

O DESAFIO DAS CIDADES: ATERRO SANITÁRIO X INCINERADOR COM GERAÇÃO DE ENERGIA (WTE)

Veronica Polzer

Doutoranda em Arquitetura e Urbanismo pela Universidade Presbiteriana Mackenzie

vpolzer@yahoo.com.br

Resumo:

O modelo utilizado como unidade final de disposição de resíduos nas cidades brasileiras é o aterro sanitário. Só na cidade de São Paulo, a maior e mais importante do Brasil, são produzidos diariamente 18.000 toneladas de lixo que poderiam ter outros destinos como a reciclagem, compostagem e a geração de energia através de incineradores de alta tecnologia. Portanto, este artigo tem como objetivo descrever as operações de um aterro sanitário típico, o histórico da implantação dos aterros em São Paulo e alertar para os prós e contras desse sistema, como destino final dos rejeitos de uma cidade, comparando com um incinerador de alta tecnologia, com geração de energia (waste-to-energy).

Palavras-chave: Aterro sanitário. Incinerador. Resíduos sólidos urbanos.

THE CITIES CHALLENGE: LANDFILL X WASTE TO ENERGY INCINERATOR (WTE)

Abstract:

The model used to drive the final waste disposal in Brazilian cities is the landfill. In São Paulo city, the largest and most important of Brazil, its produced daily 18,000 tons of garbage that could have other destinations such as recycling, composting and power generation through high-tech incinerators. Therefore, this article aims to describe the operations of a typical landfill, the historic deployment of landfills in São Paulo and alert to the pros and cons of this system as the final destination of waste city, comparing with a high-tech incinerator with energy generation (waste-to-energy).

Key words: Landfill. Incinerator. Urban solid waste.

1 Introdução

A cidade de São Paulo produz cerca de 18.000 toneladas diárias de resíduos, as quais têm como destino final os aterros sanitários, exceto uma pequena parcela de 1,05% é desviada para a reciclagem e também uma pequena parte dos inertes da construção civil. Os serviços de coleta, transporte, operação e destinação dos resíduos são realizados por duas concessionárias: A Ecourbis, responsável pelas 18 subprefeituras do agrupamento sudeste e a Loga responsável pelo noroeste com 13 subprefeituras (PGIRS, 2012)

Com o encerramento das atividades do Aterro Bandeirantes em março de 2007 e o São João em 2009, que eram os únicos aterros em operação em São Paulo, a cidade passou a destinar seus resíduos para outras cidades da Grande São Paulo, desta forma, o município precisava de uma nova unidade de destinação para receber os resíduos gerados pela população. Até novembro de 2010 os resíduos eram, portanto enviados para outros municípios, foi quando inaugurou-se o aterro CTL (Central de Tratamento Leste), operado pela Ecourbis.

O Aterro CTL fica localizado na estrada de Sapopemba número 23.235, na altura do km33, distrito de São Mateus, ao lado do aterro São João, hoje desativado e monitorado pela concessionária Ecourbis, que além destes dois aterros também monitora o aterro Santo Amaro. Já a concessionária Loga monitora os aterros desativados Bandeirantes e da Vila Albertina e envia parte dos resíduos do município de São Paulo para a cidade de Caieras, em um aterro particular.

O aterro sanitário foi a opção de unidade de destino final escolhida para receber todo o resíduo sólido produzido nas cidades brasileiras, principalmente devido ao baixo custo comparado ao processo de incineração. Em cidades europeias, americanas, canadenses e japonesas, por exemplo, é comum a utilização do incinerador com geração de energia e controle de poluentes para a redução do volume do lixo a ser depositado e outras técnicas implantadas para diminuir ainda mais a quantidade dos rejeitos a serem aterrados, como a coleta seletiva e a compostagem. No Brasil a incineração não é bem vista devido a tecnologia ultrapassada dos modelos empregados no passado que eram altamente poluentes, não geravam energia e ainda, o local das antigas instalações, representam atualmente um passivo ambiental a ser tratado, diferentemente dos modelos utilizados hoje internacionalmente, que geram energia elétrica, possuem queima controlada, neutralização de gases, emitindo CO abaixo dos níveis permitidos.

Considerando como situação ideal a meta de muitas cidades, conhecida como “zero waste”, ou seja, zero de resíduos, o objetivo é reunir todos os esforços e tecnologia existentes para produzir o mínimo de rejeitos a serem incinerados ou aterrados, através de mecanismos como: redução de resíduos na origem; universalização da coleta seletiva e reciclagem; compostagem da matéria orgânica; logística reversa, coleta e destino de resíduos especiais (pilhas, baterias, lâmpadas, pneus, mobiliário, etc).

Para isso convém explicar a diferença entre rejeitos e resíduos, conforme descrito na PNRS (Política Nacional de Resíduos Sólidos), em que resíduo é aquele material que pode ser reaproveitado, reutilizado ou reciclado, ou seja, poderá voltar a ser matéria prima para as indústrias de reciclagem e rejeito é aquele material que, esgotadas todas as possibilidades de reciclagem ou falta de tecnologia disponível para isso, tem como destino final os aterros sanitários ou incinerador com geração de energia (BRASIL, 2010).

Dessa forma o resíduo volta a ser matéria prima sendo utilizado nas indústrias recicladoras através da coleta seletiva e da logística reversa e no caso do material orgânico este pode ser reaproveitado para a compostagem, onde o material é transformado em adubo e depois comercializado.

Para que todas essas ações de redução em massa tenham sucesso é necessário, primeiramente, incentivos fiscais para o setor industrial e comercial para que participem da reciclagem e compostagem, reutilizando esses materiais dentro de um ciclo fechado, recuperando o que foi produzido e descartado, de forma contínua para que ocorra aproveitamento energético e de recursos. Em segundo, a implantação da educação ambiental de forma abrangente e em todos os setores da sociedade, nas escolas, nas comunidades dos bairros, igrejas, instituições e através dos canais de comunicação (TV, rádio, internet, jornal, revistas, etc).

O agravamento do problema da produção dos resíduos vem acompanhado do crescimento populacional das cidades, por exemplo, em São Paulo, a população em 1872 era de 31.385 pessoas, em 1950 passou para 2.198.096 habitantes, em 1980 era de 8.493.226 e no último censo de 2010 atingiu 11.253.503. No gráfico 01 é possível observar o crescimento acelerado do município, principalmente da década de 1950 para 1960 onde a população atingiu a taxa de 5,6% de crescimento. (IBGE, 2010b).

Tabela 01

Gráfico 01

Anos	População	Taxa de Crescimento
1872	31.385	
1890	64.934	4,1
1900	239.820	14,0
1920	579.033	4,5
1940	1.326.261	4,2
1950	2.198.096	5,2
1960	3.781.446	5,6
1970	5.924.615	4,6
1980	8.493.226	3,7
1991	9.646.185	1,2
2000	10.434.252	0,9
2010	11.253.503	0,8

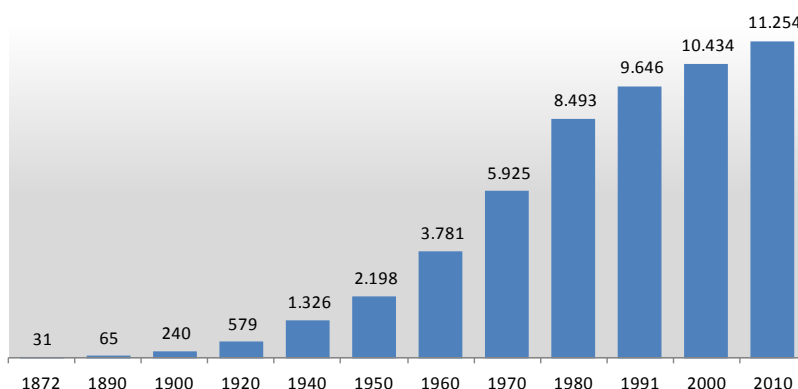


Tabela 01 e Gráfico 01 - Crescimento populacional da cidade de São Paulo nos anos de levantamento censitário. Gráfico do autor. Fonte: IBGE, 2010b

Segundo a Abrelpe (2010), a quantidade de resíduos produzida e coletada superou em 6 vezes o índice do crescimento populacional de 2009 para 2010, ou seja, o crescimento da produção de resíduos possui um ritmo e uma tendência de incremento acima do crescimento populacional, por isso, torna-se ainda mais preocupante destinar corretamente os resíduos, sendo que primeiro estes deveriam ser encaminhados para a reciclagem e compostagem e somente os rejeitos teriam como destino o aterro sanitário ou incinerador com geração de energia. Lembrando que a quantidade de resíduos destinada inadequadamente ou que não foram recolhidas também aumentou nos últimos anos e necessita de medidas que impeçam o descarte irregular e permita o aproveitamento destes materiais.

Embora no município de São Paulo as unidades de destino final de resíduos são aterros sanitários isso não ocorre nas demais cidades brasileiras, em que segundo a pesquisa do IBGE de 2008, mais de 50% das unidades são vazadouros a céu aberto, 22,5% são aterros controlados e 27,7% são aterros sanitários (IBGE, 2010a).

2 Aterro Sanitário típico

Primeiramente antes de explicar o funcionamento e a importância de um aterro sanitário é necessário diferenciá-lo de um aterro controlado e de vazadouros a céu aberto, também conhecidos como lixões. O aterro controlado, de forma objetiva, é um lixão melhorado, ou seja, um local que já recebia resíduos de forma precária e que foram tomadas algumas medidas para minimizar seu impacto ao meio ambiente como o recolhimento do gás metano e do chorume e o cobrimento dos resíduos com terra. Já o lixão é o descarte dos resíduos sobre o solo sem qualquer técnica para reduzir sua contaminação, é a forma de depósito mais antiga da humanidade.

A NBR 8419 sobre “Apresentação de projetos de aterros sanitários de resíduos sólidos urbanos”, denomina aterro sanitário como sendo:

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, p.1).

Para se iniciar a operação de um aterro sanitário é necessário cumprir com os requisitos apresentados na norma NBR 8419, entregando para avaliação os seguintes documentos: os memoriais descritivos e técnicos, cronograma físico e financeiro da obra, desenhos e anexos diversos. Deverão ser informados no memorial, entre outras informações, quais os resíduos que serão depositados no local, a caracterização do local, como será a operação e o uso futuro do aterro quando este for concluído. (ABNT, 1992)

Segundo a CETESB (2013), os aterros podem ser separados em dois grupos:

- *Aterro convencional*: consiste na formação de taludes acima do nível original do terreno configurando no final uma montanha.
- *Aterro em valas*: através de trincheiras os resíduos são depositados e compactados devolvendo ao terreno a configuração original.

Em relação a localização do aterro sanitário este deverá seguir alguns critérios como estar servido de rodovias mas com distância mínima de 200m para que fique protegido da vista, estar distanciado de áreas de preservação ambiental e cursos d'água, conforme legislação vigente, estar próximo da zona de coleta ou da estação de transbordo (ideal não ultrapassar 30km ida e volta), apresentar vias de acesso para caminhões em boas condições, manter afastamento mínimo de 2km do perímetro urbano para evitar incômodo, estar afastada de aeroportos devido a atração de pássaros, principalmente urubus, que atrapalhariam as aeronaves e outros fatores. Importante salientar que áreas secas, de depressão natural, de exploração mineral ou de argila ou até minas já esgotadas são locais que favorecem a implantação de um aterro sanitário e para comprovar se o local poderá se tornar um aterro sanitário será necessária uma série de investigações geológicas e geotécnicas.

O aterro sanitário deverá apresentar dentre outras, as seguintes características, segundo CETESB (2013):

- A base do aterro deverá ser impermeabilizada evitando o contato dos resíduos e principalmente do chorume com o solo e assim não contaminando os lençóis freáticos;
- Implantação da drenagem do metano através de tubulações verticais que deverão conduzir o gás para os queimadores ou usinas de biogás com geração de energia;
- Coleta e destinação do chorume para tratamento através de tubulações horizontais que estão localizadas na base do aterro onde o líquido é recolhido e encaminhado para as lagoas de contenção ou centrais de tratamento de esgoto, onde a água será descontaminada e lançada nos rios;
- Drenagem da água pluvial visando diminuir a infiltração no solo e aumentar o volume do chorume;
- Monitoramento do local para que não seja invadido;
- Monitoramento da fauna, flora, lençóis freáticos, topográficos e outros.

Na figura 01 é possível observar um corte típico de um aterro sanitário com todas as camadas necessárias, desde a compactação do solo de base, colocação da manta de PEAD (polietileno de alta densidade), depois mais uma camada de solo compactado, os drenos horizontais que capturam os líquidos percolados pela matéria orgânica, os drenos verticais que irão recolher o metano que será encaminhado para uma usina de biogás ou queimado no final da tubulação, as células de lixo que possuem cerca de 5 metros de altura para receber os resíduos compactados de forma a otimizar ao máximo o espaço, o poço de monitoramento do

lençol freático, o cobrimento sanitário final da célula de lixo, as calhas de recolhimento de água pluvial em cascalho e o monitoramento da declividade através de piezômetros.

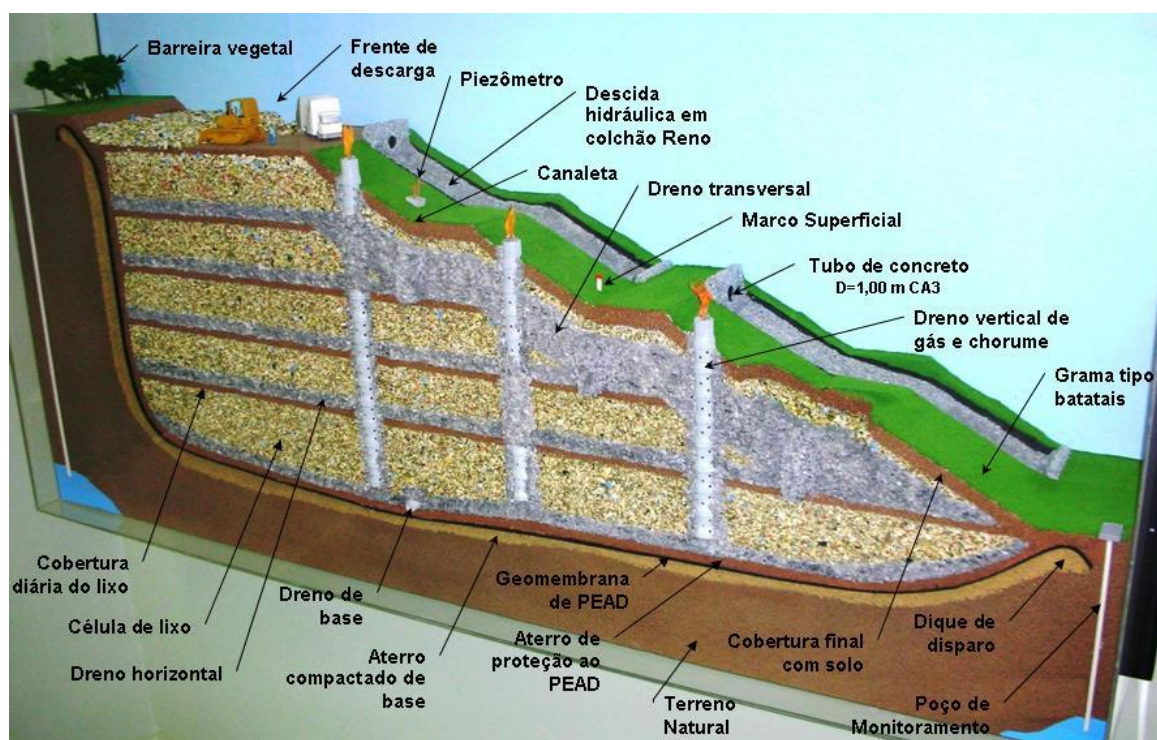


Figura 01 - Corte de um aterro sanitário típico. Fonte: imagem cedida pela ECOURBIS em 29/09/2011a

Além da técnica, conforme apresentado na figura 01, em dispor os resíduos de forma a minimizar os impactos ambientais, também são necessárias alguns monitoramentos de forma a garantir o eficiente e correto funcionamento do aterro sanitário controlando a contaminação do ar, os ruídos provocados pelos equipamentos, controle epidemiológico, análise das águas subterrâneas e superficiais, controle da fauna para que nenhum animal seja contaminado. Em relação aos animais normalmente é implantado um cinturão verde que atua como uma barreira natural, impedindo o acesso.

A rotina operacional de um aterro sanitário consiste em receber as carretas carregadas das estações de transbordo ou caminhões compactadores de regiões próximas, estes veículos são pesados, os dados do veículo, motorista e peso são registrados e após essa etapa ele é liberado para descarregar os resíduos em uma célula em operação. Os resíduos são compactados por um trator de esteira que através de movimentos de vai e vem diminui o volume do lixo a ser aterrado. No final da operação diária, o lixo receberá uma camada de terra de cerca de 15cm. Após o encerramento a área esgotada recebe uma camada de terra de 60cm que servirá de substrato para a plantação de grama.

O chorume produzido pela decomposição da matéria orgânica é um dos resíduos mais poluentes que existem e deve ser recolhido e tratado durante toda a vida útil do aterro e depois durante a sua manutenção. O líquido pode ser tratado no local através de lagoas de decantação ou enviado a estação de tratamento de esgoto. No final de ambos os processos restará a água descontaminada que é liberada para córregos e rios e o lodo que será aterrado no aterro sanitário.

Os aterros sanitários depois de esgotada sua capacidade em receber mais resíduos passa por um período de acompanhamento e manutenção, nesta fase a matéria orgânica continua a se decompor e, portanto diversos levantamentos devem ser realizados a fim de que

não ocorra nenhum desbarrancamento de terra accidental ou contaminação do ar e dos lençóis freáticos.

3 Histórico dos aterros sanitários em São Paulo

A coleta de resíduos na cidade de São Paulo teve início em 1869 na data de criação do serviço de limpeza pública, neste ano a Câmara contratou uma empresa particular para realizar a coleta domiciliar. Os veículos utilizados para o recolhimento do lixo era feito por tração animal e permaneceu assim até 1968 ano em que a coleta passou a ser totalmente motorizada. Apenas no período de 1974 à 1978 que os vazadouros a céu aberto foram substituídos por aterros sanitários, os quais eram operados por empreiteiras: Lauzane Paulista, Jd. Damasceno, Vila São Francisco, Carandiru, Pedreira City, Engenheiro Goulart, Raposo Tavares, Pedreira Itapuí (CALDERONI, 2003).

Em 1976 teve início as operações do Aterro Santo Amaro com área de aproximadamente 304.000m² e que recebia cerca de 52.000 toneladas mensais, no ano seguinte é inaugurado o aterro de Vila Albertina com área de 214.000m², recebendo 65.000 toneladas por mês. Em 1979 estes dois aterros e os demais, iniciados entre 1974 e 1978, totalizando oito aterros, são encerrados e tem início a operação do aterro Bandeirantes em 1979, que seria o maior e mais moderno aterro sanitário instalado no Brasil até aquele momento, operando sozinho até a inauguração do aterro São João em 1992 e o aterro CDR Pedreira, de iniciativa particular e com capacidade total de receber 21,5 milhões de toneladas distribuídas em 1.022.000m² (CALDERONI, 2003). Com o encerramento do aterro sanitário Bandeirantes em março de 2007 seus resíduos passaram a ser destinados para o Aterro Caieiras com área de 3,5 milhões de m², dois anos depois, em outubro de 2009 é desativado também o aterro São João e naquele momento os resíduos passaram a ir para o Aterro CDR Pedreira (particular). Portanto até o início das operações do aterro sanitário CTL, em novembro de 2010, São Paulo destinou seus resíduos para outros municípios, pois não havia mais uma unidade de destino final na cidade.

O Aterro Bandeirantes surgiu da desapropriação de uma área pertencente ao grupo J.J. Abdalla localizada na Rodovia dos Bandeirantes, km 26, no bairro de Perus e nesta época, 1979, era considerado o maior aterro sanitário da cidade, ainda que em 1988 viesse a ocorrer uma expansão agregando mais uma área desapropriada de 46.739,56m² em terras contínuas a existente e ao longo dos anos mais áreas foram desapropriadas até formar o aterro como está hoje, com área total de 1.400.000m², durante os seus 28 anos de operação recebeu cerca de 36 milhões de toneladas de resíduos. Neste aterro foi implantada a primeira usina de biogás do Brasil, inaugurada em 2004, transformando a queima do metano em energia elétrica suficiente para abastecer 400.000 habitantes (BIOGÁS, 2011, COELHO, 2008 e CALDERONI, 2003).

Segundo a Biogás (2011), esta instalação é a que produz mais energia elétrica a partir do lixo do mundo, sendo a pioneira no Brasil. O processo consiste basicamente em captar o gás metano através de tubos de PEAD (polietileno de alta densidade), direcionando-os para os motogeradores, onde geram energia que por fim é distribuída para a Eletropaulo. No total são 24 motogeradores, cada um produzindo 925kW, totalizando 20.000kW de potência. Além disso, a instalação é considerada um Mecanismo de Desenvolvimento Limpo (MDL), desta forma a Biogás ainda ganha 50% dos créditos de carbono e a Prefeitura recebe os outros 50%. Todo o empreendimento foi vistoriado e validado através da auditora da empresa DNV (DetNorskeVeritas), que é uma organização internacional de gerenciamento de riscos.

O Aterro sanitário São João, assim como o Bandeirantes, também foi considerado um dos aterros mais modernos e eficientes da América Latina segundo a concessionária Ecourbis, que realiza sua manutenção. Localizado na Estrada de Sapopemba, no Km 33, iniciou suas

atividades em 1992 e foi encerrado em novembro de 2009 tendo recebido nesse período cerca de 30.000.000 toneladas de resíduos numa área total de 456.000m², sendo a média diária de resíduos nos últimos anos em torno de 7000 toneladas, produzindo cerca de 1.800m³ de chorume por dia. Neste aterro também foi instalado uma usina de Biogás que iniciou o recolhimento e a geração de energia em 2007 (AUTOR, 2012).

Para a compensação do aterro São João a Ecourbis plantou cerca de 62.000 mudas de árvores nativas em uma área de 760.000m². Foi implantado um viveiro para a produção de mudas e desde 2009 a produção é de 80.000 mudas por ano que estão sendo plantadas nos diversos projetos ambientais (PGIRS, 2012).

Com o encerramento dos dois maiores e mais importantes aterros de São Paulo, iniciou-se a operação do aterro CTL (Central de Tratamentos de Resíduos Leste), que está localizado ao lado do aterro São João, e recebe os resíduos dos municípios de São Paulo, Itaquaquecetuba, Ferraz de Vasconcelos e Suzano. A princípio o aterro CTL iria receber apenas os resíduos de São Paulo mas com o encerramento do aterro controlado de Itaquaquecetuba passou a receber também os resíduos dessa região consorciada. A preocupação é que este aterro tem previsão de esgotamento em 2020, isto é, 10 anos após a sua inauguração, que é o período mínimo permitido pela CETESB, sendo que ele recebe atualmente cerca de 7000 toneladas diárias de lixo, a mesma quantidade que o São João recebia nos últimos anos. O aterro CTL está inserido numa área total de 1.123.590,00m², sendo que 34% dessa área, 389.500m² está destinada a receber os resíduos sólidos. Para a implantação do aterro está sendo removida toda a cobertura vegetal, resultando para a Ecourbis compensar a retirada das espécies e o impacto ambiental através de diversos projetos de compensação ambiental que juntos totalizam uma área de intervenção de 930.000m². Até o início de 2012 foram plantadas 177.000 mudas nativas, após terminados todos os plantios dentro das áreas de projeto ambiental terão sido recuperados cerca de 5,5 milhões de m² dentro do município, já os animais residentes na região foram removidos e conduzidos a uma área de preservação ambiental. Um dos projetos de compensação ambiental está sendo desenvolvido no Parque Sapopemba no antigo aterro desativado, totalizando uma área de mais de 304.000m². Para o aterro CTL também está previsto uma central de biogás, que na época da visita (2011) ainda não estava em operação. É estimado que a usina irá gerar energia suficiente para abastecer 300.000 habitantes, com capacidade de produzir cerca de 160.000MW por ano de eletricidade (ECOURBIS, 2011b).

O outro aterro sanitário que está recebendo também os resíduos de São Paulo e que fica no município de Caieiras, é particular e é mantido pela empresa Essencis. Suas atividades foram iniciadas em setembro de 2002 e recebe resíduos transportados pela concessionária Loga de toda a região noroeste, representando cerca de 5400 toneladas por dia, que anteriormente tinham como destino o aterro Bandeirantes. Este aterro recebe os resíduos dos seguintes municípios: São Paulo, Taboão da Serra, Itapecerica da Serra, Embu-Guaçu, São Lourenço da Serra e Jujutiba. Hoje, segundo a Essencis (2013), o aterro sanitário de Caieiras é o maior da América Latina, são 3,5 milhões de m² que recebem não só os resíduos domésticos, mas também resíduos perigosos, industriais e provenientes de solos contaminados, com capacidade de receber 60 milhões de m³ de resíduos. O aterro de Caieiras contempla as seguintes áreas: aterro para resíduos domiciliares, industriais classe I e II, unidade de pré-tratamento de resíduos perigosos, estocagem temporária de resíduos, laboratório para controle de recebimento e monitoramento da unidade, unidade de recuperação de metais, unidade de dessorção térmica (TDU) de solos contaminados e manufatura reversa de refrigeradores e eletroeletrônicos. Neste aterro também há uma usina de biogás captando o metano para queima e aproveitamento energético.

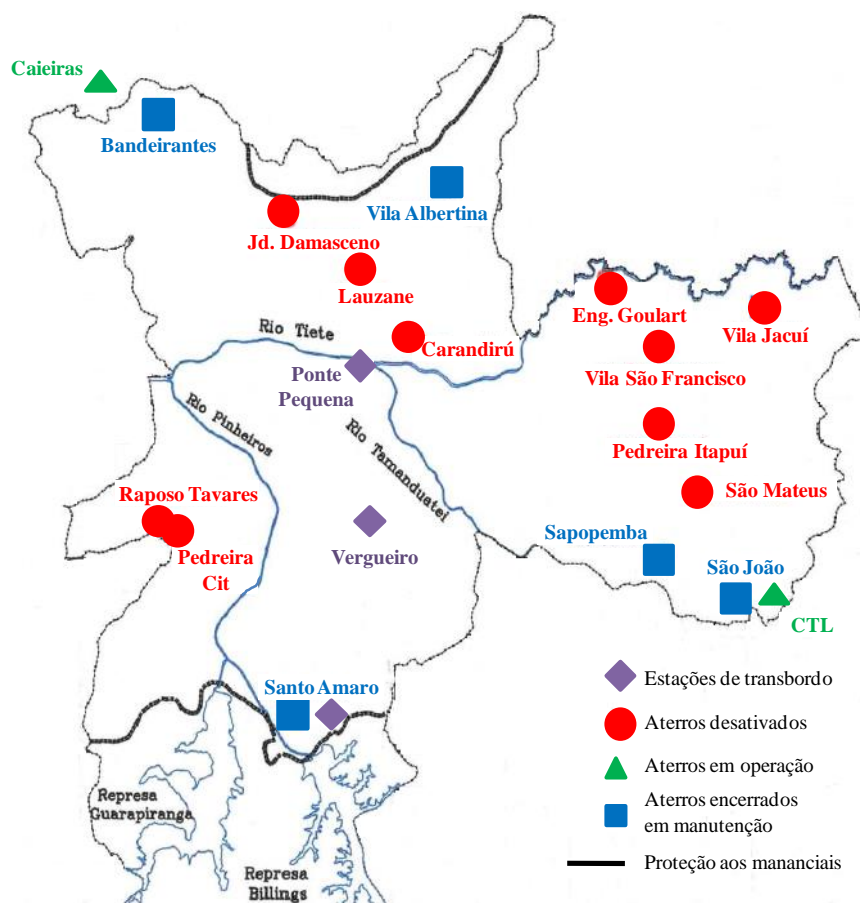


Figura 02 - Localização dos aterros sanitários do município de São Paulo. Atualização da autora. Fonte: DE LÉO, 2006

O mapa representado pela figura 02 indica a situação atual dos aterros na cidade de São Paulo, é possível observar que ao todo são 16 aterros, sendo que cinco ainda estão em manutenção (São João, Bandeirantes, Sapopemba, Santo Amaro e Vila Albertina), dez já estão encerrados (Jd. Damasceno, Lauzane, Carandirú, Eng. Goulart, Vila Jacuí, Vila São Francisco, Pedreira Itapuí, São Mateus, Raposo Tavares e Pedreira Cit) e um em operação (CTL), sendo que o aterro de Caieiras encontra-se fora do município.

Os aterros em manutenção são aqueles cuja atividade de decomposição orgânica ainda não se esgotou e que necessita de monitoramentos constantes: da topografia, para verificar se há risco de desabamento ou recalque não planejado; da água, para garantir que não ocorra a contaminação dos lençóis freáticos e da fauna, mantendo a área livre de animais que possam se contaminar no local. Além disso, essa atividade também requer procedimentos na extração do chorume ainda produzido, tratando-o adequadamente em lagoas de contenção e aterrando novamente o lodo resultante do tratamento da água. Depois de encerrados os aterros produzem também gás metano, originário da decomposição da matéria orgânica, e que necessitam ser canalizados até uma central de biogás que irá queimar o gás, onde através da movimentação das turbinas irá gerar energia. Caso o gás não seja canalizado e destinado a uma instalação de geração de energia ele deverá ser queimado diretamente no local através de queimadores específicos, que são tubos que percorrem toda a profundidade da célula de lixo trazendo o metano para a superfície onde será queimado no final da tubulação, se ele for solto diretamente na atmosfera o impacto ambiental será ainda maior, pois o metano (CH_4) é 21 vezes mais poluente que o monóxido de carbono (CO). Esses aterros também são protegidos de possíveis invasões já que muitas vezes estão próximos a bairros carentes e um

assentamento ilegal, numa área que além da contaminação pelo lixo é instável e sujeita a recalques e acomodações do terreno, pode resultar numa fatalidade.

4 Incinerador com geração de energia (*waste-to-energy*)

A incineração de resíduos é um processo de tratamento que consiste na queima do lixo, reduzindo o seu volume e, portanto, aumentando a vida útil dos aterros sanitários. É uma técnica antiga que vem sendo aprimorada e hoje se constitui num sistema confiável, com geração de energia, neutralização de gases tóxicos e moderno controle operacional que visa complementar o processo de reciclagem, compostagem e aterramento.

No Brasil, o primeiro incinerador iniciou sua operação em 1896, localizado em Manaus com capacidade de processar até 60 toneladas de resíduos por dia. Por problemas de manutenção foi desativado em 1958. O segundo foi instalado em Belém e também foi desativado por falta de manutenção (LIMA, 1991).

Em 1913 é implantado o primeiro incinerador do município de São Paulo localizado no Araçá, entre as ruas Arruda Alvim e Dr. Arnaldo, com capacidade de processar 40 toneladas por dia, foi desativado em 1948 e demolido em 1953. Em 1949 inicia-se a operação do incinerador em Pinheiros, com capacidade para 400 toneladas diárias que foi desativado somente em 1990. Em 1959 inicia-se a operação do incinerador da Ponte Pequena com capacidade de 300 toneladas diárias e em 1969 começa a funcionar o último incinerador a ser implantado neste modelo na cidade de São Paulo, que foi o incinerador Vergueiro com capacidade também de 300 toneladas diárias, ambos paralisados (CALDERONI, 2003).

Em relação ao incinerador de Pinheiros, localizado na rua do Sumidouro no largo de Pinheiros, este permaneceu ativo até 1990, depois, em 2008 o local foi revitalizado, abrigando a Praça Victor Cevita, projeto do escritório Levisky Arquitetos, vencedor do concurso do IAB 2008 (VII Grande Prêmio de Arquitetura Corporativa) requalificando a área através de um projeto inovador que abriga um palco com arquibancada para 400 pessoas. O prédio do antigo incinerador foi descontaminado e transformado em museu da Sustentabilidade e hoje abriga uma área de exposições. Na praça ainda há uma oficina de educação ambiental, hortas, e outros espaços destinados a eventos.

Os incineradores que operaram no passado em São Paulo e em outras cidades brasileiras para a queima do lixo não gerava energia e não havia tratamento dos poluentes antes da emissão atmosférica, contaminando o ar e o solo, portanto são tecnologias totalmente ultrapassadas e que hoje não atenderia aos requisitos ambientais. O processo de incineração atual deve além de reduzir o volume e o peso do lixo como já faziam os antigos incineradores, produzir energia elétrica através da queima, recuperar o vapor reutilizando a água, controlar e neutralizar todos os gases produzidos através de um sistema de alta tecnologia de monitoramento de todas as fases da incineração.

Em 1994 surgiu um projeto para instalação de dois incineradores em São Paulo, mais modernos e que atendessem os requisitos ambientais da época, com capacidade de processar 2.500 toneladas por dia (DEMAJOROVIC, 1994). O projeto não saiu do papel por diversos motivos, dentre eles políticos, burocráticos e ainda a falta de credibilidade da população e ambientalistas em geral, que não apoiaram a instalação, enquanto isso os aterros sanitários de São Paulo estão todos esgotados, apenas um está em operação e mesmo assim recebe somente uma parte do que a cidade produz o restante está sendo direcionado para outro município. Quando o aterro CTL se esgotar para onde serão encaminhados os resíduos? Não há mais área na cidade para a abertura de um novo aterro com capacidade para suportar o volume de resíduos produzido por mais de 11 milhões de habitantes.

Quando se fala em incineração normalmente vem a memória o modelo ultrapassado que existia no Brasil e consistia apenas na queima do lixo sem preocupação com os poluentes emitidos contaminando o solo e o ar do local onde estava instalado. Esta imagem contribui negativamente nos dias de hoje para a discussão sobre o sistema de incineração. Porém, atualmente há tecnologia disponível para instalação de incineradores que queimam os resíduos de forma controlada, a planta é totalmente enclausurada, os gases emitidos são monitorados e neutralizados, os líquidos também são recolhidos e tratados e a escória e as cinzas volantes podem ser aterradas ou reutilizadas para outra finalidade na conclusão do processo, portanto existem maneiras de tratamento e destino final dos resíduos diferentes do aterro sanitário.

Para citar um exemplo de um incinerador de alta tecnologia e performance tem-se a instalação da região metropolitana de Vancouver, na cidade de Burnaby, um incinerador inaugurado em 1988 cuja planta é considerada uma das melhores da América do Norte. Possui ISO 14000 e garante que todo o processo é ambientalmente correto. Por ano o incinerador, conhecido como, waste-to-energy facility, processa cerca de 266.000 toneladas de lixo e gera energia elétrica que é disponibilizada na rede pública. (METRO VANCOUVER, 2011)

No fluxograma da figura 03 é possível observar a linha de produção do incinerador, que:

- 1 - Recebe os resíduos de cerca de 80 caminhões diários que descarregam no fosso enclausurado;
- 2 - A moega e as esteiras movem os resíduos do fosso para o local onde será incinerado;
- 3 - Os metais presentes são retirados magneticamente e direcionados para outro compartimento para posterior reciclagem. O lixo é incinerado a uma temperatura superior a 1000° C, as cinzas são separadas em um depósito onde depois será encaminhada para o destino final que poderá ser o cobrimento do aterro sanitário ou ainda misturada como aditivo no cimento, já a escória poderá ser aterrada ou utilizada na pavimentação de calçadas em geral;
- 4 - Todos os gases são captados e neutralizados através de sistemas de limpeza;
- 5 - O vapor produzido movimenta uma turbina e gera eletricidade;
- 6 - O calor dos gases é retido e estes são conduzidos para a limpeza final;
- 7 - Os gases ácidos e o mercúrio que pode estar presente são neutralizados através da reação do reator de cal e carvão;
- 8 - Todas as partículas volantes que ainda estiverem em suspensão são retidas nos filtros de tecido;
- 9 - O gás limpo é finalmente descarregado pela torre de 60m de altura.

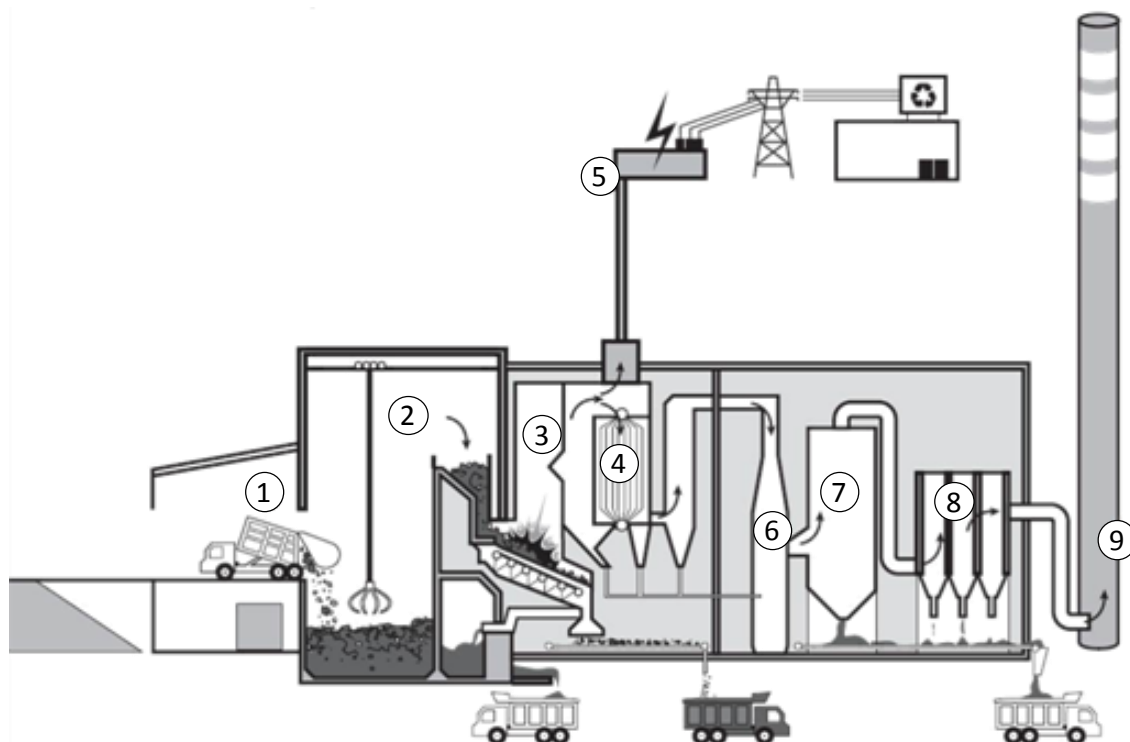


Figura 03 – Diagrama de funcionamento de uma linha de processamento de lixo do incinerador (WTEF) de Vancouver. Fonte: METRO VANCOUVER, 2011

O fluxograma do incinerador de Vancouver é um modelo padrão de alta tecnologia utilizado no mundo todo considerando a câmara de deposição de resíduos enclausurada, a queima controlada, todos os filtros e sistema de neutralização de gases tóxicos, emitindo níveis de CO abaixo do permitido pelo governo.

Em 1999 a união europeia tomou uma decisão importante em relação a ordem de prioridade em relação aos resíduos, priorizando a não geração de resíduos, seguido da reutilização, reciclagem e recuperação energética, restando os aterros sanitários a última opção para destino dos resíduos, aterrando-se o mínimo possível. Essas diretrizes ficaram consolidadas no documento “The Landfill Directive” (Diretiva dos aterros) que estabelece metas para os países europeus até 2016, considerando a utilização de incineradores com a melhor tecnologia disponível. Desde 1999 até os dias de hoje a incineração cresceu muito na Europa ao passo que a disposição em aterros sanitários diminuiu, é uma tendência observada no continente europeu que está se difundindo também nos demais países desenvolvidos em outros continentes (EEA, 2009).

5 Aterro sanitário x Incinerador com geração de energia (waste-to-energy)

O aterro sanitário foi o modelo escolhido no Brasil para a disposição final dos resíduos, primeiro por ser mais econômico que a incineração e segundo porque é o mecanismo mais difundido, antigo e utilizado no mundo inteiro. Embora mais de 50% das unidades de destino de resíduos no Brasil são ainda lixões, conforme já mencionado anteriormente, é fácil compreender que estes depósitos não são a melhor solução e o passo seguinte mais próximo é a alteração destes espaços convertendo-os para aterros sanitários, de forma a minimizar o impacto ambiental.

O aterro sanitário é indispensável pois mesmo a escória e as cinzas volantes se não forem reutilizadas como matéria prima na mistura do concreto e do cimento terão esse local como destino, ou seja, não é possível eliminar os aterros sanitários e sim desviar ao máximo os resíduos para a reciclagem, compostagem e incineração dos rejeitos com geração de energia, desta forma pouquíssimo rejeito será aterrado, ampliando muito a vida útil dos aterros sanitários.

O atual agravante é o crescimento populacional alinhado ao consumo sem precedentes e a produção massiva de resíduos. Sem um plano de gerenciamento integrado de resíduos sólidos colocado em prática e que tenha como preocupação a redução dos resíduos na fonte, a universalização da coleta seletiva e o aproveitamento energético dos rejeitos, visando a incineração de alta tecnologia o volume de resíduos irá aumentar consideravelmente esgotando os aterros sanitários existentes e tornando a abertura de mais aterros sanitários uma situação inviável do ponto de vista econômico, ambiental e social.

O resultado é preocupante, pois, de um lado não há mais espaço para a construção de novos aterros sanitários e do outro há a necessidade de destinar corretamente os resíduos recicláveis que hoje estão sendo aterrados, ou seja, pouco está sendo feito para estimular as empresas e indústrias que poderiam utilizar o material reciclável como matéria prima das suas produções e com isso fechar o ciclo contando com a universalização da coleta seletiva e da política de logística reversa mantida pelos fabricantes.

Na tabela 02 baseado em dados publicados pela Eurostat (2013) é possível observar a porcentagem dos resíduos recolhidos nos países europeus desenvolvidos que são reciclados, compostados, incinerados e aterrados em relação aos não desenvolvidos. Em relação ao continente europeu 37% dos resíduos produzidos tiveram como destino os aterros sanitários, 23% foram incinerados, 25% reciclados e 15% compostados. Os países que mais desviam resíduos para a reciclagem são: a Alemanha (45%), Irlanda (37%), Bélgica (36%), Eslovênia (34%), Suécia (33%), Holanda (32%) e Dinamarca (31%), já os que mais contribuem para a compostagem são: Áustria (34%), Holanda (28%), Bélgica e Luxemburgo (ambos com 20%), Espanha e França (ambos com 18%). Os países que destinam a maior parte dos seus resíduos para a incineração são: Dinamarca (54%), Suécia (51%), Bélgica (42%), Luxemburgo e Holanda (ambos com 38%), Alemanha (38%), França e Áustria (ambos com 35%).

Os países que lideram somando a taxa dos resíduos destinados a reciclagem e a compostagem são: Alemanha (63%), Áustria (62%), Holanda (61%) e Bélgica (57%). Em contrapartida, os países menos desenvolvidos são os que mais resíduos enviam para o aterro sanitário não reaproveitando todo o potencial que o material poderia oferecer através da reciclagem, compostagem ou mesmo a incineração, são eles: Romênia (99%), Bulgária (94%), Malta (92%) e Letônia (88%).

Países	Resíduos tratados %		
	Aterro sanitário	Incinerador	Reciclagem + compostagem
Todos	37	23	40
Suíça	0	50	50
Alemanha	1	37	62
Suécia	1	51	48
Holanda	2	38	60
Belgica	2	42	56
Austria	3	35	62
Dinamarca	3	54	43
Noruega	3	57	40
Luxemburgo	15	38	47
França	28	35	37
Finlândia	40	25	35
Reino Unido	49	12	39
Itália	49	17	34
Irlanda	54	5	41
Eslovênia	58	2	40
Espanha	58	9	33
Portugal	59	21	20
Republica Tcheca	65	18	17
Hungria	67	11	22
Estonia	70	0	30
Polônia	71	1	28
Islândia	73	11	16
Lituania	78	1	21
Eslováquia	78	11	11
Chipre	80	0	20
Grécia	82	0	18
Letônia	89	0	11
Croácia	91	0	9
Malta	92	1	7
Bulgaria	94	0	6
Turquia	99	0	1
Romênia	99	0	1
Servia	100	0	0
Bosnia Herzegovina	100	0	0
Macedônia	100	0	0

Tabela 02 - Destinação dos resíduos no continente europeu. Fonte: EUROSTAT, 2013.

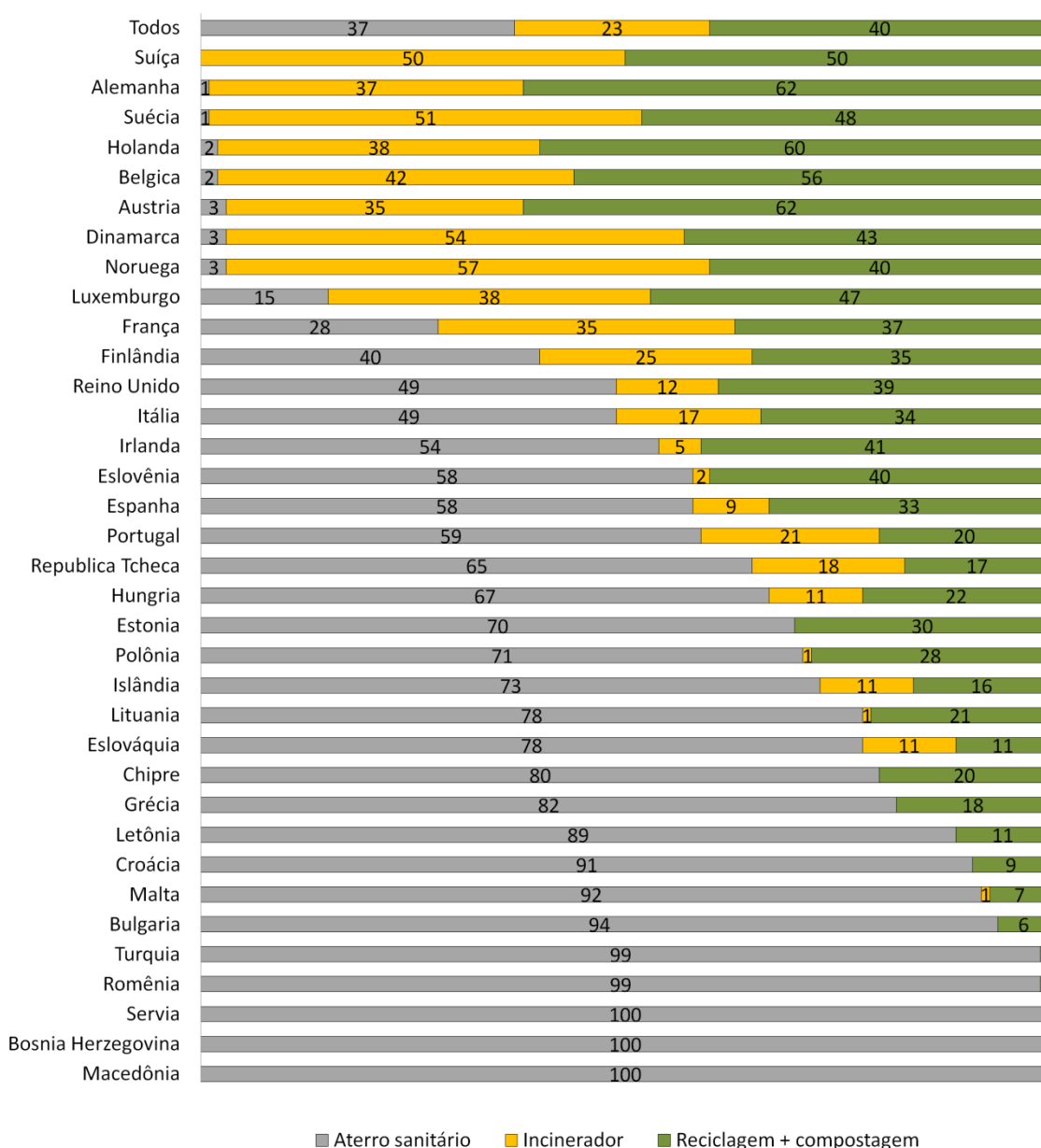


Gráfico 02 - Destinação dos resíduos no continente europeu. Gráfico do autor. Fonte: EUROSTAT, 2013.

Segundo a Abrelpe (2011) no Brasil apenas 12% da população é atendida pela coleta seletiva, seja através da coleta porta a porta, entrega nos postos voluntários ou em contêineres específicos colocados em locais estratégicos. A quantidade de resíduos destinada para a reciclagem ainda é baixa, os funcionários que trabalham nas usinas de triagem de materiais recicláveis carecem de capacitação, as centrais não tem todos os equipamentos e o espaço necessário para acondicionar os fardos dos resíduos já triados, de forma a garantir vendas em maiores quantidades conseguindo um preço melhor no mercado e abastecendo a indústria de forma contínua e eficiente.

O processo de incineração de alta tecnologia, com queima controlada e monitorada através de equipamentos modernos, com a neutralização de gases resultantes da combustão através da injeção de componentes químicos capazes de reagir com os gases tóxicos e ter como resultado a emissão mínima de monóxido de carbono muito abaixo dos níveis permitidos faz com que o modelo de incineração atual seja mais vantajoso comparado ao tradicional aterro sanitário, mesmo com a instalação de usinas de biogás que utilizam o gás

metano para a geração de energia. Ainda assim, do ponto de vista ambiental, o incinerador utilizando a melhor tecnologia disponível representa um impacto menor ao meio ambiente que o aterro sanitário com a usina de biogás instalada.

Dessa forma os sistemas se complementam, no primeiro momento a concentração dos esforços deve ser destinada a universalizar a coleta seletiva e a compostagem, estimular a indústria da reciclagem e garantir a logística reversa por parte dos fabricantes, em paralelo, conscientizar a população e todos os agentes necessários ao sucesso do plano de gerenciamento integrado de resíduos sólidos. No segundo momento destinar os rejeitos, todo o material que não pode ser reciclado ou compostado, para a incineração, reduzindo em 90% o volume dos rejeitos que por fim, depois de percorrem todo o ciclo: reciclagem ou compostagem, incineração, aproveitamento final e aterro sanitário, poderão ter como destino o aterro sanitário ou ainda a reutilização como agregado em pavimentação, no caso da escória, ou misturados ao cimento, no caso das cinzas volantes. Dessa forma aproveitaria-se todo o potencial que os resíduos têm para oferecer sem desperdício de recursos e sem a necessidade de aterrar todos os resíduos e cada vez mais iniciar novos aterros sanitários.

6 Considerações Finais

A escolha do aterro sanitário para destino final dos resíduos em detrimento ao sistema de incineração com geração de energia e controle de poluentes deve ser considerado principalmente do ponto de vista ambiental e econômico. A geração de resíduos por si só já representa um impacto ao meio ambiente e o plano de gestão integrada de São Paulo já considerou como diretrizes as recomendações do PNRS considerando evitar a produção de resíduos na origem e conscientizando a população sobre a coleta seletiva e a mudança de hábitos (PGRIS, 2012).

O aterro sanitário é a unidade de destino final mais adequada considerando apenas o depósito de resíduos em comparação com os aterros controlados e os vazadouros a céu aberto, mas é necessário considerar outras formas de destinação dos resíduos que devem ser prioritárias em detrimento de se aterrar o lixo, que seria o desvio dos materiais recicláveis, a compostagem do material orgânico e a geração de energia com a queima dos rejeitos.

Como é possível observar as grandes cidades não tem mais área para a implantação de novos aterros sanitários, só em São Paulo há 16 aterros sanitários, entre encerrados, em manutenção e um em operação. A produção de resíduos tem aumentado ao longo dos anos e por isso faz-se urgente a implantação de novas tecnologias para diminuir o volume dos rejeitos alinhada as técnicas conhecidas de reciclagem e compostagem.

Pensando na análise do ciclo de vida dos produtos estes deveriam trabalhar num ciclo fechado, sendo reinseridos como matéria prima após o descarte. Tendo como destino final a reciclagem ou compostagem e somente os rejeitos ou materiais que não tenham tecnologia para serem reaproveitados ou reciclados poderiam ter como destino a incineração.

Em relação a escória e as cinzas volantes produzidas pela queima dos rejeitos é possível ainda aproveitá-las em outras finalidades como: as cinzas volantes podem ser misturadas ao cimento como aditivo, equivalente a escória de alto forno das siderurgias e a escória pode ser misturada ao concreto na pavimentação de calçadas e pavimentos em geral. Dessa forma não restaria nenhum rejeito a ser aterrado, pois tudo seria reaproveitado de alguma maneira. Essa, sem dúvida é uma possibilidade ainda pouco explorada.

Quanto maior for a quantidade de resíduos desviada para a reciclagem e compostagem menor será a quantidade de rejeitos, ou seja, materiais que não poderão ser reutilizados, reciclados ou compostados e que portanto poderiam ter como destino a incineração,

neutralizando e descontaminando os rejeitos, gerando energia e reduzindo ainda mais o volume do lixo a ser aterrado. Todas as soluções podem ser usadas em conjunto, de forma que a cidade destine o mínimo possível ao aterro sanitário e aproveite o potencial energético de cada resíduo, através da reciclagem, compostagem e incineração.

Não se trata de enviar para a incineração tudo o que hoje é enviado para o aterro sanitário, pois da mesma maneira que há materiais recicláveis que estão indevidamente sendo aterrados estes não deveriam nem ir para os aterros nem para os incineradores e sim para as centrais de triagem de materiais recicláveis onde seriam beneficiados e vendidos para as indústrias recicladoras, da mesma forma que a matéria orgânica deveria ser encaminhada para a compostagem. Com estas ações a quantidade de resíduos a ser incinerado é pequena, se grande parte for desviada para a reciclagem e compostagem. Segundo a PNRS (2010), somente deveria ter como destino final os rejeitos, material que esgotadas todas as possibilidades de reaproveitamento, reciclagem ou compostagem poderiam ser encaminhados para incineradores ou aterros sanitários.

Concluindo, este artigo recomenda primeiramente a implantação de um plano de gerenciamento integrado para o município ou região consorciada onde ocorra a universalização da coleta seletiva, ou seja, todos os cidadãos sejam atendidos podendo entregar os materiais recicláveis previamente separados; compostagem dos materiais orgânicos de origem domiciliar, comercial, podas de árvores, feiras livres e outros; implantação da logística reversa; coletas programadas de resíduos especiais como móveis, colchões, eletrodomésticos, etc; pontos de entrega específicos de baterias, lâmpadas, sucata eletrônica e outros resíduos especiais; fortalecimento da indústria recicladora através de incentivos fiscais e por fim a educação ambiental da população através dos meios de comunicação reforçando a importância da redução dos resíduos na fonte e a mudança de hábitos. Com o destino correto dos resíduos somente os rejeitos serão encaminhados para a incineração com geração de energia, produzindo eletricidade com a queima e garantindo um rigoroso controle ambiental das emissões atmosféricas. Finalmente a escória e as cinzas volantes também serão reaproveitadas fechando o ciclo, não sobrando nada para ir para o aterro sanitário, uma situação que parece irreal no primeiro momento mas com muito trabalho e empenho as cidades poderão alcançar a sua meta “zero waste”.

7 Referências

ABNT. Associação Brasileira de Normas Técnicas. **NBR 8418 NB 843**: Apresentação de Projetos de Aterros Sanitários de Resíduos Sólidos Urbanos. Rio de Janeiro. 1992.

CALDERONI, Sabetai. **Os bilhões perdidos no lixo**. 4 ed. São Paulo: Humanitas/FFLCH/USP, 2003.

CETESB. **Aterro Sanitário**. Disponível em: <http://www.cetesb.sp.gov.br/mudancas-climaticas/biogas/Aterro%20Sanit%C3%A1rio/21-Aterro%20Sanit%C3%A1rio>. Acesso em: 10 mar.2013.

COELHO, Hosmann M. G. **Aproveitamento energético do lixo urbano e resíduos industriais**. Lavras: UFLA/FAEPE, 2008. 102 p.

DE LÉO, Otávio Cabrera. **O lugar do lixo na cidade de São Paulo, a gestão territorial e a contribuição geográfica**. 2006. Dissertação (Mestrado em Geografia) – Universidade de São Paulo, São Paulo, 2006.

DEMAJOROVIC, Jacques. **Meio ambiente e resíduos sólidos: avanços e limitantes na cidade de Viena e lições para São Paulo**. Dissertação de Mestrado, São Paulo, Escola de Administração de Empresas de São Paulo, FGV, 1994.

EEA. Environmental European Agency. EEA Report / N° 7/2009. *Diverting waste from Landfill*. 2009.

ECOURBIS. **Corte típico de um aterro sanitário**. 2011a. 1 fot, color.

ECOURBIS. **Entrevista e visita técnica ao aterro sanitário São João e CTL**. 2011b.

ESSENCIS, **Soluções ambientais**. Disponível em: <<http://www.essencis.com.br>>. Acesso em: 11 mar. 2013.

EUROSTAT. **Environment in the EU27. In 2011, 40% of treated municipal waste was recycled or composted, up from 27% in 2001**. Publicado em: 4 mar. 2013. Disponível em: <http://epp.eurostat.ec.europa.eu/cache/ITY_PUBLIC/8-04032013-BP/EN/8-04032013-BP-EN.PDF>. Acesso em: 13 mar. 2013

IBGE. **Pesquisa Nacional de Saneamento Básico 2008**. Rio de Janeiro: IBGE, 2010a.

IBGE. **População nos anos de levantamento censitário. Município, Região metropolitana de São Paulo, Estado de São Paulo e Brasil**. Rio de Janeiro: IBGE, 2010b.

LIMA, Luiz Mário Queiroz. **Tratamento de Lixo**. 2 ed. São Paulo: Hemus Editora, 1991.

METRO VANCOUVER. Disponível em: <www.gvrd.bc.ca>. Acesso em: 26 mar. 2011.

PGIRS. **Plano de gestão integrada de resíduos sólidos do município de São Paulo**. Disponível em: <www.prefeitura.sp.gov.br>. Acesso em: 15 ago. 2012.