



UNIVERSIDADE FEDERAL RURAL DO RIO DE JANEIRO
INSTITUTO DE FLORESTAS
CURSO DE ENGENHARIA FLORESTAL

Recuperação de áreas degradadas em Aterros Sanitários.

Carolinne Matias de Souza

Orientador: Carlos Domingos da Silva

Seropédica, RJ
2007

UNIVERSIDADE FEDERAL RURAL DO RIO DE JANEIRO
INSTITUTO DE FLORESTAS
CURSO DE ENGENHARIA FLORESTAL

Recuperação de áreas degradadas em Aterros Sanitários.

Carolinne Matias de Souza

Monografia apresentada ao Curso de Engenharia Florestal, como requisito parcial para obtenção do Título de Engenheiro Florestal, Instituto de Florestas da Universidade Federal Rural do Rio de Janeiro.

Orientador: Carlos Domingos da Silva

Seropédica, RJ
2007

Monografia aprovada em 22 de março de 2007.

Comissão examinadora,

Orientador: _____
Prof. Dr. Carlos Domingos da Silva

Titular 1: _____
Prof. Dr. Paulo Sérgio dos Santos Leles

Titular 2: _____
Dra. Eliane Maria Ribeiro da Silva

À Deus que sonhou e projetou a minha vida e este momento antes mesmo do meu nascimento. Todas as coisas são para a glória e honra de Teu Nome. Aos meus pais que tem potencializado todos os dons e talentos que Deus derramou sobre mim.

Dedico

AGRADECIMENTOS

Ao Amado da minha alma, O Senhor Jesus por ser sempre a minha inspiração à prosseguir.

Aos meus queridos e amados pais Orlando e Kátia por acreditarem no potencial que há em mim e nunca medirem esforços para me ver crescendo e conquistando o meu espaço nessa vida. Obrigado por seu apoio, amor e amizade. Amo vocês!

À minha irmã e amiga Jéssica pela sua compreensão e amizade em momentos difíceis e por nossas muitas risadas em momentos de alegria.

Ao meu amado namorado Julio por sempre estar presente, por sempre me ajudar, por sempre me ouvir, enfim, por sempre me amar de forma sincera e generosa. Você é uma benção em minha vida!

À todos os meus familiares, avós, tios, primos por torcerem e orarem por minha vida durante esse período de faculdade.

Á todas as amigas por sua amizade inestimável e sua compreensão em todos os momentos que tive que estar ausente por compromissos com a universidade.

Aos meus "paístores" Márcio Rocha e Marisângela Ciqueira por todas as palavras proféticas que liberam a cada Sábado sobre a minha vida. Eu creio, elas vão se cumprir.

Ao Pr. Marcus Gregório e Pra. Cristina Almeida por me fazer entender o princípio de prosperidade e sabedoria divina.

Ao meu orientador, Prof. Carlos Domingos por acreditar em uma idéia e trabalhar para fazê-la acontecer.

A todos os professores do Instituto de Florestas da UFRRJ por dedicarem a sua vida à área do ensino contribuindo desta forma, para a minha formação.

Aos amigos da UFRRJ pela mútua ajuda que nos leva a chegar a tão esperada formatura, pois, nunca chegaremos a lugar algum sem ajudar e ser ajudado.

Aos funcionários da UFRRJ por trabalharem para que a Universidade funcione da melhor forma.

À Universidade Federal Rural do Rio de Janeiro por durante cinco anos de minha vida, ser a minha segunda casa.

RESUMO

Este trabalho tem como objetivo esclarecer o funcionamento do método de deposição de resíduos sólidos em Aterros Sanitários e seus principais impactos, assim como a importância e alguns métodos para promover a recuperação das áreas degradadas destes locais. No Brasil ocorre um sério problema ambiental decorrente da destinação inadequada de resíduos sólidos urbanos, que ocasiona a contaminação do solo e lençol freático através da formação de chorume, contaminação do ar através da queima do lixo e a poluição visual. Portanto, torna-se necessária uma maior preocupação das autoridades competentes em utilizar métodos menos impactantes e mais eficientes para a destinação final do lixo urbano. Além disso, é importante que seja feita a recuperação da área degradada, para mitigar os impactos causados pela criação dos aterros sanitários.

Palavras-chave: aterro sanitário, recuperação de áreas degradadas.

ABSTRACT

This work has as objective to clarify the operation of the process of deposition of solid residues in Sanitary Dikes and its main impacts, as well as the importance and some methods to promote the recovery of degraded areas of these places. In Brazil it happens a serious environmental problem decurrent of the inadequate destination of urban solid residues, that cause contamination of the soil and water sheet through the organic compounds formation, air contamination through the burning of the residues and the visual pollution. Therefore, it becomes necessary a bigger concern of competent authorities in using methods less impactant and more efficient for the final destination of the urban residues. Moreover, is important that the recovery of the degraded area is made, to mitigate the impacts caused for the creation of the Sanitary Dikes.

Keywords: Sanitary Dikes, recovery of the degraded area.

SUMÁRIO

1- INTRODUÇÃO	1
2- METODOLOGIA	4
3- A PROBLEMÁTICA DO LIXO NO BRASIL	4
3.1- Saúde pública.....	4
3.2- A questão social.....	5
3.3- Impactos ao meio ambiente.....	5
3.4- Recursos financeiros dos municípios.....	7
4- ATERRO SANITÁRIO – UMA SOLUÇÃO PARA A DISPOSIÇÃO FINAL DO LIXO URBANO	11
4.1- Definição, construção e operação do aterro sanitário.....	12
5- RECUPERAÇÃO DE ÁREAS DEGRADADAS POR DISPOSIÇÃO DE RESÍDUOS SÓLIDOS	17
5.1- Importância da revegetação.....	19
5.1.1- Estabilidade do talude.....	19
5.1.2- Formação do solo.....	25
5.2- Principais espécies utilizadas para recomposição vegetal.....	29
6- CONSIDERAÇÕES FINAIS.....	35
REFERÊNCIAS BIBLIOGRAFICAS.....	36

Índice de figuras

FIGURA 1: Destinação do lixo para Aterros Sanitários nas regiões do Brasil.....	9
FIGURA 2: Desenho esquemático da área de um aterro sanitário...	13
FIGURA 3: Operação de carregamento dos sacos de aniagem.....	23
FIGURA 4: Fixação dos sacos no talude.....	23
FIGURA 5: Área coberta com os sacos.....	24
FIGURA 6: Contraste entre leguminosas e gramíneas.....	24
FIGURA 7: Esquema do desenvolvimento de um projeto para área degradada de um aterro sanitário no município de Petrópolis, RJ.....	27

Índice de tabelas

TABELA 1: Destinação final do lixo das regiões brasileiras.....	10
TABELA 2 : Principais espécies de Gramíneas utilizadas para recomposição vegetal de taludes.....	30
TABELA 3: Principais espécies de Leguminosas utilizadas para recomposição vegetal de taludes.....	31
TABELA 4: Exemplos de espécies pioneiras utilizadas na recomposição florestal de áreas degradadas.....	32
TABELA 5: Exemplos de espécies definitivas utilizadas na recomposição florestal de áreas degradadas.....	33

1 - INTRODUÇÃO

A problemática dos resíduos sólidos de procedência urbana existe desde que as cidades surgiram. Segundo TORNISIELO et al. (1995), Roma já se deparava com este problema na antiguidade e na idade média quando foram constatadas doenças decorrente de vetores, como foi o caso da peste bubônica. A partir da segunda metade do século XVIII, com a revolução industrial, houve um inchaço populacional devido às migrações dos trabalhadores do campo para a cidade, visando atender a crescente demanda de mão-de-obra decorrente dessa nova forma de produção, aumentando significativamente a produção e a concentração de lixo (TORNISIELO et al.,1995).

"No Brasil, o serviço sistemático de limpeza urbana foi iniciado oficialmente 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 nº. 3024, aprovando o contrato de "limpeza e irrigação" da cidade, que foi executado por Aleixo Gary e, mais tarde, por Luciano Francisco Gary, de cujo sobrenome origina-se a palavra gari, que hoje se denomina os

trabalhadores da limpeza urbana em muitas cidades brasileiras” (MONTEIRO et al., 2001).

Atualmente, vivemos em uma sociedade moderna onde adotou-se um modelo de desenvolvimento que gera um elevado padrão de produção e consumo devido ao acelerado crescimento populacional, o que resulta em um processo de urbanização intenso e desordenado, gerando sérios problemas de ordem ambiental e de saúde pública (BELI et al., 2005).

MONTEIRO et al. (2001) citam que a Associação Brasileira de Normas Técnicas - ABNT - define lixo como os “restos das atividades humanas, considerados pelos geradores como inúteis, indesejáveis ou descartáveis, podendo-se apresentar no estado sólido, semi-sólido ou líquido, desde que não seja passível de tratamento convencional.”

A destinação final do lixo urbano das cidades é hoje considerada uma das atividades de grande impacto ambiental. Segundo MONTEIRO et al. (2001), a geração de resíduos sólidos domiciliares no Brasil é de cerca de 0,6kg/hab./dia e mais 0,3kg/hab./dia de resíduos de varrição, limpeza de logradouros e entulhos.

Sabe-se que existem alguns métodos utilizados para deposição do lixo urbano, entre eles o Aterro sanitário. Segundo a NBR 8419, “aterro sanitário de resíduos sólidos urbanos

consiste na técnica de disposição destes resíduos no solo, sem causar danos ou riscos à saúde pública e à segurança, minimizando os impactos ambientais. Este método utiliza princípios de engenharia para confinar os resíduos sólidos na menor área possível e reduzi-los ao menor volume permissível, cobrindo-os com uma camada de terra na conclusão de cada jornada de trabalho ou em intervalos menores se necessário" (TORNISIELO et al., 1995).

Apesar desta técnica ser uma das menos impactantes em comparação com os "lixões a céu aberto", ela também causa efeitos negativos para o meio ambiente que precisam e devem ser mitigados com a recuperação das áreas degradadas. De acordo com MOREIRA (2004), tal atividade tem por objetivo restaurar a função e a estrutura do ambiente degradado, fazendo com que este retome as características anteriores à ação antrópica ou distúrbio ambiental que ocasionou a degradação.

Este trabalho visa esclarecer como funciona o método de deposição de resíduos sólidos em Aterros Sanitários e seus principais impactos, assim como a importância e alguns métodos para promover a recuperação das áreas degradadas destes locais.

2 - METODOLOGIA

A metodologia utilizada para a realização desta pesquisa foi:

- Pesquisa de bibliografias;
- Pesquisas na Internet.
- Visita técnica ao lixão de Seropédica (RJ) e ao Aterro Sanitário de Petrópolis (RJ);

3 - A PROBLEMÁTICA DO LIXO NO BRASIL

As dificuldades encontradas para administrar esta questão são inúmeras, pois isto envolve a discussão de várias questões tais como a saúde pública, o problema social, o impacto ao meio ambiente e os restritos recursos financeiros disponíveis.

3.1 - Saúde pública

De acordo com BELI et al. (2005) no Brasil estima-se que a maior parte do lixo é jogado a céu aberto, gerando uma ameaça constante de epidemias, pois os lixões fornecem condições propícias para a proliferação de mosquitos, moscas, baratas e ratos que são vetores de muitas doenças tais como febre tifóide, salmonelose, desinterias e outras infecções. Além dos insetos e

roedores, muitos animais domésticos como cachorros e gatos, juntamente com as aves presentes, podem transmitir toxoplasmose.

3.2 - A questão social

O problema social que se revela nestes lixões é principalmente a presença dos catadores de lixo que, segundo AZAMBUJA et al.(2005), ainda permanecem em condições extremamente insalubres e com elevados riscos à saúde. Este tipo de ambiente atrai os catadores que fazem disso o seu meio de sobrevivência, permanecendo na área do lixão em abrigos e casebres, criando famílias e até mesmo formando comunidades (MONTEIRO et al., 2001).

3.3 - O impacto ao meio ambiente

Muitos estudos têm sido feitos acerca dos impactos ambientais provocados pelas áreas de disposição final do lixo urbano e industrial. Segundo BELI et al. (2005) estas áreas não têm infra-estrutura adequada para evitar os danos causados por essa atividade. Os principais impactos são vistos no solo, água e ar. Um sério problema que ocorre nos aterros sanitários é a formação de chorume, que é o líquido produzido pela massa orgânica do lixo durante o processo de degradação biológica do mesmo (NASCIMENTO FILHO et. al., 2001). O chorume é o maior poluidor do solo e da água quando se fala em depósito de lixo. De acordo com SERAFIM et al. (2003), chorume é um líquido escuro

gerado pela degradação dos resíduos em lixões. Ele pode surgir de três diferentes fontes. Primeiramente, da umidade natural do lixo, aumentando no período chuvoso. Pode ser proveniente também da água de constituição da matéria orgânica, que escorre durante o processo de decomposição. Por último, pode ser gerado a partir das bactérias existentes no lixo, que expõem enzimas que dissolvem a matéria orgânica com a formação de líquido.

Este líquido em contato com a água da chuva, que percola a massa do aterro, gera o lixiviado tóxico, altos teores de metais dissolvidos e amônia. No Brasil, o chorume é coletado nos aterros sanitários e transportado, em caminhões pipa, para Estações de Tratamento de Esgotos (ETEs), onde é submetido à degradação microbiológica. Após isso, o chorume é lançado, juntamente com o esgoto tratado em águas superficiais. Uma vez que são desconhecidas as identidades dos compostos presentes no chorume, não há como prever se este tratamento é efetivo (NASCIMENTO FILHO et al., 2001).

No que se refere aos gases provenientes das áreas de disposição de resíduos, as conseqüências mais comuns referem-se aos efeitos tóxicos na vegetação da área de disposição e adjacências, devido a redução do nível de oxigênio na zona radicular das plantas. Neste documento encontra-se citados estudos conduzidos por Rettenberger e Stegmann onde concluiu-se que a

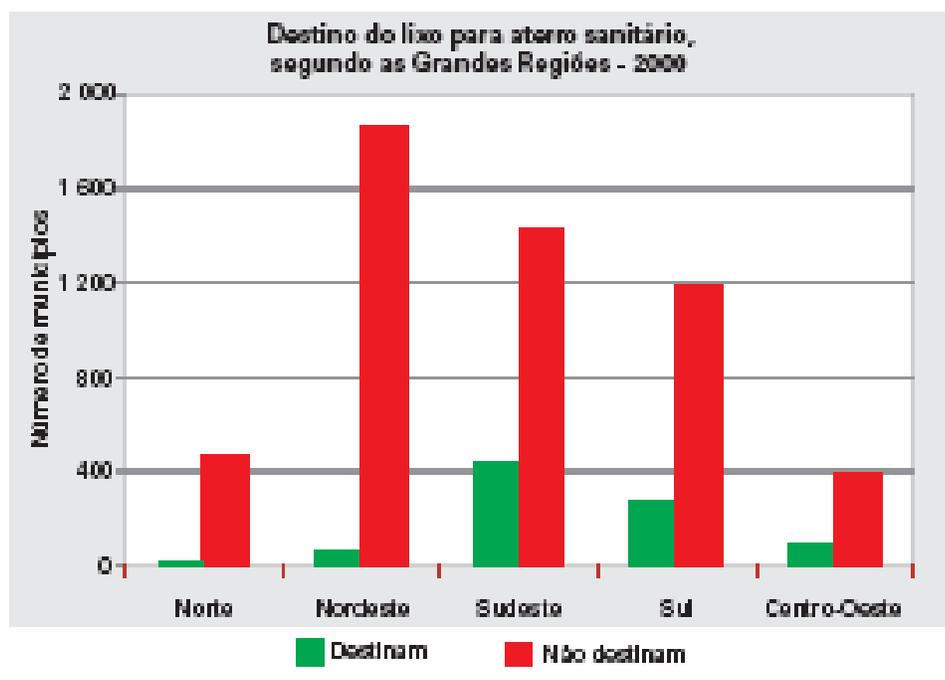
composição média dos principais gases de aterro são: 55 a 65% de metano, 40 a 45% de dióxido de carbono e elementos-traço. Entre todos, o metano é o componente mais problemático devido ao fato de sua concentração, nas áreas de disposição de resíduos sólidos, ser em torno de 3×10^5 vezes maior que a encontrada na atmosfera, exigindo técnicas apropriadas de controle. Além disto, Thornelone, citado no mesmo documento, identifica o metano proveniente das áreas de disposição de resíduos sólidos como o segundo elemento causador de efeito-estufa na atmosfera (LIXO E CIDADANIA, 2006).

3.4 - Recursos financeiros dos municípios

A disposição final do lixo enfrenta ainda o problema de um orçamento restrito dos municípios. Segundo MONTEIRO et al. (2001), com o crescimento das cidades, a limpeza urbana não pode se resumir apenas na retirada do lixo dos logradouros e edificações, mas deve-se atentar também e principalmente para um destino final adequado para tais resíduos coletados. O mesmo autor enfatiza a necessidade de atenção para esta questão, pois ao realizar a coleta do lixo de forma ineficiente, a prefeitura é pressionada pela população a melhorar a qualidade do serviço, pois se trata de uma operação totalmente visível aos olhos da população. Ao contrário disso, ao se dar uma destinação final

inadequada aos resíduos, poucas pessoas serão diretamente incomodadas, o que conseqüentemente, não gerará pressão por parte da população.

Diante deste fato e do orçamento restrito que ocorre em grande parte dos municípios brasileiros, o sistema de limpeza urbano não hesitará em colocar a disposição final para segundo plano, dando prioridade à coleta e à limpeza pública. Por essa razão, é comum observar na maior parte dos municípios a presença de "lixões", ou seja, locais onde o lixo coletado é lançado diretamente sobre o solo sem qualquer controle e sem quaisquer cuidados ambientais, poluindo tanto o solo, quanto o ar e as águas subterrâneas e superficiais das vizinhanças (Figura 1).



Fonte: IBGE, 2004.

Figura 1. Destinação de lixo para aterros sanitários nas regiões do Brasil.

Segundo dados da última Pesquisa Nacional de Saneamento Básico, realizada pelo IBGE em 1989, cerca de 90% do destino final do lixo nas regiões Norte e Nordeste vão para os lixões (Tabela 1).

Tabela 1. Destinação final do lixo das regiões brasileiras.

SITUAÇÃO DO DESTINO FINAL NAS REGIÕES BRASILEIRAS (%)					
Regiões	Lixões	Aterros Sanitários	Aterros Controlados	Usinas	Outros
Norte	89,7	3,6	3,9	2,5	0,0
Nordeste	90,6	2,2	5,4	0,7	0,8
Centro-Oeste	54,0	13,1	27,0	5,0	0,8
Sudeste	26,5	24,6	40,4	4,4	3,9
Sul	40,7	51,9	4,9	0,9	1,4
Brasil	49,2	23,3	21,9	3,0	2,5

Fonte: MONTEIRO et al. (2001).

De acordo com a Tabela 1 nas regiões Norte, Nordeste e Centro-Oeste a maior parte do lixo ainda possui uma destinação final inadequada. Já nas regiões mais populosas do país, Sudeste e Sul, os resíduos têm uma destinação final mais adequada, sendo para aterros controlados e aterros sanitários respectivamente. Mas no total, o Brasil ainda se mostra ineficiente no seu sistema de destinação final do lixo.

4 - ATERRO SANITÁRIO - UMA SOLUÇÃO PARA A DISPOSIÇÃO FINAL DO LIXO URBANO

Brollo (2001), citado por GUIZARD et al. (2004), relata que no Brasil cerca de 120 milhões de toneladas de resíduos sólidos são produzidos anualmente e 50% , deste montante, são dispostos nos chamados lixões a céu aberto, 21% nos chamados aterros controlados e 23% nos aterros sanitários. O "lixão" é definido por BRAGA et al. (2002), como local no qual se deposita o lixo, sem projeto ou cuidado com a saúde pública e o meio ambiente, sem tratamento e sem qualquer critério de engenharia. Toda esta falta de planejamento, junto a enorme quantidade de resíduos depositados nestes locais, acarreta em impactos sócio-ambientais muito sérios.

As outras duas técnicas utilizadas hoje no Brasil para depositar lixo são os Aterros sanitários e os Aterros controlados.

Em visitas técnicas ao lixão do município de Seropédica e ao Aterro Sanitário de Petrópolis, pôde ser observado os principais impactos existentes nestes locais. Em comparação entre estes dois métodos de destinação final de resíduos sólidos, ficou bem claro as vantagens da utilização do Aterro Sanitário por este promover menos impactos ambientais e sociais.

Os principais impactos observados no lixão foram poluição visual, contaminação do solo pela formação de chorume, presença de vetores de doenças (moscas, ratos, cachorros entre outros), poluição do ar através da queima constante do lixo e odores desagradáveis, e os impactos sociais devido a presença de pessoas vivendo da coleta do lixo em condições insalubres.

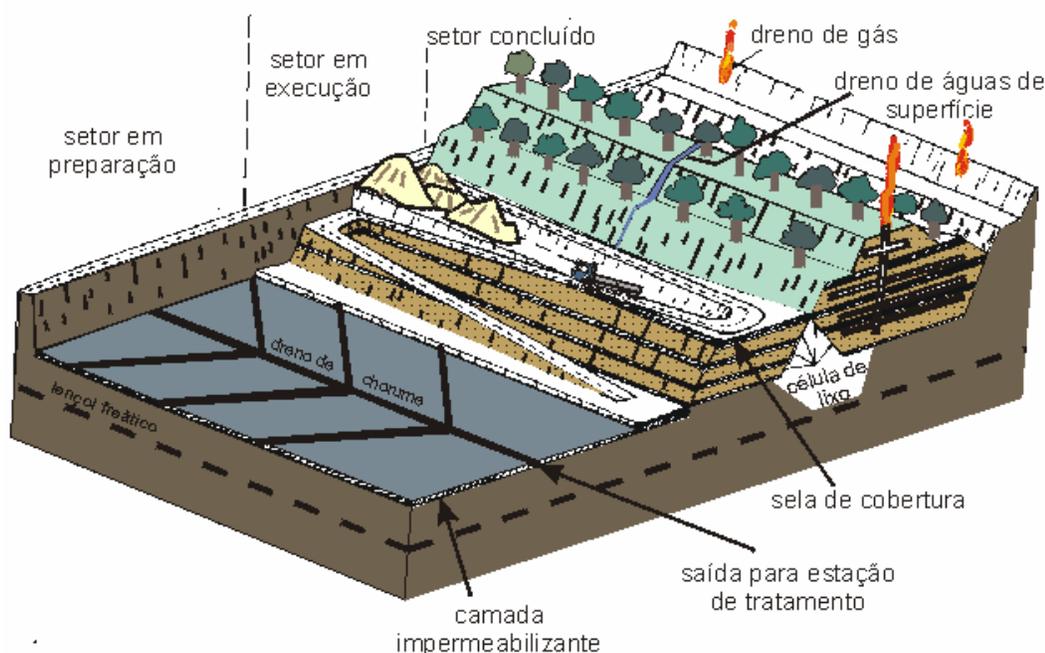
Já no aterro sanitário não foram observados os impactos presentes no lixão, já que este foi planejado para reduzir ao máximo os impactos do lixo, como a captação e o tratamento do chorume, a impermeabilização do solo, a construção de canais de drenagem das águas pluviais, aproveitamento dos gases produzidos pela decomposição do lixo e ainda o impacto visual é minimizado, pois foi mantido um cinturão verde ao redor do aterro e o lixo está constantemente sendo coberto.

4.1 - Definição, construção e operação do Aterro Sanitário

Aterros sanitários são definidos por MONTEIRO et al. (2001) como, método para disposição final dos resíduos sólidos urbanos, sobre terreno natural, através do seu confinamento em camadas cobertas com material inerte, geralmente solo, segundo normas operacionais específicas, de modo a evitar danos ao meio ambiente, em particular à saúde e à segurança pública. Outra

definição é dada pelo IPT (1995) como "técnica de disposição de resíduos sólidos no solo, sem causar danos ou riscos à saúde pública e à segurança, minimizando os impactos ambientais" (MONTEIRO et al., 2001).

Os aterros sanitários apresentam uma configuração geral: setor de preparação, setor de execução e setor concluído (Figura 2).



Fonte: ATERRO SANITÁRIO - DEFINIÇÃO E CONFIGURAÇÃO, 2006.

Figura 2. Desenho esquemático da área de um aterro sanitário.

O setor de preparação é aquele em que o terreno está passando pelo processo de impermeabilização para posteriormente,

receber a carga de lixo. O setor de execução é onde a operação de empilhamento do lixo está sendo executada, ou seja, é a área operacional do aterro. O setor de conclusão é aquele em que as atividades de deposição de lixo já foram encerradas. Estas são as áreas destinadas a recuperação com a recomposição vegetal (ATERRO SANITÁRIO - DEFINIÇÃO E CONFIGURAÇÃO, 2006).

No processo de construção de um aterro sanitário se faz necessária à realização da impermeabilização e do nivelamento do terreno, as obras de drenagem para captação do chorume e as vias de circulação do aterro. Todo o entorno do aterro deve apresentar um cinturão verde visando diminuir os impactos de odores e da poluição visual.

Também é necessário a implantação de uma rede de drenagem de águas pluviais, uma rede de drenagem de água lixiviada, uma rede de drenagem de biogás e o monitoramento constante da qualidade das águas subterrâneas. A importância da instalação da rede de drenagem de águas pluviais está no fato de que o volume de água que se acumula no interior do aterro depende em grande parte da infiltração das águas pluviais. Esta medida diminui o acúmulo de água no aterro, diminuindo também a produção de chorume que infiltrará no solo. A implantação de uma rede de drenagem de água lixiviada tem como principal objetivo a

diminuição de possíveis riscos, devido à sua elevada carga poluente (NET RESIDUOS, 2006).

Outro item essencial para o funcionamento do aterro é a rede de drenagem de biogás. Esta rede deve fazer parte do projeto de construção do aterro, pois no processo de degradação do lixo ocorre a produção de gases de origem aeróbia e anaeróbia (NET RESIDUOS, 2006). A degradação aeróbia tem início na parte superficial dos resíduos, ocorre de forma muito acelerada e dá origem a uma mistura gasosa formada de dióxido de carbono, amoníaco e água. Já a degradação anaeróbia ocorre nas camadas inferiores, é promovida pela compactação e pela cobertura dos resíduos, dando origem ao biogás. Este é constituído por cerca de 60% de metano e 40% de dióxido de carbono. Os aterros podem gerar cerca de até 125 m³ de gás metano por tonelada de lixo em um período de 10 a 40 anos. O metano, por ser um gás menos denso que o ar, migra para a superfície. Esta migração em aterro pode produzir um mistura explosiva com o ar, quando se encontra numa proporção entre 5 e 15%. O biogás resultante da degradação dos resíduos pode ser aproveitado para a produção de eletricidade para iluminação da área do aterro, por exemplo, uma vez que este continuará a ser produzido muitos anos após o seu encerramento.

De acordo com MONTEIRO et al. (2001), após concluídas as obras de implantação e obtida a licença de operação, inicia-se a atividade de recebimento de carga de lixo no aterro. A síntese do procedimento operacional no aterro é a seguinte:

- O veículo de coleta é pesado para que se saiba exatamente a quantidade de lixo a ser depositada.
- O veículo segue para a área operacional do aterro para descarregar o lixo.
- O lixo é espalhado em uma célula aberta e é compactado. Esta célula não deverá ultrapassar os seis metros de altura para não comprometer a decomposição do lixo.
- A camada de solo de cobertura ideal é de 20 a 30 cm para recobrimentos diários.
- Após, uma nova célula será instalada no dia seguinte.
- A instalação de uma célula sobre outra já fechada, só deverá acontecer após um período de 60 dias.

5 - RECUPERAÇÃO DE ÁREAS DEGRADADAS EM ÁREAS DE DEPOSIÇÃO DE RESÍDUOS SÓLIDOS.

A Lei 6938, de 31 de agosto de 1981 denominada Política Nacional do Meio Ambiente, faz as seguintes citações:

Art. 2º - A Política Nacional do Meio Ambiente tem por objetivo a preservação, melhoria e **recuperação da qualidade ambiental propícia à vida**, visando assegurar, ao País, condições ao desenvolvimento socioeconômico, aos interesses da segurança nacional e à proteção da dignidade da vida humana, atendidos os seguintes princípios:

(...)

VIII - recuperação de áreas degradadas;

Como pôde ser visto no parágrafo anterior, a legislação já descreve que a recuperação de áreas degradadas se faz necessária para garantir uma situação de segurança em vários aspectos para a população. Com isso pode-se afirmar que recuperar áreas destinadas ao acolhimento de resíduos é, em primeiro lugar, uma questão de o município estar em conformidade com a lei. CORRÊA (1992) afirma que práticas ecologicamente corretas se traduzem em práticas politicamente corretas. Este fato pode ser confirmado dando-se prosseguimento a leitura da Lei 6938 quando o artigo 4º - VI está mencionado que "à preservação e restauração dos

recursos ambientais com vistas à sua utilização racional e disponibilidade permanente, concorrendo para a manutenção do equilíbrio ecológico propício à vida”

Uma vez que o aterro sanitário segue as normas estabelecidas de recuperação de sua área degradada, estará também trazendo benefícios para a população local e, conseqüentemente, para o restante da população, já que o ecossistema irá, aos poucos, voltar a manter um equilíbrio ambiental.

MOREIRA et al. (2004) consideram áreas degradadas como extensões naturais que perderam a capacidade de recuperação natural após sofrerem distúrbios. A degradação é um processo induzido pelo homem ou por acidente natural que diminui a atual e futura capacidade produtiva do ecossistema. Considera-se então, Aterro Sanitário como área ambientalmente degradada porque geralmente são utilizadas encostas onde havia um solo, uma vegetação e a fauna natural e que foram retirados para a implantação de atividades de recebimento e armazenamento de resíduos sólidos, o que sem dúvidas, causam distúrbios severos e que impedem uma regeneração natural da área.

O artigo 8º da Lei nº 8014/84 do Estado do Paraná, prescreve que o Poder Público Estadual ou Municipal deverá promover a recuperação das áreas em processo de desertificação e degradação, sem desapropriá-las se esta iniciativa não partir do

proprietário (CORRÊA, 1992). Com isto pode-se concluir que a responsabilidade de recuperar a área do aterro sanitário após o término de sua vida útil é do município.

5.1 - Importância da revegetação

5.1.1 - Estabilidade dos taludes

Como em aterros sanitários os resíduos são depositados em células e estas formam os taludes, depois de encerradas as atividades de deposição de resíduos, estes devem ser revegetados. De acordo com EINLOFT et al. (1997) a deterioração física do solo favorece o processo erosivo durante a estação chuvosa e isso acarreta em problemas como quedas de barreira e deslizamentos de terra. Em se tratando de acúmulo de resíduos sólidos, é imprescindível que se dê atenção especial à questão da revegetação desses taludes, pois neste caso, um deslizamento de terra significaria toneladas de lixo sendo espalhados em córregos, residências ou até mesmo estradas. Isso causaria não só um impacto visual negativo, mas também social e ambiental.

É importante considerar as dificuldades inerentes à esta revegetação. Munshower (1994), citado por EINLOFT et al. (1997), descreve alguns dos principais obstáculos à revegetação desses

taludes como, por exemplo: falta de solo de superfície, a deficiência de nutrientes, a alta declividade, a dificuldade em selecionar espécies para a revegetação e a escolha de um método que apresente resultados mais satisfatórios no sentido de realmente estabilizar esse talude. EINLOFT et al. (1997) citam que as técnicas mais utilizadas para a recuperação de taludes são: método de placas de grama, plantio em covas, uso de serrapilheira, hidrossemeadura e semeadura a lanço. Todos estes métodos podem apresentar resultados positivos dependendo das condições específicas de determinados locais. Estas condições determinarão se a recuperação será ou não satisfatória.

Há uma técnica implantada por Silva (1993) (EINLOFT et al., 1997) que vem sendo muito utilizada na recuperação de taludes que é denominada aplicação de "sacos verdes". Segundo estudos esta técnica facilita a introdução de vegetação rasteira e arbustiva em taludes íngremes de corte.

ARAÚJO et al. (2005) explicam que são utilizados sacos de aniagem preenchidos com solo, sementes de várias espécies e fertilizantes. Após o enchimento dos sacos eles são fechados e fixados nos taludes através de grampos de aço ou estacas de bambu ou madeira. A germinação das sementes ocorrerá, geralmente, a partir do terceiro dia da colocação dos sacos. As raízes penetram no talude natural favorecendo a fixação definitiva das plantas,

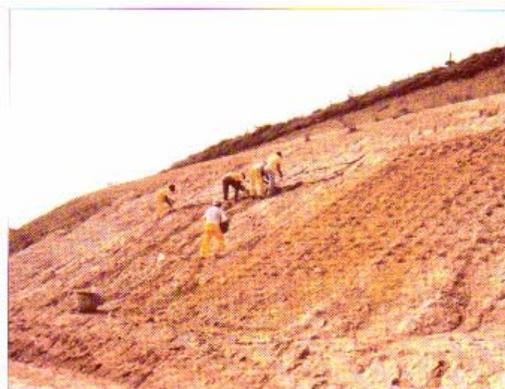
promovendo boa revegetação. Quanto às vantagens da utilização do saco de aniagem, EINLOFT et al. (1997) citam que, além de reter sementes e fornecer nutrientes para as plantas, inicialmente os sacos protegem o substrato do impacto direto da chuva e dos raios solares, retendo umidade e diminuindo as oscilações de temperatura.

Em termos de trabalhos práticos que comprovem realmente a eficiência do uso desta técnica, pode-se citar COSTA et al. (1997), que testaram a capacidade de revegetação de taludes usando sacos de aniagem e concluíram que: a técnica permite recobrimento vegetal de taludes; os sacos dão sustentabilidade às espécies plantadas, criando uma condição inicial para que as plantas fortaleçam-se e adquiram capacidade para colonizar o solo degradado; por permanecerem fixos ao solo, mesmo após uma chuva forte, os sacos de aniagem são recomendados para contenção de deslizamentos de terra em taludes às margens das estradas e rodovias.

Outro trabalho que obteve resultados satisfatórios foi o já citado anteriormente, EINLOFT et al. (1997), que testaram revegetação de taludes com gramíneas e leguminosas, tanto com sacos de aniagem, como com plantio em covas concluindo que a técnica com sacos de aniagem permite o rápido e abundante recobrimento do talude do que o plantio em covas. A taxa de

cobertura, produção de matéria vegetal e produção de raízes se mostraram muito superiores à revegetação realizada em covas; proporcionaram uma condição inicial favorável às plantas, permitindo que desenvolvam capacidade de suportar os ambientes inóspitos no substrato sob os sacos; proporcionaram ambiente que favorece a colonização da microfauna e plantas invasoras; estimula o desenvolvimento da microbiota; foi eficaz no combate ao processo erosivo, requerendo, entretanto, mais estudos para a situação de erosão avançada. Concluíram também que em declividade maior que 35% a técnica em plantio de covas não deve ser utilizada devido a configuração das covas que facilitam a formação de veios de escoamento de água e o arraste de substratos; a técnica de plantio em covas apresenta baixo recobrimento vegetal e por isso não é indicada para minimização rápida de impacto visual.

As figuras 3, 4, 5 e 6 ilustram o uso de sacos de aniagem.



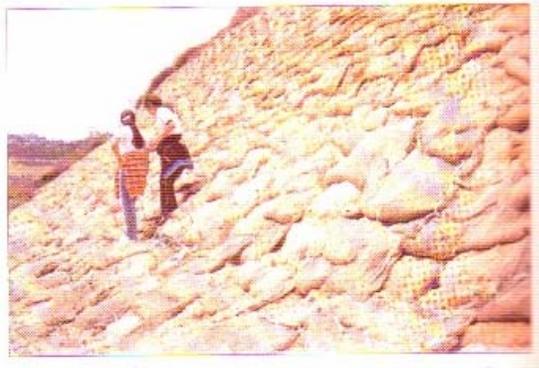
Fonte: COSTA et al. (1997)

Figura 3. Operação de carregamento dos sacos de aniagem.



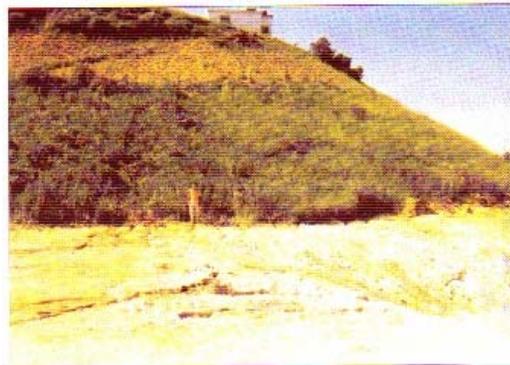
Fonte: COSTA et al. (1997)

Figura 4. Fixação dos sacos no talude.



Fonte: COSTA et al. (1997)

Figura 5. Área coberta com os sacos.



Fonte: COSTA et al. (1997)

Figura 6. Contraste entre Leguminosas e Gramíneas.

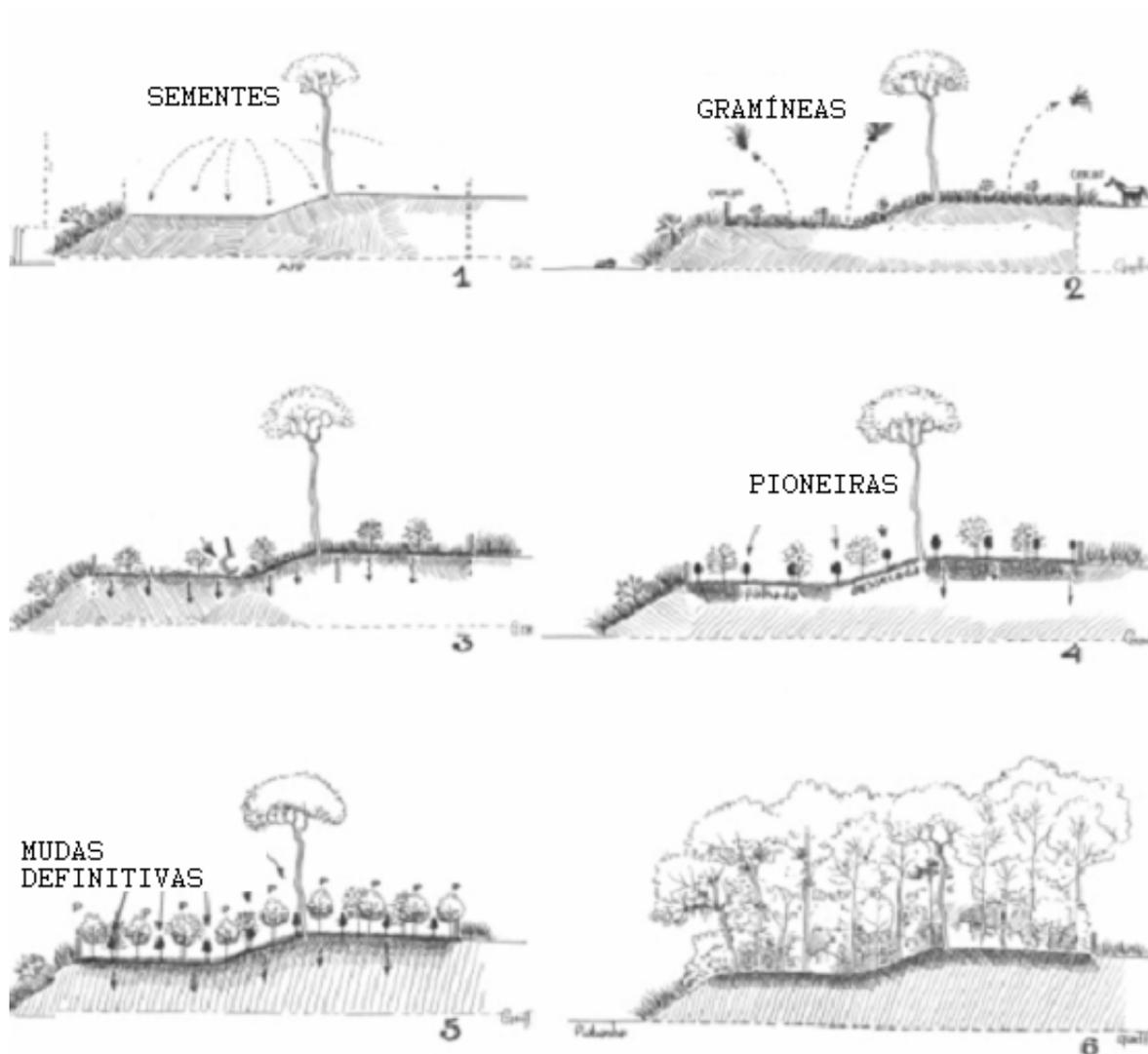
5.1.2 - Formação de solo

Um obstáculo que se encontra quando se decide recuperar os taludes de um aterro sanitário é a falta de solo ideal para o crescimento das espécies vegetais. Nestes locais, como já mencionado anteriormente, os resíduos são depositados e selados com uma camada de solo. Este solo é chamado material inerte (MONTEIRO et al., 2001). Portanto, quando uma célula de deposição de resíduos é encerrada o que se tem é uma camada superficial de um solo muito argiloso. Este é aproveitado do próprio corte feito na encosta para a montagem da célula de resíduos. As áreas a serem recuperadas não contam com a camada superficial do solo - "topsoil" - que segundo VASCONCELOS et al. (1997), é onde se encontra os maiores teores de matéria orgânica, micro e mesofauna do solo e nutrientes minerais.

Normalmente, o solo da área de um aterro sanitário não possui estrutura primária necessária para estabelecimento e crescimento de raízes de boa parte das espécies arbóreas pioneiras e definitivas. Por este motivo recomenda-se fazer uma primeira fase de colonização do solo por consórcios herbáceos e arbustivos (geralmente gramíneas e leguminosas). Espera-se com isso que uma nova camada superficial de solo seja formada, pois este consórcio estará desempenhando um papel de corretor do solo,

já que as espécies de leguminosas irão fixar nitrogênio e desse modo, melhorar as condições químicas do solo para a introdução futura de outras espécies mais nobres (PLANTHA PLANEJAMENTO E TECNOLOGIA LTDA, 2006). Matéria orgânica estará sendo adicionada ao solo através da deposição de cobertura vegetal e as propriedades físicas deste solo estarão sendo melhoradas através do crescimento do sistema radicular das espécies.

Tendo as condições do solo melhoradas, será possível pensar no restabelecimento da vegetação original daquela área, o que é o principal objetivo de se promover a recuperação de áreas degradadas. O esquema da figura 7 mostra como seria o processo de recuperação de uma área de aterro sanitário. Este esquema foi projetado justamente para a recuperação de uma área degradada de aterro sanitário.



Fonte: PLANHA PLANEJAMENTO E TECNOLOGIA LTDA, 2006.

Figura 7. Esquema do desenvolvimento de um projeto para área degradada de um aterro sanitário no município de Petrópolis, RJ.

O esquema mostra o processo de estabelecimento da cobertura vegetal da área degradada. Primeiramente as sementes de gramíneas e leguminosas são disponibilizadas através de uma das técnicas conhecidas para recuperação de taludes. Após o crescimento destas espécies no campo, haverá uma melhora das condições químicas e físicas do solo que possibilitará a implantação de espécies pioneiras e em seguida, das definitivas visando a recomposição florestal do local.

No tempo n°. 6 do esquema está exemplificado como deve ficar o povoamento florestal ao passar de alguns anos. A fisionomia deste povoamento deve ser semelhante ao que havia originalmente no local.

5.2 - Principais espécies utilizadas para recomposição vegetal

A recomposição vegetal é a forma mais indicada para a conservação de taludes e de grande importância para evitar o aparecimento de voçorocas, desmoronamento de taludes, soterramento de estradas, entupimento de suas calhas com solo, assoreamento de rios, etc. Segundo Tenório (1970), o estudo dessa colonização espontânea destes taludes pode indicar espécies vegetais mais adaptadas a este ambiente. (SANTANA FILHO et al., 1997). Isso quer dizer que para cada tipo de ambiente e de talude, determinadas espécies vegetais irão se adaptar melhor.

De uma forma geral, sabe-se que para a atividade específica de recomposição vegetal de taludes, as espécies vegetais selecionadas devem apresentar algumas características importantes para o seu desenvolvimento no local. Segundo EINLOFT et al. (1997), estas características são: tolerância à seca, sistema radicular profundo, crescimento vigoroso, disponibilidade de sementes, facilidade na propagação, sobrevivência em condições de baixa fertilidade e eficácia na cobertura do solo. Em muitos casos uma só espécie não contém todas as características desejáveis, então deve-se optar por aquelas que tenham o maior número de características e procurar consorciá-las.

A tabela 2 e 3 apresentam as principais espécies de gramíneas e de leguminosas utilizadas em atividades de recomposição vegetal de taludes respectivamente.

Tabela 2. Principais espécies de Gramíneas utilizadas para recomposição vegetal de taludes no Brasil.

ESPÉCIES DE GRAMÍNEAS	
Nome científico	Nome vulgar
<i>Andropogon gayanus</i>	andropogon
<i>Brachiaria brizantha</i>	brizantha
<i>Panicum maximum</i>	colonião
<i>Brachiaria decumbens</i>	decumbens
<i>Lolium multiflorum</i>	azevém
<i>Melinis minutiflora</i>	capim-gordura
<i>Hyparrhenia rufa</i>	capim-jaraguá
<i>Aristida pallens</i>	capim-barba-de-bode
<i>Eragrostis curvula</i>	capim-chorão
<i>Cymbopogon citratus</i>	capim-cidreira
<i>Rhynchelytrum roseum</i>	capim-favorito
<i>Pennisetum clandestinum</i>	capim-kikuio
<i>Rhynchelytrum repens</i>	capim-de-rhodes
<i>Paspalum falcatum</i>	grama-macaé
<i>Paspalum notatum</i>	grama-batatais
<i>Cynodon dactylon</i>	grama-seda
<i>Paspalum conjugatum</i>	grama-forquilha
<i>Bambus bambusa</i>	Bambu
<i>Taquaras chusquea</i>	taquara

Fonte: PRÓPRIO AUTOR, 2007

Tabela 3. Principais espécies de Leguminosas utilizadas para recomposição vegetal de taludes .

ESPÉCIES DE LEGUMINOSAS	
Nome científico	Nome vulgar
<i>Cajanus cajan</i>	feijão-guandu
<i>Calopogononio mucunoides</i>	calopogônio
<i>Styrolobium aterrimum</i>	mucuna-preta
<i>Dolichos lablab</i>	lab-lab
<i>Arachis prostrata</i>	amendoim
<i>Canavalia ensiformis</i>	feijão-de-porco
<i>Desmodium barbatum</i>	barbadinho
<i>Desmodium canum</i>	carrapicho
<i>Glycine wightii</i>	soja-perene

Fonte: PRÓPRIO AUTOR, 2007

Com relação à implantação de espécies pioneiras e definitivas após o enriquecimento do solo através do consórcio entre gramíneas e leguminosas, será necessário se fazer um estudo das espécies da flora da região e procurar utilizar as mesmas espécies na recuperação da área degradada, dando continuidade à fisionomia da vegetação local. Nas tabelas 4 e 5 estão descritas algumas espécies indicadas para a recomposição florestal de áreas degradadas. São espécies pioneiras e definitivas respectivamente.

Tabela 4. Exemplos de espécies pioneiras utilizadas na recomposição florestal de áreas degradadas.

ESPÉCIES FLORESTAIS PIONEIRAS	
Nome científico	Nome vulgar
Miconia candoleana	Jacatirão
Cecropia sp	Embauba
Trema micrantha	Candiuba
Croton floribundus	Capixingui
Inga sp	Ingá
Acacia glomearosa	Monjoleiro
Guazuma ulmilolia	Mutambo
Mimosa scabrella	Bracatinga

Fonte: PRÓPRIO AUTOR, 2007

Tabela 5. Exemplos de espécies definitivas utilizadas na recomposição florestal de áreas degradadas.

ESPÉCIES FLORESTAIS DEFINITIVAS	
Nome científico	Nome vulgar
<i>Piptadenia macrocarpa</i>	Angico-vermelho
<i>Pelthophorun dubium</i>	Canafístula
<i>Tabebuia sp</i>	Ipê
<i>Chorisia speciosa</i>	Paineira
<i>Luehea divaricata</i>	Açoita-cavalo
<i>Centrolobium tomentosum</i>	Araruva
<i>Gallesia gorazema</i>	Pau-d'alho
<i>Myrocarpus frondosus</i>	Cabriúva
<i>Gochnatia polymorpha</i>	Cambará
<i>Vochysia bifalcata</i>	Guaricica
<i>Dalbergia nigra</i>	Jacarandá- da-Bahia
<i>Piptadenia gonocantha</i>	Pau-jacaré
<i>Caesalpinia echinata</i>	Pau-Brasil
<i>Miracrodruom urundeuva</i>	Aroeira
<i>Ocotea catharinensis</i>	Canela-preta
<i>Hymenaea stilbocarpa</i>	Jatobá
<i>Enterolobium contortisiliquum</i>	Timbaúva

Fonte: PRÓPRIO AUTOR, 2007

GRIFFITH et al., (1994) diz que a implantação de um estrato arbustivo vigoroso é o primeiro passo para se atingir bons resultados a longo prazo e a conseqüente estabilização ecológica do local. O estrato implantado deve ser autosustentável e conseguir dar suporte às futuras "ilhas de vegetação arbórea" que serão pontos de dispersão de propágulos, compostas por árvores de alto poder de regeneração natural e com algum atrativo à fauna

silvestre, principalmente a ornitofauna, de modo a induzir a sucessão natural da área.

6 - CONSIDERAÇÕES FINAIS

Em comparação com os lixões, os Aterros Sanitários são, sem dúvidas, a melhor forma de destinação final do lixo por serem locais planejados para causarem menos impactos possíveis. Este fato pode ser observado na prática na oportunidade de visitas técnicas realizadas para este trabalho. Na visita ao lixão de Seropédica os impactos de odores, degradação do solo e da paisagem num todo foi claramente observado. Na visita ao Aterro Sanitário de Petrópolis todos estes impactos são significativamente menores, gerando um ambiente menos agressivo ao meio ambiente e à saúde pública.

Apesar disso, os Aterros Sanitários ainda causam impactos, principalmente ambientais. Tais impactos devem ser mitigados com a recuperação das áreas degradadas.

É possível adquirir bons resultados, já que muitas pesquisas neste ramo têm sido feitas e muitas técnicas de recuperação de áreas degradadas têm sido desenvolvidas no sentido de estabelecer uma cobertura vegetal que possa chegar a atingir estrutura de floresta autosustentável, assim como era antes da degradação.

REFERÊNCIAS BIBLIOGRÁFICAS:

ARAÚJO; Nelma Camêlo et al. Resposta Técnica. Disponível em:
<<http://sbrt.ibict.br/upload/sbrt1254.pdf>> Acesso em: 10 fev.
2007.

ATERRO SANITÁRIO: Definição e Configuração. Disponível:
<<http://www.rc.unesp.br/igce/aplicada/ead/residuos/res13.html>>
Acesso: 7 nov. 2006.

ATLAS DE SANEAMENTO; IBGE, Coordenação de geografia. Rio de
Janeiro: IBGE, 2004. 151p.: CD ROM

AZAMBUJA; Eloísa Amábile Kurth et al. Gestão dos resíduos sólidos
urbanos: desafios e perspectivas para os gestores públicos.
Disponível em:
<<http://www.ead.fea.usp.br/Semead/8semead/resultado/trabalhosPDF/63.pdf>> Acesso em: 13 nov. 2006.

BELI; Euzébio et al. Recuperação da área degradada pelo lixão
Areia Branca de Espírito Santo o Pinhal - SP. Disponível em:
<<http://www.unipinhal.edu.br/ojs/engenhariaambiental/include/getdoc.php?id=77&article=35&mode=pdf>> Acesso em: 30 nov. 2006.

BRAGA, B. et al. Introdução à Engenharia Ambiental. São Paulo: Prentice Hall, 2002. v. 1, 305 p.

BRASIL. Política Nacional do Meio Ambiente. 31 de agosto de 1981. Disponível em: <http://www.silex.com.br/leis/l_6938.html> Acesso em: 12 fev. 2007.

CARVALHO; Paulo Ernani Ramalho. **Espécies Arbóreas Brasileiras**. - Brasília: Embrapa Informação Tecnológica; Colombo, PR: Embrapa Florestas, 2003. 1039p. 1v. (Coleção Espécies Arbóreas Brasileiras).

CORRÊA; Elizeu de Moraes. Aspectos jurídicos na recuperação de áreas degradadas. In: SIMPÓSIO NACIONAL SOBRE RECUPERAÇÃO DE ÁREAS DEGRADADAS, 2, 1992, Curitiba. **Anais UFPR...**Curitiba: FUPEF, 1992. P. 34-39.

COSTA; Marcelo Moreira et al. Revegetação de taludes usando sacos de aniagem: Metodologia de implantação e análise ergonômica. In: SIMPÓSIO NACIONAL DE RECUPERAÇÃO DE ÁREAS DEGRADADAS-SINRAD, 3, 1997, Ouro Preto (MG). **Anais...**Ouro Preto: Sobrade/UFV, 1997. p. 355-366.

EINLOFT; Rosilene et al. Seleção de gramíneas e leguminosas utilizadas para revegetação de taludes em sacos de aniagem e plantio em covas. In: SIMPÓSIO NACIONAL DE RECUPERAÇÃO DE ÁREAS DEGRADADAS-SINRAD, 3, 1997, Ouro Preto (MG). **Anais...**Ouro Preto: Sobrade/UFV, 1997. p. 329-338.

GRIFFITH, J.J. et al. Novas estratégias ecológicas para revegetação de áreas mineradas no Brasil. In: Simpósio Sul-americano, I & Simpósio Nacional, II de Recuperação de áreas degradadas, Foz do Iguaçu, 1994. **Anais...**Curitiba: Fundação de Pesquisas Florestais do Paraná - FUPEF, 1994. p.31-34.

GUIZARD; João Batista Ricardo et al. Aterro Sanitário de Limeira: Diagnóstico Ambiental. Disponível em: <<http://www.unipinhal.edu.br/ojs/engenhariaambiental/include/getdoc.php?id=116&article=47&mode=pdf>> Acesso em: 7 out. 2006.

LIXO E CIDADANIA. Disponível em: <http://www.lixoecidadania.org.br/lixoecidadania/Files/m_promotor/Impactos_socios-ambientais.doc.> Acesso em: 1 dez. 2006.

MONTEIRO; José Henrique Penido et al. **Manual de Gerenciamento Integrado de resíduos sólidos**. Rio de Janeiro: IBAM, 2001. 200p.

MOREIRA; Paulo Roberto. **Manejo do solo e recomposição da vegetação com vistas a recuperação de áreas degradadas pela extração de bauxita, Poços de Caldas, MG**. 2004. 155 f. Tese (Doutorado em Biologia Vegetal) - Instituto de Biociências da Universidade Estadual Paulista Julio de Mesquita Filho, São Paulo.

NASCIMENTO FILHO; Irajá et al. Estudo de compostos orgânicos em lixiviado de aterros sanitários por EFS e CG/EM. **Química Nova**, Rio Grande do Sul, v. 24, n. 4, p. 554-556, jun/dez. 2001.

NET RESÍDUOS. Disponível em:

<<http://www.netresiduos.com/cir/rsurb/aterros.htm>> Acesso em: 7 out. 2006.

PAIVA; Haroldo Nogueira, GONÇALVES; Wantuelfer. **Arborização em rodovias**. 3. ed. Viçosa: UFV, 2005. 30p.

PLANEJAMENTO E TECNOLOGIA; plantha ltda. Projeto executivo de recuperação de área degradada aterro sanitário do bairro Duarte da Silveira, Petrópolis (RJ). 2006.

SANTANA FILHO; Salomão et al. Utilização de composto orgânico de lixo urbano na recuperação de áreas degradadas. In: SIMPÓSIO NACIONAL DE RECUPERAÇÃO DE ÁREAS DEGRADADAS-SINRAD, 3, 1997, Ouro Preto (MG). **Anais**...Ouro Preto: Sobrade/UFV, 1997. p.195-204.

SERAFIM; Aline Camillo et al. Chorume, impactos ambientais e possibilidades de tratamentos. In: FÓRUM DE ESTUDOS CONTÁBEIS, 3, 2003, São Paulo. **Fórum**... São Paulo: UNICAMP, 2003.

TAUK-TORNISIELO; Sâmia Maria et al. **Análise ambiental: estratégias e ações**. São Paulo: UNESP, 1995. 381p.

VASCONCELOS, Alexandre N. et al. Projeto piloto recuperação de uma cascalleira na Estação Ecológica do Jardim Botânico de Brasília. In: SIMPÓSIO NACIONAL DE RECUPERAÇÃO DE ÁREAS DEGRADADAS-SINRAD, 3, 1997, Ouro Preto (MG). **Anais**...Ouro Preto: Sobrade/UFV, 1997. p.106-109.