

4. AFASTAMENTO DOS RESÍDUOS SÓLIDOS URBANOS

Desde tempos imemoriais a solução adotada para livrar as cidades dos seus resíduos sólidos era o afastamento. Até cerca de meio século essa continuava a ser a solução mais freqüente e os resíduos sólidos não eram considerados um grande problema urbano, sendo poucos recursos alocados para seu gerenciamento. Assim, a destinação era realizada de acordo com a conveniência e facilidade, tomando como verdade o antigo adágio: “O que os olhos não vêem, o coração não sente”.

Com o contínuo aumento no número das cidades e na produção de resíduos sólidos foram desenvolvidas diversas alternativas para tratamento e redução do volume dos resíduos. Contudo, mesmo tratando e reduzindo o volume de resíduos, ainda será necessário um local para dispor o material resultante.

No Brasil ainda utiliza-se como técnica principal para a solução do problema o afastamento dos resíduos e sua deposição em aterros ou “lixões”, para onde seguem mais de 94% dos resíduos coletados¹. Como revela a Pesquisa Nacional de Saneamento Básico do IBGE, realizada em 2000 (IBGE, 2002, tabela 110): 21,2% dos resíduos coletados são dispostos em “lixões”; 37,0%, em aterros controlados; 36,2%, em aterros sanitários; apenas 4,4% dos resíduos coletados recebem algum tipo de tratamento (compostagem, reciclagem ou incineração); 1,2% de todo material segue para outra destinação.

4.1 ASPECTOS HISTÓRICOS

Historicamente, como dito acima, a forma de lidar com os resíduos consistia no seu afastamento, às vezes incluindo sua redução através da queima.

Os resíduos eram transportados para terrenos além dos limites da cidade ou dispostos em rios, córregos e mares. Grandes esforços eram empreendidos com intuito de manter a ordem e a limpeza na cidade, removendo-se, para os arredores desta, toda a entropia. Desse modo, confinava-se o material indesejável em local “afastado dos olhos e da mente”².

Na São Paulo do século XIX, por exemplo, os lugares para depósito de resíduos situavam-se nas várzeas dos rios Tamanduateí e Anhangabaú, por serem os limites da cidade, ou seja, o local mais afastado (FIALHO, 1998).

Segundo Walsh (apud TAMMEMAGI, 1999), até meados de 1900, muitos dos resíduos sólidos de Nova Iorque eram simplesmente despejados no mar. A prática somente parou após diversos protestos das comunidades vizinhas contra os resíduos acumulados na orla. Esse tipo de disposição, de acordo com Tammemagi (1999), segue a filosofia: “Diluição é a solução para a poluição”.

¹ Foram considerados os resíduos dispostos em aterro sanitário, aterro controlado e “lixão”, de acordo com dados do IBGE (2002, tabela 110).

² Expressão do inglês: “*Out of sight, out of mind*”, utilizada por Tammemagi (1999) para descrever a postura das pessoas quanto à preocupação com resíduos sólidos.

Diversos fatores permitiram que os resíduos não fossem gerenciados de forma adequada, tais como: a falta de conhecimento da relação resíduos-doenças; a possibilidade do afastamento dos resíduos para os arredores da cidade, ou através dos recursos hídricos; a pressuposição de que inúmeros recursos naturais eram infinitos.

À medida que tais fatores foram sendo questionados, a postura da população, diante da questão dos resíduos sólidos, foi se modificando. Exigências e cobranças por uma melhor proteção ao meio ambiente e à saúde pública surgiram por parte dos órgãos ambientais, de ambientalistas e da população em geral. As conseqüências são facilmente identificadas no percentual do orçamento gasto atualmente com transporte, tratamento e disposição final dos resíduos sólidos³. Segundo Jardim (1995), os serviços de limpeza urbana absorvem de 7 a 15% do orçamento municipal.

A adoção do afastamento como solução é mantida até hoje em inúmeras cidades (algumas, com melhor tecnologia empregada). Há países, como Japão, Alemanha e EUA, que confinaram parte de seus resíduos, devidamente embalados em concreto e resina, no mar (CLARK apud TAMMEMAGI, 1999) ou em minas subterrâneas (TAMMEMAGI, 1999), outras formas, portanto, de afastamento da entropia.

De acordo com o estudo sobre a geração e destinação dos resíduos sólidos nos Estados Unidos (denominado 14° SOG – *State Of Garbage*), mais de 65% dos resíduos coletados são confinados em aterro sanitário, ou seja, aproximadamente 602,7 mil toneladas por dia, conforme mostra a tabela a seguir (THEMELIS; KAUFMAN, 2004):

Tabela 4.1 – Geração e destinação dos resíduos sólidos nos EUA – 2002

	Quantidade (mil toneladas/ano)	%	Quantidade (mil toneladas/dia*)
Geração	336.000 m t/ano	100,0	920,5 m t/dia
Reciclagem e compostagem	90.000 m t/ano	26,7	246,6 m t/dia
Incineração (resíduo para energia)	26.000 m t/ano	7,7	71,2 m t/dia
Aterro	220.000 m t/ano	65,6	602,7 m t/dia

* Valores calculados (total anual / 365 dias)

Fonte: THEMELIS; KAUFMAN, 2004, p. 24.

Atualmente, o que se verifica nas grandes cidades é que esse “local afastado”, o aterro, foi incorporado pela malha urbana, e em seu entorno reside uma população de baixo poder aquisitivo, que passa a protestar exigindo o fechamento da unidade de resíduo.

Com a dificuldade de encontrar novas áreas para aterramento dos resíduos, principalmente devido à rejeição da população, o número de aterros em operação vem diminuindo com o passar dos anos⁴, mas, à medida que o número de aterros diminui, suas dimensões aumentam (TAMMEMAGI, 1999).

³ Em São Paulo, os custos com a limpeza urbana representavam, em 1988, 2,4% do orçamento; em 1989, 3,9% ; em 1990, 4,4%; e, em 1991, correspondiam a 3,2% do orçamento do Município (RUBERG, 1999).

⁴ Exemplos verificados em Nova Jérsei e Nova Iorque (EUA) e São Paulo, que serão apresentados no item 4.4.

4.2 USO DE CAVAS DE MINERAÇÃO

Historicamente, os locais de disposição dos resíduos localizavam-se em depressões, como cavas de mineração abandonadas, áreas alagadas etc., onde a seleção das áreas dava-se, basicamente, a partir da conveniência, com a proximidade aos centros urbanos (TAMMEMAGI, 1999).

Essa prática de implantar, utilizar antigas cavas de mineração, pedreiras ou até mesmo portos de areia desativados e áreas alagadas tinha por objetivo recuperar tais áreas e reconstituir o perfil do solo original⁵ (SILVA, 2001). Com isso, solucionavam-se os problemas da utilização da área degradada e da dificuldade de encontrar áreas para construção de depósitos de resíduos.

Silva (2001) e Schneider (2003) relatam que, em São Paulo, os aterros de Vila Jacuí (1978-1979), Vila Albertina (1977-1993) e Itatinga (1990-1999 – data provável) foram construídos sobre antigas cavas, e o aterro Engenheiro Goulart (1975-1979), em portos de areia encerrados. Conforme mencionado, a metodologia de lidar com os resíduos sempre foi o afastamento, então os aterros geralmente localizam-se em áreas periféricas, onde também se situam as cavas.

Por outro lado, Tammemagi (1999) destaca que nem todas as minas e cavas de mineração abandonadas são adequadas para disposição dos resíduos, principalmente porque a mina, por ser um local de retirada de recursos, e não para confinamento de resíduos, apresenta baixa estabilidade estrutural, e as rampas das cavas têm o perfil mais íngreme possível. Portanto, as minas são projetadas para funcionar o máximo de tempo para extração mineral, e não para ter sua vida ampliada por 20 ou 30 anos para deposição de resíduos.

Além disso, em geral, as áreas das minas são geologicamente complexas e contêm diversas falhas, que podem servir de condutores ao fluxo de águas subterrâneas. Nesse caso, as minas demandam barreiras mecânicas adicionais para garantir a impermeabilização do solo (TAMMEMAGI, 1999).

Por isso, com os atuais requisitos técnicos, geológicos e ambientais para seleção de áreas para aterro, as cavas de mineração, portos de areia e áreas alagadas não são mais utilizados para confinamento de resíduos urbanos.

4.3 CONSTRUÇÃO DE ATERROS SANITÁRIOS

De forma sumária pode dizer-se que a construção de um aterro sanitário inicia-se pela escolha e aquisição do local que deve ser afastado da zona urbana, com condições topográficas que permitam a deposição de um volume grande de material e longe de grandes corpos d'água. A condição ideal do solo é de pouca permeabilidade com camadas de argila bastante altas. As condições topográficas devem também incluir jazida de material para a cobertura dos resíduos. É de toda conveniência que a situação seja tal que os ventos dominantes afastem o mau cheiro da cidade.

⁵ De acordo com o Relatório interno de 1974, do Diretor da Divisão de Aterros Sanitários de São Paulo, o Eng. Flávio Cezar Mallone, os aterros “[...] representavam uma solução econômica para a recuperação de áreas inúteis para a população como alagados, lagoas e cavas de mineração” (apud SILVA, 2001, p.36).

Várias obras são necessárias sendo as principais a impermeabilização do solo, a drenagem do chorume e a drenagem dos gases. A drenagem do chorume deverá incluir um reservatório impermeabilizado para o seu acúmulo antes do tratamento, que poderá ser feito no local ou não.

4.4 ÁREAS DE DISPOSIÇÃO E ENTORNO

Quanto maior o volume de resíduos a ser disposto em aterro, maior é a área do local de disposição. Há algumas décadas, cidades como São Paulo e estados norte-americanos, como Nova Iorque e Nova Jérsei, possuíam vários aterros sanitários espalhados nos municípios, o que facilitava a distribuição do volume de resíduos e a logística de transporte. Esses aterros possuíam dimensões menores que os atuais, pois cada um recebia um volume menor de resíduo.

Todavia, a tendência atual é a diminuição da quantidade de aterros na cidade e o aumento da dimensão de cada um deles, tanto em área de superfície quanto em altura. Em duas décadas, Nova Jérsei reduziu o número de aterros de 300 para 12, e passou a exportar parte de seus resíduos para outros estados. No estado de Nova Iorque, 298 aterros foram encerrados e apenas 6 novos foram implantados desde 1982 (TAMMEMAGI, 1999).

No município de São Paulo, no início da década de 80, havia 5 aterros sanitários em operação⁶. Em 1993, esse número caiu para 3⁷ e, atualmente, só há 2 aterros sanitários no município para todos os resíduos domiciliares coletados.

Como as áreas de aterro são permanentes no ambiente urbano, o número de *brownfield sites* (originários dos depósitos de resíduos encerrados) aumenta cada vez mais. De acordo com o projeto CETESB/GTZ (apud SILVA, 2001), na Região Metropolitana de São Paulo, em 1999, foram cadastradas 116 áreas de disposição de resíduos, somando cerca de 20 km² de superfície⁸ e 100 milhões de m³ de resíduos aterrados. “Destas áreas, 27 encontram-se no Município de São Paulo e 11 são reconhecidas oficialmente como unidades de destinação da prefeitura, antigas ou atuais, sendo as restantes consideradas clandestinas” (SILVA, 2001, p. 20).

Quanto ao uso do solo nas áreas circunvizinhas aos aterros, de acordo com o artigo 11 do Projeto de Lei 326/2005, que institui a Política Estadual de Resíduos Sólidos de São Paulo, os governos municipais devem estabelecer restrições ocupacionais no entorno das unidades de resíduos (que inclui os aterros sanitários) em raio mínimo de 500 metros (SÃO PAULO, 2005).

Na Inglaterra, recomenda-se manter, por um período mínimo de 20 anos após o encerramento do aterro, uma distância de 50 metros de sua borda para construções, e de 10 metros para jardins (SILVA, 2001).

⁶ Os aterros eram: Bandeirantes e Vila Albertina, na Zona Norte; Santo Amaro, na Zona Sul; Sapopemba e Jacuí, na Zona Leste (GODOI, 1997).

⁷ Aterros Bandeirantes (Zona Norte), São João (Zona Leste) e Santo Amaro (Zona Sul) (idem).

⁸ Corresponde à área de uma vez e meia o município de São Caetano do Sul (13 km²), ou 2.000 hectares.

4.5 IMPERMEABILIZAÇÃO

Com a impermeabilização da base do aterro, impede-se que os líquidos gerados penetrem no solo e o contaminem, além de permitir que sejam drenados e captados para tratamento.

Desde 1991, a USEPA passou a exigir que os novos aterros sanitários municipais tivessem um mínimo de 6 camadas⁹ de proteção entre os resíduos e as águas subterrâneas (TAMMEMAGI, 1999).

De acordo com Tammemagi (1999), as geomembranas¹⁰ utilizadas para impermeabilizar o aterro promovem um bom resultado a curto prazo, porém elas podem ser facilmente danificadas por equipamentos pesados. Além disso, não se tem conhecimento de sua resistência à degradação através de longos períodos de tempo, como um século ou mais.



Figura 4.1 – Vista da manta de impermeabilização – aterro Bandeirantes – São Paulo – 1996
Foto: Claudia Ruberg.

Nos Estados Unidos, na busca de se proteger ao máximo o meio ambiente, além das exigências no processo de seleção das áreas, preconiza-se que os aterros possuam camadas duplas de impermeabilização do solo (Figura 4.2), com aproximadamente 1,2 m de altura (ECDC ENVIRONMENTAL apud TAMMEMAGI, 1999), aliadas aos mecanismos de coleta dos gases gerados, envolvendo materiais, equipamentos e técnicas de operação.

O resultado imediato foi uma grande elevação nos custos de implantação e operação do aterro. Pesquisadores passaram, então, a questionar se o aterro seria a melhor alternativa para destinação dos resíduos sólidos coletados.

⁹ Tais camadas incluem camada de argila e manta plástica.

¹⁰ Manta plástica utilizada na impermeabilização do solo.

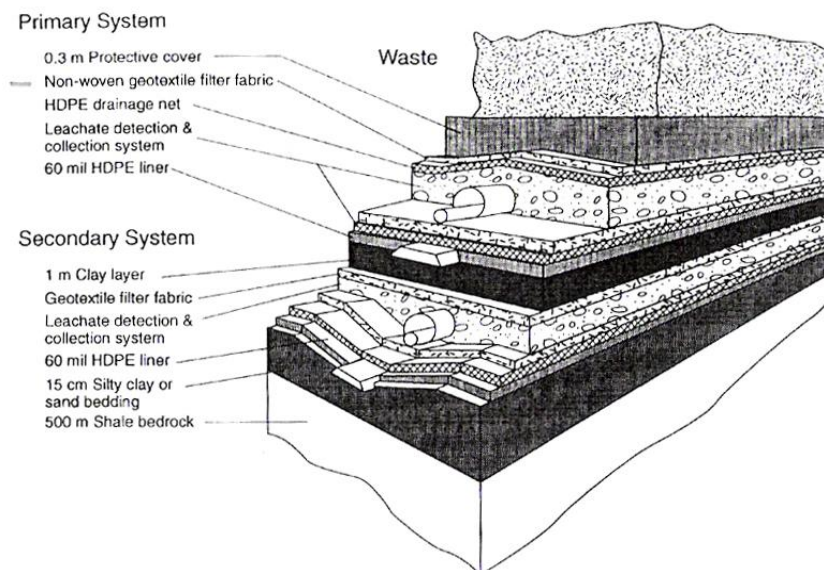


Figura 4.2 – Detalhe do sistema de impermeabilização do aterro de East Carbon, Utah – EUA
 Fonte: TAMMEMAGI, 1999, p. 98 (cortesia da ECDC Environmental).

Diversos especialistas e agências reguladoras concordam que até mesmo os melhores sistemas de impermeabilização e de coleta de chorume, um dia, irão vazar, como resultado do processo natural de deterioração. Então, esses sistemas somente postergariam a poluição das águas subterrâneas (TAMMEMAGI, 1999).

4.6 TRANSPORTE

As emissões dos veículos de transporte vão se tornando cada vez mais significativas à medida que o “local mais afastado” (aterro) distancia-se dos locais de geração do resíduo. Os gases poluentes gerados, como o gás carbônico (CO_2) e o monóxido de carbono (CO), contribuem para piorar a qualidade do ar (já bastante poluído nos grandes centros urbanos), além de agravarem o Efeito Estufa.

Os inúmeros quilômetros rodados diariamente pelos veículos, além de poluírem, agravam o problema do tráfego e congestionamentos, tão freqüentes nas grandes cidades.

O exemplo da cidade de Nova Iorque serve para ilustrar quais problemas são agravados nas megacidades e conurbações urbanas quando o local de afastamento dos resíduos situa-se cada vez mais distante da geração.

Com o fechamento do aterro *Fresh Kills*, em Nova Iorque, os resíduos coletados passaram a ser transportados para outros aterros em Nova Jérsei, Pensilvânia e Virgínia, alguns a quase 500 quilômetros de distância (NOVA YORK, 2004). Segundo estimativa dos pesquisadores, se cada caçamba-reboque utilizada no transporte a longa distância comporta 20 toneladas, então, diariamente, cerca de 550 reboques seriam necessários para transportar os resíduos de Nova Iorque (NOVA YORK, 2004). O conjunto dos reboques formaria um comboio de 14 quilômetros de extensão, congestionando o

trânsito, poluindo o ar e elevando as emissões de carbono (NOVA YORK, 2004). Por esse motivo, Joseph J. Lhota, Vice-Prefeito de Nova Iorque, declarou que a eliminação dos resíduos, atualmente, "é como uma operação militar cotidiana" (NOVA YORK, 2004).

Diversas comunidades de outros estados prontificaram-se a aceitar, mediante bom pagamento, os resíduos de Nova Iorque, mas, para os governos estaduais, que têm sido sobrecarregados com os custos crescentes de manutenção das rodovias, tal esquema não é muito atraente. Além disso, têm que lidar com questões como congestionamentos, ruídos, aumento da poluição e reclamações das comunidades vizinhas (NOVA YORK, 2004).

Com o intuito de diminuir a poluição ambiental pelas emissões dos veículos e reduzir os impactos no trânsito, o município de Nova Iorque decidiu alterar o meio de transporte dos resíduos a partir das estações de transbordo: barcaças para transporte fluvial e trens para transporte ferroviário, utilizados em conjunto para exportação dos resíduos das estações de transbordo até a disposição final em outros estados (URBINA, 25/03/2005).

Convém destacar, também, o impacto do fluxo de veículos de entrada e saída do aterro. Os inconvenientes causados pelos caminhões, seja transportando resíduos, terra, pedra etc., seja retirando os líquidos para tratamento, são tanto maiores quanto maior for a quantidade de resíduos destinada ao local. Os principais impactos são: ruídos, trepidação, possíveis odores, poeiras, gases emitidos pelos veículos, trânsito e eventuais congestionamentos.

Em São Paulo, de acordo com Fialho (2002), cada aterro recebe em média 400 viagens de resíduos por dia (informação oral)¹¹, o que significa aproximadamente 16 viagens por hora. Se considerado um fluxo contínuo de veículos, a cada intervalo de 1,9 minutos, um veículo de transporte de resíduos entra ou sai do aterro, fazendo barulho, trepidando o solo, espalhando gases, poeira e eventuais odores, sem considerar os outros veículos que trazem terra e pedra ou coletam os líquidos gerados para tratamento.

4.7 OPERAÇÃO DO ATERRO

O aterro sanitário apresenta vantagens se comparado a outras formas adequadas de destinação dos resíduos sólidos, principalmente no que concerne aos custos. Os custos de implantação e operação de um aterro são inferiores aos da triagem de recicláveis e da compostagem, e o aterro fornece, em princípio, condições ambientalmente seguras aos resíduos confinados.

A superioridade do aterro em relação ao "lixão" e o aterro controlado é indiscutível, apesar de os custos serem mais elevados. Por isso, os técnicos e especialistas preconizam para os municípios brasileiros essa disposição final aos resíduos gerados. No Brasil, a abundância de terra¹² e seu baixo custo de implantação e operação favorecem essa opção em detrimento ao tratamento,

¹¹ Informação oral fornecida por Marco Antônio Fialho, assistente técnico do Plano Diretor de Resíduos Sólidos da Secretaria de Serviços e Obras (SSO), Prefeitura Municipal de São Paulo (PMSP), em São Paulo, no dia 19/06/2002.

¹² Situação oposta à encontrada no município de São Paulo.

mas ainda não há o predomínio de aterros sanitários nos municípios brasileiros.

4.8 ENTRADAS NO ATERRO

Identifica-se que, no aterro sanitário, além das entradas de resíduos, são necessários, diariamente, outros materiais para atender às necessidades técnicas e operacionais, tais como: pedra, terra, telas metálicas e, quando da expansão do aterro, mantas para impermeabilização do solo. A terra de cobertura, às vezes, pode ser encontrada na própria área do aterro, mas há casos em que esse material, assim como os demais, vem de fora. Tais *inputs* envolvem veículos, que aumentam o tráfego nas vias de acesso ao aterro e emitem poeira e gases, dentre outros impactos causados na vizinhança.

Pode-se fazer uma analogia entre o aterro e uma “caixa preta” em que, por um lado entram resíduos, terra e pedra e, por outro, saem gases e líquidos. Porém, a dimensão da “caixa preta” aumenta a cada dia com o aumento dos resíduos dispostos, já que do processo interno não sai a mesma quantidade de material que entra.

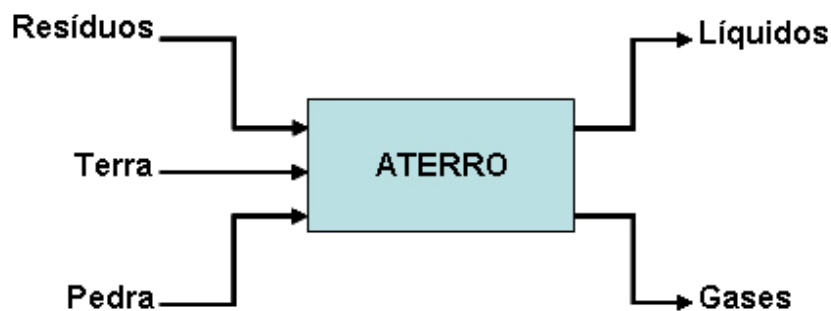


Figura 4.3 – Esquema de entrada e saída de materiais do aterro sanitário

4.9 DECOMPOSIÇÃO

Durante o processo de decomposição ou degradação da matéria orgânica no aterro, as principais consequências são: geração de chorume ácido; geração de gases potencialmente explosivos, denominados “biogás”; recalques do aterro com potencial ruptura e degradação da cobertura (TAMMEMAGI, 1999).

Tammemagi (1999) aponta que, para alguns, o aterro é considerado como fonte de riqueza, fonte de húmus que pode voltar aos nossos jardins. No extremo oposto, outros consideram a biodegradação no aterro como fonte de líquidos tóxicos, que podem poluir a água potável (TAMMEMAGI, 1999). Devido aos inúmeros casos de poluição da água e do solo pelos “lixões” e aterros, a segunda opinião deve ser considerada. Para Tammemagi (1999) e Kabbe et al. (1995 apud SILVA, 2001), pouco se sabe atualmente sobre o processo que ocorre dentro dos aterros.

De acordo como os estudos de Rathje e Psihoyos (1991 apud TAMMEMAGI, 1999), a biodegradação ocorrida nos aterros se dá numa escala menor do que

a que se pensava anteriormente. Um aterro sanitário bem projetado e operado parece estar mais apto a preservar seu conteúdo para a posteridade que a transformá-lo em húmus. Ele não seria um grande local de compostagem, mas um grande mumificador, devido, em parte, à baixa umidade do material confinado¹³ (TAMMEMAGI, 1999).

A decomposição biológica ocorre em três fases: aeróbia (na presença de ar), fase ácida anaeróbia e anaeróbia (ambas na ausência de ar). Na primeira, a temperatura eleva-se a até 70°C, não há geração de gás metano, porém é gerado dióxido de carbono. Na fase ácida, são gerados dióxido de carbono e chorume ácido, com pH entre 5,5 e 6,5, que dissolve outros materiais orgânicos e inorgânicos. A última fase, conhecida também como metanogênica, é a que mais prevalece. Na ausência de ar, são gerados dióxido de carbono, metano, água e um pouco de calor e, durante o processo, o pH do chorume oscila entre 7 e 8 (TAMMEMAGI, 1999). Os principais produtos finais dessa degradação são: água, dióxido de carbono e metano (TAMMEMAGI, 1999).

O aterro sanitário, a alternativa adequada enquanto "cemitério" dos resíduos, também poderá se tornar uma fonte permanente de poluição, caso haja vazamento dos líquidos no solo e na água e os gases sigam para a atmosfera, por isso exige monitoramento constante.

Para minimizar os problemas decorrentes da degradação da matéria orgânica e da remediação de áreas contaminadas, a Europa elaborou uma diretiva com metas de redução de orgânicos aterrados.

A diretiva europeia de aterro¹⁴ estabeleceu as metas de redução da parcela orgânica municipal enviada ao aterro tomando como base a quantidade disposta no ano de 1995. As metas são: reduzir em 25% os orgânicos dispostos em aterro no ano de 2010, 50% em 2013 e 65% em 2020. Essas datas previstas pela diretiva são válidas para os países membros da Comunidade Europeia que aterravam, em 1995, mais de 80% de seus resíduos domiciliares (UNIÃO EUROPEIA, 1999).

4.10 SAÍDAS DO ATERRO

Como elementos de saída do aterro – ou o que poderíamos chamar de resíduos do processo (*outputs*) – estão os gases e os líquidos. Para garantir a proteção ao meio ambiente, os gases e líquidos necessitam ser tratados. Os primeiros são queimados ou captados para geração de energia, enquanto os segundos recebem um tratamento assemelhado ao do esgoto, efetuado no local ou em alguma estação de tratamento de esgotos.

¹³ Nos aterros dos EUA, o percentual de matéria orgânica é bem menor que o verificado no Brasil, o que justifica a baixa umidade referenciada por Tammemagi.

¹⁴ *Landfill Directive* 1999/31/EC, de 26 de abril de 1999, válido para os membros da Comunidade Europeia (UNIÃO EUROPEIA, 1999).



Figura 4.4 – Corte esquemático do aterro São João com sistema de drenagem de gases e líquidos – São Paulo – 2002
Foto: Geraldo Gomes Serra.

No caso de São Paulo, a grande quantidade de chorume gerada é acumulada em lagoas, coletada e transportada para a estação de tratamento da SABESP (companhia de água e esgotos do Estado de São Paulo) através de um acordo entre os governos municipal e estadual. A contrapartida para o tratamento é o retorno de todo lodo de esgoto ao aterro sanitário.

4.10.1 Líquidos

Os líquidos gerados no aterro são compostos pela umidade presente nos resíduos, pelos líquidos da decomposição da matéria orgânica e pela água de chuva.

O chorume, líquido gerado na decomposição orgânica em condições anaeróbias, é altamente poluente, sendo mais danoso ao meio ambiente que o próprio esgoto doméstico.

Segundo Tammemagi (1999), os líquidos demoram muitos anos para percolar todo o aterro e, durante esse período, incorporam metais pesados, sais, compostos orgânicos clorados e outras substâncias perigosas.

Jucá et al. (2002) destaca a dificuldade de tratamento do chorume, “tendo em vista a variação das suas características em função da heterogeneidade dos resíduos dispostos e da idade do aterro”.

Jucá et al. (2002) e Jucá (2002) apresentam que a recirculação do chorume objetiva reduzir a vazão efetivamente a ser tratada. Adotado no aterro da Muribeca, na Região Metropolitana de Recife, a recirculação do chorume é realizada de maneira a garantir que o processo de decomposição dos resíduos não seja inibido, além de assegurar a estabilidade estrutural do aterro.

Segundo Jucá (2002), a recirculação de chorume, além de elevar o peso específico dos resíduos, pode provocar inibição do processo de biodegradação, caso a umidade se torne excessiva.

Se, para Jucá, a recirculação do chorume representa menor vazão, para Tammemagi (1999), significa a aceleração do processo de degradação e, possivelmente, maior geração de chorume.

De acordo com Tammemagi (1999), quando há recirculação de chorume, tem-se o aterro úmido (*wet-landfill*). O método tradicional é o aterro seco, ou *dry landfill*, que apresenta menor probabilidade de contaminar as águas subterrâneas.

Acredita-se que a diferença de visão dos especialistas deve-se à umidade da massa aterrada decorrente da composição dos resíduos confinados nos aterros analisados: nos EUA, a fração orgânica representa menos de 30% da massa de resíduos, enquanto que, no Brasil, mais de 50% da massa é composta por matéria orgânica. Dessa forma, fica claro que as condições ambientais e as características dos resíduos e do aterro devem ser amplamente analisadas antes da tomada de decisão sobre a recirculação ou não do chorume.

Atualmente, a recirculação do chorume é indicada para o aumento da geração do biogás (com objetivo de gerar energia), pois acelera o processo de degradação. Mas Bidone e Povinelli (1999) colocam que a umidade no interior do aterro, até um determinado nível, pode estimular a produção de gases, porém, as infiltrações excessivas podem causar retardamento na produção.

A USEPA (Agência de Proteção Ambiental dos Estados Unidos) dá ênfase à adoção do aterro seco, pois pouco se conhece acerca do processo de decomposição. Além disso, há grande preocupação com a durabilidade, a longo prazo, das camadas impermeabilizantes do aterro e dificuldade de remediar as águas subterrâneas, uma vez que tenha ocorrido a contaminação (TAMMEMAGI, 1999).

De acordo com Valente (2003), no município de São Paulo, somente em um dos aterros, o Bandeirantes, são captados mais de 1 milhão de litros de chorume por dia (de 13 a 17 litros/segundo) (informação oral)¹⁵.

4.10.2 Gases

No processo de decomposição da matéria orgânica, são gerados gases compostos por cerca de 50% de metano (CH₄), 40% de dióxido de carbono¹⁶ (CO₂), 5-10% de nitrogênio (N₂), além de pequenas quantidades de oxigênio e componentes clorados, dentre outros (WILLUMSEN, 2004).

Dentre os gases gerados, destaca-se o metano, gás inflamável que contribui para o efeito estufa. Esse gás, em geral, é queimado nas saídas dos drenos de gases, produzindo o gás carbônico (CO₂), que também é poluente. Todavia, o metano é aproximadamente 25 vezes mais potente que o dióxido de carbono

¹⁵ Informação oral fornecida pelo Eng. Plínio Valente, Diretor da Divisão Técnica de Aterro do Limpurb, em visita ao Aterro Bandeirantes, no dia 06/06/2003. A média diária de geração é de 1.611 m³ no Aterro Bandeirantes e 1.965 m³ no Aterro São João (PMSP, 2003a, Anexo 1.C.pdf).

¹⁶ Também chamado de gás carbônico.

em reter a radiação solar infravermelha, o que representa uma contribuição significativa ao aquecimento global (TAMMEMAGI, 1999; STRATEGY UNIT, 2002).

Segundo Jucá (2002), o sistema de drenagem de gases nos aterros brasileiros, em geral, é individual (do tipo aberta), com queimadores do tipo *flare*¹⁷. No tratamento dos gases com queima do tipo aberta, a queima não é completa, como acontece nos queimadores do tipo enclausurado. Sendo assim, não há garantia da total transformação do metano em dióxido de carbono e poderá resultar na liberação de compostos tóxicos, que seriam destruídos pela ação de elevadas temperaturas.

Quando os gases do aterro são queimados, pode haver a formação de monóxido de carbono (CO), óxidos de nitrogênio (NO_x), dióxido de enxofre, gás clorídrico e material particulado¹⁸ (BARBOZA, 1992 apud ASSUNÇÃO, 2000; USEPA, 1998 apud ASSUNÇÃO, 2000).



Figura 4.5 – *Flare* do aterro Bandeirantes – São Paulo – 2004
Fonte: Material informativo sobre o biogás do aterro Bandeirantes

Jones (1994 apud TAMMEMAGI, 1999) estudou os impactos na saúde e riscos ambientais associados às emissões de contaminantes, como cloreto de vinila (*vinyl chloride*), benzeno, óxidos de nitrogênio e dioxinas provenientes de aterros e incineradores de mesma capacidade. Os resultados da pesquisa, publicados na revista *Solid Waste Technologies*, indicaram que os impactos das emissões dos aterros na saúde são maiores que por incineradores geradores de energia, mesmo quando o aterro possui mecanismos de coleta de gases. A recomendação é que sejam feitas regulamentações também para as emissões dos aterros, similares às dos incineradores (JONES, 1994 apud TAMMEMAGI, 1999).

¹⁷ Chama que queima os gases combustíveis gerados no aterro – como o gás metano (CH₄) – capturados através dos drenos de gases.

¹⁸ Material particulado: são as partículas sólidas ou líquidas emitidas por fontes de poluição do ar ou aquelas formadas na atmosfera (ASSUNÇÃO, 2000).



Figura 4.6 – Queimador de gases no antigo aterro de Loures – Portugal – 2004
Foto: Claudia Ruberg.

O metano pode ser utilizado como fonte energética. Segundo Emcon (1980 apud TAMMEMAGI, 1999) para cada quilo de resíduo são gerados aproximadamente de 2,5 a 3,7 litros de metano, e de acordo com pesquisas realizadas, os aterros contribuem com 6 a 18% do total de metano liberado na atmosfera no mundo, um valor de 30 a 70 milhões de toneladas anuais de metano (ENVIRONMENT, 1987 apud TAMMEMAGI, 1999).

Assim como no *flare*, quando há captação para geração de energia ocorre a queima dos gases, porém, neste último, o processo é controlado. Como há queima, em ambos os casos o gás carbônico é liberado na atmosfera.

Atualmente, há, no mundo, cerca de 1.150 plantas de coleta de biogás (WILLUMSEN, 2004). O primeiro aterro brasileiro a gerar energia a partir do biogás foi o aterro Bandeirantes, no município de São Paulo, que está em funcionamento desde janeiro de 2004 (VIVEIROS, 23/01/2004).

De acordo com as pesquisas do Centro de Estudos Avançados em Economia Aplicada (CEPEA) sobre o potencial de geração de biogás e energia nos grandes aterros brasileiros, o cálculo de um empreendimento de aproveitamento de biogás leva em consideração a quantidade de metano gerada ao final de aproximadamente 10 anos, e não a inicial ou atual (ESTUDO ..., 2003).

Como a curva de geração do biogás é decrescente com o tempo e o investimento em equipamentos necessita de aproximadamente 10 anos de operação contínua para ser amortizado; o excedente de gás gerado no período não é aproveitado, mas simplesmente queimado (ESTUDO ..., 2003).

Tammemagi (1999) relata que, apesar de a quantidade de gases gerados em um aterro não ser grande, o local continua a gerar metano por 30 a 60 anos, e o capital de investimento necessário para construir a coleta e demais sistemas é relativamente pequeno. É estimado que, em 1998, mais de 100 aterros nos EUA coletavam o metano.

Estudos de Gandolla et al. (apud SILVA, 2001) identificaram casos de migração de gases de aterros, onde o biogás foi detectado em locais distantes até 1.500 metros do aterro.

Um dos meios de identificar a presença do biogás é a morte da vegetação existente, porque, com a oxidação do metano, a quantidade de oxigênio disponível no solo diminui, sufocando as raízes e causando a morte das plantas (SILVA, 2001).

Na Inglaterra, apesar de haver a coleta do metano nos aterros, as emissões desse material, nos aterros, representaram, em 2000, mais de 25% do total de emissões no Reino Unido. Sendo assim, uma das metas atuais locais é reduzir a excessiva dependência do aterro sanitário (STRATEGY UNIT, 2002).

4.11 MANUTENÇÃO APÓS FECHAMENTO

Com o encerramento das atividades no aterro, é realizada a manutenção do local e o monitoramento das emissões líquidas e gasosas para controle e garantia de proteção ao meio ambiente e à saúde pública.

Hjelmar (1996) aponta que as perspectivas legais e práticas determinam um cuidado máximo póstumo de 30 a 50 anos, após o qual o aterro não dependeria de sistemas ativos de proteção ambiental, o que aparentemente seria apropriado. Porém, devido aos diversos tipos de resíduos, esse período de cuidados póstumos pode não ser realístico se não houver mudanças na operação e no desenho dos aterros atuais (HJELMAR, 1996).

Kabbe et al. (1995 apud SILVA, 2001) relatam que, na Alemanha, pouco se conhece sobre o comportamento dos aterros a longo prazo, o que complica um adequado gerenciamento para ocupação posterior desses terrenos. Essa ausência de conhecimento também acontece nos aterros brasileiros, tornando difícil determinar quando os processos de decomposição se encerram.

No Brasil, mais de 50% dos resíduos sólidos coletados são compostos por matéria orgânica (JARDIM, 1995), logo o processo de degradação no interior do aterro é intenso – muito maior que em aterros europeus com baixo teor de orgânicos –, tendo como consequência a geração contínua de gases e líquidos, mesmo após anos do fechamento do local.

Além disso, com a decomposição da matéria orgânica, o local sofre recalques para acomodação interna da massa de resíduos. Essa degradação da matéria orgânica torna o terreno bastante instável durante um longo tempo. Desse modo, é necessário o monitoramento do local por um longo período, que Jardim (1995) coloca como sendo o tempo necessário até a estabilização da massa de resíduos, ou seja, sem prazo definido *a priori*.

Conforme citado anteriormente, a degradação dos sistemas de impermeabilização leva à infiltração dos líquidos no solo (TAMMEMAGI, 1999). Devido ao pouco conhecimento da duração dos processos no interior do aterro, não há como garantir que as camadas de proteção do solo durem tanto quanto o período de geração de líquidos e gases. Além disso, como as dimensões dos aterros aumentaram muito nos últimos anos, torna-se praticamente impossível

escavar dezenas de metros de aterro¹⁹ para realizar reparos quando os vazamentos forem descobertos (TAMMEMAGI, 1999).

Segundo Tammemagi (1999) e Kabbe et al. (1995 apud SILVA, 2001) o período de monitoramento e manutenção pode durar de poucas décadas até mais de um século após o encerramento do aterro. Conseqüentemente, ao optar por aterrar todos resíduos, há a transferência de responsabilidades e sobrecarga para as futuras gerações, que arcarão com essas atividades (TAMMEMAGI, 1999).

Há, ainda, o risco futuro de ocorrer invasões nos aterros encerrados, porque, muitas vezes, estes estão localizados perto dos centros urbanos. Com a expansão urbana, maior é a pressão popular para construir sobre as áreas desses antigos aterros, assim tais locais necessitam ser vigiados por longo período (TAMMEMAGI, 1999). Um exemplo é o antigo aterro de inertes em Itatinga, São Paulo, que possui equipes de vigilância 24 horas para impedir invasões, já que o local está completamente inserido em área ocupada por favelas.

¹⁹ O aterro *Fresh Kills*, nos EUA, apresenta locais com 150 metros de profundidade. No aterro Bandeirantes, em São Paulo, há pontos com 110 metros de profundidade e no aterro São João, também em São Paulo, 130 metros.

