

---

## ESCOLHA DE UMA ÁREA PARA ATERRO SANITÁRIO E A SUA IMPLANTAÇÃO - ESTUDOS AMBIENTAIS

*Samuel do Carmo Lima*

Prof. do Dep. de Geografia da UFU

Doutorando em Geografia Física na

USP, na área Pedologia.

**Resumo:** Neste trabalho, é apresentado um projeto de estudos ambientais que nos conduzem, com segurança, a uma escolha de área para implantação de aterros sanitários. A implantação destes aterros deve seguir, também, as orientações que indicarem os estudos ambientais da área, para que não ofereçam riscos de contaminação do meio ambiente e, principalmente, que proteja os mananciais de água de superfície, e subsuperfície.

---

### INTRODUÇÃO

O destino a ser dado para o lixo urbano (doméstico, industrial, hospitalar, varredura de ruas, podas de jardins, etc.) é um problema que se agiganta com a metropolização das cidades. A princípio, quase todas as cidades, no Brasil, destinam o seu lixo urbano em vasadouros, a céu aberto, criando condições para a proliferação de moscas, mosquitos, roedores; poluindo os solos, cursos d'água e o ar; destruindo esses recursos naturais do meio ambiente.

A produção do lixo urbano pode ser encarada como resultado da sociedade humana que se aglomerou, criando as cidades; e nelas, atividades que são desenvolvidas de uma forma irracional, pelos desperdícios. Alguns autores têm afirmado que a origem da produção do lixo urbano está no crescimento populacional e na in-

tensidade da industrialização. Digo que a lógica da produção em nossa sociedade urbano-industrial é a causa para tamanho desperdício. A lógica do consumismo, mais do que o processo industrial, em em si, ou o crescimento populacional, é a causa para a enorme produção de lixo, que traz como consequência quatro fatos fundamentais, que não podem ser esquecidos: o primeiro deles é que os recursos da natureza, de onde se extrai a matéria prima de nossa produção, não são inesgotáveis, têm fim. O segundo fato é que a destinação deste lixo compromete a qualidade do meio ambiente, nos lugares onde ele é destinado, mesmo que se tome medidas de precaução quanto a isto. O terceiro fato é que o lixo pode ser abrigo e alimento para organismos, vetores de patologias diversas, além de ambiente propício à reprodução e proliferação desses organismos patogênicos. O lixo é um caso de

saúde pública. O quarto fato importante é que o desperdício de matéria prima, na produção, significa um custo final maior para o produto, e a sociedade paga por isso.

O aterro sanitário é uma prática de destinação final do lixo urbano, que não é privilégio da civilização moderna, pois os antigos já faziam uso dela. Os Nabateus na Mesopotâmia, por exemplo, 2500 anos antes de Cristo, enterravam seus resíduos domésticos e agrícolas em trincheiras, que eram escavadas no solo. Passado algum tempo, as trincheiras eram abertas e a matéria orgânica, já decomposta, era removida e utilizada como fertilizante orgânico, na produção de cereais (Queiróz Lima, 1985).

Roma se erigiu em grandeza; majestosa e sublime aos olhos de seus divinos imperadores; alguns mais loucos que divinos; psicopatas e incendiários. Ao mesmo tempo que era a primeira cidade do mundo a atingir um milhão de habitantes, Roma não possuía um sistema sanitário que a libertasse da fedentina e das pestes que assolavam multidões. Varria-se o lixo para "debaixo do tapete", para longe das vistas. Na verdade, o lixo e os esgotos sanitários eram lançados nos cursos d'água que cortavam os subúrbios da cidade. No verão, quando a situação se agravava, pela proliferação dos vetores da contaminação (os insetos), os nobres e os ricos deixavam Roma para se instalarem em casas de campo ou de praia, evitando assim, o contágio das febres de agosto. Era a estação mal sã dos cortejos fúnebres

de Roma (Lima, 1989). Até que, no ano 150 da era cristã, resolveu-se este problema abrindo valas e enterrando o lixo.

Estudos de caráter epidemiológico nos resíduos urbanos, relacionados com a forma de sua disposição no meio ambiente, são importantes para mostrar que as soluções aventadas para o problema da destinação do lixo não podem ser simplórias, ao ponto de negligenciarem a possibilidade de contaminação do meio ambiente e da população, assim como as vias críticas desta contaminação, quando da escolha da área e do sistema de disposição.

Hoje, o lixo urbano em essência é o resultado de uma civilização ocidental, com costumes mais ou menos homogeneizados, ditados pela sanha consumista do capitalismo, e sugerida com bastante poder de persuasão pelas campanhas publicitárias, na televisão, nas revistas, nos outdoors, e mesmo na disposição das prateleiras dos supermercados.

As cidades pequenas produzem pouco lixo e o problema de sua destinação e da degradação ambiental, nesses casos, é amenizado; porém, não desprezível. Com o crescimento das cidades, a quantidade de lixo cresce sobremaneira, tornando-se a destinação desse lixo um problema, não só ecológico, visto a degradação ambiental das áreas de depósito, como também um problema sanitário, com risco de contaminação das populações humanas.

Devemos, sem medir esforços, desenvolver estudos ambientais que nos levem a escolha de áreas para instalação dos aterros sani-

tários; áreas estas que sejam propícias a esta destinação de uso que lhes estamos conferindo. Não é bom correr o risco de ver a degradação de nossos recursos naturais, nem é bom correr o risco de contaminarmos a população, por incorreremos no equívoco de não dar importância a estas questões.

### PERSPECTIVAS FUTURAS PARA A QUESTÃO DO LIXO - A RECICLAGEM

O lixo pode ser definido como desperdício e retrato do consumismo da sociedade atual. Os descartáveis contribuem para que, cada vez mais, se tenha volumes maiores de desperdícios. Muito se tem falado sobre a necessidade de se buscar, pela pesquisa, o aperfeiçoamento dos processos de reaproveitamento do lixo. A simples tarefa de retirar o lixo da cidade, a cada dia, representa um custo incalculável para a maioria dos cidadãos, que nem imaginam que o orçamento público municipal é onerado, por conta da coleta do lixo, em grandes percentuais. O reaproveitamento do lixo urbano pode constituir-se numa resposta a escassez de matérias primas, em barateamento dos custos de produção, se forem utilizados nas próprias indústrias os seus resíduos reciclados. Ainda, o reaproveitamento dos resíduos sólidos urbanos pode constituir-se num ressarcimento financeiro dos custos da limpeza pública urbana.

A quantidade e a qualidade do lixo urbano varia de cidade para cidade, e ao longo do tempo, segundo os padrões culturais, e segundo o tamanho da população. O lixo urbano, pelo que ele pode

conter, justifica o seu aproveitamento. Papéis, papelão, embalagens plásticas e metálicas, garrafas, etc. podem ser reciclados; e a matéria orgânica pode ser transformada em compostos orgânicos utilizáveis na agricultura e até mesmo transformada em biogás.

Hoje, o lixo urbano em essência é o resultado de uma civilização ocidental, com costumes mais ou menos homogeneizados, ditados pela sanha consumista do capitalismo, e sugerida com bastante poder de persuasão pelas campanhas publicitárias, na televisão, nas revistas, nos outdoors e mesmo na disposição das prateleiras dos supermercados. Porém, uma simples análise da questão acima nos levará à compreensão de que, em se tratando da escolha de um sistema de tratamento, com reciclagem, e destino final do lixo, as diferenças são significativas, provando mais uma vez que os resultados da análise do lixo de um determinado lugar não podem, nunca, serem generalizados, sob o risco de cometer-se irreparáveis equívocos.

Algumas questões são prioritárias na decisão de tratar o lixo urbano como um problema importante, a ser enfrentado pela administração pública municipal. A primeira delas é onde instalar o aterro sanitário. A segunda é quais os tipos de tratamento e reciclagens que podem ser empregados e quais sistemas tecnológicos devem ser escolhidos. Atualmente, há no mercado pelo menos dois modelos de usina de reciclagem e compostagem de resíduos sólidos urbanos. Um modelo é nacional, mais simplificado e de custo

mais barato. O outro é um modelo de origem americana, com grandes edificações e maquinários sofisticados. Ambos os fabricantes prometem que, com a implantação de sua usina, o município geraria uma receita adicional, com a comercialização dos reciclados e do composto orgânico, que poderia reduzir significativamente os custos com a limpeza pública. Os municípios que acreditaram que o lixo é uma mina de ouro e implantaram estes sistemas, não conseguem efetivamente retirar lucro desta unidade industrial. Mesmo a implantação da usina nacional, de custo mais barato, significa um investimento por demais caro. As expectativas dos prefeitos foram frustradas, pois até hoje não conseguem retorno de seus altos investimentos. Cabe aos técnicos das prefeituras, em cooperação com as universidades, o dever de criar um sistema simples, de fácil operacionalização e de baixo custo de implantação, para reciclagem do lixo urbano.

Minha indicação é que os prefeitos e secretários municipais responsáveis pela questão do lixo urbano não se arvoreem em soluções mirabolantes, de custos elevados, com expectativas de retorno financeiro para seus investimentos. Hoje, ainda, é difícil para as prefeituras obterem lucro com o lixo. Porém, não devem medir esforços, nem recursos, quando se trata da eliminação dos lixões, que poluem o meio ambiente e oferecem grandes riscos de contaminação às populações. A implantação dos aterros sanitários é uma medida de saneamento básico tão necessária quanto a implanta-

ção de rede da água tratada e encanada, e rede de captação de efluentes sanitários.

#### UM PROJETO DE ESTUDOS AMBIENTAIS - LOCALIZAÇÃO DO ATERRO SANITÁRIO

Neste trabalho, deve ficar ressaltado que o aterro sanitário pode amenizar a degradação ambiental e os riscos de contaminação das populações; porém é preciso que ele seja instalado e operacionalizado com critérios muito bem definidos em função da dinâmica ambiental da área em que será feito o aterro. A escolha do local para a instalação de um aterro sanitário deve ser realizada considerando muitos aspectos, e entre eles os de maior importância são: análise das características físicas do solo e a análise do seu perfil hidrogeológico. O lençol freático deve situar-se a mais de 10 metros abaixo da base do aterro sanitário (Cetesb, 1976). O solo deve ter baixa permeabilidade e caracterização textural argilo-arenosa. A existência de mananciais de água, nascentes de córregos próximos à área do aterro sanitário consiste numa possibilidade de contaminação, e o mais indicado é que a área escolhida para a instalação de um aterro sanitário esteja situada longe dos cursos d'água. Em suma, na escolha de uma área para a instalação de um aterro sanitário há que se considerar muitos aspectos que poderíamos chamar de ambientais ou sanitários.

A primeira parte do projeto deverá ser constituída de análises sucessivas e complementares, concernentes aos aspectos ambien-

tais e aos aspectos econômicos, para a indicação das áreas mais propícias à instalação do aterro sanitário.

Os aspectos econômicos e sociais também devem ser analisados, levando-se em conta o custo do terreno, a distância da área a ser escolhida às fontes de resíduos, a desvalorização das áreas vizinhas, etc. Do ponto de vista cultural, deverão ser levados em conta aspectos relativos à estética visual e a aceitação, por parte da opinião pública, da área escolhida.

A escolha da área para localização de um aterro sanitário precisa ser levada a termo, seguindo critérios ambientais, e não somente o critério da economia. Basicamente, são em número de cinco, as análises ambientais, a serem levadas a termo para a escolha da área de localização de um aterro sanitário; Análise topo-geomorfológica; Análise hidrogeológica, Análise estrutural da cobertura pedológica, Carta geotécnica e Análise ambientais complementares.

#### a) *Análise Topo-Geomorfológica*

A partir dos mapas topográfico e geomorfológico, serão individualizadas áreas de conformação topográfica plana ou quase plana, em interflúvios distantes das nascentes de cursos d'água, em compartimentos geomorfológicos que indiquem estabilidade, no que se refere à erosão e lençol freático profundo. No caso de não existirem áreas de topografia plana, que possam servir à instalação do aterro sanitário, as

áreas declivosas, que estiverem sendo escolhidas, devem passar por avaliações rigorosas, no que concerne à estabilidade estrutural dos taludes.

#### b) *Análise Estrutural da Cobertura Pedológica*

A análise estrutural da cobertura pedológica é o resultado de pesquisas desenvolvidas nos últimos 20 anos no meio intertropical africano e latino-americano, por pesquisadores da ORSTOM (Institut de Recherche Scientifique pour Developpement en Coopération). É uma nova abordagem na pedologia que possibilita a interpretação dos processos pedogenéticos e da dinâmica atual da cobertura pedológica. É a caracterização interna do solo. (BOCQUIER 1973, BOULET et al 1982, 1982a, 1982b, 1982c; RUELLAN 1983, 1985, 1988; BOULET et al 1984/85).

Com a análise estrutural da cobertura pedológica, será possível reconhecer a sucessão de horizontes do solo e a permeabilidade dos mesmos, permitindo-nos, para a instalação de um aterro sanitário, evitar as áreas com níveis subsuperficiais heterogêneos, em termos de permeabilidade, pois isto acarretaria escoamento lateral do chorume em subsuperfície e, conseqüentemente, contaminação dos solos e cursos d'água próximos.

Será possível, também, diagnosticar a estabilidade estrutural do solo, que consiste na resistência de um agregado à destruição pela água. Podemos dizer que, se o solo possui uma baixa

estabilidade estrutural, os agregados serão destruídos na superfície de solo, pela água da chuva, dando origem a uma crosta impermeabilizante que levará ao abatimento os horizontes superiores do solo, um menor coeficiente de infiltração, e consecutivamente, um maior escoamento superficial. A instabilidade estrutural prejudica a circulação da água, facilita a erosão e prejudica a alimentação de água aos níveis freáticos. Se a estruturação do solo não é boa, pode ser desaconselhável trabalhar com maquinários pesados, sob o risco de se desencadear uma compactação forte e processos erosivos difíceis de serem controlados. No caso dos aterros sanitários, tanto o escoamento superficial, que vai contaminar os solos e os mananciais de superfície com o chorume, quanto a erosão decorrente, são indesejáveis.

É sabido que a circulação da água no solo se comporta em função de sua posição topográfica mas, principalmente, em função de sua estrutura interna, tanto no sentido vertical, quanto no sentido lateral. Por tudo isto, o estudo das variações da cobertura pedológica, verticais e laterais, é esclarecedor da dinâmica atual desses solos, e pode nos trazer indicações valiosas, como orientação para o seu uso.

#### c) *Análise Hidrogeológica*

A análise dos aspectos geológicos deve indicar as formações

geológicas da estratigrafia das áreas que estiverem sendo escolhidas e, principalmente, as propriedades do solo relacionadas com o movimento de líquidos e gases no seu interior. Permitirá a identificação das coleções superficiais e subsuperficiais de água, e todos os fatores relacionados com as mesmas, ou seja, nível do lençol freático, variações do lençol freático e o escoamento superficial, com suas áreas de carga e descarga de água superficial.

#### d) *Carta Geotécnica*

A carta geotécnica tem como função apresentar, de forma organizada, em uma planta cartográfica e através de uma simbologia própria, as ocorrências e as características geotécnicas dos solos, de forma a se ter uma visão geral destas em toda a área de interesse, fornecendo, assim, subsídios aos outros estudos ambientais e obras de engenharia.

Quando se trata de escolher áreas para implantação de um aterro sanitário, as áreas de movimentação de terra ou aquelas de grande potencial de erosão devem ser evitadas, assim como áreas sujeitas à inundação. Para se escolher bem uma área que se pretenda para esta destinação, dentre as características geotécnicas dos solos de maior interesse, tendo em vista as recomendações da CETESB(1), são: granulometria, plasticidade, permeabilidade, erodibilidade, porosidade, umida-

1. Essas recomendações estão apresentadas na publicação: "Resíduos Sólidos Industriais" V. 1, CETESB/ACETESB, 1985.

de natural, massa específica natural e compactação. Para se obter esses parâmetros serão executados furos de sondagem, abertura de poços para extração de amostras indeformadas, sendo que a quantidade destes dependerá da extensão da área a ser estudada e da heterogeneidade do subsolo, e os respectivos ensaios de laboratório. Nos furos de sondagem serão efetuados ensaios de infiltração.

Esses dados serão importantes na seleção do local de implantação dos aterros sanitários, pois nos permite avaliar as condições de infiltração e uma possível contaminação do lençol freático, a possibilidade da ocorrência de erosões, face às perturbações que a área será submetida, e avaliar a disponibilidade de material de cobertura adequado.

Os ensaios de compactação serão muito úteis para se estudar a possibilidade de utilização do solo compactado como material impermeabilizante para o aterro sanitário e, também, para a seleção de materiais para o tratamento superficial das vias de acesso.

As amostras de solo serão aproveitadas para a obtenção de parâmetros de resistência e deformabilidade, os quais auxiliarão nos projetos de edificações e análise da estabilidade de taludes existentes ou que venham a ser formados. Todas essas informações podem servir a outros fins, tais como: determinação de jazidas para uso em pavimentação de ruas, estradas e execução de barragens, avaliação dos problemas de erosão na região e outros.

#### e) *Análises Ambientais Complementares*

Devem ser levados em conta alguns aspectos climáticos como: temperatura, precipitação pluviométrica, evaporação e, principalmente, direção e velocidade dos ventos. Ainda, deve-se evitar a implantação de aterros sanitários em áreas que constituem ecossistemas importantes para a preservação da flora e da fauna. É necessário realizar um levantamento de uso e ocupação do solo nas áreas adjacentes à área que está sendo escolhida para o aterro sanitário.

#### INSTALAÇÃO DO ATERRO SANITÁRIO - PROJETOS DE ENGENHARIA COM PRECAUÇÕES AMBIENTAIS

Na área que for indicada como a mais propícia para a instalação do aterro sanitário, devem ser realizados estudos que visem proporcionar a construção de uma planta de fácil operacionalização e que não ofereça risco de contaminação ao meio ambiente, tais como:

- carreamento do lixo do aterro, através do escoamento superficial, contaminando os solos e os cursos d'água;
- contaminação do lençol freático, pela percolação do chorume;
- combustão dos materiais no aterro sanitário, contaminando o ar com fumaça, fuligem, etc.;
- contaminação do ar, pelos odores da decomposição orgânica dos materiais.

Esta etapa do projeto pode ser dividida nos seguintes estudos: Levantamento Plani-altimétrico, Projeto de Instalação de Infra-estrutura e Edificações, Plano Geral de Operações, Plano de Monitoramento, Plano de fechamento e Projeto de Recuperação Ambiental da Área.

a) *Levantamento Plani-altimétrico*

Deverão ser realizados dois levantamentos planialtimétricos: na escala 1:5000, com curvas de nível de 5 em 5 metros, mostrando todos os acidentes geográficos da região, rios, estradas, edificações, etc.; e na escala 1:1000, com curvas de nível de metro em metro, mostrando todos os detalhes significativos do terreno, na área do aterro sanitário.

b) *Projeto de Instalação de Infra-estrutura e Edificações*

Este projeto visa à construção de todas as vias de acesso ao aterro sanitário que forem necessárias para os veículos usados no serviço, como também as vias de circulação interna. Deverá prever o cercamento da área e construção de edificações como casa do vigia, vestiário com banheiro e refeitório para os trabalhadores, oficina de manutenção e garagem para os veículos, serviços de água, energia elétrica, iluminação e telefone, casa de controle de supervisão e operações e balança para caminhões.

c) *Plano Geral de Operações*

Este plano deverá conter indicações seguras para o controle do escoamento superficial das águas pluviais que precipitem dentro da área ou fora da área, mas que tendem escoar para dentro dela. Deverá estabelecer o dimensionamento da área do aterro com a localização das trincheiras que serão abertas para o aterramento. Deverá prever a necessidade de estocagem dos resíduos, controle das emissões atmosféricas, incluindo odor, voláteis e particulados e, ainda, elaborar formulários para registros, relatórios, inspeções e controle de pessoal e de todas as operações do aterro sanitário.

d) *Plano de Monitoramento*

É preciso que se elabore um sistema de monitoramento periódico e sistemático da água intersticial do solo, na zona insaturada, logo abaixo da camada de solo em uso; e da água do lençol freático, em vários pontos de amostragem, dentro e fora da área do aterro sanitário. Este plano deve prever, ainda, vistorias rotineiras em todos os pontos críticos de operação como: drenagem, princípios de erosão, emissão de voláteis e particulados no ar, etc.

e) *Plano de Fechamento e Recuperação Ambiental da Área*

O tempo de vida útil de um aterro sanitário é definido pela



capacidade da área em conter os resíduos ali destinados, e deve ser previsto em anos, no projeto de implantação. Quando a área do aterro sanitário estiver esgotada, o mesmo deverá ser desativado. Porém, quando da instalação do aterro sanitário, já deverá existir um plano de recuperação ambiental do solo e a definição de usos futuros potenciais para a área.

### CONCLUSÃO

O lixo urbano se apresenta, hoje, como um dos grandes problemas, entre tantos outros problemas da cidade. As administrações públicas municipais, mesmo aquelas que não tomam as decisões cabíveis na busca de uma melhor solução, gastam enormes fatias de seus orçamentos, na coleta e na destinação do lixo. O destino final do lixo urbano (doméstico, hospitalar, industrial, etc) é uma questão de saúde pública e de meio ambiente. Se não tomarmos providências quanto a estas ques-

tões, corremos o risco de morrer-mos sufocados em tanto lixo que produzimos.

O lixo hospitalar, bem como o lixo industrial perigoso não devem ser destinados no aterro sanitário junto com os resíduos sólidos urbanos comuns. O lixo hospitalar deve ser incinerado e o lixo industrial perigoso deve ser destinado em aterros sanitários especiais, segundo norma da ABNT 2:09.60 ("Aterros de Resíduos Perigosos - Critérios para Projeto, Construção e Operação").

O aterro sanitário é uma medida de saneamento básico, que pode complementar as políticas de saúde pública. A implantação de um aterro sanitário e a consequente eliminação da destinação do lixo em vasadouros a céu aberto, assume um papel importante na preservação dos recursos naturais do município, principalmente das coleções superficiais e subsuperficiais de água, e pode complementar as políticas de meio ambiente.

---

### REFERÊNCIAS BIBLIOGRÁFICAS

BERNARDES JUNIOR, C. Disposição de resíduos perigosos em aterros. *Ambiente*. São Paulo, Cetesb, 2(1):55-60, 1989.

BOCQUIER, G. Genese et evolution de deux topossequences de sols tropicaux du Tchad - interpretation et biogeodynamique. *Memoires ORSTOM* 62, 1973. 350p.

BOULET, R. et al. Analyse structurale et cartographie en pedo-

logie: I - Prinse en comte de l'organization bidimensionnelle de la couverture pedologique: les études de topossequences et leurs principaux apports a la connaissance des sols. *Cah. Orstom*, ser. Pedol., 19(4):309-21, 1982a.

\_\_\_\_\_. Analyse structurale et cartographie en pedologie: II - Une methodo d'analyse prenant en comte

l'organization tridimensionnelle des couverture pédologique. *Cah Orstom*, ser. edol., 19(4):323-39, 1982b.

\_\_\_\_\_. Analyse structurale et cartographie en pédologie: III - Passe de la phase analitique à une cartographie générale syntetique. *Cah Orstom*, ser. Pedol., 19(4): 341-51, 1982c.

\_\_\_\_\_. Analyse structurale de la couverture pédologique et expérimentation agronomique en Guyane Française. *Cah Orstom*, ser. Pedol., 21 (1): 21-31, 1984/85.

CETESB. *Limpeza pública*. São Paulo: Cetesb, 1976. (curso por correspondência)

\_\_\_\_\_. *Resíduos sólidos industriais*. São Paulo: Acetesb, 1985. v.1.

FELEMBERG, G. *Introdução aos problemas ambientais*. São Paulo: EPU/Springer/ EDUSP, 1977.

LIMA, L.M.Q. *O lixo urbano*. São Paulo: Humus, 1988.

LIMA, S.C. A relação sociedade e natureza. *Sociedade & Natureza*, Uberlândia, Universidade Federal de Uberlândia, 1(2):75-86, 1989.

MOTA, S. *Planejamento urbano e preservação ambiental*. Fortaleza, Edições UFC, 1981.

POTEUS, A. Lixo doméstico. In: BENN, F.R.; MCAULIFFE, C.A. (org.) *Química e poluição*. São Paulo: LCT/Edusp, 1981, p. 19-40.

RUELLAN, A. Morphologie et fonctionnement des sols: quelques réflexions pour l'avenir da la pédologie. *Cah Orstom*, ser. Pedol., 19(4):265-70, 1983.