

RECUPERAÇÃO DE ÁREAS DEGRADADAS POR DISPOSIÇÃO DE RESÍDUOS SÓLIDOS URBANOS

Gláuber Tulio Fonseca Coelho¹

Layse Lorena Neves Sales²

RESUMO

O crescimento populacional mundial acelerado e a migração da população para áreas urbanizadas, aliada a mudança nos hábitos de consumo das sociedades tem gerado um aumento considerável na produção de resíduos sólidos urbanos. A deposição irregular, sem estudo ou projeto de engenharia pode trazer diversos impactos ambientais como a proliferação de doenças e seus vetores, odores desagradáveis, contaminação do solo e dos recursos hídricos e consequente impacto no meio biótico. O objetivo deste trabalho é expor e discutir formas de recuperar áreas degradadas por resíduos sólidos urbanos, através de pesquisa bibliográfica. Chega-se a conclusão que a estrutura mais adequada para receber a deposição destes resíduos são os aterros sanitários, observando determinados critérios de execução.

Palavras-chave: Aterros Sanitários. Lixo. Impactos Ambientais

ABSTRACT

Accelerated world population growth and population migration to urbanized areas coupled with the change in the consumption habits of societies generated a considerable increase in the production of urban solid waste. Irregular deposition without study or engineering design can bring several environmental impacts such as a proliferation of diseases and their vectors, unpleasant odors, contamination of soil and water resources and consequent impact on the biotic environment. The objective of this work is to expose and discuss ways of recovering degraded areas by urban solid waste, through bibliographic research. It comes to the conclusion that it is a

¹ Engenheiro Civil. Coordenador do Curso de Engenharia Civil da Faculdade Pitágoras de São Luís. Discente do Programa de Pós-Doutorado em Meio Ambiente e Desenvolvimento Regional da Universidade Anhanguera-Uniderp. E-mail: glauber.coelho@kroton.com.br

² Engenheira Ambiental- Supervisora de Recursos Naturais-Secretaria Estadual de Meio Ambiente e Recursos Naturais do Maranhão-SEMA. E-mail: lorenasales.eng@gmail.com

more suitable structure to receive the deposition of this waste are the landfills, observing the implementation criteria.

Keywords: Sanitary Landfills. Garbage. Environmental impacts

1. INTRODUÇÃO

O meio-ambiente está constantemente mudando. O homem causou suas próprias mudanças nos últimos séculos, mas, desde a Revolução Industrial a taxa de mudanças e interferências no meio-ambiente tem aumentado cada vez mais. O ser humano tem a necessidade de usar os recursos naturais disponíveis para produzir tudo que pode proporcionar uma vida melhor e mais confortável a ele.

Nos últimos anos, muito se fala sobre os cuidados com o meio ambiente. A sociedade passa a se conscientizar sobre os problemas ambientais e, com isso, pressiona os setores público e privado para conciliar crescimento econômico com preservação ambiental, passando-se, dessa forma, a se ligar a destruição ambiental com a destruição da humanidade.

[...] Crescimento econômico e preservação ambiental são frequentemente considerados objetivos antagônicos. Existem evidências suficientes para comprovar que a industrialização, a expansão da fronteira agrícola e a urbanização criam pressões significativas na base natural de uma economia, seja pela utilização acelerada de recursos naturais exauríveis nos processos produtivos, seja devido à geração de poluição que degrada a qualidade ambiental. Advoga-se, também, com evidências igualmente irrefutáveis, que as nações, atualmente consideradas as mais ricas, alcançaram níveis satisfatórios de crescimento à custa destas perdas ambientais. Portanto, tal padrão de crescimento se torna inevitável para aquelas nações que hoje se encontram ainda em processo de desenvolvimento [...] (MOTTA, 1996, p. 05)

O crescimento vertiginoso da população mundial traz consequências enormes para o meio ambiente, considerando elementos como a água, a terra, o ar, os seres vivos e a sociedade. No Brasil, por exemplo, entre 1940 e 2010 a população total passou de 41 milhões de habitantes para 190 milhões, representando um aumento de 463% (quase cinco vezes) em 70 anos. Com forte impacto e grande geradora de resíduos, a população urbana do Brasil passou de 12 milhões em 1940 para 160 milhões em 2010, representando um aumento de

1249% (mais de doze vezes) em 70 anos, conforme tabela abaixo formulada pelo autor a partir de dados do IBGE.

Ano	Total	Total Urbano	% Urbano/Total
1940	41.236.315,00	12.880.182,00	31%
1950	51.944.397,00	18.782.891,00	36%
1960	70.070.457,00	31.303.034,00	45%
1970	93.139.037,00	52.084.984,00	56%
1980	119.002.706,00	80.436.409,00	68%
1991	146.825.475,00	110.990.990,00	76%
1996	157.070.163,00	123.076.831,00	78%
2000	169.590.693,00	137.758.520,00	81%
2010	190.755.799,00	160.921.592,04	84%
Aumento 2010/1940	463%	1249%	

Quadro 1: Distribuição percentual da população total e urbana - Brasil - 1940 a 2010
Fonte: IBGE (2017), elaborado pelo autor.

Este aumento de população urbana, decorrente de fluxos migratórios de áreas rurais para áreas urbanas representam a esperança da população na busca de melhores meios de vida. Junto a este fluxo e a crescente quantidade, variedade e efemeridade dos bens de consumo chega o inevitável crescimento do descarte de resíduos no meio ambiente.

Entre os problemas ambientais conferidos atualmente devido à criação de grandes centros urbanos, evidenciam-se os gerados a partir grande produção de resíduos sólidos, esses têm sido alvo de contínuas avaliações para tentativas de possíveis soluções e/ou minimizações. Esses resíduos são produzidos cotidianamente por todos os setores da sociedade e na maioria das vezes não possuem uma gestão correta quando se trata de sua disposição final. A deposição inadequada destes resíduos é responsável pela degradação ambiental da paisagem urbana, além da contaminação e perda dos recursos naturais. Seria imperativo, portanto, que houvesse robusta contrapartida de investimentos em infraestrutura de saneamento ambiental e em legislações atuantes no controle da problemática.

Os resíduos sólidos urbanos, ou comumente e erroneamente chamados de lixo³, podem acarretar os mais diversos problemas de observação direta e indireta. Sobre observação direta, poderíamos citar o aspecto visual, o odor desagradável, a proliferação de doenças e seus vetores e entupimento de estruturas de drenagem, diminuindo sua capacidade de escoamento e aumentando portanto, o risco de alagamentos. De ordem indireta e menos perceptível pelos sentidos sensoriais humanos, podem ocorrer contaminações do solo, da água superficial, contaminação de lençóis freáticos, dentre outros.

Segundo a ABLP (2017), os últimos dados oficiais sobre a geração de resíduos sólidos urbanos no Brasil são do ano de 2015, quando foram gerados no país o volume de 79,9 milhões de toneladas, um acréscimo de 1,3 milhões de toneladas em relação a 2014. Ainda de acordo com a publicação, a existência e utilização de lixões por milhares de municípios brasileiros é um enorme desrespeito a Política Nacional de Resíduos Sólidos, lei nº 12.305 que estipula a erradicação de todos os lixões do país deveria ter ocorrido até 2014.

Assim, o armazenamento e a distribuição final dos resíduos sólidos urbanos são considerados atividades que produzem grandes problemas ambientais e sociais, constituindo assim um desafio para o desenvolvimento sustentável das atividades industriais e crescimento contínuo das cidades. Por isso são amplamente discutidas medidas de controle e métodos de dispor os resíduos de forma ambientalmente adequadas, visando à saúde da população e preservação da natureza.

Para tal, são conhecidos diferentes métodos para a disposição final dos resíduos sólidos urbanos, dentre estes os lixões, aterros controlados, e a técnica mais correta e menos impactante, os aterros sanitários que usa de obras de engenharia para reduzir e confinar o resíduo da menor forma possível enterrando-os sob uma manta que protege o solo e os mananciais (aquíferos e lençóis freáticos) de contaminação. No entanto, ainda assim todos esses meios causam danos ao meio ambiente e a saúde pública que necessitam ser mitigados, por meio de técnicas de recuperação de áreas degradadas.

³ No livro “Política Nacional, gestão e gerenciamento de resíduos sólidos”, JARDIM et al. (2012) deixa claro a ideia de que lixo é aquilo que não se tem mais aproveitamento e que o descarte de embalagens e materiais diversos representa uma “deseconomia” que deve ser combatida.

A falta de disposição adequada dos resíduos sólidos constitui um problema de saúde pública. Apesar de a lei estipular a erradicação dos lixões até 2014, é insuficiente apenas erradicar, sendo essencial o trabalho de encerramento dos mesmos, contemplando robustos planos de recuperação da área degradada.

Tendo em vista a importância desta temática, o presente trabalho tem por objetivo majoritário expor e discutir formas de recuperar áreas degradadas por resíduos sólidos urbanos. Para subsidiar este objetivo, a pesquisa percorrerá objetivamente os impactos causados pelos resíduos sólidos urbanos, sendo nos meios físicos ou não, suas formas de mitigação e técnicas de recuperação.

2. MATERIAIS E MÉTODOS

Para o alcance dos objetivos previstos no trabalho, a pesquisa conduzida será bibliográfica, baseada em material publicado em livros, trabalhos acadêmicos, revistas e redes eletrônicas.

3. REFERENCIAL TEÓRICO

A Associação Brasileira de Normas Técnicas (ABNT), por meio da Norma Brasileira Registrada (NBR) 10.004 (2004), define resíduos sólidos (RS) como:

“Resíduos nos estados sólido e semissólido, que resultam de atividades de origem industrial, doméstica, hospitalar, comercial, agrícola, de serviços e de varrição. Ficam incluídos nesta definição os lodos provenientes de sistemas de tratamento de água, aqueles gerados em equipamentos e instalações de controle de poluição, bem como determinados líquidos cujas particularidades tornem inviável o seu lançamento na rede pública de esgotos ou corpos de água, ou exijam para isso soluções técnicas e economicamente inviáveis em face à melhor tecnologia disponível”. (ABNT NBR 10004, 2004.)

Diferentemente desta definição, lixo pode ser entendido como algo impossível de ser reaproveitado, e definido como “coisas inúteis, imprestáveis, velhas e sem valor; qualquer material produzido pelo homem que perde a utilidade e é descartado”. A disposição dos resíduos sólidos tem se tornado um problema mundial devido ao prejuízo e poluição causada no meio ambiente por essa atividade.

No tocante da saúde pública, segundo Beli et al. (2005) nas cidades brasileiras, a maioria do lixo é jogado nas ruas, formando amontoados de lixo que darão início aos lixões,

que geram ameaça constante de epidemias, uma vez que os lixões configuram o cenário perfeito para a propagação de insetos, roedores e outros animais, que são vetores de muitas doenças tais como dengue, Zika vírus, febre tifoide, salmonelas, desintérias e outras infecções que afetam os seres humanos, e os animais domésticos.

Segundo estudo do Ministério da Saúde (BRASIL, 2015), a presença da larva do mosquito *Aedes aegypti* pode estar relacionada à destinação incorreta de resíduos na ordem de 5,0% a 50,0%, destacando a importância da eliminação dos lixões e depósitos clandestinos de resíduos.

A disposição inadequada dos resíduos nos lixões, se estende ainda sobre o aspecto social, uma vez que atrai os catadores de lixo que fazem desta atividade seu meio de vida, construindo para os próprios abrigos dentro dos lixões. Azambuja et al. (2015), destaca que a presença destes catadores nos lixões que permanecem em condições extremamente insalubres e com elevados riscos à saúde.

A Constituição Federal de 1988, Cap. VI, Art.225 estabelece que todos têm direito ao meio ambiente ecologicamente equilibrado, bem de uso comum do povo e essencial à sadia qualidade de vida, atribuindo ao Poder Público, e também à coletividade, o dever de defendê-lo e preservá-lo para as presentes e futuras gerações. (BRASIL, 1988).

Nas cidades brasileiras, os municípios são os responsáveis pela gestão serviços públicos, incluindo-se nestes a gestão dos resíduos sólidos produzidos, que inicia com a coleta do lixo, que integra o sistema de limpeza urbana compreendendo as etapas de geração, acondicionamento, coleta, transporte, tratamento e destinação final dos resíduos sólidos (IBAM, 2001).

A destinação final dos resíduos sólidos é um problema que atualmente afeta todas as cidades brasileiras, principalmente pelas dificuldades financeiras enfrentadas pelos orçamentos restritos dos municípios para gerir corretamente os resíduos.

As informações estatísticas sobre a destinação dos resíduos sólidos urbanos no Brasil podem ser encontradas no IBGE ou no SNIS (Sistema Nacional de Informações sobre o Saneamento). O último relatório diagnóstico de manejo de resíduos sólidos público do SNIS, publicado em 2014 traz o seguinte panorama:

“Segundo a classificação efetivada pelos próprios órgãos gestores municipais que responderam o SNIS-2014 é possível inferir o destino final de 81,7% da massa coletada no País. Assim, da massa total coletada estimada em 64,4 milhões de toneladas e desprezando-se, para efeito de segurança, a parcela que é recuperada, apurou-se que 52,4% são dispostas em aterros sanitários, 13,1% em aterros controlados, 12,3% em lixões e 3,9% encaminhados para unidades de triagem e de compostagem, restando então a parcela de 18,3% sem informação, a qual se refere sobretudo aos pequenos municípios até 30 mil habitantes. Embora ciente das restrições impostas por tal lacuna, o SNIS-RS julga pertinente, a título de exercício, se admitir que dois terços desta “massa sem informação” seja encaminhada para a lixões. Nesta hipótese pode-se dizer que 58,5% da massa total coletada no País é disposta de forma adequada, sendo o restante distribuído por destinações em lixões, aterros controlados e, em menor escala, à unidades de triagem e unidades de compostagem.” (SNIS, 2016, p. 1)

A disposição final de RSU apresenta sinais de evolução e aprimoramento, com a maioria dos resíduos coletados sendo encaminhados para aterros sanitários, que se constituem como unidades adequadas. As unidades inadequadas, porém, ainda estão presentes em todas as regiões do país e recebem grandes quantidades de resíduos por dia, com elevado potencial de poluição ambiental.

Em face ao panorama colocado acima, vamos conceituar as estruturas de recepção de resíduos sólidos mais comuns:

- **Lixão:** definido como o 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 (BRAGA et al., 2002).

Como mostra a figura 1, os lixões causam vários impactos negativos, dentre estes podemos citar os sociais causados principalmente às pessoas extremamente carentes que encontram nestes ambientes insalubres um meio de vida, na busca por recicláveis para comercialização, e alimentam-se ainda dos restos de comida que ali se encontram, submetendo-se à condições de vida sub-humanas, que ferem à dignidade da pessoa humana, configurando assim um problema da ordem de saúde pública.



Figural. Principais impactos ambientais e sociais causados pelo lixo. Fonte: FEAM, 2010.

Ambientalmente os lixões podem causar a poluição e/ ou contaminação do solo e dos recursos hídricos, incluindo os recursos subterrâneos (aquíferos e lençóis freáticos) pelo chorume, poluição do ar através da queima dos resíduos, causando ainda a poluição causada pelo incômodo visual. A distribuição irregular de lixo nas encostas é possível suceder ainda à instabilidade do solo pelo sobrepeso e infiltração de água, suscitando deslizamentos de terra (UFBA/CAIXA, 1998).

- **Aterros Controlados:** Nos aterros controlados não há a impermeabilização do solo e não é prevista a implantação de sistema de captação de gases e efluentes. O lixo depositado recebe uma cobertura diária de material inerte, o que não resolve os problemas de poluição. O aterro controlado pode apresentar vários problemas que estão associados aos lixões, apesar de minimizar os impactos ambientais. (LIMA, 1995).



Figura 2. Ilustração de como funciona um aterro controlado. Fonte: FEAM, 2010.

A figura 2 mostra que os aterros controlados são melhores e mais indicados que os lixões, uma vez que o confinamento dos resíduos diminui o volume dos resíduos, a atração de vetores e a poluição é pontual, o que facilita os processos de mitigação dos impactos, no entanto esta metodologia é ainda muito inferior à infraestrutura disponibilizada para a destinação final dos resíduos sólidos urbanos disponível em um aterro sanitário. (FEAM, 2010).

- **Aterro Sanitário:** Técnica de disposição de resíduos sólidos urbanos no solo, sem causar danos à saúde pública e à sua segurança, minimizando os impactos ambientais, método este que utiliza princípios de engenharia para confinar os resíduos sólidos à menor área possível e reduzi-los ao menor volume permissível, cobrindo-os com uma camada de terra na conclusão de cada jornada de trabalho, ou a intervalos menores, se necessário. (ABNT, 1992).

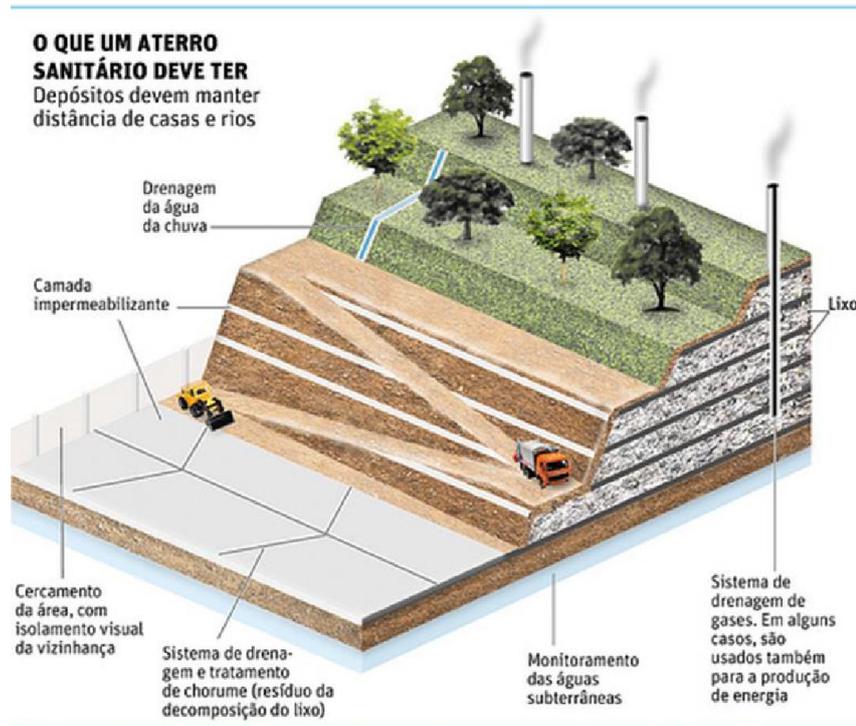


Figura 3. Modelo de Aterro Sanitário. Fonte: Graltec Treinamentos, 2010.

A estrutura de um aterro sanitário como é ilustrada na figura 3, também consiste em uma técnica de disposição de resíduos sólidos urbanos no solo, porém com menos impactos ao meio ambiente, à saúde pública e à segurança da sociedade como um todo, uma vez que esta técnica reduz todos os danos comparados à outros métodos utilizados para disposição final dos resíduos.

Cada uma destas estruturas possui concepções, operações e impactos ambientais distintos. De acordo com NASCIMENTO FILHO et al. (2001), os impactos ambientais são observados diretamente no solo, na água e no ar. Além da problemática do chorume, líquido produzido pela degradação biológica da porção orgânica do lixo. SERAFIM et al. (2003) complementa que no tocante ao depósito de lixo, o chorume é o maior poluidor do solo e da água.

De acordo com FEAM (2010), embora o chorume e os gases sejam os maiores problemas causados pela decomposição do lixo, outros problemas associados com sua disposição podem ser assim compreendidos:

- Produção de fumaça e odores desagradáveis;

- Agressão estética à paisagem natural;
- Riscos de incêndio e intensificação do efeito estufa;
- Aparecimento de catadores precariamente organizados, inclusive crianças;
- Desvalorização imobiliária das vizinhanças.

Com o agravamento dos problemas ambientais, e a necessidade de promover o desenvolvimento sustentável das atividades como forma de garantir o disposto na Constituição Federal 1988, a sociedade converge no entendimento sobre a necessidade de uma gestão ambiental correta e eficaz dos resíduos sólidos, como forma de garantir a sustentabilidade dos ecossistemas para as futuras gerações.

Segundo Romeiro (2014), existem vários conceitos para os processos de recuperação de áreas degradadas, que definem as técnicas utilizadas para possibilitar o retorno das características da área antes dos impactos ocorridos. Dentre os termos utilizados, os principais são: Remediação, Restauração, Reabilitação e Recuperação.

Diante desse contexto, a recuperação de áreas degradadas por resíduos sólidos constitui uma importante ferramenta para a mitigação dos impactos oriundos destes, podendo assim, melhorar a qualidade do meio ambiente, que reflete diretamente na qualidade de vida da população.

Instalada a deposição de resíduos sólidos e havendo o interesse em contornar seus impactos, é preciso entender o que será feito. A Lei nº 9.985, de 18 de julho de 2000 faz distinção entre recuperar e restaurar, e em seu Art. 2º, conceitua:

- **Recuperação:** restituição de um ecossistema ou de uma população silvestre degradada a uma condição não degradada, que pode ser diferente de sua condição original;
- **Restauração:** restituição de um ecossistema ou de uma população silvestre degradada o mais próximo possível da sua condição original.

Autores como Sánchez (2000) e Bitar (1997) acrescentam a estas duas definições o conceito de Reabilitação, ambos convergindo para a ideia de que a reabilitação seria a

recuperação planejada da área degradada para adequá-la a um novo uso, não necessariamente retornando a qualquer estado inicial.

FLORENTINO SANTOS et al. (2011) e Bitar e Braga (1995) concordam no sentido de que o processo de recuperação de áreas degradadas por resíduos sólidos perpassam por ações de cunho geotécnico, remediações químicas e/ou biológicas e revegetações, conforme elencado abaixo.

“a) Tecnologias de revegetação, envolvendo desde a fixação localizada de espécies vegetais (herbáceas ou arbóreas) até reflorestamentos extensivos; b) Tecnologias geotécnicas (ou geotecnologias), envolvendo a execução de obras de engenharia (com ou sem estruturas de contenção e retenção), incluindo as hidráulicas, que visam a estabilidade física do ambiente; c) Tecnologias de remediação, envolvendo a execução de métodos de tratamento predominantes químicos (podendo ser biológicos, como biorremediação) destinados a eliminar, neutralizar, confinar, imobilizar ou transformar contaminantes no solo e nas águas (podendo abranger tecnologias de tratamento “in situ”) e, com isso, reaver a qualidade de ambos.” (BITAR E BRAGA, 1995)

De acordo com IBAM (2001), a recuperação de uma área degradada por disposição inadequada de lixo envolve a remoção total dos resíduos depositados, transportando-os para um aterro sanitário, seguida da deposição de solo natural da região na área escavada. Contudo, ações deste porte compreendem elevados custos, inviabilizando economicamente este processo forçando a adoção de soluções mais simples e econômicas de modo a minimizar o problema.

Segundo ALBERTE (2003), um conjunto de providências deve ser tomado, a saber:

- Intervir em um aterro com o intuito de encerrar a sua operação, requalificando-o ambientalmente ao espaço onde está inserido, reduzindo os impactos ambientais negativos sofridos pela área e dando-lhe outra finalidade;
- Transformar um aterro comum (lixão) em aterro controlado/sanitário. Esta prática promove a recuperação gradual da área degradada mantendo sua operação. Objetiva prolongar a vida útil do aterro e minimizar os seus impactos socioambientais

Ainda segundo ALBERTE (2003), a recuperação de áreas degradadas por resíduos sólidos urbanos possui duas etapas distintas. Uma, inicial, fará uma avaliação das condições de comprometimento do ambiente local, através de análises das águas superficiais e

subterrâneas, aliados a sondagens na área para investigar o estágio de decomposição dos resíduos, bem como as condições de estabilidade e permeabilidade do solo. Desta forma, é possível avaliar as potenciais vias de transportes de contaminantes e os riscos ambientais que o meio pode estar submetido.

A segunda etapa consiste na seleção de atividades remediadoras. Essas atividades têm o objetivo de reduzir a mobilidade, toxicidade e volume dos contaminantes e estabilização do solo. São adotadas, nesse contexto, ações de tratamento primário ou físico da área, tratamento secundário e terciário, seguido, por fim, do monitoramento ambiental da área. Ressalta-se que as intervenções para a recuperação de aterros também incluem o controle/gestão ambiental e a ocupação do solo de maneira lógica, prática e economicamente viável. Assim, simultaneamente ao processo de remediação, deve ser iniciada a implementação de um Programa de Gestão, seja do aterro sanitário revitalizado ou da área encerrada, compreendendo a drenagem de chorume, águas pluviais e gases (ALBERTE, 2003).

FEAM (2010), de forma resumida, expõem algumas formas de encerramento e reabilitação de áreas degradadas por Lixões, a saber:

- **Técnicas de desativação:** Podem ser feitas através da remoção de dos resíduos, da recuperação simples do local ou da recuperação parcial;
- **Adequação provisória como aterro controlado:** alternativa temporária para os municípios com populações inferiores a 20.000 habitantes, até que seja implantado, por meio de respectivo processo de regularização ambiental, sistema adequado de disposição final de resíduos;
- **Recuperação como aterro sanitário:** Quando o lixão está localizado em uma área que atende aos requisitos mínimos estabelecidos na NBR 13896/1997 da ABNT⁴ e as dimensões e características do terreno possibilitam a sua utilização adicional por um período superior a 15 anos, a recuperação como um aterro sanitário construído em área adjacente pode ser uma alternativa viável.

4. RESULTADOS E DISCUSSÕES

⁴ Para a avaliação da adequabilidade de um local, diversas considerações técnicas devem ser feitas, no que se refere a topografia, geologia, recursos hídricos, vegetação, acessos, custos e distância a núcleos populacionais.

A recuperação de áreas degradadas por resíduos sólidos deve iniciar primeiramente por uma análise do meio físico em que está inserida. Dentro destas análises é preciso ter conhecimento sobre o relevo da área, sua formação geológica e também hidrogeológica. Ainda sobre o meio físico, é necessário entender sobre a geomorfologia local e os tipos de solo em que a área está inserida. É importante também conhecer os dados meteorológicos do local, para se ter conhecimento do regime pluviométrico, do balanço hídrico regional, dos índices de insolação, temperatura, nebulosidade, umidade, dentre outros. É preciso também analisar o meio biótico, desde o panorama geral de paisagem, uso e ocupação do solo, áreas de vegetação e espécies presentes e a fauna local.

É importante também fazer o levantamento do meio antrópico, baseados em dados populacionais onde possam ser identificadas as áreas ocupadas que se relacionam geograficamente, socialmente e/ou economicamente com a área em estudo. Dentro deste contexto, é necessário entender se a área em estudo também não entra em conflito com a legislação urbanística ou plano diretor local.

Para entender os impactos já instalados pela deposição de resíduos sólidos, é necessário dentre outras ações:

- Estudar o solo em questão, através de sondagens geotécnicas, recolhendo amostras de solo para análises químicas de interesse, como a identificação de hidrocarbonetos, fenóis, etanos, metanos, dentre outros;
- Instalar poços de monitoramento dos vapores orgânicos do solo, utilizados também a coleta e dos mesmos e sua análise química;
- Realizar testes físico-químicos das águas superficiais e subterrâneas;
- Realização de ensaios de permeabilidade;
- Avaliar todos os dados e comparar com parâmetros já estabelecidos, como os encontrados na CONAMA nº 420/2009⁵

A melhor opção tecnológica para recuperar uma área degradada por resíduos sólidos, das que foram estudadas, é o aterro sanitário. Para sua implantação é necessária uma área propícia, isolada e com controle de acesso. Diversas técnicas de engenharia devem ser implementadas para haver a deposição adequada de resíduos. Os lixiviados devem ser

⁵ Dispõe sobre critérios e valores orientadores de qualidade do solo quanto à presença de substâncias químicas e estabelece diretrizes para o gerenciamento ambiental de áreas contaminadas por essas substâncias em decorrência de atividades antrópicas.

coletados e propriamente conduzidos a tratamento, através de drenos, como os localizados no pé do talude, os drenos transversais e coletores de chorume.

Após a coleta dos lixiviados, é recomendado que haja seu tratamento de forma adequada. Este tratamento também são obras de engenharia que irão acumular o líquido lixiviado e tratar através de processos químicos e biológicos, sendo mais comuns os sistemas de lagoas de estabilização. É imprescindível que estas lagoas tenham impermeabilização eficiente, para que não haja infiltração do chorume no solo e sua conseqüente contaminação. É possível fazer a recirculação do chorume através de técnicas como a aspersão ou irrigação superficial, com o intuito de acelerar a estabilização dos resíduos.

Todo o aterro sanitário deve ser bem impermeabilizado para não haver infiltração de chorume no solo ou na água subterrânea. A falta desta impermeabilização pode acarretar o afloramento do mesmo até em áreas distantes do local. Como o processo de decomposição dos resíduos gera gás metano, é necessária a coleta deste gás através de um dreno colmatado.

Após o término de capacidade do aterro sanitário, o mesmo passa pelos processos de encerramento e de monitoramento. Para o encerramento, é feita a recuperação da área através de diversas adequações necessárias, de acordo com o estado de conservação e operação do aterro em questão. As primeiras obras são as de conformação geométrica, geralmente realizada com resíduos inertes. Na maioria dos casos são necessárias também obras de terraplenagem para a reconformação dos platôs, taludes e bermas do aterro.

Fechado e reconfigurado o aterro, é comum nos projetos constar um sistema de coleta de águas pluviais. Este sistema, através de canaletas, descidas d'água, dissipadores de energia e bueiros são necessários para evitar com que a água da chuva escorra superficialmente causando processos erosivos nos taludes. Além disso, a ausência desta drenagem causa a infiltração da água no maciço do aterro, podendo gerar recalques no mesmo.

Estando as obras civis prontas, é necessário fazer a proteção superficial dos taludes e bermas do aterro através da revegetação, geralmente com espécies de gramíneas.

Por fim, a área deve ser monitorada por um horizonte temporal longo envolvendo um conjunto de resultados ao longo do tempo e sua comparação histórica.

O monitoramento deve conhecer ambientalmente a qualidade do ar, das águas superficiais e águas subterrâneas, dos lixiviado/chorume, dos sólidos em suspensão e fazer o acompanhamento geotécnico e suas alterações, elaborar previsões sobre seu comportamento posterior ao encerramento da atividade de recebimento de resíduos sólidos urbanos,

auxiliando no desenvolvimento de instrumentos de gestão, e fornecer subsídios para decisões e ações relativas ao gerenciamento ambiental da área.

5. CONCLUSÃO

Diversas são as formas de se acondicionar os resíduos sólidos urbanos. A necessidade da recuperação de áreas degradadas por eles tem ligação direta também com medidas não estruturais, como a educação ambiental. A conscientização da população em relação a formas de reaproveitamento e reciclagem, bem como alterações nos hábitos de consumo põem minimizar consideravelmente os impactos causados pelos descartes.

A recuperação de áreas degradadas por resíduos sólidos urbanos ou até mesmo uma eventual reabilitação que estabeleça novos usos da área para fins diversos deve sempre ser feita de forma multidisciplinar e por profissionais competentes em diversas áreas como a engenharia, biologia, sociologia, química, dentre outras. Somente com um corpo qualificado a fazer as investigações devidas e entendendo os impactos de uma forma holística a recuperação terá índices satisfatórios.

O trabalho de recuperação não se encerra após o fechamento de um aterro sanitário, mas perdura por muitos anos através do monitoramento contínuo de diversos índices, necessários para identificar eventuais falhas nos processos de recuperação. E, após constatada a eficiência dos processos, é possível dispor de uma nova área reabilitada para outros usos, podendo dispor, por exemplo, de equipamentos comunitários para utilização da população.

REFERÊNCIAS

- ALBERTE, Elaine P. V. **Análise de Técnicas de Recuperação de Áreas Degradadas por Disposição de Resíduos Sólidos Urbanos: Lixões, Aterros Controlados e Aterros Sanitários**. Bahia – Brasil, Faculdade de Tecnologia e Ciências, Salvador, 2003.
- ASSOCIAÇÃO BRASILEIRA DE NORMAS TÉCNICAS. **NBR 10.004/2004**: Resíduos sólidos – Classificação. BR, 2004.
- ASSOCIAÇÃO BRASILEIRA DE NORMAS TÉCNICAS – ABNT. **NBR 8419: Apresentação de projetos de aterros sanitários de resíduos sólidos urbanos: procedimento**. Rio de Janeiro, 1992.
- AZAMBUJA; Eloísa Amábile Kurth et al. **Gestão dos resíduos sólidos urbanos: desafios e perspectivas para os gestores públicos**. Disponível em: <https://www.researchgate.net/publication/255662965_GESTAO_DOS_RESIDUOS_SOLIDOS_URBANOS_DESAFIOS_E_PERSPECTIVAS_PARA_OS_GESTORES_PUBLICOS> Acesso em: 15 mar. 2018.
- BELI; Euzébio et al. **Recuperação da área degradada pelo lixão Areia Branca de Espírito Santo do Pinhal – SP**. 2005. Disponível em: <<http://www.unipinhal.edu.br/ojs/engenhariaambiental/include/getdoc.php?id=77&article=35&mode=pdf>> Acesso em: 15 mar. 2017.
- BITAR, O. Y. **Avaliação da Recuperação de Áreas Degradadas por Mineração na Região Metropolitana de São Paulo**. Tese de Doutorado, Departamento de Engenharia de Minas, Escola Politécnica da Universidade de São Paulo, São Paulo, SP,; 1997 .192p.
- BITAR, O.Y., BRAGA, T.O. O meio físico na recuperação de áreas degradadas. In: BITAR, O.Y., coord.. **Curso de geologia aplicada ao meio ambiente**. São Paulo: ABGE/IPT-Digeo, 1995. p.165-179. (Série Meio Ambiente).
- BRAGA, B., HESPANHOL, I., CONEJO, J. G. L., BARROS, M. T. L., SPENCER, M., PORTO, M., NUCCI, N., JULIANO, N., EIGER, S. **Introdução à Engenharia Ambiental**. São Paulo: Prentice Hall, 2002. v. 1, 305 p.
- BRASIL. Constituição (1988). **Constituição da República Federativa do Brasil. Brasília, DF**. Senado Federal: Centro Gráfico, 1988. p. 292.
- BRASIL. Ministério do Meio Ambiente. **CONAMA nº 420**. Resolução nº 420, de 28 de dezembro de 2009.
- BRASIL. Ministério da Saúde. **Prevenção e combate: Dengue, Chikungunya e Zika**. Brasília: Ministério da Saúde, 2015. Disponível em: <<http://combateades.saude.gov.br/pt/tira-duvidas>>. Acessado em: 15 de mar. de 2018.
- FLORENTINO SANTOS, D. et al. O Meio Físico na Recuperação de Áreas Degradadas. **Revista da Ciência da Administração**, Recife, PE: 2011. Versão eletrônica v.4

FUNDAÇÃO ESTADUAL DO MEIO AMBIENTE - FEAM. **Caderno técnico de reabilitação de áreas degradadas por resíduos sólidos urbanos**. Fundação Israel Pinheiro. Belo Horizonte: 2010.

IBAM. **Manual de Gerenciamento Integrado de Resíduos Sólidos**. Rio de Janeiro: IBAM, 2001. Disponível em: < <http://www.resol.com.br/cartilha4/manual.pdf>> . Acesso em 07 Ago. 2017.

IBGE. **Censo Histórico**. Disponível em < <http://www.ibge.gov.br/home/estatistica/populacao/censohistorico>>. Acesso em 02 ago. 2017.

LIMA, L.M.Q. **Lixo -Tratamento e Bio-remediação**, São Paulo - Hemus Editora Ltda, 1995

MOTTA, S. R., **Indicadores Ambientais no Brasil: Aspectos Ecológicos, de Eficiência e Distributivos**. Rio de Janeiro: IPEA, 1996.

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.

Revista Limpeza Pública. São Paulo: Associação Brasileira de Resíduos Sólidos e Limpeza Pública, n. 160, 2017. Disponível em: < <http://www.ablp.org.br/revistaPDF/RLP-96-baixa.pdf>>. Acesso em 12 ago. 2017.

ROMEIRO, Camila Esteves; SOUZA, Crisângela Elen de; LOPES, Frederico Vagner. Discussões Sobre A Recuperação De Áreas Degradadas Por Resíduos Sólidos Urbanos. In: I Simpósio Mineiro de Geografia. Alfenas 2014. **Anais...** Minas Gerais. ISBN: 978-85-99907-05-4.

SÁNCHEZ, L. E. **Recuperação de Áreas Degradadas Pela Mineração**. Notas de aula. Escola Politécnica da Universidade de São Paulo, SP: 2000.

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.

Sistema Nacional de Informações sobre Saneamento. **Diagnóstico do manejo de resíduos sólidos urbanos – 2014**. Brasília: Ministério das Cidades, 2016.

UNIVERSIDADE FEDERAL DA BAHIA / CAIXA ECONÔMICA FEDERAL (UFBA/CAIXA). **Relatório Técnico: 2ª etapa do projeto de pesquisa aproveitamento de resíduos sólidos para a produção de materiais de construção de baixo custo**. Salvador, 1998.