

**UNIVERSIDADE DE TAUBATÉ**  
**Luís Augusto de Carvalho Bresser Dores**

**ENCERRAMENTO DE ATERRO SANITÁRIO**  
**Estudo de caso**

**Taubaté – SP**  
**2007**

**UNIVERSIDADE DE TAUBATÉ**  
**Luís Augusto de Carvalho Bresser Dores**

**ENCERRAMENTO DE ATERRO SANITÁRIO**  
**Estudo de caso**

Dissertação apresentada para a  
obtenção do Certificado de Título de  
Mestre pelo Curso de Ciências  
Ambientais do Departamento de Pós-  
Graduação em Ciências Ambientais da  
Universidade de Taubaté.

Área de Concentração: Ciências  
Ambientais

Orientador: Prof. Dr. Paulo Fortes Neto

**Taubaté – SP**  
**2007**

**Ficha catalográfica elaborada pelo  
SIBi – Sistema Integrado de Bibliotecas / UNITAU**

D695e      Dores, Luís Augusto de Carvalho Bresser  
              Encerramento de aterro sanitário: estudo de caso / Luís Augusto de  
              Carvalho Bresser Dores. - 2007.  
              116f.: il.

              Dissertação (mestrado) - Universidade de Taubaté, Programa de Pós-  
              graduação em Ciências Ambientais, 2007.  
              Orientação: Prof. Dr. Paulo Fortes Neto, Departamento de Ciências  
              Agrárias.

              1. Aterro sanitário. 2. Encerramento de aterro sanitário.  
              3. Remediação de aterro sanitário. 4. Resíduo sólido urbano. I. Título.

**LUÍS AUGUSTO DE CARVALHO BRESSER DORES**

**ENCERRAMENTO DE ATERRO SANITÁRIO**

**Estudo de caso**

Dissertação apresentada para obtenção do Certificado de Mestre pelo Curso em Ciências Ambientais do Departamento de Pós-Graduação da Universidade de Taubaté

Área de Concentração: Ciências Ambientais

Data: 03/10/2007

Resultado: Aprovado

**BANCA EXAMINADORA**

<b>Membro</b>	<b>Instituição</b>
Profª Dra. Mariko Ueno	Programa de Pós-Graduação em Ciências Ambientais/UNITAU
Prof. Dr. Paulo Fortes Neto	Programa de Pós-Graduação em Ciências Ambientais/UNITAU
Prof. Dr. Mario Valério Filho	UNIMES – Universidade Metropolitana de Santos – Inst. Ciência da Saúde

Prof. Dr. Paulo Fortes Neto  
Orientador

*Dedico esse trabalho à memória dos meus pais Dr. Candido Augusto Bresser  
Dores e Gilda de Carvalho Bresser Dores, e a Deus por terem em cada  
momento da minha vida, dado a oportunidade de tomar o rumo na direção da  
lucidez da fé, do amor e da firmeza da esperança.*

## **AGRADECIMENTOS**

À Faculdade Municipal “Professor Franco Montoro”, através de seu diretor, Prof. Dr. Alair Assis, a quem devo o esforço e a ajuda na produção desta obra, e aos colegas professores e funcionários da Instituição, que muito contribuíram para o meu crescimento técnico e didático, me apoiando nas horas mais difíceis.

À minha querida irmã Martha de Carvalho Bresser Dores, que tanto me ajudou a vencer mais esta etapa da vida.

À Prof<sup>a</sup>. Dr.<sup>a</sup> Maria Júlia Ferreira Xavier Ribeiro e Prof. Dr. Márcio Joaquim Estefano de Oliveira, pela atenção, paciência, clareza, presteza, esforço e dedicação no meu aprendizado.

Ao orientador Prof. Dr. Paulo Fortes Neto pelo interesse que teve na minha formação.

Aos professores e funcionários da Universidade de Taubaté, em especial à secretária Jeni Gondolo.

Aos meus familiares, que exerceram plenamente a ação da paciência.

Expresso minha gratidão a todos fazendo o uso das palavras do célebre romancista, Tolstoi, educador e apóstolo de um amor universal:

***“Na vida, só há uma maneira de sermos felizes: viver para os outros”.***

## LISTA DE SIGLAS E ABREVIATURAS

AC – Antes de Cristo .....
ABNT - Associação Brasileira de Normas Técnicas .....
BNDES - Banco Nacional de Desenvolvimento Econômico e Social .....
CPLEA - Coordenadoria de Planejamento Ambiental Estratégico e Educação Ambiental da Secretaria do Meio Ambiente – SP .....
CETESB - Companhia de Tecnologia de Saneamento Ambiental .....
CEMPRE - Compromisso Empresarial para Reciclagem .....
CONAMA - Conselho Nacional do Meio Ambiente .....
CONSEMA - Conselho Estadual do Meio Ambiente .....
CPRN - Coordenadoria de Licenciamento Ambiental e de Proteção de Recursos Naturais .....
DAIA - Departamento de Avaliação de Impacto Ambiental .....
DBO – Demanda Bioquímica de Oxigênio .....
DPRN - Departamento Estadual de Proteção de Recursos Naturais.....
DQO – Demanda Química de Oxigênio .....
DSM - Departamento de Serviços Municipais .....
EIA - Estudo de Impacto Ambiental .....
FECOP - Fundo Estadual de Combate à Pobreza .....
ETE - Estação de Tratamento de Esgoto .....
FMPFM - Faculdade Municipal “Professor Franco Montoro”.....
IBGE - Instituto Brasileiro de Geografia e Estatística .....
ICGE - Instituto de Geociências e Ciências Exatas (da UNESP) .....
IPEA - Instituto de Pesquisa Econômica Aplicada .....
IPT - Instituto de Pesquisas Tecnológicas do Estado de São Paulo .....
IQC - Índice de Qualidade de Usinas de Compostagem .....
IQR - Índice de qualidade de Aterro de Resíduos .....
IQR Valas - Índice de Qualidade de Aterros em Valas hab/ km <sup>2</sup> - Habitante por quilometro quadrado .....
NBR – Norma Brasileira .....
ONU – Organização das Nações Unidas .....
OMS - Organização Mundial de Saúde .....
PCB's - Produtos químicos sintéticos (di-fenilas policloradas) .....
PEAD - Polietileno de Alta Densidade.....
PMMM - Prefeitura Municipal de Mogi Mirim .....
RIMA - Relatório de Impacto Ambiental .....
RSS – Resíduos Sólidos de serviços de Saúde.....
RSU – Resíduos Sólidos Urbanos .....
SISNAMA - Sistema Nacional do Meio Ambiente .....
SNIS – Sistema Nacional de Informações sobre Saneamento .....
SNSA - Secretaria Nacional de Saneamento Ambiental .....
TAC - Termo de Compromisso de Ajustamento de Conduta .....
UNEP - <i>United Nations Environment Programm</i> .....
UNESP - Universidade Estadual Paulista "Júlio de Mesquita Filho" .....
UNICEF - <i>United Nations Children's Fund</i> .....
UFSC - Universidade Federal de Santa Catarina.....
USA - <i>United States of América</i> .....
USEPA - <i>United States Environmental Protection Agency</i> .....

## LISTA DE FIGURAS

Figura 1: Esquema de implantação de Aterro Sanitário. ....	29
Figura 2: Corte do esquema de aterro sanitário em vala. ....	36
Figura 3: Corte do esquema de aterro sanitário em vala. ....	37
Figura 4: Corte do esquema de aterro sanitário em vala. Um quarto da referida área é utilizado como área verde .....	38
Figura 5: Fotografia - Abertura da Trincheira .....	39
Figura 6: Fotografia - Instalação da geomembrana de PEAD sobre camada de solo argiloso compactado na Trincheira .....	39
Figura 7: Fotografia - Instalação da geomembrana de PEAD e a instalação do sistema de drenagem das águas percoladas (Chorume) e de gás metano (biogás) em meio ao solo argiloso compactado .....	39
Figura 8: Fotografia - Mesma situação anterior.....	39
Figura 9: Exemplo de área para Aterro Sanitário – Terreno acidentado	41
Figura 10: Corte perpendicular de um aterro sanitário convencional de área .....	41
Figura 11: Fotografia - Aplicação de PEAD, aterro sanitário convencional de área .....	42
Figura 12: Fotografia - Ancoragem da manta de PEAD no aterro sanitário convencional de área.....	42
Figura 13: Após a ancoragem da manta de PEAD, nova fase .....	43
Figura 14: Corte perpendicular de um aterro sanitário convencional localizado em encosta, camadas ou células.....	43
Figura 15: Fotografia - Aplicação de camada de solo argiloso sobre manta de PEAD em aterro sanitário convencional em camadas, localizado em encosta .....	44
Figura 16: Fotografia - Aterro sanitário convencional em camadas localizado em encosta.....	44
Figura 17: Fotografia - Aterro sanitário convencional em camadas localizado em encosta. ....	45
Figura 18: Fotografia – Tanque de chorume com manta de PEAD.....	45
Figura 19: Fotografia - ETE aeróbio de líquidos percolados (CHORUME) em aterro sanitário convencional.....	46
Figura 20: Organograma sobre a estrutura funcional do DSM.....	63
Figura 21: Localização da Área de Estudo. <i>Google Earth</i> , 2005.....	64
Figura 22: Entorno e área de influencia em 14.03.2007.....	66
Figura 23: Entorno e área de influencia em 14.03.2007.....	66
Figura 24: Aterro Sanitário de Mogi Mirim – 14.03.2007. Gás metano.....	67
Figura 25: Aterro Sanitário de Mogi Mirim – 14.03.2007. ....	67
Figura 26: Vista parcial do Aterro Sanitário de Mogi Mirim .....	79
Figura 27: Sistema de drenagem dos gases em 25.11.2007. ....	79
Figura 28: Lagoa recirculação de chorume em 25.11.2007. ....	80



Figura 29: Sistema de captação do chorume .....	80
Figura 30: Esquema de um aterro encerrado e recuperado.....	90
Figura 31: Vedações superiores e de base, e instalações para drenagem e captura de gás.....	91
Figura 32: Corte transversal do aterro sanitário de Hahn-Lehmdem, Alemanha.....	92

## LISTA DE TABELAS

Tabela 01 - Quantidades de unidades de processamento de RSU, segundo tipo de unidade, Brasil, municípios selecionados, 2004 .....	21
Tabela 02 - Funções, materiais e recomendações gerais dos componentes possíveis de um sistema de cobertura.....	72
Tabela 03 - Enquadramento dos municípios do estado de São Paulo, Mogi Mirim e Mogi Guaçu, quanto as condições de tratamento e disposição dos resíduos sólidos domiciliares (IQR) no período de 1997 a 2005 .....	86
Tabela 04 - Procedimento para o encerramento do aterro.....	88
Tabela 05 - Exemplos de normas brasileiras, elaboradas pela ABNT, referentes a resíduo sólido, classificadas por tipo e data ....	112

## **ENCERRAMENTO DE ATERRO SANITÁRIO: Estudo de caso.**

Autor: LUÍS AUGUSTO DE CARVALHO BRESSER DORES  
Orientador: Prof. Dr. PAULO FORTES NETO

### **RESUMO**

O enfoque deste estudo de caso foi o encerramento das atividades de um aterro sanitário que operava fora dos padrões exigidos pela legislação. Este estudo teve como objetivo principal apresentar um assunto que vem sendo discutido no país, tanto nos níveis acadêmicos quanto nos administrativos. A metodologia empregada foi elaborada com base nos dados contidos em documentos existentes nas unidades da CETESB, nas informações obtidas junto ao Departamento de Serviços Municipais da Prefeitura Municipal de Mogi Mirim e no Projeto de Encerramento e Recuperação do Aterro Sanitário de Mogi Mirim. Durante o trabalho observou-se ocorrência de vários problemas tais como a dicotomia teórica e prática presente na estrutura de um aterro, a ausência de metodologias inter e multidisciplinares, com conteúdos formativos e informativos sobre as atividades de um aterro, a falta de articulação dos três níveis de governo (municipal, estadual e federal) e o distanciamento dos mesmos das instituições de ensino e pesquisa, a dificuldade de implantação das ações saneadoras e a falta de estrutura e corpo técnico qualificado para a realização das atividades de operação e encerramento de um aterro. Os resultados do estudo proporcionaram demonstrar o histórico ambiental e social local, adequação à legislação ambiental, os principais impactos ambientais, a redução das contaminações existentes, as medidas mitigadoras propostas durante a operação do aterro em questão e o monitoramento ambiental subsequente. O estudo proporcionou discutir a questão do encerramento dos aterros, e propor metodologia de fácil implantação, levando em consideração o problema histórico das ações políticas em conflito com as recomendações técnicas para assunto de tamanha relevância para a sociedade.

**Palavras Chave:** Encerramento de aterro sanitário. Remediação de aterro sanitário. Resíduo sólido urbano. Aterro de resíduo sólido urbano. Aterro sanitário.

## **SHUTTING DOWN A SANITARY LANDFIL: Study of case**

Autor: LUÍS AUGUSTO DE CARVALHO BRESSER DORES  
Orientador: Prof. Dr. PAULO FORTES NETO

### **ABSTRACT**

The focus in this case study is the shutdown of a sanitary landfill. It intends to shed a light on a subject that is being discussed in Brazil, as much in the academic levels as in the commercial and political ones, although the political sphere deals with it in a less open way. The employed methodology was elaborated upon the current data contained in the documents available in CETESB (Environmental Agency), in the information of the Urban Department and upon the Project of Closing and Recovery of Sanitary Landfills of Mogi Mirim (urban solid waste sanitary landfills). Some problems pointed out by this case study are: the theoretical and practical dichotomy in the structure of a landfill, the absence of treatment of interdisciplinary and multidisciplinary of the formative and informative contents on the activities of a landfill, the lack of joint between the three governmental spheres (local, state and federal) and the institutions of education and research, the closing action it selves, said or executable, and the lack of structure and qualified personnel to deal with the shutting down of a landfill. Results were found though examining: social and historical records, the adequacy of environmental laws, studies done on the main environmental impacts, the mitigating measures proposed during the time the landfill was active, results given by environmental monitoring. These forthcoming results, have, as main goal, look onto the question of closing down a sanitary landfill, bargaining for the history of the politics involved and the actions taken during the active time until the closure of the sanitary landfill.

**Keywords:** Shutting down a sanitary landfill. Renewing a sanitary landfill. Urban solid waste. Local solid waste landfill. Sanitary landfill.

## SUMÁRIO

LISTA DE ABREVIATURAS.....	v
LISTAS DE FIGURAS.....	vi
LISTA DE TABELAS.....	viii
RESUMO.....	ix
ABSTRACT.....	x
SUMÁRIO.....	xi
1 – INTRODUÇÃO .....	13
1.1 – Desenvolvimento do trabalho .....	14
1.1.1 – Delimitação do estudo .....	14
1.2 – Objetivos .....	14
1.2.1 – Objetivo Geral .....	14
1.2.2 – Objetivos Específicos .....	14
2 – REVISÃO DE LITERATURA .....	17
2.1 – Relato histórico da geração de lixo .....	17
2.2 – Evolução dos conhecimento em destinação de lixo .....	22
2.2.1 – Definição de resíduo sólido urbano – RSU.....	22
2.2.2 – Definição de aterro sanitário e lixão .....	26
2.3 – Caracterização e operação de aterro sanitário.....	27
2.3.1 – Caracterização de aterro sanitário .....	27
2.3.2 – Classificação dos aterros .....	31
2.3.2.1 – Classificação conforme a técnica de operação .....	31
2.3.2.2 – Classificação pela forma de disposição.....	32
2.4 – Tratamento de resíduo sólido.....	48
2.4.1 – Resíduo sólido e aterro sanitário.....	48
2.4.2 – Resíduo sólido e coleta seletiva .....	52
2.4.3 – Resíduo sólido e biorremediação .....	53
2.4.4 – Gerenciamento de resíduo sólido urbano/doméstico .....	54
2.4.5 – Aspectos legais sobre tratamento e disposição de RSU .....	57
3 – METODOLOGIA.....	59
3.1 – Estudo de caso.....	59
3.2 – Histórico da área utilizada para instalação do aterro.....	60
3.3 – Órgão municipal de gerenciamento.....	63
3.4 – Localização e caracterização da área do Aterro sanitário .....	65
3.5 – Entorno e área de influência.....	66
3.6 – Geologia regional e local .....	69
3.7 – Metodologia recomendada na literatura .....	70
3.8 – Estudos desenvolvidos.....	74
3.8.1 – Adequação à legislação ambiental .....	74
3.8.2 – Redução das contaminações .....	75
3.8.3 – Medidas mitigadoras .....	75
3.8.4 – Plano de monitoramento ambiental.....	76
3.8.5 – Re-conformação dos taludes.....	77
3.8.6 – Recobrimento final do local .....	77
3.8.7 – Outros aspectos .....	78

3.8.8 – Resultados obtidos .....	78
3.8.9 – Ações realizadas pela Prefeitura Municipal de Mogi Mirim .....	79
4 – DISCUSSÃO DOS ACHADOS .....	82
5 – PROCEDIMENTOS RECOMENDADOS PARA ENCERRAMENTO..	95
6 – CONSIDERAÇÕES FINAIS .....	99
REFERÊNCIAS BIBLIOGRÁFICAS .....	104
ANEXOS .....	111
1 - Legislação sobre destinação de RSU .....	111
1.1 - Legislação Federal .....	111
1.2 - Legislação Estadual .....	112
2 - Normas brasileira referentes a destinação de RSU .....	113
3 - Novas legislações .....	115

## 1 - INTRODUÇÃO

A inexistência de um modelo adequado de gestão para os resíduos sólidos urbanos nas Prefeituras Municipais tem criado sérios problemas, os quais comprometem o meio ambiente e conseqüentemente, a qualidade de vida da população. Sabe-se que no Brasil, segundo o IBGE (2000), a grande maioria dos Municípios utiliza lixões, lembrando que dentro de um programa de limpeza pública, a atividade de disposição final, por ser a última na seqüência do gerenciamento, deparando-se com escassez de recursos humanos, econômicos e vontade política, sendo ponto crítico nesse tipo de serviço.

Tendo em vista que um aterro sanitário de resíduos sólidos é a forma de disposição final dos resíduos no solo, devem ser seguidas as normas operacionais específicas, quando operado pelo poder público ou iniciativa privada. Procedimentos tecnológicos executivos devem ser adotados antes e durante o desenvolvimento e encerramento, bem como nos anos futuros após o encerramento do aterro, de modo a evitar danos ou riscos à saúde pública e ao meio ambiente.

O presente trabalho possibilita acesso às informações sobre os procedimentos de encerramento ou fechamento de um aterro sanitário, uma vez que esse tema tem sido pouco ou quase nada discutido ou relatado oficialmente no Estado de São Paulo e no Brasil. No Estado de São Paulo a prática de transformar lixões do passado em aterros sanitários no presente poderá trazer prejuízos à saúde pública e ao meio ambiente, caso não sejam observados os procedimentos técnicos corretos. As ações tomadas no passado e tidas como corretas, à luz de novas tecnologias tornaram-se incorretas ou inadequadas.

## **1.1 - Desenvolvimento do Trabalho**

### **1.1.1 - Delimitação do estudo**

O estudo enfocou as ações ocorridas durante a existência do aterro até então considerado sanitário do município de Mogi Mirim, SP. Desde o início da operação em 1985 (oficialmente a partir de 1989) até seu encerramento em 2005. O estudo de caso está baseado nos dados encontrados em documento existente na CETESB na Agência Ambiental de Pirassununga – SP, nas informações do DSM da Prefeitura Municipal de Mogi Mirim e no Projeto de Encerramento e Recuperação do Aterro Sanitário de Mogi Mirim, elaborado pela Faculdade Municipal Professor Franco Montoro e aprovado junto a CETESB.

A cidade de Mogi Mirim no ano de 2005 possuía uma população estimada em 91.938 habitantes tendo uma área territorial de 499 km<sup>2</sup>, com uma produção diária de 50 toneladas dia, e média de 540g/hab/dia, segundo a Prefeitura Municipal de Mogi Mirim, SP. (Instituto Brasileiro de Geografia e Estatística – IBGE, 2005).

## **1.2 – Objetivos**

### **1.2.1 - Objetivo Geral**

A proposta do presente estudo foi avaliar a experiência do processo de encerramento do aterro do município de Mogi Mirim, SP, o qual funcionava fora dos padrões técnicos, bem como caracterizar os diversos aspectos envolvidos nos procedimentos de destinação de RSU.

### **1.2.2 - Objetivos Específicos**

- analisar condições de tratamento e disposição de resíduo sólido sob responsabilidade da Prefeitura Municipal no município em estudo;



- analisar os programas e projetos de encerramento de lixões e aterros;
- avaliar as inovações, a tecnologia empregada e as experiências obtidas no Município estudado, identificando ações passíveis de serem seguidas e aquelas que devem ser evitadas;
- contribuir com recomendações que auxiliem os municípios a planejar e adequar seus sistemas de tratamento e disposição de resíduo sólido, possibilitando a implantação de um sistema de gerenciamento integrado durante e após a fase de encerramento.

## **2 - REVISÃO DE LITERATURA**

### **2.1 - Relato histórico da geração de lixo**

O lixo passou a ser um problema para a humanidade já na pré-história, mais precisamente no período neolítico, quando o homem deixou a vida de nômade e passou a viver de maneira sedentária. No fim deste período, o homem começou a aprender técnicas de cultivo que garantiam excedentes agrícolas e que permitiam desenvolver hábitos sedentários. Nesta época apareceram as primeiras aglomerações pré-urbanas, pequenas aldeias rurais. As primeiras aldeias trouxeram consigo problemas de descarte de resíduos, que até então eram simplesmente jogados ao longo dos caminhos, e que passaram a necessitar de um destino adequado, para evitar o mau cheiro e doenças. Neste período, surgiram também os primeiros resíduos não biodegradáveis, como as cerâmicas, que foram as primeiras transformações físico-químicas intencionais feitas pelo homem (LACERDA, H. B. F., 2001).

A prática de aterrar lixo já ocorria nas populações antigas, no século IV, Roma chegou a ter cerca de 1.000.000 de habitantes e, em função desta concentração populacional, viveu problema sério de saneamento, inclusive em relação ao gerenciamento de resíduos sólidos. Nos idos do ano 150, Roma sofreu uma grande epidemia de febre bubônica devido a suas condições sanitárias precárias. Muitas das soluções adotadas hoje não são tão novas assim. Em 1900 AC, em Creta, já se utilizava aterro sanitário para destino final do lixo produzido na ilha. Na França, no século XII, o governo de Paris, preocupado com o destino dos resíduos ali produzidos, contratou uma empresa para coletar e transportar o lixo para fora da cidade. A polêmica quanto à cobrança de taxa para custear os serviços de limpeza urbana também não é

uma questão nova. Entre 1506 e 1608, também em Paris, já havia sido instituída a taxa de limpeza de ruas e coleta de lixo (METROPLAN, 1978).

A população mundial cresce aceleradamente, principalmente nas grandes cidades dos países mais pobres. Hoje, cerca de 50% dessa população é urbana. Segundo estimativas da ONU, das dezenove regiões metropolitanas com mais de 10 milhões de habitantes existentes no mundo em 2000, apenas quatro regiões estavam em países considerados desenvolvidos. No entanto, foi a partir da revolução industrial que, de maneira progressiva, introduziram-se novos materiais artificiais (não naturais), como plásticos, vidros, borracha, muitos deles produtos tóxicos e até radioativos. São materiais que geram resíduos de difícil tratamento, constituindo um problema ambiental cada dia mais grave no planeta. A população brasileira está em torno dos 170 milhões de habitantes, segundo as informações do último censo (agosto de 2000). Deste total, mais de 80% é urbana, e 40 milhões vivem em seis metrópoles. O censo demográfico de 2000 mostrou no País, a continuidade do processo de diminuição do volume da população rural ocorrida entre 1991 e 2000, na ordem de quatro milhões de pessoas. Essa redução deveu-se às perdas populacionais rurais em todas as grandes Regiões. Esses números confirmaram a tendência crescente de aumento da urbanização no Brasil. A maior parcela de incremento populacional urbano correspondeu, sistematicamente, ao longo dos últimos anos, à Região Sudeste (MCIDADES.SNSA:IPEA, 2004).

O Instituto Brasileiro de Geografia e Estatística – IBGE, revela na pesquisa nacional de Saneamento Básico 2000, essa população de 136 milhões de habitantes, gerava diariamente 125.281 toneladas de resíduos domiciliares. Em 2000, 68,5% dos resíduos gerados nas grandes cidades brasileiras tinha como destino final os lixões e alagados. Por outro lado, mais de 24.340 catadores trabalhavam em lixões, sendo que 7264 moravam nesses locais. Deste total, 5.393 eram crianças com até 14 anos. Contudo, dados do UNICEF no ano de 2000 eram mais alarmantes, pois apontavam para a existência 35 mil crianças trabalhando em lixões no país. De um total de 5.507 municípios brasileiros, foram pesquisados 5.475 municípios que

possuíam serviços de limpeza urbana e/ou coleta de lixo, apenas 551 controlavam a disposição do lixo industrial. Dos 5.507 municípios brasileiros, 5461 tinham serviços de limpeza urbana, 5471 de coleta lixo, 4690 de remoção de entulhos. Apenas 451 municípios faziam alguma coleta seletiva e somente 352 reciclavam. No Brasil, existiam como tratamento e destinação final de resíduos, 5.993 vazadouros a céu aberto (lixões), 63 áreas alagadas que recebiam resíduos, 1868 aterros controlados, 1452 aterros sanitários, 810 aterros de resíduos especiais, 260 usinas de compostagem, 596 usinas de reciclagem e 325 unidades de incineração (MCIDADES.SNSA:IPEA, 2006).

O Sistema Nacional de Informações sobre Saneamento - SNIS apontava os resultados sobre a aquisição de informações do setor de saneamento ambiental no Brasil. Como não há obrigatoriedade legal, a participação dos municípios era voluntária, alguns deles não enviaram os dados e outros os enviaram incompletos ou com valores absurdos (MCIDADES.SNSA:IPEA, 2006).

A partir dos dados obtidos em 2004, o SNIS produziu o Diagnóstico do Manejo de Resíduos Sólidos Urbanos (Tabela 1). Além da massa de dados, o diagnóstico apresentou algumas análises, com o objetivo de retratar as características e a situação dos serviços de manejo de resíduos sólidos, em várias das suas faces. Apesar de municípios de pequeno porte não estarem representados, podemos contemplar uma realidade brasileira que diz respeito a 69,1 milhões de habitantes urbanos e a 47,3 milhões de habitantes urbanos metropolitanos, obtidos de municípios em 25 dos 26 estados e mais o Distrito Federal. Esta realidade contemplou todos os municípios com mais de 820.000 habitantes, correspondendo a 40,3 milhões de habitantes urbanos; contempla 85% dos municípios com mais de 500.000 habitantes (MCIDADES.SNSA:IPEA, 2006).

Os dados referentes à amostra anteriormente demonstrada, em resumo nos mostrou que:

- Coleta de resíduos sólidos urbanos: 94,4% da população urbana, com uma frequência média de coleta de duas ou três vezes semanais, sendo que esta

coleta foi realizada por coletadores e motoristas que trabalham a uma produtividade média de 2.135 Kg/empregado/dia;

- Massa coletada: 0,76 Kg/habitante urbano/dia; a massa de resíduos exclusivamente domiciliares (sem considerar resíduos públicos) correspondendo a um *per capita* de 0,61Kg/habitante atendido/dia;

- Coleta de resíduos de serviços de atenção à saúde: a massa coletada de Resíduo de Serviço de Saúde – RSS, correspondendo a um valor per capita de 4,8 Kg/1.000habitante/dia, que quanto comparado com a massa de resíduos domésticos e públicos coletada, resultou em 0,72%. Um quarto dos municípios encaminhou os RSS para um destino fora do seu território.

- Coleta seletiva e triagem de materiais recicláveis: em torno de 60% dos municípios realizou coleta seletiva de resíduos sólidos sob a forma predominante de coleta porta-a-porta, sendo que existiu também a coleta seletiva não formal realizada por catadores, os quais estavam presentes em 85% dos municípios da amostra. Em 61% dos municípios em que atuavam catadores existiam organizações de agregação, como cooperativas e associações e a triagem de materiais recicláveis aproveitava a quantidade média de 3,13Kg/hab. urbano/ano.

- Varrição: eram varridos 0,2 Km/habitante urbano/ano de vias e logradouros públicos realizada a uma produtividade média de 1,33 Km/empregado/dia.

- Mão-de-obra e veículos: os municípios da amostra geravam empregos à base de 1,65 trabalhadores para cada 1.000 habitantes, sem considerar os temporários sendo que deste contingente, 8,5% dedicando-se a atividades administrativas e gerenciais, 34,7% alocados no serviço de varrição, 27,2% alocados no serviço de coleta de resíduos domiciliares e públicos. Os caminhões compactadores alcançavam a média de 50% da frota, que é predominantemente privada (80%), e razoavelmente nova, com 60% dos veículos com até cinco anos.

- Desempenho financeiro: 36% dos municípios (em geral os de pequeno porte) não cobravam pelos serviços de limpeza urbana e os que cobram geram receita média pelos serviços de limpeza urbana é de R\$15,73/habitante urbano/ano. Esta receita era insuficiente para cobrir as despesas com o manejo de resíduos sólidos em 42% dos municípios. A carência de recursos pareceu não ser levada na devida conta, uma vez que 24% dos municípios da amostra

não souberam informar o valor total gasto com os serviços. Estas despesas chegam a 5% da despesa total das prefeituras, correspondendo a uma despesa média anual *per capita* de R\$32,83. O custo médio do serviço de coleta contratado com terceiros chegou a R\$51,81/tonelada;

- Unidades de processamento de resíduos sólidos urbanos: 36% das unidades cadastradas pertenciam ao grupo em que o destino é a disposição no solo (lixões, aterros controlados e aterros sanitários); 39% do total de unidades são operados pelas Prefeituras, as quais se destacavam lixões e aterros controlados, unidades de manejo de galhadas e podas e unidades de reciclagem de entulhos. Havia unidades sem qualquer tipo de licença ambiental e 1,7% com licença prévia; 42% já possuíam licença de operação; 15% as unidades que recebiam resíduos de outro município; 49% das unidades de disposição no solo (lixões, aterros controlados e aterros sanitários) não tinham impermeabilização da base e 11% não fazem recobrimento; 27% delas as que faziam recirculação do chorume; e havia moradias de catadores em 11,5% delas. Esses dados, também demonstrados na tabela 01, são referentes ao levantamento de 2004 que alcançou 438 unidades de processamento de resíduos sólidos no país (MCIDADES.SNSA:IPEA, 2006).

**Tabela 01 - Quantidades de unidades de processamento de RSU, segundo tipo de unidade, Brasil, municípios selecionados, 2004.**

Tipo de unidade de processamento	Quantidade de unidades de processamento	
	Absoluta	Relativa
Lixão	32	7,8%
Aterro controlado	50	12,1%
Aterro sanitário	66	16,0%
Vala específica de RSS	42	10,2%
Aterro industrial	3	0,7%
Unidade de triagem (galpão ou usina)	103	25,0%
Unidade de compostagem (pátio ou usina)	22	5,3%
Unidade de tratamento por incineração	17	4,1%
Unid. tratamento por microondas ou autoclave	5	1,2%
Queima em forno de qualquer tipo	2	0,5%
Unidade de manejo de galhadas e podas	11	2,7%
Unidade de transbordo	23	5,6%
Unidade de reciclagem de entulhos	6	1,5%
Aterro de inertes	30	7,3%
Total dos municípios que responderam ao questionário	412	100,0%

**Fonte: Sistema Nacional de Informações sobre Saneamento – 2006, ano base 2004.**

## **2.2 – Evolução dos conhecimentos em destinação de RSU**

### **2.2.1 - Definição de Resíduo Sólido Urbano – RSU**

Fialho, M. A. (1998), relata a exemplo do que foi encontrado ao consultar o dicionário, quando se pensa em resíduo domiciliar imagina-se algo inútil, sem valor comercial. Na prática isto é meia verdade, pois nem tudo que não tem mais valor para alguém, necessariamente é inútil para outra pessoa, podendo o resíduo de qualquer natureza ter valor na forma original na qual foi descartado ou depois de um processo de transformação ou beneficiamento. A Associação Brasileira de Normas Técnicas – ABNT define lixo como produtos das

atividades humanas, considerados pelos geradores como inúteis, indesejáveis ou descartáveis, normalmente apresentando-se sob estado sólido, semi-sólido ou semi-líquido (com conteúdo líquido insuficiente para que esse possa fluir livremente – NBR 10004/87). Já a Organização Mundial de Saúde – OMS define como lixo tudo aquilo que seu proprietário não queira mais, em um dado lugar, em um determinado momento e que não possui valor comercial.

A ABNT, na Norma NBR – 10004/2004, sob o título “Resíduos Sólidos – Classificação” caracteriza resíduos como sendo produtos nos estados sólidos e semi-sólidos, que resultam de atividades de origem industrial, domésticas, hospitalar, comercial, agrícola, de serviços e de varrição. Ficam incluídos nesta definição os lodos provenientes de sistemas de tratamento de água, aqueles gerados em equipamentos e instalações de controle de poluição, bem como determinados líquidos cujas particularidades tornem inviável o seu lançamento na rede pública de esgotos ou corpos de água, ou exijam para isso soluções técnicas e economicamente inviáveis em face à melhor tecnologia disponível. A mesma norma também define o processo de classificação de resíduos envolvendo a identificação ou atividade que o originou e de seus constituintes e características e a comparação destes constituintes com listagens de resíduos e substâncias cujo impacto à saúde e ao meio ambiente é conhecido. Sendo que os resíduos são classificados em classe I ou perigosos; classe II ou não perigosos; classe II A ou não inertes e classe B ou inertes.

IPT / CEMPRE, (1995) relata que há várias formas de classificar os resíduos sólidos urbanos partindo do conceito que são restos das atividades humanas consideradas inúteis, indesejáveis ou descartáveis. Pode-se classificar por sua natureza física (seco e molhado), por sua composição química (matéria orgânica ou inorgânica) ou pelos riscos potenciais ao meio ambiente (perigosos, não inertes, e inertes).

Resíduos sólidos urbanos destinados aos aterros sanitários são compostos pelos seguintes tipos: de origem domiciliar (aquele originado da vida diária das residências, constituído por restos de alimentos, produtos deteriorados, produtos orgânicos e inorgânicos e resíduos tóxicos); os resíduos



compostos de origem comercial (aqueles originários de diversos tipos de estabelecimento comercial e de serviços, os quais geram resíduos orgânicos e inorgânicos e resíduos tóxicos em maior quantidade que o domiciliar); resíduos de origem pública (são originários dos serviços de varrição das vias públicas, limpeza de praias, de galerias, de córregos, de terrenos, de restos de poda de árvores, limpeza de áreas de feiras livres e de eventos em áreas públicas); resíduos serviços de saúde (que contém ou potencialmente podem conter germes patogênicos, mas que depois de tratados seguem como material inerte para os aterros sanitários); os resíduos de portos, aeroportos, terminais rodoviários e ferroviários (constituídos por resíduos orgânicos e inorgânicos, sépticos e tóxicos). Os resíduos sépticos e tóxicos de portos, aeroportos e afins, após o tratamento específico se transformam em material inerte com posterior destino ao aterro sanitário. Já os resíduos assépticos destes locais são considerados como domiciliares; os resíduos industriais destinam apenas os resíduos gerados em seus refeitórios, banheiros e dos escritórios (IPT / CEMPRE, 1995).

Qualquer material descartado que possa por em risco a saúde do homem ou meio ambiente, devido a sua natureza química ou biológica, é considerado perigoso. O lixo municipal que é destinado ao aterro sanitário é composto por uma grande variedade de produtos ou substâncias que conferem características de inflamabilidade, corrosividade, óxido-redução ou toxicidade, tais como pilhas, lâmpadas fluorescentes, frascos de aerossóis, material de pintura, produtos químicos para jardinagem e agricultura, produtos veterinários, produtos de limpeza, higiene e uso farmacológico, produtos para motores e veículos (IPT / CEMPRE, 1995).

Elizabeth Grimberg, socióloga ambientalista do Instituto Polis (2004), classifica resíduo separadamente de lixo, ressaltando que devemos lembrar que resíduo não é lixo, pois é preciso diferenciá-los (restos de alimentos, embalagens descartadas, objetos inservíveis quando misturados, de fato tornam-se lixo e seu destino passa a ser, na melhor das hipóteses, o aterro sanitário). Segundo a socióloga, quando separados materiais secos e úmidos, passamos a ter resíduos reaproveitáveis ou recicláveis, sendo o material que

não tem mais como ser aproveitado na cadeia do reuso ou reciclagem, denominado de rejeito. Não cabe mais, portanto, a denominação lixo para aquilo que sobra no processo de produção e consumo. Marcar essas diferenças é de suma importância. A clareza na compreensão destes conceitos é o que permite avançar na construção de um novo paradigma que supere inclusive o conceito de limpeza urbana.

Machado, P.A.L., (1978), relata que no Brasil o termo resíduo sólido é entendido como significando lixo, refugo e outras descargas de materiais sólidos, incluindo os resíduos sólidos de materiais provenientes de operações industriais, comerciais, agrícolas e de atividades da comunidade.

Lima, L.M.Q., (1991), define resíduo sólido como todo e qualquer resíduo que resulte das atividades diárias do homem na sociedade. Estes resíduos são, basicamente, sobras de alimentos, papéis, papelões, plásticos, trapos, couros, madeiras, latas, vidros, lamas, gases, vapores, poeiras, sabões, detergentes e outras substâncias descartadas de forma consciente.

Para Lima, J.D., (2001), resíduo sólido são materiais heterogêneos (inertes, minerais e orgânicos) resultantes das atividades humanas e da natureza, os quais podem ser parcialmente utilizados.

Campbell, D.J.V, (1991), define resíduos como uma fonte potencial de matéria prima para alguém, no local errado e no tempo errado.

De acordo com a ABNT (2004), NBR 100004, os resíduos nos estados sólido ou semi-sólido, que resultam de atividades de origem: industrial, doméstica, hospitalar, comercial, agrícola, de serviços e de varrição. Ficam incluídos nesta definição os lodos provenientes de estações de sistemas de tratamento de água, aqueles gerados em equipamentos e instalações de controle de poluição, bem como determinados líquidos cujas particularidades torne inviável o seu lançamento na rede pública de esgotos ou corpos d'água, ou exijam para isso soluções técnica e economicamente inviáveis em face de melhor tecnologia disponível.

### **2.2.2 – Definição de Aterro Sanitário e Lixão**

O IPT / CEMPRE (1995) define lixão como forma inadequada de disposição final de resíduos sólidos, que se caracteriza pela simples descarga do lixo sobre o solo, sem medidas de proteção ao meio ambiente ou à saúde pública, sendo ainda caracterizado como descarga de resíduos a céu aberto. Na classificação lixão ou vazadouro temos os lixões sem nenhum controle quanto ao tipo de resíduo depositado nem quanto ao local de disposição. Nesses casos, resíduos domiciliares e comerciais de baixa periculosidade são depositados juntamente com os industriais e hospitalares, de alto poder poluidor. Nos lixões pode haver outros problemas associados, como por exemplo, a presença de animais (inclusive a criação de porcos), a presença de catadores (que na maioria dos casos residem no local), além de riscos de incêndios causados pelos gases gerados pela decomposição dos resíduos e de escorregamentos, quando da formação de pilhas muito íngremes, sem critérios técnicos.

No caso de Aterro Sanitário, o IPT / CEMPRE, (1995) define como sendo a técnica de disposição de resíduos sólidos no solo, sem causar danos ou riscos à saúde pública e à segurança, minimizando os impactos ambientais. Esse método utiliza princípios de engenharia para confinar resíduos sólidos à menor área possível e reduzi-los ao menor volume possível, cobrindo-os com uma camada de terra na conclusão da jornada de trabalho ou a intervalos menores, se necessário.

Segundo a CETESB (1980), o aterro sanitário é definido como um processo utilizado para a disposição de resíduos sólidos no solo, particularmente o lixo domiciliar, que fundamentado em critérios de engenharia e normas operacionais específicas, permite uma confinação segura, em termos de controle da poluição ambiental e proteção ao meio ambiente.

## **2.3 - Caracterização e operação de aterro sanitário**

### **2.3.1 - Caracterização de um Aterro Sanitário**

Segundo descrição na enciclopédia Wikipédia (2007), um aterro sanitário é uma área designada ao acomodamento de lixo, tal como lixo residencial, comercial, de serviço de saúde, da indústria de construção, ou dejetos sólidos retirados do esgoto sendo suas condições e características as seguintes: a base do aterro sanitário deve ser constituída por um sistema de drenagem de efluentes líquidos percolados (chorume) acima de uma camada impermeável de polietileno de alta densidade (PEAD), sobre uma camada de solo compactado para evitar o vazamento de material líquido para o solo, evitando assim a contaminação de lençóis freáticos. O chorume deve ser tratado e/ou recirculado (reinserido ao aterro); seu interior deve possuir um sistema de drenagem de gases que possibilite a coleta do biogás formado pela decomposição dos resíduos. Os gases devem ser queimados ou beneficiados, aproveitados para geração de energia. Sua cobertura é constituída por um sistema de drenagem de águas pluviais, que não permita a infiltração de águas de chuva para o interior do aterro. Um aterro sanitário deve também possuir um sistema de monitoramento ambiental (topográfico e hidro-geológico) e pátio de estocagem de materiais. Para aterros que recebem resíduos de populações acima de 30 mil habitantes é desejável também muro ou cerca limítrofe, sistema de controle de entrada de resíduos (ex. balança rodoviária), guarita de entrada, prédio administrativo, oficina e borracharia. Quando atinge o limite de capacidade de armazenagem, o aterro pode ser alvo de um processo de monitorização específico, e se reunidas as condições, pode albergar um espaço verde ou mesmo um parque de lazer, eliminando assim o efeito estético negativo (Wikipédia 2007).

Existem critérios de distância mínima de um aterro sanitário e um curso de água, uma região populosa e assim por diante. No Brasil, recomenda-se, segundo descrição na enciclopédia Wikipédia (2007), a distância mínima de 400 metros de um aterro sanitário para um curso de água. A operação de recepção dos resíduos inicia-se com a entrada do veículo de transporte de

resíduos no aterro sanitário e a pesagem na balança. Depois de feito o controle na entrada e efetuada a pesagem, o veículo desloca-se até à zona de deposição, avança até à frente de trabalho, procedendo à descarga dos resíduos. Em seguida, o veículo passa pela unidade de lavagem dos rodados (quando houver) e é novamente pesado para a obtenção da tara, de forma a ficar registrado o peso líquido da quantidade de resíduo transportado. A operação segura de um aterro sanitário envolve empilhar e compactar os resíduos sólidos e cobri-lo diariamente com uma camada de solo. A compactação tem como objetivo reduzir a área disponível prolongando a vida útil do aterro, ao mesmo tempo em que o propicia a firmeza do terreno possibilitando seu uso futuro para outros fins. A cobertura diária do solo evita que os resíduos permaneçam a céu aberto, com possível contato com animais (pássaros) e sujeito a chuva, e também para diminuir a liberação de gases mal cheirosos, bem como a disseminação de doenças (Wikipédia 2007).

No Brasil, um aterro sanitário é definido como um aterro de resíduos sólidos urbanos, ou seja, adequado para a recepção de resíduos de origem doméstica, varrição de vias públicas e comércios. Os resíduos industriais devem ser destinados a aterro de resíduos sólidos industriais (enquadrado como classe II quando não perigoso e não inerte e classe I quando tratar-se de resíduo perigoso) (ABNT 2004).

A Associação Brasileira de Normas Técnicas (ABNT), na Norma NBR – 8419/92, sob o título “Apresentação de projetos de aterros sanitários de resíduos sólidos urbanos” a seguinte definição para aterros sanitários de resíduos sólidos urbanos: consiste na “Técnica de disposição de resíduos sólidos urbanos no solo, sem causar danos a saúde pública e a sua segurança, minimizando os impactos ambientais, método este que utiliza os princípios de engenharia para confinar os resíduos sólidos à menor área possível e reduzi-los ao menor volume permissível, cobrindo-os com uma camada de terra na conclusão da jornada de trabalho, ou a intervalos menores, se necessário”.

Segundo o artigo do *site* “Reciclagem 2000”, um Aterro Sanitário pode ser definido como sendo um processo para disposição de resíduos no solo,

especialmente o lixo domiciliar, que utilizando normas de engenharia específicas, permite uma confinamento segura, no que diz respeito ao controle da poluição ambiental e de proteção ao meio ambiente. As vantagens que podemos citar são inúmeras, pois um aterro sanitário oferecerá todas as condições para que haja uma disposição adequada dos resíduos em conformidade com as normas de engenharia e controle ambiental; uma grande capacidade de absorção diária dos resíduos gerados; oferecer todas as condições para que haja a decomposição biológica da matéria orgânica contida no lixo domiciliar; tratamento do chorume gerado pela decomposição da matéria orgânica e das precipitações pluviométricas (<http://geocities.com/reciclagem2000/aterros.htm>, 06.05.07).

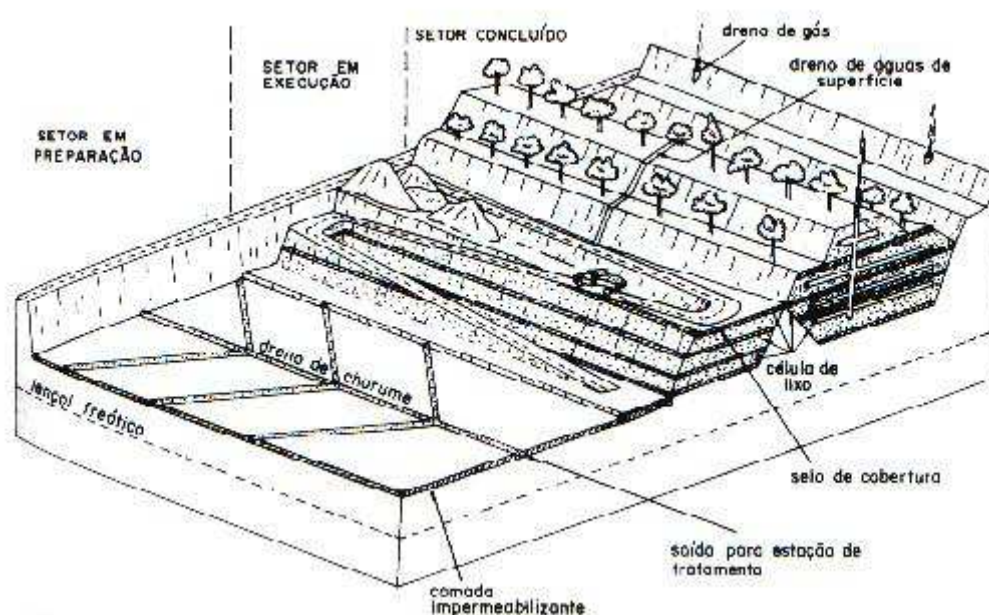
Segundo IPT/CEMPRE, (2000), a disposição final do lixo municipal no solo, pode ser na forma de: lixão, aterro controlado ou aterro sanitário. Os autores definem como lixão a simples descarga sobre o solo a céu aberto ou vazadouro, sem medidas de proteção ao meio ambiente ou a saúde pública, sendo uma forma inadequada de disposição final de resíduos sólidos municipais; aterro controlado, como técnica de disposição de resíduos sólidos municipais no solo, sem causar danos ou riscos à saúde pública e à segurança, minimizando os impactos ambientais; e aterro sanitário como processo utilizado para a disposição de resíduos sólidos no solo, particularmente lixo domiciliar que, fundamentado em critérios de engenharia e normas operacionais específicas, permite um confinamento seguro em termos de controle de poluição ambiental e proteção à saúde pública.

No aterro controlado, de acordo com IPT/CEMPRE, (2000), utiliza-se de alguns princípios de engenharia para confinar os resíduos sólidos, cobrindo-os com uma camada de material inerte na conclusão de cada jornada de trabalho. Relatam ainda, que esse método produz poluição, mas de forma localizada, e não há impermeabilização da base (comprometendo a qualidade das águas subterrâneas) nem de sistemas de tratamento de percolato ou do biogás. No caso de aterro sanitário construído para receber resíduos industriais, os cuidados devem ser redobrados, especialmente no manuseio dos detritos, na impermeabilização do terreno e no escoamento dos líquidos que contaminam o

ambiente. O processo envolve, basicamente, os seguintes serviços: terraplanagem, forração do terreno com material impermeável, de preferência argila, canalização das águas da chuva e do chorume (líquido escuro, turvo e malcheiroso que sai do lixo), tubulação para saída de gases, plantio de grama e, finalmente, instalação de uma cerca ao redor da área de serviço. Em geral, um aterro sanitário deve ter vida útil de, no mínimo, dez anos, mas alguns deles chegam a durar até vinte, o que torna sua implantação mais vantajosa do ponto de vista econômico.

IPT / CEMPRE, (2000), relata que na execução do projeto podemos ter a seguinte ordem para a implantação do aterro: execução de obras fixas; preparo de vias de acesso; preparo de área de emergência; sistema de drenagem superficial de águas pluviais; drenagem de líquidos percolados; tratamento a captação de líquidos percolados; sistema de embreagem de gases drenagem de gases; um leito do aterro impermeabilização do solo; preparo e formação das células de lixo; preparo da cobertura final do aterro.

Os itens apontados para implantação de aterro recomendados pelo IPT/CEMPRE, (1995), podem ser mais bem observados na Figura 01:



**Figura 01 - Esquema de implantação de Aterro Sanitário**  
**Fonte: Manual de Gerenciamento Integrado, IPT/CEMPRE, 1995.**

Bidone & Povinelli, (1999) relatam que ao longo da história e como consequência das variadas condições de trabalho, desenvolveram-se diferentes tipos de aterro, diferenciados basicamente pelas formas construtivas e operacionais adotadas: terrenos acidentados, terrenos planos, escavações já existentes, trincheiras de grandes dimensões, trincheiras de pequenas dimensões.

A fim de evitar problemas no aterro, alguns cuidados especiais devem ser tomados durante a execução dos aterros sanitários. Entre eles, destacam-se a previsão de dispositivos de drenagem, tratamento de gases, tratamento de lixiviado, afastamento máximo possível de águas pluviais, canalização de córregos e nascentes existentes no local, recobrimento diário e sistemático com argila, seleção, impermeabilização mínima das células de aterro após o alcance de sua altura útil e urbanização final do parque são também providências indispensáveis na execução de um aterro (BIDONE & POVINELLI, 1999).

### **2.3.2 - Classificação dos Aterros**

#### **2.3.2.1 - Classificação conforme a técnica de operação**

Esta classificação segue a forma proposta por Lima, L.M.Q., (2004), ou seja, utilizando a técnica de operação do mesmo para sua classificação. Luz, F.X.R. (1991) citado por Lima, L.M.Q. (2004) diz que, segundo a forma de disposição final, os aterros podem ser classificados em: *aterros comuns*, que são caracterizados pela simples descarga de lixo sem qualquer tratamento, também denominado de lixões, lixeiras, vazadouros entre outras denominações populares (este método é o mais prejudicial ao homem e ao meio ambiente, todavia ainda é o mais usado no Brasil e nos países em desenvolvimento); *aterros controlados*, uma variável da prática anterior em que o lixo recebe uma cobertura diária de material inerte. Essa cobertura diária, entretanto, é realizada de forma aleatória, não resolvendo satisfatoriamente os problemas de



poluição gerados pelo lixo, uma vez que os mecanismos de formação de líquidos e gases não são levados a termo; *aterros sanitários*, já definidos anteriormente, são aqueles executados segundo os critérios e normas de engenharia e atendem os padrões de segurança preestabelecidos.

### **2.3.2.2 - Classificação pela forma de disposição**

O projeto de Norma NBR 10.703/99, da ABNT, que trata sobre Degradação do Solo – Terminologia, define aterro sanitário como a forma de disposição final de resíduos urbanos no solo, através do confinamento em camadas cobertas com material inerte, geralmente solo, segundo normas operacionais específicas, de modo a evitar danos ou riscos à saúde pública e a segurança, minimizando os impactos ambientais.

Segundo IPT / CEMPRE, (2000), para a definição do procedimento mais adequado para a disposição de resíduo sólido, deve-se partir de um diagnóstico da situação atual do município, considerando-se aspectos como tipo, origem e quantidade de resíduo produzido, tratamentos existentes e características dos locais onde estes resíduos serão dispostos.

Geraldo, V. (1981) citado por Lima, L.M.Q. (2004), preconizou que os aterros podem ser classificados conforme a técnica de operação em: *aterros de superfície*, que são aqueles executados em regiões planas sendo que nestes casos, os métodos operacionais (de trincheira, de rampa ou de área) dependem de diversos fatores como, a disponibilidade de material de cobertura, vias de acesso que facilitam as operações de descarga, tipo de solo, dimensão da área entre outros; ou *aterros de depressões*, que são aqueles executados em locais específicos (em lagoas, em mangues, em depressões e ondulações, em pedreiras extintas), daí a caracterização pelo nome, sendo que em geral são escolhidas áreas de baixo valor comercial e que, devido à sua localização estratégica, são muitas vezes utilizadas por populares clandestinamente. A prática de aterrar em depressões localizadas na zona

urbana, segundo o autor, tem sido benéfica para as prefeituras que, de um modo geral, transformam estas áreas em parques, bosques, ou áreas de recuperação/preservação.

Na Europa e nos Estados Unidos muitos parques e áreas verdes foram construídos em áreas recuperadas desta forma. No Brasil, em várias capitais do país, essas áreas, e mesmo loteamentos de terras, foram recuperadas com técnicas de aterro sanitário. Na verdade, essa prática de aterrar depressões traz uma série de problemas, como, por exemplo, a migração de gases e líquidos e os recalques contínuos. Assim, sua adoção deve ser cautelosa. As depressões urbanas são importantes no escoamento das águas pluviais. Seu aterramento e nivelamento contribuem para o alagamento e para redução das zonas de baixa pressão importantes no controle de enchentes (LIMA, L.M.Q., 2006).

São Paulo (ESTADO) SMA/CETESB, (1997) descreve que o objetivo primordial do aterro sanitário é o de destinar resíduos sólidos no solo. Entretanto, em situações especiais, pode-se assumir um objetivo secundário, porém não menos importante, de recuperar áreas degradadas pela ação do homem ou da própria natureza. O autor divide os aterros em dois grupos: aterros acima da superfície original do terreno, sendo que este método consiste na formação de camadas de resíduos compactados, que são sobrepostas acima do nível original do terreno resultando em configurações típicas de escadas ou de tronco de pirâmide, também conhecido como aterro sanitário tipo convencional; e aterro abaixo da superfície original do terreno, ou seja, os aterros podem ser construídos aproveitando cavas de mineração ou valas especialmente cavadas para receberem resíduos.

São Paulo (ESTADO) SMA/CETESB, (1997) define que os aterros desenvolvidos acima da superfície podem ser subdivididos conforme o tipo de terreno: terrenos acidentados, que são aqueles onde se apresenta uma topografia acidentada, permitindo que os resíduos sejam descarregados junto a base de um nível já existente, e em seguida compactados por um trator de esteiras; ou terrenos planos, permitindo-se criar uma situação de desnível com

o próprio resíduo urbano, que será amontoado e compactado, formando uma plataforma tipo base de uma pirâmide, que deve ser coberta para iniciar uma nova camada, com as ações sendo executadas segundo os critérios e normas de engenharia e padrões de segurança preestabelecidos.

Sob o aspecto de vista de operação dos aterros sanitários, São Paulo (ESTADO) SMA/CETESB, (1997) aponta duas situações: instalação e operação em escavações já existentes como por exemplo cavas de jazidas de minério e minerais e também nas chamadas áreas de empréstimo (retirada de solo para utilizar em outra área), sendo que algumas erosões podem também ser recuperadas dessa forma; escavações especiais, que são valas especialmente projetadas para o aterramento de resíduos, conhecido também como trincheiras.

As trincheiras de grandes dimensões são escavações espaciais para receber grande quantidade de resíduos e que se caracterizam, principalmente, pela forma de operação tida como convencional. Nesse local os resíduos são descarregados dentro da trincheira junto à base do talude de uma de suas extremidades e depois de compactado, cobrir com uma camada de solo retirado da própria trincheira preferencialmente. Os resíduos não devem ultrapassar o alinhamento topográfico original do terreno. Trincheira de pequena dimensão, também conhecida como “Aterro Sanitário em Valas”, deve ser utilizada para pequenas comunidades nunca maior que 25.000 habitantes. Basicamente consiste na abertura de pequena vala onde os resíduos são depositados sem compactação, sua cobertura é realizada manualmente sem procedimentos de impermeabilização da área, São Paulo (ESTADO). SMA/CETESB, (2003).

As erosões, notadamente as boçorocas, têm formação que envolve processos complexos, e é por isso que, como nas pedreiras, sua utilização para a implantação de um aterro sanitário só deve ser realizada após um estudo complexo e criterioso sobre sua viabilidade técnica e econômica, São Paulo (ESTADO). SMA/CETESB, (2005).

Serpa, E.L., 2002, descreve várias formas de disposição de resíduos no solo, em AP – Área(s) Potencialmente Contaminada(s) ou em AS – Área(s) Suspeita de Contaminação considerando as seguintes definições:

- Aterro sanitário – Deve ter Estudo de Impacto Ambiental/ Relatório de Impacto Ambiental (EIA/RIMA) aprovado, quando for o caso; possuir um projeto aprovado e licenciado (licença de instalação e funcionamento) pelo órgão competente (exemplo: CETESB, SMA), no qual são dimensionadas todas as obras necessárias para sua construção, possuir recursos que propiciem o isolamento dos resíduos ali dispostos, ou seja, impermeabilização inferior e superior, drenagem de gases, líquidos percolados, águas superficiais e subterrâneas. Pressupõe também a construção de acordo com o projeto aprovado e uma operação adequada, considerando o controle do material depositado, o emprego de técnicas de recobrimento e o de tratamento dos líquidos percolados. Deve igualmente possuir sistemas de monitoramento dos recursos ambientais suscetíveis, como as águas superficiais e subterrâneas. Os resíduos dispostos devem ser de natureza domiciliar.
- Aterro Industrial – Concebido para receber resíduos industriais, seu projeto e operação devem considerar a natureza dos resíduos a ser dispostos, devendo possuir os elementos citados no aterro sanitário.
- Aterro de Entulho – Constitui-se de um sistema de disposição controlada de resíduos inertes, como por exemplo, aqueles provenientes da demolição de edificações em geral. Por se tratarem de resíduos com baixo potencial poluidor, as condições de projeto, construção e manejo não possuem, necessariamente, os elementos de projeto considerados para aterros sanitários e industriais.
- Lixão – É caracterizado pela disposição inadequada de vários tipos de resíduos em uma área, sem a adoção do conjunto de técnicas adequadas de construção e manejo.
- Bota-fora – Constitui-se de local de disposição de sedimentos provenientes de operações de drenagem de rios e reservatórios ou rejeitos de mineração. Como normalmente são utilizadas técnicas de construção e manejo adequadas, somente diferencia-se de lixões pela natureza do material nele disposto.

São Paulo (ESTADO). SMA/CETESB, (2005) demonstra que os tipos de disposição de aterros sanitários aceitos na atualidade pelo órgão ambiental estadual são:

- Lixão – Disposição inadequada de resíduos, gera um grande risco epidemiológico, pois o lixão apresenta materiais de alto conteúdo energético (restos de comida e outros materiais que servem de alimento), constitui-se em ótimo abrigo para diversos vetores, apresenta umidade adequada à sobrevivência de algumas espécies de vetores e patógenos.
- Aterros Sanitários em Valas – Tratamento e disposição de resíduos sólidos, técnica essa que é permitido que o município utilize quando ele gera até 10 toneladas diárias, considerando que a produção de lixo “per capita” de 400g/hab/dia de resíduos domésticos, ou seja, até uma população de 25.000 habitantes. A CETESB exige ainda que ocorra nos aterros sanitários em valas diversas, outras ações que incentivam além da disposição adequada, a minimização de resíduos através da coleta seletiva, visando à reutilização e reciclagem de materiais diversos, com propostas consistentes de inclusão social de catadores, com apoio em educação ambiental e capacitação operacional cooperativista, e o consórcio de municípios para a operação de aterros sanitários regionalizados.

De acordo com São Paulo (ESTADO) SMA/CETESB, (1997), os aterros podem ser classificados pela seguinte forma de disposição:

- a) Aterro sanitário abaixo da superfície original do terreno. Escavações especiais: são valas especialmente projetadas para o aterramento de resíduos, conhecido também como trincheiras de pequenas proporções (figuras de 2 a 4).

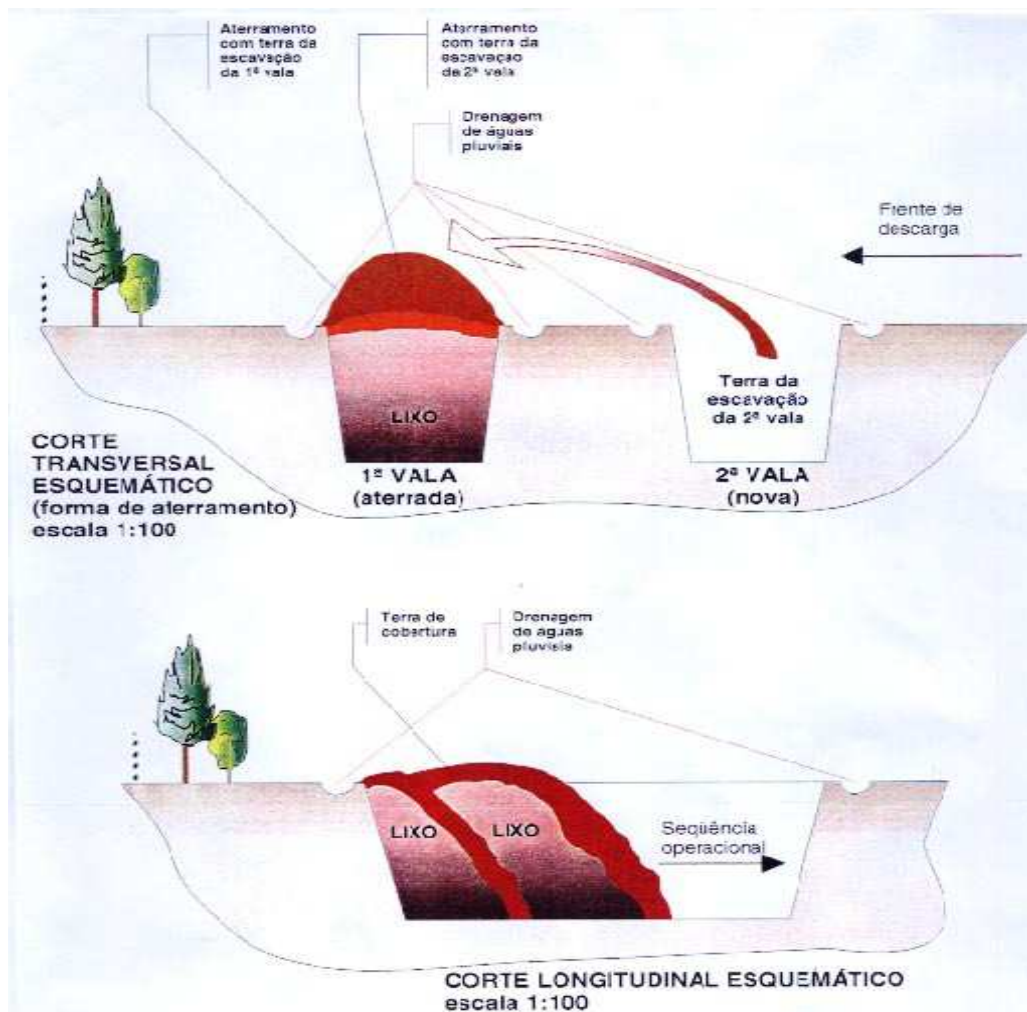


Figura 02 – Corte do esquema de aterro sanitário em vala

Fonte: Fernando Wolmer, 2007, CETESB, arquivo pessoal

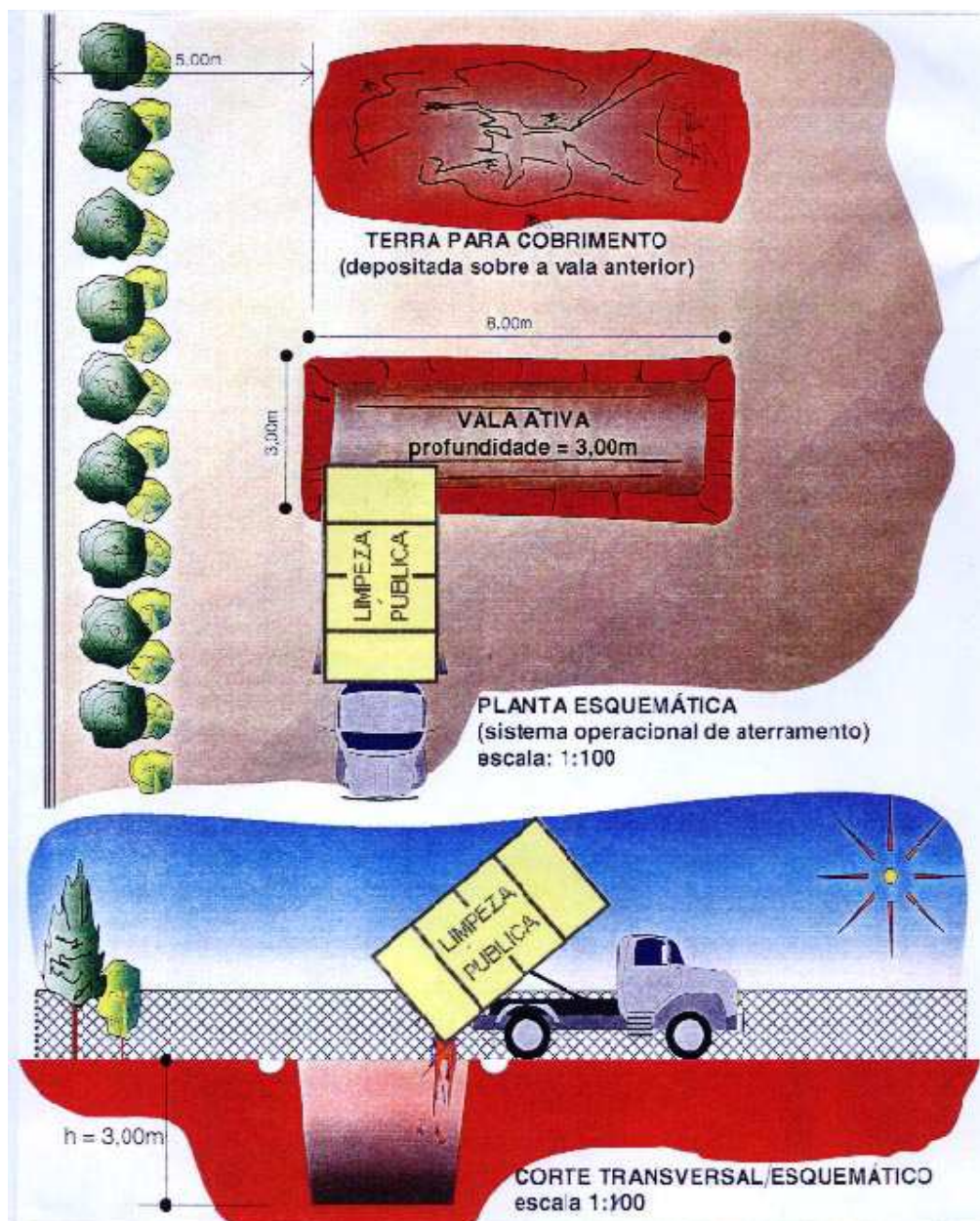
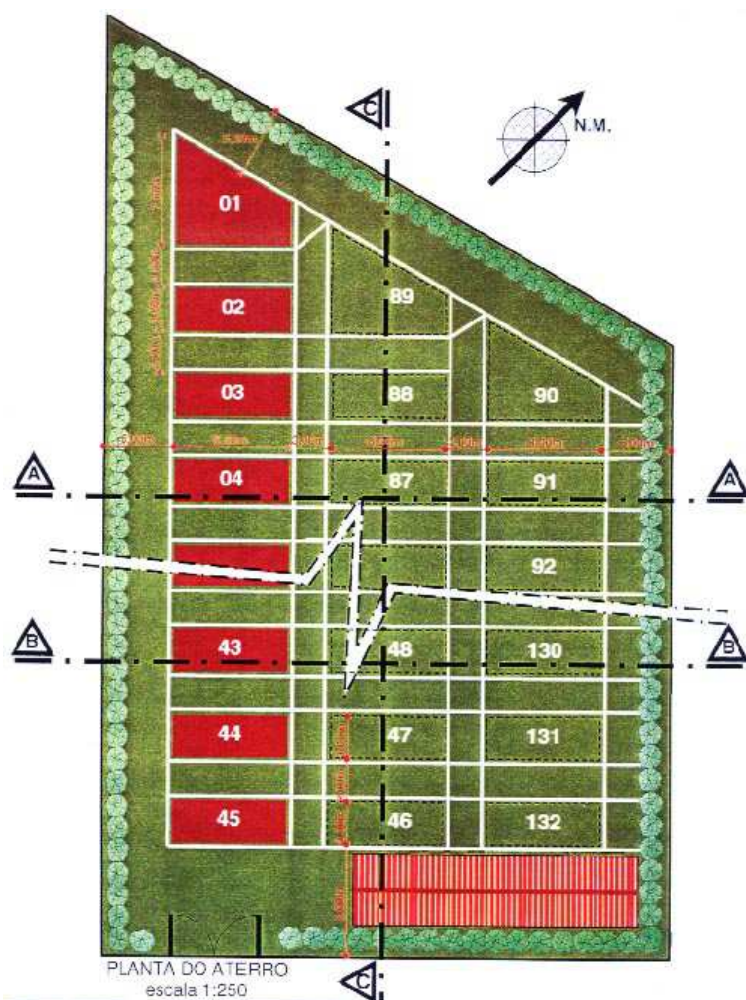


Figura 03 – Corte do esquema de aterro sanitário em vala.  
Fonte: Fernando Wolmer, 2007, CETESB, arquivo pessoal





**Figura 04 – Corte do esquema de aterro sanitário em vala. Um quarto da referida área é utilizado como área verde**

**Fonte: Fernando Wolmer, 2007, CETESB, arquivo pessoal**

b) Aterro sanitário abaixo da superfície original do terreno. Escavações especiais: são valas especialmente projetadas para o aterramento de resíduos, conhecido também como trincheiras. Trincheira de grandes proporções: Figuras de 5 a 8.





**Figura 05: Abertura da Trincheira**  
**Fonte: Fernando Wolmer, 2007, CETESB, arquivo pessoal**



**Figura 06: Instalação da geomembrana de PEAD ( Polietileno de Alta Densidade, de 2,0 (dois) milímetros de espessura) sobre camada de solo argiloso compactado na Trincheira.**

**Fonte: Fernando Wolmer, 2007, CETESB, arquivo pessoal**



**Figura 07: Instalação da geomembrana de PEAD sobre camada de solo argiloso compactado na Trincheira. Num segundo momento a instalação do sistema de drenagem das águas percoladas (Chorume) e de gás metano (biogás) em meio ao solo argiloso compactado**

Fonte: Fernando Wolmer, 2007, CETESB, arquivo pessoal



**Figura 08: Mesma situação anterior numa fase mais adiantada. Instalação da geomembrana de PEAD sobre camada de solo argiloso compactado na Trincheira. Num segundo momento a instalação do sistema de drenagem das águas percoladas (Chorume) e de gás metano (biogás) em meio ao solo argiloso compactado.**

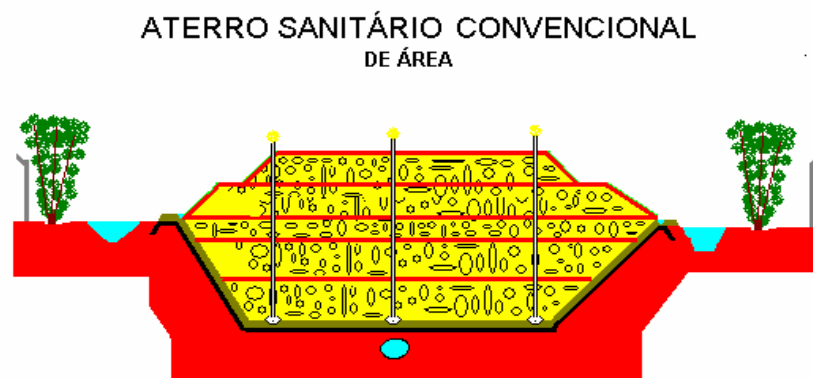
Fonte: Fernando Wolmer, 2007, CETESB, arquivo pessoal

c) Aterro sanitário acima da superfície original do terreno: este método consiste na formação de camadas de resíduos compactados, que são sobrepostas acima do nível original do terreno resultando em configurações típicas de “escadas” ou de “tronco de pirâmide”, também conhecido como aterro sanitário tipo “convencional”. Terrenos com topografia acidentada: Figuras de 9 a 19.



**Figura 09: Exemplo de área para Aterro Sanitário – Terreno acidentado - Convencional de Área ou de Camada.**

Fonte: Fernando Wolmer, 2007, CETESB, arquivo pessoal



**Figura 10: Exemplo de planta com corte perpendicular de um aterro sanitário convencional de área.**

Fonte: Fernando Wolmer, 2007, CETESB, arquivo pessoal





**Figura 11: Aplicação da manta impermeabilização (geomembrana) de PEAD sobre camada de solo argiloso já compactada um aterro sanitário convencional de área.**  
Fonte: Fernando Wolmer, 2007, CETESB, arquivo pessoal



**Figura 12: Após a aplicação de manta de impermeabilização (geomembrana) de PEAD sobre camada de solo argiloso compactada, ocorre a ancoragem da manta de impermeabilização no aterro sanitário convencional de área.**  
Fonte: Fernando Wolmer, 2007, CETESB, arquivo pessoal



Figura 13: Após a ancoragem da manta de impermeabilização de PEAD ocorre nova aplicação de uma camada de solo argilosa e a preparação do sistema de drenagem de águas residuárias (chorume) e gases num aterro sanitário convencional de área.  
Fonte: Fernando Wolmer, 2007, CETESB, arquivo pessoal

#### ATERRO SANITÁRIO CONVENCIONAL

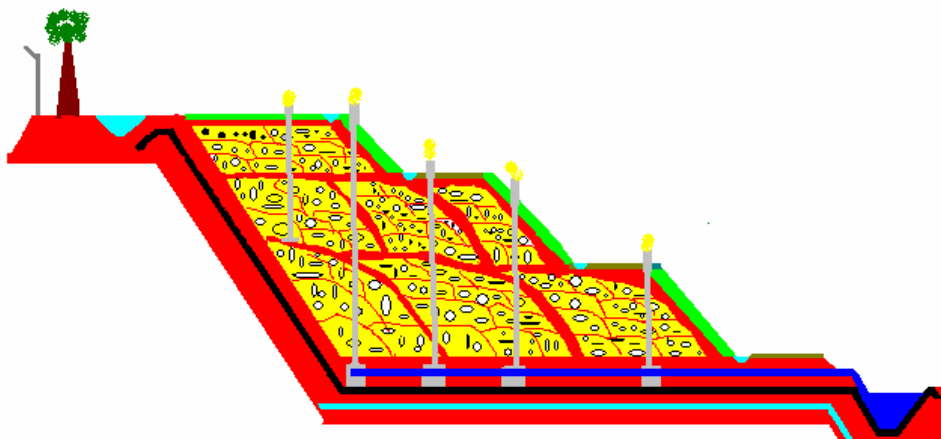


Figura 14: Exemplo de planta com corte perpendicular de um aterro sanitário convencional localizado em encosta, camadas ou células.  
Fonte: Fernando Wolmer, 2007, CETESB, arquivo pessoal





**Figura 15:** Aplicação de camada de solo argiloso, após a aplicação de manta de impermeabilização (geomembrana) de PEAD sobre camada e a ancoragem da mesma. Exemplo de aterro sanitário convencional em camadas, localizado em encosta.

Fonte: Fernando Wolmer, 2007, CETESB, arquivo pessoal



**Figura 16:** Exemplo de aterro sanitário convencional em camadas localizado em encosta. Na fase final podemos observar a estabilização da encosta promovida pela compactação dos taludes e a impermeabilização com cobertura vegetal e sistema de drenagem das águas pluviais. Observa-se ainda o sistema de drenagem dos gases.

Fonte: Fernando Wolmer, 2007, CETESB, arquivo pessoal



**Figura 17: Exemplo de aterro sanitário convencional em camadas localizado em encosta. Observa-se o sistema de drenagem de águas pluviais.**  
Fonte: Fernando Wolmer, 2007, CETESB, arquivo pessoal



**Figura 18: Exemplo de tanque impermeabilizado com manta de PEAD armazenagem de líquidos percolados (CHORUME) em aterro sanitário convencional.**  
Fonte: Fernando Wolmer, 2007, CETESB, arquivo pessoal





**Figura 19: Exemplo de ETE (Estação de Tratamento de Efluentes) aeróbio de líquidos percolados (CHORUME) em aterro sanitário convencional.  
Fonte: Fernando Wolmer, 2007, CETESB, arquivo pessoal**



## **2.4 - Tratamento do resíduo sólido**

Existem vários caminhos a serem trilhados na questão do tratamento de resíduos sólidos, entre elas está o aterro sanitário, a educação ambiental, a coleta seletiva, o reuso, a reciclagem, a compostagem, resíduos sólidos de saúde e incineração. Todos esses processos em separado ou em conjunto são importantes no processo como um todo no gerenciamento integrado dos resíduos sólidos (FERRUCCIO, R. S. 2003).

### **2.4.1 - Resíduo sólido e aterro sanitário**

Segundo o IPT/CEMPRE, (2000) citado por Ferruccio, R. S. (2003), a concepção do aterro sanitário como local de tratamento requer a avaliação das alternativas e sistemas disponíveis. Nesse aspecto, podem-se distinguir quatro linhas principais de tratamento nos aterros sanitários: digestão aeróbia, digestão semi-anaeróbia, digestão anaeróbia e tratamento anaeróbio acelerado. A digestão aeróbia é uma alternativa pesquisada para a decomposição de resíduo sólido. As vantagens deste processo consistem em resultar menores níveis de DBO e DQO, não formação de biogás, decomposição mais rápida dos resíduos, e melhoria das condições de drenagem dos líquidos e gases favorecendo assim, a estabilidade mecânica do aterro. Não é usada, ainda, devido aos seus elevados custos diretos quando comparada com a anaeróbia. Como alternativas às dificuldades apresentadas pelo processo aeróbio, existe uma corrente tecnológica que apresenta a concepção de digestão semi-aeróbia. Essa concepção procura eliminar as desvantagens de implantação e de operação de sistemas forçados de insufladores de ar na massa de resíduo, através de diretrizes preventivas de projeto, adotando sistemas de drenagem de biogás, de chorume e a aeração natural por convecção.

A aeração natural por convecção, não ocorre em aterros sanitários convencionais, conforme Chistensen, T. H. e Kjeldsen, P., (1991) citado por

Ferruccio, R. S. (2003), que consideram sempre haver oxigênio difundindo-se da atmosfera para o aterro, mas que as bactérias aeróbias presentes no topo do aterro, rapidamente o consomem, mantendo a zona aeróbia a menos de um metro de profundidade.

De acordo com o IPT/CEMPRE (2001), a digestão anaeróbia em aterro sanitário é considerada como uma forma sanitária de tratamento por ocorrer a inertização do resíduo sólido (término das reações orgânicas, alcançando-se o estágio de mineralização).

Mata-Alvarez, J., (1991) citado por Ferruccio, R. S. (2003), salienta que os principais fatores que afetam o rendimento do processo de digestão anaeróbia são, a composição do resíduo, e a estratégia de coleta deste, por afetarem a sua fração orgânica.

Segundo IPT/CEMPRE (1995), o aterro se comporta como um biodigestor, onde ocorre o tratamento anaeróbio do resíduo, com aceleração da metanogênese para decomposição da matéria orgânica, tem sido objeto de estudos da biorremediação. Ocorre em células de aterro onde a matéria orgânica é decomposta. Ao final, há a possibilidade de reabertura das células, segregação e destinação final dos resíduos inertes. Assim, o aterro sanitário transforma-se em um local para tratamento, podendo ter, inclusive, o seu volume de resíduo minimizado, mediante técnicas de separação de recicláveis e disposição dos inertes em local específico.

Segundo Teixeira, E.N. citado por Ferruccio, R. S. (2003), o processo de degradação em aterro é, basicamente, anaeróbio e, é possível acelerar o processo de digestão anaeróbia por dois mecanismos: acelerando a acidogênese, pela aceleração da hidrólise da matéria orgânica complexa, e acelerando a metanogênese. Como os microrganismos não metanogênicos têm taxa de crescimento superior ao dos microrganismos metanogênicos, é mais eficiente criar situações que desenvolvam mais rapidamente os microrganismos metanogênicos, deixando que a maior velocidade de consumo dos produtos da acetogênese provoque um deslocamento no desenvolvimento

dos microrganismos não metanogênicos (envolvendo neste termo aqueles hidrolizantes, acidogênicos e acetogênicos), aumentando-os.

Para Lacava, P.M. e Lima, L.M.Q.,(1988) citado por Lima, L.M.Q.,(2005) ao estudarem os líquidos percolados através de análises microbiológicas da decomposição do lixo concluíram que o chorume tratado em reatores biológicos consiste de um complexo enzimático extra celular com capacidade celulótica, lipolítica e proteolítica. Os autores também revelam que além das enzimas, este líquido contém elevado número de células microbianas específicas, tais como as bactérias metanogênicas, bactérias termófilas e fungos de alta capacidade celulolítica. Alegam ainda que a recirculação de chorume é um instrumento na aceleração do processo de decomposição, em particular da metanogênese, promovendo o processo de decomposição, pode-se constituir em um forte instrumento no tratamento dos resíduos urbanos.

Para Pohland, F. G. e Harper, S. R., (1986) citado por Lima, L.M.Q.,(2005), relatam que a coleta e a recirculação de chorume no aterro sanitário apresentam uma forma de tratamento “in situ” do chorume, e constatarem que a recirculação serve para melhorar a homogeneidade do meio químico necessário à degradação anaeróbia do resíduo e, efetivamente, reduzem o tempo normalmente requerido para a estabilização do resíduo em até 80 a 90 %. Também relatam que os estudos desenvolvidos no *Geórgia Institute of Technology*, em Atlanta, EUA, que consistiam em duas células de aterro sanitário simuladas, preenchidas com resíduos domésticos triturados. Uma célula era aberta e a outra era fechada (selada) para permitir a medição da produção de gás. Os autores também contribuíram para o entendimento do comportamento dos metais pesados nos aterros. Mostraram ainda a existência de pistas da fase alcalinogênica, (confirmada por Lima mais tarde), ou seja, após determinado tempo de maturação os líquidos das células tratadas tendem a ter um pH alcalino.

Os estudos de Lima, L.M.Q.,(2005), realizados em 1983, foram conduzidos no Brasil:

“onde experimentos em escala de laboratório e em escala real foram conduzidos no sentido de desenvolver e testar mecanismos de aceleração da metanogênese em aterro sanitário e biorremediar um lixão contendo substâncias perigosas como os PCB's [Dentre os vários poluentes tóxicos estão os bifenilos policlorados (PCBs), que integram a lista dos 12 poluentes prioritários mais persistentes e bioacumuláveis definidos pela UNEP (*United Nations Environment Programme*) e metais pesados. Os estudos do autor demonstraram após 360 dias corridos que a reciclagem de chorume tratado em reator anaeróbio apresentou resultados mais favoráveis em termos de aceleração do processo de decomposição, bem como a destruição dos PCB's pela via microbiana.”

O autor revela que independentemente da concepção adotada, deve-se necessariamente, adotar medidas de proteção ambiental e monitoramento, de maneira a garantir condições adequadas da obra durante as fases do empreendimento: implantação, operação e fechamento (inclusive após o fechamento) IPT/CEMPRE, (2000).

Bisordi, M. S., (2004), descreve o processo de transformação de lixão em aterro sanitário, o qual passa por um conjunto de ações que deverão acontecer de forma integrada, envolvendo necessariamente uma parceria de empresas públicas e privada. No setor público, fica a necessidade de uma política de resíduos sólidos em todos os níveis, integrando Federação, Estado e Municípios, definindo diretrizes técnicas e, principalmente, oferecendo linhas de financiamento para a recuperação das áreas degradadas com resíduos. Para o setor privado estaria reservada a parcela do desenvolvimento e aplicação de tecnologias adequadas para a recuperação das áreas impactadas, com o objetivo de transformar o local em espaço com condições de ser reutilizado pela população, após intervenção.

### 2.4.2 - Resíduo sólido e coleta seletiva

Tauk-Tornisielo, S. M. et al. (1995) citado por Ferruccio, R. S. (2003), disseram que a coleta seletiva deve integrar qualquer sistema de manejo, tratamento e destinação final de resíduo sólido urbano. Sua implantação deve ser precedida por estudos para se obter o apoio e a colaboração da população. O objetivo é a economia de energia, matéria prima e o estabelecimento de um programa de educação e reeducação ambiental.

O Centro de Ciências da Educação da UFSC (<http://www.ced.ufsc.br/meioambiente/dicalixo.htm>) coloca que a separação dos resíduos sólidos é fundamental, pois quando misturados, alguns materiais perdem a oportunidade de serem reciclados. A separação, no momento em que se produz o resíduo, facilita o trabalho de triagem e o reaproveitamento.

Para Pereira Neto (1999), citado por Ferruccio, R. S. (2003), a reciclagem garante muitos ganhos. Como exemplos, a geração de empregos diretos, a possibilidade de união e organização da força trabalhista mais desprestigiada e marginalizada em cooperativas de reciclagem (segregação), nas centrais ou usinas, e a oportunidade de incentivar a mobilização comunitária para o exercício da cidadania, em busca da solução de seus próprios problemas.

Lima, J.S.; Queiroz, J.E.G.; e Freitas, H.B., (2004) descrevem que o Brasil produz aproximadamente 242.000 toneladas por dia de materiais desperdiçados por falta de reciclagem, sendo que 76% deles é disposto a céu aberto (lixão) e 24% em aterro. Deste último apenas 0.9% é reciclado, incluindo aí a compostagem, que é uma alternativa pouco empregada no Brasil. Na busca de um destino melhor para os resíduos produzidos pelas atividades domésticas, a compostagem tem mostrado carrinhos como uma alternativa viável. O composto orgânico gerado a partir do desperdício da matéria orgânica pode ser usado para as várias finalidades, entre elas para recuperação de solo degradado, produção comercial para jardinagem residencial, pastos,

reflorestamento e agricultura. Entretanto, a qualidade do composto determina o crescimento e o desenvolvimento das plantas. O estudo sobre a produtividade de milho utilizando compostagem com resíduos de origem doméstica resultou em melhoria significativa na produção do cereal.

BRASIL - Ministério da Saúde, (COEDE,1999), relata em seu Manual de Saneamento, que incentiva todo o cidadão a aprender a reduzir a quantidade de resíduo que gera. Deve-se entender que a redução não implica em diminuição do padrão de vida e sim reordenar os materiais usados no dia-a-dia. O desperdício resulta em ônus para o poder público e para o contribuinte. A sua redução significa diminuição nos custos de produção e aquisição, além de fator decisivo na preservação dos recursos naturais.

O BNDES (1998) em sua publicação sobre Resíduos Sólidos Urbanos, complementa que a utilização de formas de redução de resíduo não elimina a necessidade de aterro para a disposição dos rejeitos. No entanto, prolongam a vida útil do aterro e minimizam seus custos e impactos ambientais.

### **2.4.3 - Resíduo sólido e biorremediação**

Segundo Lima, L. M. Q.,(2005) a biorremediação é o conceito mais atual para tratamento de aterros sanitários, aterros controlados e lixões focado na minimização dos impactos negativos ao meio ambiente, na ampliação da vida útil e na reversão do quadro crítico. Ele define a BIORREMEDIAÇÃO como uma ferramenta da biotecnologia que utiliza microrganismos no tratamento de resíduos, particularmente na remediação de passivos ambientais causados pela deposição desordenada de lixo doméstico, industrial e hospitalar no solo, ar e recursos hídricos.

Segundo a USEPA, *Environmental Protection Agency*, agência americana de controle ambiental, citado por Lima, L. M. Q.,(2004), relata que a biorremediação pode ser classificada no rol das tecnologias novas,

caracterizando-se pela via destrutiva, onde a atividade biológica é responsável pelos resultados na transformação e minimização dos agentes poluentes. A biorremediação difere das tecnologias tradicionais, tais como, a incineração, a compostagem e o aterro sanitário, uma vez que essas tecnologias já se encontram disponíveis no mercado. As tecnologias novas têm a restrição básica o fato de não estarem disponíveis em “prateleiras comerciais”, requerem antes de sua aplicação, a realização de estudos preliminares de tratamento.

Lima, L. M. Q., (2005), propõe que a biorremediação é uma tecnologia que permite o tratamento da fração sólida dos resíduos presentes nos lixões e aterros. Tal como ocorre com a fração sólida, a biorremediação é uma tecnologia que permite o tratamento da fração líquida dos resíduos presentes nos lixões e aterros. O tratamento do chorume por biorremediação passa por três fases permite obter uma eficiência de remoção de carga poluente na faixa de 85 a 90%. Tecnologia para tratamento de gases tem sido um objetivo perseguido por inúmeros pesquisadores e empresas ao longo das últimas três décadas. Lembra que os gases de aterros ou lixões são resultantes da atividade microbiana decompositora, e consistem na mistura de dióxido de carbono, metano, gás sulfídrico e água.

Lima, L.M.Q., (2005), comenta que um dos principais problemas brasileiros da administração pública municipal é a questão do tratamento e destino final do lixo urbano. Em geral, por falta de conhecimento, as prefeituras não sabem como lidar com o problema dos resíduos sólidos, resultando na formação de lixões e vazadouros a céu aberto que contaminam o solo, ar e recursos hídricos, afetando a saúde e a qualidade de vida da população. Mais recentemente, pela ação do Ministério Público e dos Órgãos Estaduais de Controle Ambiental, o problema dos lixões tem sido fiscalizado e vem gerando processos judiciais contra os prefeitos. Mesmo assim, a eficácia da simples cobrança estatal e a formalização de Termo de Ajustamento de Conduta (TAC) não têm sido eficazes na busca de uma solução adequada para o problema.

Na verdade, a solução não pode ser simplesmente jurídica, faz-se necessário ter conhecimento tecnológico para solucionar os problemas de poluição causados pelos lixões. Nesse sentido, a biotecnologia dispõe de ferramentas adequadas com custos acessíveis, capazes de serem utilizadas pelos municípios. Uma destas ferramentas é a biorremediação, que é o uso de microrganismos naturais na decomposição ou biodegradação dos resíduos. Nesse processo, os resíduos são dispostos em células de aterramento, similar à técnica de aterro sanitário, e são decompostos por ação de microrganismos anaeróbios, (microrganismos que vivem na ausência de ar) transformando a matéria orgânica (principal fonte de poluentes) em um composto organo-mineral que pode ser utilizado na produção de flores tropicais, silvicultura, produção de grama, etc. Com o emprego da biotecnologia é possível solucionar o problema dos lixões, e ainda, gerar receitas que reduzem o custo do tratamento do lixo, gerando emprego e renda de forma sustentável.

Um bom exemplo de projetos dessa natureza pode ser visitado na cidade de Ribeirão das Neves, região metropolitana de Belo Horizonte, Minas Gerais, um município pobre, com uma população de 330 mil habitantes, vem utilizando com sucesso a biorremediação, onde os resíduos urbanos são tratados e utilizados como composto organo-mineral na produção de flores tropicais (LIMA, L.M.Q., 2005).

Lima, J. D., (2001), relata com muita propriedade em seu livro *Gestão de resíduos sólidos no Brasil* que, mais recentemente nas áreas degradadas por lixões vem sendo desenvolvidos à *Remediação de Lixões*, através do processo de *Bio-Remediação*, amplamente difundidas no Brasil. Relata que o processo de *Bio-Remediação* fundamenta-se em um processo biológico no tratamento dos resíduos sólidos urbanos depositados em uma determinada área. O processo consiste na aceleração da decomposição da matéria orgânica através da ação de microrganismos decompositores específicos que tem por função transformar parte dos resíduos sólidos em líquidos e gases, resultando assim na possibilidade de reabertura das células ou camadas de lixo novo para a segregação e destinação final de inertes, compostos orgânicos, com tratamento final dos líquidos resultantes, e queima dos gases ao longo do



processo. Nesta área tratada o gerenciamento integrado dos resíduos será fundamental para reduzir o volume, reutilizar os resíduos principalmente da construção civil e reciclar os materiais. O autor afirma que deste processo é possível descontaminar integralmente a área de Lixões, podendo usar essa área para depositar resíduos domésticos, em aterro sanitário, transformar em parque municipal ou utilizar como uma estação de operação do manejo, segregação, tratamento e destino final dos resíduos sólidos urbanos pela implantação do modelo de sistema integrado.

#### **2.4.4 - Gerenciamento de Resíduo Sólido Urbano /Doméstico**

Segundo PROIN/CAPES & UNESP/ICGE, (1999), o Gerenciamento Integrado dos Resíduos Sólidos é o conjunto articulado de ações normativas, operacionais, financeiras e de planejamento, que o administrador desenvolve, baseado em critérios sanitários, ambientais e econômicos, para coletar, tratar e dispor o lixo de sua cidade/empresa, sendo o objetivo maior é não gerar; minimizar a geração; reciclar; tratar; dispor adequadamente.

Reichert, G.A.; Campani, D.B. (2000), relatam que no caso de Porto Alegre que o correto manejo dos resíduos sólidos é certamente um dos principais desafios dos grandes centros urbanos. Eles questionam que apenas a qualidade da coleta e a limpeza pública bem feita sem pensar na disposição correta dos mesmos não produz resultados, da mesma forma que não adianta uma coleta seletiva se não há uma estrutura de beneficiamento dos materiais ou estudo de mercado para a venda. Os mesmos autores questionam a viabilidade dos aterros sanitários bem executados, se colocarmos cada vez mais resíduos reaproveitáveis, sendo que cada vez está mais difícil localizar uma nova área economicamente e ambientalmente viável nos grandes centros. Há necessidade de segregação dos materiais na fonte, já tendo em mente a sua utilização futura, ou o processo de tratamento ao qual eles serão submetidos. Este modelo é chamado de Sistema de Gerenciamento Integrado de Resíduos Sólidos.

Lima, J.D.de., (2001), enfoca na questão de um programa de manejo diferenciado de tratamento descentralizado de resíduos ou de manejo ambiental de resíduos que ele denomina Modelo Tecnológico de um Sistema de Resíduos Sólidos. Esse modelo diferenciado deve promover segregação dos resíduos na própria fonte geradora, dando a cada tipo de resíduos um tipo de tratamento adequado, incentivando a redução, reutilização e reciclagem dos mesmos. Ele relata que esse modelo de programa deve ser composto de:

- Reciclagem de materiais inorgânicos e compostagem de resíduos orgânicos (de grandes produtores, feiras livres e sacolões), misturados com podas de parques e jardins;
- Coleta seletiva de recicláveis (papel, papelão, metal, vidro e plástico);
- Reciclagem de resíduos da construção civil;
- Projeto de transformações de lixões em aterros sanitários (remediação ou outro processo);
- Aterro sanitário celular para tratamento de resíduos.

O IPT/CEMPRE, (1995); define que o gerenciamento integrado do lixo municipal significa limpar o município com ações normativas, operacionais, financeiras e planejamento desenvolvido pela administração municipal, baseado em critérios sanitários, ambientais e econômicos para coletar, tratar e dispor o lixo de sua cidade, utilizando as tecnologias mais compatíveis com a realidade local, dando-lhe um destino final ambientalmente seguro, tanto no presente como no futuro.

#### **2.4.5 - Aspectos Legais Sobre Tratamento e Disposição de RSU**

Segundo Da Silva, J. A. em seu trabalho publicado na revista SANEPAR, o direito do homem a um meio ambiente sadio é um direito indiscutível, reconhecido pela Comissão Mundial sobre Meio Ambiente e Desenvolvimento, onde todos os seres humanos têm o direito fundamental a um ambiente adequado à sua saúde e bem-estar. O artigo XXV da Declaração

Universal dos Direitos do Homem reconhecida em 1946 prevê que toda pessoa tem direito a um padrão de vida capaz de assegurar a si e à sua família, a saúde e o bem-estar, inclusive alimentação, vestuário, habitação, cuidados médicos e os serviços sociais indispensáveis. Para os países em desenvolvimento, os direitos humanos por excelência são os direitos econômicos e sociais que devem pairar acima dos demais: é o direito à vida no sentido mais amplo, que abrange os direitos indispensáveis a uma existência condigna.

O IPT/CEMPRE, (1995) demonstra que existem no cenário brasileiro uma gama de leis de grande abrangência significativa, em prol do meio ambiente como um todo. Lembrem que o aspecto institucional do Sistema Nacional do Meio Ambiente – SISNAMA, criado com a Lei nº 6.938/81 representa um conjunto articulado de órgãos, entidades, regras e práticas da União, dos Estados, do Distrito federal e dos municípios responsáveis pela proteção da qualidade ambiental.

A Constituição de 1988, em seu artigo 23, incisos III, IV, e VII, confere aos municípios a competência para a proteção ambiental, em comum com a União e os estados. Entretanto, a competência outorgada aos municípios permanece mais no âmbito da execução da legislação em vigor do que no âmbito de criar leis sobre o assunto. Porém, a norma do artigo 30, Inciso II da constituição, reconhece aos municípios a competência para suplementar a legislação federal e a estadual em matéria ambiental. Os municípios têm competência para organizar e prestar os serviços públicos de interesse local, inserindo-se as tarefas de limpeza pública: coleta, transporte e disposição de lixo municipal.

### **3 - METODOLOGIA**

O estudo de caso refere-se ao tempo de funcionamento do aterro sanitário do município de Mogi Mirim, SP, desde o início da implantação em 1985, até o seu encerramento em 2005. O estudo abrangeu também o período de 2006 até maio de 2007, ao término das avaliações objeto deste trabalho, já que posteriormente ao encerramento das atividades de disposição, as avaliações do impacto ambiental continuaram e deverão continuar por tempo indeterminado, ou até que as análises hoje preconizadas pelos órgãos ambientais de controle demonstrem estar a área livre de contaminações.

#### **3.1 – Estudo de caso**

A Agência Ambiental da Companhia de Tecnologia de Saneamento Ambiental - CETESB de Pirassununga é o órgão responsável por fiscalizar 22 municípios da região mogiana. Tem como missão “promover a melhoria e garantir a qualidade do Meio Ambiente na região, visando ao desenvolvimento social e econômico sustentável”. Em 1993, notificou a Prefeitura Municipal de Mogi Mirim, informando que o local de destinação do Resíduo Sólido Urbano - RSU estava em final de vida útil, localizado próximo a uma área de preservação e fora dos padrões operacionais, caracterizando uma situação de não enquadramento nas normas técnicas necessárias para classificação como aterro sanitário, bem como a continuidade de disposição no local.

Apesar das medidas adotadas para melhorar a operação na área de disposição ao longo de mais de uma década, em março de 2005 houve novamente a intervenção da CETESB, que além de exigir o término imediato do uso do aterro, intimou que o projeto de encerramento fosse concluído dentro das normas legais.

Dando cumprimento às exigências da CETESB, a Prefeitura Municipal de Mogi Mirim recorreu à Faculdade Municipal Professor Franco Montoro - FMPFM, para que através do corpo docente do Curso de Engenharia Ambiental, fossem realizados estudos visando adequação às exigências legais.

A localização e operação inadequadas de locais de disposição de RSU constituem um sério problema aos municípios. Lima, J. D., (2001), demonstrou que os resíduos sólidos são materiais heterogêneos resultantes das atividades humanas e da natureza. Ao serem corretamente destinados ou utilizados, produzem, entre outros aspectos, proteção à saúde e economia de recursos naturais. O autor caracteriza ainda que os resíduos podem ser causadores de problemas sanitários, econômicos e estéticos.

Após a realização dos estudos técnicos necessários, a Faculdade Municipal Professor Franco Montoro apresentou o projeto de Adequação Ambiental e Encerramento do Aterro Sanitário de Mogi Mirim. A Prefeitura Municipal de Mogi Mirim, através do Departamento de Serviços Municipais ficou responsável pela execução das operações necessárias para cumprimento da proposta apresentada.

### **3.2 - Histórico da área utilizada para instalação do aterro**

A Prefeitura Municipal de Mogi Mirim, em nove de janeiro de 1989, solicitou a Licença de Instalação do aterro sanitário, fato que gerou a abertura do Processo nº05/01022/89 na COMPANHIA DE TECNOLOGIA DE SANEAMENTO AMBIENTAL - CETESB. Na época, a prefeitura tinha recebido, a título de empréstimo, uma área de 12.711,36 m<sup>2</sup> para a implantação de um aterro sanitário, situada a cerca de 11 km do centro urbano e a 1.800 metros da residência mais próxima. A área era de uso predominantemente agrícola, com cultura de cana de açúcar, com capacidade para disposição de aproximadamente 30t/dia de resíduos domésticos, por pelo menos 15 anos. A

área anterior onde o município destinava seus resíduos estava esgotada, e sem condições de continuar operando.

Após a solicitação de licença de instalação junto à CETESB, o processo 05/01022/89 foi remetido à Secretaria do Meio Ambiente - SMA, consultando sobre a necessidade de elaboração de um Estudo de Impacto Ambiental – EIA e respectivamente o Relatório de Impacto Ambiental – RIMA para o empreendimento. Na época do início do empreendimento, a propriedade do imóvel pertencia a um agricultor no município. Em vistoria técnica realizada em 12/06/90, por técnicos do Departamento de Avaliação de Impacto Ambiental - CPLA/DAIA, juntamente com representante da empresa “Paulitec Construções Ltda”, a qual era responsável pela coleta e disposição no aterro sanitário naquela época, constatou-se que o mesmo encontrava-se implantado e em funcionamento. Constataram ainda que o aterro fora instalado em uma vertente que pertence à Bacia Hidrográfica do Rio Mogi Guaçu, a uma distância de 2 km do corpo d’água, e não foi constatado afloramento do lençol de água no talvegue existente nas proximidades, entretanto foi observada, na base do aterro, uma poça com pequena quantidade de líquido percolado da massa de lixo. Foi relatado também que o aterro (na época um lixão) estava situado à jusante do ponto de captação de água para abastecimento da cidade de Mogi Mirim, porém podemos constatar na presente data que a referida área está à montante.

O solo da região é do tipo arenoso, sujeito à erosão, sendo que por ocasião da inspeção não foi constatado sinal de erosão na área do empreendimento. Pode-se verificar, através da carta DPRN/IBGE 1:50.000 de 1987, relato da existência de um afloramento de água no referido talvegue. Segundo o proprietário da fazenda e funcionários da Prefeitura Municipal, existia uma forte erosão nesse talvegue; o município começou a depositar resíduos sólidos da construção civil e, logo em seguida, passou a dispor os resíduos sólidos urbanos. A mesma equipe da SMA da CPLA/DAIA constata que o aterro sanitário já operava normalmente, de forma considerada adequada na época. Durante a inspeção técnica não foi detectada a presença

de moscas, urubus e outros vetores transmissores de doenças, nem odores desagradáveis.

A existência de líquido percolado ou “chorume” na base do maciço do lixo é constatado, porém com ressalva de que o líquido acabaria se infiltrando no solo (CETESB, 1990). Quanto à possibilidade do infiltrado atingir um lençol freático que participa da recarga do rio, nada foi comentado ou relatado.

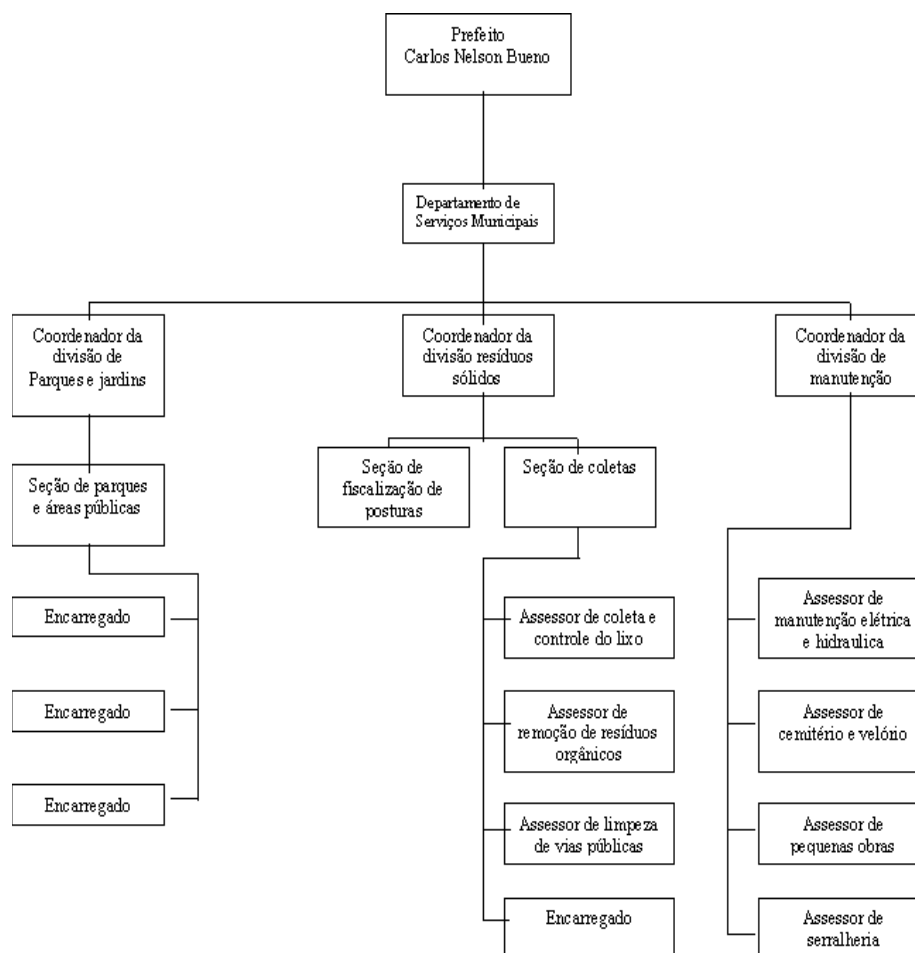
Constatou-se que o aterro sanitário havia iniciado suas atividades há mais de um ano, tendo em vista o esgotamento da antiga área. A CETESB concluiu que a área selecionada pela Prefeitura para a implantação do aterro sanitário era adequada a esse tipo de empreendimento, devido às seguintes características: boa localização, sob o aspecto do uso e ocupação de solo; área rural de uso agrícola; afastada de residências ou qualquer outra instalação de serviços; afastada de corpos d’água. Devido aos fatos apresentados pela CETESB, a SMA entendeu que a Prefeitura de Mogi Mirim não necessitava elaborar um EIA/RIMA para esse empreendimento (CETESB, 1990).

### **3.3 – Órgão municipal de gerenciamento**

A Prefeitura Municipal de Mogi Mirim é composta por 16 departamentos, sendo o Departamento de Serviços Municipais – DSM o responsável, segundo a lei complementar 185/05, por administrar e coordenar os serviços básicos de infra-estrutura do município, visando garantir o bem estar da população. O referido departamento tem as seguintes obrigações: promover a manutenção de parques e passeios públicos; coordenar o desenvolvimento de atividades relativas à limpeza pública, ou seja, a varrição, a coleta de lixo, a operação do aterro sanitário, a apreensão de animais, e atividades correlacionadas com a postura dos munícipes. Além disso, o departamento é responsável por prover o município de coleta e controle do lixo; administrar a remoção de resíduos domésticos orgânicos e inorgânicos; elaborar e implantar políticas e diretrizes para a limpeza urbana e destinação final de resíduos, de forma a manter as condições adequadas à população; atender reclamações da população em geral, referentes a bueiros e galerias entupidas e a limpeza e desobstrução de córregos; realizar pequenas obras de manutenção em áreas públicas; executar a manutenção de parques, jardins e áreas verdes, praças de lazer passivo e canteiros centrais em avenidas; realizar a manutenção de instalações elétricas e hidráulicas do município; administrar o cemitério e velório municipais; realizar os serviços de serralheria, marcenaria; coordenar os trabalhadores das divisões sob sua responsabilidade.

O corpo técnico do Departamento de Serviços Municipais é formado pelo diretor, engenheiros e trabalhadores que desempenham várias funções. Geralmente atuam no departamento estagiários que auxiliam o corpo técnico, desenvolvendo e atuando juntamente aos projetos correntes (Figura 20).





**Figura 20 – Organograma sobre a estrutura funcional do DSM**

**Fonte: Prefeitura Municipal de Mogi Mirim, SP**

### 3.4 - Localização e Caracterização da Área do Aterro Sanitário

O aterro localiza-se no município de Mogi Mirim, SP, na região nordeste do município distando aproximadamente 10 km do centro da cidade, fazendo parte da Fazenda Jacuba.

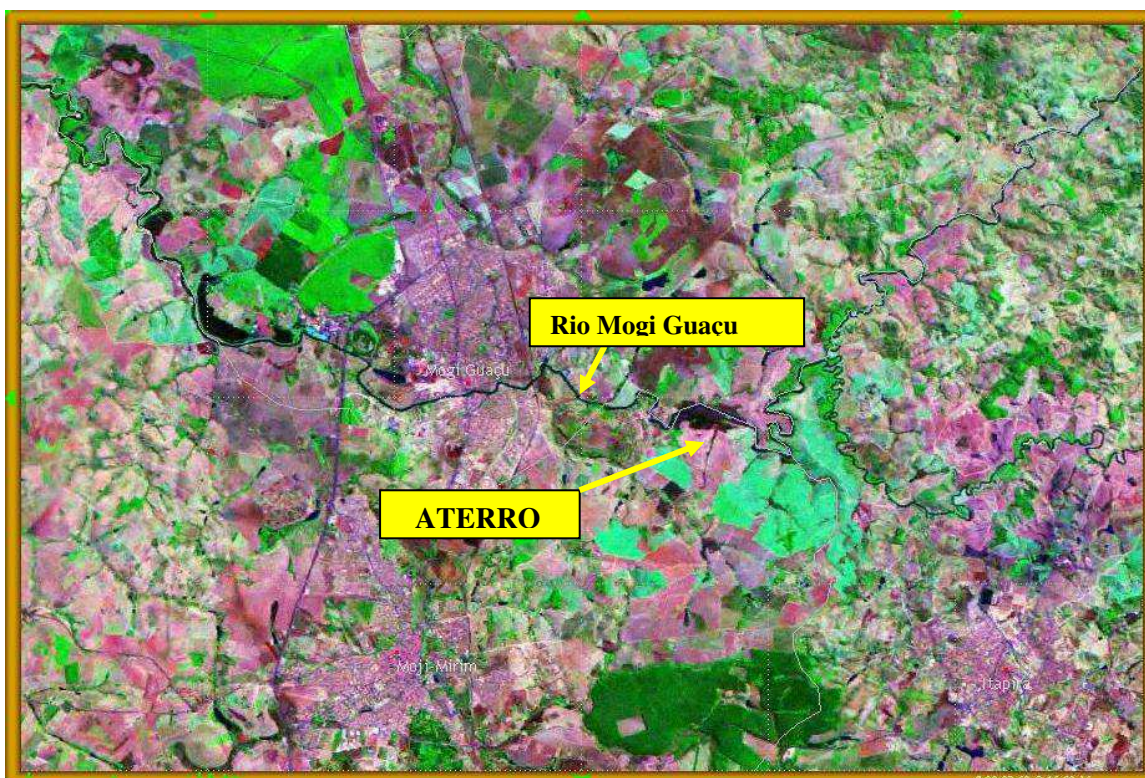


Figura 21 – Localização da área em estudo

Fonte: *Google Earth*, 2005

O acesso é realizado pela estrada Porto de Areia Suzigan, uma derivação da estrada municipal Luiz G. Marcelo Campos. Suas coordenadas geográficas de latitude  $-22.413611^{\circ}$  // longitude  $-46.941944^{\circ}$ . O município está situado perto das principais cidades do eixo industrial do Estado de São Paulo, conforme indicado na Figura 21, fazendo divisa ao norte, com a cidade de Mogi Guaçu; ao sul, com a cidade de Santo Antonio de Posse; ao leste, com a

cidade de Itapira e, ao oeste, com a cidade de Conchal. Segundo o Instituto Brasileiro de Geografia e Estatística – IBGE, na pesquisa nacional de Saneamento Básico 2000, o município de Mogi Mirim apresenta uma densidade demográfica de 150,6 hab/ km<sup>2</sup>.

### **3.5 - Entorno e área de influência**

Segundo consta na Prefeitura Municipal de Mogi Mirim, SP, no último levantamento aerofotogramétrico de 1978 na região do entorno ao aterro predominava o cultivo de café; atualmente cana de açúcar. O zoneamento local estabelece zona rural, conforme estabelece a Lei de Uso e Ocupação de Solo do Município, sendo facultativo o funcionamento do aterro sanitário municipal, uma vez que no local não é permitida a ocupação do solo por conjuntos habitacionais. A principal e mais grave interferência existente no entorno da área do aterro sanitário, é ligada à área da saúde pública. O aterro sanitário está à montante das estações de captação de água para abastecimento público dos municípios de Mogi Guaçu e Mogi Mirim, com um desnível de aproximadamente 25m, o que facilita o escoamento natural do chorume que eventualmente lixivia do aterro, oferecendo assim, risco de contaminação, tanto das águas superficiais como das águas subterrâneas, que são afluentes diretas do rio Mogi Guaçu.

O fato de o aterro sanitário estar localizado em uma das sub-bacias próximas ao rio Mogi Guaçu, as quais são consideradas elementos importantes na recarga do aquífero freático e superficial da bacia principal, reforça a idéia da premente necessidade de se realizar intervenções técnicas durante a operação do aterro sanitário, durante a fase de encerramento e por mais um longo tempo, passando por projetos de recuperação, readequação operacional, mas, sobretudo, uma remediação que contemple a implantação de programas de monitoramento das águas, bem como o encerramento racional do sistema, seguido de estudos para viabilização de um novo aterro.



**Figura 22 – Aterro Sanitário de Mogi Mirim – 14.03.2007. Entorno e área de influencia.**  
Fonte: Luís Augusto Bresser Dores, 2007, FMPFM, arquivo pessoal



**Figura 23 – Aterro Sanitário de Mogi Mirim – 14.03.2007. Entorno e área de influencia.**  
Fonte: Luís Augusto Bresser Dores, 2007, FMPFM, arquivo pessoal





**Figura 24 – Aterro Sanitário de Mogi Mirim – 14.03.2007. Gás metano.  
Fonte: Luís Augusto Bresser Soares, 2007, FMPFM, arquivo pessoal**



**Figura 25 – Aterro Sanitário de Mogi Mirim – 14.03.2007. Lagoa recirculação de chorume, sem impermeabilização e instalado no ponto alto do aterro.  
Fonte: Luís Augusto Bresser Soares, 2007, FMPFM, arquivo pessoal**

### 3.6 - Geologia Regional e Local

A classificação geológica para a região do município de Mogi Mirim é de predominância de solos de formação arenosa e areno-argiloso, tendo como características relevo plano, baixa a média densidade de drenagem, naturalmente erosivos e ricos em matéria orgânica. Em proporção menor, a região apresenta solos de formação magmática básica intrusiva (diabásico) que tem como características rochas compostas de minerais de baixa resistência ao intemperismo físico-químico e que se intemperizam para minerais de argila, possuem baixa a moderada densidade de drenagem e declividade predominante de três e oito por cento. Há ocorrência menor de solos da formação aquidauana que tem como característica solos arenosos a areno-silto-argiloso.

A região apresenta baixo deflúvio, escoamento superficial lento com topografia favorável para reter a água das chuvas e para recarregar os aquíferos subterrâneos. O manto de intemperismo apresenta-se espesso, com textura, permeabilidade e porosidade favoráveis para se constituir um bom aquífero superficial.

Pelo Sistema Internacional de Köppen, a área do município de Mogi Mirim é classificada como sendo de clima mesotérmico de inverno seco em que a temperatura média do mês mais frio é inferior a 18°C e a do mês mais quente ultrapassa 22°C. O total das chuvas dos meses mais secos não ultrapassa 30 mm. O índice pluviométrico desse tipo climático varia entre 1100 e 1700 mm diminuindo a precipitação de leste para oeste. A estação seca da região ocorre nos meses de abril a setembro, sendo julho o mês que atinge a máxima intensidade. O mês mais chuvoso oscila entre janeiro e fevereiro. A temperatura do mês mais quente oscila entre 22 e 24°C (Gomes, P.C. Bodstein, et al. 2003).

### 3.7 – Metodologia recomendada na literatura

IPT / CEMPRE, (1995) demonstra a necessidade de elaborar projetos técnicos após a identificação dos problemas existentes em uma determinada área em que são dispostos os resíduos sólidos domésticos, que normalmente é um depósito de qualquer tipo de resíduo sólido urbano. Por não haver nenhuma restrição na disposição, encontra-se todo tipo de resíduo gerado no município e até de outra região. Lembra que o nível de detalhamento destes projetos depende do porte da cidade, da qualidade e quantidade dos resíduos e também das condições técnicas e financeiras do município em questão. Reafirma que a priorização das soluções dos problemas deve seguir nesta ordem:

1) Problemas sanitários, pois afetam diretamente à saúde pública. As ações necessárias são assim definidas por eles: 1.1) movimentação e conformação da massa de lixo (regularização mecânica de acordo com o projeto; 1.2) Eliminar o fogo e a fumaça (cobertura do lixo); 1.3) delimitação da área; e 1.4) limpeza da área de domínio.

2) Problemas ambientais, pois também afetam indiretamente a saúde pública. Na direção da consolidação do aterro sanitário, o aspecto ambiental exige: 2.1) drenagem superficial: 2.1.1) isolar área de contribuição de águas superficiais do aterro, como diques, canaletas, ou tubulações, 2.1.2) separar as águas percoladas (chorume) pelo aterro das águas superficiais, 2.1.3) executar drenagens de águas pluviais das áreas de cobertura do lixão /aterro; 2.2) drenagem de gases e líquidos percolados (chorume) na massa de lixo: 2.2.1) abertura de valas e instalação de drenos. Através de equipamentos adequados deverão ser abertas valas na massa de lixo para a instalação de drenos de chorume e gases. Recomenda ainda que se estude a possibilidade da recuperação do biogás ou queima do mesmo; 2.3) coleta de chorume: 2.3.1) deverá ser projetado e executado um sistema de coleta, reservatório e um sistema de recirculação ou tratamento do chorume, 2.3.2) implantar uma área verde no entorno da área, chamado de cinturão verde, 2.3.3) cuidados para evitar a contaminação das águas subterrâneas.

3) Problemas operacionais são aqueles considerados como atividades inadequadas de operação na disposição do lixo.

Bisordi, M. S., (2004), descreve o processo de transformação de lixo em aterro sanitário o qual passa por um conjunto de ações que deverão acontecer de forma integrada envolvendo necessariamente uma parceria de empresas publicas e privada. No setor publico fica a necessidade de uma política de resíduos sólidos em todos os níveis, integrando Federação, Estado e Municípios definindo diretrizes técnicas e principalmente oferecendo linhas de financiamento para a recuperação das áreas degradadas com resíduos. Para o setor privado estaria reservada a parcela do desenvolvimento e aplicação de tecnologias adequadas para a recuperação das áreas impactadas com o objetivo de transformar o local em espaço com condições de ser reutilizado pela população, após intervenção.

Cossu, R., (1991), recomenda que as áreas degradadas pela disposição inadequada de resíduos sólidos (domiciliar, industrial, serviços de saúde e outros) devem, agora e no futuro, serem remediadas.

Lima, L.M.Q., (2004), afirma que a aplicação de processos biológicos, somados a técnicas de engenharia, como sendo uma solução para a remediação de áreas contaminadas por resíduo sólido, tais como lixões e aterros operados de forma inadequada.

Cookson, J.T.J.R., (1995) relata que a biorremediação é uma solução prática quando o processo é controlado e a bioquímica e condições ambientais necessárias são entendidas, para a completa destruição de um composto orgânico e que processos biológicos são confiáveis salvo interferências por elementos tóxicos.

Quanto ao sistema de recobrimento, Corrêa Sobrinho, N.L. (2000) demonstra as finalidades da correta cobertura final de lixões e aterros sanitários: aumentar a superfície do terreno e promover a apropriada inclinação para facilitar o escoamento superficial e controle da drenagem das águas



superficiais; separar o resíduo da vegetação, da ação de animais e humanos; minimizar a infiltração da água para o interior do aterro; e controle de gás gerado dentro do aterro. O mesmo autor comenta, porém, que nem todas as finalidades citadas podem ser simultaneamente satisfeitas por todos os aterros sanitários construídos, pois dependem de vários fatores tais como: localização do aterro; condições climáticas; período de atividade do aterro; estratégia geral de gerenciamento do aterro; tipo e quantidade de resíduo a ser disposto.

Devido à complexidade de projetar um sistema de cobertura, existem outros fatores envolvidos e apresentados por Corrêa Sobrinho, N.L. (2000): temperaturas extremas, inclusive a possibilidade de congelamento/descongelamento em profundidades significativas; ciclos de molhagem e secagem; penetração das raízes das plantas, escavação feita por animais, vermes e insetos; recalque total ou diferencial causado pela compressão do resíduo subjacente ou da fundação do solo; movimento de veículos (pesados) em estradas (internas) de acesso que atravessam a cobertura; deformações causadas por terrenos instáveis ou em áreas de atividades sísmicas; e mudança na umidade ao longo do tempo causada por movimento de água dentro e fora do resíduo subjacente. O autor relata que a maioria dos sistemas de cobertura são formados por múltiplas camadas. Os componentes do sistema de cobertura ele agrupou em cinco categorias: camada de superfície, camada de proteção, camada drenante, camada de barreira e camada graduada (coleta de gás e de fundação da cobertura sobre o resíduo).

Corrêa Sobrinho, N.L. (2000) explica que nem todos os componentes são necessários para todas as coberturas finais e que algumas camadas podem ser combinadas, como a camada de superfície e a camada de proteção, em uma única camada de solo em cima da superfície do terreno. O Quadro 2, apresenta as funções, os materiais e algumas recomendações gerais dos componentes de um sistema de cobertura.

Tabela 02. Funções, materiais e recomendações gerais dos componentes possíveis de um sistema de cobertura.

Camada	Função principal	Materiais típicos	Considerações Gerais
<b>Camada de superfície</b>	Promove crescimento vegetativo (na maioria das coberturas); promove evapotranspiração; previne erosão	Solo vegetal (locais úmidos); camada de geossintético para controle de erosão;	Camada de superfície para controle da água e/ou minimizar a erosão, é fundamental sua presença no sistema de cobertura
<b>Camada protetora</b>	Armazena água ; proteja camadas subjacentes da intrusão por plantas, animais, e humanos; proteja a camada barreira de ressecamento e congelamento/desgelo; mantém a estabilidade	camada de solo; uso de materiais de resíduos novos ou reciclados;	alguma forma de camada protetora sempre é necessária; podem ser combinadas a camada de superfície e a camada protetora em uma única camada de solo de cobertura
<b>Camada drenante</b>	drena a água infiltrada para minimizar o contato da camada barreira e dissipar forças de infiltração	Areia ou Pedregulho; geotêxteis; Geonet ou Geocompostos	camada drenante é opcional; necessária quando uma quantidade excessiva de água passa pela camada protetora ou forças de infiltração são excessivas
<b>Camada barreira</b>	minimizar infiltração da água que atinge o resíduo e favorece a saída do gás gerado pelo resíduo	argila compactada; geomembrana; camada de argila geossintética; material de resíduos	camada barreira normalmente é requerida; pode não ser necessária em locais extremamente áridos
<b>Camada graduada</b>	transmite o gás aos pontos de coleta para remoção e/ou co-geração	Areia ou Pedregulho; solo; geonet ou geotêxtil; material de resíduos usados ou reciclados	fundamental quando a quantidade de gás produzido pelo resíduo é excessiva

FONTE: MANASSERO et al., 1996

### **3.8 - Estudos desenvolvidos**

#### **3.8.1 - Adequação à Legislação Ambiental**

Na época da inspeção pela equipe de técnicos da CETESB em 1990, ao local do aterro já existia uma legislação pertinente ao assunto. Tanto a constituição Federal (em seu art. 225) como a Resolução 1/86 do CONAMA (Conselho Nacional de Meio Ambiente), determina a exigência do EIA-RIMA antes de se construir qualquer aterro sanitário, solicitado no processo de licenciamento ambiental do aterro. Os locais de disposição que tenham que ser encerrados, por motivos ambientais ou quando termina sua vida útil, deverão ser tratados de maneira a minimizar eventuais impactos sanitários e ambientais instalados ou em potencial.

Na desativação de um aterro sanitário, a ordem é estabilizar a área (física, química e biologicamente) e, após esta estabilização (período geralmente não inferior a 10 -15 anos após encerramento da disposição de lixo), destiná-la a um uso compatível. A cobertura definitiva deve ser projetada e executada de maneira a atender aos requisitos de isolar o lixo do meio ambiente, impedir a infiltração de chuvas e impedir a saída não-controlada do biogás.

Obedecendo as devidas normas de proteção, após o fim das atividades do aterro, o local pode ser usado para a construção de um parque, jardim, campo de futebol ou estacionamento, construídos em cima da última camada de lixo, sem que o terreno apresente qualquer risco à saúde pública ou de deslizamento.

O projeto de encerramento de um aterro deverá sempre atender à legislação pertinente. No caso em questão, deverão ser obedecidas às diretrizes fornecidas pela CETESB. Quanto aos efluentes líquidos gerados pela atividade de disposição final de resíduos, estes deverão ser monitorados com

base na Resolução CONAMA nº 020, em que são definidas e classificadas as águas doces, salobras e salinas, bem como os parâmetros e as concentrações toleráveis para cada tipo de águas nela classificada. No nível municipal, cabe consulta relativa à localização do empreendimento, devendo-se seguir os dispositivos do seu Plano Diretor.

### **3.8.2 - Redução das contaminações**

Com o término da operação da disposição de resíduos na área do aterro (lixão), em 2005, iniciou-se a eliminação das fontes de contaminação do solo, do lençol freático e das águas superficiais. Houve uma redução gradativa da contaminação ao longo do período, fortalecida pelas ações de recuperação da cobertura do aterro, do talude e da drenagem. O procedimento tecnicamente e ambientalmente inadequado de disposição de resíduos favorecia a proliferação de vetores que disseminavam doenças junto à população. Com o encerramento das atividades, ocorreu uma minimização natural dos vetores de doenças e, conseqüentemente, redução nas causas de doenças associadas à falta de saneamento.

O impacto positivo do término das operações no município e na região apresenta-se como permanente, irreversível e de ocorrência de médio prazo. Estes atributos levam a classificar o impacto como de média magnitude e intensidade, bem como de grande importância, pois se trata de uma condição de saúde pública.

### **3.8.3 - Medidas Mitigadoras**

O projeto de Recuperação Ambiental já é uma medida de mitigação de impacto ambiental, isto é, uma Recuperação de Área Degradada. Algumas medidas de controle foram tomadas durante as obras de recuperação e as mesmas determinadas no projeto.

### 3.8.4 - Plano de Monitoramento Ambiental

A caracterização dos solos da área do aterro foi de fundamental importância para a definição dos trabalhos e para o estudo das plumas de contaminação. Assim sendo, ensaios geotécnicos de caracterização foram recomendados e realizados. Foram executados furos de sondagem, que permitiram avaliar os solos e ao mesmo tempo determinar a espessura real dos resíduos depositados.

Dentre os ensaios necessários os ocorreram os de caracterização granulométrica (textura dos solos), densidade *in situ*, densidade dos grãos, teor de umidade, porosidade e limites de Atterberg (Plasticidade e Liquidez); ainda foi necessária a determinação da permeabilidade destes materiais, através da realização de ensaios no campo.

A determinação da Hidrogeologia local também foi imprescindível para determinação do fluxo preferencial, permitindo a geração do mapa potenciométrico da área para definição do passivo ambiental. Este mapa foi obtido com as sondagens supramencionadas e com os poços de monitoramento de água.

Definiu-se na época, a necessidade de implantação de mais um poço além dos 4 (quatro) poços existentes, com a execução dos seguintes pontos:

- Marcação topográfica dos poços no campo e no mapa planialtimétrico;
- Definição e acompanhamento da perfuração, instalação da tubulação e dispositivos de proteção do poço, visando verificar o desenvolvimento dos trabalhos dentro dos procedimentos e normas específicas deste tipo de atividade;
- Elaboração de fichas de instalação dos poços, contendo data de instalação, nome e assinatura do técnico encarregado e do engenheiro responsável, coordenadas, extensões de perfuração em solo e rocha, entre outros aspectos;

- Registro do nível de água estabilizado após a instalação do poço;
- Acompanhamento da coleta e acondicionamento das amostras iniciais de água que serão encaminhadas aos laboratórios especializados para execução de ensaios de qualidade;
- Registro fotográfico das principais etapas de implantação dos poços;
- Elaboração de relatório de construção.

### **3.8.5 - Re-conformação dos Taludes**

Nesta fase, os trabalhos compreenderam a avaliação da disposição dos materiais, confirmação dos procedimentos executivos de compactação de resíduos, tais como: espessuras e tipos de materiais empregados na cobertura; reavaliação dos pontos de implantação dos Dispositivos de Drenagem de Percolados e Gases, e elaboração de relatórios Como Construído desses dispositivos; proposição de eventuais substituições ou adequações em Poços Verticais de Drenagens e Instrumentação danificados pelos equipamentos de construção e transporte de resíduos.

### **3.8.6 - Recobrimento Final do Local**

À medida que as células de resíduos atingiram a sua conformação final, receberam os dispositivos finais de fechamento das camadas. Os trabalhos ocorreram da seguinte forma:

- A verificação e adequação dos materiais empregados;
- A avaliação do revestimento vegetal projetado;
- A proposta de correções de erosões localizadas e de “declividades negativas” que porventura ocorram devido às deformações dos maciços dos aterros;

- Proposição de dispositivos de drenagem complementares, caso ocorram eventuais insurgências de percolados nas superfícies externas dos taludes;
- Proposição de correção de eventuais trincamentos, visando impedir o escape de gases e possibilidade de aumento das vazões de percolados em períodos de grandes precipitações pluviométricas.

### **3.8.7 - Outros Aspectos**

Verificou-se e registrou-se os seguintes pontos:

- Existência de fumaça nos poços de gás, o que em princípio indica que os poços estão queimando resíduos provocados pela entrada de ar atmosférico por trincamentos do aterro;
- Análise expedita da concentração de gases expelidos pelos Poços Verticais para avaliar as concentrações de metano;
- Verificação da integridade de cercas ao longo das áreas do empreendimento;
- Coleta de amostras de água nos Poços de Monitoramento, e execução de ensaios em laboratórios especializados, para verificação de níveis de contaminação do lençol freático.

De posse desses dados, foram elaborados relatórios de acompanhamento e um relatório detalhado, para encaminhamento aos órgãos de controle ambiental (IBAMA e CETESB).

### **3.9 – Resultados Obtidos**

Após a realização das ações de correção do local de disposição de RSU no município de Mogi Mirim, observou-se que os problemas ambientais até então detectados foram minimizados sendo, todavia, necessário o

acompanhamento por longo período, de forma a caracterizar a eliminação dos impactos. O RSU passou a ser destinado para aterro sanitário em outra localidade, fora do município, condição que permanece até a presente data.

Ficou claro que a implantação de um projeto de encerramento de forma adequada possibilitou a resolução de um problema que já vinha se arrastando por décadas, afetando toda a região, causando danos ambientais e riscos à saúde pública, já que havia um significativo comprometimento dos mananciais hídricos no entorno do local de destinação.

As metodologias levantadas na literatura pouco contribuíram para as atividades de encerramento do aterro de Mogi Mirim, já que não há no Brasil experiências anteriores que demonstrem sucesso no encerramento de aterros e lixões, dentro de normas pré-estabelecidas, e com acompanhamento ao longo de anos de forma a demonstrar o sucesso das operações.

Os procedimentos recomendados pelos estudos realizados e adotados pela Prefeitura de Mogi Mirim parecem ter garantido a eficiência na condução dos procedimentos de encerramento. Resultados definitivos só serão possíveis com o monitoramento durante as próximas décadas.

O Município recebeu as recomendações quanto aos procedimentos a serem adotados nos próximos anos na condução da área de encerramento do aterro, de forma a garantir o sucesso do intuito. Recomendou-se que a metodologia apresentada no projeto elaborado pela FMPFM fosse seguida de forma criteriosa para que houvesse a minimização dos impactos no processo de encerramento do aterro.

### **3.9.1 – Ações Realizadas pela PMMM**

Após a realização das ações de correção do local de disposição de RSU no município de Mogi Mirim entre os anos de 2005 a 2007, observou-se em 25.10.2007 que a Prefeitura Municipal de Mogi Mirim realizou ações não



indicadas no projeto original entregue pela FMPFM e aprovado pela CETESB ao município.



**Figura 26 – Vista parcial do Aterro Sanitário de Mogi Mirim – 25.10.2007.  
Fonte: Luís Augusto Bresser Dores, 2007, FMPFM, arquivo pessoal.**



**Figura 27 – Sistema de drenagem dos gases do Aterro Sanitário de Mogi Mirim –  
25.11.2007.  
Fonte: Luís Augusto Bresser Dores, 2007, FMPFM, arquivo pessoal.**



**Figura 28 – Aterro Sanitário de Mogi Mirim – 25.11.2007. Lagoa recirculação de chorume, continua sem impermeabilização e instalado no ponto alto do aterro, apenas uma pequena manta de bidin.**

**Fonte: Luís Augusto Bresser Dores, 2007, FMPFM, arquivo pessoal.**



**Figura 29 – Sistema de captação do chorume do Aterro Sanitário de Mogi Mirim – 25.11.2007.**

**Fonte: Luís Augusto Bresser Dores, 2007, FMPFM, arquivo pessoal.**

#### 4 - DISCUSSÃO DOS ACHADOS

O estado de São Paulo, através da Secretaria de Estado do Meio Ambiente – SMA, em atendimento à Política Nacional de Meio Ambiente, desde 2003 (<http://www.ambiente.sp.gov.br/valas/index.htm>, 21.06.07), instituiu o “Projeto Aterro Sanitário em Valas”, que tem como um de seus princípios “ação governamental na manutenção do equilíbrio ecológico, considerando o meio ambiente como um patrimônio público a ser necessariamente assegurado e protegido, tendo em vista o uso coletivo”. Essa importante iniciativa do governo estadual na área de saneamento básico visa:

“...solucionar um dos problemas ambientais, que vem desafiando a administrações públicas desde o início da urbanização, notadamente a partir do início da era industrial, que é a destinação adequada dos resíduos sólidos, problema que, no Brasil, é agravado pelo crescimento explosivo e desordenado das suas cidades. No âmbito dos resíduos sólidos, que podem ser classificados genericamente em industriais, domésticos e de serviços de saúde, que devem ter tratamentos e destinos específicos, destacaram-se neste caso, os resíduos gerados pelas residências e do comércio em geral, cuja destinação final nas cidades com até 100.000 habitantes têm apresentado índices de qualidade abaixo da média (IQR de 2004 = 6,8), segundo os Inventários Estaduais de Resíduos Sólidos Domiciliares, realizados e divulgados anualmente pela CETESB, e que no Estado somam 578 locais de deposição. Considerando-se as condições sócio-econômicas e as tecnologias

disponíveis, o Governo do Estado selecionou um grupo de 281 Municípios de pequeno porte, com geração diária de até 10 toneladas de resíduos domésticos, para apoiá-los técnica e financeiramente na implantação de aterros sanitários em sistema de valas comuns, que apresentam custos baixos e simplicidade de implantação e operação. Essa ação também se insere no contexto da Política de Resíduos Sólidos, que vem sendo discutida no âmbito das casas legislativas da União e dos Estados Federados, com vistas à integração da gestão em conexão com as Políticas de Saneamento, Recursos Hídricos e de Meio Ambiente. Os recursos oferecidos pelo Projeto ainda devem ser considerados uma ação integrada com os recursos destinados pelo Fundo Estadual de Prevenção e Controle de Poluição – FECOP, que tem apoiado os municípios na aquisição de equipamentos para a coleta domiciliar, limpeza urbana e destinação adequada de resíduos sólidos. O Projeto foi iniciado com a publicação do Decreto Nº 44.760 e Decreto Nº 45.001 do ano 2000, que ensejou nos anos imediatos a celebração de quase 200 convênios com os municípios contemplados nos referidos Decretos. Os convênios para implantação de aterros sanitários em valas estão atualmente sob a responsabilidade da Coordenadoria de Planejamento Ambiental Estratégico e Educação Ambiental - CPLEA, através da Coordenação de Implantação do Projeto Aterro Sanitário em Valas composto pela Coordenação Administrativa e Financeira e a Coordenação Técnica. As atribuições da CPLEA e de das Coordenações estão na Resolução SMA Nº 24, de 23 de maio de 2003. A Secretaria do Meio Ambiente e a CETESB, ainda estão envolvidas em diversas outras ações que incentivam, além da disposição adequada, a minimização de resíduos através da coleta seletiva,

visando a reutilização e reciclagem de materiais diversos, com propostas consistentes de inclusão social de catadores, com apoio em educação ambiental e capacitação operacional cooperativista, e o consórcio de municípios para a operação de aterros sanitários regionalizados”.

Peixoto, G. H. T., (2006), relata que com a nova lei o Governo de São Paulo instituiu em março de 2006 e ano a Política Estadual de Resíduos Sólidos (Lei 12.300/2006). Devido ao fato de a legislação ser inovadora, ela procurou aglutinar questões atuais da gestão integrada do lixo, além de estabelecer um elo com as políticas estaduais de saneamento, de recursos hídricos, de saúde pública e de meio ambiente. A aplicação da lei depende agora de regulamentação pelo poder executivo paulista que poderá efetivá-la ou não. Como São Paulo foi o primeiro estado a instituir uma política de resíduos sólidos, esta iniciativa deve ser vista como um marco para todo o Brasil, dado o pioneirismo da nova legislação em definir princípios, diretrizes, objetivos e instrumentos para a gestão integrada e compartilhada de resíduos sólidos, baseados na preservação do meio ambiente e na promoção da saúde pública. Basicamente, a política dispõe sobre o fim de aterros e lixões clandestinos e de empresas coletoras não credenciadas; inserção de catadores, associações e cooperativas no processo de coleta, separação e comercialização dos resíduos urbanos recicláveis; promoção da educação ambiental para geradores e consumidores, no sentido de estimular a reutilização, a reciclagem e a redução dos resíduos; criação do Fundo Estadual de Resíduos Sólidos para financiar projetos de reciclagem nos municípios e promover a participação da sociedade, com a possibilidade de conceder incentivos fiscais e tributários, além de fomentar a pesquisa e a introdução de novas tecnologias ecologicamente corretas.

Dentre os principais destaques da nova política está a integração e cooperação entre os atores poder público, iniciativa privada e sociedade civil, no manejo de resíduos sólidos, o que envolve em especial a adoção do

princípio do poluidor-pagador, ou seja, a definição de regras de responsabilização e aplicação de penas diretamente àqueles que causarem danos decorrentes da má gestão dos resíduos (Peixoto, G. H. T., 2006), Observou-se que a lei traz um novo conceito, o qual não implica somente ações multidisciplinares, mas envolve também mudanças culturais, educação ambiental e visão sistêmica.

Conforme apontado por Ferruccio, R. S. (2003), o Programa Estadual de Resíduos Sólidos, implantado através da Resolução SMA-28, de 8-6-1995, objetiva equacionar os problemas relativos ao resíduo sólido no Estado de São Paulo, através de propostas de solução integrada. O resultado de uma pesquisa realizada em janeiro de 1997, pela Secretaria do Meio Ambiente, junto a 450 prefeituras municipais do Estado de São Paulo, demonstrou ser a disposição final e tratamento do resíduo sólido um dos principais problemas ambientais urbanos para 74% dos municípios entrevistados. O autor também demonstrou a urgência em promover a integração, articulação entre Estado, municípios, setores produtivos, empresariais e demais segmentos da sociedade civil, com vistas a soluções conjuntas, mediante planos de ação integrada; a necessidade de direcionar a gestão de resíduo para a prevenção e a minimização da geração de resíduo na fonte, através de novas tecnologias que utilizem uma quantidade cada vez menor de matéria-prima, energia e recursos naturais; a necessidade de uma Política de Resíduos Sustentável, que envolva, também, práticas industriais voltadas à prevenção, à reciclagem e à reutilização; a necessidade de tratamento adequado dos resíduos, sendo a compostagem e a incineração soluções passíveis de adoção, consideradas as garantias necessárias à sua implantação; e a exigência da disposição final ambientalmente segura de resíduo do processo produtivo e de consumo.

A CETESB, em seu relatório anual, divulga informações sobre a destinação adequada dos resíduos sólidos urbanos nos municípios do Estado de São Paulo. O órgão de controle, desde a sua origem, desenvolve diversos trabalhos de levantamento e avaliações sobre as condições ambientais e sanitárias dos locais de destinação final de resíduos sólidos domiciliares. A partir de 1997, passou a organizar e sistematizar as informações obtidas, de

modo a compor o Inventário Estadual de Resíduos Sólidos Domiciliares, o qual reflete as condições em que se encontram os sistemas de disposição e tratamento de resíduos sólidos domiciliares em operação. As referidas condições são expressas pelos Índices de Qualidade de Aterro de Resíduo – IQR, de Qualidade de Aterros em Valas – IQR Valas e de Qualidade de Usinas de Compostagem – IQC, com variação de 0 a 10, e classificados em três faixas de enquadramento: inadequada, controlada e adequada (CETESB, 2005).

O IQR médio dos 645 municípios paulistas, do sistema de disposição final de resíduos sólidos domiciliares em operação, passou de 4,4 em 1997, para 7,36 em 2005. Destaca-se, ainda a evolução referente à quantidade de resíduos sólidos dispostos adequadamente que passou de 10,9% do total gerado, em 1997, para 80,2% em 2005, considerando que, em 1997, o total de resíduos era de 18.232 t/dia e em 2005 foi de 27.971 t/dia, a quantidade de resíduo disposta adequadamente passou de 1.987 t/dia, em 1997, para 22.423 t/dia, em 2005. Contudo, o órgão de controle não relata o número de áreas que devam sofrer remediação ou que encerraram suas atividades. Em conformidade com o Programa Estadual de Resíduos Sólidos Domiciliares, para todos os municípios que apresentaram irregularidades na destinação final de resíduos sólidos, foi proposta a assinatura de um termo de Compromisso de Ajustamento de Conduta – TAC. Nos TACs estão consignados os compromissos das administrações municipais, visando a regularização ou encerramento de aterros irregulares e lixões e a adoção de uma solução definitiva e regularmente implantada. Em todos os casos, as ações desenvolvidas devem possibilitar a adequação técnica e ambiental das instalações, seguidas de seu correspondente licenciamento ambiental, bem como a remediação de passivos ambientais existentes (CETESB, 2005).

A CETESB relata que o número de Municípios do Estado de São Paulo com Termo de Acordo de Compromisso - TAC em vigência e o respectivo percentual, em relação ao total de municípios do Estado entre os anos de 1998 e 2005 cresceu significativamente. Fica claro que o aumento dos TACs firmados pelos Municípios com problemas no IQR cresceu a partir da constatação dos fatos pelo órgão fiscalizador do estado. O Município de Mogi

Mirim assinou o TAC em 1995. Mogi Guaçu não teve dificuldades constatadas em seu IQR (Tabela 03) e, portanto, não assinou TAC. Mogi Guaçu, por ter um bom aterro sanitário, recebeu o lixo de Mogi Mirim do 2º semestre de 2005 até meados do 1º semestre de 2006, com a devida autorização da CETESB.

**Tabela 03 - Enquadramento dos municípios do estado de São Paulo, Mogi Mirim e Mogi Guaçu, quanto às condições de tratamento e disposição dos resíduos sólidos domiciliares (IQR) no período de 1997 a 2006.**

Município	Lixo t/dia	1997	1998	1999	2000	2001	2002	2003	2004	2005	2006
		IQR	IQR	IQR	IQR	IQR	IQR	IQR	IQR	IQR	IQR
Mogi Guaçu	64,6	2,2	9,5	8,5	9,1	8,1	8,7	9,1	7,9	8,9	8,2
Mogi Mirim	33,2	9,7	8,8	6,2	6,2	7,1	7,2	7,1	7,2	8,9	9,6

**Fonte: CETESB – Inventário Estadual de Resíduos Sólidos Domiciliares, 2006**

Na tabela 03, sobre o IQR de 2006 pode-se observar que a nota dada pela CETESB EM 2004 para o município de Mogi Mirim foi de 7,2 (novembro de 2004), nota essa classificada como controlada (C). Em fevereiro de 2005 a Promotoria Pública mandou o município paralisar sua destinação de resíduos naquele aterro.

No ano seguinte observa-se que o município recebeu nota de 8,9 do IQR de 2005, nota essa classificada como adequada (A) pois os resíduos foram dispostos no município vizinho, em Mogi Guaçu. Já no ano seguinte observa-se que o município recebeu nota de 9,6 do IQR de 2006, nota essa classificada como adequada (A) pois os resíduos foram dispostos no de Paulínia-SP.

Lima, J. D., (2001) faz uma análise sobre gestão de resíduos sólidos, enfocando vários temas, como os princípios básicos e os modelos de gestão na atualidade, envolvendo a gestão convencional, a participativa e o modelo de gestão ambiental. Faz também uma análise internacional e conclui que, apesar dos países viverem realidades diferentes, observa-se que o enfrentamento dos impasses decorrente da gestão de resíduos e do seu gerenciamento passa por



diretrizes muito semelhantes. Quando compara a gestão de resíduos no Brasil, comunidade Européia como um todo, França, Alemanha, Holanda, Dinamarca, Estados Unidos da América e Japão, abordando as questões de hierarquia política, arranjos institucionais, instrumentos legais e mecanismos financeiros, observa que em nenhum momento a questão do encerramento das atividades nas áreas em são dispostos os resíduos domésticos é articulada ou questionada. Em outro momento, relata ainda a questão de remediação em lixões, mas não em aterros controlados ou aterros sanitários, enfocando a questão da biorremediação, a qual consiste em inocular microrganismos específicos transformando a parte sólida em líquido e gases, possibilitando a reabertura das células, dispondo assim o material inerte em outro local. Através desse processo é possível descontaminar integralmente a área de Lixões, usá-la como local de disposição de resíduos e ainda, transformá-la em um parque municipal, ou utilizá-la como um local de manejo perene, tratamento e destino final dos Resíduos Sólidos Urbanos pela implantação do modelo de sistema integrado. O autor relata ainda que uma das técnicas de engenharia associadas a biorremediação é o aterramento celular, onde os resíduos já dispostos são removidos, agregados, inoculados (ou recirculados) e novamente dispostos em células impermeabilizadas e providas de sistema de drenagem e tratamento secundários e terciários de líquido e de gases.

IPT/CEMPRE, (1995), discorre sobre várias abordagens do gerenciamento integrado do lixo municipal, sobre a origem e composição do lixo, sobre os serviços de limpeza, disposição final do lixo, tipos de tratamento dado ao lixo. Quanto à remediação de lixão, o autor afirma que, nesta fase, o detalhamento das atividades está orientado no sentido de atuar a nível emergencial, paralelo ao desenvolvimento do projeto, buscando compatibilizar essas medidas com as futuras e transformar o local em um aterro sanitário. Após transformar um lixão em aterro sanitário há necessidade de planejar o fechamento da área seguindo uma dada metodologia. Na fase final de projeto e no detalhamento do fechamento e desativação do local do aterro sanitário, deve-se atentar para a necessidade de haver um projeto paisagístico e de uso futuro da área, o monitoramento geotécnico/ambiental, a cobertura final, o

tratamento de gases e percolado, a inspeção periódica de campo e os serviços de manutenção dos equipamentos e acessórios instalados.

IPT/CEMPRE, (1995), apontam que locais onde tem sido depositado lixo domiciliar, os lixões, sem restrições a qualquer resíduo e sem cuidados sanitários e ambientais, e que não possam ser transformados em aterros sanitários, não deverão mais receber resíduo. Esses locais devem receber ações necessárias para minimizar os impactos na área da saúde pública e meio ambiente, para o término das ações naquele local. Concomitantemente, novas áreas devem ser estudadas para a disposição do lixo, dentro de uma política de gestão e planejamento do resíduo sólido doméstico no município. Demonstram a necessidade de que a área a ser desativada venha a ficar mais próxima da configuração topográfica e em sua vocação original antes de se tornar um lixão. A massa de lixo deve ser transformada em um corpo inerte, desde que o lixo ali depositado não possa ser removido para um aterro devidamente projetado, sanitária e ambientalmente seguro. As ações mitigadoras e o tempo necessário para se atingir a inertização da massa, através do processo de mineralização do lixo, são variáveis em função dos recursos disponíveis e da concepção da remediação adotada pelo município.

O'Learly, P. e Walsh, P., (1995), especialistas em resíduos sólidos da Universidade de Wisconsin-Madison, lembram que o uso eficiente de um local de aterro após o encerramento requer planejamento de longo prazo. A melhor estratégia é planejar o eventual uso do local antes que o aterro seja construído e entre em operação. A tabela 04 demonstra os passos a serem adotados para o procedimento de encerramento de um local de disposição.

**Tabela 04 - Procedimentos para o encerramento do aterro.**

---

**Pré-planejamento:**

- Identificar o plano de topografia;
- Preparar o plano de drenagem;
- Especificar a fonte do material de cobertura;
- Preparar a cobertura vegetal e o plano de paisagismo;

- Identificar a seqüência de encerramento para operações escalonadas de estruturas usadas no local;
- Programar a data do encerramento;
- Preparar a escala final dos procedimentos de encerramento;
- Notificar os usuários do local

**No encerramento:**

- Erguer estruturas para limitar o acesso;
- Colocar cartazes indicativos do encerramento e locais alternativos de despejo;
- Cobrir todos os resíduos ainda expostos.

**Após o encerramento:**

- Completar as estruturas e aspectos do controle de drenagem que se façam necessários;
- Completar conforme requerido os sistemas de coleta de gás e de ventilação, as instalações de contenção do chorume e os artefatos de monitoramento de gás ou de águas subterrâneas;
- Instalar placas de assentamento ou outros artefatos para detectar colapsos;
- Colocar a quantidade requerida de cobertura de terra sobre o aterro;

---

Fonte: O'LEARLY E WALSH, 1995, apostila v.10.

Entenmann, W. (1993), apresentou um estudo sobre encerramento e cuidados posteriores de alguns dos aterros do norte da Alemanha, em que relata que, devido à nova legislação alemã sobre aterros dos resíduos sólidos urbanos, a maioria dos aterros existentes não atendia a essa nova legislação e teria que encerrar suas atividades até o final de 2005. São necessárias investigações que contemplem as avaliações dos riscos, monitorações e previsões do comportamento das emissões químicas. Essas investigações são baseadas na avaliação de vários aterros já encerrados e que foram selados de várias maneiras. O autor afirma a necessidade de que cada local deva ser avaliado como um caso isolado. Isso pode levar a soluções bem diferentes e pode resultar na proposição de coberturas semi-permeáveis, aplicação do principio do bioreator de fluxo (*flushing bioreactor*), elementos verticais de vedação ou medidas hidráulicas para melhorar o escoamento da água. Como conseqüência, os cuidados após o encerramento e o monitoramento do desempenho e das emissões devem seguir conceitos individuais. Na Figura 22 está demonstrado o padrão de um aterro encerrado e já recuperado. Já a

Figura 23 indica as barreiras exteriores com *liners* (seção de revestimento composto por um tipo de forro de argila, manta geosintética "manta de Bidin" e geomembrana, colocada entre o lixo e o solo de um aterro para impedir que o lixo e percolados entrem em contato com as águas subterrâneas).

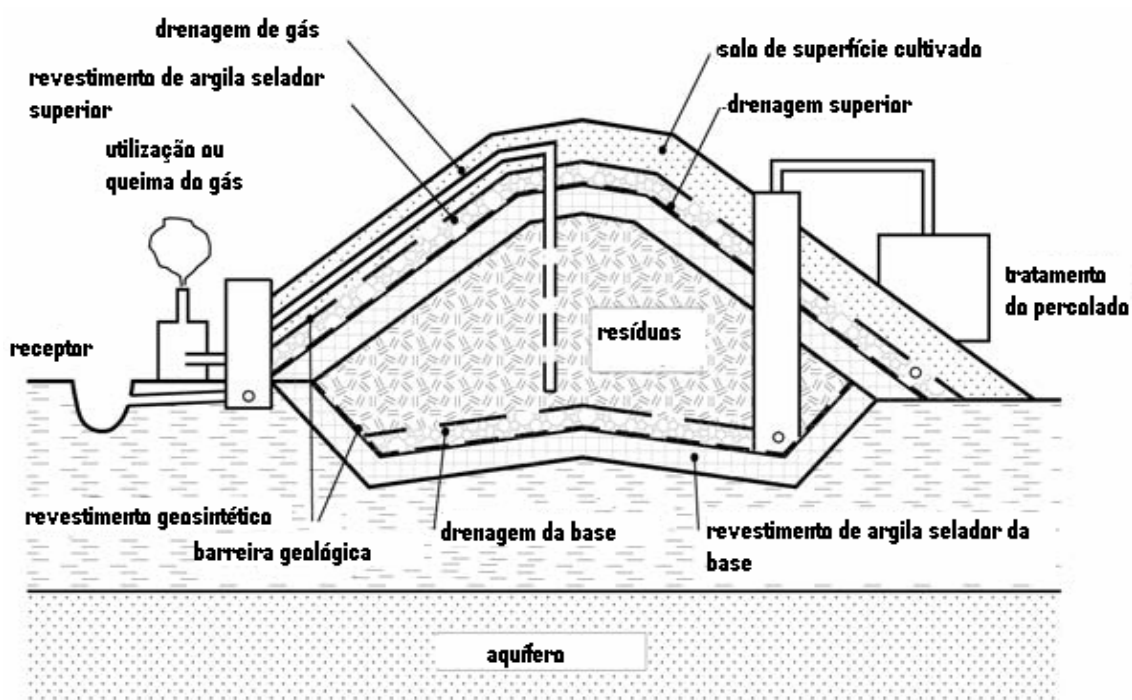


Figura 26: Esquema de aterro encerrado e recuperado.  
Fonte: Entenmann W., (1993).

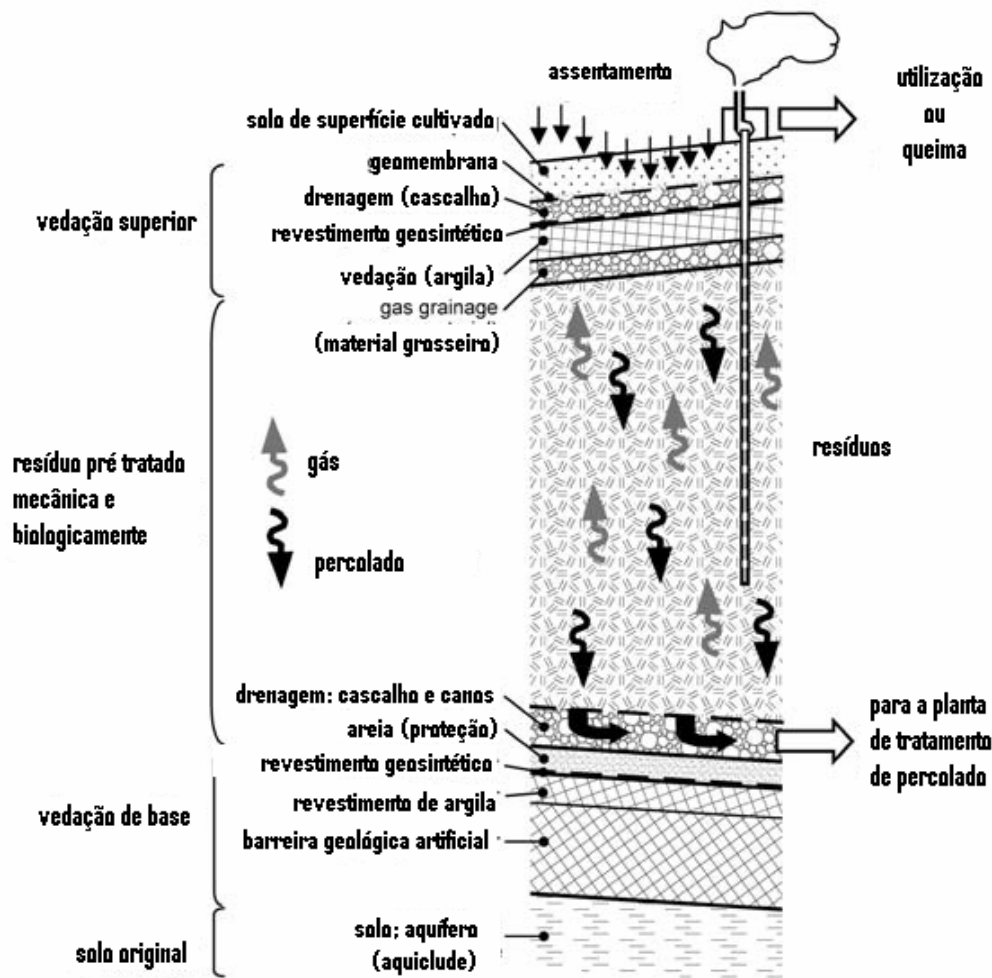


Figura 27: Vedações superiores e de base, e instalações para drenagem e captura de gás.

Fonte: Entenmann, W., (1993).

Entenmann, W., (1993) comenta que um aterro não vedado, construído sobre sedimento de permeabilidade muito baixa caracteriza-se por uma drenagem de base muito simples e com um dimensionamento muito precário. Mas essa drenagem saiu-se muito bem em um aterro monitorado no norte da Alemanha em um período de 30 anos e não mostra sinais de incrustações (Figura 24). Imagina-se que esse desempenho se deve ao dimensionamento precário, já que os drenos sofrem constantemente o afluxo de descargas de alta velocidade. Como resultado da alta condutividade hidráulica do aterro, derivada de uma alta proporção de entulho de demolição, o conteúdo de componentes tóxicos é tão pequeno que não há potencial de emissão significativo. Relata ainda que sob o conhecimento dele, este é o único sítio de

aterro central de tamanho considerável na região norte, ao qual as autoridades federais permitiram a ausência da camada de vedação superior, após intenso debate baseado na avaliação de riscos.

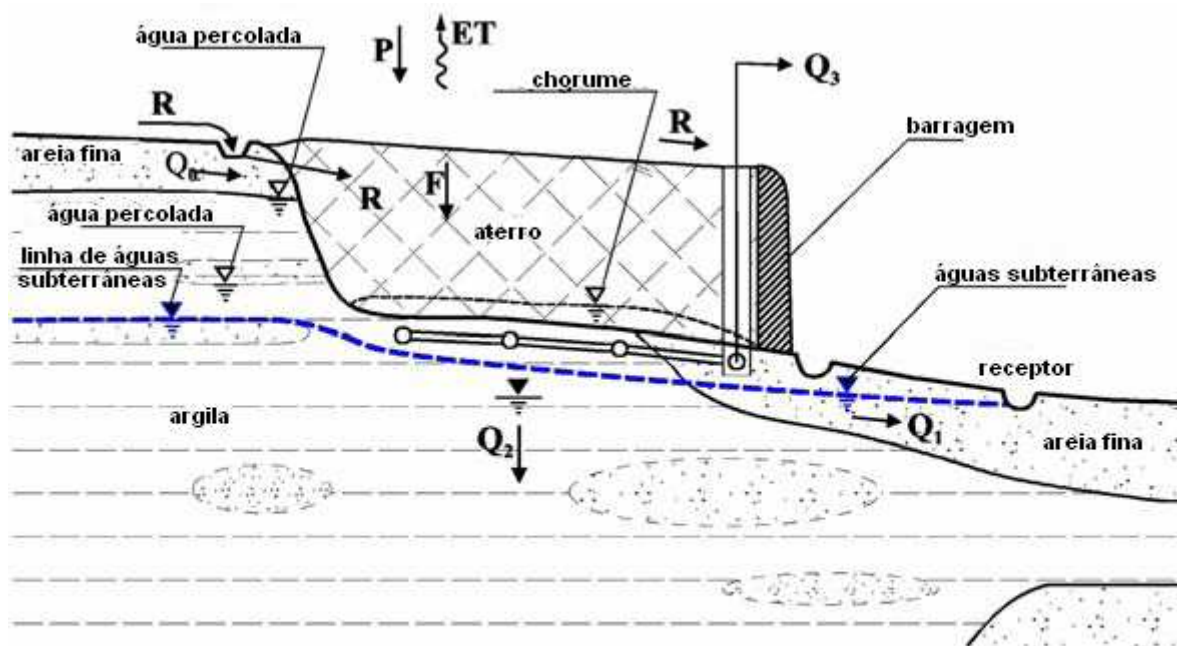


Figura 28 - Corte transversal do aterro sanitário de Hahn-Lehmden, Alemanha. Fonte: Entenmann, W., (1993).

Corrêa Sobrinho, N.L., (2000), descreve sobre sistemas de impermeabilização de aterro sanitário (base lateral e cobertura) devido à importância de se encapsular os resíduos, pois o percolado, com seu alto poder poluidor, quando atinge os mananciais de águas subterrâneas, pode alterar significativamente suas características, tornando-as impróprias ao consumo e sobrevivência de organismos aquáticos. Portanto, ele enfatiza a importância das características geométricas e geotécnicas dos sistemas de impermeabilização constituintes do perfil de um aterro sanitário, as quais devem ser monitoradas através de uma análise de balanço hídrico. O resultado

obtido do comportamento hídrico desse perfil definirá se o sistema adotado é seguro e adequado às condições de proteção ambiental exigidas.

Relatos apontados em publicação da CETESB demonstram que normalmente os aterros sanitários ocupam grandes áreas, modificam a paisagem (topografia do terreno), e alteram diretamente a qualidade e a quantidade das águas superficiais e subterrâneas. Tais situações levam à necessidade de se implantar ações especiais que protejam suas estruturas e o meio ambiente, mesmo naqueles já encerrados. Relatam que a superfície final e os taludes são partes mais vulneráveis, estando sujeitas a recalques e erosões que podem impactar o meio ambiente. Lembram da necessidade de preparar a superfície final do aterro com declividades que compensem os principais recalques, favorecendo o escoamento das águas pluviais para fora do aterro, onde são captadas pelo sistema de drenagem. Os taludes e patamares, além de serem construídos com declividade adequada, devem ser drenados e protegidos, com o plantio de grama em toda a sua extensão, imediatamente após sua construção. A publicação recomenda ainda que se elabore um cronograma de ações das obras de encerramento do aterro (CETESB, 1997).

## 5 – PROCEDIMENTOS RECOMENDADOS PARA ENCERRAMENTO

Recomendamos que se adote alguns procedimentos para encerramento de um lixão ou aterro sanitário que não recebeu intervenções necessárias antes de iniciar a disposição dos resíduos urbanos.

Considerando que não foi possível localizar na literatura nacional uma orientação técnica que possa ser facilmente acessada e adaptada à realidade estrutural e financeira dos Municípios brasileiros, com o objetivo de promover o encerramento de lixões, aterros controlados e aterros sanitários, e baseado nas recomendações propostas pelos órgãos fiscalizadores, na evolução dos conhecimentos nas últimas décadas descritas neste trabalho, nas práticas adotadas e bem sucedidas em outros países e principalmente na necessidade de minimizar os impactos ambientais, achamos por bem indicar uma metodologia básica de encerramento de disposição de RSU:

### **- Fase inicial - diagnóstico da situação:**

- Levantamento plano-altimétrico do local;
- Planejamento do sistema de drenagem pluvial superficial;
- Planejamento do sistema de drenagem de gases e dos líquidos percolados superficiais
- Planejamento do plano de contenção e destino final dos líquidos percolados;
- Planejamento do sistema de drenagem de possível existência de insurgência de água (mina de água) no entorno;
- Planejamento do plano de monitoramento contemplando com análises físicas, químicas e biológicas do solo e da água;
- Coleta de amostras para verificação dos resíduos existentes no local  
- devendo existir informação básica sobre tipo, composição,



consistência, capacidade de lixiviação, e se possível caracterização da origem;

- Avaliação de risco, específica do local: a avaliação de risco inclui a identificação de qual risco potencial pode produzir os resíduos depositados, a identificação dos receptores (neste caso a biosfera e possivelmente as águas subterrâneas), a identificação das vias através das quais substâncias provenientes dos resíduos podem atingir a biosfera, e a avaliação do impacto das substâncias susceptíveis de atingir a biosfera;
- Elaborar um Relatório Ambiental Preliminar – RAP, baseado nas informações coletadas no pré-planejamento de;
- Planejamento do plano de avaliação de estabilidade do aterro;
- Especificação da fonte do material de cobertura;
- Elaboração de projeto de cobertura vegetal e o plano de paisagismo;
- Elaboração de projeto de cinturão verde no entorno, numa faixa 20% da área do aterro;
- Identificação da seqüência de encerramento para operações escalonadas de estruturas usadas no local;
- Elaboração de programa sócio-ambiental para atender os catadores de lixo e seus familiares, quando houver a presença deles na referida área;
- Especificação dos procedimentos de engenharia para o desenvolvimento das estruturas usadas no local;
- Elaboração de memorial descritivo que contemple metas e ações técnicas mínimas a serem obedecidas na execução da obra e serviços citados acima, fixando portanto os parâmetros mínimos a serem atendidos para materiais, serviços, equipamentos, máquinas e licenças nos órgãos ambientais oficiais que se fizerem necessários;
- Elaboração de planilha de custo das atividades provenientes do encerramento de deposição de resíduos em lixões ou em aterros.

**- Fase de implantação das ações – Três meses antes do encerramento**

- Revisão do plano de encerramento – eliminação de possíveis falhas na elaboração do plano;
- Programação da data do encerramento definitivo;
- Preparação da escala final dos procedimentos de encerramento;
- Notificação dos órgãos governamentais competentes quanto aos procedimentos adotados;
- Notificação oficial dos usuários do local sobre a interrupção da disposição, tanto os veículos oficiais quanto os particulares.

**- Fase de encerramento propriamente dita:**

- Erguer cercas ou outras estruturas apropriadas para limitar o acesso;
- Colocar placas indicativas do encerramento e locais alternativos de destinação do RSU;
- Compactar o lixo exposto o melhor possível;
- Recolher todo o lixo ou entulho remanescente e colocar em célula de disposição e finalizá-la;
- Cobrir todos os resíduos por ventura ainda expostos;
- Manter a espessura da camada de terra entre os taludes de 0,30 a 0,40m e na finalização (última camada) sobre os taludes revestir com uma barreira geológica não inferior a 0,50m (argila adicionada a uma camada mineral que aumente a impermeabilização do aterro).
- Finalizar a cobertura com uma camada de solo não inferior a 1,0m para que haja a recomposição vegetal da área degradada.
- Executar todas as metas e ações estabelecidas na fase de pré-planejamento.

**- Fase de manutenção – 3 meses após o encerramento e nos 20 anos posteriores:**

- Avaliação técnica das condições do local após as medidas de encerramento.
- Completar as estruturas e aspectos do controle de drenagem que se façam necessários;

- Completar conforme requerido, os sistemas de coleta de gases e de ventilação, as instalações de contenção do chorume e os artefatos de monitoramento de gás e de águas subterrâneas;
- Colocar a quantidade requerida, após estudos indicativos, de cobertura de terra sobre o aterro;
- Implantar e manter ao longo do tempo a cobertura vegetal;
- Executar obras de engenharia necessárias para a estabilização do aterro, ações de monitoramento, procedimentos de destino final dos líquidos percolados bem como obras para o controle do estado dos canais desaguadores e bueiros;
- Efetuar as correções e tarefas de limpeza necessárias nos canais para mantê-los em perfeito estado operativo;
- Elaborar relatórios cada 6 (seis) meses contendo todas as informações ambientais, técnicas e sócio-econômicas, sobre as investigações que contemplem as avaliações dos riscos, monitorações e previsões do comportamento das diversas emissões na área.

## 6 – CONSIDERAÇÕES FINAIS

ALBERTE, E. P. V., CARNEIRO, A. P. & KAN, L., (2005) relatam que a problemática da destinação dos resíduos sólidos e a dificuldade de estabelecer medidas de controle e encerramento dos locais de disposição, afetam grande parte das cidades brasileiras, já que 59% dos municípios no país destinam seus resíduos urbanos em lixões. Segundo os autores este fato deve-se, em grande parte, às dificuldades enfrentadas pelos gestores municipais responsáveis por retirar e dar destino final ambientalmente e sanitariamente adequados aos resíduos. Esta condição foi verificada no Município estudado, sendo que, embora localizado em uma região tida como próspera dentro do país, a disposição inadequada prolongou-se por mais de 20 anos.

Duas novas leis poderão dar suporte nas diferentes áreas do saneamento ambiental na esfera federal e estadual - Lei Nº 11.445, de 5 de Janeiro de 2007 e a Lei Nº 12.300, de 16 de Março de 2006.

A Lei Nº 12.300, de 16 de Março de 2006, que institui a Política Estadual de Resíduos Sólidos do Estado de São Paulo, no Artigo 3º enfoca a necessidade de “instituir linhas de crédito e financiamento para a elaboração e implantação de Planos de Gerenciamento de Resíduos Sólidos” e ainda “instituir programas específicos de incentivo para a implantação de sistemas ambientalmente adequados de tratamento e disposição final de resíduos sólidos”. Esses dois tópicos são primordiais para que num futuro próximo regras específicas possam ser criadas, em forma de normas técnicas, para encerramento das atividades em lixões e aterros.

O Decreto Estadual nº. 32.955/91, que regulamenta a Lei nº. 6.134/88, dispõe sobre a preservação dos depósitos naturais de águas subterrâneas do

Estado de São Paulo. O Capítulo II, Seção II, trata dos resíduos sólidos, líquidos ou gasosos. Mais especificamente no Artigo 16º, há regulamentos para projetos de disposições de resíduos no solo, bem como a obrigação de monitoramento pelo empreendedor e a obrigação de remediação em casos de alteração da qualidade da água. No inciso §3º há a descrição da obrigatoriedade do empreendedor em executar as obras de recuperação das águas subterrâneas.

O não cumprimento de dispositivos legais já existentes nos remete à necessidade de termos complementação legal e metodológica de fácil acesso para implantação de sistemas ambientalmente adequados de encerramento de locais de disposição de RSU, bem como obrigatoriedade de monitoramento da área, por pelo menos 20 anos após o encerramento. É importante ressaltar a necessidade de estabelecer previsão orçamentária contemplada no plano pluri-anual dos Municípios, de forma a custear as ações de monitoramento, de correções estruturais, e manutenção da área de disposição encerrada.

Podemos concluir pelas as ações executadas durante a existência do aterro (lixão), que o município de Mogi Mirim não se preocupou com os impactos ambientais, provavelmente por estar localizado longe do centro urbano, pela falta de auto-suficiência tecnológica, pela dificuldade econômica e ausência de cobrança mais efetiva da comunidade, levando a não entrar no rol das prioridades políticas e administrativas. Além disso, ao analisarmos o IQR do município entre 1997 e 2005, verificamos que pelo menos segundo a própria CETESB, nota dada no IQR de 2004, não haveria necessidade alguma de encerramento do aterro, pois pelos índices alcançados, o aterro de Mogi Mirim estava dentro dos padrões de total normalidade. Mas o fato da Promotoria Pública de Mogi Mirim mandar encerrar as atividades daquele aterro, baseado nas informações oficiais dadas pela CETESB a promotoria, observa-se uma forte divergência na avaliação do potencial de risco da área para saúde pública e ao meio ambiente.

No caso de Mogi Mirim, SP, a principal e mais grave interferência existente no entorno da área do aterro sanitário, estava ligada à área da saúde pública. O aterro sanitário estava localizado a montante das estações de

captação de água para abastecimento público dos municípios de Mogi Guaçu e Mogi Mirim, o que facilitava o carreamento do chorume que advindo do aterro, oferecendo assim, risco de contaminação tanto das águas superficiais como das águas subterrâneas que são afluentes diretas do rio Mogi Guaçu.

Outra grave conseqüência ocorria na área de influência direta, devido a problemas operacionais, que afetavam diretamente a saúde pública, através da proliferação de fauna sinantrópica e vetores. Segundo a documentação existente, o município não operava corretamente a movimentação e conformação da massa de lixo (regularização mecânica de acordo com projetos anteriores apresentados à CETESB). Havia problemas quanto à existência de fogo e fumaça oriundas do lixo, problemas com a delimitação da área, e problemas com a drenagem superficial e dos líquidos percolados (chorume) bem como no sistema de drenagem dos diversos gases.

Ao avaliarmos as sugestões de encerramento de lixões e aterros, obtidos na revisão bibliográfica, constatamos que não atendem à necessidade de minimizar os impactos ambientais. Para mudar essa realidade dos depósitos de RSU, os governos federal e estadual, deveriam investir em duas frentes absolutamente necessárias: legislação pertinente, que envolva deveres e obrigações (antes, durante e depois do encerramento do mesmo) do município ou empresa operadora do aterro, tanto na parte executiva como na financeira; e normatização da gestão integrada de RSU, contemplando ações de controle, remediação e monitoramento por até 20 anos, responsabilizando o município e seus possíveis parceiros, por quaisquer conseqüências no decorrer deste tempo.

A sistemática utilizada no projeto apresentado pela FMPFM para encerramento do aterro de Mogi Mirim, SP, possibilitou elaborar recomendações que auxiliaram o Município a planejar e adequar seus sistemas de tratamento e disposição de resíduo sólido, gerando a implantação de um procedimento de gerenciamento integrado durante e após a fase de encerramento.

O sistema de disposição final de resíduos sólidos urbanos, projetado para Mogi Mirim, SP, deverá ser monitorado pelos próximos dez anos e receber obras de manutenção, desde as áreas de acesso interno, sistema de drenagem das águas pluviais e percoladas, recuperação dos taludes devido ao recalque, e outras ações de caráter estrutural. Os resultados deverão ser analisados anualmente, com o objetivo de se traçar novas metas e ações futuras, podendo assim dar um destino final para a área com maior segurança e com menor impacto ambiental.

Em meio às já conhecidas conseqüências ambientais geradas pela disposição inadequada, e quem sabe graças justamente à pressão negativa gerada por essas conseqüências, a nossa sociedade aos poucos vai ficando mais exigente em relação às ações das administrações públicas, o que reflete também no destino final dos resíduos sólidos e seus impactos ambientais e sanitários, porém muito ainda tem que ser feito na conscientização da população de uma maneira geral.

Neste estudo pudemos observar que resíduos de toda sorte, inertes, tóxicos, orgânicos, inorgânicos, perigosos, recicláveis ou não, podem ser encontrados na natureza dispostos a céu aberto de forma inadequada e sem tratamento algum. Há locais no país onde a disposição de RSU deixou de ocorrer, em total abandono, sem os procedimentos saneadores tão necessários para evitar a continuidade dos impactos. Não há responsabilização técnica, legal, social e econômica definidas, ficando por conta de denúncias junto ao Ministério Público para que haja algum procedimento por parte do denunciado. Esta realidade tende a piorar naqueles municípios onde a arrecadação é pequena, dificultando investimentos em obras de saneamento, bem como nos municípios onde o crescimento acelerado em curto espaço de tempo dificulta os investimentos proporcionais à necessidade da população. Maior crescimento, mais RSU, mais locais de disposição inadequada, mais riscos ambientais e saúde pública, mais investimento em medidas saneadoras. Este círculo vicioso só poderá ser quebrado com processo educativo contínuo e com investimento em medidas preventivas. Até isto se tornar realidade é de fundamental importância traçarmos planos e procedimentos de fácil acesso aos

administradores municipais de maneira a minimizar pelo menos em parte as conseqüências negativas já instaladas. É importante salientar que o comprometimento pode ser duradouro, gerando proliferação de vetores de doenças, propiciando a instalação de catadores revolvendo continuamente o local de disposição, e expondo a população às mais diversas contaminações dos solos e dos corpos de água superficiais e subterrâneos.



## REFERÊNCIAS BIBLIOGRÁFICAS

ABEP - ASSOCIAÇÃO BRASILEIRA DE EMPRESAS DE PESQUISA: CCEB – Critério de Classificação Econômica Brasil – 2003. Disponível em: <[http://www.abep.org/codigosguias/ABEP\\_CCEB.pdf](http://www.abep.org/codigosguias/ABEP_CCEB.pdf)>

ABGE - ASSOCIAÇÃO BRASILEIRA DE GEOLOGIA DE ENGENHARIA E AMBIENTAL, 1995. **Curso de Geologia Aplicada ao Meio Ambiente**. IPT, Série Meio Ambiente, 247P.

ABNT - ASSOCIAÇÃO BRASILEIRA DE NORMAS TÉCNICAS. **NBR 10520**: Informações e Documentação – Citações em Documentos - Apresentação. Rio de Janeiro, 2002. 7 p.

\_\_\_\_\_. **NBR 6023**: Informação e documentação: referências: elaboração. Rio de Janeiro, 2002. 24 p.

\_\_\_\_\_. **NBR 7229**: Projeto, construção e operação de sistemas de tanques sépticos - Procedimentos. Rio de Janeiro, 1993. 15 p.

\_\_\_\_\_. **NBR 8419**: Apresentação de Projetos de Aterros Sanitários de Resíduos Sólidos Urbanos – Procedimento. Rio de Janeiro, 2002. 24 p.

\_\_\_\_\_. **NBR 9574**: Execução de impermeabilização - Procedimento. Rio de Janeiro, 1986. 2 p.

\_\_\_\_\_. **NBR 9575**: Impermeabilização – Seleção e projeto - Procedimento. Rio de Janeiro, 2003. 12 p.

\_\_\_\_\_. **NBR 10004**: Resíduos Sólidos - Classificação. Rio de Janeiro, 2004. 71 p.

\_\_\_\_\_. **NBR 10005**: Procedimento para obtenção de extrato lixiviado de resíduos sólidos – Procedimentos. Rio de Janeiro, 2004. 16 p.

\_\_\_\_\_. **NBR 10006**: Procedimento para obtenção de extrato solubilizado de resíduos sólidos – Procedimentos. Rio de Janeiro, 2004. 3 p.

\_\_\_\_\_. **NBR 10007**: Amostragem de resíduos sólidos - Procedimento. Rio de Janeiro, 2004. 21 p.

\_\_\_\_\_. **NBR 10703**: Degradação do solo - Terminologia. Rio de Janeiro, 1989. 45 p.

\_\_\_\_\_. **NBR 12980**: Coleta, Varrição e Acondicionamento de Resíduos Sólidos Urbanos – Terminologia. Rio de Janeiro. 1993. 6 p.

\_\_\_\_\_. **NBR 13221**: Transporte terrestre de resíduos. Coleta, Varrição e Acondicionamento de Resíduos Sólidos Urbanos – Procedimento. Rio de Janeiro. 2003. 4 p.

\_\_\_\_\_. **NBR 13463**: Coleta de resíduos sólidos - Classificação. Rio de Janeiro, 1995. 3 p.

\_\_\_\_\_. **NBR 13896**: Aterros de Resíduos Não-perigosos – Critérios para Projetos, Implantação e Operação – Procedimento. Rio de Janeiro. 2003. 4 p.

\_\_\_\_\_. **NBR 15352**. Mantas termoplásticas de polietileno de alta densidade (PEAD) e de polietileno linear (PEBDL) para impermeabilização - Procedimento. Rio de Janeiro. 2006. 17 p.

ALBERTE, E. P. V., CARNEIRO, A. P. & KAN, L. Recuperação de Áreas Degradadas por Disposição de Resíduos Sólidos Urbanos Bahia – Brasil, Revista & Ciência – Revista Eletrônica da Faculdade de Tecnologia e Ciências de Feira de Santana. Ano III, n.5, jun.2005. ISSN1678-0493. Disponível em: [http://ftc.br/revistafsa/upload/20-06-2005\\_11-50-14\\_linkan.pdf](http://ftc.br/revistafsa/upload/20-06-2005_11-50-14_linkan.pdf). Acessado em: 07.08.2006.

ANDREOLI, C. V., (2001) **Resíduos Sólidos do Saneamento: processamento, reciclagem e disposição final**. Rio de Janeiro: RiMa, ABES. 1a. ed. Capítulo 6, p. 143-162.

BARROS, R. T. V. Resíduos sólidos - **Apostila** do curso de especialização de Gerenciamento Municipal em Recursos Hídricos. - EEUFMG, **2000**. Belo Horizonte: Escola de Engenharia da UFMG, 2000.

BIDONE, F.R.A. e POVINELLI, J. (1999) **Conceitos Básicos de Resíduos Sólidos**. São Carlos. Editora EESC / USP, São Carlos. 109 p.

BISORDI, M. S.; **O Processo de Transformação do Lixão em Aterro Sanitário**. In: ABGE / RESID'2004 – Seminário sobre resíduos sólidos, 2004, São Paulo. Disponível em: <<http://www.abge.com.br/resid04.htm>>. Acessado em 05.07.2007.

BNDES – BANCO NACIONAL DE DESENVOLVIMENTO ECONÔMICO E SOCIAL. **Resíduos Sólidos Urbanos**. Rio de Janeiro: AI/GESIS,1998. Caderno de Infra-Estrutura, nº6, Saneamento Ambiental.

BRASIL (Brasília): MCIDADES.SNSA: IPEA,2004 -Ministério Das Cidades – MCIDADES -Sistema Nacional de Informações sobre Saneamento – SNSA – Sistema Nacional de Informações sobre Saneamento –SNIS. **Diagnóstico do Manejo de Resíduos Sólidos Urbanos – 2002**. Brasília – Distrito Federal, 2004. 218p.

BRASIL (Brasília): MCIDADES.SNSA: IPEA,2006 -Ministério Das Cidades – MCIDADES -Sistema Nacional de Informações sobre Saneamento – SNSA –

Sistema Nacional de Informações sobre Saneamento –SNIS. **Diagnóstico do Manejo de Resíduos Sólidos Urbanos – 2004**. Brasília – Distrito Federal, 2006. 381p.

BRASIL. Ministério Da Saúde. **Manual de saneamento**. 3ªed., Brasília, DF: COEDE, 1999.

CAMPANI, D. B. & REICHERT, G. A. O Modelo de Gerenciamento Integrado de Resíduos sólidos Implantado em Porto Alegre. 20º Congresso Brasileiro de Engenharia Sanitária e Ambiental.

CAMPBELL, D.J.V. An Universal Approach to Landfill Management Acknowledging Local Criteria for Site Design In: INTERNATIONAL LANDFILL SYMPOSIUM, 3, 1991, Caligari, Sardinia, Italy. Proceedings... Caligari: CISA, 1991.

CETESB - COMPANHIA DE TECNOLOGIA DE SANEAMENTO AMBIENTAL. **Limpeza Pública**. São Paulo, 1980.

CETESB - COMPANHIA DE TECNOLOGIA DE SANEAMENTO AMBIENTAL. **Resíduos Sólidos Industriais**. CETESB / ASCETESB, 1985. Série Atlas da CETESB.

CETESB - COMPANHIA DE TECNOLOGIA DE SANEAMENTO AMBIENTAL, 1999 – **Manual de Gerenciamento de Áreas Contaminadas** / CETESB, GTS.—2ªed. – São Paulo: CETESB, 2001. [389] p. em várias paginações.

CETESB - COMPANHIA DE TECNOLOGIA DE SANEAMENTO AMBIENTAL, 1999 – **Atualização do Manual**: Manual de Gerenciamento de Áreas Contaminadas. Disponível em: <[www.cetesb.sp.gov.br](http://www.cetesb.sp.gov.br)>. Acessado em: 23.03.2007.

CETESB - COMPANHIA DE TECNOLOGIA DE SANEAMENTO AMBIENTAL, 2001 – **Relatório** de Estabelecimento de Valores Orientadores para Solos e Águas Subterrâneas no Estado de São Paulo. São Paulo, 73 p. + ap. Disponível em: <[www.cetesb.sp.gov.br](http://www.cetesb.sp.gov.br)>. Acessado em: 23.05.2007.

CETESB - COMPANHIA DE TECNOLOGIA DE SANEAMENTO AMBIENTAL. *In*: Inventário Estadual de Resíduos Sólidos Domiciliares, 2005. Disponível em: <<http://www.cetesb.sp.gov.br/Solo//relatorios.asp>>. Acessado em: 23.05.2006.

CETESB - COMPANHIA DE TECNOLOGIA DE SANEAMENTO AMBIENTAL. *In*: Inventário Estadual de Resíduos Sólidos Domiciliares, 2006. Disponível em: <<http://www.cetesb.sp.gov.br/Solo//relatorios.asp>>. Acessado em: 13.06.2007.

CORRÊA SOBRINHO, N. L. **Análise do balanço hídrico em aterros sanitários**. Viçosa: UFV, 2000.123p Tese (Mestrado em Engenharia Civil) Universidade Federal de Viçosa.

DA SILVA, J. A. **Análise da Qualidade da Coleta e Disposição Final dos Resíduos Sólidos Domiciliares da Cidade de Ivaiporã** - Estado Do Paraná - Univale - União das Escolas Superiores do Vale do Ivaí - Ivaiporã PR.

Disponível em:

<<http://sanepar.com.br/sanepar/sanare/v17/ANALISEDAQUALIDADEDACOLETA.htm>>. Acessado em 03.07.2007.

DIVISION OF ENVIRONMENTAL QUALITY SOLID WASTE MANAGEMENT PROGRAM –Missouri,USA. Disponível em:

<<http://www.dnr.mo.gov/divisions.htm>> Acessado em 07.06.2007.

ENTENMANN, W. - Emissions from older household waste landfiles without artificial under lying sealing. Contaminated Soil, 93:227 – 286, Dordrecht. 1993

FERRUCCIO, R. S. **Avaliação do Gerenciamento de Resíduo Sólido em Doze Municípios Paulistas, com Aterro Classificado como Adequado pela CETESB**. Campinas: FEC, UNICAMP, 2003. Tese (Doutorado) - Faculdade de Engenharia Civil, Universidade Estadual de Campinas, 2003.

FIALHO, M. A., **“Para onde vai o que sobra: destino final dos resíduos sólidos na grande São Paulo”**. São Paulo; 1988. [Dissertação de Mestrado – FFLCH-DG-USP].

FLECK, E. et. al. A metodologia de monitoramento ambiental e operacional dos aterros sanitários de Porto Alegre e municípios conveniados. In: CONGRESSO INTERAMERICANO DE ENGENHARIA SANITÁRIA E AMBIENTAL, 27. 2000, Porto Alegre. *Anais...* Porto Alegre, 2000.

GOMES, L. P.; COELHO, O. W.; ERBA, D. A.; VERONEZ, M. Critérios de seleção de áreas para disposição final de resíduos sólidos. In: ANDREOLI, C. V. (Coord.). **Resíduos sólidos do saneamento: processamento, reciclagem e disposição final**. São Carlos: RiMa Editora, ABES, 2001. p. 145-163.

GOMES, L. P.; CAETANO, M. O.; DUTRA, C. C.; COMASSETTO, F.; STODUTO, L.; OLIVEIRA, F.; QUADROS, A. V. Trincheiras em série para disposição final de resíduos sólidos urbanos. In: CASTILHOS Jr., A. B. de; LANGE, C. L.; GOMES, L. P.; PESSIN, N. (Orgs.). **Alternativas de disposição final de resíduos sólidos urbanos em pequenas comunidades: coletânia de trabalhos técnicos**. São Carlos: RiMa Editora, ABES, 2002. p. 19-27.

GOMES, P.C. B., et al. **Plano da Bacia Hidrográfica do Rio Mogi Guaçu**. EdUFSCar, São Carlos. 2003. 300p.

GRIMBERTG, E. **A Política Nacional de Resíduos Sólidos: a responsabilidade das empresas e inclusão social**. A Pólis - Instituto de Estudos, Formação e Assessoria em Políticas Sociais é uma Organização-Não-Governamental, artigo publicado em 22/07/2004. Disponível em: <[http://www.polis.org.br/artigo\\_interno.asp?codigo=35](http://www.polis.org.br/artigo_interno.asp?codigo=35)>. Acessado em: 17.06.2007.

IBGE - INSTITUTO BRASILEIRO DE GEOGRAFIA E ESTATÍSTICA. In: **Cidades@: os resultados do Censo 2000 atualizaram os dados referentes a todos os municípios brasileiros disponibilizados pelo canal Cidades@.** Disponível em: <[http://www.ibge.gov.br/censo/divulgacao\\_internet.shtm](http://www.ibge.gov.br/censo/divulgacao_internet.shtm)>. Acesso em 23.05.2006.

IBGE - INSTITUTO BRASILEIRO DE GEOGRAFIA E ESTATÍSTICA. Pesquisa **Nacional de Saneamento Básico 2000.** Disponível em: <[http://www.ibge.gov.br/home/estatistica/populacao/condicaodevida/pnsb/lixo\\_coletado/lixo\\_coletado109.shtm](http://www.ibge.gov.br/home/estatistica/populacao/condicaodevida/pnsb/lixo_coletado/lixo_coletado109.shtm)>. Acesso em: 23.05.2007.

IPT - INSTITUTO DE PESQUISAS TECNOLÓGICAS E COMPROMISSO EMPRESARIAL para RECICLAGEM. **Lixo Municipal: manual de gerenciamento integrado.** Coordenação: Jardim, N. S. (IPT), Wells, C. (CEMPRE), - 1ªed. São Paulo: Instituto de Pesquisas Tecnológicas: CEMPRE, 1995. 278pgs.

IPT - INSTITUTO DE PESQUISAS TECNOLÓGICAS E COMPROMISSO EMPRESARIAL para RECICLAGEM. **Lixo Municipal: Manual de Gerenciamento Integrado.** Coordenação: D'ALMEIDA, M.L.O. (IPT) & VILHENA, A. (CEMPRE), - 2ªed. São Paulo: IPT/CEMPRE, 2000. 370pgs.

LEME, F. A **Legislação-Destinação de Resíduos Sólidos: Perspectivas e desafios no Brasil e na Europa.** Goiânia, Agosto/2006 – In: Seminário de Gestão de Resíduos Sólidos, ABES/AIDIS.

LACERDA H B F. **A destinação final dos resíduos sólidos urbanos na Região do Grande ABC paulista e o poder local.** São Paulo; 2001. Dissertação de Pós Graduação. Fundação Getúlio Vargas.

LIMA, J. D., **Gestão de Resíduos Sólidos Urbanos no Brasil.** Campina Grande – PB. ABES-PB, 2001, p267.

LIMA, J.S; QUEIROZ, J.E.G. DE E H.B. FREITAS, H.B. **Effect of selected and non-selected urban waste compost on the initial growth of corn.** Revista ELSEVIER., (2003), Resources, Conservation and Recycling (2004). Disponível em: <<http://www.elsevier.com/com/locate/resconrec>>. Acessado em 05.07.2007.

LIMA, L.M.Q. **Tratamento de Lixo.** São Paulo: Hemus, 2ª ed., 1991.

LIMA, L.M.Q. **Lixo: Tratamento e Biorremediação.** São Paulo: Hemus, 3ª ed., 2004.

LIMA,L. M. Q. **Remediação de Lixões Municipais: Aplicações da Biotecnologia.** São Paulo: Hemus, 1ª ed., 2005.

O'Learly, P.; Walsh, P. **Curso de Estudos Independentes de Aterros de Resíduos Sólidos,** em 1991-92. –Apostila – v.10. Department of Engineering Professional Development, University of Wisconsin – Madison,1992. 31p.

MACHADO, P.A.L. Poluição por Resíduos Sólidos e Implicações Jurídicas. **Revista DAE**, n.38, 1978. Conforme Machado.

METROPLAN - FUNDAÇÃO METROPOLITANA DE PLANEJAMENTO. **“Manual de Limpeza Pública – Região Metropolitana de Porto Alegre”**. Porto Alegre; 1978.

PROIN/CAPES e UNESP/IGCE. **Material Didático**: arquivos de transparências (CD). Rio Claro: Departamento de Geologia Aplicada, 1999. Disponível em: <[www.rc.unesp.br/igce/aplicada/ead/residuos/res03.html](http://www.rc.unesp.br/igce/aplicada/ead/residuos/res03.html)>. Acessado em 27.06.2007.

PROIN/CAPES & UNESP/ICGE, (1999), **Material Didático**: Disposição de Resíduos do Curso de Geologia Ambiental da UNESP. Disponível em: <<http://www.rc.unesp.br/igce/aplicada/ead/residuos/pag02f.html>, acesso>. Acessado em 25.06.2007.

PEIXOTO, G. H. T. São Paulo na vanguarda da gestão integrada do lixo. **Revista Digital do Escritório Pinheiro Pedro Advogados**, Edição 09 de outubro de 2006. Disponível em: <[http://www.dazibao.com.br/boletim/0009/jur\\_gustavo\\_henrique.htm](http://www.dazibao.com.br/boletim/0009/jur_gustavo_henrique.htm)>. Acessado em 23.06.2007.

PESSIN, N.; DE CONTO, S. M.; QUISSINI, C. S. **Diagnóstico preliminar da geração de resíduos sólidos domésticos em sete municípios de pequeno porte da região do Vale do Caí, RS**. In: SIMPÓSIO INTERNACIONAL DE QUALIDADE AMBIENTAL, 2002, Porto Alegre. *Anais...* Porto Alegre, 2002.

REICHERT, G.A.; CAMPANI, D.B.O. **modelo de gerenciamento integrado de resíduos sólidos implantados em Porto Alegre**. In: SIMPÓSIO LUSO-BRASILEIRO DE ENGENHARIA SANITÁRIA E AMBIENTAL/ABES, 9, CD-ROM, 2000, Porto Seguro. *Anais...* Porto Seguro: Abes, 2000. p. 1178-1184.

RODRIGUES, F. L. e CAVINATTO, V.M. **Lixo. De onde vem? Para onde vai?** Coleção Desafios. 3ª edição. Moderna. São Paulo, 1997.

ROMÉRIO, M de A., PHILIPPI Jr. A., BRUNA, G.C. **“Panorama Ambiental da Metrópole de São Paulo”**, Parte 3 – Resíduos sólidos. São Paulo, USP - Faculdade de Sánchez, L.E. 2001. *Desengenharia: o passivo ambiental na desativação de empreendimentos industriais*. Edusp. São Paulo, 254 p.

SAÚDE PÚBLICA, Faculdade de Arquitetura e Urbanismo, Núcleo de Informações em Saúde Ambiental: Signus, 2004,584p.

SÃO PAULO (ESTADO). SECRETARIA DO MEIO AMBIENTE. **Gerenciamento de resíduos sólidos: uma visão de futuro** / Secretaria do Meio Ambiente do Estado de São Paulo e o Governo do Estado da Baviera através da secretaria do Meio Ambiente, da Saúde Pública e Proteção do consumidor da Baviera. - - São Paulo: SMA, 2005. 80p,

SÃO PAULO (ESTADO). SECRETARIA DO MEIO AMBIENTE. **Manual Ambiental** - Procedimentos para implantação de aterro sanitário em valas. Secretaria do Meio Ambiente do Estado de São Paulo, com apoio técnico da CETESB - - São Paulo: SMA, 2005. 33p,

SÃO PAULO (ESTADO). SECRETARIA DO MEIO AMBIENTE – **Apostila Ambientais** - Aterro Sanitário em Valas. Secretaria do Meio Ambiente do Estado de São Paulo, com apoio técnico da CETESB - - São Paulo: SMA, 2003. 38p,

SÃO PAULO (ESTADO). SECRETARIA DO MEIO AMBIENTE – **Apostila Ambientais - Aterro Sanitário**. Secretaria do Meio Ambiente do Estado de São Paulo, com apoio técnico da CETESB - - São Paulo: SMA, 1997. 39p,

TAUK-TORNISIELO, S. M. et al. Análise Ambiental: estratégia e ações. Fundação S.F. Maluf Queiroz, São Paulo, 1995.

TEIXEIRA, E.N. **Tratamento de Lixo**. Anotação de aula em IC 758 (aluno especial) - Campinas: FEC, UNICAMP, 2003.

UNIVERSIDADE FEDERAL DO RIO GRANDE DO SUL. “**RIMA, Relatório de Impacto Ambiental: legislação, elaboração e resultados**”. Organizado por Roberto Verdum e Rosa Maria Vieira Medeiros. – 4.ed. ver. Ampl. – Porto Alegre: Universidade / UFRGS, B2002. 210p.

USEPA – United States Environmental Protection Agency, 2001– Technical Approaches to Characterizing and Cleaning up Brownfields Sites. EPA/625/R-00/009. Washington, 65 p. Disponível em <<http://www.epa.gov/osw>> Acessado em 10.11.2006.

## ANEXOS

### 1 - Legislação sobre destinação de RSU

#### 1.1 - Legislação Federal:

- A Constituição Federal de 1988, estabelece os princípios da política nacional do meio ambiente, no capítulo VI (“Do Meio Ambiente”), Artigo 225:

Todos têm o direito ao meio ambiente ecologicamente equilibrado, bem de uso comum do povo e essencial à sadia qualidade de vida, impondo-se ao Poder Público e à coletividade o dever de defendê-lo e preservá-lo para as presentes e futuras gerações.

- A Lei nº. 6.938/81 – sobre a Política Nacional do Meio Ambiente;

- A Lei nº. 6.766/79 – sobre o parcelamento de solo urbano;

- A Lei nº. 9.605/98 – sobre as sanções penais e administrativas derivadas de lei de crimes ambientais, condutas e atividades lesivas ao meio ambiente (Leis de Crimes Ambientais); na Seção IV (“Da poluição e outros Crimes Ambientais”) conforme mencionado no Artigo 54. A comercialização de substâncias tóxicas (p.ex. a venda de áreas contaminadas), perigosas ou nocivas a saúde humana está sendo considerada como infração no Artigo 56. E a omissão da autoridade ambiental na apuração de infrações ambientais está sendo considerada como infração administrativa no artigo 70.



## 1.2 - Legislação Estadual:

- A Constituição do Estado de São Paulo de 1998, não trata especificamente sobre o problema de Áreas Contaminadas, mas faz referencia ao problema no Capítulo IV, Seções I-IV. No Artigo 193 da Seção I – Do Meio Ambiente e no artigo 201;
- A Lei nº. 997/76 – sobre o controle da poluição, onde enfatiza nos artigos 2º, 3º e 13º;
- O Decreto nº 8468/76 – Aprova o regulamento da Lei nº. 997/76, que dispõe sobre a prevenção e sobre o controle da poluição do meio ambiente. O Título IV é dedicado à poluição do solo nos artigos 51, 52 e 56.
- A Lei nº. 9.509/97 – da Política Estadual do Meio ambiente (Lei Trípoli);
- O Decreto nº. 32.955/91 regulamenta a Lei nº. 6.134/88, que dispõe sobre a preservação dos depósitos naturais de águas subterrâneas do Estado de São Paulo. O Capítulo II, Seção II, trata dos resíduos sólidos, líquidos ou gasosos. Mais especificamente no Artigo 16º e já na Seção III, há regulamentos para projetos de disposições de resíduos no solo, bem como a obrigação de monitoramento pelo empreendedor e a obrigação de remediação em casos de alteração da qualidade da água. No inciso §3º culmina na obrigatoriedade do empreendedor em executar as obras de recuperação das águas subterrâneas.
- A Lei nº. 9.999/98 altera a Lei nº. 9.472/96 que disciplina o uso de áreas industriais.

## 2 - Normas brasileiras referentes à destinação de RSU

**Tabela 05 - Exemplos de normas brasileiras, elaboradas pela ABNT, referentes a resíduo sólido, classificadas por tipo e data.**

<b>Tipo</b>	<b>Número</b>	<b>Assunto</b>	<b>Data</b>
Classificação	NBR 9198	Embalagem e acondicionamento.	1985
Classificação	NBR 10004	Resíduos sólidos.	2004
Classificação	NBR 12808	Resíduos de serviços de saúde.	1993
Especificação	NBR 9191	Sacos plásticos para acondicionamento de lixo – Requisitos e métodos de ensaio.	2002
Especificação	NBR 9690	Mantas de polímeros para impermeabilização (PVC).	1986
Padronização	NBR 11175	Incineração de resíduos sólidos perigosos – Padrões de desempenho.	1990
Procedimento	NBR 8419	Apresentação de projetos de aterros sanitários de resíduos sólidos urbanos.	1992
Procedimento	NBR 8849	Apresentação de projetos de aterros controlados de resíduos sólidos urbanos.	1985
Procedimento	NBR5681	Controle tecnológico da execução de aterros em obras de edificações	1980
Procedimento	NBR8418	Apresentação de projetos de aterros de resíduos industriais perigosos	1984
Procedimento	NBR10561	Águas - Determinação de resíduo sedimentável (sólidos sedimentáveis) - Método do cone de Imhoff.	1988
Procedimento	NBR11682	Estabilidade de taludes	1991
Procedimento			
Procedimento	NBR 8843	Aeroportos – Gerenciamento de resíduos sólidos.	1996
Procedimento	NBR 10007	Amostragem de resíduos.	2004
Procedimento	NBR 10157	Aterros de resíduos perigosos - Critérios para projeto, construção e operação.	1987
Procedimento	NBR 10005	Lixiviação de resíduos.	2004
Procedimento	NBR 10006	Solubilização de resíduos.	2004
Procedimento	NBR 12235	Armazenamento de resíduos sólidos perigosos.	1992
Procedimento	NBR 11174	Armazenamento de resíduos classes II (não-inertes) e III (inertes).	1990
Procedimento	NM-ISO9000-1	Normas de gestão da qualidade e garantia da qualidade-Parte 1: Diretrizes para seleção e uso.	1997
Procedimento	NBR 12809	Manuseio de resíduos de serviços de saúde.	1993
Procedimento	NBR 12810	Coleta de resíduos de serviços de saúde.	1993
Procedimento	NBR 7229	Projeto, construção e operação de sistemas de tanques sépticos.	1993
Terminologia	NBR 10703	Degradação do solo.	1989
Terminologia	NBR 12807	Resíduos de serviços de saúde.	1993
Terminologia	NBR 12980	Coleta, varrição e acondicionamento de resíduos sólidos urbanos.	1993
Procedimento	NBR 12988	Líquidos livres - Verificação em amostra de resíduos	1993
Procedimento	NBR 9574	Execução de impermeabilização	1986
Procedimento	NBR 9575	Impermeabilização - Seleção e projeto	2003
Procedimento	NBR 13221	Transporte terrestre de resíduos	2007

Procedimento	NBR13463	Coleta de resíduos sólidos	1995
Procedimento	NBR 13896	Aterros de Resíduos Não-perigosos – Critérios para Projetos, Implantação e Operação	1997
Procedimento	NBR 15112	Resíduos da construção civil e resíduos volumosos - Áreas de transbordo e triagem - Diretrizes para projeto, implantação e operação.	2004
Procedimento	NBR 15113	Resíduos da construção civil e resíduos inertes - Aterros - Diretrizes para projeto, implantação e operação	2004
Procedimento	NBR 15114	Resíduos sólidos da construção civil - Áreas de reciclagem - Diretrizes para projeto, implantação e operação.	2004
Procedimento	NBR 15115	Agregados reciclados de resíduos sólidos da construção civil - Execução de camadas de pavimentação .	2004
Procedimento	NBR 15116	Resíduos da construção civil	2004

Fonte: IPT / CEMPRE (2ª ed., 2000) e citado por Ferruci em 2003 e atualizado pelas normas da ABNT da biblioteca da FMPFM de Mogi Guaçu em 2007.

### 3 - Novas Legislações

As duas novas leis que vão dar suporte nas diferentes áreas do saneamento ambiental na esfera federal e estadual; são: Lei Nº 11.445, de 5 de Janeiro de 2007 e a Lei Nº 12.300, de 16 de Março de 2006.

A Lei Nº 12.300, de 16 de Março de 2006, Institui a Política Estadual de Resíduos Sólidos do Estado de São Paulo e define princípios e diretrizes. Já sob o TÍTULO I

Da Política Estadual de Resíduos Sólidos no Capítulo I, onde define os Princípios e Objetivos: a) logo no Artigo 1º - Esta lei institui a Política Estadual de Resíduos Sólidos e define princípios e diretrizes, objetivos, instrumentos para a gestão integrada e compartilhada de resíduos sólidos, com vistas à prevenção e ao controle da poluição, à proteção e à recuperação da qualidade do meio ambiente, e à promoção da saúde pública, assegurando o uso adequado dos recursos ambientais no Estado de São Paulo; b) no Artigo 2º - Já relata os doze princípios da Política Estadual de Resíduos Sólidos; c) no Artigo 3º - São objetivos da Política Estadual de Resíduos Sólidos; Já no Parágrafo único ele norteia ações fundamentais para alcançar os objetivos colimados, caberá ao Poder Público, em parceria com a iniciativa privada, dentre os 15 itens citados destacamos alguns, são eles: 2. incentivar a pesquisa, o desenvolvimento, a adoção e a divulgação de novas tecnologias de reciclagem, tratamento e disposição final de resíduos sólidos, inclusive de prevenção à poluição; 6. instituir linhas de crédito e financiamento para a elaboração e implantação de Planos de Gerenciamento de Resíduos Sólidos; 7. instituir programas específicos de incentivo para a implantação de sistemas ambientalmente adequados de tratamento e disposição final de resíduos sólidos; 13. Implantar Sistema Declaratório Anual para o controle da geração, estocagem, transporte e destinação final de resíduos industriais; 14. Promover e exigir a recuperação das áreas degradadas ou contaminadas

por gerenciamento inadequado dos resíduos sólidos mediante procedimentos específicos fixados em regulamento.

Já sob no Capítulo II, dos Instrumentos, no Artigo 4º - São instrumentos da Política Estadual de Resíduos Sólidos, temos que ressaltar os de número: 8. o licenciamento, a fiscalização e as penalidades; 9. o monitoramento dos indicadores da qualidade ambiental; 25. o incentivo a pesquisa e a implementação de processos que utilizem as tecnologias limpas. Disponível em:

[http://www.al.sp.gov.br/StaticFile/integra\\_ddilei/lei/2006/lei%20n.12.300,%20de%2016.03.2006.htm](http://www.al.sp.gov.br/StaticFile/integra_ddilei/lei/2006/lei%20n.12.300,%20de%2016.03.2006.htm) > Acessado em 60.07.2007.

A Lei Nº. 11.445, de 5 de Janeiro De 2007 que o Congresso Nacional decreta e o Presidente da República sancionou essa Lei. Já no Capítulo I, no Art. 1º Esta Lei estabelece as diretrizes nacionais para o saneamento básico e para a política federal de saneamento básico. Art. 2º Os serviços públicos de saneamento básico serão prestados com base nos seguintes princípios fundamentais, ressaltamos aqui os seguintes tópicos: 1. universalização do acesso; 2. integralidade, compreendida como o conjunto de todas as atividades e componentes de cada um dos diversos serviços de saneamento básico, propiciando à população o acesso na conformidade de suas necessidades e maximizando a eficácia das ações e resultados; 3. abastecimento de água, esgotamento sanitário, limpeza urbana e manejo dos resíduos sólidos realizados de formas adequadas à saúde pública e à proteção do meio ambiente; 7. eficiência e sustentabilidade econômica. Já no Art. 3º Para os efeitos desta Lei, considera-se: 1. saneamento básico: conjunto de serviços, infra-estruturas e instalações operacionais de: c) limpeza urbana e manejo de resíduos sólidos: conjunto de atividades, infra-estruturas e instalações operacionais de coleta, transporte, transbordo, tratamento e destino final do lixo doméstico e do lixo originário da varrição e limpeza de logradouros e vias públicas. Já no Art. 5º Não constitui serviço público a ação de saneamento executada por meio de soluções individuais, desde que o usuário não dependa de terceiros para operar os serviços, bem como as ações e serviços de saneamento básico de responsabilidade privada, incluindo o manejo de resíduos de responsabilidade do gerador.

Também o Art. 6º O lixo originário de atividades comerciais, industriais e de serviços cuja responsabilidade pelo manejo não seja atribuída ao gerador pode, por decisão do poder público, ser considerado resíduo sólido urbano. E o Art. 7º Para os efeitos desta Lei, o serviço público de limpeza urbana e de manejo de resíduos sólidos urbanos é composto pelas seguintes atividades: I - de coleta, transbordo e transporte dos resíduos relacionados na alínea c do inciso I do caput do art. 3º desta Lei; II - de triagem para fins de reuso ou reciclagem, de tratamento, inclusive por compostagem, e de disposição final dos resíduos relacionados na alínea c do inciso I do caput do art. 3º desta Lei; III - de varrição, capina e poda de árvores em vias e logradouros públicos e outros eventuais serviços pertinentes à limpeza pública urbana. . Disponível em <[http://www.planalto.gov.br/ccivil\\_03/ Ato2007-2010/2007/Lei/L11445.htm](http://www.planalto.gov.br/ccivil_03/ Ato2007-2010/2007/Lei/L11445.htm)> Acessado em 60.07.2007.