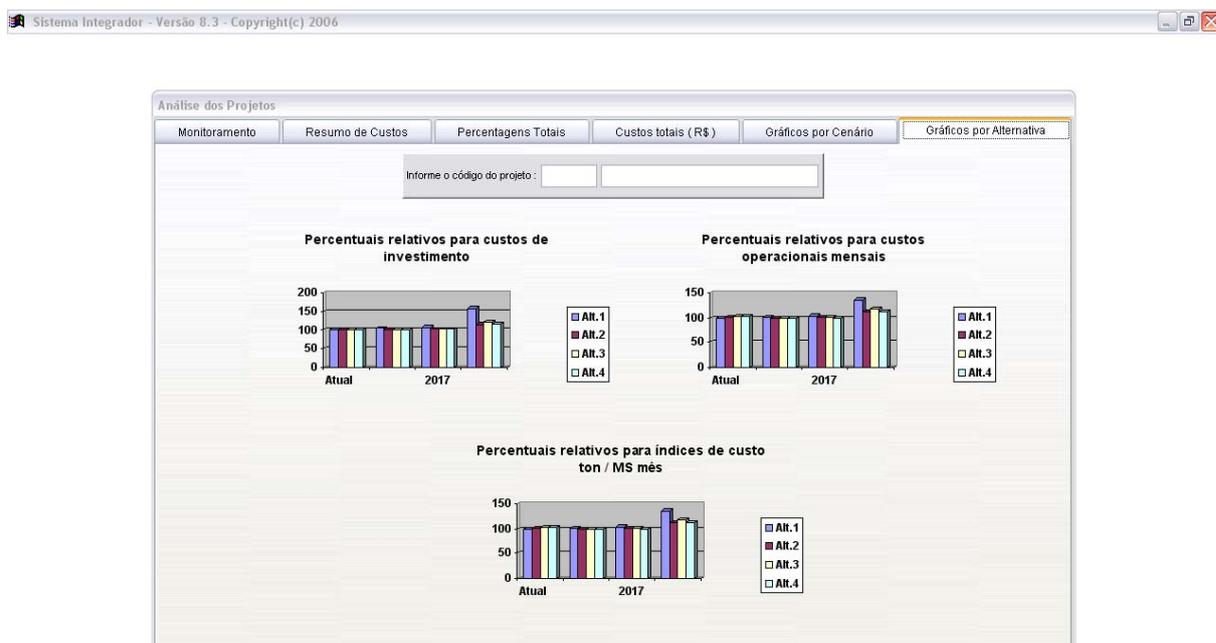


FIGURA 21 SISTEMA FOXPRO – JANELA COM GRÁFICO DE RESULTADOS AGRUPADOS POR CENÁRIOS



A aplicabilidade do sistema no auxílio a tomada de decisão foi comprovada devido a sua facilidade de utilização, a interface amigável com o usuário e a consistência dos resultados obtidos que foram validados pelos valores anteriormente obtidos através da modelagem matemática em planilhas do excell.

No entanto, trata-se de um protótipo inicial, com muitas possibilidades de expansão, através de conectividades com bancos de dados ou de ampliação de suas heurísticas e inferenciais, sendo necessário o seu aprimoramento constante, a medida que seu uso for incorporado ao cotidiano operacional.

5 CONSIDERAÇÕES FINAIS

Reconhecidamente os sistemas de esgotamento sanitário são essenciais para a garantia da qualidade sanitária e ambiental das áreas urbanas. No entanto, durante o processo de depuração das águas residuárias, resíduos com alto potencial de contaminação são gerados, os quais, se não manuseados e dispostos adequadamente, podem colocar em risco a saúde humana e de outros animais. Desta forma, há a necessidade de se buscar formas de disposição final destes resíduos que não gerem impactos ambientais.

Dentre os resíduos do SES, o que se apresenta como de maior impacto devido aos volumes envolvidos, tem sido os lodos provenientes das unidades de tratamento. Ao mesmo tempo em que sob o ponto de vista específico do tratamento do efluente sanitário líquido, o lodo é um resíduo do processo; devido as suas altas concentrações de nutrientes, o lodo se revela um sub-produto de alto valor agrônômico. Desta forma, a reciclagem agrícola é uma alternativa especialmente interessante quando se considera a grande disponibilidade de área potencial para receber a distribuição de todo o lodo produzido, como é o caso do Estado do Paraná.

A partir da Resolução CONAMA nº 375/2006, os critérios e procedimentos para o uso agrícola de lodos de esgoto gerados em estações de tratamento de esgotos sanitários e seus produtos derivados foram definidos. Esta resolução considera que a aplicação do lodo de esgoto na agricultura se enquadra nos princípios de reutilização de resíduos de forma ambientalmente adequada, mas estabelece que esta aplicação só poderá ocorrer mediante a existência de uma Unidade Gerencial de Lodo – UGL devidamente licenciada pelo órgão ambiental competente.

No entanto, considerando todos os fatores associados ao gerenciamento, monitoramento e controle dos resíduos, desde a entrada do efluente sanitário nas Estações até sua adequada disposição, passando por todos os procedimentos de adequação; tratamento; transporte; armazenamento; análises e liberações; encaminhamento; e, no caso de lodos reciclados, de assistência agrônômica; verifica-se a complexidade da Gestão de Lodos de ETEs. Desta forma, é visível a necessidade do desenvolvimento de um Plano de Ação que leve em consideração

todas as variáveis inerentes a cada situação e elencando as alternativas mais viáveis de Gestão, tanto sob o ponto de vista técnico, como econômico e ambiental.

Este trabalho buscou compilar todas estas informações e procedimentos junto a experiência e cultura já estabelecida no Estado do Paraná, cujo comprometimento com a gestão do lodo remonta ao ano de 1990, buscando elaborar um Termo de Referência para a Avaliação Estratégica que possa vir a nortear as Unidades Regionais de Gerenciamento de Sistemas de Saneamento. Para tanto, os procedimentos e parâmetros adotados no Estado do Paraná foram analisados e subsidiaram a estruturação de um plano de gestão de lodos de estações de tratamento. Este plano de gestão, por sua vez, embasou o desenvolvimento de um modelo conceitual para a seleção da alternativa ótima para implantação de UGLs.

Através da análise do modelo conceitual elaborado, verificou-se a pertinência de uma ferramenta informatizada para auxílio do processo de tomada de decisão para a definição da logística de implantação de UGLs. Desta forma, foi desenvolvida uma avaliação estratégica de gerenciamento de lodos com a definição dos fatores necessários para compor a árvore de decisão. Os os parâmetros e variáveis inerentes ao gerenciamento de lodos de esgotos foram modelados matematicamente em planilhas do excell. O processamento foi validado através de simulações de cenários e de alternativas de logísticas locais das UGL's, tendo-se adotado a regional de sistemas de saneamento de Ponta Grossa, no Estado do Paraná para Estudo de Caso.

Durante o desenvolvimento do estudo de caso para a Regional de Ponta Grossa, verificou-se que o custo final do tratamento por caiação e destinação final do lodo de ETES visando uso agrícola resultou em R\$ 305,57 / ton MS quando considerada a alternativa ótima, podendo chegar a R\$ 582,02./ ton MS quando considerado os valores máximos encontrados na simulação de cenários por alternativas.

O valor mais significativo na avaliação estratégica foi o relativo ao consumo de cal, que para a alternativa ótima resultou em R\$ 89,02 /ton MS, (29,13%). Porém, como o processo de higienização considerado é equivalente em todas as alternativas estudadas, este parâmetro não foi representativo no processo decisório, apresentando pouca variação absoluta, com valor máximo observado de R\$ 93,63 / ton MS. Os valores mais representativos foram os relativos ao transporte, R\$ 65,17/

ton MS (21,30%) composto pelas parcelas de transporte do lodo desaguado R\$ 26,71/ton MS (8,74%) e de transporte de lodo caleado para a agricultura R\$ 38,46/ ton MS (12,59%). Os valores de transporte aumentam com o volume de lodo a ser transportado, tendo-se obtido o valor máximo de R\$ 91,16 /ton MS, nos cenários das alternativas estudadas. Portanto, quanto mais descentralizada a gestão do lodo, menores os custos com transporte.

Os fatores a serem analisados em contraponto ao transporte são os relativos às análises do lodo e do solo, que resultaram em R\$ 53,62 /ton MS (17,5%), correspondente a R\$ 39,31 /ton MS (12,86%) relativos às análises do lodo e R\$ 14,31 / ton MS (4,68 %) para as análises de solo, considerando a alternativa ótima do exercício de Ponta Grossa. O custo máximo obtido para as análises foi de R\$ 240,88/ ton MS (análises do lodo = R\$ 226,37 / ton MS e análises do solo = R\$ 14,51 / ton MS) quando considerada a alternativa de UGLs descentralizadas no cenário atual. Os valores de análise de lodo por tonelada de massa seca decrescem a medida que o volume dos lotes é otimizado, ou seja, quanto mais centralizado for o processo de monitoramento e controle, menores os custos com análises.

Os custos com instalações também devem ser considerados em um planejamento orçamentário, uma vez que, no exercício de Ponta Grossa, agrupando os custos com pátio de higienização, pátio de estocagem e aquisição de maromba, totalizaram R\$ 56,67 / ton MS (18,5 %), com valor máximo obtido de R\$ 106,35 / ton MS. Porém este fator não é representativo no processo decisório uma vez que percentualmente aos custos finais obtidos apresenta sempre a mesma proporção nos custos finais, ou seja, em torno de 18,5 %.

Os custos de higienização, mão de obra e operacionais da maromba, variaram de R\$ 40,87/ ton MS a R\$ 46,45 ton MS, representando 13,38% do valor final para a alternativa ótima, enquanto que os relativos a assistência agrônômica, entre R\$ 0,22 / ton MS a R\$ 0,26 ton MS, significaram apenas 0,07% dos valores finais por massa seca de lodo tratado e disposto na agricultura. Devem, portanto, ser considerados nos custos de planejamento de gestão de lodo, porém tem pouca representatividade no processo de seleção de alternativas para implantação de UGLs.

Desta forma, verificou-se que, em termos econômicos, os maiores custos na gestão do lodo visando o uso agrícola são os relativos às análises de monitoramento

e controle da qualidade do lodo; ao consumo de cal; às instalações para estabilização do lodo; ao transporte dos lodos de esgoto desaguado e caleado e às análises de solo. Por sua vez, para o processo decisório da seleção da melhor logística de implantação de UGL's, os pesos mais representativos são os custos de transporte e de análises. A solução ótima será aquela que equilibrar o transporte do lodo desaguado das ETEs até a UGL com os custos de análise do lodo para monitoramento e controle visando seu uso agrícola.

O desenvolvimento de uma ferramenta de auxílio ao processo de tomada de decisão que através da entrada de dados decorrentes da etapa de diagnóstico e dos custos unitários envolvidos, fornecesse os custos finais para cada alternativa locacional de implantação de UGLs, demonstrou ser de alta aplicabilidade. Com este intuito, foi desenvolvido o software especialista, com linguagem de programação da suíte VISUAL STUDIO da Microsoft. Consiste de uma ferramenta criada para uso intensivo de banco de dados, denominada VISUAL FOXPRO. Através da implementação de tabelas e processos customizáveis, o sistema é capaz de avaliar, entre opções e cenários apresentados a ele, qual a melhor relação custo x benefício, custo monetário para cada opção e cenário, bem como fornecer um relatório final para apresentação.

A ferramenta desenvolvida para o cálculo de viabilidade de implantação de UGL's, mostrou-se amplamente adequada a aplicação pretendida, destacando-se a interface amigável com o usuário, a facilidade operacional do sistema e a conectividade com outros aplicativos do sistema windows, tais como planilhas e banco de dados, possibilitando importação e exportação de arquivos. O processamento inferido ao sistema baseado no conhecimento foi avaliado comparativamente com o modelo matemático desenvolvido em planilhas de excell, apresentando aderência nos resultados apresentados. O sistema desenvolvido merece ser constante aprimorado, a medida que seu uso for incorporado ao cotidiano operacional, podendo vir a incorporar bancos de dados da gestora de sistemas de saneamento, diminuindo a necessidade de alimentação de dados por parte do usuário.

6 RECOMENDAÇÕES

Muitos dos parâmetros adotados durante este estudo foram estimados empiricamente, tendo por base as experiências operacionais da concessionária de sistemas de saneamento do estado do Paraná, sem a validação científica necessária para sua confirmação. Desta forma, recomenda-se que mais estudos e pesquisas sejam voltados para a correta caracterização dos resíduos e de seus processos de adequação para confirmar ou calibrar os valores aqui apresentados.

O sistema baseado no conhecimento elaborado para o cálculo de viabilidade de implantação de UGL's não esgotou a capacidade de inferências e heurísticas possibilitadas pela ferramenta de suporte de desenvolvimento de sistemas computacionais Visual FoxPro, nem tampouco explorou a conectividade possível com outros aplicativos, através de importação e exportação de banco de dados. Tendo em vista a alta performance do sistema em termos de facilidade operacional, interface com o usuário e aderência nos processos computacionais, recomenda-se que novos estudos sejam desenvolvidos visando a ampliação dos recursos ofertados e o aprimoramento das tarefas já incorporadas ao software desenvolvido.

7 REFERÊNCIAS BIBLIOGRÁFICAS

AITKEN, M. **Sludge recycling on UK farmland forecast to double by 2.006.** Water & Wastewater Int., v. 14, p.10-13, 1999.

ALÉM SOBRINHO, P. Tratamento de esgoto e geração de lodo. In: BETTIOL, W e CAMARGO, O. A. **Impacto ambiental do uso agrícola do lodo de esgoto.** Jaguariúna: EMBRAPA, p. 11 - 108, 2000.

ANDREOLI, C. V. EL Lodo y su Producción. in: **XXVIII Congreso Interamericano de Ingeniería Sanitaria y Ambiental**, Cancun: México, 2000.

ANDREOLI, C. V. et al. Bases para o uso agrícola de lodo de Esgoto da ETE Belém. In: Simpósio Luso Brasileiro de Engenharia Sanitária e Ambiental. **Anais.** Florianópolis: ABES/APRH, 1994.

ANDREOLI, C. V. GARBOSSA, L. H. P.; LUPATINI, G.; PEGORINI, E. S. Wastewater Sludge Management: A Brazilian Approach. In: **Conference Proceedings – Moving Forward – Wastewater Biosolids Sustainability – Technical, Managerial and Public Synergy - 4ª Canadian Organic Residuals and Biosolids Conference.** Moncton, New Brunswic, Canadá, June 24-27, 2007.

ANDREOLI, C. V. **Uso e manejo do lodo de esgoto na agricultura e sua influência em características ambientais no agrossistema.** Curitiba: Tese (Doutorado). Universidade Federal do Paraná, 1999.

ANDREOLI, C. V.; FERNANDES, F. **Reciclagem agrícola do lodo de esgoto.** São Paulo: Cendotec, n.4, jul./set.,1995.

ANDREOLI, C. V.; LARA, A. I.; FERNANDES, F. **Reciclagem de biossólidos – Transformando problemas em soluções.** Curitiba: SANEPAR/FINEP, 1999.

ANDREOLI, C. V.; LARA, A. I.; FERREIRA, A. C; BONNET, B.R.P.; PEGORINI, E. S. A. **Gestão dos Biossólidos Gerados em Estações de Tratamento de Esgoto Doméstico.** Curitiba: Engenharia e Construção, n. 24, setembro/98.

ANDREOLI, C. V.; PEGORINI, E. S.; FERNANDES, F. Disposição do lodo no solo. Capítulo 8. In: ANDREOLI, C. V.; SPERLING, M. V.; FERNANDES. F. **Lodo de**

esgotos: tratamento e disposição final. Belo Horizonte: Departamento de Engenharia Sanitária e Ambiental – UFMG: SANEPAR, 2001.

ANDREOLI, C. V; PEGORINI, E. S. Gestão pública do uso agrícola do lodo de esgoto. In: _____. **Impacto ambiental do uso do lodo de esgoto.** Jaguariúna: EMBRAPA, 2000.

ANDREOLI, C.V; CARNEIRO, C. Avaliação do comportamento vertical de nitrogênio orgânico, nitrogênio amoniacal e pH em leiras de lodo de esgoto caledado. **Em pauta:** Revista Técnica da Sanepar, Curitiba, v 18, n.18, p 63-70, 2002

ANDREOLI, Cleverson Vitório; TAMANINI, Cristina Rincon; HOLSBACH, Brasil; PEGORINI, Eduardo S.; NEVES, Paulo S. Uso de lodo de Esgoto na Produção de Substrato Vegetal. In: ANDREOLI, C. V (coordenador). **Alternativas de Uso de resíduos do Saneamento – Projeto PROSAB.** Rio de Janeiro: ABES, 2006.

ASSOCIAÇÃO BRASILEIRA DE NOMAS TÉCNICAS. **NBR 6032:** Abreviação de títulos de publicações seriadas. Rio de Janeiro, 2002.

ASSOCIAÇÃO BRASILEIRA DE NORMAS TÉCNICAS. **NBR 10004:** Resíduos Sólidos - Classificação. Rio de Janeiro, 2004.

ASSOCIAÇÃO BRASILEIRA DE NORMAS TÉCNICAS. **NBR 11174:** Armazenagem de resíduos classe II – não inertes e III – Inertes. Rio de Janeiro, 1990.

ASSOCIAÇÃO BRASILEIRA DE NORMAS TÉCNICAS. **NBR 14724:** Trabalhos acadêmicos – Apresentação. Rio de Janeiro, 2002.

ASSOCIAÇÃO BRASILEIRA DE NORMAS TÉCNICAS. **NBR 6024:** Numeração progressiva. Rio de Janeiro, 1989.

BALLOU, Ronald. H. **Logística Empresarial: Transportes, Administração de Materiais, Distribuição Física.** São Paulo: Atlas, 1993.

BALMÉR, P. **Phosphorus recovery-na overview of potentials and possibilities,** *Wat. Sci, Tech.*, 49 (10), p. 185-190, 2004.

BARBOSA, Graziela Moraes de Cesare; TAVARES FILHO, João. **Uso agrícola do lodo de esgoto: Influência nas propriedades químicas e físicas do solo, produtividade e recuperação de áreas degradadas.** Londrina: Universidade Estadual de Londrina, Semina Ciências Agrárias v. 27, n. 4, p.565-580, out./dez. 2006

BARRIOS, J.A., Rodriguez, A., Gonzales, A., Gimenez, B. Quality of sludge generated in waste water treatment plants in Mexico. In: Specialized Conference on Sludge Management: Regulation, Treatment, Utilization and Disposal. **Anais:** Acapulco: IWA, p 54-61, 2001

BARROSO, Ana Paula; MACHADO, Virgínia Helena. **A Gestão Logística dos Resíduos em Portugal.** Tese (Doutorado). Lisboa: Faculdade de Ciências e Tecnologia, Universidade Nova de Lisboa, Associação Portuguesa de Investigação Operacional, 2005.

BARROW, D.; BIS, G. Biosolids Management Planning: A Diversified Approach. In: **Conference Proceedings – Moving Forward – Wastewater Biosolids Sustainability – Technical, Managerial and Public Synergy - 4ª Canadian Organic Residuals and Biosolids Conference.** Moncton, New Brunswic, Canadá. June 24-27, 2007

BEECHER, N.; CONNELLE, B.; EPSTEIN, E.; FILTS, J.; GOLDSTEIN, N.; LONO, M. **Public Perception of Biosolids Recycling: Developing Public Participation and Earning Trust.** Water Environmental Research Foundation, 2004.

BEECKER, N.; CRAWFORD, K.; CHESLEY, E.; DONOVAN, J.; A Vision and A Voice for biosolids recycling in North East America.,(2007) In: **Conference Proceedings – Moving Forward – Wastewater Biosolids Sustainability – Technical, Managerial and Public Synergy - 4ª Canadian Organic Residuals and Biosolids Conference.** Moncton, New Brunswic, Canadá. June 24-27, 2007

BISCAIA, R. C. M.; MIRANDA, G. M. **Uso de lodo de esgoto calado na produção de milho.** Curitiba: Sanare, v. 5, n. 5, p. 86-89, 1996.

BONNET, B. R. P. **Diagnóstico da situação e prosição preliminar de sistema de monitoragem dos impactos ambientais causados pelo uso agrícola do lodo de esgoto no Paraná.** Monografia (Especialização). Curitiba: Universidade Federal do Paraná, 1995.

BONNET, B.R.P.; LARA, A.I. de.; DOMASZAK, S.C. Indicadores Biológicos de Qualidade Sanitária do Lodo de Esgoto. In: ANDREOLI, C.V.; BONNET, B.R.P. (Ed.). **Manual de Métodos para Análises Microbiológicas e Parasitológicas em Reciclagem Agrícola de Lodo de Esgoto**: Curitiba: Sanepar, p.11-26, 1998.

BOWERSOX, D.J.; Closs, D.J. **Logística Empresarial: O processo de integração da cadeia de suprimento**. São Paulo: Atlas, 2004.

BRASIL. Câmara dos Deputados. **Manejo ambientalmente saudável dos resíduos sólidos e questões relacionadas com esgotos**. In: AGENDA 21. Brasília, 1995.

BRITO, Victor. **Aplicação de simulação como ferramenta de apoio à elaboração de um planejamento estratégico de capacidade**. Rio de Janeiro: Universidade Federal do Rio de Janeiro - Centro de Logística, 2007.

BUNDGAARD, E.; SAABYE, A. State of the art on sewage sludge: environmental aspects and regulations of common sludge disposal methods. In: International Exhibition Congress of Solid Waste. **Anais**. Madrid : ISWA, 1992.

BUNDGAARD, E.; SAABYE, A. State of the art on sewage sludge: environmental aspects and regulations of common sludge disposal methods. In: INTERNATIONAL EXHIBITION CONGRESS OF SOLID WASTE. **Anais**. Madrid : ISWA, 1992.

CANADÁ. Environmental Protection Service. **Manual for land application of treated municipal wastewater and sludge**. Ontário: EPS, p. 6 –84, 1984.

CANZIANI, José Roberto F; OSAKI, Mauro; Massardo, Marcelo; PEGORINI. **Análise Econômica para reciclagem agrícola do lodo de Esgoto da ETE Belém**. Curitiba: SANARE, jul-dez, 1999.

CARVAHO, P. C. T.; BARRAL, M. F. **Aplicação de lodo de esgoto como fertilizante. Fertilizantes**. São Paulo: Revista Brasileira de Ciência do Solo, v. 3, n. 2, p. 3 – 5, 1981.

CETESB. Companhia de Tecnologia de Saneamento Ambiental. **Aplicação de lodos de sistemas de tratamento biológico em áreas agrícolas: critérios para projeto e operação (Norma P4.230)**. São Paulo: CETESB, 1999.

CLAPP, C. E et al. Sewage sudge organic matter and soil properties. In: CHEN, Y.; AVNIMELECH, Y. **The role of organic matter in modern agriculture**. Amsterdam: M. Nijhoff, 1986.

COMPANHIA DE SANEAMENTO DO PARANÁ – SANEPAR. **Higienização de lodo de esgoto através da Estabilização Alcalina Prolongada**. Curitiba: SANEPAR, 2007.

COMPANHIA DE SANEAMENTO DO PARANÁ – SANEPAR. **Plano de Ação, aplicáveis ao Plano Diretor de Resíduos de Sistemas de Esgotos para o Paraná**. Curitiba: CISM – Engenheiros Consultores, 2007.

COMPANHIA DE SANEAMENTO DO PARANÁ – SANEPAR. Plano de Gerenciamento de Reciclagem Agrícola de Lodo Excedente. Curitiba: SANEPAR (Procedimento interno), 2006.

COMPANHIA DE SANEAMENTO DO PARANÁ - SANEPAR. **Reciclagem agrícola do lodo de esgoto: estudo preliminar para definição de critérios para uso agrônômico e de parâmetros para normatização ambiental e sanitária**. Curitiba: SANEPAR, 1997.

CONSELHO NACIONAL DO MEIO AMBIENTE - CONAMA. **Resolução 375 de 29 de Agosto de 2006**.

COSTA, Flávio Oliveira. BERTON, Ronaldo Severiano. **Sistema Especialista como uma ferramenta para o uso do lodo de esgoto na Agricultura no Estado de São Paulo**. Revista Brasileira de Agroinformática, v.6, n. 1, p.1-13, 2004.

CRATHORNE, B. (2006). **La gestion des boues urbaines au Royaume-Uni. In: Quel devenir pour les boues de stations d'épuration urbaines**. France: Paris – ADEME, 10 et 11 mai, p. 85-88, 2006.

DASKIN, M. S. V. Snyder and R. T. Berber. Facility Location. In: **Supply Chain Design**. Chapter 2, Logistics Systems: Design and Optimization. CA. Langevin and D. Riopel editors, Kluwer, pp. 39-65, 2005

DAVELAR, D. Rethinking wastewater biosolids, phosphorus recovery and sustainability. (2007). In **Conference Proceedings – Moving Forward – Wasterwater Biosolids Sustainability – Technical, Managerial and Public**

Synergy - 4^a Canadian Organic Residuals and Biosolids Conference. Moncton, New Brunswick, Canadá. June 24-27, 2007.

DEUS, A. B. S. de. **Avaliação Sanitária e Ambiental de Lodos de ETEs.** Dissertação (Mestrado) - Universidade Federal do Rio Grande do Sul, Porto Alegre: 1992.

DIAS, C .T. dos S. **Planejamento de uma Fazenda em Condições de Risco: Programação Linear e Simulação Multidimensional.** Tese (Doutorado) – Escola Superior de Agricultura “Luiz de Queiroz”, Universidade de São Paulo, Piracicaba, 1996.

DÍAZ-AVELAR, J.; BARRIOS, J. B; JIMÉNEZ, B. Improvement of the soil fertility of a volcanic indurate layer (Tempetate) by applying acid treated biosolids. In **Conference Proceedings – Moving Forward – Wasterwater Biosolids Sustainability – Technical, Managerial and Public Synergy - 4^a Canadian Organic Residuals and Biosolids Conference.** Moncton, New Brunswick, Canadá. June 24-27, 2007.

DO, J. P. DAILEADER, K. L., DURAN, M. (2007). Anaerobic digestion of biosolids at elevated thermophilic temperatures: Inactivation of pathogens for Class A biosolids designation. In: **Conference Proceedings – Moving Forward – Wasterwater Biosolids Sustainability – Technical, Managerial and Public Synergy - 4^a Canadian Organic Residuals and Biosolids Conference.** Moncton, New Brunswick, Canadá. June 24-27, 2007.

DOWLATSHAHI, S. **Developing a Theory of Reverse Logistics.** Interfaces vol. 30, pg.143-154, 2000.

DROUIN, M.; LAI, C. K.; TYAGI, R. D.; SURAMPALLI, R, Y. Bacillus Licheniformis proteases an high value added products from fermentation of wastewater sludge: pre-treatment of sludge to ncrease the performance of the process In: **Conference Proceedings – Moving Forward – Wasterwater Biosolids Sustainability – Technical, Managerial and Public Synergy - 4^a Canadian Organic Residuals and Biosolids Conference.** Moncton, New Brunswick, Canadá. June 24-27, 2007.

DURTH, A.; SCHAUM, C. **Ergebnisse der DWA-Klärschlammhebung (Results of the DWA-survey on sludge).** Proceedings of “DWA-Klärschlammtage”. Würzburg, Germany, April 4 th – eth, 2005.

ENVIRONMENTAL PROTECTION AGENCY – EPA. Control of Pathogens and Vector Attraction. In: **Sew age Sludge: Under 40 CFR Part 503**. EPA 625/R-92/013. Washington, D.C, 1992.

ENVIRONMENTAL PROTECTION AGENCY. **Process Design Manual. Land Application of Sewage Sludge and Septage**. EPA/625/R95/001 (1995). Municipal Environment Research Laboratory. Washington, D.C, 1979.

ENVIRONMENTAL PROTECTION AGENCY. **Land application of biossolids: process design manual**. Estados Unidos, Cincinnatti, 1997.

ESTADOS UNIDOS. Environmental Protection Agency. **Biosolids generation, use, and disposal in The United States**. EPA 530-R-99-009, 1999.

FERNADES, F.; PIERRO, A. C. e YAMAMOTO, R.Y. **Produção de fertilizantes orgânicos por compostagem do lodo gerado por estações de tratamento de esgoto**. Pesq. Agrop. Brasil., v. 28, p - 567-574, 1993.

FERNANDES, F. **Levantamento das produções e plano básico para a gestão o lodo de esgoto gerado pela Sanepar**. Curitiba: SANEPAR, 1998. (Relatório Técnico).

FERNANDES, F. Lodo em estação de tratamento de água e esgoto. **Eng. Sanit. Ambiental**, Rio de Janeiro, v. 2, n. 1, p. 169, 1997.

FERNANDES, F; ANDRAUS, S; ANDREOLI, C. V. **Eficiência dos processos de desinfecção do lodo da ETE Belém com vista a seu uso agrícola**. Curitiba: SANARE, v. 5, n.5, p.46-58, 1996.

FERREIRA, A. C.; ANDREOLI, C. V.; JÜRGENSEN, D. Produção e características dos biossólidos. In: **Uso e Manejo do lodo de esgoto na agricultura**. Rio de Janeiro: PROSAB, 1999.

FITZMAURICE, J. R. Beneficial Use – The Ultimate Goal for the Mangere Waswater Treatment Plant, Auckland, New ZEALAND.(2007) In: **Conference Proceedings – Moving Forward – Wasterwater Biosolids Sustainability – Technical, Managerial and Public Synergy - 4ª Canadian Organic Residuals and Biosolids Conference**. Moncton, New Brunsic, Canadá. June 24-27, 2007

FLEISCHMANN, M., H. R. KRİKKE e S. D. P. FLAPPER. **A Characterisation of Logistics Networks for product Recovery**. Omega, the International Journal of Management Science, p. 653-666, 2000.

GALE, A. J. The Australasian Biosolids Partnership and Public Perceptions. In: **Conference Proceedings – Moving Forward – Wastewater Biosolids Sustainability – Technical, Managerial and Public Synergy - 4ª Canadian Organic Residuals and Biosolids Conference**. New Brunswick, June 24-27, 2007.

GARCIA, MANOEL. Logística Reversa: uma alternativa para reduzir custos e criar valor. In: **XIII SIMPEP 2006**. Bauru/São Paulo, 06 a 08 novembro, 2006.

GECIP - Grupo Específico de Consultoria, Intercâmbio e Pesquisa. Andreoli, C. V.; FRANÇA, Milene, PEGORINI, Eduardo. FERREIRA, Andréa C. **A Produção e a Disposição Final do Lodo de Esgoto na Sanepar e Propostas para a sua Adequação**. Curitiba: Sanepar, Março, 2002.

GRANOR, T.E.; MARTIN D. **Microsoft Office Automation with Visual Foxpro**. Hentzenwerke Publishing, Whistefish Bay, WI – USA, 2000.

GRECA, D. Acondicionamento, armazenamento e transporte de resíduos industriais perigosos. In: Simpósio sobre Destinação de Resíduos Sólidos Industriais. **Anais**. Curitiba: UFPR, p. 12, 1994.

HE, P. J.; LO, F.; ZHANG, H.; SHAO, L. M.; LEE, D. J. Sewage Sludge in China: Challenges Toward a Sustainable Future. In **Conference Proceedings – Moving Forward – Wastewater Biosolids Sustainability – Technical, Managerial and Public Synergy - 4ª Canadian Organic Residuals and Biosolids Conference**. New Brunswick, June 24-27, 2007.

HÉRBERT, M. Public acceptance and independent certification of biosolids in Canada. In: **Conference Proceedings – Moving Forward – Wastewater Biosolids Sustainability – Technical, Managerial and Public Synergy - 4ª Canadian Organic Residuals and Biosolids Conference**. New Brunswick, June 24-27, 2007.

HUANG, J. Y. C. Sewage disposal. In.: **ENCARTA 1995 encyclopedia**. [S.l.] : Microsoft, 1995.(CD-Rom).

IBGE – Instituto Brasileiro de Geografia e Estatística. **Infraestrutura e Meio Ambiente**. Rio de Janeiro: IBGE, 1998.

IBGE. **Síntese de Indicadores Sociais – Estudos e Pesquisas (informação demográfica e socioeconômica, n.5)**. Rio de Janeiro: IBGE, 2000.

IMAM. **Gerenciamento da logística e cadeia de abastecimento. Instituto de Movimentação e Armazenamento de Materiais**. São Paulo: IMAM, 2000

IMHOFF, K. ; IMHOFF, K. R. **Manual de tratamento de águas residuárias**. São Paulo: E. Blücher, 1986.

INCINERAÇÃO Cetrel. In: Simpósio Sobre Destinação sobre Destinação de Resíduos Sólidos Industriais. **Anais...** Curitiba, 1994.

INGUZA, María Del Pilar Durante; ANDREOLI, Cleverson V.; NASCIMENTO, Rubens Maribondo.; TINOCO, Juliana Delgado.; HOPPEN, Cinthya.; PEGORINI, Eduardo Sabino. Uso de Resíduos do Saneamento na Fabricação de Cerâmica Vermelha. In: ANDREOLI, C. V (coordenador). **Alternativas de Uso de resíduos do Saneamento – Projeto PROSAB**. Rio de Janeiro: ABES, 2006.

INSTRUÇÃO TÉCNICA – CEP/DTA N° 001/2002. **Utilização Agrícola de Lodo de Estação de Tratamento de Esgoto Sanitário**.

JORDÃO, Eduardo Pacheco; PESSÔA, Constantino Arruda. **Tratamento de Esgotos Domésticos**. 3ª ed. Rio de Janeiro: ABES, 1995.

JORDÃO, Eduardo Pacheco; PESSÔA, Constantino Arruda. **Tratamento de Esgotos Domésticos**. 4 ed. Rio de Janeiro: SEGRAC, 2005.

KALYUZHNYI, S. V. Wastewater Sludge Management in the Russian Federation: the Current Status and Perspectives. In: **Conference Proceedings – Moving Forward – Wastewater Biosolids Sustainability – Technical, Managerial and Public Synergy**, - 4ª Canadian Organic Residuals and Biosolids Conference. New Brunswick, June 24-27, 2007.

KOMATSU, T. KUDO, K.; INOUE, Y.; HIMENO, S. Anaerobic Codigestion of Sewage Sludge and Rice Straw. In: **Conference Proceedings – Moving Forward – Wastewater Biosolids Sustainability – Technical, Managerial and Public**

Synergy, - 4ª Canadian Organic Residuals and Biosolids Conference. Moncton, New Brunswick, June 24-27, 2007

KRAUSS, G. D.; PAGE, A. L. Wastewater, sludge and food crops. **BioCycle**, Emmaus, v. 38, n. 2, p.74-82, Feb. 1997.

KROISS, H.; ZESSNER. Ecological and Economical Relevance of Sludge Treatment and Disposal Options. In: **Conference Proceedings – Moving Forward – Wastewater Biosolids Sustainability – Technical, Managerial and Public Synergy, - 4ª Canadian Organic Residuals and Biosolids Conference.** New Brunswick, June 24-27, 2007

LACERDA, L. **Logística Reversa – Uma visão sobre os conceitos básicos e as Práticas Operacionais.** Revista Tecnológica. p. 46-50, 2002.

LACERDA, Leonardo. **Considerações sobre o estudo de localização de instalações.** Rio De Janeiro: Universidade Federal do Rio de Janeiro: Centro de Logística, Rio de Janeiro, 1999.

LACERDA, Leonardo. **Logística Reversa – Uma visão sobre os conceitos básicos e práticas operacionais.** Rio de Janeiro: Centro de Estudos em Logística - Universidade Federal do Rio de Janeiro, 2001.

LARA, A. I.; BONNET, B. R.; FERREIRA, A. C. Monitoring of the recycling of sewage sludge for use in agriculture in the state of Paraná. In: Specialized conference on disposal and utilization of sewage sludge: treatment methods and application Modalities. (10/1999 Atenas - Grécia). **Anais... IWA**, 1999.

LARA, A. I. ; ANDREOLI, C. V. ; BONNET, B. R. P. **Impactos ambientais e monitoramento da reciclagem agrícola de lodo de esgoto - Avaliação de Impactos.** Rio de Janeiro, v. 1, n. 3, p. 84-95, 1997.

LEI ESTADUAL 12.493 de 22 de Janeiro de 1999. Meio Ambiente Paraná.

LIMA JR, O.F. **De Logística a Supply Chain: a evolução dos conceitos.** LALT – Laboratório de Aprendizagem em Logística e Transporte. Campinas: UNICAMP, 2003

LOPES, J., G. R. L., ARAÚJO, M. G., BERNARDO, M. R. **Produção de alface com doses de lodo de esgoto**. Horticultura Brasileira, p. 143-147, 2005.

LOURENÇO, R. S.; ANJOS, A. H. M.; LIBARDI, P. L. et al. Efeito do lodo de esgoto na produtividade de milho e feijão, no sistema de produção da Bracatinga. **Sanare**, Curitiba, v. 5, n. 5, p. 90-92, 1996.

LUDUVICE, M. Gestão de biossólidos e o Mercosul. In: Seminário sobre Gerenciamento de Biossólidos do Mercosul. **Anais**. Curitiba: [s.n.], 1998.

LUDVIGSEN, P. J. Development of Knowledge Based Expert Systems to Aid in **Hazard Waste Management**. UMI, Ann Arbor, MI, 1989.

MACHADO, M. F. S. **A situação brasileira dos biossólidos**. Dissertação (Mestrado). Campinas/São Paulo: Faculdade de Engenharia Civil, Universidade de Campinas, 2001.

MÄDER NETTO, Otto Samuel; ANDREOLI, C. V.; CARNEIRO, Charles. Estudos das variações de Ph no lodo caledo em função de diferentes dosagens de óxido de cálcio e teores de umidade. In: **AIDIS; Associação Brasileira de Engenharia Sanitária e Ambiental**. Saneamento Ambiental: Ética e Responsabilidade Social. Joinville: ABES, set, p.1-14, 2003.

MAGRI, Franciele. **Reciclagem Agrícola de Biossólidos**. (Monografia de Conclusão de Curso de Agronomia). Florianópolis: Universidade Federal de Santa Catarina, 2006.

MATTHEWS, P. J. Biosolids management integrated into national organic resource strategies in the UK (2007). In **Conference Proceedings – Moving Forward – Wasterwater Biosolids Sustainability – Technical, Managerial and Public Synergy, - 4ª Canadian Organic Residuals and Biosolids Conference**. New Brunswick, June 24-27, 2007.

McLAUGHLIN, M. J.; WARNE, M. St. J.; STEVENS, D. P.; WHATMUFF, M. S.; HEEMSBERGEN, D.; BROSS, K.; BARRY, G.; BELL, M. J.; NASH, D.; PRITCHARD, D.; PENNEY, N. Australia's National Biosolid Research Program – how it came about, and what has it discovered?. In: **Conference Proceedings – Moving Forward – Wasterwater Biosolids Sustainability – Technical, Managerial and Public Synergy, - 4ª Canadian Organic Residuals and Biosolids Conference**. New Brunswick, June 24-27, 2007.

MEDEIROS, Henrique Rocha de. **Avaliação de modelos matemáticos desenvolvidos para auxiliar a tomada de decisão em sistemas de produção de ruminantes em pastagens**. Tese (Doutorado em Agronomia). São Paulo: Universidade de São Paulo – USP, 2003.

METCALF, B.; EDDY, I.N.C. **Wastewater Engineering: Treatment, Disposal and Reuse**. 3ª ed. cap.12, p. 765-926, New York : McGraw-Hill. Estados Unidos, 1991.

MIKI, Marcelo Kenji; ALÉM SOBRINHO, Pedro; VAN HAANDEL, Anadrianus C. Tratamento da fase Sólida em Estações de tratamento de Esgotos – Condicionamento, Desaguamento Mecanizado e Secagem Térmica do Lodo. In: ANDREOLI, C. V (coordenador). **Alternativas de Uso de resíduos do Saneamento – Projeto PROSAB**. Rio de Janeiro: ABES, 2006.

MONNEY, L. Beneficial use program for New York city's sludge. **BioCycle Emmaus**, v. 22, n. 8, p.72-73, 1992.

MONTAG, D.; GETHKE, K; PINNEKAMP J. A Feasible Approach of Integrating Phosphate Recovery as Strutive at Waste Water Treatment Plants. In: **Conference Proceedings – Moving Forward – Wasterwater Biosolids Sustainability – Technical, Managerial and Public Synergy, - 4ª Canadian Organic Residuals and Biosolids Conference**. New Brunswick, June 24-27, 2007.

MOSCALEWSKI, W. S. et al. Eliminação por tratamento químico do *Vibrio cholerae* em amostras de lodo. **Sanare**, Curitiba, v. 5, n. 5, p. 59-62, 1996.

MULLER, M.; PATUREAU, D.; BALAGUER, P.; DELGENES, N.; DAGNINO, S. DELGENES, J. P.; HERNANDEZ-RAQUET, G. Assessment of estrogenic and xenobiotic receptor activities in combination with chemical analysis of micropollutants during wastewater biosolids composting. In: **Conference Proceedings – Moving Forward – Wasterwater Biosolids Sustainability – Technical, Managerial and Public Synergy - 4ª Canadian Organic Residuals and Biosolids Conference**. New Brunswick, June 24-27, 2007.

NASCIMENTO, C., W., A.; BARROS, D., A., S.; MELO, E., E., C.; OLIVEIRA, A., B. - Alterações químicas em solos e crescimento de milho e feijoeiro após aplicação de lodo de esgoto. **Revista Brasileira de Ciência do solo**, n. 28, p. 385-392, 2004.

NASSAR, Sílvia Modesto. **Tratamento de Incerteza: Sistemas Especialistas Probabilísticos**. Disponível em: <<http://www.inf.ufsc.br/~silvia/disciplinas/sep/MaterialDidatico.pdf>>. Acesso em 04 nov, 2007.

NOVACK, Robert A. **Creating Logistic Value: Themes for the Future (Unknown Binding)**. Council of Logistic Management, The Pennsylvania State University, 1993.

NUVOLARI, A. **O lançamento in natura e seus impactos**. in: NUVOLARI A. (coord). **Esgoto Sanitário, Coleta, Transporte, Tratamento e Reúso Agrícola**. São Paulo: Edgard Blücher Ltda. p. 171-207, 2003.

OLIVEIRA, R.F.; GAMBÔA, F.A.R; Santos, F.R.S. **Conceitos de Logística Reversa e Colaboração Aplicados à Indústria de Especialidade Químicas**. XSIMPEP – Simpósio de Engenharia de Produção. Bauru/SP: Faculdade de Engenharia de Bauru, 2003.

OUTWATER, A. B. **Reuse of sludge and minor wastewater residuals**. [S.l.] : Lewis, 1994.

PARANÁ (Estado). Decreto Estadual nº 6.674, de 03 de dezembro de 2002. **Diário Oficial** nº 6371 de 04 de dezembro de 2002.

PARRAVICINI, V.; SVARDAL, K.; HORNEK, R.; KROISS, H. Aeration of anaerobically digested sewage sludge for COD and Nitrogen removal: optimization at large-scale. In: **Conference Proceedings – Moving Forward – Wastewater Biosolids Sustainability – Technical, Managerial and Public Synergy - 4^a Canadian Organic Residuals and Biosolids Conference**. New Brunswick, ju/07, p. 24-27, 2007.

PASSAMANI, Fabiana Reinis Franca; KELLER, Regina; GONÇALVES, Ricardo Franci. Higienização de lodo utilizando Caleagem e Pasteurização em uma Pequena Estação de Tratamento de Esgoto combinando reator UASB e Biofiltro aerado submerso. In: **XXVIII Congresso Interamericano de Ingeniería Sanitaria y Ambiental**, Cancun: México, 2002.

PAULSRUD, B.; NYBRUKET, S. Implementation of a HCCP based approach for complying with Norwegian biosolids standards for pathogen control. In: **Conference Proceedings – Moving Forward – Wastewater Biosolids Sustainability – Technical, Managerial and Public Synergy - 4^a Canadian Organic Residuals and Biosolids Conference**. Moncton, New Brunswic, Canadá. June 24-27, 2007

PEDROZA, Eduardo da Cunha Lima. MOREIRA, Eudes Alves. CAVALCANTI, Paula F. F., ALÉM SOBRINHO, P; ANDREOLI, C.; VAN HAANDEL. Aplicação de Leitões para Secagem de Lodo gerado em Estações de tratamento de Esgotos. In: ANDREOLI, C. V (coordenador). **Alternativas de Uso de resíduos do Saneamento – Projeto PROSAB**. Rio de Janeiro: ABES, 2006.

PEDROZA, P.J.; BELTRÃO, N.E.M.; VAN HAANDEL, A.C.; GOUVEIA, J.P.G.; LEITE, J.C. **Doses Crescentes de Biossólidos e seus efeitos na Produção de Componentes do Algodoeiro Herbáceo**. **BIO TERRA**. Campina Grande: Revista de Biologia e Ciências da Terra, ano/vol 5, número 002. Univesidade Estadual da Paraíba, 2005.

PEGORINI Eduardo Sabino. ANDREOLI, C. V. **Alternativas de Uso de Resíduos do Saneamento**. Rio de Janeiro: ABES, 2006.

PEGORINI, E. S.; ANDREOLI, C. V.; SOUZA, M. L. de P.; FERREIRA, A. Qualidade do Lodo de esgoto utilizado na Reciclagem Agrícola na Região Metropolitana de Curitiba – PR. In: I Simpósio Latino Americano de Biossólidos. **Anais**. São Paulo, jun., 2003.

PEGORINI, Eduardo Sabino. **Avaliação de impactos ambientais do programa de reciclagem agrícola de lodo de esgoto na região metropolitana de Curitiba**. Dissertação de mestrado. Curitiba: Universidade Federal do Paraná, 2002.

REZENDE, S. O. EVSUKOFF, A. G. GARCIA, A. C. B. CARVALHO, A. C. P de Leon Ferreira de. BRAGA, A. P. MONARD, M. C. EBECKEN, N. F. F. MORANDIN JR, O. ALMEIDA, P. E. M. LUDERMIR, T. B. Organização Geral: REZENDE, Solange Oliveira. **Sistemas Inteligentes: Fundamentos e aplicações**. Barueri, SP: Manole, 2005.

RHOADES, J. D. **Sustainability of irrigation: na overview of salinity problems and control strategies - Proceeding of the 1997**. Annual Conference, Canadian Water Resources Association, Canada, p. 1-40, 1997.

ROCHA, T. R. **Utilização de lodo de esgoto na agricultura**: um estudo de caso para as bacias hidrográficas dos rios Piracicaba, Capivari e Jundiá. Dissertação (Mestrado) – Universidade Estadual de São Paulo, Piracicaba, 1998.

ROGALLA, F. Produção, caracterização e processamento de biossólidos. In: I Seminário sobre gerenciamento de biossólidos do mercosul. **Anais...** Curitiba: SANEPAR/ABES, p.35 – 40 , 1998.

SAABYE, A. ; KRÜGER, A. S. ; SCHWINNING, H. G. **Treatment and beneficial use of sewage sludge in the European Union.** Comunicação oral, WEF Conference, 1994.

COMPANHIA DE SANEAMENTO BÁSICO DO ESTADO DE SÃO PAULO - SABESP. **Biossólidos na Agricultura.** Tsutiya, M.T., COMPARINI, J.B.; ALÉM SOBRINHO, P.; HESPANHOS, H.; CARVALHO P.C.T; MELFI, A. J; MELO, W. J.; MARQUES, M. O. São Paulo:SABESP, 2001.

SALIBY, Eduardo. **Tecnologia de informação: uso da simulação para obtenção de melhorias em operações logísticas.** Rio de Janeiro: Centro de Estudos em Logística – Universidade Federal do Rio de Janeiro, 1999.

SALVADOR, Jetro Turan. **Reciclagem Agrícola de lodo tratado no Paraná pelo Processo N. Viro: Efeitos em solos, Plantas, Água de Percolação e a Possibilidade da alteração de sua relação Ca: Mg.** Tese (Doutorado), Curitiba: Departamento de Fitotecnia e Fitossanitarismo do Setor de Ciências Agrárias da Universidade Federal do Paraná, 2006.

SANTOS, H. F. Aplicação do lodo de estações de tratamento de esgotos em solos agrícolas. São Paulo: **Revista DAE**, p. 31-48, 1979.

SEQUI, P.; TITTARELLI, F.; BENEDETTI, A. The role of sludge on the reintegration of soil fertility. In: **Workshop on problems around sludge, Proceedings Langenkamp, H & L.** Marmo (eds.), p. 120 – 132, 2000.

SILVA, J. E., DIMAS, V. S. R., SHARMA, R. D. Alternativa agrônômica para biossólido: a experiência de Brasília. In: **Impacto ambiental do uso agrícola do lodo de esgoto.** BETTIOL, W. e CAMARGO, O. A. (coord), Jaguariúna: EMBRAPA Meio Ambiente, p. 143-162, 2000.

SKORUPA, Ladislau Araujo. SOUZA, Manoel Dornelas. PIRES, Adriana Marlene Moreno. FILIZOLA, Heloiza Ferreira. BETTIOL, Wagner. GUINI, Raquel. Marcos Antonio Vieira. Uso de Lodo de Esgoto na Recuperação de Áreas Degradadas. In: ANDREOLI, C. V (coordenador). **Alternativas de Uso de resíduos do Saneamento – Projeto PROSAB.** Rio de Janeiro: ABES, 2006.

SONG, Y. C.; NGUYEN, T. T.; KIM, S. H.; PARK, H. S, KO, S. J.; LEE, C. Y. Cultivation of Functional Microbial Consortium Using Biosolids and Its Effectiveness for Remediation of Soil Contaminated with Diesel Oil., In: **Conference Proceedings – Moving Forward – Wasterwater Biosolids Sustainability – Technical, Managerial and Public Synergy - 4^a Canadian Organic Residuals and Biosolids Conference**, Moncton, New Brunsic, Canadá. June 24-27, 2007.

SOUZA, M L P, ANDREOLI, C V, PAULETTI, V. Desenvolvimento de um sistema de classificação de terras para disposição final do lodo de esgoto. In: Simpósio Luso Brasileiro de engenharia e sanitária e ambiental (4: 1994: Florianópolis). **Anais...**, Florianópolis ABES/APRH, v 1, t 1, p. 403 – 419, 1994.

SPERLING, M V., GONÇALVES, R.F. Lodo de esgotos: características e produção. In: ANDREOLI C. V.; SPERLING, Marcos Von, FERNANDES, Fernando. **Lodo de esgotos: tratamento e disposição final**.. Belo Horizonte: Departamento de Engenharia Sanitária e Ambiental – UFMG: Companhia de Saneamento do Paraná, 2001. (Princípios do tratamento biológico de águas residuárias).

SPINOSA, L. Status and perspectives of sludge management. (2007). In: **Conference Proceedings – Moving Forward – Wasterwater Biosolids Sustainability – Technical, Managerial and Public Synergy - 4^a Canadian Organic Residuals and Biosolids Conference**. Moncton, New Brunsic, Canadá. June 24-27, 2007.

SPINOSA, L.; VESILIND, P.(2001) **Sludge into Biosolids, processing, disposal, utilization**. IWA Publishing, United Kingdom, 2001.

STOCK, J. **Reverse Logistics. Council of Logistics Management**. Oak Brook, IL, 1992.

STOCK, J., **Development and Implementation of Reverse Logistics Programs**. Council of Logistics Management, Oak Brook, IL, 1998.

SURAMPALLI, R. Y. LAI C. C. K.; BANERJI, S. K.; TYAGI, R. D.; LOHANI, B. N. Long-term land application of sewage sludge – a case study. In: **Conference Proceedings – Moving Forward – Wasterwater Biosolids Sustainability – Technical, Managerial and Public Synergy - 4^a Canadian Organic Residuals and Biosolids Conference**. New Brunswick, June 24-27, 2007.

SYPREA. **La certification de services. Syndicat des professionnels du recyclage en agriculture.**
[Http://www.syprea.org/virtuelle.php/page/certification_service_presentation](http://www.syprea.org/virtuelle.php/page/certification_service_presentation). Acesso em 06 jan, 2008.

TAKAMATSU, A. A. **Avaliação da capacidade de lixiviação de metais pesados do lodo ativado da Estação de Tratamento de Esgotos Belém pela bactéria Thiobacillus ferroxidans.** Curitiba, Projeto de Dissertação (Mestrado) - Universidade Federal do Paraná, 1993.

THOMPSON, JOHN.; Award process for a quality-based biosolids management program in Durham regional. In: **Conference Proceedings – Moving Forward – Wasterwater Biosolids Sustainability – Technical, Managerial and Public Synergy, - 4ª Canadian Organic Residuals and Biosolids Conference.** Moncton, New Brunswic, Canadá. June 24-27, 2007.

TSYTYA, MT. Metais pesados: o principal fator limitante para o uso agrícola de biossólidos das estações de tratamento de esgotos. In.: Congresso Brasileiro de Engenharia Sanitária e Ambiental.. **Anais.** Rio de Janeiro, RJ: ABES, p. 753-761, 1999.

TSYTYA. M T. Comparini, J.B et al (Eds). **Biossólidos na Agricultura.** São Paulo: SABESP, 2001.

USEPA - United States Environmental Protection Agency. **Sludge treatment and Disposal.** Cincinnatti: USEPA, v.1 e 2, 1979.

VAN HAANDEL, A.; ALÉM SOBRINHO, PEDRO. Produção e Consituição do lodo de Esgoto. In: ANDREOLI, C. V (coordenador). **Alternativas de Uso de resíduos do Saneamento – Projeto PROSAB.** Rio de Janeiro: ABES, 2006.

VAN HAM, M. D.; HUTCHISON, J. S.; DAMPIER, L. M. B., VIEIRA. A regional approach to biosolids management: The Sechelt experience. In: **Conference Proceedings – Moving Forward – Wasterwater Biosolids Sustainability – Technical, Managerial and Public Synergy, - 4ª Canadian Organic Residuals and Biosolids Conference.** New Brunswic, June 24-27, 2007.

WEBBER, M. D. ; SHAMESS, A. **Land utilization of sewage sludge:** a discussion paper. Toronto : Expert Committee on Soil and Water Management, 1984.

YAGUAL , N.; ESCALONA, R. A. Environmental Impact Assesment (EIA) Guidelines for Sludge Management e Disposal in Latin American Watewater Treatment Projects. In: SPECIALIZED CONFERENCE ON SLUDGE MANAGEMENT: REGULATION, TREATMENT, UTILIZATION AND DISPOSAL. **Anais...** México – Acapulco. IWA, p. 30 – 39, 2001.

8 ANEXOS

ANEXO A – MAPA DE APTIDÃO DO SOLO PARA APLICAÇÃO AGRÍCOLA

ANEXO B – PLANILHAS DE MODELAGEM MATEMÁTICA PARA DEFINIÇÃO DA MELHOR LOGÍSTICA DE IMPLANTAÇÃO DE UGL'S PARA A GERENCIA DE SISTEMAS DE SANEAMENTO DA REGIONAL DE PONTA GROSSA – PR.

ANEXO C – FLUXOGRAMAS DE REFERÊNCIA – Caleação por porte de UGL e;
FLUXOGRAMAS DE ALTERNATIVA – Aterro Sanitário tipo vala.

ANEXO D – MAPA DE ZONEAMENTO DAS CARACTERISTICAS OPERACIONAIS DAS REGIONAIS

ANEXO E – MANUAL DO USUÁRIO – Implantação de UGL'S

PARÂMETROS ADOTADOS

Leito de secagem Norte	Densidade	0,7	ton/m ³
	Massa seca	0,45	MS
Leito de secagem Sul	Densidade	1	ton/m ³
	Massa seca	0,35	MS
Centrifuga Norte	Densidade	1,02	ton/m ³
	Massa seca	0,20	MS
Centrifuga Sul	Densidade	1,02	ton/m ³
	Massa seca	0,20	MS
Densidade Cal		700	kg/m ³
Empilhamento máximo de sacos de cal virgem		10	sacos
Quantidade de cal virgem em 1 saco		25	kg
Área ocupada para cada pilha de cal		0,5	m ²

Custos	(R\$)	
Transporte de lodo (ETE-ETE e ETE ou UGL para agricultor	0,23	ton.km rodado
Mão-de-obra retirada do lodo do leito de secagem	16,64	m ³
Mão-de-obra Terceirizada para higienização produção de 16 m ³ /dia e equipe de 4pessoas	18	m ³
Cal	0,24	kg
Custo higienização (4 operadores a R\$ 651,70 * 130% encargos/m ³)	17,03	R\$/m ³
Maromba	58200	unidade
Análise	3091,00	unidade
Custo de pátio coberto para área de recebimento estocagem do lodo	250,00	m ²
Custo de pátio coberto para área de higienização	1000,00	m ²
Custo de desapropriação de área rural agricultável	1,20	m ²
Taxa de amortização Valor Presente	12	% a.a.
Vida útil pátios	20	anos
Prestação equivalente capital pátio estocagem em valor presente	33,47	R\$/ano
	2,79	R\$/mes
Prestação equivalente capital pátio higienização em valor presente	133,88	R\$/ano
	11,16	R\$/mes
Prestação equivalente capital desapropriação de área em valor presente	0,16	R\$/m ² ano
	0,01	R\$/mes

Área 1 m ³ lodo caledo	1	m ²
-----------------------------------	---	----------------

Produtividade considerando produção de 16 m ³ /dia e equipe de 4pessoas	16	m ³ /dia
Área/equipemaromba (m ²)	20	m ²

Taxa de amortização Valor Presente	12	% a.a.
Vida útil maromba	5	anos
Prestação equivalente capital maromba em valor presente	16145,25	R\$/ano
	1345,44	R\$/mes

Custo transporte veículos (maromba)	0,51	R\$/km
-------------------------------------	------	--------

Taxa aplicação agrícola	12,5	t/há
-------------------------	------	------

PARÂMETROS ADOTADOS

ATERRO PRÓPRIO

FORMA DE CONDICIONAMENTO DOS LODOS	TEOR DE CAL (%Base Úmida)	TEOR DE CAL (%Base Seca)	FATOR DE DEMANDA DO VOLUME ÚTIL DO ATERRO (m³/ts)
Torta com 30/33% de MS em mistura de cal virgem (1:0,20)	20	62,5	2,94
Torta com 40% de MS em mistura de cal virgem (1:0,175)	17,5	43,8	2,3
Custo higienização (4 operadores a R\$ 651,70 * 130% encargos/m ³)		17,03	R\$/m ³
Maromba		58200	unidade
Análise		0,00	unidade
Custo de pátio coberto recebimento estocagem adequação do lodo		172575,39	R\$
Taxa de amortização Valor Presente		12	% a.a.
Vida útil pátios		20	anos
Prestação equivalente capital pátio estocagem em valor presente		23104,18	R\$/ano
		1925,35	R\$/mes
Custo equipamentos		2.678.800,00	R\$
Taxa de amortização Valor Presente		12	% a.a.
Vida útil EQUIPAMENTOS		10	anos
Prestação equivalente capital equipamentos em valor presente		474105,18	R\$/ano
		39508,76	R\$/mes
Custo instalações Aterro		2.778.478,35	R\$
Taxa de amortização Valor Presente		12	% a.a.
Vida útil ATERRO		20	anos
Prestação equivalente capital instalações em valor presente		371979,29	R\$/ano
		30998,27	R\$/mes
Custo de desapropriação de área rural agricultável		1,20	m ²
Custo de Área a Desapropriar		24.624,00	R\$
Taxa de amortização Valor Presente		12	% a.a.
Vida útil ATERRO		20	anos
Prestação equivalente capital desapropriação em valor presente		3296,63	R\$/ano
		274,72	R\$/mes

PARÂMETROS ADOTADOS

Análise Lodo por Lote

Descrição	(R\$)	
Parâmetros agronômicos	350,00	
Metais pesados	330,00	
Coliformes	60,00	
Helmintos	290,00	
Vírus	1800,00	
Salmonella	65,00	
Substância orgânicas		4290,00 (1 análise por ETE)
caixa coleta (2x/mês)	100,00	
Transporte caixa	96,00	
Total	3091,00	

Análise solo

Descrição	(R\$)	Lab	Nº Amostras	Área Aplicação
Parâmetros agronômicos	210,00	useg	1	20 há
Metais Pesados	330,00	useg	2	20 há
Substâncias Orgânicas	0,00		1	1 UGL/ano

Análise Lençol Freático

Descrição	(R\$)
DQO	23,00
DBO	23,00
Coliformes Totais	40,00
OD	15,00
Nitrogênio Total	28,00
Nitrato	20,00
Nitrito	20,00
Fósforo	18,00
caixa coleta (2x)	100,00
Transporte caixa	96,00
Total	383,00
Periodicidade (meses)	3,00
Equivalente mensal	127,67

DISTÂNCIAS ENTRE ETE'S/MUNICÍPIO

ETE	Antas	Areial	Borsato	BR	Conceição	Cristo Rei	Eng Gutierrez	Fernandes Pinheiro	Gertrudes	Guamiranga	Inacio Martins
Antas	0	90637,24	84646,75	54664,63	89965,24	77226,44	8581,98	18770,94	117294,17	54626,71	87801,86
Areial	90637,24	0	57830,53	145238,5	672	107310,7	98785,01	85855,27	87550,02	113436,7	177939,11
Borsato	84646,75	57830,53	0	109345,6	57158,53	36136,9	92794,52	117771,78	47813,14	28911,03	172198,62
BR	54664,63	145238,5	109345,6	0	144566,52	89542,59	63035,29	73190,73	153129,23	19732,15	142424,62
Conceição	89965,24	672	57158,53	144566,5	0	106628,7	98113,01	85155,27	86878,02	112754,73	177267,11
Cristo Rei	77226,44	107310,7	36136,9	89542,59	106628,73	0	85582,33	126172,86	68750,15	6126	164986,43
Eng Gutierrez	8581,98	98785,01	92794,52	63035,29	98113,01	85582,33	0	28229,23	124772,22	63115,99	79654,1
Fernandes Pinheiro	18770,94	85855,27	117771,8	73190,73	85155,27	126172,9	28229,23	0	149163,13	75820,14	98196,47
Gertrudes	117294,2	87550,02	47813,14	153129,2	86878,02	68750,15	124772,22	149163,13	0	74876,15	204838,66
Guamiranga	54626,71	113436,7	28911,03	19732,15	112754,73	6126	63115,99	72086	74876,15	0	137339,59
Inacio Martins	87801,86	177939,1	172198,6	142424,6	177267,11	164986,4	79654,1	98196,47	204838,66	137339,59	0
Imbituva	28143,62	126084,2	83427,71	47288,45	125412,16	49532,57	36314,58	45099,94	116066,78	27120,82	115703,86
Ipiranga	81427,9	117893,2	74985,8	90838,55	117221,21	59635,13	89848,87	96917,25	107875,83	60270,51	169238,14
Ivai	117670,7	153886	111228,6	126831,3	153214,01	95877,92	125841,66	130880,38	143868,62	51133,77	205230,94
Olarias	97407,4	59345,82	16678,98	106514,9	58673,82	22136,82	202917,44	109041,33	49327,08	28262,82	184917,39
Palmeira	72182,44	23088,33	61041,82	127033,3	22416	110526,1	80579,83	67290,1	90775,37	116652,07	159733,93
Prudentópolis	57028,99	147602,9	115678,2	6332,59	146930,89	83247,48	65399,66	81075,25	148291,44	16184,98	144792,57
Ronda	95588,79	63271,76	20605,64	104749,8	62599,76	20368,46	103744,93	62298,86	53251,58	26494,46	183149,03
Teixeira Soares	36031,57	149241,1	64715,43	68831,22	148559,13	41930,4	44677,19	54136,85	110680,55	48526,11	118513,67
Tibagi	98045,4	59984,27	17320,84	107152,9	59312,27	22785,03	203555,44	107458,13	49966,88	42262,9	185555,39
Verde	98545,62	78681,05	36073,68	107906,4	78009,05	23525,04	106754,62	121748,13	68663,66	29651,04	186305,61
Vila Raquel	7984,23	97865,29	92124,8	63035,29	97193,29	83373,33	2209,47	26365,57	125441,94	62458,11	81714,78

DISTÂNCIAS ENTRE ETE'S/MUNICÍPIO

ETE	Imbituva	Ipiranga	Ivai	Olarias	Palmeira	Prudentópolis	Ronda	Teixeira Soares	Tibagi	Verde	Vila Raquel
Antas	28143,62	81427,9	117670,7	97407,4	72182,44	57028,99	95588,79	36031,57	98045,4	98545,62	7984,23
Areial	126084,16	117893,2	153886	59345,82	23088,33	147602,89	63271,76	149241,1	59984,27	78681,05	97865,29
Borsato	83427,71	74985,8	111228,6	16678,98	61041,82	115678,19	20605,64	64715,43	17320,84	36073,68	92124,8
BR	47288,45	90838,55	126831,3	106514,9	127033,3	6332,59	104749,8	68831,22	107152,9	107906,4	63035,29
Conceição	125412,16	117221,2	153214	58673,82	22416	146930,89	62599,76	148559,13	59312,27	78009,05	97193,29
Cristo Rei	49532,57	59635,13	95877,92	22136,82	110526,1	83247,48	20368,46	41930,4	22785,03	23525,04	83373,33
Eng Gutierrez	36314,58	89848,87	125841,7	202917,4	80579,83	65399,66	103744,9	44677,19	203555,4	106754,6	2209,47
Fernandes Pinheiro	45099,94	96917,25	130880,4	109041,3	67290,1	81075,25	112967,1	78131,2	107458,1	121748,1	26365,57
Gertrudes	116066,78	107875,8	143868,6	49327,08	90775,37	148291,44	53251,58	110680,55	49966,88	68663,66	125441,94
Guamiranga	27120,82	60270,51	51133,77	28262,82	116652,1	16184,98	26494,46	92207,32	42262,9	29651,04	62458,11
Inacio Martins	115703,86	169238,1	205230,9	184917,4	159733,9	144792,57	183149	118513,67	185555,4	186305,6	81714,78
Imbituva	0	54034,28	90027,08	105763,3	100312,6	43945,46	67695,17	61871,02	105763,3	70851,75	35453,49
Ipiranga	54034,28	0	36492,79	61271,61	121118,6	87495,56	59253,26	49263,06	61909,61	62409,83	89834,04
Ivai	90027,08	36492,79	0	97264,41	157111,4	123488,35	95496,05	83845,13	97902,41	98652,63	125826,84
Olarias	105763,29	61271,61	97264,41	0	62577,22	101677,12	6636,89	64067,22	3349,1	22047,07	104843,57
Palmeira	100312,58	121118,6	157111,4	62577,22	0	129397,7	66497,11	152456,47	63244,71	81904,5	79660,11
Prudentópolis	43945,46	87495,56	123488,4	101677,1	129397,7	0	101410,1	66037,45	102315,1	104566,7	63928,82
Ronda	67695,17	59253,26	95496,05	6636,89	66497,11	101410,09	0	26494,46	7266,65	20281,97	103075,21
Teixeira Soares	61871,02	49263,06	83845,13	64067,22	152456,5	66037,45	62298,86	0	78067,3	65455,44	42708,46
Tibagi	105763,29	61909,61	97902,41	3349,1	63244,71	102315,12	7266,65	78067,3	0	22699,78	105481,57
Verde	70851,75	62409,83	98652,63	22047,07	81904,5	104566,67	20281,97	65455,44	22699,78	0	104545,62
Vila Raquel	35453,49	89834,04	125826,8	104843,6	79660,11	63928,82	103075,2	42708,46	105481,6	104545,6	0

Dados de Produção - Unidade Gerencial de Sistemas de Saneamento da Regional de Ponta Grossa

Localidade	ETE - Denominação	alternativa 1	alternativa 2	UR	Região	Região	Cód UR	ETE - Denominação	Desidratação						Capacidade Nominal	Vazão média atual
									Atual		2017		2027			
									CEN = 2		LSE = 1				L/S	l/s
Imbituva	ETE Imbituva	1	1	URPG	Norte	1	340	ETE Imbituva	2 LSE	1 LSE	1 LSE	1	10,00	10,00		
Imbituva	ETE Vila Zezo	1	2	URPG	Norte	1	430	ETE Vila Zezo	3 LSE	1 LSE	1 LSE	1	10,00	6,00		
Inácio Martins	ETE Inácio Martins	1	1	URPG	Sul	2	340	ETE Inácio Martins	2 LSE	1 LSE	1 LSE	1	7,50	1,00		
Ipiranga	ETE Ipiranga	1	2	URPG	Norte	1	340	ETE Ipiranga	2 LSE	1 LSE	1 LSE	1	10,00	8,00		
Irati		1		URPG	Sul	2	340									
Irati 2	ETE-Central - Rio das Antas			URPG	Sul	2	340	ETE-Central - Rio das Antas	8 LSE	1 LSE	1 LSE	1	80,00	55,00		
Irati 3	ETE-Vila Raouel			URPG	Sul	2	340	ETE-Vila Raouel		LSE	1 LSE	1	1,00	0,50		
Irati 5	ETE Eng Gutierrez			URPG	Sul	2	340	ETE Eng Gutierrez		LSE	1 LSE	1	1,00	0,50		
Ivaí	ETE Ivaí			URPG	Norte	1	340	ETE Ivaí	2 LSE	1 LSE	1 LSE	1	7,50	3,00		
Palmeira	ETE Palmeira			URPG	Sul	2	340	ETE Palmeira		LSE	1 LSE	1	30,00	30,00		
Ponta Grossa				URPG	Norte	1	340									
Ponta Grossa 1	ETE Verde			URPG	Norte	1	340	ETE Verde	CEN	2 CEN	2 CEN	2	300,00	160,00		
Ponta Grossa 2	ETE Ronda			URPG	Norte	1	340	ETE Ronda	LSE	1 LSE	1 LSE	1	200,00	75,00		
Ponta Grossa 3	ETE Borsato			URPG	Norte	1	340	ETE Borsato		LSE	1 LSE	1	5,00	2,50		
Ponta Grossa 4	ETE Cristo Rei			URPG	Norte	1	340	ETE Cristo Rei	1 LSE	1 LSE	1 LSE	1	5,00	2,20		
Ponta Grossa 8	ETE Olarias			URPG	Norte	1	340	ETE Olarias	LSE	1 LSE	1 LSE	1	100,00	35,00		
Ponta Grossa 9	ETE Tibagi			URPG	Norte	1	340	ETE Tibagi	LSE	1 LSE	1 LSE	1	30,00	7,00		
Ponta Grossa	ETE Gertrudes			URPG	Norte	1	340	ETE Gertrudes	9 LSE	1 LSE	1 LSE	1	30,00	10,00		
Porto Amazonas				URPG	Sul	2	340									
Porto Amazonas 1	ETE Areial			URPG	Sul	2	340	ETE Areial		LSE	1 LSE	1	10,00	7,50		
Porto Amazonas 2	ETE Conceição			URPG	Sul	2	340	ETE Conceição		LSE	1 LSE	1	0,50	0,20		
Prudentópolis	ETE Prudentópolis			URPG	Norte	1	340	ETE Prudentópolis	2 LSE	1 LSE	1 LSE	1	20,00	20,00		
Prudentópolis	ETE Panuá			URPG	Norte	1	340	ETE Panuá	1 LSE	1 LSE	1 LSE	1				
Fernandes Pinheiro				URPG	Sul	2	340			LSE	1 LSE	1				
Guamiranga				URPG	Norte	1	340			LSE	1 LSE	1				
Teixeira Soares				URPG	Norte	1	340			LSE	1 LSE	1				
TOTAL													857,50	433,40		
TOTAL																

Dados de Produção - Unidade Gerencial de Sistemas de Saneamento da Regional de Ponta Grossa

Localidade	Q Média Atual					Capacidade Nominal					
	Material Retido na Grade 40I/1000 m ³	Material Retido no Desarenador 30I/1000 m ³	Q de lodo Bruto (m ³ /dia)	Q de Lodo desidratado (m ³ /dia)	Q Lodo desidratado com adição de Cal - Total (m ³ /dia)	Material Retido na Grade 40I/1000 m ³	Material Retido no Desarenador 30I/1000 m ³	Q de lodo Bruto (m ³ /dia)	Q de Lodo desidratado (m ³ /dia)	Q de Lodo desidratado (m ³ /dia)	Q Lodo desidratado com adição de Cal - Total (m ³ /dia)
			menos lagoa	Inclusive Lagoa				menos lagoa	Inclusive Lagoa	Centrífuga	
Imbituva	0,03	0,03	3,07	0,30	0,35	0,03	0,03	3,07	0,30	0,00	0,35
Imbituva	0,02	0,02	0,59	0,06	0,07	0,03	0,03	0,98	0,10	0,00	0,11
Inácio Martins	0,00	0,00	0,34	0,03	0,03	0,03	0,02	3,91	0,35	0,00	0,40
Ipiranga	0,03	0,02	1,33	0,13	0,15	0,03	0,03	4,03	0,40	0,00	0,45
Irati	0,00	0,00	11,77	1,04	1,22	0,00	0,00	33,02	2,92	0,00	3,41
Irati 2	0,19	0,14	0,00	0,00	1,19	0,28	0,21	0,00	0,00	0,00	3,33
Irati 3	0,00	0,00	0,00	0,00	0,01	0,00	0,00	0,00	0,00	0,00	0,04
Irati 5	0,00	0,00	0,00	0,00	0,01	0,00	0,00	0,00	0,00	0,00	0,04
Ivaí	0,01	0,01	0,73	0,07	0,08	0,03	0,02	2,08	0,20	0,00	0,23
Palmeira	0,10	0,08	10,67	0,94	1,08	0,10	0,08	13,62	1,20	0,00	1,38
Ponta Grossa	0,00	0,00	72,68	7,13	8,45	0,00	0,00	221,02	21,68	0,02	25,92
Ponta Grossa 1	0,55	0,41	0,00	0,01	4,48	1,04	0,78	0,00	0,02	0,02	11,12
Ponta Grossa 2	0,26	0,19	0,00	0,00	2,11	0,69	0,52	0,00	0,01	0,00	7,45
Ponta Grossa 3	0,01	0,01	0,00	0,00	0,07	0,02	0,01	0,00	0,00	0,00	0,18
Ponta Grossa 4	0,01	0,01	0,22	0,02	0,09	0,02	0,01	0,49	0,05	0,00	0,24
Ponta Grossa 8	0,12	0,09	0,00	0,00	0,98	0,35	0,26	0,00	0,01	0,00	3,72
Ponta Grossa 9	0,02	0,02	0,69	0,07	0,27	0,10	0,08	2,94	0,29	0,00	1,45
Ponta Grossa	0,03	0,03	1,45	0,14	0,44	0,10	0,08	5,75	0,56	0,00	1,76
Porto Amazonas	0,00	0,00	1,35	0,12	0,14	0,00	0,00	4,59	0,41	0,00	0,41
Porto Amazonas 1	0,03	0,02	0,00	0,00	0,13	0,03	0,03	0,00	0,00	0,00	0,44
Porto Amazonas 2	0,00	0,00	0,00	0,00	0,00	0,00	0,00	0,00	0,00	0,00	0,02
Prudentópolis	0,07	0,05	7,63	0,75	0,86	0,07	0,05	7,84	0,77	0,00	0,88
Prudentópolis	0,00	0,00	0,00	0,00	0,00	0,00	0,00	0,00	0,00	0,00	0,00
Fernandes Pinheiro											
Guamiranga											
Teixeira Soares											
TOTAL	1,50	1,12	112,51	10,82	12,42	2,96	2,22	303,35	29,26	0,02	33,55
TOTAL											

Dados de Produção - Unidade Gerencial de Sistemas de Saneamento da Regional de Ponta Grossa

Localidade	2017					2027				
	Material Retido na Grade Fina 90I/1000 m ³	Material Retido no Desarenador 30I/1000 m ³	Q de lodo Bruto (m ³ /dia)	Q de Lodo desidratado (m ³ /dia)	Q Lodo desidratado com adição de Cal - Total (m ³ /dia)	Material Retido na Grade Fina 90I/1000 m ³	Material Retido no Desarenador 30I/1000 m ³	Q de lodo Bruto (m ³ /dia)	Q de Lodo desidratado (m ³ /dia)	Q Lodo desidratado com adição de Cal - Total (m ³ /dia)
			menos lagoa	Inclusive Lagoa				menos lagoa	Inclusive Lagoa	
Imbituva	0,21	0,07	11,75	1,15	1,32	0,29	0,10	17,17	1,68	1,93
Imbituva	0,00	0,00	0,00	0,00	0,00	0,00	0,00	0,00	0,00	0,00
Inácio Martins	0,06	0,02	4,65	0,41	0,48	0,09	0,03	7,49	0,66	0,77
Ipiranga	0,05	0,02	4,06	0,40	0,46	0,07	0,02	6,33	0,62	0,71
Irati	0,57	0,19	18,97	1,67	2,05	0,83	0,28	27,70	2,45	3,00
Irati 2	0,00	0,00	0,00	0,05	1,96	0,00	0,00	0,00	0,07	2,87
Irati 3	0,00	0,00	0,21	0,02	0,04	0,00	0,00	0,33	0,03	0,07
Irati 5	0,00	0,00	0,21	0,02	0,04	0,00	0,00	0,33	0,03	0,07
Ivaí	0,08	0,03	1,82	0,18	0,21	0,11	0,04	2,58	0,25	0,29
Palmeira	0,23	0,08	17,86	1,58	1,81	0,26	0,09	20,77	1,83	2,10
Ponta Grossa	3,80	1,27	120,04	11,78	15,06	5,26	1,75	166,16	16,30	20,97
Ponta Grossa 1	0,00	0,00	0,00	0,03	6,06	0,00	0,00	0,00	0,05	8,39
Ponta Grossa 2	0,00	0,00	0,00	0,01	4,05	0,00	0,00	0,00	0,02	5,61
Ponta Grossa 3	0,00	0,00	0,96	0,09	0,20	0,00	0,00	1,41	0,14	0,29
Ponta Grossa 4	0,00	0,00	0,96	0,09	0,21	0,00	0,00	1,41	0,14	0,30
Ponta Grossa 8	0,00	0,00	0,00	0,01	2,03	0,00	0,00	0,00	0,01	2,81
Ponta Grossa 9	0,00	0,00	5,75	0,56	1,25	0,00	0,00	8,44	0,83	1,79
Ponta Grossa	0,00	0,00	5,75	0,56	1,25	0,00	0,00	8,44	0,83	1,79
Porto Amazonas	0,03	0,01	1,54	0,14	0,46	0,05	0,02	2,39	0,21	35,96
Porto Amazonas 1	0,00	0,00	1,33	0,12	0,28	0,00	0,00	2,20	0,19	0,45
Porto Amazonas 2	0,00	0,00	0,07	0,01	0,01	0,00	0,00	0,11	0,01	0,02
Prudentópolis	0,33	0,11	22,83	2,24	2,57	0,54	0,18	38,93	3,82	4,39
Prudentópolis	0,00	0,00	0,00	0,00	0,00	0,00	0,00	0,00	0,00	0,00
Fernandes Pinheiro	0,00	0,00	0,00	0,00	0,00	0,00	0,00	0,00	0,00	0,00
Guamiranga	0,00	0,00	0,00	0,00	0,00	0,00	0,00	0,00	0,00	0,00
Teixeira Soares	0,05	0,02	3,38	0,33	0,37	0,07	0,02	5,04	0,49	0,54
TOTAL	5,39	1,80	222,14	21,45	24,51	7,57	2,52	317,22	30,52	35,03

TOTAL

Dados de Produção - Unidade Gerencial de Sistemas de Saneamento da Regional de Ponta Grossa

Q Média Atual											
Localidade	Material Retido na Grade (m³/mês)	Material Retido no Desarenador (m³/mês)	Q de lodo Bruto (m³/mês)	Q de lodo Bruto (ton/ano)	Q de Lodo desidratado (m³/mês)	Q de Lodo desidratado (m³/mês)	Q de Lodo desidratado (ton/ano)	Q de Lodo (tonMS/ano)	Q de Cal (tonMS/ano)	Q Lodo desidratado caleado - Total (m³/mês)	Q Lodo desidratado caleado - Total (ton/ano)
			menos lagoa	menos lagoa	Inclusive Lagoa	Centrífuga					
Imbituva	1,04	0,78	92,18	774,32	9,04	0,00	75,96	34,18	11,28	10,39	87,24
Imbituva	0,62	0,47	17,62	147,97	1,73	0,00	14,52	6,53	2,16	1,98	16,67
Inácio Martins	0,10	0,08	10,07	123,26	0,89	0,00	10,88	3,81	1,26	1,04	12,14
Ipiranga	0,83	0,62	40,03	336,26	3,93	0,00	32,99	14,84	4,90	4,51	37,88
Irati	5,81	4,35	352,99	4320,55	31,21	0,00	382,04	132,69	44,02	36,45	426,07
Irati 2	5,70	4,28	346,68	4243,40	30,66	0,00	375,23	131,33	43,34	35,82	418,57
Irati 3	0,05	0,04	3,15	38,58	0,28	0,00	3,41	0,68	0,34	0,32	3,75
Irati 5	0,05	0,04	3,15	38,58	0,28	0,00	3,41	0,68	0,34	0,32	3,75
Ivaí	0,31	0,23	21,92	184,10	2,15	0,00	18,09	8,14	2,69	2,47	20,77
Palmeira	3,11	2,33	320,03	3917,17	28,25	0,00	345,83	69,17	34,58	32,37	380,41
Ponta Grossa	30,24	22,68	2250,98	23281,28	221,23	117,62	2288,37	671,41	270,30	253,41	2558,67
Ponta Grossa 1	16,59	12,44	1196,04	14352,44	117,62	117,62	1411,40	282,28	141,14	134,42	1552,54
Ponta Grossa 2	7,78	5,83	560,64	4709,39	55,08	0,00	462,71	208,22	68,71	63,26	531,42
Ponta Grossa 3	0,26	0,19	18,69	224,26	1,83	0,00	22,00	4,40	2,20	2,10	24,20
Ponta Grossa 4	0,23	0,17	22,90	192,40	2,25	0,00	18,87	8,49	2,80	2,58	21,68
Ponta Grossa 8	3,63	2,72	261,63	2197,72	25,71	0,00	215,93	97,17	32,07	29,52	248,00
Ponta Grossa 9	0,73	0,54	72,88	612,18	7,15	0,00	60,05	27,02	8,92	8,21	68,97
Ponta Grossa	1,04	0,78	118,20	992,90	11,60	0,00	97,40	43,83	14,46	13,32	111,86
Porto Amazonas	0,80	0,60	40,47	495,37	3,57	0,00	43,73	8,75	4,37	4,09	48,11
Porto Amazonas 1	0,78	0,58	39,42	482,51	3,48	0,00	42,60	8,52	4,26	3,99	46,86
Porto Amazonas 2	0,02	0,02	1,05	12,87	0,09	0,00	1,14	0,23	0,11	0,11	1,25
Prudentópolis	2,07	1,56	229,02	1923,74	22,47	0,00	188,71	84,92	28,02	25,80	216,73
Prudentópolis				0,00		0,00	0,00	0,00	0,00	0,00	0,00
Fernandes Pinheiro											
Guamiranga											
Teixeira Soares											
TOTAL	44,93	33,70	3375,30	35504,03	324,48	117,62	3401,11	1034,45	403,58	372,52	3804,69
TOTAL											

Dados de Produção - Unidade Gerencial de Sistemas de Saneamento da Regional de Ponta Grossa

Localidade	Capacidade Nominal										
	Material Retido na Grade (m³/mês)	Material Retido no Desarenador (m³/mês)	Q de lodo Bruto (m³/mês)	Q de lodo Bruto (ton/ano)	Q de Lodo desidratado (m³/mês)	Q de Lodo desidratado (m³/mês)	Q de Lodo desidratado (ton/ano)	Q de Lodo (tonMS/ano)	Q de Cal (tonMS/ano)	Q Lodo desidratado com adição de Cal - Total (m³/mês)	Q Lodo desidratado com adição de Cal - Total (ton/ano)
			menos lagoa	menos lagoa	Inclusive Lagoa	Centrífuga					
Imbituva	1,04	0,78	92,18	774,32	9,04	0,00	75,96	34,18	11,28	10,39	87,24
Imbituva	1,04	0,78	29,36	246,62	2,88	0,00	24,19	10,89	3,59	3,31	27,78
Inácio Martins	0,78	0,58	117,31	1435,85	10,36	0,00	126,76	44,37	14,64	12,10	141,41
Ipiranga	1,04	0,78	120,91	1015,66	11,86	0,00	99,63	44,83	14,80	13,62	114,43
Irati	8,50	6,38	990,69	12126,04	87,60	0,00	1072,24	371,37	123,44	102,30	1195,67
Irati 2	8,29	6,22	966,53	11830,29	85,47	0,00	1046,12	366,14	120,83	99,85	1166,95
Irati 3	0,10	0,08	12,08	147,88	1,07	0,00	13,06	2,61	1,31	1,22	14,36
Irati 5	0,10	0,08	12,08	147,88	1,07	0,00	13,06	2,61	1,31	1,22	14,36
Ivaí	0,78	0,58	62,44	524,47	6,13	0,00	51,53	23,19	7,65	7,05	59,18
Palmeira	3,11	2,33	408,58	5000,99	36,07	0,00	441,52	88,30	44,15	41,33	485,67
Ponta Grossa	69,47	52,10	6906,08	68877,54	678,64	291,97	6769,16	2155,66	832,47	777,75	7601,63
Ponta Grossa 1	31,10	23,33	2968,99	35627,89	291,97	291,97	3503,60	700,72	350,36	333,68	3853,96
Ponta Grossa 2	20,74	15,55	1979,33	16626,35	194,47	0,00	1633,59	735,11	242,59	223,35	1876,17
Ponta Grossa 3	0,52	0,39	49,48	593,80	4,85	0,00	58,25	11,65	5,82	5,55	64,07
Ponta Grossa 4	0,52	0,39	64,16	538,97	6,29	0,00	52,87	23,79	7,85	7,23	60,72
Ponta Grossa 8	10,37	7,78	989,66	8313,17	97,24	0,00	816,79	367,56	121,29	111,68	938,09
Ponta Grossa 9	3,11	2,33	384,98	3233,80	37,76	0,00	317,22	142,75	47,11	43,37	364,33
Ponta Grossa	3,11	2,33	469,47	3943,56	46,05	0,00	386,84	174,08	57,45	52,89	444,29
Porto Amazonas	1,09	0,82	137,68	1685,20	12,16	0,00	148,78	29,76	14,88	13,93	163,66
Porto Amazonas 1	1,04	0,78	131,12	1604,95	11,58	0,00	141,69	28,34	14,17	13,26	155,86
Porto Amazonas 2	0,05	0,04	6,56	80,25	0,58	0,00	7,08	1,42	0,71	0,66	7,79
Prudentópolis	2,07	1,56	235,15	1975,28	23,07	0,00	193,77	87,19	28,77	26,49	222,54
Prudentópolis				0,00	0,00	0,00	0,00	0,00	0,00	0,00	0,00
Fernandes Pinheiro											
Guamiranga											
Teixeira Soares											
TOTAL	88,91	66,68	9100,37	93661,98	877,81	291,97	9003,54	2889,74	1095,67	1008,25	10099,21
TOTAL											

Dados de Produção - Unidade Gerencial de Sistemas de Saneamento da Regional de Ponta Grossa

Cenário 2017											
Localidade	Material Retido na Grade Fina (m³/mês)	Material Retido no Desarenador (m³/mês)	Q de lodo Bruto (m³/mês)	Q de lodo Bruto (ton/ano)	Q de Lodo desidratado (m³/mês)	Q de Lodo desidratado (m³/mês)	Q de Lodo desidratado (ton/ano)	Q de Lodo (tonMS/ano)	Q de Cal (tonMS/ano)	Q Lodo desidratado caleado - Total (m³/mês)	Q Lodo desidratado com adição de Cal - Total (ton/ano)
			menos lagoa	menos lagoa	Inclusive Lagoa	Centrífuga					
Imbituva	6,17	2,06	352,65	2962,23	34,59	0,00	290,58	130,76	43,15	39,73	333,73
Imbituva	0,00	0,00	0,00	0,00	0,00	0,00	0,00	0,00	0,00	0,00	0,00
Inácio Martins	1,71	0,57	139,42	1706,51	12,31	0,00	150,66	52,73	17,40	14,38	168,06
Ipiranga	1,43	0,48	121,73	1022,54	11,94	0,00	100,31	45,14	14,90	13,71	115,20
Irati	17,09	5,70	581,61	7118,85	52,74	0,00	645,51	221,63	74,11	61,56	719,63
Irati 2	16,68	5,56	555,09	6794,30	50,40	0,00	616,86	215,90	71,25	58,88	688,11
Irati 3	0,21	0,07	13,26	162,27	1,17	0,00	14,33	2,87	1,43	1,34	15,76
Irati 5	0,21	0,07	13,26	162,27	1,17	0,00	14,33	2,87	1,43	1,34	15,76
Ivaí	2,27	0,76	54,50	457,82	5,37	0,00	45,10	20,29	6,70	6,17	51,79
Palmeira	6,78	2,26	535,80	6558,25	47,30	0,00	579,00	115,80	57,90	54,20	636,90
Ponta Grossa	114,06	38,02	4003,99	39438,47	394,44	159,19	3886,41	1259,85	482,26	451,86	4368,67
Ponta Grossa 1	51,07	17,02	1612,49	19349,85	159,19	159,19	1910,30	382,06	191,03	181,93	2101,33
Ponta Grossa 2	34,05	11,35	1074,99	9029,93	105,89	0,00	889,47	400,26	132,09	121,61	1021,56
Ponta Grossa 3	0,85	0,28	55,64	467,41	5,46	0,00	45,85	9,17	4,59	6,00	50,44
Ponta Grossa 4	0,85	0,28	55,64	467,41	5,46	0,00	45,85	20,63	6,81	6,27	52,66
Ponta Grossa 8	17,02	5,67	537,50	4514,96	52,94	0,00	444,74	200,13	66,04	60,81	510,78
Ponta Grossa 9	5,11	1,70	333,86	2804,45	32,75	0,00	275,10	123,80	40,85	37,61	315,96
Ponta Grossa	5,11	1,70	333,86	2804,45	32,75	0,00	275,10	123,80	40,85	37,61	315,96
Porto Amazonas	0,98	0,33	88,13	1078,68	7,78	0,00	95,23	19,05	9,52	8,91	104,75
Porto Amazonas 1	0,94	0,31	83,93	1027,31	7,41	0,00	90,70	18,14	9,07	8,49	99,77
Porto Amazonas 2	0,05	0,02	4,20	51,37	0,37	0,00	4,53	0,91	0,45	0,42	4,99
Prudentópolis	9,76	3,25	684,93	5753,42	67,19	0,00	564,38	253,97	83,81	77,17	648,19
Prudentópolis				0,00		0,00	0,00	0,00	0,00	0,00	0,00
Fernandes Pinheiro	0,00	0,00	0,00	0,00	0,00		0,00	0,00	0,00	0,00	0,00
Guamiranga	0,00	0,00	0,00	0,00	0,00		0,00	0,00	0,00	0,00	0,00
Teixeira Soares	1,52	0,51	101,48	852,43	9,95		83,62	16,72	8,36	10,95	91,98
TOTAL	161,78	53,93	6664,24	66949,19	643,62	159,19	6440,80	2135,95	798,11	738,63	7238,92
TOTAL											

Dados de Produção - Unidade Gerencial de Sistemas de Saneamento da Regional de Ponta Grossa

Cenário 2027											
Localidade	Material Retido na Grade Fina (m³/mês)	Material Retido no Desarenador (m³/mês)	Q de lodo Bruto (m³/mês)	Q de lodo Bruto (ton/ano)	Q de Lodo desidratado (m³/mês)	Q de Lodo desidratado (m³/mês)	Q de Lodo desidratado (ton/ano)	Q de Lodo (tonMS/ano)	Q de Cal (tonMS/ano)	Q Lodo desidratado com adição de Cal - Total (m³/mês)	Q Lodo desidratado com adição de Cal - Total (ton/ano)
			menos lagoa	menos lagoa	Inclusive Lagoa	Centrífuga					
Imbituva	8,75	2,92	514,98	4325,87	50,52	0,00	424,35	190,96	63,02	58,02	487,36
Imbituva	0,00	0,00	0,00	0,00	0,00	0,00	0,00	0,00	0,00	0,00	0,00
Inácio Martins	2,69	0,90	224,75	2750,99	19,84	0,00	242,87	85,01	28,05	23,18	270,92
Ipiranga	2,16	0,72	189,78	1594,19	18,62	0,00	156,38	70,37	23,22	21,38	179,60
Irati	24,96	8,32	850,45	10409,53	77,11	0,00	943,87	323,90	108,35	90,01	1052,22
Irati 2	24,35	8,12	810,62	9922,02	73,60	0,00	900,83	315,29	104,05	85,98	1004,87
Irati 3	0,30	0,10	19,91	243,75	1,76	0,00	21,52	4,30	2,15	2,01	23,67
Irati 5	0,30	0,10	19,91	243,75	1,76	0,00	21,52	4,30	2,15	2,01	23,67
Ivaí	3,23	1,08	77,52	651,20	7,64	0,00	64,14	28,87	9,53	8,77	73,67
Palmeira	7,66	2,55	623,23	7628,27	55,02	0,00	673,47	134,69	67,35	63,04	740,81
Ponta Grossa	157,89	52,63	5575,74	54871,36	549,27	220,35	5407,10	1755,78	671,54	629,21	6078,64
Ponta Grossa 1	70,70	23,57	2231,99	26783,89	220,35	220,35	2644,22	528,84	264,42	251,83	2908,64
Ponta Grossa 2	47,13	15,71	1487,99	12499,15	146,57	0,00	1231,20	554,04	182,83	168,34	1414,03
Ponta Grossa 3	1,18	0,39	79,41	667,05	7,79	0,00	65,43	13,09	6,54	8,57	71,98
Ponta Grossa 4	1,18	0,39	79,41	667,05	7,79	0,00	65,43	29,45	9,72	8,95	75,15
Ponta Grossa 8	23,57	7,86	744,00	6249,57	73,29	0,00	615,60	277,02	91,42	84,17	707,02
Ponta Grossa 9	7,07	2,36	476,47	4002,32	46,74	0,00	392,61	176,67	58,30	53,68	450,91
Ponta Grossa	7,07	2,36	476,47	4002,32	46,74	0,00	392,61	176,67	58,30	53,68	450,91
Porto Amazonas	1,53	0,51	141,08	1726,83	12,46	0,00	152,45	30,49	15,25	14,27	167,70
Porto Amazonas 1	1,46	0,49	134,36	1644,60	11,86	0,00	145,20	29,04	14,52	13,59	159,71
Porto Amazonas 2	0,07	0,02	6,72	82,23	0,59	0,00	7,26	1,45	0,73	0,68	7,99
Prudentópolis	16,18	5,39	1167,91	9810,46	114,57	0,00	962,36	433,06	142,91	131,58	1105,27
Prudentópolis				0,00		0,00	0,00	0,00	0,00	0,00	0,00
Fernandes Pinheiro	0,00	0,00	0,00	0,00	0,00		0,00	0,00	0,00	0,00	0,00
Guamiranga	0,00	0,00	0,00	0,00	0,00		0,00	0,00	0,00	0,00	0,00
Teixeira Soares	2,16	0,72	151,19	1270,02	14,83		124,58	24,92	12,46	16,31	137,04
TOTAL	227,22	75,74	9516,65	95038,72	919,87	220,35	9151,58	3078,04	1141,66	1055,78	10293,25
TOTAL											

Dados de Produção - Unidade Gerencial de Sistemas de Saneamento da Regional de Ponta Grossa

Localidade	Q Atual		CN	2017	2027	Aterro Sanitário Municipal	
	ÁREA APTA (ha)		Área necessária aplicação agrícola (ha)	Área necessária aplicação agrícola (ha)	Área necessária aplicação agrícola (ha)		
	Homogênea	Composta					
Imbituva	10567,36	49566,04	0,83	0,83	3,18	4,64	
Imbituva			0,16	0,26	0,00	0,00	
Inácio Martins	21920,82	37273,40	0,08	0,97	1,15	1,85	
Ipiranga	22462,57	34523,50	0,36	1,09	1,10	1,71	
Irati	4371,90	43020,39	2,92	8,18	4,92	7,20	
Irati 2			2,87	7,99	4,71	6,88	
Irati 3			0,03	0,10	0,11	0,16	
Irati 5			0,03	0,10	0,11	0,16	
Ivaí	16817,91	3401,51	0,20	0,56	0,49	0,70	
Palmeira	38225,69	86123,49	2,59	3,31	4,34	5,04	
Ponta Grossa	20108,37	118547,44	20,27	62,22	36,15	50,34	Adequado
Ponta Grossa 1			10,75	26,69	14,55	20,15	
Ponta Grossa 2			5,06	17,87	9,73	13,47	
Ponta Grossa 3			0,17	0,44	0,48	0,69	
Ponta Grossa 4			0,21	0,58	0,50	0,72	
Ponta Grossa 8			2,36	8,93	4,86	6,73	
Ponta Grossa 9			0,66	3,47	3,01	4,29	
Ponta Grossa			1,07	4,23	3,01	4,29	
Porto Amazonas	4017,43	19712,70	0,33	1,11	0,71	1,14	Adequado
Porto Amazonas 1			0,32	1,06	0,68	1,09	
Porto Amazonas 2			0,01	0,05	0,03	0,05	
Prudentópolis	26950,04	46281,15	2,06	2,12	6,17	10,53	Adequado
Prudentópolis			0,00	0,00	0,00	0,00	
Fernandes Pinheiro	3505,06	31099,97	0,00	0,00	0,00	0,00	Adequado
Guamiranga		15169,94	0,00	0,00	0,00	0,00	
Teixeira Soares	27928,40	55251,56	0,00	0,00	0,88	1,31	
TOTAL	196875,54	539971,09	29,80	80,66	59,09	84,46	

TOTAL

Dados de Produção - Unidade Gerencial de Sistemas de Saneamento da Regional de Ponta Grossa

Localidade	ATERRO SANITARIO PRÓPRIO							
	atual	NOMINAL	2017	2027	atual	nominal	2017	2027
	Aterro Sanitário Próprio (M3/ANO)	Q Lodo desidratado com adição de Cal - Total (m³/dia)	Q Lodo desidratado com adição de Cal - Total (m³/dia)	Q Lodo desidratado com adição de Cal - Total (m³/dia)	Q Lodo desidratado com adição de Cal - Total (m³/dia)			
Imbituva	78,62	78,62	300,75	439,20	0,36	0,36	1,38	2,02
Imbituva	0,00	0,00	0,00	0,00	0,07	0,11	0,00	0,00
Inácio Martins	11,20	130,44	155,03	249,92	0,04	0,42	0,50	0,81
Ipiranga	34,14	103,12	103,82	161,86	0,16	0,47	0,48	0,74
Irati	390,12	1091,81	651,60	952,26	1,27	3,55	2,04	2,98
Irati 2	386,12	1076,46	634,75	926,95	0,06	0,17	1,75	2,55
Irati 3	2,00	7,68	8,42	12,65	0,00	0,00	0,02	0,04
Irati 5	2,00	7,68	8,42	12,65	0,00	0,00	0,02	0,04
Ivaí	18,72	53,33	46,67	66,39	0,09	0,26	0,24	0,34
Palmeira	203,35	259,61	340,45	396,00	1,15	1,47	1,92	2,24
Ponta Grossa	1727,73	5413,94	3148,04	4385,14	8,54	25,95	14,10	19,51
Ponta Grossa 1	829,90	2060,12	1123,26	1554,80	0,37	0,91	1,27	1,76
Ponta Grossa 2	478,91	1690,76	920,60	1274,29	0,11	0,38	0,54	0,75
Ponta Grossa 3	12,94	34,25	26,96	38,48	0,00	0,00	0,11	0,17
Ponta Grossa 4	19,53	54,72	47,46	67,73	0,03	0,06	0,11	0,17
Ponta Grossa 8	223,49	845,38	460,30	637,15	0,05	0,19	0,27	0,37
Ponta Grossa 9	62,15	328,32	284,73	406,35	0,08	0,34	0,68	0,99
Ponta Grossa	100,81	400,38	284,73	406,35	0,17	0,68	0,68	0,99
Porto Amazonas	25,72	87,48	56,00	89,64	0,15	0,49	0,17	0,26
Porto Amazonas 1	25,05	83,32	53,33	85,37	0,00	0,00	0,14	0,24
Porto Amazonas 2	0,67	4,17	2,67	4,27	0,00	0,00	0,01	0,01
Prudentópolis	195,31	200,55	584,14	996,04	0,90	0,92	2,68	4,57
Prudentópolis	0,00	0,00	0,00	0,00	0,00	0,00	0,00	0,00
Fernandes Pinheiro	0,00	0,00	0,00	0,00				
Guamiranga	0,00	0,00	0,00	0,00				
Teixeira Soares	0,00	0,00	49,17	73,25				
TOTAL	2684,90	7418,90	5435,66	7809,70	13,57	36,75	29,50	42,12
TOTAL								

MUNICÍPIOS COM MAIOR PRODUÇÃO DE LODO

CIDADE	Produção de Lodo Desaguado por Cenário (m ³ /dia)			
	Atual	Capacidade Nominal	2017	2027
Ponta Grossa	7,13	21,68	11,78	16,30
Irati	1,04	2,92	1,67	2,45
Prudentópolis	0,75	0,77	2,24	3,82
Total 3 cidades	8,92	25,37	15,69	22,56
Total URPG	10,82	29,26	21,45	30,52
	Porcentagem da Produção pelo Total da URPG			
Ponta Grossa	65,92	74,10	54,89	53,41
Irati	9,60	9,96	7,80	8,01
Prudentópolis	6,92	2,63	10,44	12,51
Total 3 cidades	82,45	86,69	73,13	73,94

RESUMO ALTERNATIVAS - PRODUÇÃO

PRODUÇÃO	Q Média Atual	Capacidade Nominal	Cenário 2017	Cenário 2027
LODO DESIDRATADO (m³/mês)	324,48	877,81	643,62	919,87
LODO CALEADO (m³/mês)	372,52	1.008,25	738,63	1.055,78
LODO (TON.MS/MÊS)	86,20	240,81	178,00	256,50
ALTERNATIVA I: UGL ÚNICA NA ETE VERDE EM PONTA GROSSA				
LODO DESAGUADO TRANSPORTADO (TON/MÊS)	165,81	458,33	377,54	542,28
LODO DESAGUADO TRANSPORTADO (TON.MS/MÊS)	62,68	182,42	146,16	212,43
LODO CALEADO TRANSPORTADO UGL - AGRICULTURA (TON./MÊS)	315,67	839,29	603,24	857,77
CONSUMO DE CAL (kg/mês)	33.631,62	91.306,20	66.509,38	95.138,57
ALTERNATIVA II: UGL'S NAS ETES VERDE EM PONTA GROSSA E ANTAS EM IRATI				
LODO DESAGUADO TRANSPORTADO (TON/MÊS)	134,54	371,15	326,14	467,21
LODO DESAGUADO TRANSPORTADO (TON.MS/MÊS)	51,74	151,91	128,17	186,16
LODO CALEADO TRANSPORTADO UGL VERDE - AGRICULTURA (TON/MÊS)	222,12	661,58	386,70	541,63
LODO CALEADO TRANSPORTADO UGL ANTAS - AGRICULTURA (TON/MÊS)	93,55	177,71	216,54	316,14
CONSUMO DE CAL - ETE Verde (kg/mês)	23.521,70	72.483,05	42.781,22	59.960,86
CONSUMO DE CAL - ETE Antas (kg/mês)	10.109,92	18.823,15	23.728,16	35.177,71
ALTERNATIVA III: UGL'S NAS ETES VERDE, ANTAS E PRUDENTÓPOLIS				
LODO DESAGUADO TRANSPORTADO (TON/MÊS)	118,81	355,00	279,11	387,01
LODO DESAGUADO TRANSPORTADO (TON.MS/MÊS)	44,66	144,64	107,00	150,07
LODO CALEADO TRANSPORTADO UGL VERDE - AGRICULTURA (TON/MÊS)	222,12	661,58	386,70	541,63
LODO CALEADO TRANSPORTADO UGL ANTAS - AGRICULTURA (TON/MÊS)	75,49	159,17	162,52	224,03
LODO CALEADO TRANSPORTADO UGL PRUDENTÓPOLIS - AGRICULTURA (TON/MÊS)	18,06	18,54	54,02	92,11
CONSUMO DE CAL - ETE Verde (kg/mês)	23.521,70	72.483,05	42.781,22	59.960,86
CONSUMO DE CAL - ETE Antas (kg/mês)	7.774,64	16.425,30	16.743,92	23.268,51
CONSUMO DE CAL - ETE Prudentópolis (kg/mês)	2.335,28	2.397,85	6.984,25	11.909,19
ALTERNATIVA IV: UMA UGL EM PONTA GROSSA (ETE VERDE OU ETE RONDA) RECEBENDO LODO DOS MUNICÍPIOS DE PG, PALMEIRA E P. AMAZONAS E DEMAIS MUNICÍPIOS COM UGL LOCAL E MAROMBA MÓVEL				
LODO DESAGUADO TRANSPORTADO (TON/MÊS)	66,98	185,19	146,74	196,47
LODO DESAGUADO TRANSPORTADO (TON.MS/MÊS)	21,57	69,82	51,03	69,84
LODO CALEADO TRANSPORTADO UGL VERDE - AGRICULTURA (TON/MÊS)	140,51	363,25	205,83	286,23
LODO CALEADO TRANSPORTADO UGL RONDA - AGRICULTURA (TON/MÊS)	108,43	324,33	220,03	296,04
LODO CALEADO TRANSPORTADO UGL'S DEMAIS ETES - AGRICULTURA (TON/MÊS)	68,13	154,02	177,38	275,51
CONSUMO DE CAL (kg/mês)	33.631,62	91.306,20	66.509,38	95.138,57

PRÉ-ORÇAMENTO DAS OBRAS CIVIS

AVALIAÇÃO ECONÔMICA DAS ALTERNATIVAS UGL X ATERRO PRÓPRIO

SERÁ CONSIDERADA

UGL ÚNICA NA ETE VERDE EM PONTA GROSSA EM 1A ETAPA

UGL`S NAS ETES VERDE EM PONTA GROSSA E ANTAS EM IRATI, EM 2A ETAPA

PORTANTO A IMPLANTAÇÃO DE UGL ÚNICA NA ETE VERDE PARA ATENDER TODO O ESTADO EM 1A ETAPA COM VISTAS A RECICLAGEM AGRÍCOLA SERÁ COTEJADA COM A OPÇÃO DE ATERRO PRÓPRIO PARA O MESMO PERÍODO, TAMBÉM NA ETE VERDE.

OBRAS CIVIS E EQUIPAMENTOS PREVISTOS PARA 1A ETAPA

ALTERNATIVA: UGL PARA FINS DE RECICLAGEM AGRÍCOLA

PÁTIOS COBERTOS	
Área para recebimento/estocagem do lodo desidratado	650 m ²
Área para higienização	30 m ²
Área para cura e armazenamento do lodo tratado	3000 m ²
EQUIPAMENTOS PARA TRATAMENTO DO LODO	
Silos cal com placa vibratória	80 m ³
Roscas Transportadoras	30 m
Moega Receptora	1 ud
Moega Misturador	1 ud
Dosador Volumétrico	5 m ³ /h
Pá carregadeira de rodas pequena	2 ud

ALTERNATIVA: ATERRO PRÓPRIO

PÁTIOS COBERTOS	
Área para recebimento/estocagem do lodo desidratado	650 m ²
Área para condicionamento	30 m ²
EQUIPAMENTOS PARA CONDICIONAMENTO DO LODO	
Silos cal com placa vibratória	120 m ³
Roscas Transportadoras	30 m
Moega Receptora	1 ud
Moega Misturador	1 ud
Dosador Volumétrico	5 m ³ /h
Pá carregadeira de rodas pequena	2 ud
EQUIPAMENTOS PARA COMPACTAÇÃO DO LODO NO ATERRO	
Trator de esteiro tipo D4	1 ud
EQUIPAMENTO PARA GERENCIAMENTO DO ATERRO	
Balança rodoviária	1 ud
ATERRO SANITÁRIO	
3 células com crista de 100 x 40 x 6	55800 m ³
Impermeabilização com geomembrana e argila compacta da base e laterais	
Cobertura final com geomembrada, solo compactado, camada de proteção e vegetação	
Sistema de coleta e drenagem de líquidos percolados	
Sistema de tratamento de líquidos percolados (recirculaçã	1 elevatória ?
Sistema de coleta e tratamento de gases	6 queimadores
Sistema de drenagem superficial	
Poços de monitoramento 3 poços h = 7 metros	21 m
Área aterro	12000 m ²
Área para circulação estimada	7840 m ²
Área total	20520 m ²
Área para recebimento/estocagem do lodo desidratado	650 m ²
Área para condicionamento	30 m ²
Área aterro	12000 m ²
Área para circulação estimada	7840 m ²
Área total	20520 m ²

TRANSPORTE – ALTERNATIVA I

Localidade	ETE - Denominação	Distância considerada até ETE Verde (km)	Q Média Atual							
			Lodo MS ton/ano ETE Verde	Lodo caaleado ton/ano ETE Verde	Momento (tonkm)	Custo Transporte Lodo desidratado (R\$/MES)	Índice R\$/tonMSmês	Custo transporte R\$/kmMS	Custo transporte R\$/kmMS (0,51)	Custo transporte R\$/kmMS (0,66)
Imbituva	ETE Imbituva	70,85	34,18	87,24	448,47	103,15	36,21	0,51	103,15	0,00
Imbituva	ETE Vila Zezo				0,00	0,00	0,00			
Inácio Martins	ETE Inácio Martins	186,31	3,81	12,14	168,95	38,86	122,43	0,66	0,00	38,86
Ipiranga	ETE Ipiranga	62,41	14,84	37,88	171,55	39,46	31,90	0,51	39,46	0,00
Irati					0,00	0,00	0,00			
Irati 2	ETE-Central - Rio das Antas	98,55	131,33	418,57	3081,60	708,77	64,76	0,66	0,00	708,77
Irati 3	ETE-Vila Raouel	104,55	0,68	3,75	29,67	6,82	120,23	1,15	0,00	6,82
Irati 5	ETE Eng Gutierrez	106,75	0,68	3,75	30,30	6,97	122,76	1,15	0,00	6,97
Ivaí	ETE Ivaí	98,65	8,14	20,77	148,70	34,20	50,42	0,51	34,20	0,00
Palmeira	ETE Palmeira	81,9	69,17	380,41	2360,29	542,87	94,19	1,15	0,00	542,87
Ponta Grossa					0,00	0,00	0,00			
Ponta Grossa 1	ETE Verde	0	700,72	1552,54	0,00	0,00	0,00			
Ponta Grossa 2	ETE Ronda	20,28	208,22	531,42	781,98	179,86	10,37	0,51	179,86	0,00
Ponta Grossa 3	ETE Borsato	36,07	4,40	24,20	66,12	15,21	41,48	1,15	0,00	15,21
Ponta Grossa 4	ETE Cristo Rei	23,53	8,49	21,68	37,01	8,51	12,03	0,51	8,51	0,00
Ponta Grossa 8	ETE Olarias	22,05	97,17	248,00	396,78	91,26	11,27	0,51	91,26	0,00
Ponta Grossa 9	ETE Tibagi	22,7	27,02	68,97	113,60	26,13	11,60	0,51	26,13	0,00
Ponta Grossa	ETE Gertrudes	68,66	43,83	111,86	557,28	128,17	35,09	0,51	128,17	0,00
Porto Amazonas					0,00	0,00	0,00			
Porto Amazonas 1	ETE Areial	78,38	8,52	46,86	278,24	63,99	90,14	1,15	0,00	63,99
Porto Amazonas 2	ETE Conceição	78,01	0,23	1,25	7,38	1,70	89,71	1,15	0,00	1,70
Prudentópolis	ETE Prudentópolis	107,91	84,92	216,73	1696,97	390,30	55,15	0,51	390,30	0,00
Prudentópolis	ETE BR Panuã	104,54	0,00	0,00						
Fernandes Pinheiro		121,75	0,00	0,00						
Guamiranga		29,65	0,00	0,00						
Teixeira Soares		65,46	0,00	0,00						
TOTAL		1588,96	1446,35	3788,02	10374,90	2386,23	45,44	12,81	1001,04	1385,19

TRANSPORTE – ALTERNATIVA I

Localidade	ETE - Denominação	Capacidade Nominal							
		Lodo MS ton/ano ETE Verde	Lodo caaleado ton/ano ETE Verde	Momento (tonkm)	Custo Transporte (R\$)	Índice R\$/tonMSmês	Custo transporte R\$/kmMS	Custo transporte R\$/kmMS (0,51)	Custo transporte R\$/kmMS (0,66)
Imbituva	ETE Imbituva	34,18	87,24	448,47	103,15	36,21	0,51	103,15	0,00
Imbituva	ETE Vila Zezo			0,00	0,00	0,00			
Inácio Martins	ETE Inácio Martins	44,37	141,41	1968,13	452,67	122,43	0,66	0,00	452,67
Ipiranga	ETE Ipiranga	44,83	114,43	518,17	119,18	31,90	0,51	119,18	0,00
Irati				0,00	0,00	0,00			
Irati 2	ETE-Central - Rio das Antas	366,14	1166,95	8591,29	1976,00	64,76	0,66	0,00	1976,00
Irati 3	ETE-Vila Raouel	2,61	14,36	113,75	26,16	120,23	1,15	0,00	26,16
Irati 5	ETE Eng Gutierrez	2,61	14,36	116,14	26,71	122,76	1,15	0,00	26,71
Ivaí	ETE Ivaí	23,19	59,18	423,62	97,43	50,42	0,51	97,43	0,00
Palmeira	ETE Palmeira	88,30	485,67	3013,35	693,07	94,19	1,15	0,00	693,07
Ponta Grossa				0,00	0,00	0,00			
Ponta Grossa 1	ETE Verde	700,72	3853,96	0,00	0,00	0,00			
Ponta Grossa 2	ETE Ronda	735,11	1876,17	2760,76	634,98	10,37	0,51	634,98	0,00
Ponta Grossa 3	ETE Borsato	11,65	64,07	175,09	40,27	41,48	1,15	0,00	40,27
Ponta Grossa 4	ETE Cristo Rei	23,79	60,72	103,67	23,84	12,03	0,51	23,84	0,00
Ponta Grossa 8	ETE Olarias	367,56	938,09	1500,86	345,20	11,27	0,51	345,20	0,00
Ponta Grossa 9	ETE Tibagi	142,75	364,33	600,08	138,02	11,60	0,51	138,02	0,00
Ponta Grossa	ETE Gertrudes	174,08	444,29	2213,40	509,08	35,09	0,51	509,08	0,00
Porto Amazonas				0,00	0,00	0,00			
Porto Amazonas 1	ETE Areial	28,34	155,86	925,50	212,87	90,14	1,15	0,00	212,87
Porto Amazonas 2	ETE Conceição	1,42	7,79	46,06	10,59	89,71	1,15	0,00	10,59
Prudentópolis	ETE Prudentópolis	87,19	222,54	1742,44	400,76	55,15	0,51	400,76	0,00
Prudentópolis	ETE BR Panuá	0,00	0,00						
Fernandes Pinheiro		0,00	0,00						
Guamiranga		0,00	0,00						
Teixeira Soares		0,00	0,00						
TOTAL		2878,85	10071,43	25260,76	5809,97	45,44	12,81	2371,63	3438,34

TRANSPORTE – ALTERNATIVA I

Cenário 2017						
Localidade	ETE - Denominação	Lodo MS ton/ano ETE Verde	Lodo caledo ton/ano ETE Verde	Momento (tonkm)	Custo Transporte (R\$)	Índice R\$/tonMSmês
Imbituva	ETE Imbituva	130,76	333,73	1715,63	394,60	36,21
Imbituva	ETE Vila Zezo			0,00	0,00	
Inácio Martins	ETE Inácio Martins	52,73	168,06	2339,13	538,00	122,43
Ipiranga	ETE Ipiranga	45,14	115,20	521,68	119,99	31,90
Irati				0,00	0,00	0,00
Irati 2	ETE-Central - Rio das Antas	215,90	688,11	5065,96	1165,17	64,76
Irati 3	ETE-Vila Raouel	2,87	15,76	124,82	28,71	120,23
Irati 5	ETE Eng Gutierrez	2,87	15,76	127,45	29,31	122,76
Ivaí	ETE Ivaí	20,29	51,79	370,73	85,27	50,42
Palmeira	ETE Palmeira	115,80	636,90	3951,67	908,88	94,19
Ponta Grossa				0,00	0,00	0,00
Ponta Grossa 1	ETE Verde	382,06	2101,33	0,00	0,00	0,00
Ponta Grossa 2	ETE Ronda	400,26	1021,56	1503,21	345,74	10,37
Ponta Grossa 3	ETE Borsato	9,17	50,44	137,82	31,70	41,48
Ponta Grossa 4	ETE Cristo Rei	20,63	52,66	89,91	20,68	12,03
Ponta Grossa 8	ETE Olarias	200,13	510,78	817,20	187,96	11,27
Ponta Grossa 9	ETE Tibagi	123,80	315,96	520,40	119,69	11,60
Ponta Grossa	ETE Gertrudes	123,80	315,96	1574,05	362,03	35,09
Porto Amazonas				0,00	0,00	0,00
Porto Amazonas 1	ETE Areial	18,14	99,77	592,40	136,25	90,14
Porto Amazonas 2	ETE Conceição	0,91	4,99	29,48	6,78	89,71
Prudentópolis	ETE Prudentópolis	253,97	648,19	5075,22	1167,30	55,15
Prudentópolis	ETE BR Panuã	0,00	0,00	0,00	0,00	
Fernandes Pinheiro		0,00	0,00	0,00	0,00	
Guamiranga		0,00	0,00	0,00	0,00	
Teixeira Soares		16,72	91,98	456,14	104,91	75,28
TOTAL		2135,95	7238,92	25012,90	5752,97	48,86

TRANSPORTE – ALTERNATIVA I

Cenário 2027									
Localidade	ETE - Denominação	Lodo MS ton/ano ETE Verde	Lodo caeleado ton/ano ETE Verde	Momento (tonkm)	Custo Transporte (R\$)	Índice R\$/tonMSmês	Custo transporte R\$/kmMS	Custo transporte R\$/kmMS (0,51)	Custo transporte R\$/kmMS (0,66)
Imbituva	ETE Imbituva	190,96	487,36	2505,42	576,25	36,21	1,00	103,15	0,00
Imbituva	ETE Vila Zezo			0,00	0,00				
Inácio Martins	ETE Inácio Martins	85,01	270,92	3770,81	867,29	122,43	1,00	0,00	452,67
Ipiranga	ETE Ipiranga	70,37	179,60	813,32	187,06	31,90	1,00	119,18	0,00
Irati				0,00	0,00	0,00			
Irati 2	ETE-Central - Rio das Antas	315,29	1004,87	7398,05	1701,55	64,76	1,00	0,00	1976,00
Irati 3	ETE-Vila Raouel	4,30	23,67	187,49	43,12	120,23	1,00	0,00	26,16
Irati 5	ETE Eng Gutierrez	4,30	23,67	191,44	44,03	122,76	1,00	0,00	26,71
Ivaí	ETE Ivaí	28,87	73,67	527,32	121,28	50,42	1,00	97,43	0,00
Palmeira	ETE Palmeira	134,69	740,81	4596,42	1057,18	94,19	1,00	0,00	693,07
Ponta Grossa				0,00	0,00	0,00			
Ponta Grossa 1	ETE Verde	528,84	2908,64	0,00	0,00	0,00			
Ponta Grossa 2	ETE Ronda	554,04	1414,03	2080,73	478,57	10,37	1,00	634,98	0,00
Ponta Grossa 3	ETE Borsato	13,09	71,98	196,69	45,24	41,48	1,00	0,00	40,27
Ponta Grossa 4	ETE Cristo Rei	29,45	75,15	128,31	29,51	12,03	1,00	23,84	0,00
Ponta Grossa 8	ETE Olarias	277,02	707,02	1131,16	260,17	11,27	1,00	345,20	0,00
Ponta Grossa 9	ETE Tibagi	176,67	450,91	742,69	170,82	11,60	1,00	138,02	0,00
Ponta Grossa	ETE Gertrudes	176,67	450,91	2246,38	516,67	35,09	1,00	509,08	0,00
Porto Amazonas				0,00	0,00	0,00			
Porto Amazonas 1	ETE Areial	29,04	159,71	948,37	218,12	90,14	1,00	0,00	212,87
Porto Amazonas 2	ETE Conceição	1,45	7,99	47,19	10,85	89,71	1,00	0,00	10,59
Prudentópolis	ETE Prudentópolis	433,06	1105,27	8654,01	1990,42	55,15	1,00	400,76	0,00
Prudentópolis	ETE BR Panuá	0,00	0,00						
Fernandes Pinheiro		0,00	0,00						
Guamiranga		0,00	0,00						
Teixeira Soares		24,92	137,04	679,60	156,31	75,28			
TOTAL		3078,04	10293,25	36845,39	8474,44	48,86	17,00	2371,63	3438,34

TRANSPORTE – ALTERNATIVA II

Q Média Atual													
Localidade	ETE - Denominação	Distância considerada até ETE Verde (km)	Distância considerada até ETE Antas (km)	Lodo MS ton/ano ETE Verde	Lodo MS ton/ano ETE Antas	Lodo caeleado ton/ano ETE Verde	Lodo caeleado ton/ano ETE Antas	Momento ETE Verde (m³km)	Custo Transporte ETE Verde (R\$)	Índice R\$/tonMSmês	Momento ETE Antas (m³km)	Custo Transporte ETE Antas (R\$)	Índice R\$/tonMSmês
Imbituva	ETE Imbituva		28,14		34,18		87,24	0,00	0,00	0,00	178,12	40,97	14,38
Imbituva	ETE Vila Zezo							0,00	0,00	0,00	0,00	0,00	0,00
Inácio Martins	ETE Inácio Martins		87,8		3,81		12,14	0,00	0,00	0,00	79,62	18,31	57,70
Ipiranga	ETE Ipiranga	62,41		14,84		37,88		171,55	39,46	31,90	0,00	0,00	0,00
Irati								0,00	0,00	0,00	0,00	0,00	0,00
Irati 2	ETE-Central - Rio das Antas		0		131,33		418,57	0,00	0,00	0,00	0,00	0,00	0,00
Irati 3	ETE-Vila Raquel		7,98		0,68		3,75	0,00	0,00	0,00	2,26	0,52	9,18
Irati 5	ETE Eng Gutierrez		8,58		0,68		3,75	0,00	0,00	0,00	2,44	0,56	9,87
Ivaí	ETE Ivaí	98,65		8,14		20,77		148,70	34,20	50,42	0,00	0,00	0,00
Palmeira	ETE Palmeira		72,18		69,17		380,41	0,00	0,00	0,00	2080,17	478,44	83,01
Ponta Grossa								0,00	0,00	0,00	0,00	0,00	0,00
Ponta Grossa 1	ETE Verde	0		282,28		1552,54		0,00	0,00	0,00	0,00	0,00	0,00
Ponta Grossa 2	ETE Ronda	20,28		208,22		531,42		781,98	179,86	10,37	0,00	0,00	0,00
Ponta Grossa 3	ETE Borsato	36,07		4,40		24,20		66,12	15,21	41,48	0,00	0,00	0,00
Ponta Grossa 4	ETE Cristo Rei	23,53		8,49		21,68		37,01	8,51	12,03	0,00	0,00	0,00
Ponta Grossa 8	ETE Olarias	22,05		97,17		248,00		396,78	91,26	11,27	0,00	0,00	0,00
Ponta Grossa 9	ETE Tibagi	22,7		27,02		68,97		113,60	28,13	11,60	0,00	0,00	0,00
Ponta Grossa	ETE Gertrudes	68,66		43,83		111,86		557,28	128,17	35,09	0,00	0,00	0,00
Porto Amazonas								0,00	0,00	0,00	0,00	0,00	0,00
Porto Amazonas 1	ETE Areial	78,68		8,52		46,86		279,30	64,24	90,48	0,00	0,00	0,00
Porto Amazonas 2	ETE Conceição	78,01		0,23		1,25		7,38	1,70	89,71	0,00	0,00	0,00
Prudentópolis	ETE Prudentópolis		57,03		84,92		216,73	0,00	0,00	0,00	896,84	206,27	29,15
Prudentópolis	ETE Papuã		54,66		0,00		0,00	0,00	0,00	0,00	0,00	0,00	0,00
Fernandes Pinheiro			18,77		0,00		0,00	0,00	0,00	0,00	0,00	0,00	0,00
Guamiranga		29,65		0,00		0,00		0,00	0,00	0,00	0,00	0,00	0,00
Teixeira Soares			36,03		0,00		0,00	0,00	0,00	0,00	0,00	0,00	0,00
TOTAL		540,69	371,17	703,15	324,77	2665,43	1122,59	2559,71	588,73	17,47	3239,45	745,07	9,24

TRANSPORTE – ALTERNATIVA II

Capacidade Nominal											
Localidade	ETE - Denominação	Lodo MS ton/ano ETE Verde	Lodo MS ton/ano ETE Antas	Lodo caleado ton/ano ETE Verde	Lodo caleado ton/ano ETE Antas	Momento ETE Verde (m³km)	Custo Transporte ETE Verde (R\$)	Índice R\$/tonMSmês	Momento ETE Antas (m³km)	Custo Transporte ETE Antas (R\$)	Índice R\$/tonMSmês
Imbituva	ETE Imbituva		34,18		87,24	0,00	0,00	0,00	178,12	40,97	14,38
Imbituva	ETE Vila Zezo					0,00	0,00	0,00	0,00	0,00	0,00
Inácio Martins	ETE Inácio Martins		44,37		141,41	0,00	0,00	0,00	927,50	213,32	57,70
Ipiranga	ETE Ipiranga	44,83		114,43		518,17	119,18	31,90	0,00	0,00	0,00
Irati						0,00	0,00	0,00	0,00	0,00	0,00
Irati 2	ETE-Central - Rio das Antas		366,14		1166,95	0,00	0,00	0,00	0,00	0,00	0,00
Irati 3	ETE-Vila Raquel		2,61		14,36	0,00	0,00	0,00	8,68	2,00	9,18
Irati 5	ETE Eng Gutierrez		2,61		14,36	0,00	0,00	0,00	9,33	2,15	9,87
Ivaí	ETE Ivaí	23,19		59,18		423,62	97,43	50,42	0,00	0,00	0,00
Palmeira	ETE Palmeira		88,30		485,67	0,00	0,00	0,00	2655,72	610,82	83,01
Ponta Grossa						0,00	0,00	0,00	0,00	0,00	0,00
Ponta Grossa 1	ETE Verde	700,72		3853,96		0,00	0,00	0,00	0,00	0,00	0,00
Ponta Grossa 2	ETE Ronda	735,11		1876,17		2760,76	634,98	10,37	0,00	0,00	0,00
Ponta Grossa 3	ETE Borsato	11,65		64,07		175,09	40,27	41,48	0,00	0,00	0,00
Ponta Grossa 4	ETE Cristo Rei	23,79		60,72		103,67	23,84	12,03	0,00	0,00	0,00
Ponta Grossa 8	ETE Olarias	367,56		938,09		1500,86	345,20	11,27	0,00	0,00	0,00
Ponta Grossa 9	ETE Tibagi	142,75		364,33		600,08	138,02	11,60	0,00	0,00	0,00
Ponta Grossa	ETE Gertrudes	174,08		444,29		2213,40	509,08	35,09	0,00	0,00	0,00
Porto Amazonas						0,00	0,00	0,00	0,00	0,00	0,00
Porto Amazonas 1	ETE Areal	28,34		155,86		929,04	213,68	90,48	0,00	0,00	0,00
Porto Amazonas 2	ETE Conceição	1,42		7,79		46,06	10,59	89,71	0,00	0,00	0,00
Prudentópolis	ETE Prudentópolis		87,19		222,54	0,00	0,00	0,00	920,87	211,80	29,15
Prudentópolis	ETE Papua		0,00		0,00	0,00	0,00	0,00	0,00	0,00	0,00
Fernandes Pinheiro			0,00		0,00	0,00	0,00	0,00	0,00	0,00	0,00
Guamiranga		0,00		0,00		0,00	0,00	0,00	0,00	0,00	0,00
Teixeira Soares			0,00		0,00	0,00	0,00	0,00	0,00	0,00	0,00
TOTAL		2253,44	625,41	7938,90	2132,52	9270,74	2132,27	17,47	4700,23	1081,05	9,24

TRANSPORTE – ALTERNATIVA II

		Cenário 2017									
Localidade	ETE - Denominação	Lodo MS ton/ano ETE Verde	Lodo MS ton/ano ETE Antas	Lodo caledo ton/ano ETE Verde	Lodo caledo ton/ano ETE Antas	Momento ETE Verde (m³km)	Custo Transporte ETE Verde (R\$)	Índice R\$/tonMSmês	Momento ETE Antas (m³km)	Custo Transporte ETE Antas (R\$)	Índice R\$/tonMSmês
Imbituva	ETE Imbituva		130,76		333,73	0,00	0,00	0,00	681,41	156,72	14,38
Imbituva	ETE Vila Zezo					0,00	0,00		0,00	0,00	
Inácio Martins	ETE Inácio Martins		52,73		168,06	0,00	0,00	0,00	1102,33	253,54	57,70
Ipiranga	ETE Ipiranga	45,14		115,20		521,68	119,99	31,90	0,00	0,00	0,00
Irati						0,00	0,00	0,00	0,00	0,00	0,00
Irati 2	ETE-Central - Rio das Antas		215,90		688,11	0,00	0,00	0,00	0,00	0,00	0,00
Irati 3	ETE-Vila Raquel		2,87		15,76	0,00	0,00	0,00	9,53	2,19	9,18
Irati 5	ETE Eng Gutierrez		2,87		15,76	0,00	0,00	0,00	10,24	2,36	9,87
Ivaí	ETE Ivaí	20,29		51,79		370,73	85,27	50,42	0,00	0,00	0,00
Palmeira	ETE Palmeira		115,80		636,90	0,00	0,00	0,00	3482,68	801,02	83,01
Ponta Grossa						0,00	0,00	0,00	0,00	0,00	0,00
Ponta Grossa 1	ETE Verde	382,06		2101,33		0,00	0,00	0,00	0,00	0,00	0,00
Ponta Grossa 2	ETE Ronda	400,26		1021,56		1503,21	345,74	10,37	0,00	0,00	0,00
Ponta Grossa 3	ETE Borsato	9,17		50,44		137,82	31,70	41,48	0,00	0,00	0,00
Ponta Grossa 4	ETE Cristo Rei	20,63		52,66		89,91	20,68	12,03	0,00	0,00	0,00
Ponta Grossa 8	ETE Olarias	200,13		510,78		817,20	187,96	11,27	0,00	0,00	0,00
Ponta Grossa 9	ETE Tibagi	123,80		315,96		520,40	119,69	11,60	0,00	0,00	0,00
Ponta Grossa	ETE Gertrudes	123,80		315,96		1574,05	362,03	35,09	0,00	0,00	0,00
Porto Amazonas						0,00	0,00	0,00	0,00	0,00	0,00
Porto Amazonas 1	ETE Areial	18,14		99,77		594,67	136,77	90,48	0,00	0,00	0,00
Porto Amazonas 2	ETE Conceição	0,91		4,99		29,48	6,78	89,71	0,00	0,00	0,00
Prudentópolis	ETE Prudentópolis		253,97		648,19	0,00	0,00	0,00	2682,23	616,91	29,15
Prudentópolis	ETE Papua		0,00		0,00	0,00	0,00		0,00	0,00	
Fernandes Pinheiro			0,00		0,00	0,00	0,00		0,00	0,00	
Guamiranga		0,00		0,00		0,00	0,00		0,00	0,00	
Teixeira Soares			16,72		91,98	0,00	0,00		251,07	57,75	41,43
TOTAL		1344,33	791,62	4640,42	2598,49	6159,14	1416,60	18,30	8219,50	1890,48	11,12

TRANSPORTE – ALTERNATIVA II

		Cenário 2027									
Localidade	ETE - Denominação	Lodo MS ton/ano ETE Verde	Lodo MS ton/ano ETE Antas	Lodo caulado ton/ano ETE Verde	Lodo caulado ton/ano ETE Antas	Momento ETE Verde (tonkm)	Custo Transporte ETE Verde (R\$)	Índice R\$/tonMSmês	Momento ETE Antas (tonkm)	Custo Transporte ETE Antas (R\$)	Índice R\$/tonMSmês
Imbituva	ETE Imbituva		190,96		487,36	0,00	0,00	0,00	995,09	228,87	14,38
Imbituva	ETE Vila Zezo					0,00	0,00		0,00	0,00	
Inácio Martins	ETE Inácio Martins		85,01		270,92	0,00	0,00	0,00	1777,02	408,71	57,70
Ipiranga	ETE Ipiranga	70,37		179,60		813,32	187,06	31,90	0,00	0,00	0,00
Irati						0,00	0,00	0,00	0,00	0,00	0,00
Irati 2	ETE-Central - Rio das Antas		315,29		1004,87	0,00	0,00	0,00	0,00	0,00	0,00
Irati 3	ETE-Vila Raquel		4,30		23,67	0,00	0,00	0,00	14,31	3,29	9,18
Irati 5	ETE Eng Gutierrez		4,30		23,67	0,00	0,00	0,00	15,39	3,54	9,87
Ivaí	ETE Ivaí	28,87		73,67		527,32	121,28	50,42	0,00	0,00	0,00
Palmeira	ETE Palmeira		134,69		740,81	0,00	0,00	0,00	4050,91	931,71	83,01
Ponta Grossa						0,00	0,00	0,00	0,00	0,00	0,00
Ponta Grossa 1	ETE Verde	528,84		2908,64		0,00	0,00	0,00	0,00	0,00	0,00
Ponta Grossa 2	ETE Ronda	554,04		1414,03		2080,73	478,57	10,37	0,00	0,00	0,00
Ponta Grossa 3	ETE Borsato	13,09		71,98		196,69	45,24	41,48	0,00	0,00	0,00
Ponta Grossa 4	ETE Cristo Rei	29,45		75,15		128,31	29,51	12,03	0,00	0,00	0,00
Ponta Grossa 8	ETE Olarias	277,02		707,02		1131,16	260,17	11,27	0,00	0,00	0,00
Ponta Grossa 9	ETE Tibagi	176,67		450,91		742,69	170,82	11,60	0,00	0,00	0,00
Ponta Grossa	ETE Gertrudes	176,67		450,91		2246,38	516,67	35,09	0,00	0,00	0,00
Porto Amazonas						0,00	0,00	0,00	0,00	0,00	0,00
Porto Amazonas 1	ETE Areial	29,04		159,71		952,00	218,96	90,48	0,00	0,00	0,00
Porto Amazonas 2	ETE Conceição	1,45		7,99		47,19	10,85	89,71	0,00	0,00	0,00
Prudentópolis	ETE Prudentópolis		433,06		1105,27	0,00	0,00	0,00	4573,61	1051,93	29,15
Prudentópolis	ETE Papuã		0,00		0,00	0,00	0,00		0,00	0,00	
Fernandes Pinheiro			0,00		0,00	0,00	0,00		0,00	0,00	
Guamiranga		0,00		0,00		0,00	0,00		0,00	0,00	
Teixeira Soares			24,92		137,04	0,00	0,00		374,06	86,03	41,43
TOTAL		1885,51	1192,53	6499,62	3793,63	8865,78	2039,13	18,30	11800,39	2714,09	11,12

TRANSPORTE – ALTERNATIVA III

Localidade	ETE - Denominação	Distância considerada até ETE Verde (km)	Distância considerada até ETE Antas (km)	Distância considerada até ETE Prudentópolis (km)	Q Média Atual						
					Lodo MS ton/ano ETE Verde	Lodo MS ton/ano ETE Antas	Lodo MS ton/ano ETE Prudentópolis	Lodo caledo ton/ano ETE Verde	Lodo caledo ton/ano ETE Antas	Lodo caledo ton/ano ETE Prudentópolis	
Imbituva	ETE Imbituva		28,14			34,18				87,24	
Imbituva	ETE Vila Zezo										
Inácio Martins	ETE Inácio Martins		87,8			3,81				12,14	
Ipiranga	ETE Ipiranga	62,41			14,84				37,88		
Irati											
Irati 2	ETE-Central - Rio das Antas		0			131,33				418,57	
Irati 3	ETE-Vila Raquel		7,98			0,68				3,75	
Irati 5	ETE Eng Gutierrez		8,58			0,68				3,75	
Ivaí	ETE Ivaí	98,65			8,14				20,77		
Palmeira	ETE Palmeira		72,18			69,17				380,41	
Ponta Grossa											
Ponta Grossa 1	ETE Verde	0			700,72				1552,54		
Ponta Grossa 2	ETE Ronda	20,28			208,22				531,42		
Ponta Grossa 3	ETE Borsato	36,07			4,40				24,20		
Ponta Grossa 4	ETE Cristo Rei	23,53			8,49				21,68		
Ponta Grossa 8	ETE Olarias	22,05			97,17				248,00		
Ponta Grossa 9	ETE Tibagi	22,7			27,02				68,97		
Ponta Grossa	ETE Gertrudes	68,66			43,83				111,86		
Porto Amazonas											
Porto Amazonas 1	ETE Areal	78,68			8,52				46,86		
Porto Amazonas 2	ETE Conceição	78,01			0,23				1,25		
Prudentópolis	ETE Prudentópolis			0			84,92				216,73
Prudentópolis	ETE Papuã			6,33			0,00				0,00
Fernandes Pinheiro			18,77			0,00				0,00	
Guamiranga				16,18			0,00				0,00
Teixeira Soares			36,03			0,00				0,00	
TOTAL					1121,58	239,85	84,92	2665,43	905,85	216,73	

TRANSPORTE – ALTERNATIVA III

Q Média Atual										
Localidade	ETE - Denominação	Momento ETE Verde (tonkm)	Custo Transporte ETE Verde (R\$)	Índice R\$/tonMSmês	Momento ETE Antas (tonkm)	Custo Transporte ETE Antas (R\$)	Índice R\$/tonMSmês	Momento ETE Prudentópolis (tonkm)	Custo Transporte ETE Prudentópolis (R\$)	Índice R\$/tonMSmês
Imbituva	ETE Imbituva	0,00	0,00	0,00	178,12	40,97	14,38	0,00	0,00	0,00
Imbituva	ETE Vila Zezo	0,00	0,00	0,00	0,00	0,00	0,00	0,00	0,00	0,00
Inácio Martins	ETE Inácio Martins	0,00	0,00	0,00	79,62	18,31	57,70	0,00	0,00	0,00
Ipiranga	ETE Ipiranga	171,55	39,46	31,90	0,00	0,00	0,00	0,00	0,00	0,00
Irati		0,00	0,00	0,00	0,00	0,00	0,00	0,00	0,00	0,00
Irati 2	ETE-Central - Rio das Antas	0,00	0,00	0,00	0,00	0,00	0,00	0,00	0,00	0,00
Irati 3	ETE-Vila Raquel	0,00	0,00	0,00	2,26	0,52	9,18	0,00	0,00	0,00
Irati 5	ETE Eng Gutierrez	0,00	0,00	0,00	2,44	0,56	9,87	0,00	0,00	0,00
Ivaí	ETE Ivaí	148,70	34,20	50,42	0,00	0,00	0,00	0,00	0,00	0,00
Palmeira	ETE Palmeira	0,00	0,00	0,00	2080,17	478,44	83,01	0,00	0,00	0,00
Ponta Grossa		0,00	0,00	0,00	0,00	0,00	0,00	0,00	0,00	0,00
Ponta Grossa 1	ETE Verde	0,00	0,00	0,00	0,00	0,00	0,00	0,00	0,00	0,00
Ponta Grossa 2	ETE Ronda	781,98	179,86	10,37	0,00	0,00	0,00	0,00	0,00	0,00
Ponta Grossa 3	ETE Borsato	66,12	15,21	41,48	0,00	0,00	0,00	0,00	0,00	0,00
Ponta Grossa 4	ETE Cristo Rei	37,01	8,51	12,03	0,00	0,00	0,00	0,00	0,00	0,00
Ponta Grossa 8	ETE Olarias	396,78	91,26	11,27	0,00	0,00	0,00	0,00	0,00	0,00
Ponta Grossa 9	ETE Tibagi	113,60	26,13	11,60	0,00	0,00	0,00	0,00	0,00	0,00
Ponta Grossa	ETE Gertrudes	557,28	128,17	35,09	0,00	0,00	0,00	0,00	0,00	0,00
Porto Amazonas		0,00	0,00	0,00	0,00	0,00	0,00	0,00	0,00	0,00
Porto Amazonas 1	ETE Areial	279,30	64,24	90,48	0,00	0,00	0,00	0,00	0,00	0,00
Porto Amazonas 2	ETE Conceição	7,38	1,70	89,71	0,00	0,00	0,00	0,00	0,00	0,00
Prudentópolis	ETE Prudentópolis	0,00	0,00	0,00	0,00	0,00	0,00	0,00	0,00	0,00
Prudentópolis	ETE Papuã	0,00	0,00		0,00	0,00		0,00	0,00	
Fernandes Pinheiro		0,00	0,00		0,00	0,00		0,00	0,00	
Guamiranga		0,00	0,00		0,00	0,00		0,00	0,00	
Teixeira Soares		0,00	0,00		0,00	0,00		0,00	0,00	
TOTAL		2559,71	588,73	17,47	2342,61	538,80	7,92	0,00	0,00	0,00

TRANSPORTE – ALTERNATIVA III

		Capacidade Nominal					
Localidade	ETE - Denominação	Lodo MS	Lodo MS	Lodo MS	Lodo caledo	Lodo caledo	Lodo caledo
		ton/ano	ton/ano	ton/ano	ton/ano	ton/ano	ton/ano
		ETE Verde	ETE Antas	ETE Prudentópolis	ETE Verde	ETE Antas	ETE Prudentópolis
Imbituva	ETE Imbituva		34,18			87,24	
Imbituva	ETE Vila Zezo						
Inácio Martins	ETE Inácio Martins		44,37			141,41	
Ipiranga	ETE Ipiranga	44,83			114,43		
Irati							
Irati 2	ETE-Central - Rio das Antas		366,14			1166,95	
Irati 3	ETE-Vila Raquel		2,61			14,36	
Irati 5	ETE Eng Gutierrez		2,61			14,36	
Ivaí	ETE Ivaí	23,19			59,18		
Palmeira	ETE Palmeira		88,30			485,67	
Ponta Grossa							
Ponta Grossa 1	ETE Verde	700,72			3853,96		
Ponta Grossa 2	ETE Ronda	735,11			1876,17		
Ponta Grossa 3	ETE Borsato	11,65			64,07		
Ponta Grossa 4	ETE Cristo Rei	23,79			60,72		
Ponta Grossa 8	ETE Olarias	367,56			938,09		
Ponta Grossa 9	ETE Tibagi	142,75			364,33		
Ponta Grossa	ETE Gertrudes	174,08			444,29		
Porto Amazonas							
Porto Amazonas 1	ETE Areial	28,34			155,86		
Porto Amazonas 2	ETE Conceição	1,42			7,79		
Prudentópolis	ETE Prudentópolis			87,19			222,54
Prudentópolis	ETE Papuã			0,00			0,00
Fernandes Pinheiro			0,00			0,00	
Guamiranga				0,00			0,00
Teixeira Soares			0,00			0,00	
TOTAL		2253,44	538,22	87,19	7938,90	1909,98	222,54

TRANSPORTE – ALTERNATIVA III

Localidade	ETE - Denominação	Capacidade Nominal								
		Momento ETE Verde (tonkm)	Custo Transporte ETE Verde (R\$)	Índice R\$/tonMSmês	Momento ETE Antas (tonkm)	Custo Transporte ETE Antas (R\$)	Índice R\$/tonMSmês	Momento ETE Prudentópolis (tonkm)	Custo Transporte ETE Prudentópolis (R\$)	Índice R\$/tonMSmês
Imbituva	ETE Imbituva	0,00	0,00	0,00	178,12	40,97	14,38	0,00	0,00	0,00
Imbituva	ETE Vila Zezo	0,00	0,00	0,00	0,00	0,00	0,00	0,00	0,00	0,00
Inácio Martins	ETE Inácio Martins	0,00	0,00	0,00	927,50	213,32	57,70	0,00	0,00	0,00
Ipiranga	ETE Ipiranga	518,17	119,18	31,90	0,00	0,00	0,00	0,00	0,00	0,00
Irati		0,00	0,00	0,00	0,00	0,00	0,00	0,00	0,00	0,00
Irati 2	ETE-Central - Rio das Antas	0,00	0,00	0,00	0,00	0,00	0,00	0,00	0,00	0,00
Irati 3	ETE-Vila Raquel	0,00	0,00	0,00	8,68	2,00	9,18	0,00	0,00	0,00
Irati 5	ETE Eng Gutierrez	0,00	0,00	0,00	9,33	2,15	9,87	0,00	0,00	0,00
Ivaí	ETE Ivaí	423,62	97,43	50,42	0,00	0,00	0,00	0,00	0,00	0,00
Palmeira	ETE Palmeira	0,00	0,00	0,00	2655,72	610,82	83,01	0,00	0,00	0,00
Ponta Grossa		0,00	0,00	0,00	0,00	0,00	0,00	0,00	0,00	0,00
Ponta Grossa 1	ETE Verde	0,00	0,00	0,00	0,00	0,00	0,00	0,00	0,00	0,00
Ponta Grossa 2	ETE Ronda	2760,76	634,98	10,37	0,00	0,00	0,00	0,00	0,00	0,00
Ponta Grossa 3	ETE Borsato	175,09	40,27	41,48	0,00	0,00	0,00	0,00	0,00	0,00
Ponta Grossa 4	ETE Cristo Rei	103,67	23,84	12,03	0,00	0,00	0,00	0,00	0,00	0,00
Ponta Grossa 8	ETE Olarias	1500,86	345,20	11,27	0,00	0,00	0,00	0,00	0,00	0,00
Ponta Grossa 9	ETE Tibagi	600,08	138,02	11,60	0,00	0,00	0,00	0,00	0,00	0,00
Ponta Grossa	ETE Gertrudes	2213,40	509,08	35,09	0,00	0,00	0,00	0,00	0,00	0,00
Porto Amazonas		0,00	0,00	0,00	0,00	0,00	0,00	0,00	0,00	0,00
Porto Amazonas 1	ETE Areial	929,04	213,68	90,48	0,00	0,00	0,00	0,00	0,00	0,00
Porto Amazonas 2	ETE Conceição	46,06	10,59	89,71	0,00	0,00	0,00	0,00	0,00	0,00
Prudentópolis	ETE Prudentópolis	0,00	0,00	0,00	0,00	0,00	0,00	0,00	0,00	0,00
Prudentópolis	ETE Papuã	0,00	0,00	0,00	0,00	0,00	0,00	0,00	0,00	0,00
Fernandes Pinheiro		0,00	0,00		0,00	0,00		0,00	0,00	
Guamiranga		0,00	0,00		0,00	0,00		0,00	0,00	
Teixeira Soares		0,00	0,00		0,00	0,00		0,00	0,00	
TOTAL		9270,74	2132,27	17,47	3779,35	869,25	7,92	0,00	0,00	0,00

TRANSPORTE – ALTERNATIVA III

		Cenário 2017					
Localidade	ETE - Denominação	Lodo MS	Lodo MS	Lodo MS	Lodo caeleado	Lodo caeleado	Lodo caeleado
		ton/ano	ton/ano	ton/ano	ton/ano	ton/ano	ton/ano
		ETE Verde	ETE Antas	ETE Prudentópolis	ETE Verde	ETE Antas	ETE Prudentópolis
Imbituva	ETE Imbituva		130,76			333,73	
Imbituva	ETE Vila Zezo						
Inácio Martins	ETE Inácio Martins		52,73			168,06	
Ipiranga	ETE Ipiranga	45,14			115,20		
Irati							
Irati 2	ETE-Central - Rio das Antas		215,90			688,11	
Irati 3	ETE-Vila Raquel		2,87			15,76	
Irati 5	ETE Eng Gutierrez		2,87			15,76	
Ivaí	ETE Ivaí	20,29			51,79		
Palmeira	ETE Palmeira		115,80			636,90	
Ponta Grossa							
Ponta Grossa 1	ETE Verde	382,06			2101,33		
Ponta Grossa 2	ETE Ronda	400,26			1021,56		
Ponta Grossa 3	ETE Borsato	9,17			50,44		
Ponta Grossa 4	ETE Cristo Rei	20,63			52,66		
Ponta Grossa 8	ETE Olarias	200,13			510,78		
Ponta Grossa 9	ETE Tibagi	123,80			315,96		
Ponta Grossa	ETE Gertrudes	123,80			315,96		
Porto Amazonas							
Porto Amazonas 1	ETE Areial	18,14			99,77		
Porto Amazonas 2	ETE Conceição	0,91			4,99		
Prudentópolis	ETE Prudentópolis			253,97			648,19
Prudentópolis	ETE Papuã			0,00			0,00
Fernandes Pinheiro			0,00			0,00	
Guamiranga				0,00			0,00
Teixeira Soares			16,72			91,98	
TOTAL		1344,33	537,65	253,97	4640,42	1950,30	648,19

TRANSPORTE – ALTERNATIVA III

Cenário 2017										
Localidade	ETE - Denominação	Momento ETE Verde (tonkm)	Custo Transporte ETE Verde (R\$)	Índice R\$/tonMSmês	Momento ETE Antas (tonkm)	Custo Transporte ETE Antas (R\$)	Índice R\$/tonMSmês	Momento ETE Prudentópolis (tonkm)	Custo Transporte ETE Prudentópolis (R\$)	Índice R\$/tonMSmês
Imbituva	ETE Imbituva	0,00	0,00	0,00	681,41	156,72	14,38	0,00	0,00	0,00
Imbituva	ETE Vila Zezo	0,00	0,00		0,00	0,00		0,00	0,00	
Inácio Martins	ETE Inácio Martins	0,00	0,00	0,00	1102,33	253,54	57,70	0,00	0,00	0,00
Ipiranga	ETE Ipiranga	521,68	119,99	31,90	0,00	0,00	0,00	0,00	0,00	0,00
Irati		0,00	0,00	0,00	0,00	0,00	0,00	0,00	0,00	0,00
Irati 2	ETE-Central - Rio das Antas	0,00	0,00	0,00	0,00	0,00	0,00	0,00	0,00	0,00
Irati 3	ETE-Vila Raquel	0,00	0,00	0,00	9,53	2,19	9,18	0,00	0,00	0,00
Irati 5	ETE Eng Gutierrez	0,00	0,00	0,00	10,24	2,36	9,87	0,00	0,00	0,00
Ivaí	ETE Ivaí	370,73	85,27	50,42	0,00	0,00	0,00	0,00	0,00	0,00
Palmeira	ETE Palmeira	0,00	0,00	0,00	3482,68	801,02	83,01	0,00	0,00	0,00
Ponta Grossa		0,00	0,00	0,00	0,00	0,00	0,00	0,00	0,00	0,00
Ponta Grossa 1	ETE Verde	0,00	0,00	0,00	0,00	0,00	0,00	0,00	0,00	0,00
Ponta Grossa 2	ETE Ronda	1503,21	345,74	10,37	0,00	0,00	0,00	0,00	0,00	0,00
Ponta Grossa 3	ETE Borsato	137,82	31,70	41,48	0,00	0,00	0,00	0,00	0,00	0,00
Ponta Grossa 4	ETE Cristo Rei	89,91	20,68	12,03	0,00	0,00	0,00	0,00	0,00	0,00
Ponta Grossa 8	ETE Olarias	817,20	187,96	11,27	0,00	0,00	0,00	0,00	0,00	0,00
Ponta Grossa 9	ETE Tibagi	520,40	119,69	11,60	0,00	0,00	0,00	0,00	0,00	0,00
Ponta Grossa	ETE Gertrudes	1574,05	362,03	35,09	0,00	0,00	0,00	0,00	0,00	0,00
Porto Amazonas		0,00	0,00	0,00	0,00	0,00	0,00	0,00	0,00	0,00
Porto Amazonas 1	ETE Areal	594,67	136,77	90,48	0,00	0,00	0,00	0,00	0,00	0,00
Porto Amazonas 2	ETE Conceição	29,48	6,78	89,71	0,00	0,00	0,00	0,00	0,00	0,00
Prudentópolis	ETE Prudentópolis	0,00	0,00	0,00	0,00	0,00	0,00	0,00	0,00	0,00
Prudentópolis	ETE Papuã	0,00	0,00		0,00	0,00		0,00	0,00	
Fernandes Pinheiro		0,00	0,00		0,00	0,00		0,00	0,00	
Guamiranga		0,00	0,00		0,00	0,00		0,00	0,00	
Teixeira Soares		0,00	0,00		251,07	57,75	41,43	0,00	0,00	
TOTAL		6159,14	1416,60	18,30	5537,26	1273,57	9,80	0,00	0,00	0,00

TRANSPORTE – ALTERNATIVA III

		Cenário 2027					
Localidade	ETE - Denominação	Lodo MS	Lodo MS	Lodo MS	Lodo caledo	Lodo caledo	Lodo caledo
		ton/ano ETE Verde	ton/ano ETE Antas	ton/ano ETE Prudentópolis	ton/ano ETE Verde	ton/ano ETE Antas	ton/ano ETE Prudentópolis
Imbituva	ETE Imbituva		190,96			487,36	
Imbituva	ETE Vila Zezo						
Inácio Martins	ETE Inácio Martins		85,01			270,92	
Ipiranga	ETE Ipiranga	70,37			179,60		
Irati							
Irati 2	ETE-Central - Rio das Antas		315,29			1004,87	
Irati 3	ETE-Vila Raquel		4,30			23,67	
Irati 5	ETE Eng Gutierrez		4,30			23,67	
Ivaí	ETE Ivaí	28,87			73,67		
Palmeira	ETE Palmeira		134,69			740,81	
Ponta Grossa							
Ponta Grossa 1	ETE Verde	528,84			2908,64		
Ponta Grossa 2	ETE Ronda	554,04			1414,03		
Ponta Grossa 3	ETE Borsato	13,09			71,98		
Ponta Grossa 4	ETE Cristo Rei	29,45			75,15		
Ponta Grossa 8	ETE Olarias	277,02			707,02		
Ponta Grossa 9	ETE Tibagi	176,67			450,91		
Ponta Grossa	ETE Gertrudes	176,67			450,91		
Porto Amazonas							
Porto Amazonas 1	ETE Areial	29,04			159,71		
Porto Amazonas 2	ETE Conceição	1,45			7,99		
Prudentópolis	ETE Prudentópolis			433,06			1105,27
Prudentópolis	ETE Papuã			0,00			0,00
Fernandes Pinheiro			0,00			0,00	
Guamiranga				0,00			0,00
Teixeira Soares			24,92			137,04	
TOTAL		1885,51	759,47	433,06	6499,62	2688,36	1105,27

TRANSPORTE – ALTERNATIVA III

Cenário 2027										
Localidade	ETE - Denominação	Momento ETE Verde (tonkm)	Custo Transporte ETE Verde (R\$)	Índice R\$/tonMSmês	Momento ETE Antas (tonkm)	Custo Transporte ETE Antas (R\$)	Índice R\$/tonMSmês	Momento ETE Prudentópolis (tonkm)	Custo Transporte ETE Prudentópolis (R\$)	Índice R\$/tonMSmês
Imbituva	ETE Imbituva	0,00	0,00	0,00	995,09	228,87	14,38	0,00	0,00	0,00
Imbituva	ETE Vila Zezo	0,00	0,00		0,00	0,00		0,00	0,00	
Inácio Martins	ETE Inácio Martins	0,00	0,00	0,00	1777,02	408,71	57,70	0,00	0,00	0,00
Ipiranga	ETE Ipiranga	813,32	187,06	31,90	0,00	0,00	0,00	0,00	0,00	0,00
Irati		0,00	0,00	0,00	0,00	0,00	0,00	0,00	0,00	0,00
Irati 2	ETE-Central - Rio das Antas	0,00	0,00	0,00	0,00	0,00	0,00	0,00	0,00	0,00
Irati 3	ETE-Vila Raquel	0,00	0,00	0,00	14,31	3,29	9,18	0,00	0,00	0,00
Irati 5	ETE Eng Gutierrez	0,00	0,00	0,00	15,39	3,54	9,87	0,00	0,00	0,00
Ivaí	ETE Ivaí	527,32	121,28	50,42	0,00	0,00	0,00	0,00	0,00	0,00
Palmeira	ETE Palmeira	0,00	0,00	0,00	4050,91	931,71	83,01	0,00	0,00	0,00
Ponta Grossa		0,00	0,00	0,00	0,00	0,00	0,00	0,00	0,00	0,00
Ponta Grossa 1	ETE Verde	0,00	0,00	0,00	0,00	0,00	0,00	0,00	0,00	0,00
Ponta Grossa 2	ETE Ronda	2080,73	478,57	10,37	0,00	0,00	0,00	0,00	0,00	0,00
Ponta Grossa 3	ETE Borsato	196,69	45,24	41,48	0,00	0,00	0,00	0,00	0,00	0,00
Ponta Grossa 4	ETE Cristo Rei	128,31	29,51	12,03	0,00	0,00	0,00	0,00	0,00	0,00
Ponta Grossa 8	ETE Olarias	1131,16	260,17	11,27	0,00	0,00	0,00	0,00	0,00	0,00
Ponta Grossa 9	ETE Tibagi	742,69	170,82	11,60	0,00	0,00	0,00	0,00	0,00	0,00
Ponta Grossa	ETE Gertrudes	2246,38	516,67	35,09	0,00	0,00	0,00	0,00	0,00	0,00
Porto Amazonas		0,00	0,00	0,00	0,00	0,00	0,00	0,00	0,00	0,00
Porto Amazonas 1	ETE Areial	952,00	218,96	90,48	0,00	0,00	0,00	0,00	0,00	0,00
Porto Amazonas 2	ETE Conceição	47,19	10,85	89,71	0,00	0,00	0,00	0,00	0,00	0,00
Prudentópolis	ETE Prudentópolis	0,00	0,00	0,00	0,00	0,00	0,00	0,00	0,00	0,00
Prudentópolis	ETE Papuã	0,00	0,00		0,00	0,00		0,00	0,00	
Fernandes Pinheiro		0,00	0,00		0,00	0,00		0,00	0,00	
Guamiranga		0,00	0,00		0,00	0,00		0,00	0,00	
Teixeira Soares		0,00	0,00		374,06	86,03	41,43	0,00	0,00	
TOTAL		8865,78	2039,13	18,30	7226,78	1662,16	9,80	0,00	0,00	0,00

TRANSPORTE – ALTERNATIVA IV

Localidade	ETE - Denominação	Distância considerada até ETE Verde (km)	Distância considerada até ETE Ronda (km)	Q Média Atual					
				Lodo MS ton/ano ETE Verde	Lodo MS ton/ano ETE Ronda	Lodo MS ton/ano ETEs Maromba Móvel	Lodo caledo ton/ano ETE Verde	Lodo caledo ton/ano ETE Ronda	Lodo caledo ton/ano ETEs Maromba Móvel
Imbituva	ETE Imbituva					34,18			87,24
Imbituva	ETE Vila Zezo					6,53			16,67
Inácio Martins	ETE Inácio Martins					3,81			12,14
Ipiranga	ETE Ipiranga					14,84			37,88
Irati									
Irati 2	ETE-Central - Rio das Antas					131,33			418,57
Irati 3	ETE-Vila Raquel					0,68			3,75
Irati 5	ETE Eng Gutierrez					0,68			3,75
Ivaí	ETE Ivaí					8,14			20,77
Palmeira	ETE Palmeira		66,5		69,17			380,41	
Ponta Grossa									
Ponta Grossa 1	ETE Verde			700,72			1552,54		
Ponta Grossa 2	ETE Ronda				735,11			531,42	
Ponta Grossa 3	ETE Borsato		20,6		4,40			24,20	
Ponta Grossa 4	ETE Cristo Rei	23,5		8,49			21,68		
Ponta Grossa 8	ETE Olarias		6,6		97,17			248,00	
Ponta Grossa 9	ETE Tibagi		7,2		27,02			68,97	
Ponta Grossa	ETE Gertrudes	68,7		43,83			111,86		
Porto Amazonas									
Porto Amazonas 1	ETE Areial		63,3		8,52			46,86	
Porto Amazonas 2	ETE Conceição		62,6		0,23			1,25	
Prudentópolis	ETE Prudentópolis					84,92			216,73
Prudentópolis	ETE Papuã					0,00			0,00
Fernandes Pinheiro						0,00			0,00
Guamiranga						0,00			0,00
Teixeira Soares						0,00			0,00
TOTAL		92,20	226,80	753,04	941,62	285,12	1686,08	1301,11	817,50

TRANSPORTE – ALTERNATIVA IV

Localidade	ETE - Denominação	Q Média Atual					
		Momento ETE Verde (m³km)	Custo Transporte ETE Verde (R\$)	Índice R\$/tonMSmês	Momento ETE Ronda (m³km)	Custo Transporte ETE Ronda (R\$)	Índice R\$/tonMSmês
Imbituva	ETE Imbituva	0,00	0,00	0,00	0,00	0,00	0,00
Imbituva	ETE Vila Zezo	0,00	0,00	0,00	0,00	0,00	0,00
Inácio Martins	ETE Inácio Martins	0,00	0,00	0,00	0,00	0,00	0,00
Ipiranga	ETE Ipiranga	0,00	0,00	0,00	0,00	0,00	0,00
Irati		0,00	0,00	0,00	0,00	0,00	0,00
Irati 2	ETE-Central - Rio das Antas	0,00	0,00	0,00	0,00	0,00	0,00
Irati 3	ETE-Vila Raquel	0,00	0,00	0,00	0,00	0,00	0,00
Irati 5	ETE Eng Gutierrez	0,00	0,00	0,00	0,00	0,00	0,00
Ivaí	ETE Ivaí	0,00	0,00	0,00	0,00	0,00	0,00
Palmeira	ETE Palmeira	0,00	0,00	0,00	1916,48	440,79	76,48
Ponta Grossa		0,00	0,00	0,00	0,00	0,00	0,00
Ponta Grossa 1	ETE Verde	0,00	0,00	0,00	0,00	0,00	0,00
Ponta Grossa 2	ETE Ronda	0,00	0,00	0,00	0,00	0,00	0,00
Ponta Grossa 3	ETE Borsato	0,00	0,00	0,00	37,76	8,69	23,69
Ponta Grossa 4	ETE Cristo Rei	36,96	8,50	12,01	0,00	0,00	0,00
Ponta Grossa 8	ETE Olarias	0,00	0,00	0,00	118,76	27,32	3,37
Ponta Grossa 9	ETE Tibagi	0,00	0,00	0,00	36,03	8,29	3,68
Ponta Grossa	ETE Gertrudes	557,61	128,25	35,11	0,00	0,00	0,00
Porto Amazonas		0,00	0,00	0,00	0,00	0,00	0,00
Porto Amazonas 1	ETE Areial	0,00	0,00	0,00	224,71	51,68	72,80
Porto Amazonas 2	ETE Conceição	0,00	0,00	0,00	5,93	1,36	71,99
Prudentópolis	ETE Prudentópolis	0,00	0,00	0,00	0,00	0,00	0,00
Prudentópolis	ETE Papuã	0,00	0,00		0,00	0,00	
Fernandes Pinheiro		0,00	0,00		0,00	0,00	
Guamiranga		0,00	0,00		0,00	0,00	
Teixeira Soares		0,00	0,00		0,00	0,00	
TOTAL		594,57	136,75	2,14	2339,67	538,12	11,45

TRANSPORTE – ALTERNATIVA IV

Localidade	ETE - Denominação	Q Nominal					
		Lodo MS ton/ano	Lodo MS ton/ano	Lodo MS ton/ano	Lodo caleado ton/ano	Lodo caleado ton/ano	Lodo caleado ton/ano
		ETE Verde	ETE Ronda	ETEs Maromba Móvel	ETE Verde	ETE Ronda	ETEs Maromba Móvel
Imbituva	ETE Imbituva			34,18			87,24
Imbituva	ETE Vila Zezo			10,89			27,78
Inácio Martins	ETE Inácio Martins			44,37			141,41
Ipiranga	ETE Ipiranga			44,83			114,43
Irati							
Irati 2	ETE-Central - Rio das Antas			366,14			1166,95
Irati 3	ETE-Vila Raquel			2,61			14,36
Irati 5	ETE Eng Gutierrez			2,61			14,36
Ivaí	ETE Ivaí			23,19			59,18
Palmeira	ETE Palmeira		88,30			485,67	
Ponta Grossa							
Ponta Grossa 1	ETE Verde	700,72			3853,96		
Ponta Grossa 2	ETE Ronda		735,11			1876,17	
Ponta Grossa 3	ETE Borsato		11,65			64,07	
Ponta Grossa 4	ETE Cristo Rei	23,79			60,72		
Ponta Grossa 8	ETE Olarias		367,56			938,09	
Ponta Grossa 9	ETE Tibagi		142,75			364,33	
Ponta Grossa	ETE Gertrudes	174,08			444,29		
Porto Amazonas							
Porto Amazonas 1	ETE Areial		28,34			155,86	
Porto Amazonas 2	ETE Conceição		1,42			7,79	
Prudentópolis	ETE Prudentópolis			87,19			222,54
Prudentópolis	ETE Papuã			0,00			0,00
Fernandes Pinheiro				0,00			0,00
Guamiranga				0,00			0,00
Teixeira Soares				0,00			0,00
TOTAL		898,59	1375,13	616,02	4358,97	3891,99	1848,25

TRANSPORTE – ALTERNATIVA IV

Localidade	ETE - Denominação	Capacidade Nominal					
		Momento ETE Verde (m³km)	Custo Transporte ETE Verde (R\$)	Índice R\$/tonMSmês	Momento ETE Ronda (m³km)	Custo Transporte ETE Ronda (R\$)	Índice R\$/tonMSmês
Imbituva	ETE Imbituva	0,00	0,00	0,00	0,00	0,00	0,00
Imbituva	ETE Vila Zezo	0,00	0,00	0,00	0,00	0,00	0,00
Inácio Martins	ETE Inácio Martins	0,00	0,00	0,00	0,00	0,00	0,00
Ipiranga	ETE Ipiranga	0,00	0,00	0,00	0,00	0,00	0,00
Irati		0,00	0,00	0,00	0,00	0,00	0,00
Irati 2	ETE-Central - Rio das Antas	0,00	0,00	0,00	0,00	0,00	0,00
Irati 3	ETE-Vila Raquel	0,00	0,00	0,00	0,00	0,00	0,00
Irati 5	ETE Eng Gutierrez	0,00	0,00	0,00	0,00	0,00	0,00
Ivaí	ETE Ivaí	0,00	0,00	0,00	0,00	0,00	0,00
Palmeira	ETE Palmeira	0,00	0,00	0,00	2446,74	562,75	76,48
Ponta Grossa		0,00	0,00	0,00	0,00	0,00	0,00
Ponta Grossa 1	ETE Verde	0,00	0,00	0,00	0,00	0,00	0,00
Ponta Grossa 2	ETE Ronda	0,00	0,00	0,00	0,00	0,00	0,00
Ponta Grossa 3	ETE Borsato	0,00	0,00	0,00	99,99	23,00	23,69
Ponta Grossa 4	ETE Cristo Rei	103,54	23,81	12,01	0,00	0,00	0,00
Ponta Grossa 8	ETE Olarias	0,00	0,00	0,00	449,24	103,32	3,37
Ponta Grossa 9	ETE Tibagi	0,00	0,00	0,00	190,33	43,78	3,68
Ponta Grossa	ETE Gertrudes	2214,69	509,38	35,11	0,00	0,00	0,00
Porto Amazonas		0,00	0,00	0,00	0,00	0,00	0,00
Porto Amazonas 1	ETE Areal	0,00	0,00	0,00	747,44	171,91	72,80
Porto Amazonas 2	ETE Conceição	0,00	0,00	0,00	36,96	8,50	71,99
Prudentópolis	ETE Prudentópolis	0,00	0,00	0,00	0,00	0,00	0,00
Prudentópolis	ETE Papuã	0,00	0,00		0,00	0,00	
Fernandes Pinheiro		0,00	0,00		0,00	0,00	
Guamiranga		0,00	0,00		0,00	0,00	
Teixeira Soares		0,00	0,00		0,00	0,00	
TOTAL		2318,22	533,19	2,14	3970,70	913,26	11,45

TRANSPORTE – ALTERNATIVA IV

		Cenário 2017					
Localidade	ETE - Denominação	Lodo MS	Lodo MS	Lodo MS	Lodo caieado	Lodo caieado	Lodo caieado
		ton/ano ETE Verde	ton/ano ETE Ronda	ton/ano ETEs Maromba Móvel	ton/ano ETE Verde	ton/ano ETE Ronda	ton/ano ETEs Maromba Móvel
Imbituva	ETE Imbituva			130,76			333,73
Imbituva	ETE Vila Zezo			0,00			0,00
Inácio Martins	ETE Inácio Martins			52,73			168,06
Ipiranga	ETE Ipiranga			45,14			115,20
Irati							
Irati 2	ETE-Central - Rio das Antas			215,90			688,11
Irati 3	ETE-Vila Raquel			2,87			15,76
Irati 5	ETE Eng Gutierrez			2,87			15,76
Ivaí	ETE Ivaí			20,29			51,79
Palmeira	ETE Palmeira		115,80			636,90	
Ponta Grossa							
Ponta Grossa 1	ETE Verde	700,72			2101,33		
Ponta Grossa 2	ETE Ronda		735,11			1021,56	
Ponta Grossa 3	ETE Borsato		9,17			50,44	
Ponta Grossa 4	ETE Cristo Rei	20,63			52,66		
Ponta Grossa 8	ETE Olarias		200,13			510,78	
Ponta Grossa 9	ETE Tibagi		123,80			315,96	
Ponta Grossa	ETE Gertrudes	123,80			315,96		
Porto Amazonas							
Porto Amazonas 1	ETE Areial		18,14			99,77	
Porto Amazonas 2	ETE Conceição		0,91			4,99	
Prudentópolis	ETE Prudentópolis			253,97			648,19
Prudentópolis	ETE Papuã			0,00			0,00
Fernandes Pinheiro				0,00			0,00
Guamiranga				0,00			0,00
Teixeira Soares				16,72			91,98
TOTAL		845,15	1203,06	741,25	2469,94	2640,38	2128,59

TRANSPORTE – ALTERNATIVA IV

Cenário 2017							
Localidade	ETE - Denominação	Momento ETE Verde (m³km)	Custo Transporte ETE Verde (R\$)	Índice R\$/tonMSmês	Momento ETE Ronda (m³km)	Custo Transporte ETE Ronda (R\$)	Índice R\$/tonMSmês
Imbituva	ETE Imbituva	0,00	0,00	0,00	0,00	0,00	0,00
Imbituva	ETE Vila Zezo	0,00	0,00		0,00	0,00	
Inácio Martins	ETE Inácio Martins	0,00	0,00	0,00	0,00	0,00	0,00
Ipiranga	ETE Ipiranga	0,00	0,00	0,00	0,00	0,00	0,00
Irati		0,00	0,00	0,00	0,00	0,00	0,00
Irati 2	ETE-Central - Rio das Antas	0,00	0,00	0,00	0,00	0,00	0,00
Irati 3	ETE-Vila Raquel	0,00	0,00	0,00	0,00	0,00	0,00
Irati 5	ETE Eng Gutierrez	0,00	0,00	0,00	0,00	0,00	0,00
Ivaí	ETE Ivaí	0,00	0,00	0,00	0,00	0,00	0,00
Palmeira	ETE Palmeira	0,00	0,00	0,00	3208,62	737,98	76,48
Ponta Grossa		0,00	0,00	0,00	0,00	0,00	0,00
Ponta Grossa 1	ETE Verde	0,00	0,00	0,00	0,00	0,00	0,00
Ponta Grossa 2	ETE Ronda	0,00	0,00	0,00	0,00	0,00	0,00
Ponta Grossa 3	ETE Borsato	0,00	0,00	0,00	78,71	18,10	23,69
Ponta Grossa 4	ETE Cristo Rei	89,79	20,65	12,01	0,00	0,00	0,00
Ponta Grossa 8	ETE Olarias	0,00	0,00	0,00	244,60	56,26	3,37
Ponta Grossa 9	ETE Tibagi	0,00	0,00	0,00	165,06	37,96	3,68
Ponta Grossa	ETE Gertrudes	1574,97	362,24	35,11	0,00	0,00	0,00
Porto Amazonas		0,00	0,00	0,00	0,00	0,00	0,00
Porto Amazonas 1	ETE Areial	0,00	0,00	0,00	478,43	110,04	72,80
Porto Amazonas 2	ETE Conceição	0,00	0,00	0,00	23,66	5,44	71,99
Prudentópolis	ETE Prudentópolis	0,00	0,00	0,00	0,00	0,00	0,00
Prudentópolis	ETE Papuã	0,00	0,00		0,00	0,00	
Fernandes Pinheiro		0,00	0,00		0,00	0,00	
Guamiranga		0,00	0,00		0,00	0,00	
Teixeira Soares		0,00	0,00		0,00	0,00	
TOTAL		1664,76	382,89	2,24	4199,08	965,79	12,00

TRANSPORTE – ALTERNATIVA IV

		Cenário 2027					
Localidade	ETE - Denominação	Lodo MS	Lodo MS	Lodo MS	Lodo caieado	Lodo caieado	Lodo caieado
		ton/ano ETE Verde	ton/ano ETE Ronda	ton/ano ETEs Maromba Móvel	ton/ano ETE Verde	ton/ano ETE Ronda	ton/ano ETEs Maromba Móvel
Imbituva	ETE Imbituva			190,96			487,36
Imbituva	ETE Vila Zezo			0,00			0,00
Inácio Martins	ETE Inácio Martins			85,01			270,92
Ipiranga	ETE Ipiranga			70,37			179,60
Irati							
Irati 2	ETE-Central - Rio das Antas			315,29			1004,87
Irati 3	ETE-Vila Raquel			4,30			23,67
Irati 5	ETE Eng Gutierrez			4,30			23,67
Ivaí	ETE Ivaí			28,87			73,67
Palmeira	ETE Palmeira		134,69			740,81	
Ponta Grossa							
Ponta Grossa 1	ETE Verde	700,72			2908,64		
Ponta Grossa 2	ETE Ronda		735,11			1414,03	
Ponta Grossa 3	ETE Borsato		13,09			71,98	
Ponta Grossa 4	ETE Cristo Rei	29,45			75,15		
Ponta Grossa 8	ETE Olarias		277,02			707,02	
Ponta Grossa 9	ETE Tibagi		176,67			450,91	
Ponta Grossa	ETE Gertrudes	176,67			450,91		
Porto Amazonas							
Porto Amazonas 1	ETE Areial		29,04			159,71	
Porto Amazonas 2	ETE Conceição		1,45			7,99	
Prudentópolis	ETE Prudentópolis			433,06			1105,27
Prudentópolis	ETE Papuã			0,00			0,00
Fernandes Pinheiro				0,00			0,00
Guamiranga				0,00			0,00
Teixeira Soares				24,92			137,04
TOTAL		906,84	1367,08	1157,08	3434,70	3552,45	3306,09

TRANSPORTE – ALTERNATIVA IV

Cenário 2027							
Localidade	ETE - Denominação	Momento ETE Verde (tonkm)	Custo Transporte ETE Verde (R\$)	Índice R\$/tonMSmês	Momento ETE Ronda (tonkm)	Custo Transporte ETE Ronda (R\$)	Índice R\$/tonMSmês
Imbituva	ETE Imbituva	0,00	0,00	0,00	0,00	0,00	0,00
Imbituva	ETE Vila Zezo	0,00	0,00		0,00	0,00	
Inácio Martins	ETE Inácio Martins	0,00	0,00	0,00	0,00	0,00	0,00
Ipiranga	ETE Ipiranga	0,00	0,00	0,00	0,00	0,00	0,00
Irati		0,00	0,00	0,00	0,00	0,00	0,00
Irati 2	ETE-Central - Rio das Antas	0,00	0,00	0,00	0,00	0,00	0,00
Irati 3	ETE-Vila Raquel	0,00	0,00	0,00	0,00	0,00	0,00
Irati 5	ETE Eng Gutierrez	0,00	0,00	0,00	0,00	0,00	0,00
Ivaí	ETE Ivaí	0,00	0,00	0,00	0,00	0,00	0,00
Palmeira	ETE Palmeira	0,00	0,00	0,00	3732,13	858,39	76,48
Ponta Grossa		0,00	0,00	0,00	0,00	0,00	0,00
Ponta Grossa 1	ETE Verde	0,00	0,00	0,00	0,00	0,00	0,00
Ponta Grossa 2	ETE Ronda	0,00	0,00	0,00	0,00	0,00	0,00
Ponta Grossa 3	ETE Borsato	0,00	0,00	0,00	112,33	25,84	23,69
Ponta Grossa 4	ETE Cristo Rei	128,14	29,47	12,01	0,00	0,00	0,00
Ponta Grossa 8	ETE Olarias	0,00	0,00	0,00	338,58	77,87	3,37
Ponta Grossa 9	ETE Tibagi	0,00	0,00	0,00	235,57	54,18	3,68
Ponta Grossa	ETE Gertrudes	2247,69	516,97	35,11	0,00	0,00	0,00
Porto Amazonas		0,00	0,00	0,00	0,00	0,00	0,00
Porto Amazonas 1	ETE Areial	0,00	0,00	0,00	765,90	176,16	72,80
Porto Amazonas 2	ETE Conceição	0,00	0,00	0,00	37,87	8,71	71,99
Prudentópolis	ETE Prudentópolis	0,00	0,00	0,00	0,00	0,00	0,00
Prudentópolis	ETE Papuã	0,00	0,00		0,00	0,00	
Fernandes Pinheiro		0,00	0,00		0,00	0,00	
Guamiranga		0,00	0,00		0,00	0,00	
Teixeira Soares		0,00	0,00		0,00	0,00	
TOTAL		2375,83	546,44	2,24	5222,38	1201,15	12,00

QUANTIDADE E CUSTO DE CALEAÇÃO

ALTERNATIVA I: UGL ÚNICA NA ETE VERDE EM PONTA GROSSA

Parâmetro	Q Média Atual	Capacidade Nominal	Cenário 2017	Cenário 2027
Quantidade mensal (M3)	48,05	130,44	95,01	135,91
Quantidade mensal (kg)	33631,62	91306,20	66509,38	95138,57
Área armazenamento (m ²)	67,26	182,61	133,02	190,28
Custo mensal (R\$)	8071,59	21913,49	15962,25	22833,26

ALTERNATIVA II: UGL'S NAS ETES VERDE E ANTAS EM PONTA GROSSA

Parâmetro		Q Média Atual	Capacidade Nominal	Cenário 2017	Cenário 2027
M ³	ETE Verde	33,60	103,55	61,12	85,66
	ETE Antas	14,44	26,89	33,90	50,25
Quantidade mensal (kg)	ETE Verde	23521,70	72483,05	42781,22	59960,86
	ETE Antas	10109,92	18823,15	23728,16	35177,71
Área armazenamento (m ²)	ETE Verde	47,04	144,97	85,56	119,92
	ETE Antas	20,22	37,65	47,46	70,36
Custo mensal (R\$)	ETE Verde	5645,21	17395,93	10267,49	14390,61
	ETE Antas	2426,38	4517,56	5694,76	8442,65

ALTERNATIVA III: UGL'S NAS ETES VERDE, ANTAS E PRUDENTÓPOLIS EM PONTA GROSSA

Parâmetro		Q Média Atual	Capacidade Nominal	Cenário 2017	Cenário 2027
Quantidade mensal (kg)	ETE Verde	23521,70	72483,05	42781,22	59960,86
	ETE Antas	7774,64	16425,30	16743,92	23268,51
	ETE Prudentópolis	2335,28	2397,85	6984,25	11909,19
Área armazenamento (m ²)	ETE Verde	47,04	144,97	85,56	119,92
	ETE Antas	15,55	32,85	33,49	46,54
	ETE Prudentópolis	4,67	4,80	13,97	23,82
Custo mensal (R\$)	ETE Verde	5645,208	17395,932	10267,493	14390,607
	ETE Antas	1865,913	3942,072	4018,540	5584,443
	ETE Prudentópolis	560,468	575,484	1676,219	2858,207

ALTERNATIVA IV: DUAS UGLs EM PONTA GROSSA (ETE VERDE E ETE RONDA) RECEBENDO LODO DOS MUNICÍPIOS DE PG, PALMEIRA E P. AMAZONAS E DEMAIS MUNICÍPIOS COM UGL LOCAL E MAROMBA MÓVEL

Parâmetro		Q Média Atual	Capacidade Nominal	Cenário 2017	Cenário 2027
Quantidade mensal (kg)		33631,62	91306,20	66509,38	95138,57
Área armazenamento (m²)		67,26	182,61	133,02	190,28
Custo mensal (R\$)		8071,59	21913,49	15962,25	22833,26
Quantidade mensal (kg)	ETE Verde	13200,53	34638,13	19890,96	27703,44
	ETE Ronda	12571,04	39653,60	25915,90	35140,63
	ETE Imbituva	939,97	939,97	3595,93	5251,30
	ETE Vila Zezo	179,63	299,38	0,00	0,00
	ETE Inácio Martins	104,74	1220,11	1450,11	2337,65
	ETE Ipiranga	408,20	1232,94	1241,29	1935,23
	ETE-Central - Rio das Antas	3611,62	10068,94	5937,28	8670,47
	ETE-Vila Raouel	28,38	108,80	119,39	179,33
	ETE Eng Gutierrez	28,38	108,80	119,39	179,33
	ETE Ivaí	223,84	637,69	558,07	793,79
	ETE Prudentópolis	2335,28	2397,85	6984,25	11909,19
	Teixeira Soares	0,00	0,00	696,83	1038,19
Área armazenamento (m²)	ETE Verde	26,40	69,28	39,78	55,41
	ETE Ronda	25,14	79,31	51,83	70,28
	ETE Imbituva	1,88	1,88	7,19	10,50
	ETE Vila Zezo	0,36	0,60	0,00	0,00
	ETE Inácio Martins	0,21	2,44	2,90	4,68
	ETE Ipiranga	0,82	2,47	2,48	3,87
	ETE-Central - Rio das Antas	7,22	20,14	11,87	17,34
	ETE-Vila Raouel	0,06	0,22	0,24	0,36
	ETE Eng Gutierrez	0,06	0,22	0,24	0,36
	ETE Ivaí	0,45	1,28	1,12	1,59
	ETE Prudentópolis	4,67	4,80	13,97	23,82
	Teixeira Soares	0,00	0,00	1,39	2,08
Custo mensal (R\$)	ETE Verde	3168,13	8313,15	4773,83	6648,83
	ETE Ronda	3017,05	9516,86	6219,82	8433,75
	ETE Imbituva	225,59	225,59	863,02	1260,31
	ETE Vila Zezo	43,11	71,85	0,00	0,00
	ETE Inácio Martins	25,14	292,83	348,03	561,04
	ETE Ipiranga	97,97	295,90	297,91	464,45
	ETE-Central - Rio das Antas	866,79	2416,55	1424,95	2080,91
	ETE-Vila Raouel	6,81	26,11	28,65	43,04
	ETE Eng Gutierrez	6,81	26,11	28,65	43,04
	ETE Ivaí	53,72	153,05	133,94	190,51
	ETE Prudentópolis	560,47	575,48	1676,22	2858,21
	Teixeira Soares	0,00	0,00	167,24	249,17

CUSTOS DE HIGIENIZAÇÃO

ALTERNATIVA I: UGL ÚNICA NA ETE VERDE EM PONTA GROSSA

Parâmetro	Q Média Atual	Capacidade Nominal	Cenário 2017	Cenário 2027
Lodo desidratado (m³/mês)	324,48	877,81	643,62	919,87
Lodo desidratado por centrífuga (m³/mês)	117,62	291,97	159,19	220,35
Nº de equipes (4 pessoas+maromba)	0,59	1,66	1,38	1,99
Área necessária higienização (m²)	20,00	40,00	40,00	40,00
Custo higienização (R\$/mês)	3523,47	9978,77	8251,31	11914,92
Número de marombas	1	2	2	2
Custo maromba - investimento (R\$)	58200,00	116400,00	116400,00	116400,00
Custo maromba - Amortização (R\$/mes)	1345,44	2690,87	2690,87	2690,87

ALTERNATIVA II: UGL'S NAS ETES VERDE E ANTAS EM PONTA GROSSA

Parâmetro	Q Média Atual	Capacidade Nominal	Cenário 2017	Cenário 2027	
Lodo desidratado (m³/mês)	ETE Verde	230,88	708,79	419,53	587,98
	ETE Antas	93,59	169,02	224,09	331,89
Lodo desidratado centrífuga (m³/mês)	ETE Verde	117,62	291,97	159,19	220,35
	ETE Antas	0,00	0,00	0,00	0,00
Nº de equipes (4 pessoas+maromba)	ETE Verde	0,32	1,18	0,74	1,04
	ETE Antas	0,27	0,48	0,64	0,94
Área necessária higienização (m²)	ETE Verde	20,00	20,00	20,00	20,00
	ETE Antas	20,00	20,00	20,00	20,00
Custo higienização (R\$/mês)	ETE Verde	1929,31	7099,86	4434,42	6261,76
	ETE Antas	1594,16	2878,91	3816,89	5653,16
Distância ETE Verde - ETE Antas (km)	98,6				
Viabilidade Maromba Móvel 1=viável; 0=inviable	Produção	1,00	0,00	0,00	0,00
	Custo	1,00	0,00	0,00	0,00
Número de Marombas Fixas	ETE Verde	0,00	1,00	1,00	1,00
	ETE Antas	0,00	1,00	1,00	1,00
Maromba Móvel ETE Antas-ETE Prudentópolis		1,00	0,00	0,00	0,00
Km percorrida mês (Ida e Volta)		197,20	0,00	0,00	0,00
Custo Transporte Maromba		100,57	0,00	0,00	0,00
Custo maromba - investimento		58200,00	116400,00	116400,00	116400,00
Custo maromba - Amortização (R\$/mes)		1345,44	2690,87	2690,87	2690,87

CUSTOS DE HIGIENIZAÇÃO

ALTERNATIVA III: UGL`S NAS ETES VERDE, ANTAS E PRUDENTÓPOLIS EM PONTA GROSSA

Parâmetro		Q Média Atual	Capacidade Nominal	Cenário 2017	Cenário 2027
Lodo desidratado (m³/mês)	ETE Verde	230,88	708,79	419,53	587,98
	ETE Antas	71,13	145,95	156,90	217,33
	ETE Prudentópolis	22,47	23,07	67,19	114,57
Lodo desidratado centrífuga (m³/mês)	ETE Verde	117,62	291,97	159,19	220,35
	ETE Antas	0,00	0,00	0,00	0,00
	ETE Prudentópolis	0,00	0,00	0,00	0,00
Nº de equipes (4 pessoas+maromba)	ETE Verde	0,32	1,18	0,74	1,04
	ETE Antas	0,20	0,41	0,45	0,62
	ETE Prudentópolis	0,06	0,07	0,19	0,33
Área necessária higienização (m²)	ETE Verde	20,00	20,00	20,00	20,00
	ETE Antas	20,00	20,00	20,00	20,00
	ETE Prudentópolis	20,00	20,00	20,00	20,00
Custo higienização (R\$/mês)	ETE Verde	1929,31	7099,86	4434,42	6261,76
	ETE Antas	1211,50	2486,00	2672,46	3701,74
	ETE Prudentópolis	382,66	392,91	1144,43	1951,42
Distância ETE Antas - ETE Prudentópolis (km)	57,03	155,63	57,03	57,03	57,03
Viabilidade Maromba Móvel 1=viável; 0=inviable	Produção	1,00	1,00	1,00	1,00
	Custo	1,00	1,00	1,00	1,00
Número de Marombas Fixas	ETE Verde	0,00	1,00	1,00	1,00
	ETE Antas	0,00	0,00	0,00	0,00
	ETE Prudentópolis	0,00	0,00	0,00	0,00
Maromba Móvel ETE Antas-ETE Prudentópolis		1,00	1,00	1,00	1,00
Km percorrida mês (Ida e Volta)		311,26	114,06	114,06	114,06
Custo Mensal Transporte Maromba		158,74	58,17	58,17	58,17
Custo maromba - investimento (R\$)		58200,00	116400,00	116400,00	116400,00
Custo maromba - Amortização (R\$/mes)		1345,44	2690,87	2690,87	2690,87

CUSTOS DE HIGIENIZAÇÃO

ALTERNATIVA IV: UMA UGL EM PONTA GROSSA (ETE VERDE OU ETE RONDA) RECEBENDO LODO DOS MUNICÍPIOS DE PG, PALMEIRA E P. AMAZONAS E DEMAIS MUNICÍPIOS COM UGL LOCAL E MAROMBA MÓVEL

Parâmetro		Q Média Atual	Capacidade Nominal	Cenário 2017	Cenário 2027
Lodo desidratado total (m³/mês)		324,48	877,81	643,62	919,87
Lodo desidratado (m³/mês)	ETE Verde	131,46	344,31	197,40	274,88
	ETE Ronda	121,60	382,56	252,13	341,86
Lodo desidratado centrifuga (m³/mês)	ETE Verde	117,62	291,97	159,19	220,35
	ETE Ronda	0,00	0,00	0,00	0,00
Nº de equipes (4 pessoas+maromba)	ETE Verde	0,04	0,15	0,11	0,15
	ETE Ronda	0,35	1,09	0,72	0,97
Área necessária higienização (m²)	ETE Verde	20,00	20,00	20,00	20,00
	ETE Ronda	20,00	20,00	20,00	20,00
Custo higienização (R\$/mês)	ETE Verde	235,77	891,63	650,81	928,80
	ETE Ronda	2071,23	6516,12	4294,50	5822,98
Número de Marombas Fixas	ETE Verde	0,00	0,00	0,00	0,00
	ETE Ronda	1,00	1,00	1,00	1,00
Distância (km)	556,23				
Lodo desidratado (m³/mês)		71,42	150,94	194,09	303,12
Lodo desidratado centrifuga (m³/mês)		0,00	0,00	0,00	0,00
Nº de equipes (4 pessoas+maromba)		0,20	0,43	0,55	0,86
Área necessária higienização (m²)		4,06	8,58	11,03	17,22
Custo higienização (R\$/mês)		1216,47	2571,02	3306,00	5163,14
Viabilidade Maromba Móvel 1=viável; 0=inviable	Produção	1,00	1,00	1,00	1,00
	Custo	1,00	1,00	1,00	1,00
Maromba Móvel		1,00	1,00	1,00	1,00
Custo Mensal Transporte Maromba		283,68	283,68	283,68	283,68
Custo maromba - investimento (R\$)		116400,00	116400,00	116400,00	116400,00
Custo maromba - Amortização (R\$/mes)		2690,87	2690,87	2690,87	2690,87

MONITORAMENTO

ALTERNATIVA I: UGL ÚNICA NA ETE VERDE EM PONTA GROSSA

Parâmetro	Q Média Atual	Capacidade Nominal	Cenário 2017	Cenário 2027
Número de ETES Atendidas por UGL	20,00	20,00	21,00	21,00
Lodo desidratado caleado (m³/mês)	372,52	1008,25	738,63	1055,78
Lodo desidratado caleado (ton/ano)	3804,69	10099,21	7238,92	10293,25
Lodo desidratado base seca (ton/ano)	1034,45	2889,74	2135,95	3078,04
Lodo desidratado caleado base seca (ton/ano)	1438,03	3985,41	2934,06	4219,71
Número amostragens mínima (ano)	4	6	6	6
Período de formação dos lotes adotado (x meses)	3	3	3	3
Área armazenamento (m² /((x+1) meses))	1490,09	4033,00	2954,54	4223,12
Tamanho lotes (ton / x meses)	951,17	2524,80	1809,73	2573,31
Tamanho lotes base seca (ton / x meses)	258,61	722,43	533,99	769,51
Número amostragens (ano)	4	6	6	6
Nº de Amostras lodo- Substâncias Orgânicas (ano)	20	20	21	21
Custo análises Lodo (R\$/mês)	8180,33	8695,50	9053,00	9053,00
Área necessária para aplicação agrícola (há)	28,76	79,71	58,68	84,39
Área Apta Homogênea PG (há)	20108,37	20108,37	20108,37	20108,37
Necessidade de Área Complementar	não	não	não	não
Nº de Amostras solo - Parâmetros Agronômicos	1,44	3,99	2,93	4,22
Nº de Amostras solo - Metais Pesados	2,88	7,97	5,87	8,44
Custo análises Solo (R\$/mês)	1251,08	3467,31	2552,63	3671,14

ALTERNATIVA II: UGL'S NAS ETES VERDE E ANTAS EM PONTA GROSSA

Parâmetro	Q Média Atual	Capacidade Nominal	Cenário 2017	Cenário 2027
Número de ETES Atendidas por UGL	10	10	10	10
Lodo desidratado caleado (m³/mês)	264,49	812,34	480,65	673,63
Lodo desidratado caleado (ton/ano)	108,03	195,91	257,98	382,15
Lodo desidratado caleado base seca (ton/ano)	2665,43	7938,90	4640,42	6499,62
Lodo desidratado caleado base seca (ton/ano)	1139,26	2160,31	2598,49	3793,63
Lodo desidratado caleado base seca (ton/ano)	703,15	2253,44	1344,33	1885,51
Lodo desidratado caleado base seca (ton/ano)	331,30	636,30	791,62	1192,53
Lodo desidratado caleado base seca (ton/ano)	985,41	3123,24	1857,70	2605,04
Lodo desidratado caleado base seca (ton/ano)	452,62	862,18	1076,36	1614,66
Número amostragens mínima (ano)	4	6	4	6
Período de formação de lotes adotado (x meses)	4	4	4	4
Período de formação de lotes adotado (x meses)	3	3	3	3
Área armazenamento (m² /((x+1) meses))	1057,95	3249,37	1922,60	2694,53
Área armazenamento (m² /((x+1) meses))	432,14	783,64	1031,94	1528,59
Tamanho lotes (ton/x meses)	666,36	1984,73	1160,11	1624,90
Tamanho lotes base seca (ton/x meses)	284,81	540,08	649,62	948,41
Tamanho lotes base seca (ton/x meses)	175,79	563,36	336,08	471,38
Tamanho lotes base seca (ton/x meses)	82,83	159,07	197,91	298,13
Número amostragens (ano)	4	6	4	6
Nº de Amostras Lodo - Substâncias Orgânicas (ano)	4	4	4	4
Nº de Amostras Lodo - Substâncias Orgânicas (ano)	10	10	10	10
Nº de Amostras Lodo - Substâncias Orgânicas (ano)	10	10	11	11
Custo análises (R\$/mês)	4605,33	5120,50	4605,33	5120,50
Custo análises (R\$/mês)	4605,33	4605,33	4962,83	4962,83
Área necessária para aplicação agrícola (há)	19,71	62,46	37,15	52,10
Área necessária para aplicação agrícola (há)	9,05	17,24	21,53	32,29
Área Apta Homogênea (há)	20108,37	20108,37	20108,37	20108,37
Área Apta Homogênea (há)	4371,90	4371,90	4371,90	4371,90
Necessidade de Área Complementar	não	não	não	não
Necessidade de Área Complementar	não	não	não	não
Nº de Amostras solo - Parâmetros Agronômicos	0,99	3,12	1,86	2,61
Nº de Amostras solo - Parâmetros Agronômicos	0,45	0,86	1,08	1,61
Nº de Amostras solo - Metais Pesados	1,97	6,25	3,72	5,21
Nº de Amostras solo - Metais Pesados	0,91	1,72	2,15	3,23
Custo análises Solo (R\$/mês)	1251,08	3467,31	2552,63	3671,14

MONITORAMENTO

ALTERNATIVA III: UGL'S NAS ETES VERDE, ANTAS E PRUDENTÓPOLIS EM PONTA GROSSA

Parâmetro	Q Média Atual	Capacidade Nominal	Cenário 2017	Cenário 2027
Número de ETES Atendidas por UGL	ETE Verde	11	11	11
	ETE Antas	7	7	8
	ETE Prudentópolis	2	2	2
Lodo desidratado caleado (m³/mês)	ETE Verde	264,49	812,34	480,65
	ETE Antas	82,23	169,42	180,82
	ETE Prudentópolis	25,80	26,49	77,17
Lodo desidratado caleado (ton/ano)	ETE Verde	2665,43	7938,90	4640,42
	ETE Antas	922,53	1937,77	1950,30
	ETE Prudentópolis	216,73	222,54	648,19
Lodo desidratado base seca (ton/ano)	ETE Verde	703,15	2253,44	1344,33
	ETE Antas	246,38	549,10	537,65
	ETE Prudentópolis	84,92	87,19	253,97
Lodo desidratado caleado base seca (ton/ano)	ETE Verde	985,41	3123,24	1857,70
	ETE Antas	339,68	746,21	738,57
	ETE Prudentópolis	112,94	115,97	337,78
Número de amostragens mínima (ano)	ETE Verde	4	6	4
	ETE Antas	4	4	4
	ETE Prudentópolis	2	2	4
Período de formação dos lotes adotado (x meses)	ETE Verde	3	3	3
	ETE Antas	3	3	3
	ETE Prudentópolis	3	3	3
Área armazenamento (m² / ((x+1) meses))	ETE Verde	1057,95	3249,37	1922,60
	ETE Antas	328,93	677,67	723,27
	ETE Prudentópolis	103,21	105,97	308,66
Tamanho lotes (ton / x meses)	ETE Verde	666,36	1984,73	1160,11
	ETE Antas	230,63	484,44	487,57
	ETE Prudentópolis	54,18	55,63	162,05
Tamanho lotes base seca (ton / x meses)	ETE Verde	175,79	563,36	336,08
	ETE Antas	61,60	137,28	134,41
	ETE Prudentópolis	21,23	21,80	63,49
Número amostragens (ano)	ETE Verde	4	6	4
	ETE Antas	4	4	4
	ETE Prudentópolis	4	4	4
Nº de Amostras Lodo - Substâncias Orgânicas (ano)	ETE Verde	11	11	11
	ETE Antas	7	7	8
	ETE Prudentópolis	2	2	2
Custo análises (R\$/mês)	ETE Verde	4962,83	5478,00	4962,83
	ETE Antas	3532,83	3532,83	3890,33
	ETE Prudentópolis	1745,33	1745,33	1745,33
Área necessária para aplicação agrícola (há)	Ponta Grossa	19,71	62,46	37,15
	Irati	6,79	14,92	14,77
	Prudentópolis	2,26	2,32	6,76
Área Apta Homogênea (há)	Ponta Grossa	20108,37	20108,37	20108,37
	Irati	4371,90	4371,90	4371,90
	Prudentópolis	26950,04	26950,04	26950,04
Necessidade de Área Complementar	Ponta Grossa	não	não	não
	Irati	não	não	não
	Prudentópolis	não	não	não
Nº de Amostras solo - Parâmetros Agronômicos	Ponta Grossa	0,99	3,12	1,86
	Irati	0,34	0,75	0,74
	Prudentópolis	0,11	0,12	0,34
Nº de Amostras solo - Metais Pesados	Ponta Grossa	1,97	6,25	3,72
	Irati	0,68	1,49	1,48
	Prudentópolis	0,23	0,23	0,68
Custo análises Solo (R\$/mês)		1251,08	3467,31	2552,63
				3671,14

MONITORAMENTO

ALTERNATIVA IV: DUAS UGLs EM PONTA GROSSA (ETE VERDE E ETE RONDA) RECEBENDO LODO DOS MUNICÍPIOS DE PG, PALMEIRA E P. AMAZONAS E DEMAIS MUNICÍPIOS COM UGL LOCAL E MAROMBA MÓVEL

Parâmetro	Q Média Atual	Capacidade Nominal	Cenário 2017	Cenário 2027	
Número de ETES Atendidas por UGL	ETE Verde/CREI/Gert.	3,00	3,00	3,00	3,00
	ETE Ronda/Ola/Bors/Tit	7,00	7,00	7,00	7,00
	ETE Imbituva	1,00	1,00	1,00	1,00
	ETE Vila Zezo	1,00	1,00	1,00	1,00
	ETE Inácio Martins	1,00	1,00	1,00	1,00
	ETE Ipiranga	1,00	1,00	1,00	1,00
	ETE-Central - Rio das Antas	1,00	1,00	1,00	1,00
	ETE-Vila Raouel	1,00	1,00	1,00	1,00
	ETE Eng Gutierrez	1,00	1,00	1,00	1,00
	ETE Ivaí	1,00	1,00	1,00	1,00
	ETE Prudentópolis	2,00	2,00	2,00	2,00
	Teixeira Soares	0,00	0,00	1,00	1,00
	Lodo desidratado caleadado (m³/mês)	ETE Verde/CREI/Gert.	150,32	393,80	225,82
ETE Ronda/Ola/Bors/Tit		139,56	439,21	289,15	392,06
ETE Imbituva		10,39	10,39	39,73	58,02
ETE Vila Zezo		1,98	3,31	0,00	0,00
ETE Inácio Martins		1,04	12,10	14,38	23,18
ETE Ipiranga		4,51	13,62	13,71	21,38
ETE-Central - Rio das Antas		35,82	99,85	58,88	85,98
ETE-Vila Raouel		0,32	1,22	1,34	2,01
ETE Eng Gutierrez		0,32	1,22	1,34	2,01
ETE Ivaí		2,47	7,05	6,17	8,77
ETE Prudentópolis		25,80	26,49	77,17	131,58
Teixeira Soares		0,00	0,00	10,95	16,31
Lodo desidratado caleadado (ton/ano)		ETE Verde	1686,08	4358,97	2469,94
	ETE Ronda	1301,11	3891,99	2640,38	3552,45
	ETE Imbituva	87,24	87,24	333,73	487,36
	ETE Vila Zezo	16,67	27,78	0,00	0,00
	ETE Inácio Martins	12,14	141,41	168,06	270,92
	ETE Ipiranga	37,88	114,43	115,20	179,60
	ETE-Central - Rio das Antas	418,57	1166,95	688,11	1004,87
	ETE-Vila Raouel	3,75	14,36	15,76	23,67
	ETE Eng Gutierrez	3,75	14,36	15,76	23,67
	ETE Ivaí	20,77	59,18	51,79	73,67
	ETE Prudentópolis	216,73	222,54	648,19	1105,27
	Teixeira Soares	0,00	0,00	91,98	137,04
	Lodo desidratado caleadado base seca (ton/ano)	ETE Verde	334,60	898,59	526,49
ETE Ronda		414,73	1375,13	868,21	1186,00
ETE Imbituva		34,18	34,18	130,76	190,96
ETE Vila Zezo		6,53	10,89	0,00	0,00
ETE Inácio Martins		3,81	44,37	52,73	85,01
ETE Ipiranga		14,84	44,83	45,14	70,37
ETE-Central - Rio das Antas		131,33	366,14	215,90	315,29
ETE-Vila Raouel		0,68	2,61	2,87	4,30
ETE Eng Gutierrez		0,68	2,61	2,87	4,30
ETE Ivaí		8,14	23,19	20,29	28,87
ETE Prudentópolis		84,92	87,19	253,97	433,06
Teixeira Soares		0,00	0,00	16,72	24,92
Lodo desidratado caleadado base seca (ton/ano)		ETE Verde	493,01	1314,25	765,18
	ETE Ronda	565,58	1850,97	1179,20	1607,69
	ETE Imbituva	45,46	45,46	173,91	253,97
	ETE Vila Zezo	8,69	14,48	0,00	0,00
	ETE Inácio Martins	5,07	59,01	70,13	113,06
	ETE Ipiranga	19,74	59,63	60,03	93,59
	ETE-Central - Rio das Antas	174,67	486,97	287,15	419,34
	ETE-Vila Raouel	1,02	3,92	4,30	6,46
	ETE Eng Gutierrez	1,02	3,92	4,30	6,46
	ETE Ivaí	10,83	30,84	26,99	38,39
	ETE Prudentópolis	112,94	115,97	337,78	575,97
	Teixeira Soares	0,00	0,00	25,09	37,37

MONITORAMENTO

ALTERNATIVA IV: DUAS UGLs EM PONTA GROSSA (ETE VERDE E ETE RONDA) RECEBENDO LODO DOS MUNICÍPIOS DE PG, PALMEIRA E P. AMAZONAS E DE MAIS MUNICÍPIOS COM UGL LOCAL E MAROMBA MÓVEL

Parâmetro	Q Média Atual	Capacidade Nominal	Cenário 2017	Cenário 2027
Número de amostragens mínima (ano)	ETE Verde	4	4	4
	ETE Ronda	4	4	4
	ETE Imbituva	2	2	2
	ETE Vila Zezo	2	2	0
	ETE Inácio Martins	2	2	2
	ETE Ipiranga	2	2	2
	ETE-Central - Rio das Antas	2	4	2
	ETE-Vila Raouel	2	2	2
	ETE Eng Gutierrez	2	2	2
	ETE Ivaí	2	2	2
	ETE Prudentópolis	2	2	4
	Teixeira Soares	0	0	2
Período de formação dos lotes adotado (x meses)	ETE Verde	3	3	3
	ETE Ronda	3	3	3
	ETE Imbituva	3	3	3
	ETE Vila Zezo	3	3	3
	ETE Inácio Martins	3	3	3
	ETE Ipiranga	3	3	3
	ETE-Central - Rio das Antas	3	3	3
	ETE-Vila Raouel	3	3	3
	ETE Eng Gutierrez	3	3	3
	ETE Ivaí	3	3	3
	ETE Prudentópolis	3	3	3
	Teixeira Soares	3	3	3
Área armazenamento (m² / ((x+1) meses))	ETE Verde	601,27	1575,19	903,26
	ETE Ronda	558,24	1756,82	1156,60
	ETE Imbituva	41,54	41,54	158,92
	ETE Vila Zezo	7,94	13,23	0,00
	ETE Inácio Martins	4,15	48,40	57,52
	ETE Ipiranga	18,04	54,49	54,86
	ETE-Central - Rio das Antas	143,26	399,41	235,52
	ETE-Vila Raouel	1,28	4,89	5,36
	ETE Eng Gutierrez	1,28	4,89	5,36
	ETE Ivaí	9,89	28,18	24,66
	ETE Prudentópolis	103,21	105,97	308,66
	Teixeira Soares	0,00	0,00	43,80
Tamanho lotes (ton / x meses)	ETE Verde	421,52	1089,74	617,49
	ETE Ronda	325,28	973,00	660,10
	ETE Imbituva	21,81	21,81	83,43
	ETE Vila Zezo	4,17	6,95	0,00
	ETE Inácio Martins	3,03	35,35	42,02
	ETE Ipiranga	9,47	28,61	28,80
	ETE-Central - Rio das Antas	104,64	291,74	172,03
	ETE-Vila Raouel	0,94	3,59	3,94
	ETE Eng Gutierrez	0,94	3,59	3,94
	ETE Ivaí	5,19	14,80	12,95
	ETE Prudentópolis	54,18	55,63	162,05
	Teixeira Soares	0,00	0,00	23,00
Tamanho lotes base seca (ton / x meses)	ETE Verde	83,65	224,65	131,62
	ETE Ronda	103,68	343,78	217,05
	ETE Imbituva	8,55	8,55	32,69
	ETE Vila Zezo	1,63	2,72	0,00
	ETE Inácio Martins	0,95	11,09	13,18
	ETE Ipiranga	3,71	11,21	11,28
	ETE-Central - Rio das Antas	32,83	91,54	53,98
	ETE-Vila Raouel	0,17	0,65	0,72
	ETE Eng Gutierrez	0,17	0,65	0,72
	ETE Ivaí	2,03	5,80	5,07
	ETE Prudentópolis	21,23	21,80	63,49
	Teixeira Soares	0,00	0,00	4,18

MONITORAMENTO

ALTERNATIVA IV: DUAS UGLs EM PONTA GROSSA (ETE VERDE E ETE RONDA) RECEBENDO LODO DOS MUNICÍPIOS DE PG, PALMEIRA E P. AMAZONAS E DEMAIS MUNICÍPIOS COM UGL LOCAL E MAROMBA MÓVEL

Parâmetro	Q Média Atual	Capacidade Nominal	Cenário 2017	Cenário 2027
Número amostragens (x meses)	ETE Verde	4	4	4
	ETE Ronda	4	4	4
	ETE Imbituva	4	4	4
	ETE Vila Zezo	4	4	4
	ETE Inácio Martins	4	4	4
	ETE Ipiranga	4	4	4
	ETE-Central - Rio das Antas	4	4	4
	ETE-Vila Raouel	4	4	4
	ETE Eng Gutierrez	4	4	4
	ETE Ivaí	4	4	4
	ETE Prudentópolis	4	4	4
	Teixeira Soares	4	4	4
	N° de Amostras Lodo - Substâncias Orgânicas (ano)	ETE Verde	3	3
ETE Ronda		7	7	7
ETE Imbituva		1	1	1
ETE Vila Zezo		1	1	1
ETE Inácio Martins		1	1	1
ETE Ipiranga		1	1	1
ETE-Central - Rio das Antas		1	1	1
ETE-Vila Raouel		1	1	1
ETE Eng Gutierrez		1	1	1
ETE Ivaí		1	1	1
ETE Prudentópolis		2	2	2
Teixeira Soares		0	0	1
Custo análises (R\$/mês)		ETE Verde	2102,83	2102,83
	ETE Ronda	3532,83	3532,83	3532,83
	ETE Imbituva	1387,83	1387,83	1387,83
	ETE Vila Zezo	1387,83	1387,83	1387,83
	ETE Inácio Martins	1387,83	1387,83	1387,83
	ETE Ipiranga	1387,83	1387,83	1387,83
	ETE-Central - Rio das Antas	1387,83	1387,83	1387,83
	ETE-Vila Raouel	1387,83	1387,83	1387,83
	ETE Eng Gutierrez	1387,83	1387,83	1387,83
	ETE Ivaí	1387,83	1387,83	1387,83
	ETE Prudentópolis	1745,33	1745,33	1745,33
	Teixeira Soares	1030,33	1030,33	1387,83
	Área necessária para aplicação agrícola (há)	Ponta Grossa	21,17	63,30
Imbituva		1,08	1,20	3,48
Inácio Martins		0,10	1,18	1,40
Ipiranga		0,39	1,19	1,20
Irati		3,53	9,90	5,91
Ivaí		0,22	0,62	0,54
Prudentópolis		2,26	2,32	6,76
Teixeira Soares		0,00	0,00	0,50
Área Apta Homogênea (há)		Ponta Grossa	20108,37	20108,37
	Imbituva	10567,36	10567,36	10567,36
	Inácio Martins	21920,82	21920,82	21920,82
	Ipiranga	22462,57	22462,57	22462,57
	Irati	4371,90	4371,90	4371,90
	Ivaí	16817,91	16817,91	16817,91
	Prudentópolis	26950,04	26950,04	26950,04
	Teixeira Soares	27928,40	27928,40	27928,40
	Necessidade de Área Complementar	Ponta Grossa	não	não
Imbituva		não	não	não
Inácio Martins		não	não	não
Ipiranga		não	não	não
Irati		não	não	não
Ivaí		não	não	não
Prudentópolis		não	não	não
Teixeira Soares		não	não	não

MONITORAMENTO

ALTERNATIVA IV: DUAS UGLs EM PONTA GROSSA (ETE VERDE E ETE RONDA) RECEBENDO LODO DOS MUNICÍPIOS DE PG, PALMEIRA E P. AMAZONAS E DEMAIS MUNICÍPIOS COM UGL LOCAL E MAROMBA MÓVEL

Parâmetro		Q Média Atual	Capacidade Nominal	Cenário 2017	Cenário 2027
N° de Amostras solo - Parâmetros Agronômicos	Ponta Grossa	1,06	3,17	1,94	2,68
	Imbituva	0,05	0,06	0,17	0,25
	Inácio Martins	0,01	0,06	0,07	0,11
	Ipiranga	0,02	0,06	0,06	0,09
	Irati	0,18	0,49	0,30	0,43
	Ivaí	0,01	0,03	0,03	0,04
	Prudentópolis	0,11	0,12	0,34	0,58
	Teixeira Soares	0,00	0,00	0,03	0,04
N° de Amostras solo - Metais Pesados	Ponta Grossa	2,12	6,33	3,89	5,35
	Imbituva	0,11	0,12	0,35	0,51
	Inácio Martins	0,01	0,12	0,14	0,23
	Ipiranga	0,04	0,12	0,12	0,19
	Irati	0,35	0,99	0,59	0,86
	Ivaí	0,02	0,06	0,05	0,08
	Prudentópolis	0,23	0,23	0,68	1,15
	Teixeira Soares	0,00	0,00	0,05	0,07
Custo análises Solo (R\$/mês)		1251,08	3467,31	2552,63	3671,14

CUSTOS DE ASSISTÊNCIA AGRONÔMICA

TÉCNICO	Salário Mensal	Benefícios e Leis Sociais	Valor mensal	Quantidade	Valor Total R\$
Engenheiro Agrônomo	3.150,00	3.937,49	7.087,49	5,00	35.437,47
Técnico Agrícola Responsável	1.170,17	1.462,71	2.632,88	5,00	13.164,40
Agente Técnico -solo	1.170,17	1.462,71	2.632,88	5,00	13.164,40
Operador -coletor	651,70	814,63	1.466,33	6,00	8.797,95
TOTAL	6.142,04	7.677,54	13.819,58	21,00	70.564,22
CUSTOS DESLOCAMENTOS	Preço Unitário (R\$)	Unidade	Qtda mensal	Custo Mensal por Regional (R\$/mes)	Custo Total 5 Regionais (R\$/mes)
130 km /viagem * 4 viagens/mês	0,51	km	520,00	265,20	1.326,00
diárias	100	dia	2,00	200,00	1.000,00
refeições	20	refeição	6,00	120,00	600,00
TOTAL	120,51		528,00	585,20	2.926,00
Custo de Pessoal por Quantidade de Lodo Higienizado (m³/mês)					
Lodo Higienizado (m³/mês)		Paraná	Custo Pessoal/ m³	URPG	Custo AA R\$/mês
Cenários	Atual	6.493,56	10,87	372,52	4.633,32
	Nominal	15.253,60	4,63	1.008,25	5.249,44
	2017	21.144,06	3,34	738,63	3.050,25
	2027	30.195,90	2,34	1.055,78	3.052,43

RESUMO CUSTOS DE INVESTIMENTOS

CUSTOS (R\$)	Q Média Atual	Capacidade Nominal	Cenário 2017	Cenário 2027
<i>ALTERNATIVA I: UGL ÚNICA NA ETE VERDE EM PONTA GROSSA</i>				
MAROMBA - INVESTIMENTO	58.200,00	116.400,00	116.400,00	116.400,00
PÁTIOS COBERTOS HIGIENIZAÇÃO	20.000,00	40.000,00	40.000,00	40.000,00
PÁTIOS COBERTOS ESTOCAGEM	360.510,81	975.641,63	714.880,43	1.021.802,51
DESAPROPRIAÇÃO DE ÁREAS	1.754,45	4.731,08	3.479,43	4.952,65
TOTAL	440.465,26	1.136.772,71	874.759,86	1.183.155,16
<i>ALTERNATIVA II: UGL`S NAS ETES VERDE EM PONTA GROSSA E ANTAS EM IRATI</i>				
MAROMBA - INVESTIMENTO	58.200,00	116.400,00	116.400,00	116.400,00
PÁTIOS COBERTOS HIGIENIZAÇÃO ETE Verde	20.000,00	20.000,00	20.000,00	20.000,00
PÁTIOS COBERTOS HIGIENIZAÇÃO ETE Antas	20.000,00	20.000,00	20.000,00	20.000,00
PÁTIOS COBERTOS ESTOCAGEM ETE Verde	256.086,79	786.454,96	465.370,58	652.218,83
PÁTIOS COBERTOS ESTOCAGEM ETE Antas	104.424,01	189.186,67	249.509,85	369.583,68
DESAPROPRIAÇÃO DE ÁREAS	1.778,45	4.731,08	3.479,43	4.952,65
TOTAL	460.489,26	1.136.772,71	874.759,86	1.183.155,16
<i>ALTERNATIVA III: UGL`S NAS ETES VERDE, ANTAS E PRUDENTÓPOLIS</i>				
MAROMBA - INVESTIMENTO	58.200,00	116.400,00	116.400,00	116.400,00
PÁTIOS COBERTOS HIGIENIZAÇÃO	ETE Verde	20.000,00	20.000,00	20.000,00
	ETE Antas	20.000,00	20.000,00	20.000,00
	ETE Prudentópolis	20.000,00	20.000,00	20.000,00
PÁTIOS COBERTOS ESTOCAGEM	ETE Verde	256.086,79	786.454,96	465.370,58
	ETE Antas	79.456,49	163.550,20	174.838,22
	ETE Prudentópolis	24.967,53	25.636,47	74.671,63
DESAPROPRIAÇÃO DE ÁREAS	1.802,45	4.755,08	3.503,43	4.976,65
TOTAL	480.513,26	1.156.796,71	894.783,86	1.203.179,16

ALTERNATIVA IV: UGL`s EM PONTA GROSSA (ETE VERDE -CENTRÍFUGA E/OU ETE RONDA - MAROMBA) RECEBENDO LODO DOS MUNICÍPIOS DE PG, PALMEIRA E P. AMAZONAS E DEMAIS MUNICÍPIOS COM UGL LOCAL E MAROMBA MÓVEL

MAROMBA - INVESTIMENTO		116.400,00	116.400,00	116.400,00	116.400,00
PÁTIOS COBERTOS HIGIENIZAÇÃO	ETE Verde	20.000,00	20.000,00	20.000,00	20.000,00
	ETE Ronda	20.000,00	20.000,00	20.000,00	20.000,00
	ETE`s Maromba Móvel	180.000,00	180.000,00	200.000,00	200.000,00
PÁTIOS COBERTOS ESTOCAGEM	ETE Verde	145.601,96	381.425,86	218.712,12	304.562,80
	ETE Ronda	135.069,26	425.043,11	279.894,26	379.513,85
	ETE`s Maromba Móvel	79.839,59	169.172,66	216.274,05	337.725,86
DESAPROPRIAÇÃO DE ÁREAS		1.994,45	4.947,08	3.719,43	5.192,65
TOTAL		698.905,26	1.316.988,71	1.074.999,86	1.383.395,16

RESUMO CUSTOS OPERACIONAIS

CUSTOS OPERACIONAIS (R\$/mês)	Q Média Atual	Capacidade Nominal	Cenário 2017	Cenário 2027
ALTERNATIVA I: UGL ÚNICA NA ETE VERDE EM PONTA GROSSA				
TRANSPORTE LODO DESIDRATADO (MOMENTO DIST. CALCULADAS)	2.386,23	5.809,97	5.752,97	8.474,44
TRANSPORTE LODO CALEADO PARA AGRICULTURA (MOMENTO COM D = 50 KM)	3.646,16	9.678,41	6.937,30	9.864,36
CAL	8.071,59	21.913,49	15.962,25	22.833,26
ANÁLISES LODO	8.180,33	8.695,50	9.053,00	9.053,00
ANÁLISES SOLO	1.251,08	3.467,31	2.552,63	3.671,14
HIGIENIZAÇÃO	3.523,47	9.978,77	8.251,31	11.914,92
TRANSPORTE MAROMBA	0,00	0,00	0,00	0,00
MAROMBA - PRESTAÇÃO AMORTIZAÇÃO - 12%a.a. 5 ANOS	1.345,44	2.690,87	2.690,87	2.690,87
PÁTIO HIGIENIZAÇÃO - PRESTAÇÃO AMORTIZAÇÃO - 12%a.a. 20 ANOS	223,13	446,26	446,26	446,26
PÁTIO ESTOCAGEM - PRESTAÇÃO AMORTIZAÇÃO - 12%a.a. 20 ANOS	4.022,06	10.884,81	7.975,61	11.399,81
ÁREA DESAPROPRIADA - PRESTAÇÃO AMORTIZAÇÃO - 12%a.a.20 ANOS	19,57	52,78	38,82	55,25
ASSISTÊNCIA AGRONÔMICA	4.633,32	5.249,44	3.050,25	3.052,43
TOTAL	37.302,39	78.867,62	62.711,27	83.455,75

ALTERNATIVA II: UGL'S NAS ETES VERDE EM PONTA GROSSA E ANTAS EM IRATI

TRANSPORTE LODO DESIDRATADO (MOMENTO DIST. CALCULADAS)	1.333,81	3.213,32	3.307,09	4.753,22
TRANSPORTE LODO CALEADO PARA AGRICULTURA (MOMENTO COM D = 50 KM)	3.630,19	9.651,78	6.937,30	9.864,36
CAL	8.071,59	21.913,49	15.962,25	22.833,26
ANÁLISES LODO	9.210,67	9.725,83	9.568,17	10.083,33
ANÁLISES SOLO	1.251,08	3.467,31	2.552,63	3.671,14
HIGIENIZAÇÃO	3.523,47	9.978,77	8.251,31	11.914,92
TRANSPORTE MAROMBA	0,00	0,00	0,00	0,00
MAROMBA - PRESTAÇÃO AMORTIZAÇÃO - 12%a.a. 5 ANOS	1.345,44	2.690,87	2.690,87	2.690,87
PÁTIO HIGIENIZAÇÃO - PRESTAÇÃO AMORTIZAÇÃO - 12%a.a. 20 ANOS	446,26	446,26	446,26	446,26
PÁTIO ESTOCAGEM - PRESTAÇÃO AMORTIZAÇÃO - 12%a.a. 20 ANOS	4.022,06	10.884,81	7.975,61	11.399,81
ÁREA DESAPROPRIADA - PRESTAÇÃO AMORTIZAÇÃO - 12%a.a.20 ANOS	19,84	52,78	38,82	55,25
ASSISTÊNCIA AGRONÔMICA	4.633,32	5.249,44	3.050,25	3.052,43
TOTAL	37.487,72	77.274,68	60.780,56	80.764,86

ALTERNATIVA III: UGL'S NAS ETES VERDE, ANTAS E PRUDENTÓPOLIS

TRANSPORTE LODO DESIDRATADO (MOMENTO DIST. CALCULADAS)	1.127,53	3.001,52	2.690,17	3.701,29
TRANSPORTE LODO CALEADO PARA AGRICULTURA (MOMENTO COM D = 50 KM)	3.630,19	9.651,78	6.937,30	9.864,36
CAL	8.071,59	21.913,49	15.962,25	22.833,26
ANÁLISES LODO	10.241,00	10.756,17	10.598,50	11.113,67
ANÁLISES SOLO	1.251,08	3.467,31	2.552,63	3.671,14
HIGIENIZAÇÃO	3.523,47	9.978,77	8.251,31	11.914,92
TRANSPORTE MAROMBA	158,74	58,17	58,17	58,17
MAROMBA - PRESTAÇÃO AMORTIZAÇÃO - 12%a.a. 5 ANOS	1.345,44	2.690,87	2.690,87	2.690,87
PÁTIO HIGIENIZAÇÃO - PRESTAÇÃO AMORTIZAÇÃO - 12%a.a. 20 ANOS	669,39	669,39	669,39	669,39
PÁTIO ESTOCAGEM - PRESTAÇÃO AMORTIZAÇÃO - 12%a.a. 20 ANOS	4.022,06	10.884,81	7.975,61	11.399,81
ÁREA DESAPROPRIADA - PRESTAÇÃO AMORTIZAÇÃO - 12%a.a.20 ANOS	20,11	53,05	39,09	55,52
ASSISTÊNCIA AGRONÔMICA	4.633,32	5.249,44	3.050,25	3.052,43
TOTAL	38.693,92	78.374,78	61.475,55	81.024,83

ALTERNATIVA IV: UGL`s EM PONTA GROSSA (ETE VERDE -CENTRÍFUGA E/OU ETE RONDA - MAROMBA) RECEBENDO LODO DOS MUNICÍPIOS DE PG, PALMEIRA E P. AMAZONAS E DEMAIS MUNICÍPIOS COM UGL LOCAL E MAROMBA MÓVEL

TRANSPORTE LODO DESIDRATADO (MOMENTO DIST. CALCULADAS)	674,87	1.446,45	1.348,68	1.747,59
TRANSPORTE LODO CALEADO PARA AGRICULTURA (MOMENTO COM D = 50 KM)	3.646,16	9.678,41	6.937,30	9.864,36
CAL	8.071,59	21.913,49	15.962,25	22.833,26
ANÁLISES DE LODO	19.514,00	19.514,00	19.871,50	19.871,50
ANÁLISES DE SOLO	1.251,08	3.467,31	2.552,63	3.671,14
HIGIENIZAÇÃO	3.523,47	9.978,77	8.251,31	11.914,92
TRANSPORTE MAROMBA	283,68	283,68	283,68	283,68
MAROMBA - PRESTAÇÃO AMORTIZAÇÃO - 12%a.a. 5 ANOS	2.690,87	2.690,87	2.690,87	2.690,87
PÁTIO HIGIENIZAÇÃO - PRESTAÇÃO AMORTIZAÇÃO - 12%a.a. 20 ANOS	2.454,44	2.454,44	2.677,58	2.677,58
PÁTIO ESTOCAGEM - PRESTAÇÃO AMORTIZAÇÃO - 12%a.a. 20 ANOS	4.022,06	10.884,81	7.975,61	11.399,81
ÁREA DESAPROPRIADA - PRESTAÇÃO AMORTIZAÇÃO - 12%a.a.20 ANOS	22,25	55,19	41,50	57,93
ASSISTÊNCIA AGRONÔMICA	4.633,32	5.249,44	3.050,25	3.052,43
TOTAL	50.787,81	87.616,87	71.643,16	90.065,07

RESUMO ÍNDICES DE CUSTOS

ÍNDICES (R\$/TON MS mês)	Q Média Atual	Capacidade Nominal	Cenário 2017	Cenário 2027
ALTERNATIVA I: UGL ÚNICA NA ETE VERDE EM PONTA GROSSA				
TRANSPORTE LODO DESIDRATADO (MS transportada -Não consid.no índice total))	38,07	31,85	39,36	39,89
TRANSPORTE LODO DESIDRATADO (MédiaPonderada MS transp.)	45,44	45,44	48,86	48,86
TRANSPORTE LODO CALEADO PARA AGRICULTURA (MOMENTO COM D = 50 KM)	42,30	40,19	38,97	38,46
CAL	93,63	91,00	89,68	89,02
ANÁLISES LODO	94,90	36,11	50,86	35,29
ANÁLISES SOLO	14,51	14,40	14,34	14,31
HIGIENIZAÇÃO	40,87	41,44	46,36	46,45
TRANSPORTE MAROMBA	0,00	0,00	0,00	0,00
MAROMBA - PRESTAÇÃO AMORTIZAÇÃO - 12%a.a. 5 ANOS	15,61	11,17	15,12	10,49
PÁTIO HIGIENIZAÇÃO - PRESTAÇÃO AMORTIZAÇÃO - 12%a.a. 20 ANOS	2,59	1,85	2,51	1,74
PÁTIO ESTOCAGEM - PRESTAÇÃO AMORTIZAÇÃO - 12%a.a. 20 ANOS	46,66	45,20	44,81	44,44
ÁREA DESAPROPRIADA - PRESTAÇÃO AMORTIZAÇÃO - 12%a.a.20 ANOS	0,23	0,22	0,22	0,22
ASSISTÊNCIA AGRONÔMICA	53,75	21,80	17,14	11,90
TOTAL (R\$/ TON MS MÊS)	450,48	348,82	368,86	341,19

ALTERNATIVA II: UGL`S NAS ETES VERDE EM PONTA GROSSA E ANTAS EM IRATI

TRANSPORTE LODO DESIDRATADO (Apenas MS transp.-Não considerado no índice total)	25,78	21,15	25,80	25,53
TRANSPORTE LODO DESIDRATADO (MédiaPonderada MS transp.)	26,71	26,71	29,43	29,43
TRANSPORTE LODO CALEADO PARA AGRICULTURA (MOMENTO COM D = 50 KM)	42,11	40,08	38,97	38,46
CAL	93,63	91,00	89,68	89,02
ANÁLISES LODO	106,85	40,39	53,76	39,31
ANÁLISES SOLO	14,51	14,40	14,34	14,31
HIGIENIZAÇÃO	40,87	41,44	46,36	46,45
TRANSPORTE MAROMBA	0,00	0,00	0,00	0,00
MAROMBA - PRESTAÇÃO AMORTIZAÇÃO - 12%a.a. 5 ANOS	15,61	11,17	15,12	10,49
PÁTIO HIGIENIZAÇÃO - PRESTAÇÃO AMORTIZAÇÃO - 12%a.a. 20 ANOS	5,18	1,85	2,51	1,74
PÁTIO ESTOCAGEM - PRESTAÇÃO AMORTIZAÇÃO - 12%a.a. 20 ANOS	46,66	45,20	44,81	44,44
ÁREA DESAPROPRIADA - PRESTAÇÃO AMORTIZAÇÃO - 12%a.a.20 ANOS	0,23	0,22	0,22	0,22
ASSISTÊNCIA AGRONÔMICA	53,75	21,80	17,14	11,90
TOTAL (R\$/ TON MS MÊS)	446,11	334,26	352,32	325,76

ALTERNATIVA III: UGL`S NAS ETES VERDE, ANTAS E PRUDENTÓPOLIS

TRANSPORTE LODO DESIDRATADO (Não considerado no índice total)	25,25	20,75	25,14	24,66
TRANSPORTE LODO DESIDRATADO (MédiaPonderada MS transp.)	25,39	25,39	28,10	28,10
TRANSPORTE LODO CALEADO PARA AGRICULTURA (MOMENTO COM D = 50 KM)	42,11	40,08	38,97	38,46
CAL	93,63	91,00	89,68	89,02
ANÁLISES LODO	118,80	44,67	59,54	43,33
ANÁLISES SOLO	14,51	14,40	14,34	14,31
HIGIENIZAÇÃO	40,87	41,44	46,36	46,45
TRANSPORTE MAROMBA	1,84	0,24	0,33	0,23
MAROMBA - PRESTAÇÃO AMORTIZAÇÃO - 12%a.a. 5 ANOS	15,61	11,17	15,12	10,49
PÁTIO HIGIENIZAÇÃO - PRESTAÇÃO AMORTIZAÇÃO - 12%a.a. 20 ANOS	7,77	2,78	3,76	2,61
PÁTIO ESTOCAGEM - PRESTAÇÃO AMORTIZAÇÃO - 12%a.a. 20 ANOS	46,66	45,20	44,81	44,44
ÁREA DESAPROPRIADA - PRESTAÇÃO AMORTIZAÇÃO - 12%a.a.20 ANOS	0,23	0,22	0,22	0,22
ASSISTÊNCIA AGRONÔMICA	53,75	21,80	17,14	11,90
TOTAL (R\$/ TON MS MÊS)	461,17	338,38	358,36	329,55

ALTERNATIVA IV: UGL`s EM PONTA GROSSA (ETE VERDE -CENTRÍFUGA E/OU ETE RONDA - MAROMBA) RECEBENDO LODO DOS MUNICÍPIOS DE PG, PALMEIRA E P. AMAZONAS E DEMAIS MUNICÍPIOS COM UGL LOCAL E MAROMBA MÓVEL

TRANSPORTE LODO DESIDRATADO (Não considerado no índice total)	31,29	20,72	26,43	25,02
TRANSPORTE LODO DESIDRATADO (MédiaPonderada MS transp.)	13,60	13,60	14,24	14,24
TRANSPORTE LODO CALEADO PARA AGRICULTURA (MOMENTO COM D = 50 KM)	42,30	40,19	38,97	38,46
CAL	93,63	91,00	89,68	89,02
ANÁLISES LODO	226,37	81,03	111,64	77,47
ANÁLISES SOLO	14,51	14,40	14,34	14,31
HIGIENIZAÇÃO	40,87	41,44	46,36	46,45
TRANSPORTE MAROMBA	3,29	1,18	1,59	1,11
MAROMBA - PRESTAÇÃO AMORTIZAÇÃO - 12%a.a. 5 ANOS	31,22	11,17	15,12	10,49
PÁTIO HIGIENIZAÇÃO - PRESTAÇÃO AMORTIZAÇÃO - 12%a.a. 20 ANOS	28,47	10,19	15,04	10,44
PÁTIO ESTOCAGEM - PRESTAÇÃO AMORTIZAÇÃO - 12%a.a. 20 ANOS	46,66	45,20	44,81	44,44
ÁREA DESAPROPRIADA - PRESTAÇÃO AMORTIZAÇÃO - 12%a.a.20 ANOS	0,26	0,23	0,23	0,23
ASSISTÊNCIA AGRONÔMICA	53,75	21,80	17,14	11,90
TOTAL (R\$/ TON MS MÊS)	594,93	371,43	409,17	358,56

COMPARATIVO DE CUSTOS DE INVESTIMENTOS

CUSTOS (R\$)	Q Média Atual	Capacidade Nominal	Cenário 2017	Cenário 2027
ALTERNATIVA I: UGL ÚNICA NA ETE VERDE EM PONTA GROSSA				
TOTAL	440.465,26	1.136.772,71	874.759,86	1.183.155,16
ALTERNATIVA II: UGL'S NAS ETES VERDE EM PONTA GROSSA E ANTAS EM IRATI				
TOTAL	460.489,26	1.136.772,71	874.759,86	1.183.155,16
ALTERNATIVA III: UGL'S NAS ETES VERDE, ANTAS E PRUDENTÓPOLIS				
TOTAL	480.513,26	1.156.796,71	894.783,86	1.203.179,16
ALTERNATIVA IV: UGL's EM PONTA GROSSA (ETE VERDE -CENTRÍFUGA E/OU ETE RONDA - MAROMBA) RECEBENDO LODO DOS MUNICÍPIOS DE PG, PALMEIRA E P. AMAZONAS E DEMAIS MUNICÍPIOS COM UGL LOCAL E MAROMBA MÓVEL				
TOTAL	698.905,26	1.316.988,71	1.074.999,86	1.383.395,16

COMPARATIVO DE CUSTOS DE AMORTIZAÇÃO E OPERACIONAIS EM VALOR PRESENTE

CUSTOS OPERACIONAIS (R\$/mês)	Q Média Atual	Capacidade Nominal	Cenário 2017	Cenário 2027
ALTERNATIVA I: UGL ÚNICA NA ETE VERDE EM PONTA GROSSA				
TOTAL	37.302,39	78.867,62	62.711,27	83.455,75
ALTERNATIVA II: UGL'S NAS ETES VERDE EM PONTA GROSSA E ANTAS EM IRATI				
TOTAL	37.487,72	77.274,68	60.780,56	80.764,86
ALTERNATIVA III: UGL'S NAS ETES VERDE, ANTAS E PRUDENTÓPOLIS				
TOTAL	38.693,92	78.374,78	61.475,55	81.024,83
ALTERNATIVA IV: UGL's EM PONTA GROSSA (ETE VERDE -CENTRÍFUGA E/OU ETE RONDA - MAROMBA) RECEBENDO LODO DOS MUNICÍPIOS DE PG, PALMEIRA E P. AMAZONAS E DEMAIS MUNICÍPIOS COM UGL LOCAL E MAROMBA MÓVEL				
TOTAL	50.787,81	87.616,87	71.643,16	90.065,07

COMPARATIVO DE ÍNDICES DE CUSTOS

ÍNDICES (R\$/TON MS mês)	Q Média Atual	Capacidade Nominal	Cenário 2017	Cenário 2027
ALTERNATIVA I: UGL ÚNICA NA ETE VERDE EM PONTA GROSSA				
TOTAL (R\$/ TON MS MÊS)	450,48	348,82	368,86	341,19
ALTERNATIVA II: UGL'S NAS ETES VERDE EM PONTA GROSSA E ANTAS EM IRATI				
TOTAL (R\$/ TON MS MÊS)	446,11	334,26	352,32	325,76
ALTERNATIVA III: UGL'S NAS ETES VERDE, ANTAS E PRUDENTÓPOLIS				
TOTAL (R\$/ TON MS MÊS)	461,17	338,38	358,36	329,55
ALTERNATIVA IV: UGL's EM PONTA GROSSA (ETE VERDE -CENTRÍFUGA E/OU ETE RONDA - MAROMBA) RECEBENDO LODO DOS MUNICÍPIOS DE PG, PALMEIRA E P. AMAZONAS E DEMAIS MUNICÍPIOS COM UGL LOCAL E MAROMBA MÓVEL				
TOTAL (R\$/ TON MS MÊS)	594,93	371,43	409,17	358,56

RESUMO DAS ALTERNATIVAS

PRODUÇÃO	Q Média Atual	Capacidade Nominal	4,196782851	5,998753257
			Cenário 2017	Cenário 2027
LODO DESIDRATADO (m³/mês)	324,48	877,81	643,62	919,87
LODO CALEADO (M³/mês)	372,52	1008,25	738,63	1055,78
LODO (TON.MS/MÊS)	86,20	240,81	178,00	256,50

ALTERNATIVA I: UGL ÚNICA NA ETE VERDE EM PONTA GROSSA

PRODUÇÃO	Q Média Atual	Capacidade Nominal	Cenário 2017	Cenário 2027
LODO DESAGUADO TRANSPORTADO (TON/MÊS)	165,81	458,33	377,54	542,28
LODO DESAGUADO TRANSPORTADO (TON.MS/MÊS)	62,68	182,42	146,16	212,43
LODO CALEADO TRANSPORTADO UGL - AGRICULTURA (TON./MÊS)	315,67	839,29	603,24	857,77
CONSUMO DE CAL (kg/mês)	33.631,62	91.306,20	66.509,38	95.138,57
ÁREA NECESSÁRIA	Q Média Atual	Capacidade Nominal	Cenário 2017	Cenário 2027
RECEBIMENTO LODO (1 mes)	324,48	877,81	643,62	919,87
HIGIENIZAÇÃO (m²)	20,00	40,00	40,00	40,00
ARMAZENAMENTO LODO CURA E ANÁLISE HELMINTOS (m²/2 meses)	745,04	2016,50	1477,27	2111,56
ARMAZENAMENTO LODO ESPERA PARA APLICAÇÃO (m²/1 mes)	372,52	1008,25	738,63	1055,78
TOTAL	1462,04	3942,57	2899,52	4127,21
ANÁLISES	Q Média Atual	Capacidade Nominal	Cenário 2017	Cenário 2027
NUMERO AMOSTRAGENS (3 meses)	4	6	6	6
CUSTOS (R\$)	Q Média Atual	Capacidade Nominal	Cenário 2017	Cenário 2027
MAROMBA - INVESTIMENTO	58200,00	116400,00	116400,00	116400,00
PÁTIOS COBERTOS HIGIENIZAÇÃO	20000,00	40000,00	40000,00	40000,00
PÁTIOS COBERTOS ESTOCAGEM	360510,81	975641,63	714880,43	1021802,51
DESAPROPRIAÇÃO DE ÁREAS	1754,45	4731,08	3479,43	4952,65
TOTAL	440465,26	1136772,71	874759,86	1183155,16
CUSTOS OPERACIONAIS (R\$/mês)	Q Média Atual	Capacidade Nominal	Cenário 2017	Cenário 2027
TRANSPORTE LODO DESIDRATADO (MOMENTO DIST. CALCULADAS)	2386,23	5809,97	5752,97	8474,44
TRANSPORTE LODO CALEADO PARA AGRICULTURA (MOMENTO COM D = 50 KM)	3646,16	9678,41	6937,30	9864,36
CAL	8071,59	21913,49	15962,25	22833,26
ANÁLISES LODO	8180,33	8695,50	9053,00	9053,00
ANÁLISES SOLO	1251,08	3467,31	2552,63	3671,14
HIGIENIZAÇÃO	3523,47	9978,77	8251,31	11914,92
TRANSPORTE MAROMBA	0,00	0,00	0,00	0,00
MAROMBA - PRESTAÇÃO AMORTIZAÇÃO - 12%a.a. 5 ANOS	1345,44	2690,87	2690,87	2690,87
PÁTIO HIGIENIZAÇÃO - PRESTAÇÃO AMORTIZAÇÃO - 12%a.a. 20 ANOS	223,13	446,26	446,26	446,26
PÁTIO ESTOCAGEM - PRESTAÇÃO AMORTIZAÇÃO - 12%a.a. 20 ANOS	4022,06	10884,81	7975,61	11399,81
ÁREA DESAPROPRIADA - PRESTAÇÃO AMORTIZAÇÃO - 12%a.a.20 ANOS	19,57	52,78	38,82	55,25
ASSISTÊNCIA AGRONÔMICA	4633,32	5249,44	3050,25	3052,43
TOTAL	37302,39	78867,62	62711,27	83455,75
ÍNDICES (R\$/TON MS mês)	Q Média Atual	Capacidade Nominal	Cenário 2017	Cenário 2027
TRANSPORTE LODO DESIDRATADO (MS transportada -Não consid.no Índice total))	38,07	31,85	39,36	39,89
TRANSPORTE LODO DESIDRATADO (MédiaPonderada MS transp.)	45,44	45,44	48,86	48,86
TRANSPORTE LODO CALEADO PARA AGRICULTURA (MOMENTO COM D = 50 KM)	42,30	40,19	38,97	38,46
CAL	93,63	91,00	89,68	89,02
ANÁLISES LODO	94,90	36,11	50,86	35,29
ANÁLISES SOLO	14,51	14,40	14,34	14,31
HIGIENIZAÇÃO	40,87	41,44	46,36	46,45
TRANSPORTE MAROMBA	0,00	0,00	0,00	0,00
MAROMBA - PRESTAÇÃO AMORTIZAÇÃO - 12%a.a. 5 ANOS	15,61	11,17	15,12	10,49
PÁTIO HIGIENIZAÇÃO - PRESTAÇÃO AMORTIZAÇÃO - 12%a.a. 20 ANOS	2,59	1,85	2,51	1,74
PÁTIO ESTOCAGEM - PRESTAÇÃO AMORTIZAÇÃO - 12%a.a. 20 ANOS	46,66	45,20	44,81	44,44
ÁREA DESAPROPRIADA - PRESTAÇÃO AMORTIZAÇÃO - 12%a.a.20 ANOS	0,23	0,22	0,22	0,22
ASSISTÊNCIA AGRONÔMICA	53,75	21,80	17,14	11,90
TOTAL (R\$/ TON MS MÊS)	450,48	348,82	368,86	341,19

ALTERNATIVA II: UGL'S NAS ETES VERDE EM PONTA GROSSA E ANTAS EM IRATI

PRODUÇÃO		Q Média Atual	Capacidade Nominal	Cenário 2017	Cenário 2027
LODO DESAGUADO TRANSPORTADO (TON/MÊS)		134,54	371,15	326,14	467,21
LODO DESAGUADO TRANSPORTADO (TON.MS/MÊS)		51,74	151,91	128,17	186,16
LODO CALEADO TRANSPORTADO UGL VERDE - AGRICULTURA (TON/MÊS)		222,12	661,58	386,70	541,63
LODO CALEADO TRANSPORTADO UGL ANTAS - AGRICULTURA (TON/MÊS)		93,55	177,71	216,54	316,14
CONSUMO DE CAL - ETE Verde (kg/mês)		23.521,70	72.483,05	42.781,22	59.960,86
CONSUMO DE CAL - ETE Antas (kg/mês)		10.109,92	18.823,15	23.728,16	35.177,71
ÁREA NECESSÁRIA		Q Média Atual	Capacidade Nominal	Cenário 2017	Cenário 2027
RECEBIMENTO LODO (1 mes)	ETE Verde	230,88	708,79	419,53	587,98
	ETE Antas	93,59	169,02	224,09	331,89
HIGIENIZAÇÃO (m²)	ETE Verde	20,00	20,00	20,00	20,00
	ETE Antas	20,00	20,00	20,00	20,00
ARMAZENAMENTO LODO CURA E ANÁLISE HELMINTOS (m²/2)	ETE Verde	528,97	1624,68	961,30	1347,27
	ETE Antas	216,07	391,82	515,97	764,29
ARMAZENAMENTO LODO ESPERA PARA APLICAÇÃO (m²/1 me)	ETE Verde	264,49	812,34	480,65	673,63
	ETE Antas	108,03	195,91	257,98	382,15
TOTAL		1482,04	3942,57	2899,52	4127,21
ANÁLISES		Q Média Atual	Capacidade Nominal	Cenário 2017	Cenário 2027
NÚMERO AMOSTRAGENS (3 meses)	ETE Verde	4	6	4	6
	ETE Antas	4	4	4	4
TOTAL		8	10	8	10
CUSTOS (R\$)		Q Média Atual	Capacidade Nominal	Cenário 2017	Cenário 2027
MAROMBA - INVESTIMENTO		58200,00	116400,00	116400,00	116400,00
PÁTIOS COBERTOS HIGIENIZAÇÃO	ETE Verde	20000,00	20000,00	20000,00	20000,00
PÁTIOS COBERTOS HIGIENIZAÇÃO	ETE Antas	20000,00	20000,00	20000,00	20000,00
PÁTIOS COBERTOS ESTOCAGEM	ETE Verde	256086,79	786454,96	465370,58	652218,83
PÁTIOS COBERTOS ESTOCAGEM	ETE Antas	104424,01	189186,67	249509,85	369583,68
DESAPROPRIAÇÃO DE ÁREAS		1778,45	4731,08	3479,43	4952,65
TOTAL		460489,26	1136772,71	874759,86	1183155,16
CUSTOS OPERACIONAIS (R\$/mês)		Q Média Atual	Capacidade Nominal	Cenário 2017	Cenário 2027
TRANSPORTE LODO DESIDRATADO (MOMENTO DIST. CALCULADAS)		1333,81	3213,32	3307,09	4753,22
TRANSPORTE LODO CALEADO PARA AGRICULTURA (MOMENTO COM D = 50 KM)		3630,19	9651,78	6937,30	9864,36
CAL		8071,59	21913,49	15962,25	22833,26
ANÁLISES LODO		9210,67	9725,83	9568,17	10083,33
ANÁLISES SOLO		1251,08	3467,31	2552,63	3671,14
HIGIENIZAÇÃO		3523,47	9978,77	8251,31	11914,92
TRANSPORTE MAROMBA		0,00	0,00	0,00	0,00
MAROMBA - PRESTAÇÃO AMORTIZAÇÃO - 12%a.a. 5 ANOS		1345,44	2690,87	2690,87	2690,87
PÁTIO HIGIENIZAÇÃO - PRESTAÇÃO AMORTIZAÇÃO - 12%a.a. 20 ANOS		446,26	446,26	446,26	446,26
PÁTIO ESTOCAGEM - PRESTAÇÃO AMORTIZAÇÃO - 12%a.a. 20 ANOS		4022,06	10884,81	7975,61	11399,81
ÁREA DESAPROPRIADA - PRESTAÇÃO AMORTIZAÇÃO - 12%a.a.20 ANOS		19,84	52,78	38,82	55,25
ASSISTÊNCIA AGRONÔMICA		4633,32	5249,44	3050,25	3052,43
TOTAL		37487,72	77274,68	60780,56	80764,86
ÍNDICES (R\$/TON MS mês)		Q Média Atual	Capacidade Nominal	Cenário 2017	Cenário 2027
TRANSPORTE LODO DESIDRATADO (Apenas MS transp.-Não considerado no índice total)		25,78	21,15	25,80	25,53
TRANSPORTE LODO DESIDRATADO (MédiaPonderada MS transp.)		26,71	26,71	29,43	29,43
TRANSPORTE LODO CALEADO PARA AGRICULTURA (MOMENTO COM D = 50 KM)		42,11	40,08	38,97	38,46
CAL		93,63	91,00	89,68	89,02
ANÁLISES LODO		106,85	40,39	53,76	39,31
ANÁLISES SOLO		14,51	14,40	14,34	14,31
HIGIENIZAÇÃO		40,87	41,44	46,36	46,45
TRANSPORTE MAROMBA		0,00	0,00	0,00	0,00
MAROMBA - PRESTAÇÃO AMORTIZAÇÃO - 12%a.a. 5 ANOS		15,61	11,17	15,12	10,49
PÁTIO HIGIENIZAÇÃO - PRESTAÇÃO AMORTIZAÇÃO - 12%a.a. 20 ANOS		5,18	1,85	2,51	1,74
PÁTIO ESTOCAGEM - PRESTAÇÃO AMORTIZAÇÃO - 12%a.a. 20 ANOS		46,66	45,20	44,81	44,44
ÁREA DESAPROPRIADA - PRESTAÇÃO AMORTIZAÇÃO - 12%a.a.20 ANOS		0,23	0,22	0,22	0,22
ASSISTÊNCIA AGRONÔMICA		53,75	21,80	17,14	11,90
TOTAL (R\$/ TON MS MÊS)		446,11	334,26	352,32	325,76

ALTERNATIVA III: UGL'S NAS ETES VERDE, ANTAS E PRUDENTÓPOLIS

PRODUÇÃO		Q Média Atual	Capacidade Nominal	Cenário 2017	Cenário 2027
LODO DESAGUADO TRANSPORTADO (TON/MÊS)		118,81	355,00	279,11	387,01
LODO DESAGUADO TRANSPORTADO (TON.MS/MÊS)		44,66	144,64	107,00	150,07
LODO CALEADO TRANSPORTADO UGL VERDE - AGRICULTURA (TON/MÊS)		222,12	661,58	386,70	541,63
LODO CALEADO TRANSPORTADO UGL ANTAS - AGRICULTURA (TON/MÊS)		75,49	159,17	162,52	224,03
LODO CALEADO TRANSPORTADO UGL PRUDENTÓPOLIS - AGRICULTURA (TON/MÊS)		18,06	18,54	54,02	92,11
CONSUMO DE CAL - ETE Verde (kg/mês)		23.521,70	72.483,05	42.781,22	59.960,86
CONSUMO DE CAL - ETE Antas (kg/mês)		7.774,64	16.425,30	16.743,92	23.268,51
CONSUMO DE CAL - ETE Prudentópolis (kg/mês)		2.335,28	2.397,85	6.984,25	0,00
ÁREA NECESSÁRIA		Q Média Atual	Capacidade Nominal	Cenário 2017	Cenário 2027
RECEBIMENTO LODO (1 mes)	ETE Verde	230,88	708,79	419,53	587,98
	ETE Antas	71,13	145,95	156,90	217,33
	ETE Prudentópolis	22,47	23,07	67,19	114,57
HIGIENIZAÇÃO (m²)	ETE Verde	20,00	20,00	20,00	20,00
	ETE Antas	20,00	20,00	20,00	20,00
	ETE Prudentópolis	20,00	20,00	20,00	20,00
ARMAZENAMENTO LODO CURA E HELMINTO (m²/2 meses)	ETE Verde	528,97	1624,68	961,30	1347,27
	ETE Antas	164,47	338,83	361,64	501,13
	ETE Prudentópolis	51,60	52,99	154,33	263,16
ARMAZENAMENTO LODO ESPERA PARA APLICAÇÃO (m²/1 mês)	ETE Verde	264,49	812,34	480,65	673,63
	ETE Antas	82,23	169,42	180,82	250,57
	ETE Prudentópolis	25,80	26,49	77,17	131,58
TOTAL		1502,04	3962,57	2919,52	4147,21
ANÁLISES		Q Média Atual	Capacidade Nominal	Cenário 2017	Cenário 2027
NÚMERO AMOSTRAGENS (3 meses)	ETE Verde	4	6	4	6
	ETE Antas	4	4	4	4
	ETE Prudentópolis	4	4	4	4
TOTAL		12	14	12	14
CUSTOS (R\$)		Q Média Atual	Capacidade Nominal	Cenário 2017	Cenário 2027
MAROMBA - INVESTIMENTO		58200,00	116400,00	116400,00	116400,00
PÁTIOS COBERTOS HIGIENIZAÇÃO	ETE Verde	20000,00	20000,00	20000,00	20000,00
	ETE Antas	20000,00	20000,00	20000,00	20000,00
	ETE Prudentópolis	20000,00	20000,00	20000,00	20000,00
PÁTIOS COBERTOS ESTOCAGEM	ETE Verde	256086,79	786454,96	465370,58	652218,83
	ETE Antas	79456,49	163550,20	174838,22	242257,26
	ETE Prudentópolis	24967,53	25636,47	74671,63	127326,41
DESAPROPRIAÇÃO DE ÁREAS		1802,45	4755,08	3503,43	4976,65
TOTAL		480513,26	1156796,71	894783,86	1203179,16
CUSTOS OPERACIONAIS (R\$/mês)		Q Média Atual	Capacidade Nominal	Cenário 2017	Cenário 2027
TRANSPORTE LODO DESIDRATADO (MOMENTO DIST. CALCULADAS)		1127,53	3001,52	2690,17	3701,29
TRANSPORTE LODO CALEADO PARA AGRICULTURA (MOMENTO COM D = 50 KM)		3630,19	9651,78	6937,30	9864,36
CAL		8071,59	21913,49	15962,25	22833,26
ANÁLISES LODO		10241,00	10756,17	10598,50	11113,67
ANÁLISES SOLO		1251,08	3467,31	2552,63	3671,14
HIGIENIZAÇÃO		3523,47	9978,77	8251,31	11914,92
TRANSPORTE MAROMBA		158,74	58,17	58,17	58,17
MAROMBA - PRESTAÇÃO AMORTIZAÇÃO - 12%a.a. 5 ANOS		1345,44	2690,87	2690,87	2690,87
PÁTIO HIGIENIZAÇÃO - PRESTAÇÃO AMORTIZAÇÃO - 12%a.a. 20 ANOS		669,39	669,39	669,39	669,39
PÁTIO ESTOCAGEM - PRESTAÇÃO AMORTIZAÇÃO - 12%a.a. 20 ANOS		4022,06	10884,81	7975,61	11399,81
ÁREA DESAPROPRIADA - PRESTAÇÃO AMORTIZAÇÃO - 12%a.a.20 ANOS		20,11	53,05	39,09	55,52
ASSISTÊNCIA AGRONÔMICA		4633,32	5249,44	3050,25	3052,43
TOTAL		38693,92	78374,78	61475,55	81024,83
ÍNDICES (R\$/TON MS mês)		Q Média Atual	Capacidade Nominal	Cenário 2017	Cenário 2027
TRANSPORTE LODO DESIDRATADO (Não considerado no índice total)		25,25	20,75	25,14	24,66
TRANSPORTE LODO DESIDRATADO (MédiaPonderada MS transp.)		25,39	25,39	28,10	28,10
TRANSPORTE LODO CALEADO PARA AGRICULTURA (MOMENTO COM D = 50 KM)		42,11	40,08	38,97	38,46
CAL		93,63	91,00	89,68	89,02
ANÁLISES LODO		118,80	44,67	59,54	43,33
ANÁLISES SOLO		14,51	14,40	14,34	14,31
HIGIENIZAÇÃO		40,87	41,44	46,36	46,45
TRANSPORTE MAROMBA		1,84	0,24	0,33	0,23
MAROMBA - PRESTAÇÃO AMORTIZAÇÃO - 12%a.a. 5 ANOS		15,61	11,17	15,12	10,49
PÁTIO HIGIENIZAÇÃO - PRESTAÇÃO AMORTIZAÇÃO - 12%a.a. 20 ANOS		7,77	2,78	3,76	2,61
PÁTIO ESTOCAGEM - PRESTAÇÃO AMORTIZAÇÃO - 12%a.a. 20 ANOS		46,66	45,20	44,81	44,44
ÁREA DESAPROPRIADA - PRESTAÇÃO AMORTIZAÇÃO - 12%a.a.20 ANOS		0,23	0,22	0,22	0,22
ASSISTÊNCIA AGRONÔMICA		53,75	21,80	17,14	11,90
TOTAL (R\$/ TON MS MÊS)		461,17	338,38	358,36	329,55

ALTERNATIVA IV: UGL's EM PONTA GROSSA (ETE VERDE -CENTRÍFUGA E/OU ETE RONDA - MAROMBA) RECEBENDO LODO DOS MUNICÍPIOS DE PG, PALMEIRA E P. AMAZONAS E DEMAIS MUNICÍPIOS COM UGL LOCAL E MAROMBA MÓVEL

Número de UGLs com Maromba Fixa	1	1	1	1
Número de UGLs com Maromba Móvel	9	9	10	10

PRODUÇÃO		Q Média Atual	Capacidade Nominal	Cenário 2017	Cenário 2027
LODO DESAGUADO TRANSPORTADO (TON/MÊS)		66,98	185,19	146,74	196,47
LODO DESAGUADO TRANSPORTADO (TON.MS/MÊS)		21,57	69,82	51,03	69,84
LODO CALEADO TRANSPORTADO UGL VERDE - AGRICULTURA (TON/MÊS)		140,51	363,25	205,83	286,23
LODO CALEADO TRANSPORTADO UGL RONDA - AGRICULTURA (TON/MÊS)		108,43	324,33	220,03	296,04
LODO CALEADO TRANSPORTADO UGL'S DEMAIS ETES - AGRICULTURA (TON/MÊS)		68,13	154,02	177,38	275,51
CONSUMO DE CAL (kg/mês)		33.631,62	91.306,20	66.509,38	95.138,57
ÁREA NECESSÁRIA		Q Média Atual	Capacidade Nominal	Cenário 2017	Cenário 2027
RECEBIMENTO LODO (1 mes)	ETE Verde	131,46	344,31	197,40	274,88
	ETE Ronda	121,60	382,56	252,13	341,86
	Demais ETES	71,42	150,94	194,09	303,12
HIGIENIZAÇÃO (m²)	ETE Verde	20,00	20,00	20,00	20,00
	ETE Ronda	20,00	20,00	20,00	20,00
	Demais ETES	180,00	180,00	200,00	200,00
ARMAZENAMENTO LODO (m²/3 meses)	ETE Verde	450,95	1181,39	677,45	943,37
	ETE Ronda	418,68	1317,62	867,45	1176,19
	ETE Imbituva	31,16	31,16	119,19	174,06
	ETE Vila Zezo	5,95	9,92	0,00	0,00
	ETE Inácio Martins	3,12	36,30	43,14	69,55
	ETE Ipiranga	13,53	40,87	41,14	64,14
	ETE-Central - Rio das Antas	107,45	299,56	176,64	257,95
	ETE-Vila Raouel	0,96	3,67	4,02	6,04
	ETE Eng Gutierrez	0,96	3,67	4,02	6,04
	ETE Ivaí	7,42	21,14	18,50	26,31
	ETE Prudentópolis	77,40	79,48	231,50	394,74
Teixeira Soares	0,00	0,00	32,85	48,94	
TOTAL		1662,04	4122,57	3099,52	4327,21
ANÁLISES		Q Média Atual	Capacidade Nominal	Cenário 2017	Cenário 2027
NÚMERO AMOSTRAGENS (3 meses)	ETE Verde	4	4	4	4
	ETE Ronda	4	4	4	4
	ETE Imbituva	4	4	4	4
	ETE Vila Zezo	4	4	4	4
	ETE Inácio Martins	4	4	4	4
	ETE Ipiranga	4	4	4	4
	ETE-Central - Rio das Antas	4	4	4	4
	ETE-Vila Raouel	4	4	4	4
	ETE Eng Gutierrez	4	4	4	4
	ETE Ivaí	4	4	4	4
	ETE Prudentópolis	4	4	4	4
Teixeira Soares	4	4	4	4	
TOTAL		48	48	48	48
CUSTOS (R\$)		Q Média Atual	Capacidade Nominal	Cenário 2017	Cenário 2027
MAROMBA - INVESTIMENTO		116400,00	116400,00	116400,00	116400,00
PÁTIOS COBERTOS HIGIENIZAÇÃO	ETE Verde	20000,00	20000,00	20000,00	20000,00
	ETE Ronda	20000,00	20000,00	20000,00	20000,00
	ETE's Maromba Móvel	180000,00	180000,00	200000,00	200000,00
PÁTIOS COBERTOS ESTOCAGEM	ETE Verde	145601,96	381425,86	218712,12	304562,80
	ETE Ronda	135069,26	425043,11	279894,26	379513,85
	ETE's Maromba Móvel	79839,59	169172,66	216274,05	337725,86
DESAPROPRIAÇÃO DE ÁREAS		1994,45	4947,08	3719,43	5192,65
TOTAL		698905,26	1316988,71	1074999,86	1383395,16
CUSTOS OPERACIONAIS (R\$/mês)		Q Média Atual	Capacidade Nominal	Cenário 2017	Cenário 2027
TRANSPORTE LODO DESIDRATADO (MOMENTO DIST. CALCULADAS)		674,87	1446,45	1348,68	1747,59
TRANSPORTE LODO CALEADO PARA AGRICULTURA (MOMENTO COM D = 50 KM)		3646,16	9678,41	6937,30	9864,36
CAL		8071,59	21913,49	15962,25	22833,26
ANÁLISES DE LODO		19514,00	19514,00	19871,50	19871,50
ANÁLISES DE SOLO		1251,08	3467,31	2552,63	3671,14
HIGIENIZAÇÃO		3523,47	9978,77	8251,31	11914,92
TRANSPORTE MAROMBA		283,68	283,68	283,68	283,68
MAROMBA - PRESTAÇÃO AMORTIZAÇÃO - 12%a.a. 5 ANOS		2690,87	2690,87	2690,87	2690,87
PÁTIO HIGIENIZAÇÃO - PRESTAÇÃO AMORTIZAÇÃO - 12%a.a. 20 ANOS		2454,44	2454,44	2677,58	2677,58
PÁTIO ESTOCAGEM - PRESTAÇÃO AMORTIZAÇÃO - 12%a.a. 20 ANOS		4022,06	10884,81	7975,61	11399,81
ÁREA DESAPROPRIADA - PRESTAÇÃO AMORTIZAÇÃO - 12%a.a.20 ANOS		22,25	55,19	41,50	57,93
ASSISTÊNCIA AGRONÔMICA		4633,32	5249,44	3050,25	3052,43
TOTAL		50787,81	87616,87	71643,16	90065,07

ALTERNATIVA IV: UGL`s EM PONTA GROSSA (ETE VERDE -CENTRÍFUGA E/OU ETE RONDA - MAROMBA) RECEBENDO LODO DOS MUNICÍPIOS DE PG, PALMEIRA E P. AMAZONAS E DEMAIS MUNICÍPIOS COM UGL LOCAL E MAROMBA MÓVEL

ÍNDICES (R\$/TON MS mês)	Q Média Atual	Capacidade Nominal	Cenário 2017	Cenário 2027
TRANSPORTE LODO DESIDRATADO (Não considerado no índice total)	31,29	20,72	26,43	25,02
TRANSPORTE LODO DESIDRATADO (MédiaPonderada MS transp.)	13,60	13,60	14,24	14,24
TRANSPORTE LODO CALEADO PARA AGRICULTURA (MOMENTO COM D = 50 KM)	42,30	40,19	38,97	38,46
CAL	93,63	91,00	89,68	89,02
ANÁLISES LODO	226,37	81,03	111,64	77,47
ANÁLISES SOLO	14,51	14,40	14,34	14,31
HIGIENIZAÇÃO	40,87	41,44	46,36	46,45
TRANSPORTE MAROMBA	3,29	1,18	1,59	1,11
MAROMBA - PRESTAÇÃO AMORTIZAÇÃO - 12%a.a. 5 ANOS	31,22	11,17	15,12	10,49
PÁTIO HIGIENIZAÇÃO - PRESTAÇÃO AMORTIZAÇÃO - 12%a.a. 20 ANOS	28,47	10,19	15,04	10,44
PÁTIO ESTOCAGEM - PRESTAÇÃO AMORTIZAÇÃO - 12%a.a. 20 ANOS	46,66	45,20	44,81	44,44
ÁREA DESAPROPRIADA - PRESTAÇÃO AMORTIZAÇÃO - 12%a.a.20 ANOS	0,26	0,23	0,23	0,23
ASSISTÊNCIA AGRONÔMICA	53,75	21,80	17,14	11,90
TOTAL (R\$/ TON MS MÊS)	594,93	371,43	409,17	358,56

RESUMO ÍNDICES DE CUSTOS

ÍNDICES (R\$ mês / TON MS mês)	Q Média Atual	%	Capacidade Nominal	%	Cenário 2017	%	Cenário 2027	%
ALTERNATIVA I: UGL ÚNICA NA ETE VERDE EM PONTA GROSSA								
TRANSPORTE LODO DESIDRATADO (MS transportada -Não consid.no índice total))	38,07		31,85		39,36		39,89	
TRANSPORTE LODO DESIDRATADO (MédiaPonderada MS transp.)	45,44	10,09	45,44	13,03	48,86	13,25	48,86	14,32
TRANSPORTE LODO CALEADO PARA AGRICULTURA (MOMENTO COM D = 50 KM)	42,30	9,39	40,19	11,52	38,97	10,57	38,46	11,27
CAL	93,63	20,79	91,00	26,09	89,68	24,31	89,02	26,09
ANÁLISES LODO	94,90	21,07	36,11	10,35	50,86	13,79	35,29	10,34
ANÁLISES SOLO	14,51	3,22	14,40	4,13	14,34	3,89	14,31	4,19
HIGIENIZAÇÃO	40,87	9,07	41,44	11,88	46,36	12,57	46,45	13,61
TRANSPORTE MAROMBA	0,00	0,00	0,00	0,00	0,00	0,00	0,00	0,00
MAROMBA - PRESTAÇÃO AMORTIZAÇÃO - 12%a.a. 15 ANOS	15,61	3,46	11,17	3,20	15,12	4,10	10,49	3,07
PÁTIO HIGIENIZAÇÃO - PRESTAÇÃO AMORTIZAÇÃO - 12%a.a. 20 ANOS	2,59	0,57	1,85	0,53	2,51	0,68	1,74	0,51
PÁTIO ESTOCAGEM - PRESTAÇÃO AMORTIZAÇÃO - 12%a.a. 20 ANOS	46,66	10,36	45,20	12,96	44,81	12,15	44,44	13,03
ÁREA DESAPROPRIADA - PRESTAÇÃO AMORTIZAÇÃO - 12%a.a.20 ANOS	0,23	0,05	0,22	0,06	0,22	0,06	0,22	0,06
ASSISTÊNCIA AGRONÔMICA	53,75	11,93	21,80	6,25	17,14	4,65	11,90	3,49
TOTAL (R\$/ TON MS MÊS)	450,48	100,00	348,82	100,00	368,86	100,00	341,19	100,00
ALTERNATIVA II: UGL'S NAS ETES VERDE EM PONTA GROSSA E ANTAS EM IRATI								
TRANSPORTE LODO DESIDRATADO (Apenas MS transp.-Não considerado no índice total)	25,78		21,15		25,80		25,53	
TRANSPORTE LODO DESIDRATADO (MédiaPonderada MS transp.)	26,71	5,99	26,71	7,99	29,43	8,35	29,43	9,03
TRANSPORTE LODO CALEADO PARA AGRICULTURA (MOMENTO COM D = 50 KM)	42,11	9,44	40,08	11,99	38,97	11,06	38,46	11,81
CAL	93,63	20,99	91,00	27,22	89,68	25,45	89,02	27,33
ANÁLISES LODO	106,85	23,95	40,39	12,08	53,76	15,26	39,31	12,07
ANÁLISES SOLO	14,51	3,25	14,40	4,31	14,34	4,07	14,31	4,39
HIGIENIZAÇÃO	40,87	9,16	41,44	12,40	46,36	13,16	46,45	14,26
TRANSPORTE MAROMBA	0,00	0,00	0,00	0,00	0,00	0,00	0,00	0,00
MAROMBA - PRESTAÇÃO AMORTIZAÇÃO - 12%a.a. 15 ANOS	15,61	3,50	11,17	3,34	15,12	4,29	10,49	3,22
PÁTIO HIGIENIZAÇÃO - PRESTAÇÃO AMORTIZAÇÃO - 12%a.a. 20 ANOS	5,18	1,16	1,85	0,55	2,51	0,71	1,74	0,53
PÁTIO ESTOCAGEM - PRESTAÇÃO AMORTIZAÇÃO - 12%a.a. 20 ANOS	46,66	10,46	45,20	13,52	44,81	12,72	44,44	13,64
ÁREA DESAPROPRIADA - PRESTAÇÃO AMORTIZAÇÃO - 12%a.a.20 ANOS	0,23	0,05	0,22	0,07	0,22	0,06	0,22	0,07
ASSISTÊNCIA AGRONÔMICA	53,75	12,05	21,80	6,52	17,14	4,86	11,90	3,65
TOTAL (R\$/ TON MS MÊS)	446,11	100,00	334,26	100,00	352,32	100,00	325,76	100,00

ALTERNATIVA III: UGL'S NAS ETES VERDE, ANTAS E PRUDENTÓPOLIS

TRANSPORTE LODO DESIDRATADO (Não considerado no índice total)	25,25		20,75		25,14		24,66	
TRANSPORTE LODO DESIDRATADO (MédiaPonderada MS transp.)	25,39	5,50	25,39	7,50	28,10	7,84	28,10	8,53
TRANSPORTE LODO CALEADO PARA AGRICULTURA (MOMENTO COM D = 50 KM)	42,11	9,13	40,08	11,84	38,97	10,88	38,46	11,67
CAL	93,63	20,30	91,00	26,89	89,68	25,02	89,02	27,01
ANÁLISES LODO	118,80	25,76	44,67	13,20	59,54	16,62	43,33	13,15
ANÁLISES SOLO	14,51	3,15	14,40	4,26	14,34	4,00	14,31	4,34
HIGIENIZAÇÃO	40,87	8,86	41,44	12,25	46,36	12,94	46,45	14,10
TRANSPORTE MAROMBA	1,84	0,40	0,24	0,07	0,33	0,09	0,23	0,07
MAROMBA - PRESTAÇÃO AMORTIZAÇÃO - 12%a.a. 15 ANOS	15,61	3,38	11,17	3,30	15,12	4,22	10,49	3,18
PÁTIO HIGIENIZAÇÃO - PRESTAÇÃO AMORTIZAÇÃO - 12%a.a. 20 ANOS	7,77	1,68	2,78	0,82	3,76	1,05	2,61	0,79
PÁTIO ESTOCAGEM - PRESTAÇÃO AMORTIZAÇÃO - 12%a.a. 20 ANOS	46,66	10,12	45,20	13,36	44,81	12,50	44,44	13,49
ÁREA DESAPROPRIADA - PRESTAÇÃO AMORTIZAÇÃO - 12%a.a.20 ANOS	0,23	0,05	0,22	0,07	0,22	0,06	0,22	0,07
ASSISTÊNCIA AGRONÔMICA	53,75	11,65	21,80	6,44	17,14	4,78	11,90	3,61
TOTAL (R\$/ TON MS MÊS)	461,17	100,00	338,38	100,00	358,36	100,00	329,55	100,00

ALTERNATIVA IV: UGL's EM PONTA GROSSA (ETE VERDE -CENTRÍFUGA E/OU ETE RONDA - MAROMBA) RECEBENDO LODO DOS MUNICÍPIOS DE PG, PALMEIRA E P. AMAZONAS E DEMAIS MUNICÍPIOS COM UGL LOCAL E MAROMBA MÓVEL

TRANSPORTE LODO DESIDRATADO (Não considerado no índice total)	31,29		20,72		26,43		25,02	
TRANSPORTE LODO DESIDRATADO (MédiaPonderada MS transp.)	13,60	2,29	13,60	3,66	14,24	3,48	14,24	3,97
TRANSPORTE LODO CALEADO PARA AGRICULTURA (MOMENTO COM D = 50 KM)	42,30	7,11	40,19	10,82	38,97	9,53	38,46	10,73
CAL	93,63	15,74	91,00	24,50	89,68	21,92	89,02	24,83
ANÁLISES LODO	226,37	38,05	81,03	21,82	111,64	27,28	77,47	21,61
ANÁLISES SOLO	14,51	2,44	14,40	3,88	14,34	3,50	14,31	3,99
HIGIENIZAÇÃO	40,87	6,87	41,44	11,16	46,36	11,33	46,45	12,96
TRANSPORTE MAROMBA	3,29	0,55	1,18	0,32	1,59	0,39	1,11	0,31
MAROMBA - PRESTAÇÃO AMORTIZAÇÃO - 12%a.a. 15 ANOS	31,22	5,25	11,17	3,01	15,12	3,69	10,49	2,93
PÁTIO HIGIENIZAÇÃO - PRESTAÇÃO AMORTIZAÇÃO - 12%a.a. 20 ANOS	28,47	4,79	10,19	2,74	15,04	3,68	10,44	2,91
PÁTIO ESTOCAGEM - PRESTAÇÃO AMORTIZAÇÃO - 12%a.a. 20 ANOS	46,66	7,84	45,20	12,17	44,81	10,95	44,44	12,39
ÁREA DESAPROPRIADA - PRESTAÇÃO AMORTIZAÇÃO - 12%a.a.20 ANOS	0,26	0,04	0,23	0,06	0,23	0,06	0,23	0,06
ASSISTÊNCIA AGRONÔMICA	53,75	9,03	21,80	5,87	17,14	4,19	11,90	3,32
TOTAL (R\$/ TON MS MÊS)	594,93	100,00	371,43	100,00	409,17	100,00	358,56	100,00

PERCENTAGENS CUSTOS DE INVESTIMENTOS

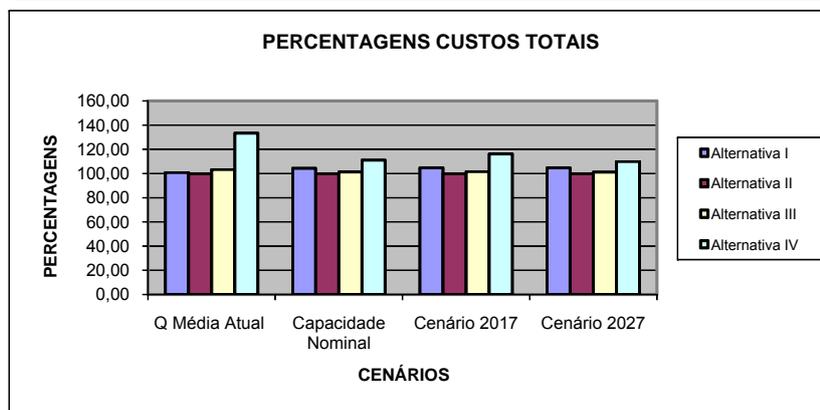
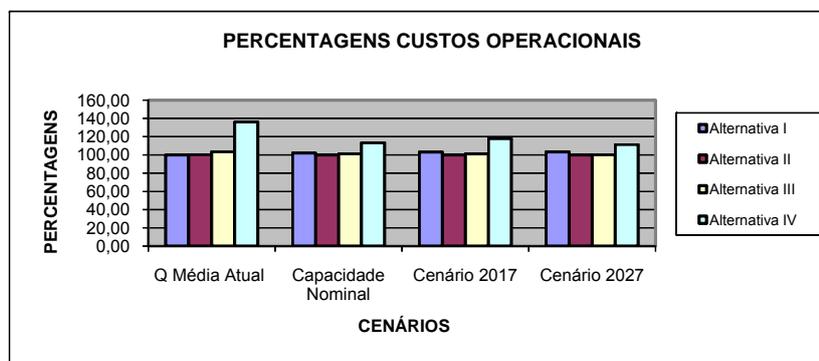
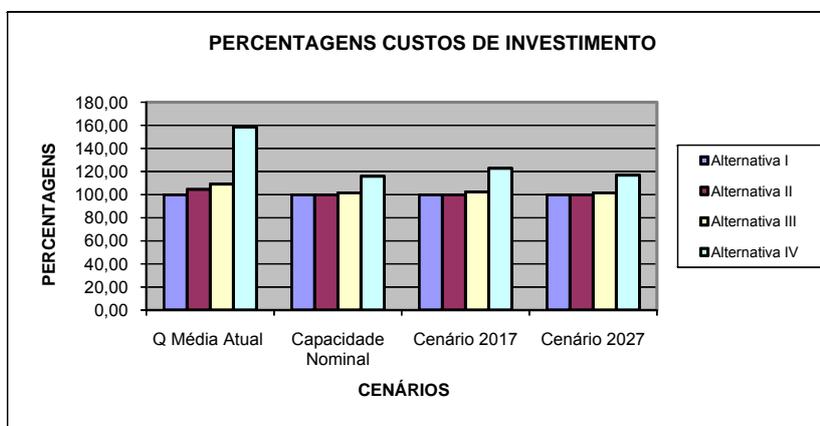
ALTERNATIVA	Q Média Atual	Capacidade Nominal	Cenário 2017	Cenário 2027
Alternativa I	100,00	100,00	100,00	100,00
Alternativa II	104,55	100,00	100,00	100,00
Alternativa III	109,09	101,76	102,29	101,69
Alternativa IV	158,67	115,85	122,89	116,92

PERCENTAGENS CUSTOS OPERACIONAIS

ALTERNATIVA	Q Média Atual	Capacidade Nominal	Cenário 2017	Cenário 2027
Alternativa I	100,00	102,06	103,18	103,33
Alternativa II	100,50	100,00	100,00	100,00
Alternativa III	103,73	101,42	101,14	100,32
Alternativa IV	136,15	113,38	117,87	111,52

PERCENTAGENS ÍNDICES DE CUSTOS TOTAIS

ALTERNATIVA	Q Média Atual	Capacidade Nominal	Cenário 2017	Cenário 2027
Alternativa I	100,98	104,36	104,70	104,73
Alternativa II	100,00	100,00	100,00	100,00
Alternativa III	103,38	101,23	101,72	101,16
Alternativa IV	133,36	111,12	116,14	110,07



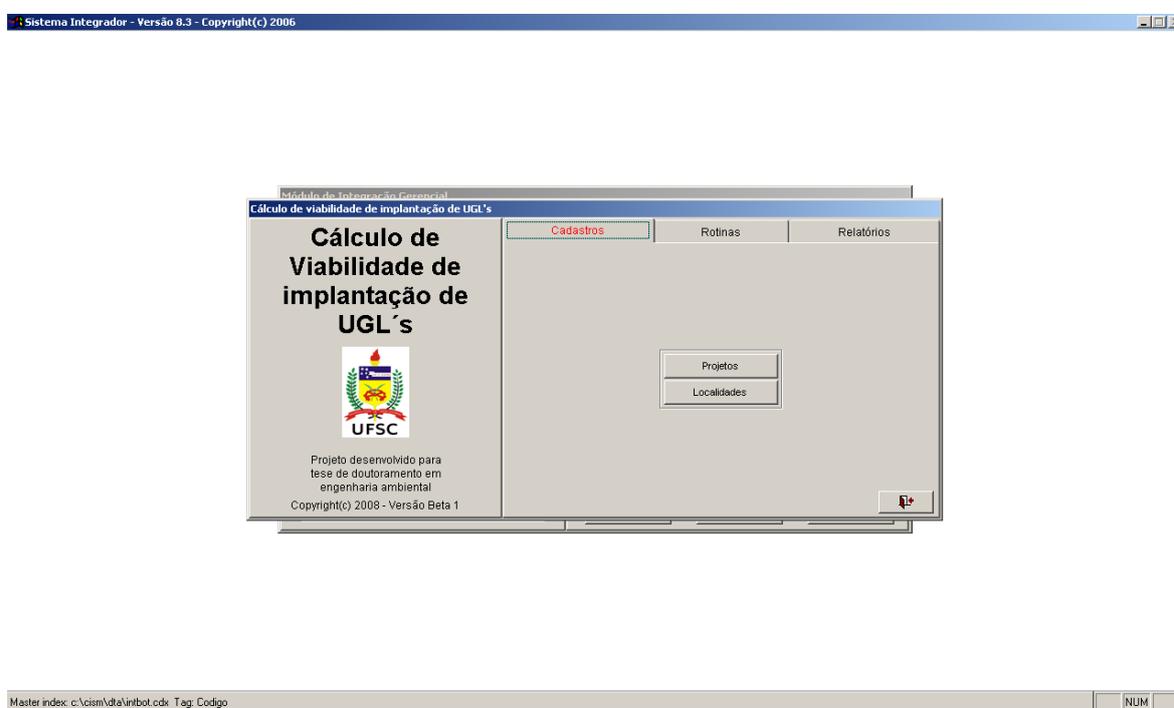
**MANUAL DO MÓDULO DE ANÁLISE GERENCIAL
CÁLCULO DE VIABILIDADE DE IMPLANTAÇÃO DE UGLS**

1) Entrada no sistema

O Sistema FoxPró possui uma tela de entrada, onde é possível navegar por todas as funções que o sistema desempenha. O sistema se divide em 3 partes principais:

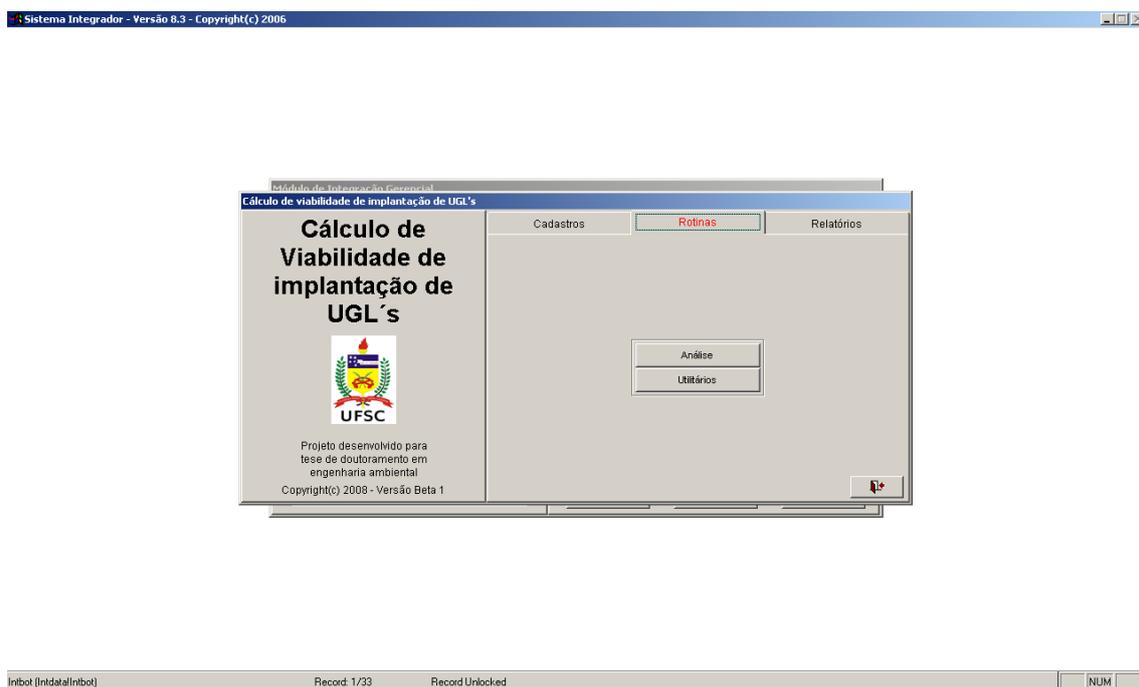
- Cadastros: Através desta função é possível incluir os parâmetros necessários para o desenvolvimento de projetos como cálculos envolvidos, quantidades de lodo e distâncias entre as localidades.

FIGURA 22 TELA DE CADASTROS



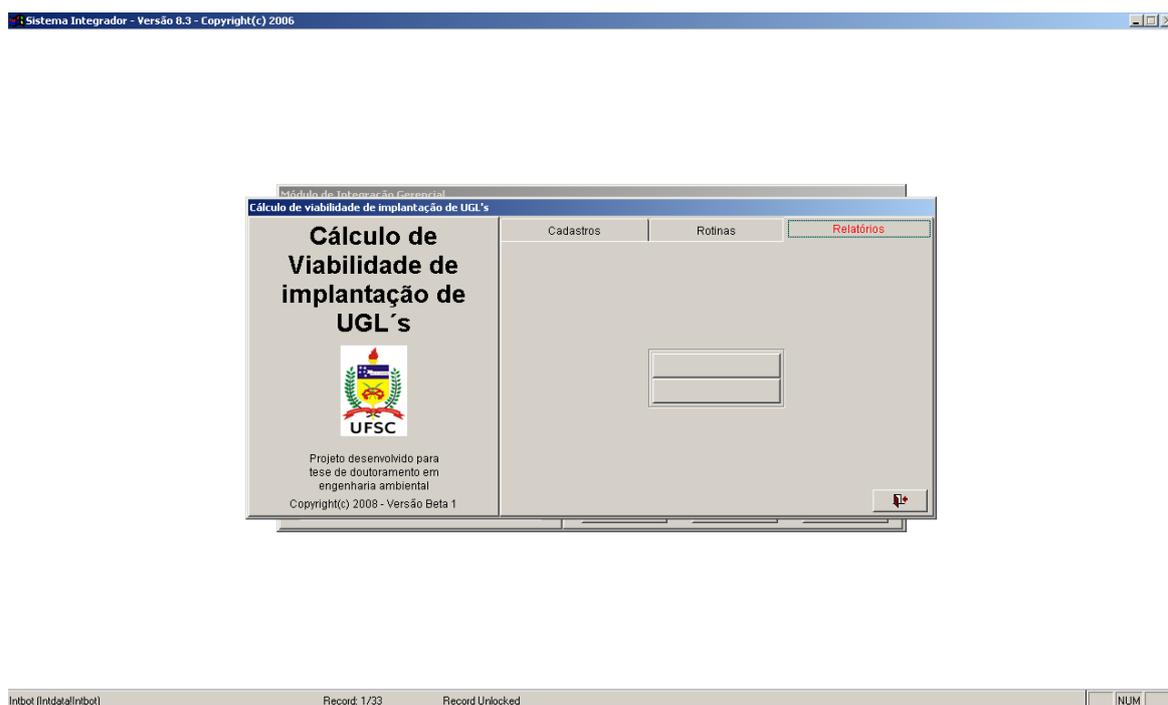
- Rotinas: Esta função efetua os cálculos de viabilidade dos dados do projeto, possibilitando ainda a criação eventual de utilitário, como exportação ou importação de dados.

FIGURA 23 TELA DE ROTINAS



- Relatórios: O Sistema FoxPró disponibiliza através desta pasta, relatórios com a opção de implementações futuras, além de versões para visualização e impressão.

FIGURA 24 TELA DE RELATÓRIOS



Por exemplo, ao efetuar busca pelo nome do projeto, parte ou todo, o sistema irá executar busca do projeto no banco de dados cadastrados. Caso o sistema não identifique o projeto, o cursor de consulta posicionará no primeiro registro que atenda parcialmente a consulta. A consulta pela <Ordem de Pesquisa>, filtra informações possibilitando uma identificação mais precisa do projeto.

O sistema FoxPró possibilita a inclusão, correção, exclusão e consulta de projetos, através das funções: <Novo>; <Edita>; <Exclui>; <Consulta>.

A criação de novos projetos se dá através da função <Novo> que aciona a tela cadastramento. Com esta função novos projetos, são incluídos no banco de dados do FoxPró.

A função <Edita> possibilita corrigir ou acrescentar informações de projetos cadastrados. Para operar esta função, primeiramente localiza-se o projeto, pelo procedimento <consulta> conforme apresentado anteriormente. Ao localizar o projeto a ser corrido, basta acionar a função <Edita>, com isto, o sistema habilitará a tela para as devidas correções de informações do projeto em questão.

A função <Exclui> irá remover todos os dados de um projeto cadastrado no banco de dados do FoxPró. Para ativar esta função, primeiramente localiza-se o projeto, pelo procedimento <consulta>. Ao localizar o projeto a ser excluído, aciona-se o botão <Excluir>. Neste momento o sistema FoxPró solicitará a confirmação de exclusão, que ao ser confirmado, todos os dados do referido projeto serão excluídos.

Vale acrescentar que ao acionar a opção <Consulta>, o sistema ativa a tela Cadastramento, com todos os dados desabilitados, ou seja não é possível alterar, apenas visualizar as informações.

A função <saída> representada por um ícone (pequena porta com uma seta) retorna para a tela anterior, sucessivamente, até a saída completa do sistema.

Os ícones <Novo>, <Edita> ou <Consulta>, conforme apresentado anteriormente, possibilitam acesso aos dados do projeto. Estes dados são organizados e descritos da seguinte forma :

FIGURA 26 CADASTRAMENTO

Sistema Integrador - Versão 8.3 - Copyright(C) 2006

Manutenção de Projetos

Manutenção Cadastramento

Código: 000001

Nome: URPC

Descrição: VIABILIDADE DE IMPLANTAÇÃO DE UGLS NA REGIONAL PONTA GROSSA

Data: 22/01/2008 No. Alternativas: 4

Área para 1 M3 de Lodo: 1.00 m2 Período de Formação dos lotes: 3 meses

Taxa de Aplicação Agrícola: 12.50 t/ha Custos de Investimento:

Frete por tonelada de lodo: 0.230000 R\$/ton . km rodado Custo análise p/ subst. orgânica: 4290.000000 R\$/ análise

Qtde. Máxima de UGL's: Custos de análise do lodo: 3091.000000 R\$/ análise

Vlr. Amostra do Solo: 210.00 R\$/ amostra Vlr. Amostra Metais Pesados: 330.00 R\$/ amostra

Valor da Cal: 240.00 R\$/ ton Vlr. Amostra Solo Param. Agron.: 210.00 R\$/ amostra

Nome: Incluir cenário

Atual

Nominal

2017

2027

Excluir cenário

Custos

Nº UGL	Nome/Descrição UGL	Alternativa	Área Apta Apl. Agr. C1	Área Apta Apl. Agr. C2	Área Apta Apl. Agr. C3
01	ETE VERDE	1	20108.37	20108.37	20108.37
02	ETE VERDE	2	20108.37	20108.37	20108.37
03	ETE ANTAS	2	4371.90	4371.90	4371.90
04	ETE VERDE	3	20108.37	20108.37	20108.37

Incluir UGL

Excluir UGL

Confirmar

Cancelar

Cismproj (Cismdata)Cismproj Record: 1/1 Record Unlocked NUM

- **Campo 'Código'**: Campo atribuído pelo usuário para identificar cada projeto. É um campo numérico, com até 6 dígitos, que permite o cadastramento de até 999.999 projetos diferentes.
- **Campo 'Descrição'**: Campo que permite a descrição de informações relevantes ao projeto.
- **Campo 'Data'**: Permite a inclusão da data de início do projeto.
- **Campo 'No. de alternativas'**: Permite a inclusão de alternativas para simulações de dados. O Sistema FoxPró processa até 8 alternativas.
- **Campo 'Área para 1 m³ de lodo'**: área necessária para armazenar 1 m³ de lodo. Aqui foi considerado o armazenamento do lodo em camadas de 1 m de altura, sendo necessário 1 m² para armazenar cada 1 m³ de lodo;
- **Campo 'Período de formação dos lotes'**: Da mesma forma que na simulação matemática por planilhas de Excel, foi estimado o período de 3 meses para formação dos lotes;
- **Campo 'Taxa de aplicação agrícola'**: que é a taxa permissível para aplicação do lodo no solo agricultável, aqui considerado igual a 12,5 t/há, conforme práticas comprovadas no Paraná;

- **Campo 'Frete por tonelada de lodo'**: Permite a inclusão de valores em real para cada tonelada por KM rodado;
- **Campo 'Custo da análise para substância orgânica'**: Incluem os custos de amostragem e análise para verificação da presença de substâncias orgânicas no lodo de esgoto, a saber: benzenos clorados; ésteres de ftalatos; fenóis não clorados; fenóis clorados; hidrocarbonetos aromáticos policíclicos e poluentes orgânicos persistentes (POP`s);
- **Campo 'Custo da análise do lodo'**: Incluindo os custos de amostragem, acondicionamento e transporte das amostras e realização de análises para determinação do potencial agronômico do lodo (Carbono orgânico; fósforo total; nitrogênio Kjeldahl; nitrogênio amoniacal; nitrogênio nitrato/nitrito; pH em água (1:10); potássio total; sódio total; enxofre total; cálcio total; magnésio total; umidade; sólidos voláteis e sólidos totais); para se detectar os teores de metais pesados presentes (Arsênio; Bário; Cádmiio; Chumbo; Cobre; Cromo; Mercúrio; Molibdênio; Níquel; Selênio; e Zinco) e visando a caracterização quanto a presença de agentes patogênicos e indicadores bacteriológicos, mediante a determinação de concentrações de: coliformes termotolerantes; ovos viáveis de helmintos; salmonella e vírus entéricos. Refere-se ao custo de amostragem necessária para caracterização e liberação de 1 lote de lodo de esgotos com fins de uso agrícola;
- **Campo 'Vlr. Amostra do solo'**: Referem-se aos custos de amostragem, acondicionamento e transporte das amostras e realização de análises para determinação do potencial agronômico (1 amostra para cada 20 ha) do solo;
- **Campo 'Vlr.Amostra Metais Pesados'** : Os custos de análise do solo para controle ambiental referem-se aos custos de amostragem, acondicionamento e transporte das amostras e realização de análises para e verificação da presença de metais pesados no solo (2 amostras para cada 20 ha);
- **Campo 'Vlr.Amostra Solo Parâmetros Agronomicos'**: Juntamente com o valor de amostra do solo, compõe os custos de análises para determinação do potencial agronômico.
- **Campo 'Valor da Cal'** :Custo de aquisição de 1 tonelada de cal, igual a 240,00 R\$/ton, a valores de novembro/2006.

Através da tela de cadastramento do projeto, cada cenário, bem como as UGLs que farão parte deste projeto, são cadastrados através de grades auxiliares. Os custos para cada cenário são cadastrados através de tela auxiliar.

A inclusão de novos cenários é efetuada através da ativação do botão <INCLUIR CENÁRIOS>. Com isto, o usuário deverá informar o nome do cenário, na grade auxiliar (ao lado esquerdo do botão).

A correção do nome do cenário pode ser efetuada, sempre que a grade auxiliar de cenários esteja aberta, com isto, removem-se as informações anteriores e substitui-se novas descrições.

A remoção de um cenário do projeto pode ser efetuada ao selecionar o cenário na grade auxiliar e ativar o ícone <Excluir Cenário>.

Na parte do cenário, também pode ser incluído as UGLs participantes do projeto, qual alternativa pertence e as áreas aptas para cada um dos cenários das UGLs. A inclusão é feita através do ícone <Incluir UGLS>, com a informação dos nomes/descrições da UGL, qual alternativa esta UGL pertence e as áreas aptas para cada cenário.

A correção de dados pode ser feita através do acesso à grade, e a remoção de uma UGLS do sistema, se dá através da grade auxiliar ativa, clicar no botão <Excluir UGL>.

O cadastramento dos custos são feitos pelo usuário, não são calculados automaticamente pelo sistema. Para efetuar esta ação basta selecionar na grade de cenários, o cenário a ser lançado e clicar no botão <CUSTOS>, que ativará uma nova tela para lançamento de custos, conforme figura 6:

2.2) Cadastro de Localidades

A rotina de Cadastro de Localidades corresponde às localidades que participam de um projeto, ou seja, as distâncias entre as localidades e as UGLs, bem como as distâncias entre as UGLs e os consumidores de lodo (Agricultores).

O lançamento das localidades se dá inicialmente através da escolha do código do projeto a ser lançado. Caso não seja possível identificar o código do projeto, a tecla <F5> poderá ser utilizada para uma busca rápida. Selecionado o projeto, todas as localidades cadastradas serão visualizadas na tela de lançamento, sendo que, cada linha do cadastro corresponde a um cenário. Caso o projeto não tenha nenhuma localidade lançada, esta ação poderá ser efetivada através dos botões <Incluir> e <Excluir> localidades.

O Lançamento de novas localidades é efetivado a partir do botão <Incluir>, que habilitará um campo chamado Localidade, abaixo da grade. Para gravar este novo lançamento utiliza-se o botão <Gravar>. Com isto, será incluído uma nova linha para cada cenário na grade auxiliar.

A Exclusão de uma localidade, ocorre sempre que selecionar, na grade a localidade a ser excluída e clicar no botão <Excluir>. O sistema solicitará confirmação da exclusão. A confirmação resulta em exclusão da localidade e também de todos os dados de quantidade e distância correspondentes a ela.

Caso seja necessário corrigir o nome de uma localidade, o usuário deverá acessar a grade auxiliar e alterar o nome, com isto todos os cenários serão automaticamente corrigidos.

A tela Lançamento de novas localidades permite também a inclusão das quantidades de lodo e outros insumos necessários para o tratamento deste, para isto, basta clicar no botão <Quantidades de Lodo> e o Sistema automaticamente abrirá a seguinte tela auxiliar:

FIGURA 28 QUANTIDADES DE LODO

Sistema Integrador - Versão 8.3 - Copyright(C) 2006

Localidades Quantidades de Lodo Distâncias

Localidade: ETE ANTAS - IRATI
 Cenário: 01-Atual

Qtde Lodo Desidratado M3:	30.88	M3/mês
Q.Lodo Desidratado:	375.23	Ton/Ano
Q.Lodo B.S.:	131.33	Ton/Ano
Q.Lodo Caleado M3:	35.82	M3/mês
Q.Lodo Caleado:	418.57	Ton/Ano
Qtde.Cal:	43.34	Ton/Ano

Confirma Volta

Selected 1 record in 0.02 seconds NUM

A tela auxiliar <Quantidades de Lodo> alimenta as seguintes informações do projeto:

- Campo 'Qtde. de lodo desaguado M3' :
- Campo 'Qtde. de lodo desaguado' :
- Campo 'Q. Lodo B.S.':
- Campo 'Q.Lodo Caleado M3' :
- Campo 'Q. Lodo Caleado' :
- Campo 'Qtde. Cal' :

Vale acrescentar que, sempre que os dados são lançados, para validação dos mesmos, faz-se necessário gravar estas informações através do botão <Confirma>, ou então <volta> caso seja necessário descartar a digitação e um novo dado ser lançado.

A Tela Lançamento de novas Localidades conta ainda com tela auxiliar <Distâncias> que corresponde à inclusão das distâncias entre a localidade e a UGL, bem como dos consumidores de lodo. Observe a tela Distâncias na figura abaixo:

FIGURA 29 DISTÂNCIAS

Localidade : ETE ANTAS - IRATI

Alternativa : 1

Destino (UGL) : ETE VERDE

Distância até a UGL : 98,55 KM

Distância da UGL até o produtor : 50,00 KM

Confirma Volta

Selected 2 records in 0.00 seconds NUM

A tela auxiliar Distâncias possui os seguintes parâmetros a serem alimentados pelo usuário:

- Campo 'Alternativa' : A alternativa a que distância se refere
- Campo 'Destino (UGL)' : Qual UGL o lodo se destina nesta alternativa
- Campo 'Distância até a UGL' : A distância entre a localidade e a UGL
- Campo 'Distância da UGL até o produtor': A distância entre a UGL e o produtor.

A alimentação das 3 telas auxiliares da Tela Lançamento de novas localidades é o último parâmetro necessário para que os cálculos sejam executados.

2.3) Rotina de Análise

Assim que todos os dados são adequadamente lançados nas tabelas auxiliares o Sistema FoxPró processa todas as informações, sendo possível visualizar os cálculos executados, ou seja o resumo de custos, os percentuais, valores e índices entre as alternativas, bem como os gráficos destes percentuais,

tanto por cenários quanto por alternativa. Também é possível exportar dados do sistema para planilhas Excel, possibilitando maior integração com outros sistemas que viabilize análises não previstas neste sistema. A partir do FoxPró serão geradas as seguintes planilhas:

1. Planilha **custos.xls** : Apresenta todos os custos lançados no sistema, individualizados por alternativa, conforme figura 9.

FIGURA 30 PLANILHA CUSTOS

			cenario01	cenario02	cenario03	cenario04	cenario05	cenario06	cenario07	cenario08	cenario09	cenario10	alter
1	custo												
2	-----> Investimento - Alternativa 1 <-----												
3	DESAPROPRIAÇÃO DE ÁREAS	00	1754.45	4731.08	3479.43	4952.65	0	0	0	0	0	0	0
4	MAROMBA INVESTIMENTO	00	58200	116400	116400	116400	0	0	0	0	0	0	0
5	PATIOS COBERTOS ESTOCAGEM	01-ETE VEI	360510.8	975641.6	0	0	0	0	0	0	0	0	0
6	PATIOS COBERTOS HIGIENIZAÇÃO	01-ETE VEI	20000	40000	40000	0	0	0	0	0	0	0	0
7	PATIOS COBERTOS ESTOCAGEM	01-ETE VEI	0	0	714880.4	1021803	0	0	0	0	0	0	0
8	PATIOS COBERTOS HIGIENIZAÇÃO	01-ETE VEI	0	0	0	40000	0	0	0	0	0	0	0
9	PATIOS COBERTOS ESTOCAGEM	03-ETE ANI	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0
10	PATIOS COBERTOS HIGIENIZAÇÃO	03-ETE ANI	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0
11	PATIOS COBERTOS ESTOCAGEM	03-ETE ANI	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0
12	PATIOS COBERTOS HIGIENIZAÇÃO	03-ETE ANI	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0
13	PATIOS COBERTOS ESTOCAGEM	06-ETE PFI	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0
14	PATIOS COBERTOS HIGIENIZAÇÃO	06-ETE PFI	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0
15	PATIOS COBERTOS ESTOCAGEM	06-ETE PFI	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0
16	PATIOS COBERTOS HIGIENIZAÇÃO	06-ETE PFI	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0
17	PATIOS COBERTOS ESTOCAGEM	08-ETE RCI	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0
18	PATIOS COBERTOS HIGIENIZAÇÃO	08-ETE RCI	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0
19	PATIOS COBERTOS ESTOCAGEM	08-ETE RCI	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0
20	PATIOS COBERTOS HIGIENIZAÇÃO	08-ETE RCI	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0
21	-----> Total da Alternativa <-----												
22	-----> Investimento - Alternativa 2 <-----												
23	DESAPROPRIAÇÃO DE ÁREAS	00	1778.45	4731.08	3479.43	4952.65	0	0	0	0	0	0	0
24	MAROMBA INVESTIMENTO	00	58200	116400	116400	116400	0	0	0	0	0	0	0
25	PATIOS COBERTOS ESTOCAGEM	01-ETE VEI	256086.8	786455	0	0	0	0	0	0	0	0	0
26	PATIOS COBERTOS HIGIENIZAÇÃO	01-ETE VEI	20000	20000	20000	0	0	0	0	0	0	0	0
27	PATIOS COBERTOS ESTOCAGEM	01-ETE VEI	0	0	465370.6	652218.8	0	0	0	0	0	0	0
28	PATIOS COBERTOS HIGIENIZAÇÃO	01-ETE VEI	0	0	0	20000	0	0	0	0	0	0	0
29	PATIOS COBERTOS ESTOCAGEM	03-ETE ANI	104424	189186.7	0	0	0	0	0	0	0	0	0
30	PATIOS COBERTOS HIGIENIZAÇÃO	03-ETE ANI	20000	20000	0	0	0	0	0	0	0	0	0
31	PATIOS COBERTOS ESTOCAGEM	03-ETE ANI	0	0	249509.9	369583.7	0	0	0	0	0	0	0
32	PATIOS COBERTOS HIGIENIZAÇÃO	03-ETE ANI	0	0	20000	20000	0	0	0	0	0	0	0

2. Planilha **frete_lodo_caleado_qtdes.xls** : Contém os dados utilizados para o cálculo do frete do lodo caleado, individualizado por alternativa, localidade e cenários conforme figura 10

FIGURA 31 PLANILHA FRETE LODO CALEADO

alternativa	localidade	ete	nmeete	distagni	distugl	cenario01	cenario02	cenario03	cenario04	cenario05	cenario06	cenario07	cenario08	cenario09
1	ETE ANTAS - IRATI	01	ETE VERDE	50	98.55	419	1167	688	1005	0	0	0	0	0
2	ETE AREIAL - PORTO AMAZONAS	01	ETE VERDE	50	78.68	46.9	156	99.8	160	0	0	0	0	0
3	ETE BORSATO - PONTA GROSSA	01	ETE VERDE	50	36.07	24.2	64.1	50.4	72	0	0	0	0	0
4	ETE CONCEIÇÃO - PORTO AMAZONAS	01	ETE VERDE	50	78.01	1.25	7.79	4.99	7.99	0	0	0	0	0
5	ETE CRISTO REI - PONTA GROSSA	01	ETE VERDE	50	23.53	21.7	60.7	52.7	75.2	0	0	0	0	0
6	ETE ENG. GUTIERREZ - IRATI	01	ETE VERDE	50	106.75	3.75	14.4	15.8	13.7	0	0	0	0	0
7	ETE GERTRUDES - PONTA GROSSA	01	ETE VERDE	50	68.66	112	444	316	451	0	0	0	0	0
8	ETE IMBITUVA - IMBITUVA	01	ETE VERDE	50	70.85	87.2	87.2	334	487	0	0	0	0	0
9	ETE INÁCIO MARTINS - INÁCIO MARTINS	01	ETE VERDE	50	186.31	12.1	141	168	271	0	0	0	0	0
10	ETE IPIRANGA - IPIRANGA	01	ETE VERDE	50	62.41	37.9	114	115	180	0	0	0	0	0
11	ETE IVAI - IVAI	01	ETE VERDE	50	98.65	20.8	59.2	51.8	73.7	0	0	0	0	0
12	ETE OLARIAS - PONTA GROSSA	01	ETE VERDE	50	22.05	248	938	511	707	0	0	0	0	0
13	ETE PALMEIRA - PALMEIRA	01	ETE VERDE	50	81.9	380	486	637	741	0	0	0	0	0
14	ETE PANUÁ - PRUDENTÓPOLIS	01	ETE VERDE	50	104.54	0	0	0	0	0	0	0	0	0
15	ETE PRUDENTÓPOLIS-PRUDENTÓPOLIS	01	ETE VERDE	50	107.91	217	223	648	1105	0	0	0	0	0
16	ETE RONDA - PONTA GROSSA	01	ETE VERDE	50	20.28	531	1876	1022	1414	0	0	0	0	0
17	ETE TIBAGI - PONTA GROSSA	01	ETE VERDE	50	22.7	69	364	316	451	0	0	0	0	0
18	ETE VERDE - PONTA GROSSA	01	ETE VERDE	50	0	1553	3854	2101	2909	0	0	0	0	0
19	ETE VILA RAQUEL - IRATI	01	ETE VERDE	50	104.55	3.75	14.4	15.8	23.7	0	0	0	0	0
20	ETE VILA ZEZO - IMBITUVA	01	ETE VERDE	50	70.85	16.7	27.8	0	0	0	0	0	0	0
21	FERNANDES PINHEIRO	01	ETE VERDE	50	121.75	0	0	0	0	0	0	0	0	0
22	GUARAMIRANGA	01	ETE VERDE	50	29.65	0	0	0	0	0	0	0	0	0
23	TEIXEIRA SOARES	01	ETE VERDE	50	65.46	0	0	92	137	0	0	0	0	0
24	ETE ANTAS - IRATI	03	ETE ANTAS	50	0	419	1167	688	1005	0	0	0	0	0
25	ETE AREIAL - PORTO AMAZONAS	01	ETE VERDE	50	78.68	46.9	156	99.8	160	0	0	0	0	0
26	ETE BORSATO - PONTA GROSSA	01	ETE VERDE	50	36.07	24.2	64.1	50.4	72	0	0	0	0	0
27	ETE CONCEIÇÃO - PORTO AMAZONAS	01	ETE VERDE	50	78.01	1.25	7.79	4.99	7.99	0	0	0	0	0
28	ETE CRISTO REI - PONTA GROSSA	01	ETE VERDE	50	23.53	21.7	60.7	52.7	75.2	0	0	0	0	0
29	ETE ENG. GUTIERREZ - IRATI	01	ETE VERDE	50	8.58	3.75	14.4	15.8	13.7	0	0	0	0	0
30	ETE GERTRUDES - PONTA GROSSA	01	ETE VERDE	50	68.66	112	444	316	451	0	0	0	0	0
31	ETE IMBITUVA - IMBITUVA	01	ETE VERDE	50	70.85	87.2	87.2	334	487	0	0	0	0	0
32	ETE ANTAS - IRATI	03	ETE ANTAS	50	28.14	87.2	87.2	334	487	0	0	0	0	0

3. Planilha `frete_lodo_desaguado_qtdes.xls`: Contém os dados utilizados para o cálculo do frete do lodo desaguado, individualizado por alternativa, localidade e cenários, conforme figura 11.

FIGURA 32 PLANILHA FRETE LODO DESAGUADO QTDES

alternativa	localidade	ete	nmeete	distagni	distugl	cenario01	cenario02	cenario03	cenario04	cenario05	cenario06	cenario07	cenario08	cenario09
1	ETE ANTAS - IRATI	01	ETE VERDE	50	98.55	375	1046	617	901	0	0	0	0	0
2	ETE AREIAL - PORTO AMAZONAS	01	ETE VERDE	50	78.68	42.6	142	90.7	145	0	0	0	0	0
3	ETE BORSATO - PONTA GROSSA	01	ETE VERDE	50	36.07	22	58.3	45.9	65.4	0	0	0	0	0
4	ETE CONCEIÇÃO - PORTO AMAZONAS	01	ETE VERDE	50	78.01	1.14	7.08	4.53	7.26	0	0	0	0	0
5	ETE CRISTO REI - PONTA GROSSA	01	ETE VERDE	50	23.53	18.9	52.9	45.9	65.4	0	0	0	0	0
6	ETE ENG. GUTIERREZ - IRATI	01	ETE VERDE	50	106.75	3.41	13.1	14.3	21.5	0	0	0	0	0
7	ETE GERTRUDES - PONTA GROSSA	01	ETE VERDE	50	68.66	97.4	387	275	393	0	0	0	0	0
8	ETE IMBITUVA - IMBITUVA	01	ETE VERDE	50	70.85	76	291	424	0	0	0	0	0	0
9	ETE INÁCIO MARTINS - INÁCIO MARTINS	01	ETE VERDE	50	186.31	10.9	127	151	243	0	0	0	0	0
10	ETE IPIRANGA - IPIRANGA	01	ETE VERDE	50	62.41	33	99.6	100	156	0	0	0	0	0
11	ETE IVAI - IVAI	01	ETE VERDE	50	98.65	18.1	51.5	45.1	64.1	0	0	0	0	0
12	ETE OLARIAS - PONTA GROSSA	01	ETE VERDE	50	22.05	216	817	445	616	0	0	0	0	0
13	ETE PALMEIRA - PALMEIRA	01	ETE VERDE	50	81.9	346	442	579	673	0	0	0	0	0
14	ETE PANUÁ - PRUDENTÓPOLIS	01	ETE VERDE	50	104.54	0	0	0	0	0	0	0	0	0
15	ETE PRUDENTÓPOLIS-PRUDENTÓPOLIS	01	ETE VERDE	50	107.91	189	194	564	962	0	0	0	0	0
16	ETE RONDA - PONTA GROSSA	01	ETE VERDE	50	20.28	463	1634	889	1231	0	0	0	0	0
17	ETE TIBAGI - PONTA GROSSA	01	ETE VERDE	50	22.7	60.1	317	275	393	0	0	0	0	0
18	ETE VERDE - PONTA GROSSA	01	ETE VERDE	50	0	1411	3504	1910	2644	0	0	0	0	0
19	ETE VILA RAQUEL - IRATI	01	ETE VERDE	50	104.55	3.41	13.1	14.3	21.5	0	0	0	0	0
20	ETE VILA ZEZO - IMBITUVA	01	ETE VERDE	50	70.85	14.5	24.2	0	0	0	0	0	0	0
21	FERNANDES PINHEIRO	01	ETE VERDE	50	121.75	0	0	0	0	0	0	0	0	0
22	GUARAMIRANGA	01	ETE VERDE	50	29.65	0	0	0	0	0	0	0	0	0
23	TEIXEIRA SOARES	01	ETE VERDE	50	65.46	0	0	83.6	125	0	0	0	0	0
24	ETE ANTAS - IRATI	03	ETE ANTAS	50	0	375	1046	617	901	0	0	0	0	0
25	ETE AREIAL - PORTO AMAZONAS	01	ETE VERDE	50	78.68	42.6	142	90.7	145	0	0	0	0	0
26	ETE BORSATO - PONTA GROSSA	01	ETE VERDE	50	36.07	22	58.3	45.9	65.4	0	0	0	0	0
27	ETE CONCEIÇÃO - PORTO AMAZONAS	01	ETE VERDE	50	78.01	1.14	7.08	4.53	7.26	0	0	0	0	0
28	ETE CRISTO REI - PONTA GROSSA	01	ETE VERDE	50	23.53	18.9	52.9	45.9	65.4	0	0	0	0	0
29	ETE ENG. GUTIERREZ - IRATI	01	ETE VERDE	50	8.58	3.41	13.1	14.3	21.5	0	0	0	0	0
30	ETE GERTRUDES - PONTA GROSSA	01	ETE VERDE	50	68.66	97.4	387	275	393	0	0	0	0	0
31	ETE IMBITUVA - IMBITUVA	01	ETE VERDE	50	70.85	76	291	424	0	0	0	0	0	0
32	ETE ANTAS - IRATI	03	ETE ANTAS	50	28.14	76	291	424	0	0	0	0	0	0

4. Planilha **monitoramento.xls** : Contém todos os dados gerados a partir do monitoramento do sistema, que será descrito a seguir, conforme figura 12.

FIGURA 33 PLANILHA MONITORAMENTO

parametro	ete	cenario01	cenario02	cenario03	cenario04	cenario05	cenario06	cenario07	cenario08	cenario09	cenario10	idem
-----> Alternativa 1 <-----		0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0
Número de ETES Atendidas por UGL	01-ETE VERDE	19	19	19	19	0	0	0	0	0	0	0
Lodo desidratado caleado (m³/mês)	01-ETE VERDE	372,13	1008,64	739,13	1056,09	0	0	0	0	0	0	0
Lodo desidratado caleado (ton/ano)	01-ETE VERDE	3805,25	10098,59	7239,29	10284,29	0	0	0	0	0	0	0
Lodo desidratado base seca (ton/ano)	01-ETE VERDE	1033,58	2860,44	2136,32	3078,85	0	0	0	0	0	0	0
Lodo desidratado caleado base seca (ton/ano)	01-ETE VERDE	1438,04	3955,97	2934,56	4218,88	0	0	0	0	0	0	0
Número amostragens mínima (ano)	01-ETE VERDE	4	6	6	6	0	0	0	0	0	0	0
Período de formação dos lotes adotado (x meses)	01-ETE VERDE	3	3	3	3	0	0	0	0	0	0	0
Área armazenamento (m² /((x+1) meses)	01-ETE VERDE	975	2632,83	1930,68	2760,69	0	0	0	0	0	0	0
Tamanho lotes (ton / ano x meses)	01-ETE VERDE	951,31	2524,65	1809,82	2571,07	0	0	0	0	0	0	0
Tamanho lotes base seca (ton / x meses)	01-ETE VERDE	258,4	715,11	534,08	769,71	0	0	0	0	0	0	0
Número amostragens (ano)	01-ETE VERDE	4	6	6	6	0	0	0	0	0	0	0
Nº de Amostras lodo- Substâncias Orgânicas (ano)	01-ETE VERDE	19	19	19	19	0	0	0	0	0	0	0
Custo análises Lodo (R\$/mês)	01-ETE VERDE	7822,8333	8338	8338	8338	0	0	0	0	0	0	0
Área necessária para aplicação agrícola (há)	01-ETE VERDE	28,76	79,12	58,69	84,38	0	0	0	0	0	0	0
Área Apta Homogênea (há)	01-ETE VERDE	20108,37	20108,37	20108,37	20108,37	0	0	0	0	0	0	0
Necessidade de Área Complementar (0 - Não / 1 - Sim)	01-ETE VERDE	1	1	1	1	1	1	1	1	1	1	1
Nº de Amostras solo - Metais pesados	01-ETE VERDE	2,876	7,912	5,869	8,438	0	0	0	0	0	0	0
Nº de Amostras solo - Parâmetros Agronômicos	01-ETE VERDE	1,438	3,956	2,9345	4,219	0	0	0	0	0	0	0
-----> Alternativa 2 <-----		0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0
Número de ETES Atendidas por UGL	01-ETE VERDE	11	11	11	11	0	0	0	0	0	0	0
Número de ETES Atendidas por UGL	03-ETE ANTAS	8	8	8	8	0	0	0	0	0	0	0
Lodo desidratado caleado (m³/mês)	01-ETE VERDE	264,07	812,69	481,05	673,57	0	0	0	0	0	0	0
Lodo desidratado caleado (m³/mês)	03-ETE ANTAS	108,06	195,95	258,08	382,52	0	0	0	0	0	0	0
Lodo desidratado caleado (ton/ano)	01-ETE VERDE	2665,75	7937,79	4640,69	6500,89	0	0	0	0	0	0	0
Lodo desidratado caleado (ton/ano)	03-ETE ANTAS	1139,5	2160,8	2598,6	3783,4	0	0	0	0	0	0	0
Lodo desidratado base seca (ton/ano)	01-ETE VERDE	702,58	2254,22	1344,18	1886,35	0	0	0	0	0	0	0
Lodo desidratado base seca (ton/ano)	03-ETE ANTAS	331	606,22	792,14	1192,5	0	0	0	0	0	0	0
Lodo desidratado caleado base seca (ton/ano)	01-ETE VERDE	984,74	3124,13	1857,76	2604,58	0	0	0	0	0	0	0
Lodo desidratado caleado base seca (ton/ano)	03-ETE ANTAS	453,3	831,84	1076,8	1614,3	0	0	0	0	0	0	0
Número amostragens mínima (ano)	01-ETE VERDE	4	6	4	6	0	0	0	0	0	0	0

5. Planilha **valor_da_cal_qdes.xls**: Contém os dados gerados para cálculo do volume da cal, individualizado por alternativa , ETE e cenário, conforme figura 13.

FIGURA 34 PLANILHA VALOR DA CAL QDES

alternativa	ETE	cenario01	cenario02	cenario03	cenario04	cenario05	cenario06	cenario07	cenario08	cenario09	cenario10
01	ETE VERDE	403,48	1095,74	798,14	1141,52	0	0	0	0	0	0
02	ETE VERDE	282,18	869,63	513,32	719,22	0	0	0	0	0	0
03	ETE ANITAS	121,3	226,11	284,82	422,3	0	0	0	0	0	0
04	ETE VERDE	282,18	869,63	513,32	719,22	0	0	0	0	0	0
05	ETE ANITAS	93,3	197,31	201,02	279,3	0	0	0	0	0	0
06	ETE PRUDENTÓPOLIS	28	28,8	83,8	143	0	0	0	0	0	0
07	ETE VERDE	158,3	415,35	238,71	332,02	0	0	0	0	0	0
08	ETE ANITAS	43,3	121	71,3	104	0	0	0	0	0	0
09	ETE PRUDENTÓPOLIS	28	28,8	83,8	143	0	0	0	0	0	0
10	ETE RONDA	150,89	476,03	310,91	421,87	0	0	0	0	0	0
11	ETE IMBITUVA	11,3	11,3	43,2	63	0	0	0	0	0	0
12	ETE VILA ZEZO	2,16	3,59	0	0	0	0	0	0	0	0
13	ETE INÁCIO MARTINS	1,26	14,6	17,4	28,1	0	0	0	0	0	0
14	ETE IPIRANGA	4,9	14,8	14,9	23,2	0	0	0	0	0	0
15	ETE VILA RAQUEL	0,34	1,31	1,43	2,15	0	0	0	0	0	0
16	ETE ENG GUTIERREZ	0,34	1,31	1,43	2,15	0	0	0	0	0	0
17	ETE IVAI	2,69	7,65	6,7	9,53	0	0	0	0	0	0
18	ETE PRUDENTÓPOLIS	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0
19	ETE TEIXEIRA SOARES	0	0	8,36	12,5	0	0	0	0	0	0
20	ETE FERNANDES PINHEIRO	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0
21	ETE GUARAMIRANGA	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0

O processo de análise é iniciado a partir da localização do projeto a ser calculado. A tecla <F5> poderá ser utilizada para uma consulta mais rápida. Observe modelo de processo de análise na figura 14.

FIGURA 35 PROCESSO DE ANÁLISE

Parâmetro	ETE	Cenário 1	Cenário 2	Cenário 3	Cenário 4	Cenário 5
Informe o código do projeto : 000001 URPG						
-----> Alternativa 1 <-----						
Número de ETes Atendidas por UGL	01-ETE VERDE	19.0000	19.0000	19.0000	19.0000	19.0000
Lodo desidratado caledado (m³/mês)	01-ETE VERDE	372.1300	1008.6400	739.1300	1056.0900	0.0000
Lodo desidratado caledado (ton/ano)	01-ETE VERDE	3805.2500	10098.5900	7239.2900	10284.2900	0.0000
Lodo desidratado base seca (ton/ano)	01-ETE VERDE	1033.5800	2860.4400	2136.3200	3078.8500	0.0000
Lodo desidratado caledado base seca (ton/ano)	01-ETE VERDE	1438.0400	3955.9700	2934.5600	4218.8800	0.0000
Número amostragens mínima (ano)	01-ETE VERDE	4.0000	6.0000	6.0000	6.0000	0.0000
Período de formação dos lotes adotado (x meses)	01-ETE VERDE	3.0000	3.0000	3.0000	3.0000	0.0000
Área armazenamento (m²/(x+1) meses)	01-ETE VERDE	975.0000	2632.8300	1930.6800	2760.6900	0.0000
Tamanho lotes (ton / ano x meses)	01-ETE VERDE	951.3100	2524.6500	1809.8200	2571.0700	0.0000
Tamanho lotes base seca (ton / x meses)	01-ETE VERDE	258.4000	715.1100	534.0800	769.7100	0.0000
Número amostragens (ano)	01-ETE VERDE	4.0000	6.0000	6.0000	6.0000	0.0000
Nº de Amostras lodo- Substâncias Orgânicas (ano)	01-ETE VERDE	19.0000	19.0000	19.0000	19.0000	0.0000
Custo análises Lodo (R\$/mês)	01-ETE VERDE	7822.8333	8338.0000	8338.0000	8338.0000	0.0000
Área necessária para aplicação agrícola (há)	01-ETE VERDE	28.7600	79.1200	58.6900	84.3800	0.0000
Área Aptas Homogênea (há)	01-ETE VERDE	20108.3700	20108.3700	20108.3700	20108.3700	0.0000
Necessidade de Área Complementar (0 - Não / 1 - Sim)	01-ETE VERDE	1.0000	1.0000	1.0000	1.0000	1.0000
Nº de Amostras solo - Metais pesados	01-ETE VERDE	2.8760	7.9120	5.8690	8.4380	0.0000
Nº de Amostras solo - Parâmetros Agronômicos	01-ETE VERDE	1.4380	3.9560	2.9345	4.2190	0.0000
-----> Alternativa 2 <-----						
Número de ETes Atendidas por UGL	01-ETE VERDE	11.0000	11.0000	11.0000	11.0000	11.0000
Número de ETes Atendidas por UGL	03-ETE ANTA	8.0000	8.0000	8.0000	8.0000	8.0000

Os dados dos parâmetros calculados pelo sistema FoxPró serão apresentados na pasta Monitoramento, e o restante dos dados nas seguintes. Observe na figura 15 o Resumo de Custos gerado pelo sistema:

FIGURA 36 RESUMO DE CUSTOS

Sistema Integrador - Versão 8.3 - Copyright(c) 2006

Análise dos Projetos

Monitoramento | **Resumo de Custos** | Percentagens Totais | Custos totais (R\$) | Gráficos por Cenário | Gráficos por Alternativa

Informe o código do projeto: 000001 URPG

Custo	UGL	Tipo	Cenário 1	Cenário 2	Cenário 3	Cenário 4
-----> Investimento - Alternativa 1 <-----						
DESAPROPRIAÇÃO DE ÁREAS	00	I	1754.45	4731.08	3479.43	4952.65
MAROMBA INVESTIMENTO	00	I	58200.00	116400.00	116400.00	116400.00
PÁTIOS COBERTOS ESTOCAGEM	01-ETE VERQ	I	360510.81	975641.63		
PÁTIOS COBERTOS HIGIENIZAÇÃO	01-ETE VERQ	I	20000.00	40000.00	40000.00	
PÁTIOS COBERTOS ESTOCAGEM	01-ETE VERQ	I			714880.43	1021802.51
PÁTIOS COBERTOS HIGIENIZAÇÃO	01-ETE VERQ	I				40000.00
PÁTIOS COBERTOS ESTOCAGEM	03-ETE ANT4	I	0.00	0.00		
PÁTIOS COBERTOS HIGIENIZAÇÃO	03-ETE ANT4	I	0.00	0.00		
PÁTIOS COBERTOS ESTOCAGEM	03-ETE ANT4	I			0.00	0.00
PÁTIOS COBERTOS HIGIENIZAÇÃO	03-ETE ANT4	I			0.00	0.00
PÁTIOS COBERTOS ESTOCAGEM	06-ETE PRU1	I	0.00	0.00		
PÁTIOS COBERTOS HIGIENIZAÇÃO	06-ETE PRU1	I	0.00	0.00		
PÁTIOS COBERTOS ESTOCAGEM	06-ETE PRU1	I			0.00	0.00
PÁTIOS COBERTOS HIGIENIZAÇÃO	06-ETE PRU1	I			0.00	0.00
PÁTIOS COBERTOS ESTOCAGEM	08-ETE RON1	I	0.00	0.00		
PÁTIOS COBERTOS HIGIENIZAÇÃO	08-ETE RON1	I	0.00	0.00		
PÁTIOS COBERTOS ESTOCAGEM	08-ETE RON1	I			0.00	0.00
PÁTIOS COBERTOS HIGIENIZAÇÃO	08-ETE RON1	I			0.00	0.00
-----> Total da Alternativa <-----			440465.26	1136772.71	874759.86	1183155.16
-----> Investimento - Alternativa 2 <-----						
DESAPROPRIAÇÃO DE ÁREAS	00	I	1778.45	4731.08	3479.43	4952.65
MAROMBA INVESTIMENTO	00	I	58200.00	116400.00	116400.00	116400.00

Monitoramento Record: 1/376 Exclusive NUM

A pasta Percentagens Totais apresenta a descrição do custo, a UGL, se for o caso, o tipo do custo ([I]Investimento ou [O]peracional) e o valor para cada um dos cenários. Observe na figura 16 a visualização da pasta Percentagens Totais.

FIGURA 37 PERCENTAGENS TOTAIS

Sistema Integrador - Versão 8.3 - Copyright(c) 2006

Análise dos Projetos

Monitoramento | Resumo de Custos | **Percentagens Totais** | Custos totais (R\$) | Gráficos por Cenário | Gráficos por Alternativa

Informe o código do projeto: 000001 URPO

Custos de Investimento	Alternativa	Cenário 1	Cenário 2	Cenário 3	Cenário 4
1		100.00	100.00	100.00	100.00
2		104.55	100.00	100.00	100.00
3		109.09	101.76	102.29	101.69
4		158.67	115.85	122.89	116.92

Custos Operacionais	Alternativa	Cenário 1	Cenário 2	Cenário 3	Cenário 4
1		100.00	102.06	103.22	103.36
2		100.51	100.00	100.00	100.00
3		102.38	100.76	101.16	100.33
4		123.96	109.37	112.94	108.40

Índice de Custos Totais	Alternativa	Cenário 1	Cenário 2	Cenário 3	Cenário 4
1		100.00	102.04	103.20	103.35
2		100.53	100.00	100.00	100.00
3		102.38	100.74	101.14	100.31
4		123.97	109.37	112.91	108.38

Nesta tela, o Sistema FoxPro considera que o menor custo terá o percentual de 100 %, e o restante dos custos um índice em relação a estes 100 %, individualizados por Custos de Investimento, Custos operacionais e os custos totais.

Observe na figura 17 a visualização da pasta CUSTOS TOTAIS (R\$):

FIGURA 38 CUSTOS TOTAIS

Sistema Integrador - Versão 8.3 - Copyright(c) 2006

Análise dos Projetos

Monitoramento | Resumo de Custos | Percentagens Totais | **Custos totais (R\$)** | Gráficos por Cenário | Gráficos por Alternativa

Informe o código do projeto: 000001 URPO

Custos de Investimento (R\$)	Alternativa	Cenário 1	Cenário 2	Cenário 3	Cenário 4
1		440465.26	1136772.71	874759.86	1183155.16
2		460489.25	1136772.71	874759.86	1183155.16
3		480513.26	1156796.71	894783.86	1203179.15
4		698905.26	1316988.71	1074999.86	1383395.16

Custos Operacionais (R\$)	Alternativa	Cenário 1	Cenário 2	Cenário 3	Cenário 4
1		36964.12	78521.79	61998.65	82728.70
2		37153.37	76934.11	60067.06	80036.98
3		37844.08	77518.79	60762.47	80297.35
4		45822.48	84144.72	67838.79	86761.94

Índice de custos totais (R\$)	Alternativa	Cenário 1	Cenário 2	Cenário 3	Cenário 4
1		35.76	27.45	29.02	26.87
2		35.95	26.90	28.12	26.00
3		36.61	27.10	28.44	26.08
4		44.33	29.42	31.75	28.18

Percentagens:3 Record: EOF/4 Exclusive NUM

O Visual FoxPró conta ainda com relatórios gráficos, através da pasta GRÁFICOS POR CENÁRIO e GRÁFICOS POR ALTERNATIVA, que apresentam os percentuais totais, os cenários e alternativas, conforme as próximas telas (fig.18 e 19).

FIGURA 39 GRÁFICOS POR CENÁRIOS

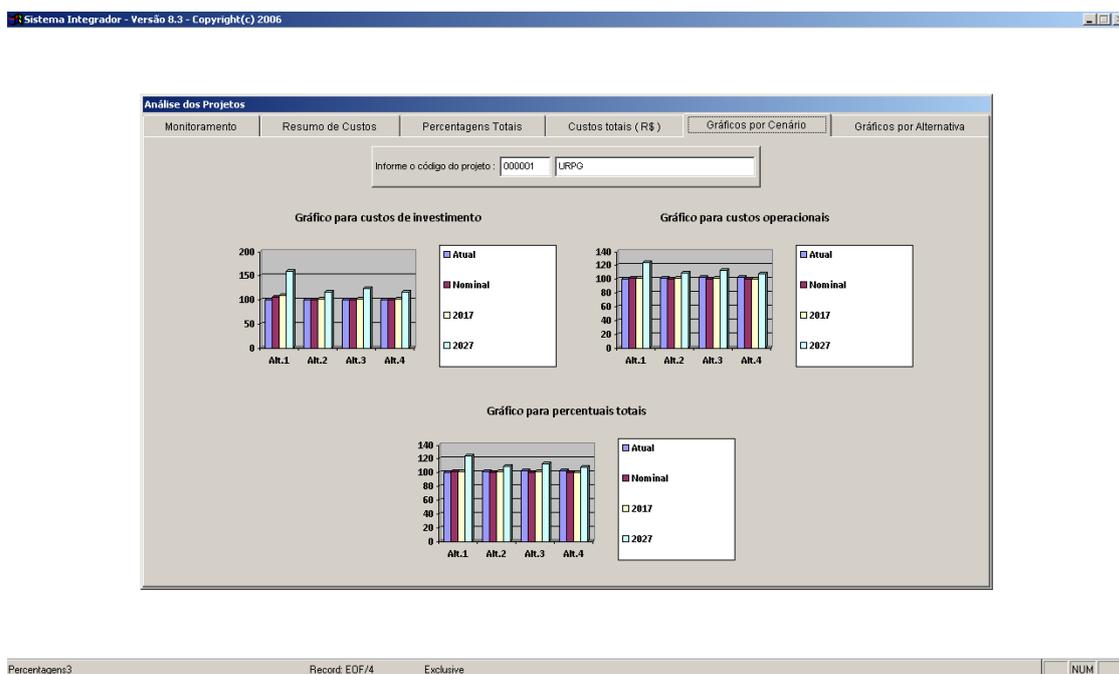


FIGURA 40 GRÁFICOS POR ALTERNATIVA

