



**UNESP** Universidade Estadual Paulista "*Júlio de Mesquita Filho*".

**Campus de Guaratinguetá - Faculdade de Engenharia.**

**Departamento de Engenharia Civil.**

**Condições Mínimas para o encerramento de  
áreas que abrigaram resíduos sólidos  
domiciliares.**

**Guaratinguetá.**

**2011**

Vanderson Luiz de Lima

Condições mínimas para o encerramento de áreas que abrigaram resíduos sólidos domiciliares.

Trabalho de Graduação  
apresentado ao Conselho de  
Curso de Graduação em  
Engenharia Civil da Faculdade de  
Engenharia do Campus de  
Guaratinguetá, Universidade  
Estadual Paulista, como parte dos  
requisitos para obtenção do  
diploma de Graduação em  
Engenharia Civil.

Orientador: Prof. Dr. Wellington Cyro Leite

Guaratinguetá

2011.

Lima, Vanderson Luiz de  
L732c Condições mínimas para o encerramento de áreas que abrigaram  
resíduos sólidos domiciliares / Vanderson Luiz de Lima – Guaratinguetá :  
[s.n], 2011.  
68 f. : il.  
Bibliografia : f. 65

Trabalho de Graduação em Engenharia Civil – Universidade  
Estadual Paulista, Faculdade de Engenharia de Guaratinguetá, 2011.  
Orientador: Prof. Dr. Wellington Cyro Leite.

1. Resíduos sólidos 2. Meio ambiente - Poluição I. Título

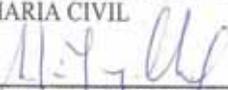
CDU 628.544

**Condições mínimas para o encerramento de áreas que abrigaram  
resíduos sólidos domiciliares**

**Vanderson Luiz de Lima.**

ESTE TRABALHO DE GRADUAÇÃO FOI JULGADO ADEQUADO COMO  
PARTE DO REQUISITO PARA A OBTENÇÃO DO DIPLOMA DE  
"GRADUAÇÃO EM ENGENHARIA CIVIL"

APROVADO EM SUA FORMA FINAL PELO CONSELHO DE CURSO DE  
GRADUAÇÃO EM ENGENHARIA CIVIL

  
\_\_\_\_\_  
Prof. Dr. SILVÍO JÓRGE COELHO SIMÕES  
Coordenador

**BANCA EXAMINADORA:**

  
\_\_\_\_\_  
Prof. Dr. WELLINGTON CYRO DE A. LEITE  
Orientador / UNESP-FEG

  
\_\_\_\_\_  
Prof. Dr. JUÉRCIO TAVARES DE MATTOSE  
UNESP-FEG

  
\_\_\_\_\_  
Prof. Dr. Marinalda Claudete Pereira.  
UNESP-FEG

Novembro de 2011

## **DADOS CURRICULARES**

**Vanderson Luiz de Lima**

NASCIMENTO	23.10.1985 – São Paulo / SP.
FILIAÇÃO	Romeu Wanderley de Lima. Rosa YurikoFunahashi de Lima.
2005/2011	Curso de Graduação em engenharia civil. FEG/UNESP - Universidade Estadual Paulista – Campus de Guaratinguetá
2009/2010	Extensão universitária na Fachhochschule Darmstadt no estado de Hessen na Alemanha.

## **Dedicatória.**

Especialmente aos meus pais, pelo carinho e apoio.

## **Agradecimentos.**

Agradeço a Deus pela vida, e pela ventura com que tenho conseguido transpor as dificuldades;

A minha Família por ter me compreendido nas horas de dificuldade, e me dado todo apoio total para vencer os desafios.

A República Dominicana pelos ensinamentos de vida.

Vi ontem um bicho  
Na imundice do pátio  
Catando comida  
Entre outros detritos.  
Quando achava  
Alguma coisa,  
Não examinava  
Nem cheirava  
Engolia com Voracidade.  
O bicho não era um cão,  
Não era um gato,  
Não era um rato  
O bicho, o meu Deus,  
“Era um homem.”

Manuel Bandeira.

LIMA. V. L – **Condições mínimas para o encerramento de áreas que abrigaram resíduos sólidos domiciliares.** 2011. 68f. (Trabalho de graduação de engenharia civil) – Faculdade de Engenharia do campus de Guaratinguetá, Universidade estadual Paulista, Guaratinguetá, 2011.

## **RESUMO.**

O Brasil produziu em 2010 cerca de 60,8 milhões de toneladas de resíduos sólidos urbanos, quantia 6,8% superior ao registrado em 2009 e seis vezes superior ao índice de crescimento populacional urbano apurado no mesmo período. De acordo com um estudo feito pela associação Brasileira de Empresas de Limpeza Pública e Resíduos especiais (Abrelpe), a média de lixo gerado no mesmo período por pessoa no país foi de 378 quilos (Kg), quantia 5,3% maior a de 2009 (359 Kg). O Montante Total chegou a 60,8 milhões de toneladas de lixo; 6,5 milhões de toneladas não foram coletadas e acabaram em rios, córregos e terrenos baldios. Deste Total produzido, 42,4%, ou 22,9 milhões de toneladas, não receberam destinação adequada e tiveram destino lixões e aterros controlados. Os dados mostram que o país esta em uma trajetória ascendente na geração de resíduos, mas a destinação adequada não avançou no mesmo ritmo. Os resíduos assim lançados a céu aberto acarretam problemas de saúde pública, como proliferação de vetores de doenças (moscas, mosquitos, baratas, ratos etc.), geração de maus odores e principalmente, a poluição do solo e das águas superficiais e subterrâneas através do chorume (líquido de cor preta, mal cheiroso e de elevado potencial poluidor produzido pela decomposição de matéria orgânica contida no lixo), comprometendo os recursos hídricos. Este estudo mostra o devido encerramento destas áreas, que por muito tempo vem degradando os nossos recursos naturais, para que não causem mais danos à natureza e conseqüentemente à sociedade.

**PALAVRAS – CHAVE:** Resíduos Sólidos, lixões a céu aberto, poluição ambiental, medidas mitigadoras, monitoramento, educação ambiental.

LIMA. V. L. - **Minimum conditions for the closure of areas that harbored solid waste.2011.68p.** (Trabalho de graduação de engenharia civil) – Faculdade de Engenharia do campus de Guaratinguetá, Universidade estadual Paulista, Guaratinguetá, 2011.

### **ABSTRACT.**

In 2010 Brazil produced about 60.8 million of municipal solid waste, an amount 6.8% higher than in 2009 and six times the rate of urban population growth recorded in the same period. According to a study by the Brazilian Association of Companies of Special Waste and Public Cleansing (Abrelpe), the average waste generated per person in the same period the country was 378 Kilograms, an amount 5.3% higher to 2009 (359 Kg). The total reached 60.8 million tons of waste, 6.5 million tons were collected and not end up in rivers, streams and vacant lots. Of this total production, 42.4% or 22.9 million Tons, did not receive proper destination and destiny had dumps and landfills. The data show that the country is in upward trend in waste generation, but did not advance the appropriate destination at the same pace. The waste thus throw open cause public health problems, such as proliferation of disease vectors (flies, mosquitoes, cockroaches, rats, and others). Generation of odors and especially the pollution of soil, surface water and groundwater through slurry ( liquid black, smelly and high pollution potential produced by the decomposition of organic matter contained in waste), affecting the water. This Study shows the proper closure of the areas, which long has been degrading our natural resources, not to cause damage to nature and therefore society.

**Keywords:** Solid Waste, open dumps, environmental pollution, mitigation measures, monitoring, environmental education.

## Lista de Figuras.

Figura 1: Coleta de lixo residencial	08
Figura 2: Lixo Comercial	09
Figura 3: Lixo hospitalar séptico	
Figura 4: Lixo originado pelo setor secundário	10
Figura 5: Lixo de aeroporto	11
Figura 6: Lixo gerado pela limpeza pública	12
Figura 7: Esquema: Gestão Integrada de resíduos sólidos	18
Figura 8: Esquema: Esquema: Logística reversa	20
Figura 9: Mosquito da dengue	
Figura 10 Crianças no Lixo	24
Figura 11: Lixo nas margens de rios	25
Figura 12: Esquema: aterro sanitário	36
Figura 13: Esquema: aterro controlado	38
Figura 14: Esquema: Lixão	39
Figura 15: Lixão Perfil	40
Figura 16: Presença de catadores no Lixão	41
Figura 17: Chorume sem tratamento	43
Figura 18: Presença de Urubus	43
Figura 19: Presença de rejeitos sólidos	44
Figura 20: Corte e abatimento dos taludes	48
Figura 21: Trator de esteira	49
Figura 22: Detalhe de dissipação	53
Figura 23: Esquema: Monitoramento de recalque	61
Figura 24: Dispositivo Flare	

## **Lista de Tabelas.**

Tabela 1 – Responsabilidade pelo gerenciamento do lixo.	13
Tabela 2 – Coleta de lixo em números	27
Tabela 3 – Esquema: Fases de desratificação	56

## Sumário.

1.	Introdução	2
2.	Objetivos	3
3.	Revisão Bibliográfica	
3.1.	Descrição de poluição ambiental	4
3.2.	Resíduos sólidos	6
3.3.	Tipos de resíduos, quanto à origem	
3.3.1	Domiciliar	8
3.3.2	– Comercial	8
3.3.3	– Hospitalar	9
3.3.4	– Industrial	10
3.3.5	– Porto, aeroportos e terminais	11
3.3.6	–Agrícola	11
3.3.7	– Público	12
3.3.8	– Entulho	12
3.3.9	– Radioativo	13
3.3.10	– Responsabilidade pelo gerenciamento	13
3.4	– Gestão de resíduos sólido	14
3.4.1	– Gestão de resíduos sólido no Brasil	15
3.4.2	– Gestão Integrada de resíduos Sólidos	17

3.4.3 – Política nacional dos resíduos sólidos	18
3.4.3.1 – Dos Instrumentos.	19
3.4.3.2 – Logística Reversa	19
3.4.3.3 – Das Diretrizes.	21
3.5 – Geração de resíduos sólidos domiciliares	21
3.5.1 – Resíduos sólidos e saúde	23
3.5.2 – Resíduos Sólidos e Sociedade	24
3.5.3 – Resíduos Sólidos e meio ambiente	25
3.6 – Coleta de Lixo	26
3.6.1 – Coleta e geração de lixo em números	27
3.7 – Tecnologias de tratamento e disposição final dos resíduos	28
3.7.1 – A triagem e a reciclagem de materiais	29
3.7.2 – Incineração	31
3.7.3 – Compostagem	34
3.7.4 – Aterro sanitário	36
3.7.5 – Aterro Controlado	37
3.7.6 – Lixão ou Vazadouro	38
4 – Visitas Técnicas	
4.1 – Lixão desativado da “Alemoa” em Santos	42
5 – Impactos e condições mínimas de encerramento	45
6 – Metodologia	

6.1 – Solo	46
6.1.1 - Movimentação de terra	46
6.1.2 – Compactação do lixo.	47
6.1.3 – Cobertura da área	47
6.1.4 – Estabilidade do maciço	49
6.2 – Águas	
6.2.1 – Águas superficiais	50
6.2.2 – Águas subterrâneas	51
6.3.3 – Tratamento de líquido percolado	51
6.3 – Ar	
6.3.1 – Emissão de gases e odores.	52
6.4 – Combate a roedores	54
7 - Plano de Monitoramento	
7.1 – Monitoramento de águas superficiais	56
7.2 – Monitoramento de águas subterrâneas	57
7.3 – Operação e manutenção de lagoas.	58
7.4 – Monitoramento da estabilidade do maciço de resíduos	59
7.4.1 – Marcos superficiais de deslocamento	59
7.5 – Monitoração de emissões atmosféricas	61
8 – Comentários e conclusões	63
9 – Bibliografia	65

## **1. Introdução.**

Chamamos “lixo” a uma grande diversidade de resíduos sólidos de diferentes procedências, dentre eles o resíduo sólido urbano, gerado em nossas residências. A taxa de geração de resíduos sólidos urbanos está relacionada aos hábitos de consumo de cada cultura, onde se nota uma correlação estreita entre a produção de lixo e o poder econômico de uma dada população. O lixo faz parte da história do homem, já que sua produção é inevitável. Para Calderoni (2003), o lixo é um material mal amado, que todos desejam descartar, até mesmo pagando. O lixo de acordo com ABNT 2004a é qualquer substância que não é mais necessária e que tem de ser descartada, sendo os restos das atividades humanas, considerados pelos geradores como inúteis, indesejáveis ou descartáveis.

O lixo sempre teve presente na história do homem. Na idade média acumulava-se pelas ruas e imediações das cidades, provocando sérias epidemias e causando a morte de milhões de pessoas (Junkes 2002).

A partir da revolução industrial iniciou-se o processo de urbanização, provocando um êxodo do homem do campo para as cidades, observou-se assim um vertiginoso crescimento populacional, favorecido também pelo avanço da medicina e conseqüentemente aumento da expectativa de vida. A partir de então, os impactos ambientais passaram a ter um grau de magnitude elevado, devido aos mais diversos tipos de poluição, dentre elas a poluição gerada pelos resíduos sólidos. A partir daí, o lixo passou a ser encarado como um problema, do qual deveria ser combatido e escondido dos olhos da população. A solução para o lixo naquele momento não foi encarada como algo complexo, pois bastava simplesmente afastá-lo, descartando em áreas mais distantes dos centros urbanos, denominadas “lixões”.

Nos dias atuais, com a maioria das pessoas vivendo nas cidades e com o avanço mundial da indústria, vem se gerando um lixo diferente em quantidade e diversidade, devido às mudanças nos hábitos da população. Até mesmo nas zonas rurais encontram-se frascos e sacos plásticos, que são acumulados de forma inadequada (IPT, CEMPRE, 2000). Para Bidone (1999), em um passado não muito distante a produção de resíduos

era de algumas dezenas de quilos por habitante/ano, no entanto, hoje países altamente industrializados como os estados Unidos produzem mais de 700 kg/hab./ano.

No Brasil o valor médio verificado nas cidades mais populosas é da ordem de 180 kg/hab./ano. A produção elevada de lixo norte americana deve-se ao alto grau de industrialização e aos bens de consumo descartáveis produzidos e amplamente utilizados pela maioria da população. No caso do Brasil, a geração do lixo ainda é, em sua maioria, de procedência orgânica, contudo nos últimos anos vem se incorporando o modo de consumo dos países ricos, o que elevou a intensificação do uso de produtos descartáveis. Sem dúvida, o crescimento populacional, a intensa urbanização e as mudanças de consumo, estão mudando o perfil do lixo brasileiro, porém essa “modernidade” não está sendo acompanhada das medidas necessárias para dar ao lixo gerado um destino adequado.

Segundo o instituto de Geografia e estatística (IBGE, 2010); 50,8% dos municípios brasileiros destinam ainda seus resíduos sólidos para lixões a céu aberto.

## **2. OBJETIVOS:**

Estudar as principais atividades a serem desenvolvidas em áreas que abrigaram antigos lixões, visando à reabilitação das mesmas.

### **3. Revisão Bibliográfica:**

#### **3.1 - Descrição da poluição ambiental.**

“O fato de o homem existir traz consigo a existência do lixo na mesma proporção, o primeiro lixo que geramos são fraldas descartáveis que um dia usamos. Já nascemos gerando descartes” (GRIPPI, 2001). O crescimento acelerado das cidades e ao mesmo tempo as mudanças de consumo das pessoas trouxeram fatores que vêm gerando um lixo muito diferente daquele que as cidades brasileiras produziam há quarenta anos. O lixo atual é diferente em quantidade e qualidade, em volume e em composição. “Hoje cada vez mais a população dos municípios brasileiros concentra-se nas cidades.

“Assim, é quase impossível encontrar uma cidade que já não tenha, por exemplo, uma grande quantidade de diversas embalagens em seus lixos, cada vez mais volumosas.” (Grippi, 2001).

O ser humano, por meio das suas diversas atividades, tem gerado um volume excessivo de resíduos, sobretudo a partir do século XX, em decorrência da acelerada evolução tecnológica e o rápido crescimento populacional. Segundo a divisão de estatísticas das nações unidas (UNSD, 2008), no início do século XX a população mundial era de 1,6 bilhões de pessoas, em cinquenta anos dobrou e em 2007 atingiu 6,671 bilhões. A evolução tecnológica trouxe uma maior qualidade de vida, mas, também, introduziu o conceito da descartabilidade, onde os produtos são planejados para terem uma vida útil curta, visando à obsolescência do mercado, e, conseqüentemente, tornando-se resíduos rapidamente. Como descreve Leite (2003):

*“Eletrodomésticos, automóveis, computadores, embalagens e equipamentos de telecomunicações, entre outros, têm seus custos reduzidos e uma obsolescência acelerada, gerando ciclos de vida cada vez mais curtos. A descartabilidade entrou em um momento histórico no final do século XX”.*

O crescimento populacional associado ao maior consumo de bens, além de gerar um volume excessivo de resíduos, também conduz a uma pressão degradadora sobre os recursos naturais, conforme Cabral (2007). Este constante aumento na produção dos resíduos, tem trazido ao homem sérios problemas, como a poluição dos lençóis freáticos, do ar e do solo, ou seja, o próprio homem está poluindo o seu meio ambiente.

Segundo FELLEBERG (1980), as causas da poluição ambiental, observadas, estão relacionadas basicamente com dois fatores:

Um destes está relacionado com a tendência do homem, dada a sua capacidade intelectual, a transformar o ambiente em que vive. Diferentemente de qualquer outro ser vivo, o homem consegue trabalhar as matérias primas que encontra de modo a torná-las úteis para si, seja como ferramentas ou máquinas, ou como artefatos de lazer ou objeto de arte. Durante a confecção de todos estes artigos formam-se quantidades apreciáveis de resíduos inúteis, que com o tempo acabam por comprometer o ambiente. Além disso, durante estes processos de fabricação não é consumida apenas a energia própria do corpo humano: há consumo, sobretudo de energias provenientes de outras fontes. A produção de energia também está associada à poluição do meio ambiente. Para ter-se mais uma noção desta idéia, basta lembrar que toda revolução industrial foi calcada no consumo de energia termoelétrica a base de carvão e mesmo o aproveitamento do potencial hidráulico para a geração de eletricidade, tal como ocorre frequentemente no Brasil, envolve a devastação e o inundamento de extensas áreas. Assim sendo, todo o processo de industrialização constitui-se num dos componentes principais da poluição ambiental.

A segunda causa do comprometimento do meio ambiente reside no contínuo aumento da população, como citado anteriormente, que, implica uma crescente produção de alimentos. Uma vez que área das terras cultiváveis não pode crescer no mesmo ritmo do que a população, o necessário aumento da produção só pode ser atingido mediante uma intensificação da agricultura. Para tal, torna-se também necessária uma eficiente produção de fertilizantes, seja em forma de adubos orgânicos, seja em forma de fertilizante mineral, exigindo-se ainda uma proteção eficiente das plantas cultivadas contra pragas animais ou vegetais. As duas causas, a industrialização, pela II Guerra Mundial, de 370.000 Km<sup>2</sup>, com escassos recursos naturais.

A fim de atender tal demanda o Japão, naturalmente, optou pela aceleração de sua industrialização, principalmente através de uma indústria química pesada, mantendo-se rígido na manutenção desta política. Como resultado, o Japão alcançou sucesso não apenas em aumentar drasticamente sua produção industrial, como também em elevar de forma impressionante o padrão de vida das pessoas. Por outro lado, a despeito disso, esse rápido crescimento industrial causou um progresso gradual na poluição ambiental, que passou a ser um problema social sério já na segunda metade dos anos 60. A fim de se contrapor a esta situação, o governo emitiu um conjunto de leis e regulamentos relacionados ao controle da poluição ambiental, ao mesmo tempo em que convocava as indústrias a dar a sua quota de esforço para esse controle. Tais esforços do governo e das indústrias foram combinados no sentido de se atingir o objetivo comum, a prevenção da poluição ambiental. Por exemplo, no que tange a concentração de dióxido de enxofre na atmosfera, os requisitos estabelecidos pelos padrões de qualidade ambientais são, hoje, atingidos satisfatoriamente, em quase todos os locais de medição espalhados ao longo do país e a concentração de outros poluentes, conforme o relatório também está, gradualmente, decrescendo. (JEMAI, 1989). No Brasil, a população ainda não tem este nível de conscientização e o governo ainda está engatinhando no processo de controle da poluição, o que torna a cada geração diária de resíduos uma tarefa cada vez mais difícil.

### **3.2. Resíduos sólidos**

A Resolução nº 05/93 do CONAMA, traz no seu bojo o conceito de resíduos sólidos pela NBR 10004/2004 da ABNT, que revela: “São resíduos no estado sólido ou semi-sólido, que resultam de atividades de origem industrial, doméstica, hospitalar, comercial, especiais, agrícolas 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

d'água, ou exijam para isso soluções técnicas e economicamente inviáveis em face à melhor tecnologia disponível". Esta Norma classifica os resíduos em:

Classe I – Perigosos: São todos os resíduos que podem apresentar riscos a saúde pública e ao meio ambiente;

Classe II: Não-Perigosos.

- Resíduos classe II A – Não inertes – São todos os resíduos não enquadrados na classe I – Perigosos ou classe II B – Inertes e que podem apresentar propriedades como biodegradabilidade, combustibilidade ou solubilidade em água;
- Resíduos classe II B – Inertes – São todos os resíduos que submetidos a um contato dinâmico e estático com água destilada, conforme ABNT (NBR 10.006, 2004b), não tiverem nenhum de seus constituintes solubilizados, de acordo com os padrões desta norma.

### **3.3 – Tipos de Lixo ou resíduos, quanto à origem:**

#### **3.3.1 - Domiciliar:**

Aquele originado da vida diária das residências, constituído por setores de alimentos (tais como, cascas de frutas, verduras etc.), produtos deteriorados, jornais, revistas, garrafas, embalagens em geral, papel higiênico, fraldas descartáveis, e uma grande diversidade de outros itens. Contém, ainda, alguns resíduos que podem ser tóxicos.



*Figura 1: Coleta de Lixo residencial .(Fonte Google)*

#### **3.3.2 - Comercial.**

Aquele originado dos diversos estabelecimentos comerciais e de serviços, tais como, supermercados, estabelecimentos bancários, lojas, bares, restaurantes etc. O lixo destes estabelecimentos e serviços tem um forte componente de papel, plásticos,

embalagens diversas e resíduos de asseio dos funcionários, tais como papel toalha, papel higiênico etc.



Figura 2: Lixo Comercial, composto de papéis, papelões e plástico. (Fonte Google)

### 3.3.3 - Serviços de Saúde hospitalar.

São resíduos produzidos em hospitais, clínicas médicas e veterinárias, laboratórios de análises clínicas, farmácias, centros de saúde, consultórios odontológicos e outros estabelecimentos afins. Esses resíduos podem se agrupar em dois grupos distintos:

- **Resíduos comuns:**

Compreendem os restos de alimentos, papéis, invólucros etc.

- **Resíduos sépticos:**

Constituídos de restos de salas de cirurgia, áreas de isolamento, centros de hemodiálise, etc. O seu manuseio (acondicionamento, coleta, transporte, tratamento e destinação

final) exige atenção especial, devido ao potencial risco à saúde pública que podem oferecer.



Figura 3: Lixo Hospitalar séptico. (Fonte Google)

### **3.3.4 - Industrial**

Aquele originado nas atividades dos diversos ramos da indústria, tais como, metalúrgica, química, petroquímica, papelaria, alimentícia etc. O lixo industrial é bastante variado, podendo ser representado por cinzas, lodos, óleos, resíduos alcalinos ou ácidos, plásticos, papel, madeira, fibras, borracha, metal, escórias, vidros e cerâmicas etc. Nesta categoria, inclui-se a grande maioria do lixo considerado tóxico.



Figura 4: Lixo originado pelo setor secundário. (Fonte Google)

### 3.3.5 - Porto, Aeroportos, Terminais rodoviários e ferroviários.

Constituem os resíduos sépticos, ou seja, aqueles que contêm ou potencialmente podem conter germes patogênicos, trazidos aos portos, terminais rodoviários e aeroportos. Basicamente, originam-se de material de higiene, asseio pessoal e restos de alimentação que podem veicular doenças provenientes de outras cidades, estados e países. Também neste caso, os resíduos assépticos destes locais são considerados como domiciliares.



Figura 5: Lixo de aeroporto. (Fonte: Google)

### 3.3.6 - Agrícola.

Resíduos sólidos das atividades agrícolas e da pecuária, como embalagens de adubos, defensivos agrícolas, ração, restos de colheita etc. Em várias regiões do mundo, estes resíduos já constituem uma preocupação crescente, destacando-se as enormes quantidades de esterco animal geradas nas fazendas de pecuária intensiva. Também as embalagens de agro-químicos diversos, em geral altamente tóxicos, têm sido alvo de legislação específica, definindo os cuidados na sua destinação final e, por vezes, responsabilizando a própria indústria fabricante destes produtos.

### 3.3.7 - Público.

São aqueles originados dos serviços de limpeza pública urbana, incluindo todos os resíduos de varrição das vias públicas, limpeza de praias, de galerias, de córregos e de terrenos, restos de podas de árvores etc. De limpeza de áreas de feiras livres, constituídos por restos vegetais diversos, embalagens etc.



Figura 6: Lixo gerado pela limpeza pública. (Fonte: Google)

### 3.3.8 - Entulho.

Resíduos da construção civil: demolições e restos de obras, solos de escavações etc. O entulho é, geralmente, um material inerte, passível de reaproveitamento.

### 3.3.9 - Resíduos Radioativos (Lixo Atômico):

São resíduos provenientes dos combustíveis nucleares. Seu gerenciamento é de competência exclusiva da CNEN – Comissão Nacional de Energia Nuclear.

### 3.3.10 – Responsabilidade pelo gerenciamento de cada tipo de resíduo.

**TABELA 1– Responsabilidade pelo gerenciamento do lixo.**

Tipos de lixo	Responsável
Domiciliar	Prefeitura
Comercial	Prefeitura
Público	Prefeitura
Serviços de Saúde	Gerador (hospitais etc.)
Industrial	Gerador (indústrias)
Portos, aeroportos, terminais.	Gerador (portos etc.)
Agrícola	Gerador (Agricultor)
Entulho	Gerador
Radioativo	CNEN

OBS.: (\*) a prefeitura é corresponsável por pequenas quantidades (geralmente menos que 100 kg/dia), e de acordo com a legislação municipal específica. Fonte : Jardim et al. (1995).

### 3.4 – Gestão de resíduo sólido:

O conceito de gestão de resíduos sólidos abrange atividades referentes à tomada de decisões estratégicas e à organização do setor para esse fim, envolvendo instituições, políticas, instrumentos e meios. Já o termo gerenciamento de resíduos sólidos refere-se aos aspectos tecnológicos e operacionais da questão, envolvendo fatores administrativos, gerenciais, econômicos, ambientais e de desempenho: produtividade e qualidade, por exemplo, e relaciona-se à prevenção, redução, segregação, reutilização, acondicionamento, coleta, transporte, tratamento, recuperação de energia e destinação final de resíduos (Projeto BRA/92/017, 1996).

Dessa maneira, entende-se modelo de gestão de resíduos sólidos como um "conjunto de referências político - estratégicas, institucionais, legais e financeiras capaz de orientar a organização do setor" (BRA/92/017, 1996). São elementos indispensáveis na composição de um modelo de gestão:

- reconhecimento dos diversos agentes sociais envolvidos, identificando os papéis por eles desempenhados e promovendo a sua articulação;
- consolidação da base legal necessária e dos mecanismos que viabilizem a implementação das leis;
- mecanismos de financiamento para a auto- sustentabilidade das estruturas de gestão e do gerenciamento;
- informação à sociedade, empreendida tanto pelo poder público quanto pelos setores produtivos envolvidos, para que haja um controle social;
- sistema de planejamento integrado, orientando a implementação das políticas públicas para o setor.

A composição de modelos de gestão envolve, portanto, fundamentalmente três aspectos, que devem ser articulados: arranjos institucionais, instrumentos legais e mecanismos de financiamento.

### **3.4.1 – Gestão de resíduo sólido no Brasil:**

De acordo com o Manual de gestão integrada de resíduos sólidos do governo federal, o serviço sistemático de limpeza urbana foi iniciado inicialmente em 25 de novembro de 1880, na cidade de São Sebastião do Rio de Janeiro, então capital do império. Nesse dia, o imperador D. Pedro II assinou o decreto nº3024, aprovando o contrato de “limpeza e irrigação” da cidade, que foi executado por Aleixo Gary e, mais tarde, por Luciano Francisco Gary, cujo sobrenome origina-se a palavra gari, que hoje denomina os trabalhadores de limpeza urbana em muitas cidades brasileiras.

Dos tempos imperiais aos dias atuais, os serviços de limpeza urbana vivenciaram momentos bons e ruins. Hoje, a situação da gestão de resíduos sólidos se apresenta em cada cidade brasileira de forma diversa, prevalecendo, entretanto, uma situação nada alentadora.

Considerada um dos setores do saneamento básico, a gestão dos resíduos sólidos não tem merecido a atenção necessária por parte do poder público. Com isso, compromete-se cada vez mais a já precária saúde da população, bem como se degradam os recursos naturais, especialmente o solo e os recursos hídricos. A interdependência dos conceitos de meio ambiente, saúde e saneamento é hoje bastante evidente o que reforça a necessidade de integração das ações desses setores em prol da melhoria da qualidade de vida da população brasileira.

As instituições responsáveis pelos resíduos sólidos municipais e perigosos, no âmbito nacional, estadual e municipal, são determinadas através dos seguintes artigos da Constituição federal, quais sejam:

- Incisos VI e IX do art. 236, que estabelece ser competência comum da União, dos estados, do Distrito Federal e dos municípios proteger o meio ambiente e combater a poluição em qualquer das suas formas, bem como promover programas de construção de moradias e a melhoria do saneamento básico.

- Já os incisos I e V do art. 30 estabelecem como atribuição municipal legislar sobre assuntos de interesse local, especialmente quanto à organização dos seus serviços públicos, como é o caso da limpeza urbana.

Tradicionalmente, o que ocorre no Brasil é a competência do Município sobre a gestão dos resíduos sólidos produzidos em seu território, com exceção dos de natureza industrial, mas incluindo-se os provenientes dos serviços de saúde.

O Município tem competência para estabelecer o uso do solo em seu território. Assim, é ele que emite as licenças para qualquer construção e o alvará de localização para o funcionamento de qualquer atividade, que são indispensáveis para a localização, construção, instalação, ampliação e operação de qualquer empreendimento em seu território. Portanto, o Município pode perfeitamente estabelecer parâmetros ambientais para concessão ou não destas licenças e alvará. A lei federal que criou o licenciamento ambiental, quando menciona que a licença ambiental é exigida “sem prejuízo de outras licenças exigíveis”, já prevê a possibilidade de que os Municípios exijam licenças municipais.

### **3.4.2 – Gestão Integrada de resíduos Sólidos.**

O Sistema de gerenciamento integrado dos resíduos sólidos urbanos pode ser definido como um processo que analisa a geração e a destinação dos resíduos sólidos a partir de uma abordagem sistêmica, de forma a assegurar a eficácia das estratégias. Esse procedimento requer envolvimento de técnicos gestores municipais para garantir maior eficiência na implantação das estratégias, além de oferecer oportunidades de ajustes e redirecionamento do sistema dinâmico de gestão. É importante que as propostas de gestão de resíduos, integrem de forma sistemática programas de educação ambiental para sensibilização da sociedade consumidora, a principal geradora do desperdício. (Nascimento, 2008).

Gestão Integrada de Resíduos Sólidos é a maneira de conceber, implementar e administrar sistemas de Limpeza Pública considerando uma ampla participação dos setores da sociedade com a perspectiva do desenvolvimento sustentável. A sustentabilidade do desenvolvimento é vista de forma abrangente, envolvendo as dimensões ambientais, sociais, culturais, econômicas, políticas e institucionais. Isso significa articular políticas e programas de vários setores da administração e vários níveis de governo, envolver o legislativo e a comunidade local, buscar garantir os recursos e a continuidade das ações, identificar tecnologias e soluções adequadas à realidade local. Especificamente com relação aos resíduos sólidos, as metas são reduzir ao mínimo sua geração, aumentar ao máximo a reutilização e reciclagem do que foi gerado, promover o depósito e tratamento ambientalmente saudável dos rejeitos e universalizar prestação dos serviços, estendendo-os a toda a população. Como mostra a figura 7, a seguir:

## GESTÃO INTEGRADA

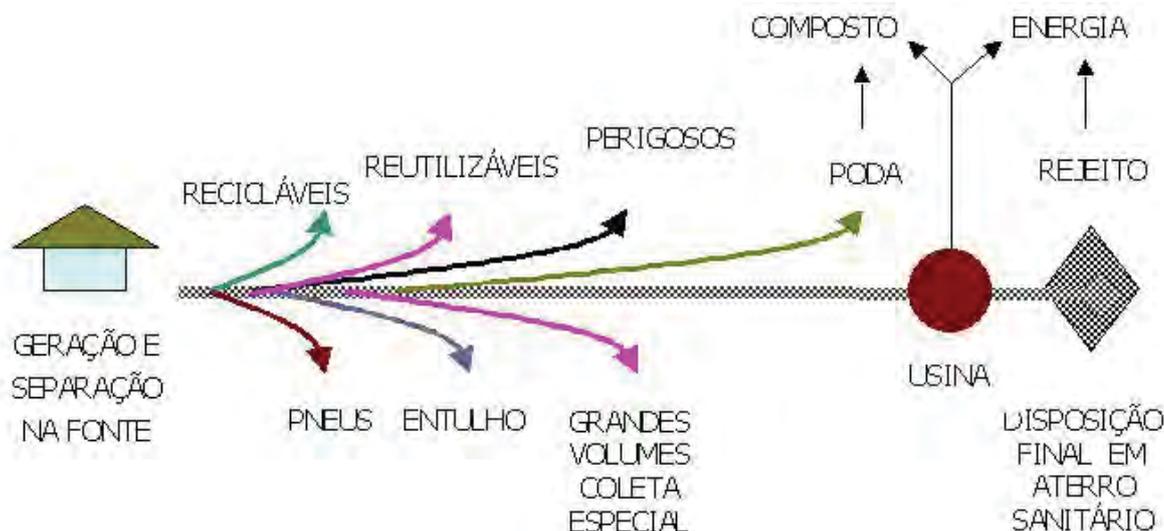


Figura 7: Esquema: Gestão Integrada de resíduos sólidos. Fonte: (WWW.lixo.com.br)

### 3.4.3 – Política nacional dos resíduos sólidos, Lei N° 12.305/10:

Marco histórico da gestão ambiental no Brasil, a lei que estabelece a Política Nacional dos Resíduos Sólidos lança uma visão moderna na luta contra um dos maiores problemas do planeta: Lixo urbano. Tendo como princípio a responsabilidade compartilhada entre governos, empresas e população.

De acordo com a constituição Federal, cabe ao poder público municipal o trabalho de zelar pela limpeza urbana e pela coleta e destinação final do lixo. Com a lei da política Nacional de Resíduos Sólidos, a tarefa das prefeituras ganha uma base mais sólida com princípios e diretrizes, dentro de um conjunto de responsabilidades que tem o potencial de mudar o panorama do lixo no Brasil.

A cena comum no Brasil dos lixões a céu aberto freqüentado por urubus, com riscos ao meio ambiente e à saúde, está com os dias contados. Os municípios têm hoje a obrigação legal de erradicar essas áreas insalubres no prazo de quatro anos (até agosto de 2014). (CEMPRE, 2010).

### **3.4.3.1 – Dos instrumentos.**

- Elaboração de planos federal, estaduais e municipais com horizonte de 20 anos, revisados a cada 4 anos e contendo diagnósticos, proposição de cenários, metas de gerenciamento, eliminação de “lixões” e incentivo à inclusão social;
- Implementação da responsabilidade compartilhada pelo ciclo de vida dos produtos e implantação dos sistemas de coleta seletiva e logística reversa.
- Monitoração e fiscalização ambiental, sanitária e agropecuária;
- Incentivo à adoção de consórcios intermunicipais e outras formas de cooperação entre os entes federados;
- Estabelecimento de padrões de qualidade ambiental;
- Incentivos fiscais, financeiros e creditícios;

### **3.4.3.2 – Logística Reversa.**

A logística Reversa, conhecida também por reversível ou inversa, é a área da logística que trata, genericamente, do fluxo físico de produtos, embalagens ou outros materiais, desde o ponto de consumo até ao local de origem. (Dias, 2005).

Os processos de logística inversa existem há tempos; entretanto, não eram tratados e denominados como tal. Como exemplos de logística inversa, temos: o retorno das garrafas (vasilhame), a recolha / coleta de lixos e resíduos recicláveis. Atualmente é uma preocupação constante para todas as empresas e organizações públicas e privadas, tendo quatro grandes pilares de sustentação:

- i. A conscientização dos problemas ambientais;
- ii. A sobrelotação dos aterros;
- iii. A escassez de matérias-primas;
- iv. As políticas e a legislação ambiental.

A logística inversa aborda a questão da recuperação de produtos, parte de produtos, embalagens, materiais, de entre outros, desde o ponto de consumo até ao local de origem ou de deposição em local seguro, com o menor risco ambiental possível, como mostra o esquema a seguir:

### LOGÍSTICA REVERSA: ESQUEMA.

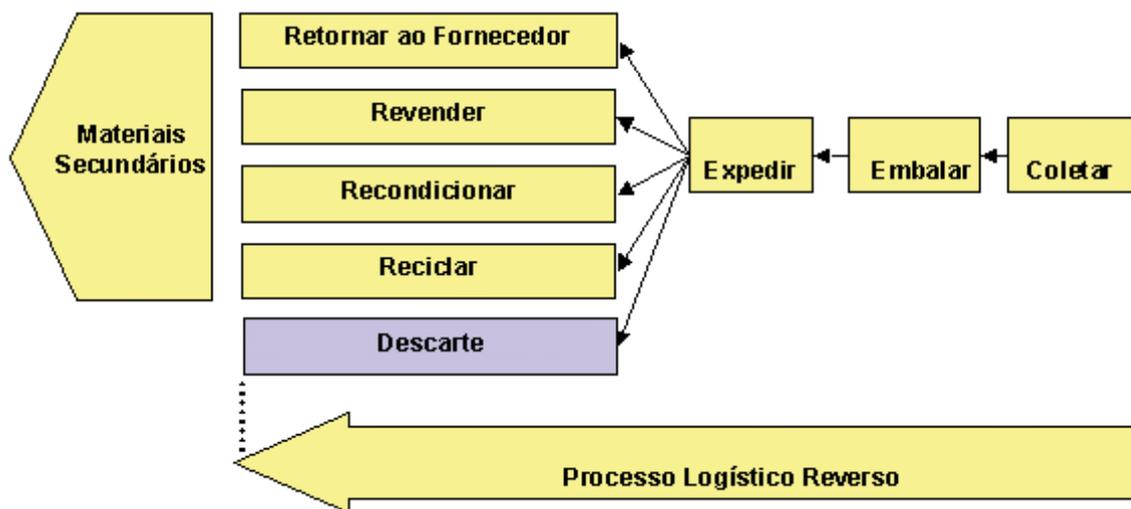


Figura 8: Esquema: Logística (Fonte: wikipedia.org)

### **3.4.3.3 –Diretrizes.**

- Prioridade: Não geração, redução, reutilização, reciclagem, tratamento, e disposição final ambientalmente adequada dos rejeitos;
- Utilização de tecnologia de redução de volume por meio de incineração com recuperação energética dos resíduos sólidos urbanos desde que comprovada sua viabilidade técnica e ambiental;
- Proibição da importação de resíduos sólidos perigosos e rejeitos, cujas características causem dano ao meio ambiente, à saúde pública e animal e à sanidade vegetal;

### **3.5 – Geração de resíduos sólidos domiciliares.**

Do ponto de vista histórico, segundo Dias (2000), o lixo surgiu no dia em que os homens passaram a viver em grupos, fixando-se em determinados lugares e abandonando os hábitos nômades. A partir daí processos para a eliminação do lixo passaram a ser motivo de preocupação, embora as soluções visassem unicamente transferir os resíduos produzidos para locais afastados das aglomerações humanas primitivas. No Brasil como registro de épocas pré-históricas são encontrados Sambaquis<sup>1</sup> e o lançamento de detritos em locais desabilitados a céu aberto ou em rios e córregos. Existem algumas referências antigas ao enterramento e ao uso do fogo como métodos de destruição dos restos inaproveitáveis.

Atualmente, no Brasil é de cerca de 0,6Kg /hab./dia e mais 0,3 Kg /hab./dia de resíduos de varrição, limpeza de logradouros e entulhos. Algumas cidades

---

<sup>1</sup> Sambaquis – Monumentais montes de lixo resultante da ocupação do litoral muito antes do descobrimento do Brasil.

especialmente nas regiões Sul e Sudeste, como São Paulo, Rio de Janeiro e Curitiba, alcançam índices de produção mais elevados, podendo chegar a 1,3 Kg /hab./dia, considerando todos os resíduos manipulados pelos serviços de limpeza urbana (domiciliares, comerciais, de limpeza de logradouros, de serviços de saúde, e entulhos) MGIRS, governo federal (2001). Grande parte dos resíduos gerados no país não é regularmente coletada, permanecendo junto às habitações (principalmente nas áreas de baixa renda) ou sendo vazadas em logradouros públicos, terrenos baldios, encostas e cursos d'água.

De acordo com a pesquisa do Instituto Brasileiro de Geografia Estatística – IBGE, realizada em 1989 (Pesquisa Nacional do Saneamento Básico – PNSB), os domicílios particulares permanentes urbanos representavam 78,1% do total das moradias brasileiras; desses, 80% tinham seu lixo recolhido direta ou indiretamente pelos serviços municipais de coleta de lixo, restando, 19,9% dos domicílios fora do atendimento dos serviços municipais de coleta. As diferenças regionais apontam para as regiões Sul e Sudeste como as que detêm a maior cobertura de atendimento de seus domicílios, com 87% e 86,6%, respectivamente, de domicílios atendidos por tal serviço. Ainda de acordo com a PNSB, alguns dados evidenciam a dimensão da gravidade da situação do setor no país: dos então 4.425 municípios brasileiros no ano de 1989, 3.216 possuíam serviços de coleta apenas no distrito – sede, enquanto 280 não dispunham de qualquer tipo de atendimento.

### 3.5.1 – Resíduos sólidos e saúde.

O lixo oferece água, alimento e abrigo, dando condições para o desenvolvimento de animais como: Moscas, ratos, baratas, escorpiões, pulgas, piolhos, mosquitos etc., que transmitem ou são vetores de várias formas de doenças. Por exemplo, ratos que vivem em ambientes com acúmulo de lixo podem ser vetores da leptospirose entre outras doenças. A Leptospirose é causada pela bactéria leptospira, encontrada em fezes e urina dos roedores, sendo uma doença comum em época de enchentes. Além disso, o acúmulo de água em pneus, garrafas, e outros materiais proporciona o desenvolvimento da *Aedes aegypti* que pode causar a dengue. (ReCESA, 2010).



Figura 9: Mosquito da dengue. (Fonte:Google)

### 3.5.2 – Resíduos Sólidos e a Sociedade.

Elas jogam bolas de papel de um lado para o outro. Empilham latinhas e garrafas coloridas, mas não estão brincando. São 50 mil crianças brasileiras que vivem do Lixo e no lixo. Estão trabalhando. Ajudam seus pais e parentes a catar embalagens velhas, a separar jornais e papelões, a carregar pesados fardos com sobras de ferro e plástico. Sozinhas, empurram carroças cheias de entulho e alimentam porcos. Muitas vezes, comem os restos de comida encontrados nos enormes montes de lixo das cidades. São meninos e meninas de diferentes idades.

Alguns mal aprenderam a andar, mas estão nos lixões ou catam lixo nas ruas. Vivem em condições de pobreza absoluta. Realizam um trabalho cruel. Ganham entre um real e seis reais por dia. Muitos desses meninos e meninas Sofrem de pneumonia, doenças de pele, febre, diarreia. Em alguns lixões, 30% das crianças em idade escolar nunca foram à escola. Na maioria dos casos, abandonaram os estudos porque precisam ajudar seus pais. (ReCESA,2010)]



Figura 10: Crianças vivendo no Lixo (Fonte: Revistapesquisa.fapesp.br)

### 3.5.3 – Resíduos sólidos e Meio Ambiente.

O resíduo sólido descartado de forma inadequada causa problemas ao meio ambiente, pois a decomposição da matéria orgânica gera líquidos (chorume) e gases, poluindo a água, solo e ar. Os gases podem ser gerados também na queima dos resíduos que podem conter substâncias tóxicas ao homem e aos demais seres vivos. Outros problemas observados com relação à disposição sem cuidados dos resíduos sólidos são: o assoreamento quando são dispostos às margens do rio, contaminação da área (solo) por um longo período impossibilitando o uso para a agricultura, desvalorização da terra e deterioração da paisagem. (ReCESA, 2010)



Figura 11: Disposição inadequada de lixo as margem dos rios (Fonte: Google)

### **3.6– Coleta de lixo.**

A coleta do lixo é o segmento que mais se desenvolveu dentro do sistema de limpeza urbana e o que apresenta maior abrangência de atendimento junto à população, ao mesmo tempo em que é a atividade do sistema que demanda maior percentual de recursos por parte da municipalidade. Esse fato se deve à pressão exercida pela população e pelo comércio para que se execute a coleta com regularidade, evitando-se assim o incômodo da convivência com o lixo nas ruas. Contudo, essa pressão tem geralmente um efeito seletivo, ou seja, a administração municipal, quando não tem meios de oferecer o serviço a toda população, prioriza os setores comerciais, as unidades de saúde e o atendimento à população de renda mais alta. A expansão da cobertura dos serviços raramente alcança as áreas realmente carentes, até porque a ausência de infra-estrutura viária exige a adoção de sistemas alternativos, que apresentam baixa eficiência e, portanto, custo mais elevado.

Os serviços de varrição e limpeza de logradouros também são muito deficientes na maioria das cidades brasileiras. Apenas os serviços maiores mantêm serviços regulares de varrição em toda zona urbanizada, com frequência e roteiros pré-determinados. Nos demais Municípios, esse serviço se resume a varrição apenas das ruas pavimentadas ou de setores do comércio da cidade, bem como à ação de equipes de trabalhadores que saem pelas ruas e praças da cidade, em roteiros determinados de acordo com a necessidade imediatista, executando serviços de raspagem, capina, roçagem e varrição dos demais logradouros públicos. (Manual de Gestão Integrada de Resíduos Sólidos do governo federal, 2001).

### 3.6.1 – Coleta e Geração de lixo em números:

Segundo dados da Síntese de Indicadores Sociais - 2000 - do IBGE, 85% dos 34.870.828 domicílios brasileiros localizados na área urbana foram beneficiados com a coleta realizada por empresa pública ou privada (coleta direta), contra 8,8% cujo lixo foi depositado em caçamba, tanque ou depósito para depois ser removido (coleta indireta). E em apenas 3,4% do total, o lixo foi queimado ou enterrado na propriedade ou ainda jogado em terreno baldio, rua, rio ou mar.

**TABELA 2- Geração de lixo em números.**

<b>Região</b>	<b>População urbana. (hab.).</b>	<b>RSU gerado (Ton.\dia)</b>	<b>Índice (KG\hab.\dia)</b>
<b>Norte</b>	11.482.246	12.072	1,051
<b>Nordeste</b>	38.024.507	47.665	1,254
<b>Centro – Oeste</b>	11.976.679	13.907	1,161
<b>Sudeste</b>	74.325.454	89.460	1,204
<b>Sul</b>	22.848.997	19.624	0,859
<b>Total</b>	158.657.883	182.728	1,152

*Fonte Abrelpe 2010.*

### **3.7 - Tecnologias de tratamento e Disposição final dos resíduos:**

A geração crescente e diversificada de resíduos sólidos nos meios urbanos e a necessidade de disposição final, alinha-se, entre os mais sérios problemas ambientais enfrentados indistintamente por países ricos e industrializados e pelas sociedades em desenvolvimento. O tratamento ou a “industrialização dos resíduos” envolve um conjunto de atividades e processos com o objetivo de promover a reciclagem de alguns de seus componentes, como o plástico, o papelão, os metais e os vidros, além da transformação da matéria orgânica em composto, para ser utilizado como fertilizante e condicionador do solo, ou em polpa para a utilização como combustível.

Segundo Reichert (1999), o correto manejo dos resíduos sólidos é certamente um dos principais desafios dos centros urbanos neste início de milênio. Soluções isoladas e estanques que não contemplam a questão dos resíduos desde o momento de sua geração até a destinação final, passando pelo seu tratamento, mesmo sendo boas a princípio, não conseguem resolver o problema como um todo.

O tratamento nunca constitui um sistema de destinação final completo ou definitivo, pois sempre há um remanescente inaproveitável. Entretanto, as vantagens decorrentes dessas ações, tornam-se mais claras após o equacionamento dos sistemas de manejo e de destinação final dos resíduos.

### **3.7.1 - A Triagem e a reciclagem de materiais:**

Segundo GRIPPI (2001), reciclagem é o resultado de uma série de atividades através das quais materiais que se tornariam lixo, ou estão no lixo, são desviados, sendo coletados, separados e processados para serem utilizados como matéria-prima manufatura de outros bens, feitos anteriormente apenas com matéria-prima virgem.

De acordo com Calderoni (2003), o processo de reciclagem envolve primeiramente a etapa de coleta do lixo, a qual, quando procedida de uma separação realizada nos domicílios é chamada de coleta seletiva e, caso contrário é chamado de coleta regular ou usual. Em ambas as situações, geralmente há a participação de carrinheiros, trabalhadores informais que, utilizando pequenas carroças recolhem os materiais selecionados ou realizam na própria calçada esta seleção, transportando-os, geralmente, para depósitos (chamado de depósitos de ferro-velho), participam também catadores, trabalhadores informais que, nos lixões e aterros, dedicam-se a separar e retirar materiais.

A etapa seguinte é a triagem nos centros de reciclagem (ou triagem). Mesmo no caso de que tenha havido uma prévia separação nos domicílios, o lixo coletado precisará, ainda, passar por uma nova etapa de separação, mais detalhada do que a primeira. Isso acontece com os plásticos e papéis, que apresentam grande diversidade e precisam ser classificados em dezenas de tipos. Após a Triagem, os materiais passam por um processo de beneficiamento, acondicionamento e armazenamento, até que seja distribuída para indústrias recicladoras.

Os benefícios da reciclagem são:

- Diminuição da quantidade de lixo a ser desnecessariamente aterrado.
- Preservação de recursos naturais.
- Economia proporcional de energia.
- Diminuição da poluição ambiental.
- Geração de empregos, diretos e indiretos.

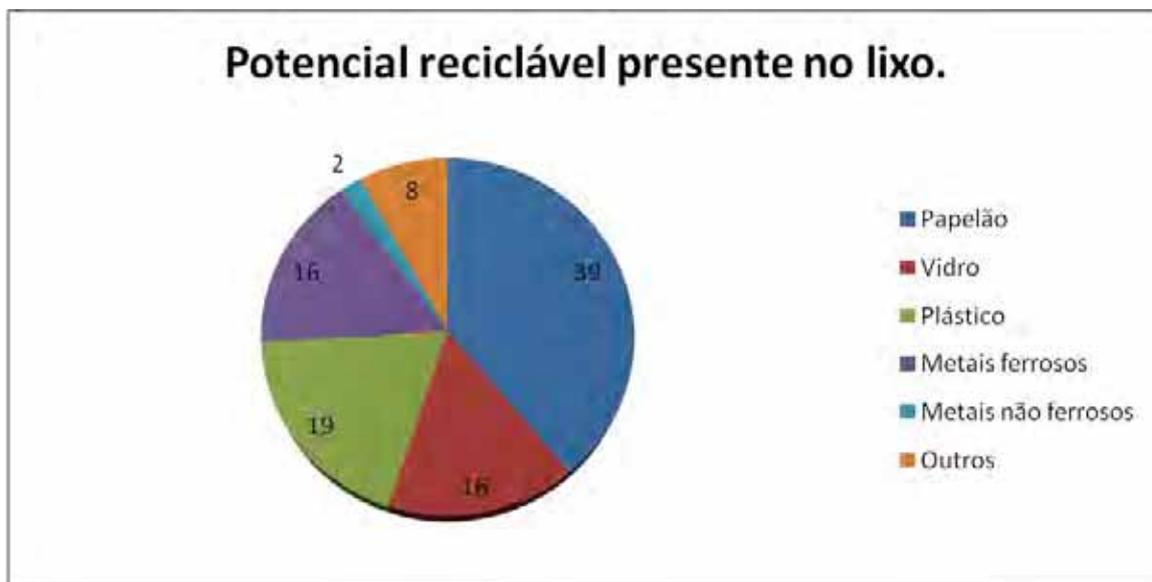
A reciclagem, no entanto, não pode ser vista como a principal solução para o lixo. É uma atividade econômica que deve ser encarada como um elemento dentro de um conjunto de soluções ambientais. Por outro lado, "separar o lixo sem um mercado é enterrar em separado". A separação de materiais do lixo aumenta a oferta de materiais recicláveis. Entretanto, se não houver demanda por parte da sociedade, o processo é interrompido e os materiais podem abarrotar os depósitos ou serem enterrados em outro lugar.

Segundo JARDIM (1995), as vantagens são de ordem ambiental e econômica. No caso dos benefícios econômicos, a redução de custos com a disposição final é a vantagem econômica que mais sobressai. Dentre os fatores que recomendam o tratamento dos resíduos pode-se citar:

- a escassez de áreas para a destinação final dos resíduos;
- a disputa pelo uso das áreas remanescentes com a população de menor renda;
- a valorização dos componentes do lixo como forma de promover a conservação de recursos;
- a economia de energia;
- a diminuição da poluição das águas e do ar;
- a inertização dos resíduos sépticos;
- a geração de empregos, através da criação de indústrias recicladoras.

Os caminhos que devem ser seguidos para segregação dos materiais são simples, mas importantes dentro de um programa de reciclagem. A separação do material deve ser feita na fonte (Gerador /população), com posterior coleta seletiva realizada pela prefeitura e envio às usinas ou aos locais de triagem. Pode ser feita também a coleta bruta do material e posterior ao envio a uma usina de lixo para triagem e separação dos recicláveis. Esta segunda opção abrange uma gestão exclusivamente governamental, ao passo que a primeira envolve a população geradora do resíduo no processo de reciclagem e uma atuação participativa no programa.

**Gráfico 1: Potencial seletivo do lixo doméstico brasileiro (%).**



FONTE: Grippi, Sidney –Lixo reciclagem e sua história p-28.

### **3.7.2- Incineração:**

Uma das tecnologias térmicas existente para tratamento de resíduos, que queima os materiais em altas temperaturas, geralmente acima de 900°C, em mistura com uma quantidade apropriada de ar (O<sub>2</sub>) e durante um tempo pré-determinado. (Grippi, 2001)

Com vantagem do método pode –se citar a redução significativa do volume dos dejetos municipais (principalmente cinzas de compostos orgânicos e aglomerados inorgânicos solidificados), a diminuição do potencial tóxico dos dejetos e a possibilidade de utilização da energia liberada com a queima. O uso desta técnica no Brasil é bastante incipiente em torno de 30 municípios optaram por incinerar seus resíduos sólidos. Há, por vezes, um entendimento equivocado do que de fato venha a ser a incineração, baseado na expectativa de que este consiga eliminar o lixo, como que por um procedimento um pouco químico, um pouco mágico. A incineração, na verdade, é o “processo de redução de peso e volume do lixo através da combustão controlada” (Lima, 1991, p. 117).

### ▪ **Origem dos incineradores:**

Data de 1874 a construção de um dos primeiros incineradores destinados à queima de lixo urbano, projetado por Alfred Freyer, na cidade de Nottingham, Inglaterra (conforme Lima, 1991). A partir do início deste século os incineradores passaram a ser mais intensamente utilizados para a combustão de resíduos sólidos urbanos. Nos EUA, por exemplo, em 1920 já havia cerca de 200 incineradores em funcionamento, voltados à disposição de resíduos domiciliares de 150 cidades, inclusive New York e Chicago. Na Europa, na mesma época, havia mais de 300 incineradores instalados, atendendo mais de 280 cidades.

No Brasil, em 1896, foi instalado em Manaus o primeiro incinerador municipal, com capacidade para processar 60 t de lixo doméstico por dia, tendo sido desativado apenas em 1958, por problemas de manutenção. Em Belém foi implantado um incinerador análogo, desativado pelas mesmas razões em 1978 (Lima, 1991).

### ▪ **Vantagens:**

As vantagens do processo de incineração de acordo com (Grippi, 2001) são:

- Reduções drásticas do volume a ser descartado somente as cinzas são dispostas.
- Redução do Impacto ambiental.
- Destoxificação (destruição de bactérias, vírus, e patogênicos, além de orgânicos altamente poluentes ambientais como dioxinas, ascarel e tetracloreto de carbono.
- Recuperação de energia. (Uso da energia liberada com a queima dos materiais, visando à produção de eletricidade e de vapor)

▪ **Desvantagem:**

A grande desvantagem da incineração, contudo, é o custo elevado da implantação de uma usina de incineração de resíduos. O custo operacional também acaba saindo caro para o dispositor. O custo médio da incineração rotativa no Brasil gira em torno de R\$ 1,70/Kg. (Grippi, 2001).

▪ **Impactos ambientais dos incineradores:**

Os principais impactos ambientais adversos acarretados pelos incineradores consistem na produção de componentes tóxicos presentes nas cinzas depositadas e suspensas no ar; nas emissões gasosas e de partículas – incluindo dioxinas e furanos – substâncias consideradas altamente tóxicas; na eventual poluição das águas; e em problemas ligados à insatisfação das comunidades circundantes com o odor, a circulação de veículos e a poluição visual (calderoni, 2003).

### **3.7.3 -Compostagem:**

Segundo Rocha et al. (2009), a compostagem é um processo de decomposição da matéria orgânica, em condições aeróbias e de matéria controlada, de modo a obter-se um material maturado, não mais sujeitos às reações de putrefação como as que ocorrem com restos orgânicos deixados no ambiente. Neste processo, ocorre a decomposição da matéria orgânica na presença de microorganismos, umidade e oxigênio, levando à transformação de carboidratos, lipídeos, proteínas, celulose, ligninas, dentre outros, em um composto rico em nutrientes que pode ser aplicado ao solo.

Grippi (2001), define compostagem como um processo biológico de decomposição de matéria orgânica contida em restos de origem animal ou vegetal que tem como resultado um produto que pode ser aplicado no solo para melhorar suas características produtivas, sem ocasionar riscos ao meio ambiente.

No Brasil, há muito tempo este processo é praticado no meio rural, utilizando-se restos de vegetais e esterco animal. A compostagem pode ser utilizada no tratamento dos resíduos sólidos domiciliares, pois de acordo com Rocha et al. (2009), cerca de 50 a 70 % do lixo domiciliares no Brasil e em países desenvolvidos, é constituído de matéria orgânica.

- **Os processos:**

Operacionalmente, a compostagem pode ocorrer via processo natural ou acelerado. No processo natural, a matéria orgânica é levada para um pátio e disposta em pilhas, onde a aeração necessária é feita por revolvimentos periódicos, e o tempo médio de decomposição é de 3 a 4 meses. No processo acelerado, a aeração é feita por tubos de PVC de grandes diâmetros, que facilitam o contato do oxigênio com a matéria a ser decomposta. O tempo médio de compostagem é de 2 a 3 meses.

▪ **Vantagens:**

As grandes vantagens da compostagem, segundo Grippi (2001), são:

- Economia de aterro.
- Aproveitamento agrícola da matéria orgânica.
- Reciclagem de nutrientes para o solo:
- Eliminação de patógenos veiculados por vetores nocivos ao homem.

▪ **Desvantagens:**

A compostagem, quando implantada com técnicas incorretas, pode causar transtornos como:

- Mau cheiro.
- Proliferação de insetos e roedores:
- produção de chorume e/ou compostos de baixa qualidade.
- contaminação através de plásticos e metais pesados.

### 3.7.4 - Aterro Sanitário:

De acordo com a NBR 8419 (1992), aterro sanitário de resíduos sólidos (urbanos) (é a técnica de disposição) dos resíduos no solo sem causar danos à saúde pública, minimizando os impactos ambientais, método que se utiliza princípios de engenharia para confinar os resíduos sólidos a menor área e volume possíveis, cobrindo-os com uma camada de terra na conclusão de cada jornada de trabalho, ou a intervalos menores se necessário.

Segundo D'Almeida e Vilhena (2000), o aterro sanitário é um processo utilizado para disposição de resíduos sólidos domiciliares no solo, de forma a não causar danos ou riscos à saúde pública e a segurança e minimizar os impactos ambientais. Este método de disposição é o mais difundido no mundo, sendo a solução mais econômica quando comparada aos processos de compostagem e de incineração. No Brasil é o principal sistema de destinação final dos resíduos sólidos domésticos utilizados atualmente.

#### ▪ Condições e características:



Figura 12: Aterro sanitário - esquema. (Fonte: Google)

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 reciclado (reinserido ao aterro) causando assim uma menor poluição ao meio ambiente.

Seu interior deve possuir um sistema de drenagem de gases que possibilite a coleta do biogás, que é constituído por metano, gás carbônico(CO<sub>2</sub>) e água (vapor), entre outros, e é formado pela decomposição dos resíduos. Este efluente deve ser queimado ou beneficiado. Estes gases podem ser queimados na atmosfera ou aproveitados para geração de energia. No caso de países em desenvolvimento, como o Brasil, a utilização do biogás pode ter como recompensa financeira a compensação por créditos de carbono ou CERs do Mecanismo de Desenvolvimento Limpo, conforme previsto no Protocolo de Quioto. 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. No Brasil, usa-se normalmente uma camada de argila.

### **3.7.5 - Aterro Controlado:**

O aterro controlado é uma fase intermediária entre o lixão e o aterro sanitário. Normalmente é uma célula adjacente ao lixão que foi remediado, ou seja, que recebeu cobertura de argila, e grama (idealmente selado com manta impermeável para proteger a pilha da água de chuva) e captação de chorume e gás. Esta célula adjacente é preparada para receber resíduos com uma impermeabilização com manta e tem uma operação que procura dar conta dos impactos negativos tais como a cobertura diária da pilha de lixo com terra ou outro material disponível como forração ou saibro. Tem também recirculação do chorume que é coletado e levado para cima da pilha de lixo, diminuindo

a sua absorção pela terra ou eventualmente outro tipo de tratamento para o chorume como uma estação de tratamento para este efluente.



Figura 13: Aterro controlado - esquema. (Fonte: Google).

### 3.7.6 -Lixão ou vazadouro:

Lixão é uma 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.

#### •Configuração:

No lixão (ou Vazadouro) não existe nenhum controle quanto aos tipos de resíduos depositados e quanto ao local de disposição dos mesmos. Nesses casos, resíduos domiciliares e comerciais de baixa periculosidade são depositados

juntamente com industriais, hospitalares, e de alto poder poluidor. Nos lixões pode haver outros problemas associados, como por exemplo, a presença de animais (inclusive criação de porcos), a presença de catadores (que na maioria residem no local), além de riscos de incêndios causado pelos gases gerados pela decomposição dos resíduos e escorregamentos, quando a formação de pilhas muito íngremes, sem critérios técnicos.

### **ESQUEMA: LIXÃO.**



*Figura 14: Lixão - Esquema. (Fonte: [www.lixo.com](http://www.lixo.com))*

Os lixões também não tem nenhum sistema de tratamento de efluentes líquidos - o chorume (líquido preto que escorre do lixo). Este penetra pela terra levando substâncias contaminantes para o solo e para o lençol freático. Moscas, pássaros e ratos convivem com o lixo livremente no lixão a céu aberto, e pior ainda, crianças, adolescentes e adultos catam comida e materiais recicláveis para vender. No lixão o lixo fica exposto sem nenhum procedimento que evite as conseqüências ambientais e sociais negativas.

## PERFIL: LIXÃO.

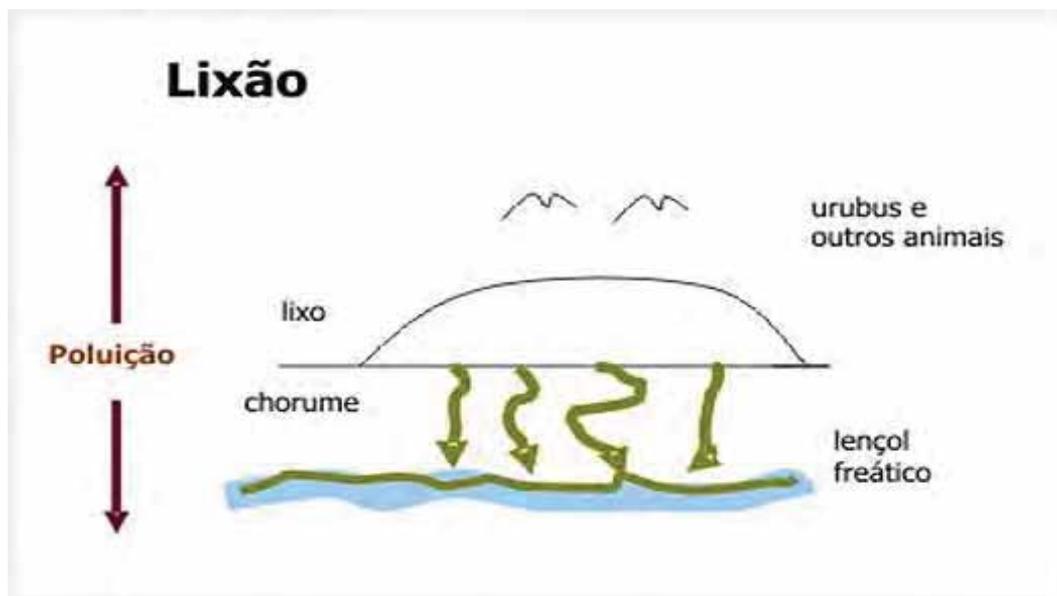


Figura 15: lixão - Perfil. (Fonte: Google)

- **Impactos ambientais causados por um vazadouro:**

Segundo Pereira (1999) os impactos gerados pela disposição inadequada do lixo urbano são bastante variados e envolvem aspectos sanitários, ambientais, econômicos e sociais. Os *impactos sanitários* são mais perceptíveis pela população. Sabe-se que o lixo urbano é grande veiculador de doenças, e traz no seu cerne a proliferação de bactérias patogênicas (tais como estreptococos, estafilococos, bacilos do tétano, (salmonelas etc.), que se podem conservar vivas por semanas ou até mesmo meses.

O excesso de matéria orgânica, o lixo atrai também moscas, mosquitos, ratos, baratas, porcos, urubus entre outros, que dada a sua elevada reprodução, prolifera rapidamente estas bactérias patogênicas, fato que aliado aos altos índices de desnutrição da população pobre do país, tem produzidos conseqüências danosas, principalmente à população infantil. As doenças mais comuns associadas à falta de saneamento do lixo

são: a febre Tifóide e paratifóide, a salmonelose, a giardíase, a ascaridíase, e uma série de doenças intestinais, além da cólera, dengue e leptospirose.

Os *impactos ambientais* são de grande destaque a poluição dos solos e corpos hídricos (superficiais e subterrâneos) provocado por líquidos lixiviados como chorume, resinas e tintas.

A falta de tratamento de lixo urbano, também possui *impactos econômicos*, quando se considerar os gastos inúteis com tratamentos de saúde para a população carente e, está voltará a se contaminar se não tiver melhorias efetivas do seu estado nutricional, caso o lixão da área onde moram não seja erradicado. Considerando também os custos requeridos para implementar a desativação de lixões e demais áreas de despejos clandestinos de resíduos sólidos urbanos. Outro problema bastante comum, é a desvalorização das terras próximas às áreas dos lixões, assim como a conseqüente redução de investimentos imobiliários.

Quanto aos impactos sociais tem-se a prática condenável da catação de resíduos em ruas, avenidas, mercados, feiras e nos próprios lixões, realizada por homens, mulheres e crianças que vivem em condições subumanas nessas áreas de despejo, em contato com materiais contaminados e perigosos, caso do lixo tóxico e do lixo hospitalar. Como mostra a imagem a seguir:



Figura 16: Presença de catadores no lixão. (Fonte: Google).

## **4 - Visita técnica:**

### **4.1 – Lixão desativado da Alemoa em Santos.**

O lixão da Alemoa, na cidade de Santos, funcionou de 1950 até 1998, transformando-se em um verdadeiro bota-fora a céu aberto. Nele, pode-se encontrar desde restos de entulho, lixo doméstico ou pneus, até substâncias tóxicas, que por anos contaminaram não só o solo da região como o estuário do porto. Atualmente a BTP (Brasil Terminal portuário) irá fazer a recuperação ambiental do Lixão para a construção de um terminal marítimo de Contêineres, com capacidade anual para 1,1 milhão de TEUs (Unidade equivalente a um contêiner de 20 pés), e graneis líquidos, com previsão de movimentar 1,2 milhão de toneladas por ano. A instalação consta em todas as programações comerciais feitas pela Companhia das Docas do estado de São Paulo (Codesp) para os próximos dez anos.

Visitei o lixão desativado e identifiquei uma série de problemas, como:

- O chorume proveniente do Lixo não recebia tratamento;
- O lixão ainda funcionava como área de Transbordo;
- Presença de ratos, urubus, moscas, mosquitos etc.;
- Mau Cheiro;
- Falta de tratamento dos gases;

Estes problemas identificados mostram que o lixão da Alemoa, não foi desativado corretamente, ele foi simplesmente abandonado, sem qualquer tratamento ou monitoração, como ilustra as imagens a seguir:



Figura 17: Chorume do Lixão desativado sem tratamento



Figura 18: Presença de urubus no lixão



Figura 19: Presença de rejeitos a céu aberto.

A tecnologia proposta para a recuperação do terreno, é a mesma que está sendo empregada para despoluir terrenos que serão ocupados com parte do complexo dos jogos olímpicos de Londres, em 2012. A tecnologia de descontaminação a ser empregada pela Brasil Terminal Portuário no antigo lixão da Alemoa consiste, basicamente, em 'lavar' a camada superficial do solo da área. Para isso, todo o terreno é dividido em lotes de 20 por 20 metros. O material é então escavado, peneirado, separado e lavado por meio de uma máquina a ser importada da Bélgica. Nesse processo, separa-se o solo dos contaminantes químicos. O que sobra, uma espécie de lama, passa ainda por uma série de filtros. A água usada no processo é monitorada, evitando que volte poluída para o estuário. A água de chuva, por sua vez, é enviada para uma estação de tratamento. O método permite, por exemplo, que de uma tonelada de solo, mais de 700 quilos sejam limpos e reaproveitados no próprio local. O restante vai para aterros controlados.

## **5 – Impactos e condições mínimas de encerramento.**

Como descrito anteriormente, Lixão é uma forma inadequada de disposição de resíduos sólidos, que se caracteriza pela simples descarga sobre o solo, sem medidas de proteção ao meio ambiente ou à saúde pública.

Os resíduos assim lançados a céu aberto acarretam problemas de saúde pública, como proliferação de vetores de doenças (moscas, mosquitos, baratas, ratos etc.), geração de maus odores e principalmente, a poluição do solo e das águas superficiais e subterrâneas através do chorume (líquido de cor preta, mal cheiroso e de elevado potencial poluidor produzido pela decomposição de matéria orgânica contida no lixo), comprometendo os recursos hídricos. Em termos ambientais, os lixões agravam a poluição do ar, do solo e das águas e ainda provocam a poluição visual. O chorume, que surge pela decomposição dos resíduos, acaba se infiltrando no solo causando sua

poluição, devido à geração de líquidos percolados. Se ocorrer a contaminação do lençol freático, pela infiltração deste líquido, poderá resultar na poluição de poços alimentando endemias e desenvolvendo surtos epidêmicos. Acrescenta-se a esta situação o total descontrole quanto aos tipos de resíduos recebidos nestes locais, verificando-se até mesmo a disposição de dejetos originados dos serviços de saúde principalmente dos hospitais, como também das indústrias.

As condições mínimas para o encerramento de um Lixão, seriam o mínimo aceitável para que a área em questão seja desativada sem causar mais danos ao meio ambiente, ou seja, o Lixão após ser desativado não deve mais causar danos aos recursos hídricos, ao solo, ao ar, e também a sociedade. A metodologia, que será apresentada a seguir, descreve medidas mitigadoras recomendadas pela cetesb, para que os vazadouros não gerem mais impactos negativos à natureza.

## **6 – Metodologia.**

Esta metodologia, tomou como base o relatório de desativação do Lixão de Osasco da Cetesb, e tem como foco mostrar técnicas mitigadoras para o Solo, águas e o ar. Também foi abordado a técnica de desratificação, pois esta medida é muito importante para a saúde pública.

### **6.1. -Solo**

#### **6.1.1 - Movimentação de Terra.**

▪ A remoção da cobertura vegetal e dos horizontes superficiais de solos, em quaisquer circunstâncias, deve ser realizada adotando-se sempre práticas conservacionistas e medidas preventivas, com a implantação de sistemas de

drenagem superficial, mesmo que temporários, visando a disciplinar o escoamento das águas superficiais e conduzi-las para locais convenientes;

- Os materiais removidos devem ser estocados lateralmente, em leiras que evitem o escoamento de água superficial para o interior das áreas escavadas e conduzam o seu escoamento para locais convenientes, devidamente protegidos. O material proveniente da remoção da camada superficial do terreno será estocado isoladamente, tendo em vista seu uso diferenciado em relação ao material de corte e escavação, para sua aplicação na cobertura final dos taludes;

- Durante a operação do Aterro, deve-se cuidar para que não se formem caminhos preferenciais ou de concentração de fluxos do escoamento das águas superficiais, implantando-se canaletas, dispositivos de drenagem superficial como caixas de passagem, lagoas de contenção e infiltração, e dissipadores de energia.

- A revegetação das áreas escavadas pelas obras de implantação será realizada com espécies de gramíneas adequadas à diminuição do escoamento superficial.

### **6.1.2 - Compactação do Lixo:**

Todo o lixo disposto deverá ser compactado, utilizando-se um trator de esteira. A compactação deverá ser preferencialmente de baixo para cima, com 3 (três) a 4 (quatro) passadas do trator.

Com o intuito de evitar possíveis desmoronamentos que geralmente ocorrem em células de lixo muito altas, há necessidade de formação de células com taludes de 1:3 a 1:2, operados de baixo para cima.

### 6.1.3 - Cobertura da área:

Para a cobertura da área deverão ser utilizados entulhos provenientes de obras, tanto particulares quanto da prefeitura, e terra do próprio local ou de áreas próximas.

No caso de se utilizar terra do próprio local, executar cortes laterais de áreas vizinhas, retaludando o local de empréstimo, com inclinação 1:1, armazenando este material em local plano já existente.

Dada à inexistência de levantamento planialtimétrico atuais da área do lixão estudado, e a inexistência de sondagens nas possíveis áreas de empréstimo, é impossível calcular o volume de terra necessária para a cobertura. A situação mais comum, é a disposição do lixo em taludes bastante íngremes e elevados, nestes casos sugere-se que seja executado um ligeiro abatimento dos mesmos, procurando deixá-los com melhores condições de estabilidade, utilizando para isso um trator de esteira D-6.

#### ABATIMENTO DOS TALUDES – ESQUEMA.

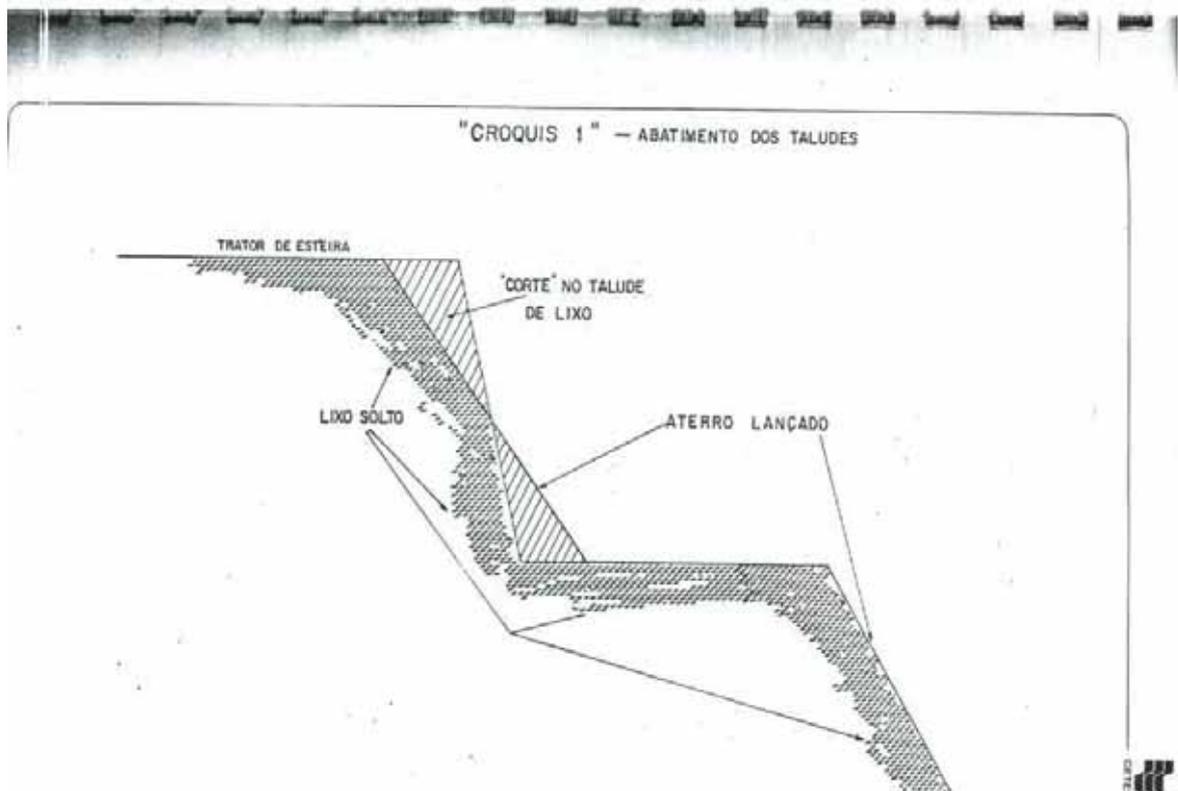


Figura 20: abatimento dos Taludes.

Após o retaludamento, executar a cobertura dos taludes de lixo, através da técnica de aterro lançado, que consiste no simples lançamento de terra sobre o talude.

Sobre as superfícies planas, será espalhada uma camada de cerca de 20 a 30 cm de terra; já sobre os taludes, a espessura das camadas deverá variar conforme seu posicionamento, isto é, as inferiores serão mais espessas e as superiores menos.

Para evitar o carregamento de terra para o vale, colocar no talude inferior, no nível mais baixo do terreno, camada de pedra, que funcionará também como canalização da água superficial para que se tome as devidas providencias, para estes serviços, serão utilizados os seguintes equipamentos:

Trator de esteira tipo D.6;

Pá carregadeira de esteira tipo 941-B;

4 (quatro) caminhões basculante de 5m<sup>3</sup>;



Figura 21: Trator de esteira D6 – Caterpillar (Fonte Google).

#### **6.1.4 -Estabilidade do Maciço.**

A mitigação deste impacto se dá basicamente por meio do controle das causas de formação e desenvolvimento dos processos de instabilização como a utilização de geometria compatível com a estabilidade exigida pelos parâmetros geomecânicos e geotécnicos dos materiais que compõem o maciço de solo e rocha, bem como a massa de resíduos, e eliminação de pressões internas de líquidos percolados e de gases, por meio de sistemas de drenagem.

Muitos dos fenômenos de instabilização são possíveis de ser diagnosticados ainda em seu início, ou mesmo antes de sua formação, por meio do acompanhamento sistemático e periódico do comportamento deformacional do maciço, que permite a identificação de feições de instabilidade e de situações de risco quanto à estabilidade global do maciço e de seus taludes e, conseqüentemente, a adoção de medidas preventivas e corretivas das áreas afetadas. Desta forma, constitui medida de caráter preventivo a implantação de um programa de monitoramento geotécnico, o qual se encontra detalhado no item referente ao Monitoramento Ambiental.

## **6.2 – Águas.**

### **6.2.1 – Águas superficiais:**

Os impactos associados aos recursos hídricos superficiais são relacionados a processos de assoreamento, aumento da turbidez das águas, diminuição da luminosidade e, conseqüentemente, redução dos níveis de oxigênio dissolvido. Tais impactos, de caráter indireto (segunda ordem), devem ser mitigados com ações preventivas à ocorrência do impacto primário ao qual lhe deu origem. Assim, todas as medidas relacionadas à prevenção do desenvolvimento de processos erosivos são aqui considerados como prioritárias para mitigar estes impactos. Cabe ressaltar que

previamente ao lançamento das águas coletadas e drenadas pelos sistemas de drenagem serão destinadas a lagoas de infiltração e contenção, as quais também funcionarão para remoção dos sólidos sedimentares, principal poluente associado ao aumento da turbidez. Outro impacto associado ao carregamento de solo para os corpos d'água é o soterramento dos organismos bentônicos. As medidas preventivas e corretivas à alteração na dinâmica de escoamento das águas superficiais e suas conseqüências estão relacionadas principalmente à eficiência do sistema de drenagem superficial estudado e previsto no projeto de engenharia do aterro.

### **6.2.2 – Águas subterrâneas.**

Os impactos associados às águas subterrâneas pela contaminação por lixiviados (líquidos percolados) é um dos mais expressivos em aterros sanitários. Nesse sentido, a impermeabilização de base do aterro será realizada com solo compactado e geomembrana de 2,0mm de espessura. A base dos patamares do aterro será dotada de drenagem sub-superficial (meia cana preenchida com brita e coberta por manta geotêxtil) para a coleta e drenagem dos percolados para fora do maciço. Todos os sistemas de drenagem (caixa de passagem, canaletas e tubulações) serão revestidos por manta de PEAD para conter possíveis vazamentos. A colocação da manta nos patamares será realizada por equipe técnica especializada, as emendas serão realizadas com costura dupla, e pressurizadas para teste de vazamento.

### **6.2.3 - Tratamento dos líquidos percolado:**

Para o tratamento do líquido percolado, se a quantidade for reduzida, sugere-se um simples bombeamento e aspersão sobre o lixo já existente no local e sobre o lixo recém colocado, onde funcionará pelo princípio dos “lodos ativados” apressando a decomposição. Para tal utilizar bomba tipo FLYT, colocada no local receptor do chorume.

Se o volume maior for produzido, sugere-se o sistema de filtração, que será composto por filtros que serão constituídos de um leito de areia, sobre o qual deve passar intermitentemente o chorume, através dos drenos superiores, e o líquido efluente sairá pelos drenos inferiores para posteriores descargas nos córregos. Os filtros serão construídos de forma a serem escavados no solo, sobrepondo-se, do fundo para a superfície, uma camada de brita 1, que envolverá os drenos inferiores de saída, e uma camada intermediária de areia fina de 0,60m (tamanho: 0,25mm) além da camada final de 0,30 m de areia grossa (tamanho: 0,45 mm), sobre o qual devem ser assentados os drenos superiores, por onde deve entrar o líquido a ser tratado. O chorume deverá ser armazenado em uma “lagoa” com paredes e base impermeabilizada, que pode ser de concreto ou PEAD. Com auxílio de um caminhão tanque, o chorume é retirado periodicamente, dependendo das chuvas, e levado a um sistema de tratamento de esgoto.

## **6.3 -Ar**

### **6.3.1 - Emissão de gases e odores:**

Com o objetivo de reduzir possíveis efeitos dos gases emanados sobre a qualidade ambiental dessa região, principalmente no entorno da área, esta prevista a implantação

de barreira vegetal no entorno de toda gleba, a qual servirá como faixa de isolamento. A barreira vegetal servirá como um importante fator de bloqueio físico. Serão priorizados o plantio de árvores de crescimento rápido como *Eucalyptus sp.* e sansão do campo (*Mimosa caesalpineafolia*) logo no início das obras de implantação, de maneira a possibilitar que quando do início da operação do aterro, estas já se encontrem com porte suficiente para funcionarem como barreira física.

Os gases gerados na decomposição da matéria orgânica serão queimados antes em dispositivos próprios para esta finalidade (“flares”) de maneira a eliminar gás metano.

- **Captação e dissipação de gases:**

Como se sabe, a infiltração de gases proveniente da fermentação do lixo é um problema bastante grave, podendo causar sérios danos nas redes de esgoto e de águas pluviais, assim como nas residências vizinhas ao aterro. Na área aterrada, será aberta vala de 2,00 x 1,00 m, onde será colocada brita “4” e serão assentados tubos verticais de concreto perfurados, conforme figura abaixo.

## **ESQUEMA DE CAPTAÇÃO E DISSIPAÇÃO DE GASES**

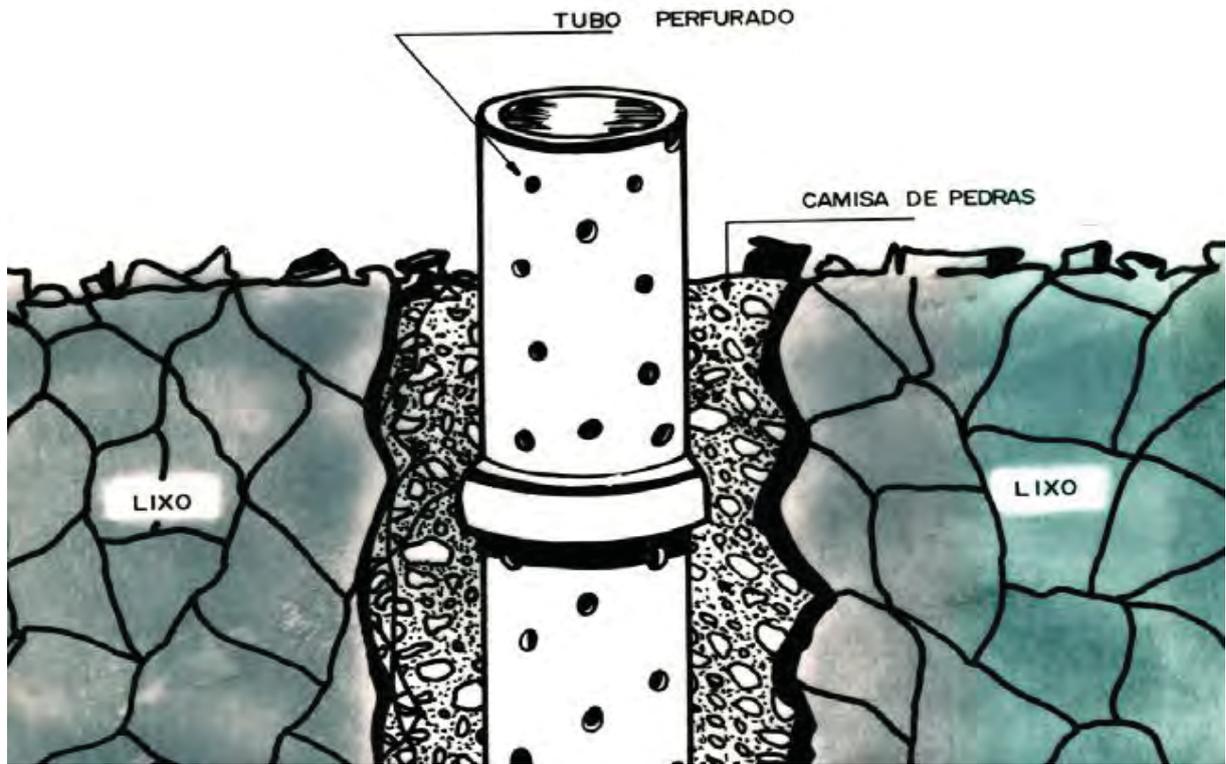


Figura 22: Detalhe da dissipação. (Fonte: MINTER/CNDU/CETESB, 1979)

#### **6.4 - Combate a roedores:**

Dentre os aspectos técnico-sanitários que envolvem a desativação de um despejo de resíduos sólidos a céu aberto, um deles chama particular atenção, por dois enfoques principais: deve ser atividade primeira e precursora ao aspecto de desativação propriamente dito, e não tem sido um ângulo muito observado nas desativações, motivo pelo qual tem gerado sérios problemas posteriores. Trata-se do controle dos roedores que habitam a área de despejo dos resíduos sólidos.

De fato, a farta matéria orgânica, um dos componentes dos lixos produzidos pelas cidades, propicia intensa proliferação de roedores, que estabelecem suas colônias ao redor das áreas de despejo desse lixo.

A notável disponibilidade de alimentos, aliás, renovada diariamente, elimina os processos de “autocontrole” das colônias, que assim atingem densidades populacionais altíssimas.

Um exemplo deste caso é o "lixão" do município de Osasco, em um levantamento da CETESB, feita no relatório de desativação do mesmo, observa grande número de territórios de instalação de colônias circundando o lixo, desde suas beiradas até uma distância de aproximadamente 180 m, tomando as barrancas localizadas neste perímetro. Observou-se ainda a total predominância da espécie “norvégica” (*Rattus norvegicus*), embora tenham sido detectados alguns núcleos do gênero “mus” (*Mus mus*) (camundongos).

A desativação pura e simples, sem o necessário trabalho prévio de eliminação dos roedores, provocará um inevitável êxodo maciço desses animais, que, privados de sua principal fonte de alimento, migrarão em busca de novas fontes de subsistência, infestando áreas indenizadas ou de baixa infestação. Assim, o trabalho de controle prévio desses roedores pode ser apresentado nas seguintes fases:

- 1º Detecção, localização e delimitação das colônias infestantes da área (método de estaqueamento).
- 2º Testes de seleção de iscas (pré – iscagem).
- 3º Detecção, localização e avaliação de possíveis pólos de atração mais próximos das áreas de despejo.
- 4º Extensão de cordão sanitário em torno da área de despejo, com sentido centrípeto.
- 5º Extensões de cordões sanitários em torno dos pólos próximos de atração, com sentido centrífugo.
- 6º Desratização ativa pelo processo de gaseificação de todas as colônias da área.
- 7º Desratização ativa pelo processo de iscagem junto aos remanescentes da área.
- 8º Nova gaseificação (durante a cobertura do despejo).
- 9º Desratização ativa pelo processo de iscagem junto aos pólos de atração.
- 10º Rescaldo Final.

Essa seqüência de operações estaria estimada em aproximadamente 5 (cinco) quinzenas de trabalho, podendo as fases descritas serem melhor observadas no cronograma abaixo:

1 <sup>a</sup> quinzena	2 <sup>a</sup> quinzena	3 <sup>a</sup> quinzena	4 <sup>a</sup> quinzena	5 <sup>a</sup> quinzena
FASE 1	FASE 4	FASE 6	FASE 7	FASE 9
FASE 2	FASE 5	FASE 7	FASE 8	FASE 10
FASE 3	FASE 6			

Tabela 3: Esquema fases desratificação.

## **7 – Plano de acompanhamento (monitoramento).**

As atividades de acompanhamento e prevenção de eventuais impactos ambientais, ligados ao desenvolvimento das atividades de disposição de resíduos, em suas áreas de influências diretas e indiretas compreenderão os seguintes planos:

- Monitoração das águas superficiais;
- Monitoração das águas subterrâneas;
- Monitoração dos líquidos percolados;
- Monitoração geotécnica do maciço de resíduos;
- Monitoração de emissão atmosféricas;

### **7.1 – Monitoramento das águas superficiais:**

A qualidade da água depende de sua origem e história. Em geral, as águas naturais revelam características nítidas dos mananciais. Entretanto vários fatores são capazes de produzirem uma ou mais variações na qualidade da água, provenientes de um mesmo manancial, conforme as oportunidades em receberem substâncias solúveis ou em transportá-las em suspensão. Portanto, as condições climáticas, geográficas e geológicas desempenham importante papel na determinação da qualidade da água.

Isto posto, é importante monitorar as águas superficiais nos cursos localizados nas bacias de drenagens onde se situam aterros sanitários, ou lixões recuperados, visando detectar possíveis cargas poluidoras que, inadvertidamente possam alcançar essas águas, principalmente aquelas decorrentes dos sistemas de drenagens superficiais (pluviais) e dos sistemas sub superficiais (percolados), além de possíveis alterações decorrentes das atividades antrópicas, desenvolvidas na bacia de drenagem do recurso hídrico onde se localiza um depósito de lixo.

Vários são os parâmetros físicos, químicos e microbiológicos que podem ser investigados nas águas superficiais, tornando inexecutável, na prática, a análise sistemática para a detecção de todos esses parâmetros. Nesse sentido, a CETESB selecionou 33 parâmetros a serem investigados periodicamente. São eles:

Temperatura ambiente e Temperatura da amostra, pH, Cor, Turbidez, Condutividade, Cloreto, Nitrogênio total, Amônia, Nitrito, Nitrato, Fósforo Total, Sulfetos, Sulfatos, Fósforo total, Fosfato, Sólidos sedimentáveis, Sólidos dissolvidos, Ferro, Manganês, Zinco, Cádmio, Cobre, Cromo Total, Níquel, Carbono orgânico total, DBO, DQO, Bactéria Heterotróficas Totais e Fecais.

Convém frisar que a metodologia de coleta, preservação e análises devem seguir rigorosamente às recomendações do Standard Methods for Examination of Water and Waste water, sempre a última edição. A classificação e os valores máximos permissíveis (VMP), para enquadramento dessas águas devem ser fundamentada nas recomendações do Decreto Estadual 8768/76 Art. 11 e da Resolução CONAMA Nº 357, do Ministério do Meio Ambiente, de 17 de março de 2005.

## **7.2 – Monitoramento das águas subterrâneas:**

O monitoramento da área será feita através de poços construídos de acordo com a NBR – 13895/97. Após a locação dos poços, o monitoramento será feito de acordo com a recomendação da CETESB, após uma análise completa, com uma frequência a ser determinada contemplando os seguintes parâmetros:

- Características Físicas e Organolépticas: Condutividade Elétrica, Sólidos totais dissolvidos, Dureza total, pH, Óleos e Graxas, Cor aparente e Turbidez.

- Componentes Inorgânicos: Alumínio, Bário, Cádmio, Cobre, Chumbo, Cloretos, Cromo total, Ferro total, Fosfato total, Magnésio, Manganês total, Mercúrio, Nitrogênio Nitrito, Nitrogênio Nitrato, Nitrogênio Kjeldahl, Potássio, Selênio, Sódio e Zinco.

- Componentes Orgânicos: BTX, Fenol, Diclorometano, Tricloetileno, Cloreto de metileno e Cloreto de vinila.

- Bacteriológicos: Bactérias Heterotróficas, Coliformes totais, *Escherichia coli*, *Pseudomonas aeruginosos* e Salmonella.

Convém frisar que a metodologia de coleta, preservação e análises devem seguir rigorosamente às recomendações do Standard Methods for Examination of Water and Wastewater, última edição. A classificação e os valores máximos permissíveis (VMP), para enquadramento dessas águas devem ser fundamentados nas recomendações da Portaria 518, de março de 2004, do Ministério da Saúde e na Resolução N° 396, de abril de 2008, do Ministério do Meio Ambiente.

### **7.3 – Operação e manutenção de Lagoas.**

Para garantir o bom funcionamento do sistema de drenagem dos líquidos percolado, conseqüentemente a eficiência desejada, deve ser feita inspeções periódicas, para a verificação dos seguintes itens abaixo:

- Apontar a vazão afluyente em cada uma das lagoas, nos vários períodos do ano de forma a montar um histórico da geração de percolado para o empreendimento, podendo-se prever possíveis ajustes.
- Limpeza e lubrificação dos registros das tubulações das lagoas para prevenir e garantir o bom funcionamento desses dispositivos:
- Remoção semanal dos sólidos sedimentados nos tanques de areia;
- Verificar existência de vazamentos nos poços de visita, da tubulação e das lagoas;
- Inspeção da proteção dos taludes das lagoas

- Verificação semanal da amperagem dos motores de forma a identificar possíveis irregularidades no sistema de bombeamento.
- Implantar programa de manutenção preventiva nas bombas, válvulas e registros, conforme vida útil recomendada pelos fabricantes. Atenção especial as peças móveis submetidas ao desgaste.

#### **7.4 – Monitoramento da Estabilidade do maciço de resíduos.**

O programa de monitoramento Geotécnico do maciço tem por objetivo acompanhar e analisar o comportamento deformacional do maciço formado pela disposição de resíduos sólidos e identificar feições e evidências que revelem anomalias, alterações e situações de risco quanto à eventual ocorrência de processos de instabilização. A utilização e a locação dos instrumentos geotécnicos (marcos superficiais de deslocamentos) está prevista nos pontos mais críticos do aterro sanitário, bem como dispostos de forma a monitorar todo o maciço de resíduos. Periodicamente serão realizadas leituras topográficas nos marcos superficiais e os dados serão apontados em planilhas específica que será arquivada para compor o histórico temporal das deformações.

##### **7.4.1 – Marcos superficiais de deslocamento.**

Os marcos superficiais, destinados a medirem eventuais deslocamentos verticais e horizontais no aterro, serão instalados, a medida que cada célula for encerrada, ao longo de quatro alinhamentos, localizados em seções longitudinais (direção Norte-Sul) aos

taludes, estendendo-se a partir da base do aterro até a superfície do seu topo. A figura, a seguir, mostra a posicionamento dos marcos superficiais.

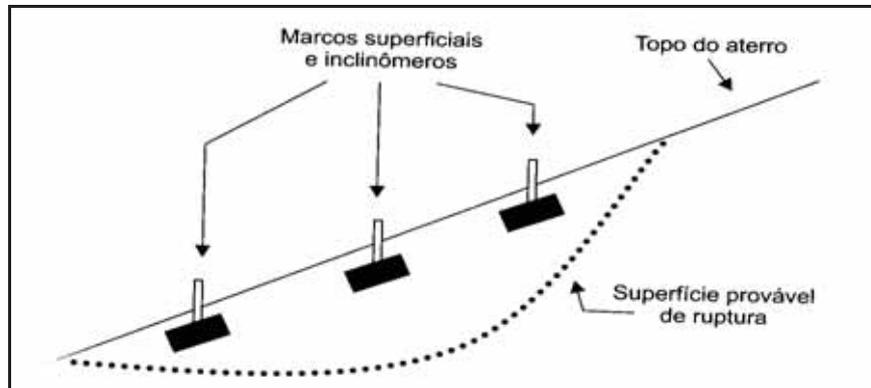


Figura 23: Posição de marco superficial e inclinômetro para monitoramento dos recalques.

A distribuição espacial das seções transversais e a localização dos marcos foram definidas em função das necessidades de avaliação e interpretação do comportamento deformacional do maciço. Os dados das medições permitirão identificar a ocorrência e a magnitude das deformações verticais (recalques ou soerguimentos) e horizontais e, no caso destas últimas, também o rumo (azimute) dos deslocamentos.

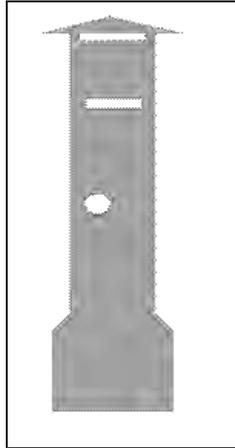
A análise e a interpretação de resultados das leituras destes marcos, permitem acompanhar o comportamento deformacional do maciço e verificar a possibilidade de desenvolvimento de deformações anômalas que possam levar à sua ruptura.

## 7.5 – Monitoração de emissões atmosféricas.

O lixo confinado em aterros sanitários sofre um processo de decomposição predominantemente anaeróbica. Nesse processo o carbono combina-se com o hidrogênio e o oxigênio formando o gás metano ( $\text{CH}_4$ ) e o gás carbônico ( $\text{CO}_2$ ), respectivamente, sendo o primeiro inflamável quando misturado com o ar na proporção de 5 a 15%, podendo também provocar a morte por asfixia se invadir, sob condições peculiares, residências ou instalações próximas ao lixo. Também vale lembrar que esses dois gases são importantes sob o ponto de vista do efeito estufa e sob o ponto de vista de matriz energética, principalmente o metano. Outros gases são formados no processo em proporções ínfimas, mas devido às particularidades do gás metano e do gás carbônico, são esses gases que merecem cuidados especiais.

O controle da geração destes gases nos processos de decomposição do lixo, podem informar importantes dados, estudos comprovaram que inicialmente o gás predominante no processo de degradação dos resíduos aterrados é o gás carbônico, que pode ter uma concentração de até 60 % de todos os gases gerados no processo, ao passo que a concentração de gás metano, na fase inicial pode chegar a 40%. Com o passar do tempo, (aproximadamente 1 ano, em condições naturais) essa relação se inverte, podendo se dizer que o sistema encontra-se, a partir de então em plena fase metanogênica que, uma vez estável, é propícia para a exploração do gás metano para fins energéticos.

Se o lixão a ser desativado em questão, não tiver projeto para aproveitamento dos gás para fins energéticos, nas extremidades destes coletores devem ser instalados “Flare”, conforme o modelo da figura 17, para que o gás queime e conseqüentemente reduzindo a emissão de gases de efeito estufa.



*Figura 24: Dispositivo (Flare) para controle de queimada de gases.*

Conhecer, periodicamente, as concentrações do gás metano e do gás carbônico em aterros, ajuda-nos a determinar em que estágio se encontra as atividades biológicas na massa de resíduos abaixo da terra. Para tanto, recomenda-se que, pelo menos a cada seis meses seja feita uma análise para verificar as concentrações de  $\text{CH}_4$  e  $\text{CO}_2$ .

## **8 – Comentários e conclusões.**

No estudo aqui apresentado, buscou-se mostrar os danos causados pelo acúmulo desorganizado de resíduos sólidos e algumas medidas mitigadoras para desativar as áreas afetadas. No entanto, estas medidas estão longe de solucionar os problemas causados pelo lixo no Brasil.

A conscientização ambiental é o caminho para a resolução deste problema, que desde a época imperial atinge o nosso país, por isso, a importância da conscientização ambiental e do papel individual do cidadão na manutenção dos recursos naturais, torna-se a cada dia uma questão mais presente na sociedade.

Uma política que está bastante presente no cenário brasileiro, mas que ainda tem uma perspectiva futura é a política dos 3Rs -Reduzir, reutilizar e Reciclar.

Embalagens, copinho de café, sacolas plásticas e restos de alimentos são apenas parte dos rastros que deixamos para trás todos os dias. Em São Paulo cada pessoa produz em média 1,5 kg de lixo por dia, número que é gerado parcialmente pelo desejo. Consumimos, compramos e descartamos e ritmo frenético.

A dica, portanto, é dar preferência a produtos de vida longa, a prática dos três R's é a melhor maneira de minimizar os impactos causados pelo lixo à natureza.

Já para os resíduos orgânicos, que nas cidades representam 60% do total de rejeitos, temos que evitar o desperdício, planejando as compras e aproveitar as sobras em sopas, bolinhos etc.

Uma boa dica seria fazer a compostagem ou a vermicompostagem na própria residência, onde o lixo orgânico é transformado em húmus rapidamente (por volta de 2 meses), sem deixar mau cheiro, sem atrair animais indesejáveis e ainda ocorre a formação do adubo caseiro, que é muito eficiente para a agricultura.

Para o ano de 2012, o governo federal através do decreto 7.404 publicado no Diário Oficial da União (DOU), vai multar as pessoas que não separarem o lixo seco do úmido. A multa deverá ser entre R\$ 50 e R\$ 500 para reincidente. Esta iniciativa mostra que o governo está atento aos problemas do lixo.

Os centros urbanos têm sofrido muito com aumento populacional, fato este que está diretamente relacionado com desequilíbrio ambiental em nossas metrópoles e os assombrosos números de resíduos gerados. A cada ano as reservas de alimento precisam serem garantidas, fazendo com que a pressão do homem sobre a Terra aumente cada vez mais, mais gente consumindo, mais lixo sendo gerado, e assim por diante. Além do preocupante crescimento das populações, é preocupante como o homem administra mal os recursos naturais, a biodiversidade das florestas, e os recursos hídricos.

Enfim, as medidas mitigatórias para as áreas que abrigaram resíduos sólidos, são medidas que apenas evitam que os vazadouros continuem poluindo os recursos naturais, não sendo eficientes para a recuperação da área. A complexidade e os custos elevados das técnicas de recuperação dos lixões, são os principais fatores que as tornam inviável para os lixões do país.

A criação da Política Nacional dos resíduos sólidos foi o primeiro passo para resolver o problema do lixo no Brasil, mas esta meta ainda está muito longe de ser atingida. O caminho para solucionar a questão do lixo é a educação ambiental, que deve começar nas escolas, pois as crianças no processo de aprendizagem e formação escolar podem muito cedo aprender a preservar e a entender a importância dos recursos naturais e do meio ambiente para a nossa vida. Isto posto, se cada cidadão fosse consciente e fizesse sua parte, grande parte dos resíduos seriam reaproveitados e o volume de rejeito diminuído, gerando uma grande economia no dinheiro gasto para o tratamento dos resíduos no Brasil.

## 9 - Bibliografia.

BIDONE, F. R. A.; et al. Programa de Pesquisa em Saneamento Básico. Metodologias e Técnicas de Minimização, Reciclagem e Reutilização de Resíduos Sólidos Urbanos – Rio de Janeiro; ABES – Associação Brasileira de Engenharia Sanitária e Ambiental, 1999

CABRAL, A. E. B. Modelagem de propriedades mecânicas e de durabilidade de concretos produzidos com agregados reciclados, considerando-se a variabilidade da composição do RCD. EESC/USP. Tese (Doutorado). 2007.

CALDERONI, Sabetai. Os bilhões perdidos no lixo – 4 e.d  
Editora Humanitas/ FFLCH/USP, 2003.

CARDOSO, Nadjá L. Financiamento de Projetos de Coleta e Destinação Final de Resíduos Sólidos. In: Simpósio Sobre a Reciclagem de Lixo Urbano para fins industriais e Agrícolas, Belém, 1998. Anais: Belém, PA, Embrapa Amazônia Ocidental, 2000, p.197-200.

CEMPRE -Potencial de Geração de Resíduos, 2010

CHERMONT, Larissa. Educação Ambiental e Fontes de Financiamento. In: Simpósio Sobre a Reciclagem de Lixo Urbano para fins Industriais e Agrícolas, Belém, 1998. Anais: Belém, PA, Embrapa Amazônia Ocidental, 2000, p.201.

D'almeida e Vilhena - Sistema de coleta seletiva dos resíduos sólidos domiciliares, 2000.

DIAS, Genebaldo F. Educação Ambiental: Princípios e Práticas, São Paulo, Editora Gaia, 6. ed. Revisada e Ampliada, 2000.

DIAS, João Carlos Quaresma - Logística global e macrologística. Lisboa: Edições Sílabo, 2005

FELLENBERG, G. Introdução aos problemas da poluição ambiental – São Paulo. EPU: Springer: Ed. da Universidade de São Paulo, 1980

FIGUEIREDO, Fernando.E.R. Agricultura Alternativa Versus Convencional. Revista Brasileira de Agropecuária. Ano 1 n. 9. 2001, p. 18-20.

GRIPPI, Sidney. Lixo reciclagem e sua história – guia para as prefeituras brasileiras Editora interciência, 2001

IBGE – Instituto Brasileiro de Geografia e estatística – Anuário

IPT, CEMPRE, 2000 – Manual de gerenciamento Integrado

JARDIM, N. S. et al. Lixo Municipal: Manual de gerenciamento integrado. 1.ed. São Paulo. Instituto de Pesquisas Tecnológicas: CEMPRE, 1995.

JEMAI, História da Poluição Ambiental, 1989.

JUNKES, Maria Bernadete – Procedimentos para aproveitamento de resíduos sólidos urbanos em municípios de pequeno porte, 2002.

LEITE, Paulo Roberto – Logística Reversa: Meio ambiente e competitividade. São Paulo Prentice Hall 2003.

Lima et al.- Destinação final de tais resíduos. P. 117, 1991

Manual de Gestão Integrada de Resíduos Sólidos do governo federal, 2001.

NASCIMENTO, Maria Leite da Silva Parque ambiental Santa Luzia – Guaratinguetá – SP: Uma proposta de educação ambiental inclusiva na gestão dos resíduos sólidos urbanos,

PEREIRA NETO, J. T. 1999. “Gerenciamento de Resíduos Sólidos em Municípios de Pequeno Porte”.

Em Ciência & Ambiente- Janeiro/junho/1999. 41-52p

PESQUISA NACIONAL DE SANEAMENTO BÁSICO – PNSB, 1989

PHILIPPI júnior, Arlindo, org., *Saneamento do meio*, São Paulo, FUNDACENTRO, Universidade de São Paulo, Faculdade de Saúde Pública, Departamento de saúde ambiental, 1988.

Projeto BRA/92/017 (Modelo de gestão de resíduos sólidos para a ação governamental no Brasil: aspectos institucionais, legais e financeiros., 1996).

ReCESA – Rede Nacional de Capacitação e Extensão Tecnológica em saneamento Ambiental (Guia do Profissional em Treinamento – Nível 1, 2010).

REICHERT, Geraldo A. Gerenciamento Integrado de Resíduos Sólidos: uma proposta inovadora. . Revista Ciência & Ambiente, número 18,1999.

RESOLUÇÃO CONAMA nº 5, de 5 de agosto de 1993.