

# Impacto Causado por Resíduos Sólidos Industriais – Baía de Guanabara

Glória Adriana Morales Carlos (COPPE/UFRJ) [orlando@pep.ufrj.br](mailto:orlando@pep.ufrj.br)

Orlando Nunes Cosenza (COPPE/UFRJ) [orlando@pep.ufrj.br](mailto:orlando@pep.ufrj.br)

Harvey José Santos Ribeiro Cosenza (UNESA) [harveycosenza@estacio.br](mailto:harveycosenza@estacio.br)

## Resumo

*A poluição das águas e do ar tornou-se uma preocupação mundial, principalmente quando se trata de poluição causada por lançamento de efluentes líquidos e emissões para a atmosfera de resíduos sólidos industriais perigosos. Estes resíduos constituem uma categoria específica, podendo causar o aumento da mortalidade, o aumento de doenças graves, muitas vezes irreversíveis, dependendo do grau de exposição à eles, da quantidade produzida, de sua concentração ou características físicas, químicas ou infecciosas. Os resíduos industriais podem por em risco potencial também, além da saúde humana, o meio-ambiente, sempre que tratados, armazenados, transportados, eliminados ou manejados de forma indevida. O presente trabalho é derivado de uma tese de doutorado (Glória Adriana Morales Carlos, 2003), tendo como objetivo pesquisar os resíduos sólidos perigosos, produzidos por algumas empresas localizadas no entorno da Baía de Guanabara, nos municípios do Rio de Janeiro, Duque de Caxias, Guapimirim, Itaboraí e São Gonçalo.*

*Palavras chaves: Resíduos Sólidos Industriais; Saúde; Meio-Ambiente.*

## 1. Introdução

A Baía de Guanabara historicamente tem sido receptáculo de resíduos sólidos e perigosos, variando no tempo com o crescimento do município do Rio de Janeiro e dos demais municípios que estão no seu entorno ou próximos a ele. Como capital do Vice-Reino do Brasil a partir de 1763 e depois como residência oficial da nobreza portuguesa quando de sua transferência para o Brasil, acompanhando a família real, o destino natural do lixo produzido no Rio de Janeiro foi a bacia hidrográfica. Sem os recursos técnicos atuais o lixo daquela época provocava doenças que, por sua vez, exigia da sociedade uma melhor organização pública para enfrentar seus resultados. Atualmente, os riscos se ampliaram com a produção dos mais diferentes tipos de resíduos industriais, agora bem mais diversificados, que exigem a proteção da saúde pública e do meio-ambiente, com todos os recursos disponíveis, conhecimentos e aplicação das legislações pertinentes, além da necessária exigência de um comportamento empresarial confiavelmente ético.

O objetivo do presente trabalho é apresentar um estudo consolidado envolvendo 20 (vinte) empresas industriais de grande e mediano porte, localizadas no Estado do Rio de Janeiro, produtoras de resíduos sólidos e próximas da Baía de Guanabara. A metodologia utilizada teve por base o seguinte roteiro:

- a. pesquisa bibliográfica na FEEMA para selecionar as indústrias;
- b. pesquisa documental;

- c. observação direta com visita a algumas empresas; e
- d. entrevistas com profissionais especialistas em meio-ambiente.

## **2. A Baía de Guanabara como Receptáculo de Resíduos Sólidos**

A Baía de Guanabara por ser contornada por muitos municípios localizados no seu litoral ou próximos (dezesseis), tornou-se ao longo do tempo receptáculo de resíduos sólidos de toda ordem. Os resíduos sólidos e semi-sólidos conceitualmente são todos aqueles provenientes de atividades humanas, cujos produtos, processos e operações a eles vinculados determinam suas composições químicas. São classificados em duas categorias: orgânico e inorgânico, e suas principais fontes estão localizadas nos centros urbanos e periféricos, principalmente quando produzidos por atividades de porte ou conjunto de atividades, tais como:

- Industrial: gerados por indústrias (classe I, II, III);
- Domiciliar: gerados basicamente em residências;
- Comercial: gerados pelo setor comercial e de serviços;
- Hospitalares: gerados por hospitais, clínicas, farmácias etc.
- Vias públicas e jardins: gerados por varreduras, podas, folhas secas etc.
- Urbano: gerados em aglomerados urbanos, com a exceção dos resíduos industriais, hospitalares sépticos, bem como os gerados em aeroportos e portos etc.
- Quartéis e instituições militares: cascos de munição etc.
- Especiais: entulhos de construções, animais mortos etc.
- Nucleares: rejeitos radioativos gerados por reatores nucleares e usinas de reprocessamento de elementos combustíveis queimados (colocados em grossas caixas de concreto e outros materiais para serem jogados ao mar ou enterrados em locais especiais).

A poluição das cidades brasileiras, entre elas o Rio de Janeiro, explica-se historicamente pela falta de recursos orçamentários, técnicos e organizacionais no gerenciamento do lixo e da limpeza urbana. No século XIX, talvez pela persistência da escravidão no Brasil, os escravos carregavam pelas ruas tonéis de lixo com resíduos sólidos e líquidos, em torno dos quais esvoaçavam os mais diferentes tipos de mosquitos causadores de doenças.

No final do século XIX, o cronista Luiz Edmundo reclamava da cidade do Rio de Janeiro, então capital da República, dizendo que a cidade ainda guardava o cunho desolador dos velhos tempos do rei, dos vice-reis e dos governantes, com as suas ruas estreitas, vielas sujas e becos onde o lixo via de regra era despejado. Em razão disso, a saúde pública era afetada com a disseminação de doenças como a febre amarela, a varíola, a peste bubônica, a tuberculose etc.

O lixo urbano era entulhado em mangues e alagadiços, em terrenos de marinha ao longo da Baía de Guanabara, cuja tendência natural era atrair parte dos resíduos de todas as atividades exercidas na cidade. Era o resultado de um precário gerenciamento urbano que envolvia uma limpeza urbana mal feita. Em consequência, a cidade deixava de receber passageiros europeus que iam direto para Buenos Aires, por opção exclusiva das companhias de navegação.

Coube ao sanitarista Oswaldo Cruz e ao urbanista Pereira Passos reverter tal situação com a adoção e aplicação de políticas públicas pertinentes para a época: abertura de avenidas, demolição de casebres, drenagem de alagados e córregos, coleta pública do lixo, campanhas de vacinação e desratização, conseguindo à época sanear a cidade.

Com o crescimento ininterrupto da cidade, a necessidade constante de controle fez com que o poder público organizado construísse em 1931 o aterro do Caju. Em 1971, quarenta anos depois, os aterros localizados no Quartel dos Marinheiros e na área do Ministério do Exército, e assim sucessivamente, até o presente, com a instalação das usinas de processamento de lixo (incineração e reciclagem) e das estações de transferências (compactação). Todos, igualmente, no entorno da baía.

### **3. Resíduos Sólidos Industriais**

Os resíduos sólidos industriais são todos os rejeitos dos processos industriais, sendo que alguns são perigosos ou muito perigosos e necessitam de tratamentos especiais. Da origem ao destino final recebem tratamentos nas diferentes etapas pelas quais passam (manuseio, acondicionamento, coleta, transporte, armazenamento, tratamento e disposição), com decisões técnicas e econômicas baseadas em sua classificação, o que influencia em cada fase processada, a elevação dos custos da produção.

Segundo a Associação Brasileira de Normas Técnicas – ABNT, que propôs um conjunto de normas para padronizar no Brasil a classificação dos resíduos, as propriedades que determinam a periculosidade em determinado resíduo são: inflamabilidade, corrosividade, reatividade, toxicidade e patogenicidade, agrupando os resíduos em três classes:

#### **- Resíduos Classe I (perigoso) – Resíduos Industriais Perigosos**

São resíduos sólidos ou mistura de resíduos sólidos que, em função de suas características: inflamabilidade, corrosividade, reatividade, toxicidade e patogenicidade, podem apresentar risco à saúde pública, provocando ou contribuindo para o aumento da mortalidade ou da incidência de doenças e/ou efeitos adversos ao meio-ambiente quando manuseados ou dispostos de forma inadequada. Ex.: solventes usados, borra ácida de processos de refino, resíduos de tinta etc.

O Programa das Nações Unidas para o Meio Ambiente (PNUMA), destaca como propriedades perigosas (Resíduos Classe I – Resíduos perigosos): explosivos, inflamáveis, oxidantes, tóxicos (venenosos) agudos, resíduos infecciosos, corrosivos e resíduos tóxicos. Os detalhes venenosos e tóxicos, referem-se respectivamente aos efeitos agudos e aos efeitos retardados ou crônicos na saúde das pessoas.

#### **- Resíduos Classe II (não inerte) - Resíduos Industriais não Inertes**

São resíduos sólidos ou mistura de resíduos sólidos que não se enquadram nas classes I e III, perigosos ou inertes. Ex.: resíduos de gesso, borra de fundição, areia de fundição, entre outros.

#### **- Resíduo Classe III (inerte) – Resíduos Industriais Inertes**

São resíduos sólidos ou mistura de resíduos sólidos que, submetidos ao teste de solubilidade, não têm nenhum de seus constituintes solubilizados em concentrações superiores aos padrões definidos. Ex.: resíduos de rochas, tijolos, vidros e certos plásticos e borrachas que não são decompostos prontamente.

No Estado do Rio de Janeiro, a FEEMA – Fundação Estadual de Engenharia do Meio Ambiente, aplica as normas técnicas da ABNT – Associação Brasileira de Normas Técnicas para classificar os resíduos.

### **3.1 Doenças Ocasionadas por Resíduos Sólidos Industriais Perigosos**

Os efeitos na saúde humana como resultado da exposição a diferentes substâncias químicas, ocorrem de forma multi-variada, de acordo com a porção, o tipo de substância e a via de exposição.

Resíduos que ocasionam doenças são todos aqueles, entre outros, que contêm alcatrão, ácido sulfúrico, enxofre e negro fumo.

As doenças mais comuns associadas à resíduos industriais perigosos são: lesões hepáticas, câncer, efeitos na reprodução, imunodeficiências, efeitos neurais, cardiopatias, doenças pulmonares e respiratórias etc.

### **3.2 Resíduos Sólidos Perigosos na Baía de Guanabara**

As empresas instaladas no Brasil produzem ao ano (dados de 2000) cerca de 3 milhões de detritos químicos, embora apenas 28% desse volume sejam tratados de forma adequada. Os dados são da ABRETE – Associação Brasileira de Empresas de Tratamento de Resíduos, com base em um estudo da Câmara de Comércio Brasil-Alemanha, ressaltando que não há números precisos a respeito do assunto.

As águas da Baía de Guanabara até 2000 recebiam por dia cerca de 200 toneladas de lixo, volume que daria para encher, pelo menos, 100 caminhões basculantes de detritos. Garrafas de plástico, sacos de lixo, pedaços de madeira e móveis deteriorados, seguem navegando quilômetro por rios e canais que passam por quinze municípios até chegar à baía. O resultado é visível no espelho d'água, de acordo com estudo feito pela Secretaria Estadual de Saneamento e Estudos Hídricos, encaminhado ao Grupo Gestor da Baía, encarregado de identificar fontes de poluição e contribuir para a elaboração de leis ambientais mais rigorosas. Este grupo foi criado após o vazamento de 1,3 milhão de litros de óleo de um duto da PETROBRAS.

O trabalho mapeou as principais fontes de poluição e as áreas de maior acúmulo de lixo. As 200 toneladas chegadas à baía correspondiam a 20% do total de lixo não coletado (1.094 t/dia), ficando expostos ao meio ambiente da chamada região contribuinte da baía. Nesta região, segundo dados da Secretaria Estadual de Saneamento e Recursos Hídricos, viviam 7,9 milhões de habitantes, produzindo 12.024 t/dia de lixo. Um novo programa Baía Limpa, em parceria com a PETROBRAS, foi proposto com a finalidade de remover o lixo do espelho d'água, que se espalha quando chove, com o uso de embarcações apropriadas. Parte do lixo fica preso em manguesais.

A pesquisa analisou algumas indústrias situadas no entorno da Baía de Guanabara que produzem resíduos sólidos perigosos, inertes e não inertes. Os municípios pesquisados foram Duque de Caxias, Rio de Janeiro, Guapimirim, Itaboraí e São Gonçalo.

As empresas pesquisadas produziram à época 149 (cento e quarenta e nove) tipos de resíduos perigosos, 58 (cinquenta e oito) de não inertes e 172 (cento e setenta e dois) de inertes, com o município de Duque de Caxias liderando, seguido do município do Rio de Janeiro. Itaboraí não registrou a produção de resíduos perigosos. São Gonçalo produziu 3 (três) tipos e Guapimirim apenas 1 (um). Esses cinco municípios juntos produziram 39,4% de resíduos perigosos, 15,3% de resíduos não inertes e 45,4% de resíduos inertes.

### **3.3 Município de Duque de Caxias:**

O município de Duque de Caxias, que lidera a produção de resíduos perigosos próximo à bacia hidrográfica, teve 3 (três) empresas de grande porte e 1 (uma) de porte mediano como objeto do presente estudo. Todas empresas conscientes dos problemas gerados por suas respectivas produções, de acordo com as entrevistas e observações feitas, utilizando recursos modernos de minimização e tratamento de resíduos, mas que não impede de forma absoluta falhas circunstanciais no seu controle, caso da REDUQUE/PETROBRAS, que processa óleo cru e gás natural, além de ampla variedade de derivados, entre os quais, óleos lubrificantes

básicos e parafinas, gerando as três classes de resíduos em grande parte inertes e perigosos, que é detalhada parcialmente na tabela que se segue:

**PETROBRAS S/A – REDUC**

- Resíduo de limpeza(óleo pesado, hidrocarboneto sem composição definida)/manutenção e limpeza de equipamentos: resíduo perigoso
- Cinzas/limpeza de fornos: resíduo perigoso
- Resíduo de coque (hidrocarboneto)/limpeza de fornos: resíduo perigoso
- Catalizador cobalto-molibdênio/reforma catalítica: resíduo perigoso
- Catalizador platina/reforma catalítica: resíduo perigoso
- Esferas de alumina/suporte de catalizador: resíduo perigoso
- Tambor contaminado com dicloreto(latão)/reforma catalítica: resíduo perigoso
- Borra de petróleo (hidrocarbonetos pesados, óxido de ferro, água): resíduo perigoso
- Resíduo de limpeza (hidrocarboneto sem composição definida) e manutenção de equipamentos: resíduo perigoso
- Cinzas/limpeza de fornos (materiais inorgânicos): resíduo perigoso
- Resíduos de coque (hidrocarbonetos) e manutenção de fornos: resíduo perigoso
- Catalizador gasto – FCC/craqueamento catalítico (sílica e alumina): resíduo perigoso
- Parafina limpa (hidrocarbonetos)/vazamento de equipamentos: resíduo não inerte
- Parafina suja (hidrocarbonetos)/limpeza de chão: resíduo perigoso
- Catalizador ICI-15-4/equipamentos R-8202 (Fe<sub>2</sub>O<sub>3</sub>, Cr<sub>2</sub>O<sub>3</sub>, Al<sub>2</sub>O<sub>3</sub>): resíduo perigoso
- Catalizador ICI-83,3/R-8203 (Co, Zn, Al<sub>2</sub>O<sub>3</sub>): resíduo perigoso
- Resíduo de limpeza e manutenção de equipamentos (hidrocarboneto, óleo): resíduo perigoso
- Resíduo de limpeza e manutenção de equipamentos (hidrocarboneto, óleo, óxido de ferro): resíduo perigoso
- Catalizador S-324/equipamentos R'S-640/AB(níquel, molibdênio): resíduo perigoso
- Areia contaminada/filtros (areia fina, grossa, parafina, óxido de ferro): resíduo não inerte
- Tambor contaminado com odorizante (latão): resíduo perigoso
- Esferas de alumina/suporte de peneira molecular (hidrocarboneto sem composição definida): resíduo não inerte
- Peneira molecular gasta. Secagem de gás (Na, SiO<sub>2</sub>, H<sub>2</sub>O): resíduo perigoso
- Tambores contaminados com metano (CH<sub>3</sub>OH): resíduo perigoso
- Tambores contaminados com glicol (HOC<sub>2</sub>H<sub>4</sub>OH glicol): resíduo não inerte
- Sacos de papel contaminados com iodol (celulose): resíduo inerte
- Big bag contaminado catalizador virgem TK-525 (fibras): resíduo não inerte
- Big bag contaminado com catalizador C-424 (fibras): resíduo não inerte
- Tambores contaminados com grace H226 (latão): resíduo inerte
- Tambores contaminados com DMDS (latão): resíduo inerte
- Peneira molecular usada/separação de propeno (Al<sub>2</sub>O<sub>3</sub>)<sub>12</sub>(SiO<sub>2</sub>)<sub>32</sub> ZH<sub>2</sub>O: resíduo não inerte
- Soda cáustica exausta/tratamento de GLP (NaOH,H<sub>2</sub>O): resíduo perigoso
- Borra oleosa/limpeza de tanques de óleo (óleo lubrificante): resíduo perigoso

- Borra de parafina limpa/limpeza de tanques de diversas unidades (parafina, óxido de ferro): resíduo não inerte
- Resíduo de limpeza do sistema flare/limpeza de dutos, tocha e vasos (sulfeto de ferro, hidrocarbonetos): resíduo perigoso
- Vidrarias contaminadas com reagentes químicos e amostras/laboratório (SiO<sub>2</sub>): resíduo inerte
- Solventes orgânicos gastos/lavagem de material (hidrocarbonetos aromáticos e naftênicos, metais-traços): resíduo perigoso
- Solvente aquoso/análise (ácidos, bases, sais, água): resíduo perigoso
- Resíduo de parafina/análise para controle de qualidade (hidrocarboneto): resíduo inerte
- Resíduo hospitalar/setor curativo (gases, ataduras, drenos, luvas, panos, meias, toalhas): resíduo perigoso
- Seringa + agulhas descartáveis/setor curativo (plástico + aço): resíduo perigoso
- Bisturi/setor curativo (aço): resíduo perigoso
- Lixo industrial comum/prédios administrativos e unidades de processo, restaurante (papel, papelão, plástico, latas, varrição, sebo, ossos): resíduo inerte
- Lixo seco inorgânico/restaurante (latas de refrigerantes, de óleo/margarina, papel, papelão, plástico, madeira): resíduo inerte

Fonte: Feema-Decon (2000).

Tabela 1 – Resíduos da Refinaria Duque de Caxias

#### 4. Gerenciamento dos Resíduos

Gerenciar resíduos sólidos é determinar de forma organizada, estratégica, as características dos resíduos através de análises físicas e químicas, a fim de evitar problemas sanitários a partir da definição de seu acondicionamento, da frequência de sua coleta, do método de transporte, do armazenamento, do tratamento a ser submetido, da sua possível reciclagem e do método e local de disposição.

As análises laboratoriais encarecem significativamente os custos de controle, mesmo com as limitações comumente existentes para a realização de testes de identificação, o que sugere a substituição das análises laboratoriais pelos estudos preliminares baseados nas fontes geradoras para identificar parâmetros que sirvam de subsídios para a classificação dos mesmos. As análises físicas normalmente se preocupam com:

- a. teor de umidade;
- b. peso específico;
- c. teor de matéria orgânica;
- d. ocorrência em peso de seus componentes.

Estas análises são feitas homogeneizando a massa dos resíduos e servem para realizar uma avaliação da potencialidade econômica do resíduo, bem como escolher o mais adequado sistema de tratamento e disposição final, além de observar se os equipamentos estão em concordância com os tipos de resíduos analisados.

Quanto a análise química no tratamento do lixo, os investimentos feitos pelas empresas também merecem um estudo acurado, já que atualmente sistemas como a incineração sempre contaminam o ar, assim como a compostagem, cujo teor de substâncias como carbono, nitrogênio e oxigênio influem tanto no rendimento das usinas como na escolha dos equipamentos mais compatíveis e dos sistemas mais adequados de tratamento e disposição final.

A análise requer ainda que se faça amostragens. As mais conhecidas são:

- a. Amostra bruta – tomada diretamente no local de descarga e destino final. Estas amostras exigem um pré-tratamento, já que é composta de uma mistura heterogênea de substâncias orgânicas e inorgânicas.
- b. Amostra de laboratório – trata-se da amostra bruta depois de submetida ao processo de separação e triagem dos elementos metálicos. É por vezes triturada quando suas características são muito heterogêneas.
- c. Amostra analítica – é a amostra de laboratório depois de ser submetida à secagem para determinar o teor de umidade. É moída e classificada por peneiramento, removendo-se os componentes inorgânicos maiores. Os demais são triturados e peneirados. O conteúdo desses dois processos são misturados seguidas vezes e pesados. As partículas maiores são removidas como rejeitos. A massa de granulometria inferior a 0,2mm formará a amostra analítica. Os rejeitos, por sua vez, que devem ter soluções particulares em tratamentos de larga escala, são sempre considerados nos cálculos de composição.

#### **4.1 Minimização dos Resíduos**

A minimização de resíduos é a redução do seu volume e/ou toxicidade mediante a aplicação de técnicas específicas que contribuem para a diminuição de sua ação poluidora. No Brasil, porém, a legislação ambiental não prevê a obrigatoriedade de implantação de programas de minimização. Daí a necessidade de compromisso do gerenciador da instalação. As principais técnicas utilizadas para a minimização de resíduos são duas: a) redução na fonte e b) reciclagem. A primeira, consiste na redução ou eliminação da geração de um resíduo de processo mediante modificações dentro do próprio processo, seja pela alteração das matérias-primas ou das tecnologias, seja com a mudança de procedimentos e práticas operacionais. A segunda, consiste na reutilização ou recuperação de resíduos ou de seus constituintes com algum valor econômico. É muito conveniente para a conservação do meio-ambiente, porque diminui a quantidade de resíduos lançados nele. O Brasil ainda não tem legislação sobre a obrigatoriedade de recuperar determinados resíduos, embora elas existam para a recuperação de resíduos de óleos lubrificantes. Na prática, a reciclagem depende dos seguintes aspectos: - custo dos transportes; - proximidade da instalação de reprocessamento; - volume de resíduos disponíveis para reprocessamento; - custo de estocagem do resíduo no ponto de geração ou fora do local de origem. Para a empresa a reciclagem só interessa se houver uma compensação para o seu custo.

#### **4.2 Tratamentos mais Conhecidos**

Tratamento dos resíduos são os processos que modificam suas características, composição ou propriedades, para que sua disposição final seja aceitável, tais como:

- convertendo os constituintes químicos em formas menos perigosas e insolúveis;
- destruindo quimicamente produtos indesejáveis;
- afastando da massa dos resíduos os constituintes perigosos, com a conseqüente redução do volume para a sua disposição final;
- alterando a estrutura química de determinados produtos, tornando mais fácil sua assimilação pelo meio-ambiente.

##### **4.2.1 Secagem e desidratação de lodos**

A secagem e desidratação de lodos é um tratamento para um tipo de resíduo formado por materiais líquidos ou semi-sólidos originado no próprio processo industrial.

#### **4.2.2 Incineração**

Este método de tratamento térmico, embora ainda utilizado não é recomendado nos dias de hoje pelos riscos que pode ocasionar na saúde humana. Consiste em reduzir à cinzas os resíduos sólidos, semi-sólidos e líquidos, através da combustão controlada. É considerado um processo de disposição final, embora seja apenas um método de tratamento. É utilizado no Brasil, principalmente para resíduos domiciliares, embora hoje seja a tendência para o tratamento de resíduos industriais. Para projetar e instalar um incinerador é muito importante que se considere os seguintes fatores:

- a) tipo, quantidade e composição dos resíduos;
- b) estado físico;
- c) poder calorífico;
- d) composição dos gases da combustão;
- e) quantidade e natureza de qualquer cinza eventualmente gerada.

#### **4.2.3 Landfarming**

Consiste na degradação biológica de resíduos pelas bactérias da camada superior do solo, quando se processa a mistura íntima dos dois componentes durante um certo período. Os íons metálicos, liberados nessa degradação ou presentes nos resíduos, passam a fazer parte dessa camada, de maneira que não haja contaminação das águas do lençol freático. O processo biológico deve ser aeróbio. As vantagens do “landfarming” são, entre outras: - rapidez; - oxidação completa; - geração de calor esterilizante de sementes; - não geração de gases malcheirosos, típicos da fermentação anaeróbica.

#### **4.2.4 Encapsulamento**

Dentre os tratamentos físicos de resíduos, o encapsulamento é um processo conhecido também por solidificação, estabilização e fixação. Através deste método estabiliza-se os resíduos perigosos, transformados em matérias menos poluentes com a adição de aglomerantes e processos físicos. Os objetivos do encapsulamento são: - melhorar as características físicas e de manuseio dos resíduos; - diminuir a área superficial através da qual possa ocorrer a transferência ou perda de constituintes poluentes; - limitar a solubilidade de qualquer constituinte no resíduo e eliminar os tóxicos dos constituintes poluentes. Entre as principais técnicas de encapsulamento de resíduos perigosos estão: - técnicas baseadas em cimento; - técnicas baseadas em metais pozolânicos; - técnicas de encapsulamento propriamente dito, com o uso do polietileno como material de revestimento.

#### **4.2.5 Tratamento Biológico**

O tratamento biológico dos resíduos consiste na utilização de microorganismos vivos para estabilizar e destruir contaminantes orgânicos e inorgânicos. Estes microorganismos utilizam os resíduos como fonte de energia e de carbono. A especificidade desta tecnologia restringe significativamente o âmbito da sua aplicação.

#### **4.2.6 Co-incineração**

A co-incineração consiste essencialmente no aproveitamento dos fornos das cimenteiras e das suas altas temperaturas (entre 1450 e 2000 graus) para a queima dos resíduos perigosos, como solventes de limpeza, solventes de indústria química, tintas etc., com a produção simultânea de cimento. Alguns destes resíduos são constituídos por hidrocarbonetos e compostos clorados e fluorados entre outros, alguns inclusive com elevado poder calorífico. A vantagem da co-incineração para a incineração clássica é que as elevadas temperaturas alcançadas pelos



fornos das cimenteiras destroem com muito mais eficácia os resíduos em comparação com o incinerador clássico, que apresenta, ainda, o inconveniente de aumentar o perigo dos resíduos quanto à saúde pública e o meio-ambiente se não for realizada com um rigoroso controle.

#### **4.2.7 Resíduos descartados sem tratamento**

Caso o lixo não tenha um tratamento adequado, ele acarretará sérios danos ao meio-ambiente através de:

- poluição do solo: com a alteração de suas características físico-químicas, o que representa uma séria ameaça à saúde pública, já que o ambiente passa a propiciar o desenvolvimento de transmissores de doenças, além de um visual degradante;
- poluição da água: com a alteração das características do ambiente aquático através da percolação do líquido gerado pela decomposição da matéria orgânica presente no lixo;
- poluição do ar: com a formação de gases naturais na massa do lixo, provocados pela decomposição dos resíduos, com ou sem a presença de oxigênio, o que origina a migração dos gases, explosões e doenças respiratórias quando do contato com os mesmos.

#### **4.2.8 Aterros industriais**

O aterro é uma forma de disposição final de resíduos no solo, fundamentado em critérios de engenharia e normas operacionais específicas, que garante um confinamento seguro em termos de poluição ambiental e proteção à saúde pública (CETESB). Consiste na compactação do lixo, diminuindo o seu volume, e gerando os seguintes benefícios: - redução da área necessária para a disposição dos resíduos; - aumento da vida do aterro; - maior firmeza do terreno, possibilitando o seu uso futuro para edificações, parques, praças de esportes, tráfego de pessoas e veículos. A cada dia, ao final da operação de vazamento do lixo, cobre-se a massa compactada com uma camada de terra.

### **5. Conclusões**

Diante dos resultados apresentados, conclui-se da necessidade de se implantar uma política rigorosa de administração de resíduos, focando particularmente a gestão dos resíduos sólidos perigosos no caso da Baía de Guanabara. Por quê?

1. Das 20 (vinte) indústrias pesquisadas, a maioria de grande porte, 18 (dezoito) delas geram resíduos sólidos perigosos, o que coloca em risco tanto a saúde como a vida das populações que moram no seu entorno ou dele se utilizam.
2. As industriais que poluem o ambiente raramente são punidas, deixando de cumprir com a rigorosa legislação ambiental existente.
3. É recomendável que se elimine ou se obstrua a construção de mais incineradores, já que mesmo os mais modernos não têm como deixar de contaminar o ar com gases tóxicos, o que pode ocasionar num determinado horizonte de tempo, próximo ou afastado, doenças nem sempre reversíveis.
4. No momento, a solução para o destino final dos resíduos sólidos industriais perigosos é o aterro industrial. O maior aterro do Rio de Janeiro, construído em 1985, com as mais rigorosas normas técnicas nacionais e internacionais, tem vida para cem anos. A pergunta que se faz, e que ainda não se tem uma resposta precisa, é se com este e outros aterros não controlados não se está semeando uma bomba de efeito retardado para as futuras gerações?

5. Os resíduos sólidos industriais perigosos ocasionam doenças reversíveis ou irreversíveis, podendo poluir rios que chegam ao mar, contaminando suas águas e ocasionando forte impacto ambiental e sócio-econômico.
6. Além do respeito à legislação ambiental é necessário também que as tecnologias de produto, processo e operação se sofisticem para que as empresas reduzam suas cargas poluentes, bem como seus custos, a fim de evitar sempre que possível a grande produção de resíduos tóxicos e a sua distribuição aleatória, já que os resíduos sólidos descartáveis, por exemplo, podem ser re-processados e/ou tratados nas próprias fontes produtoras. Tais resíduos podem ser utilizados em outras indústrias como matéria prima.
7. Os órgãos ambientais precisam desenvolver sistemas seguros de fiscalização para detectar a quantidade de resíduos estocada junto às fontes produtoras.
8. Outro problema importante é a falta de opções de tratamento e minimização de resíduos, substituídos por vazadouros municipais de resíduos sólidos, o que leva a uma maior poluição do solo, principalmente com a exposição inadequada nos aterros não controlados.
9. Algumas soluções para as empresas, desde que devidamente assistidas, é a utilização dos resíduos industriais inertes, descartáveis, em aterros nas próprias indústrias. O mesmo podendo ser feito nos aterros sanitários municipais como material de cobertura.
10. A gestão dos resíduos se subdivide sistemicamente em gestões micro, a cargo de cada empresa que os produz, e a uma gestão macro, a cargo dos governos federal, estadual e municipais, que sugere a tomada de consciência de empresários, autoridades ambientais e da população em geral, quanto a forma de tratar a destinação final dos resíduos sólidos perigosos com vistas à proteção de todos num meio ambiente naturalmente saudável.

### **Bibliografia**

ASSOCIAÇÃO BRASILEIRA DE NORMAS TÉCNICAS. *NBR 10004*: resíduos sólidos – classificação. Rio de Janeiro, 1995.

ASOCIACIÓN INTERAMERICANA DE INGENIERIA SANITARIA y AMBIENTAL. XXVIII CONGRESO INTERAMERICANO DE INGENIERIA SANITÁRIA Y AMBIENTAL, 28., Cancun, 2002. *Anais...* México, 2002. Resíduos Sólidos Industriales.

REVISTA INGENIERIA SANITÁRIA. México: Asociación Interamericana De Ingeniería Sanitaria y Ambiental., v. 43, n. 3-4, 1989.

ASOCIACIÓN MEXICANA PARA EL CONTROL DE LOS RESIDUOS SÓLIDOS y PELIGROSOS. Resíduos Industriales em México, 1999.

CETESB-SP. Relatórios diversos.

COSTA, Luiz Edmundo da. *O Rio de Janeiro do meu tempo*. Rio de Janeiro: Imprensa Nacional, 1938. 3 v.

FEEMA-RJ. Relatórios diversos.

FORMOSINHO, Sebastião; PIO, Casimiro; BARROS, José Henrique. Parecer sobre Resíduos Industriais Perigosos. Rio de Janeiro, 2000.

REVISTA: PROTECCIÓN DEL MÉDIO AMBIENTE EM ALEMANIA. Bonn, 1992.

MORALES C., Gloria Adriana. *Contaminação pelos resíduos sólidos industriais perigosos na Baía de Guanabara e seu impacto na saúde*. Tese (Doutorado em Engenharia de Produção) - Universidade Federal do Rio de Janeiro, 2003.

GEALT, Michael A. and LEVIN, Morris. *Biotreatment of Industrial and Hazardous Wastes*. New York: Mc Graw Hill, 1993.

MORRIS, Levin; GEALT, Michael. *Biotratamiento de residuos tóxico y peligrosos*. Madrid: Mc Graw Hill, 2002.

OSTERLE, Erick; BROWN, Bernhardt und MROSS, Ralph. *Ermittlung des Abfallaukommens aus dem Gewerbe durch Fortschreibung*. Bonn, 2000.

SEBRAE-RJ. *Lixo: um negócio reciclável*. Rio de Janeiro, 2000. Documentos de curso.

[www.petrobras.com.br/portugue/acompanh/mapas/reduc.htm](http://www.petrobras.com.br/portugue/acompanh/mapas/reduc.htm)