



ASPECTOS NACIONAIS E INTERNACIONAIS DA GESTÃO DE RESÍDUOS SÓLIDOS

Ana Carina Cruz de Mello
Felipe Peixoto da Silva
Josi Cláire Lourenço Porto

Projeto de Final de Curso

Orientadores

Prof.^a Suzana Borschiver, D.Sc.

Fevereiro de 2014

ASPECTOS NACIONAIS E INTERNACIONAIS DA GESTÃO DE RESÍDUOS SÓLIDOS

Ana Carina Cruz de Mello
Felipe Peixoto da Silva
Josi Cláire Lourenço Porto

Projeto de Final de Curso submetido ao Corpo Docente da Escola de Química, como parte dos requisitos necessários à obtenção do grau de Químico Industrial.

Aprovado por:

Andrea Medeiros Salgado, D.Sc.

Vânia Paula Salviano dos Santos, M.Sc.

Gisele dos Santos Costa, M.Sc.

Orientado por:

Suzana Borschiver, D.Sc.

Rio de Janeiro, RJ – Brasil
Fevereiro de 2014

Mello, Ana Carina Cruz; Silva, Felipe Peixoto; Porto, Josi Cláire Lourenço.
Aspectos Nacionais e Internacionais da Gestão de Resíduos Sólidos /Ana Carina Cruz de Mello, Felipe Peixoto da Silva e Josi Cláire Lourenço Porto. Rio de Janeiro: UFRJ/EQ, 2014.
x, 100 f.; il.

(Projeto Final de Curso) – Universidade Federal do Rio de Janeiro, Escola de Química, 2014

Orientador: Suzana Borschiver

1. Gestão de Resíduos. 2. Resíduos Sólidos . 3. Tecnologias de Tratamento de Resíduos Sólidos. 4. Projeto Final de Curso (Graduação – UFRJ/EQ). 5. Suzana Borschiver. I. Título.

“Talvez não tenhamos conseguido fazer o melhor, mas lutamos para que o melhor fosse feito. Não somos o que deveríamos ser, não somos o que vamos ser, mas Graças a Deus, não somos o que éramos.”

Martin Luther King

AGRADECIMENTOS - Ana Carina

A Deus, o que seria de mim sem a fé que eu tenho nele.

Aos meus pais, Ricardo e Dulce, ao meu irmão Diogo, e a toda minha família que, com muito carinho e apoio, não mediram esforços para que eu chegasse até esta etapa de minha vida.

À professora Suzana Borschiver, pela paciência na orientação e incentivo que tornaram possível a conclusão deste trabalho.

As minhas orientadoras de iniciação científica, Professora Andrea e Lívia por seu apoio e inspiração no amadurecimento dos meus conhecimentos e conceitos e por terem sempre acreditado em meu potencial.

Aos meus amigos Rafael Santos, Rafaela, Mariana, Rafael Pereira e Alisson pelo incentivo e pelo apoio constantes.

Aos meus parceiros neste trabalho, Josi Claire e Felipe, por toda sua dedicação.

Aos meus colegas do Laboratório de Sensores Biológicos pela ajuda, troca de idéias e pelos momentos de descontração.

E a todos que de alguma forma contribuíram para a realização desse trabalho.

AGRADECIMENTOS - Felipe Peixoto

Primeiramente aos meus pais Madalena e Roberto pelo apoio, grande incentivo aos estudos no decorrer da minha graduação, pelo carinho, por estarem sempre dispostos a darem o máximo para que eu consiga atingir meus objetivos.

A Deus, por mais uma conquista e por conseguir concluir minha segunda graduação com êxito e total aproveitamento sempre me abençoando.

Aos meus avós Vitorina que amo tanto e José Maria que não está mais entre nós mas continua no meu coração.

Aos meus familiares, irmãos, tias, tios e primos que estão sempre dispostos a me ajudar e presentes nos momentos bons e difíceis da minha vida

Aos meus colegas de projeto e de faculdade Ana Carina e Josi Claire, pela realização deste trabalho com sucesso, muita dedicação e paciência.

À professora orientadora Suzana Borschiver, pelo apoio e orientação fundamental na execução deste trabalho.

À professora Juacyara Carbonelli, pelo apoio e confiança nos quase dois anos de iniciação científica que me proporcionaram um grande crescimento profissional.

Aos amigos Rodrigo, Samuel, Pedro, Vanessa, Barbara, a todos os integrantes do LABTARE, entre muitos outros por fazerem parte da minha vida e com isso me ajudarem a ser uma pessoa mais feliz e a vencer os momentos de dificuldades.

AGRADECIMENTOS - Josi Cláire

A Deus, por mais essa conquista e dons dos ensinamentos prestados.

À minha mãe Sidnéa, por todo apoio, carinho e esforço exercido durante todos os anos da minha vida, sendo um exemplo de perseverança e vitória.

Ao meu pai José, pelo incentivo aos meus estudos e o reconhecimento de cada vitória alcançada por mim.

Aos meus familiares, que sempre estiverem presentes na minha vida, colaborando e compartilhando de grandes momentos da minha vida.

Aos meus colegas Ana Carina e Felipe, pela realização deste trabalho com empenho, dedicação e paciência.

À professora orientadora Suzana Borschiver, pelo apoio e orientação fundamental na execução deste trabalho.

Aos amigos da graduação Alisson, Mariana, Rafaela, Rafael Santos, Rafael Pereira, pela ajuda e companheirismo realizado durante todos os anos da graduação, proporcionando as melhores risadas em meio às dificuldades apresentadas.

Aos amigos do Laboratório de Biossensores (E-122) que estiverem presentes durante dois anos da Iniciação Científica sempre ajudando e colaborando nas atividades. Em especial às queridas Gisele e Paula.

Resumo do Projeto Final de Curso apresentado à Escola de Química como parte dos requisitos necessários para obtenção do grau de Químico Industrial.

ASPECTOS NACIONAIS E INTERNACIONAIS DA GESTÃO DE RESÍDUOS SÓLIDOS

Ana Carina Cruz de Mello, Felipe Peixoto da Silva e Josi Cláire Lourenço Porto

Fevereiro, 2014

Orientadores: Suzana Borschiver, D.Sc.

A história do lixo está ligada ao processo civilizatório humano. Nos últimos cinquenta anos, o Brasil se transformou de país agrário em um país urbano, concentrando em 2010, 85% da população nas cidades. No entanto, o crescimento das cidades brasileiras não foi acompanhada pela provisão de infraestrutura e de serviços urbanos, principalmente no que diz respeito ao sistema de gestão e manejo dos resíduos sólidos, o que conjectura em uma soma de fatores que acarretam diversos problemas ambientais e sociais para o país. Só em 2010 foi criada a Lei nº 12.305, pelo Ministério do Meio Ambiente, que se inspira na responsabilidade pós-consumo e tem por fundamento o princípio do poluidor-pagador e foi uma revolução para o sistema de gerenciamento de resíduos sólidos. Este trabalho se propõe à tarefa de mostrar o panorama brasileiro com foco na gestão dos resíduos sólidos, apresentando as leis vigentes, os principais programas desenvolvidos e comparar as presentes e futuras tecnologias de manejo de resíduos, desenvolvidas por países como Japão, Estados Unidos e União Europeia.

Palavras-chave: Gestão de Resíduos Sólidos , Tecnologias de Resíduos Sólidos, Resíduos Sólidos Urbanos.

LISTA DE SIGLAS E ABREVIATURAS

ABNT	Associação Brasileira de Normas Técnicas
ANVISA	Agência Nacional de Vigilância Sanitária
CDR	Combustível Derivado de Resíduos
CFCs	Clorofluorocarbonetos
CONAMA	Conselho Nacional do Meio Ambiente
COPAM	Conselho Estadual de Política Ambiental
CTF	Cadastro Técnico Federal
EPA	Agência de Proteção Ambiental
EUA	Estados Unidos da América
Eurostat	Statistical Office of the European Communities
GEEs	Gases do Efeito Estufa
HCFCs	Hidroclorofluorocarbonetos
IBAMA	Instituto Brasileiro do Meio Ambiente e dos Recursos Naturais
IBGE	Instituto Brasileiro de Geografia e Estatística
INFRAERO	Empresa Brasileira de Infraestrutura Aeroportuária
IPEA	Instituto de Pesquisa Econômica Aplicada
MDL	Mecanismo de Desenvolvimento Limpo
MMA	Ministério do Meio Ambiente
PIB	Produto Interno Bruto
Plansab	Plano Nacional de Saneamento Básico
PNMC	Plano Nacional de Mudanças Climáticas
PNRH	Plano Nacional de Recursos Hídricos
PNRS	Política Nacional de Resíduos Sólidos
PNSB	Pesquisa Nacional de Saneamento Básico
PPCS	Plano Nacional de Produção e Consumo Sustentável
PVC	Policloreto de Vinila
RCC	Resíduos de Construção Civil
RCD	Resíduos de Construção e Demolição
RDF	Refuse Derived Fuel
REE	Resíduos Eletroeletrônicos
RSAs	Resíduos de Sucata de Automóveis
RSI	Resíduos Sólidos Industriais

RSS	Resíduos Sólidos de Saúde
RSU	Resíduos Sólidos Urbanos
SNIS	Sistema Nacional de Informações em Saneamento
TMB	Tratamento Mecânico e Biológico
UE	União Europeia

LISTA DE TABELAS

Tabela 1 Emissões Brasileiras de Gases de Efeito Estufa. Período de 1990-2010, p.27

Tabela 2 Quantidade de RSU Coletado por Regiões do Brasil, p.37

Tabela 3 Quantidade de Municípios por Tipo de Destinação Adotado 2012, p.39

Tabela 4 Participação dos Principais Materiais no Total de RSU Coletado no Brasil em 2012, p.40

Tabela 5 Estimativa da Composição Gravimétrica dos Resíduos Sólidos Urbanos Coletados no Brasil em 2008, p.41

Tabela 6 Estimativa da quantidade de resíduos sólidos domiciliares e /ou públicos coletados, p.42

Tabela 7 Estimativa da participação dos programas de coleta seletiva formal (2008), p.42

Tabela 8 Quantidade diária de resíduos sólidos domiciliares e/ou públicos encaminhados para diferentes formas de destinação final, para os anos de 2000 e 2008, p. 44

Tabela 9 Número de unidades de destino de resíduos e rejeitos urbanos considerando somente disposição no solo em lixão, aterro controlado e aterro sanitário, p.45

Tabela 10 Dados da geração de resíduos sólidos industriais do Brasil, p.49

Tabela 11 Capacidade Instalada de Tratamento de RSS, p.51

Tabela 12 Total de rejeitos e contribuição percentual média de cada substância no decênio 1996-2005 e no período de 2010-30, p.53

Tabela 13 Principais tecnologias utilizadas nos EUA, p.82

Tabela 14 Projetos de incineradores em funcionamento nos EUA (EPA, 2010), p.85

Tabela 15 Tecnologias alternativas básicas, p.86

Tabela 16 Exemplos de categorias de resíduos e cronograma de coleta na cidade de Yokohama, p.100

LISTA DE FIGURAS

- Figura 1** Emissões brasileiras de gases de efeito estufa. Período de 1990 – 2010, p. 26
- Figura 2** Disposição de Resíduos Sólidos- Emissões de Metano, p.28
- Figura 3** Geração de RSU, p.36
- Figura 4** Coleta de RSU no Brasil, p. 36
- Figura 5** Participação das Regiões do País no Total de RSU Coletado, p.37
- Figura 6** Destinação final de RSU (t/dia), p.38
- Figura 7** Destinação final dos RSU coletados no Brasil, p. 38
- Figura 8** Valores médios por Habitante/ano correspondente aos recursos aplicados na Coleta de RSU e nos demais Serviços de Limpeza Urbana, p. 39
- Figura 9** Iniciativas de Coleta Seletiva nos Municípios em 2012 nas Regiões do Brasil, p. 40
- Figura 10** Reciclagem de alumínio, papel, plástico e vidro de 2009 a 2011 em (%), p. 43
- Figura 11** Estimativa de RCC coletada nas diferentes regiões do Brasil (t/dia), p. 46
- Figura 12** Total de RCD Coletados – Regiões do Brasil, p. 47
- Figura 13** RSS Coletados pelos Municípios – Regiões do Brasil, p.50
- Figura 14** Destino Final dos RSS Coletados pelos Municípios em 2012, p.51
- Figura 15** Esteira de separação mecanizada, p. 58
- Figura 16** Unidade de triagem de resíduos sólidos, p. 58
- Figura 17** Fases da Compostagem, p.60
- Figura 18** Unidade de Compostagem de Resíduos Orgânicos, p.62
- Figura 19** Etapas metabólicas do processo de digestão anaeróbia em biodigestor, p.65
- Figura 20** Esquema de um biodigestor anaeróbio, p. 67
- Figura 21** Processo de Produção do Cimento, p.69
- Figura 22** Peletização de resíduos, p.73
- Figura 23** Briquetes, p. 73
- Figura 24** Fluff, p. 74
- Figura 25** Esquemática de um Aterro Sanitário, p. 75
- Figura 26** Representação esquemática da gestão de resíduos sólidos nos EUA, p. 81
- Figura 27** Rotas tecnológicas para a gestão de RSU adotadas nos Estados Unidos, p. 81
- Figura 28** Evolução do tratamento dos resíduos sólidos urbanos nos EUA, p. 83

Figura 29 Características regionais de tratamento e destinação final de RSU nos Estados Unidos, p. 83

Figura 30 Recuperação e descarte de materiais RSU, de 1960 a 2009, p. 84

Figura 31 Distribuição do tratamento e destinação final dos resíduos nos EUA no ano de 2009, p. 85

Figura 32 Geração de RSU total (linha sólida) e per capita (linha tracejada), desde 1960 até 2010, p.86

Figura 33 Quantidade de resíduos gerado e tratado pelos países membros da EU em kg/habitante.ano para o ano de 2011, p. 89

Figura 34 Origem dos resíduos produzidos na UE-27 no ano de 2008, p. 90

Figura 35 Classificação dos resíduos totais gerados na União Europeia no ano de 2008, p. 91

Figura 36 Tipo de Tratamento dos resíduos sólidos gerados por estados-membros em 2010, p. 92

Figura 37 Evolução da Quantidade Percapita de Resíduos Tratados por tipo de tratamento – Período: 1995 a 2011, p. 93

Figura 38 Geração de resíduos sólidos e quantidade de resíduos que foram para aterros no período de 1985 a 2010, p. 98

Figura 39 Composição dos resíduos no Japão no período de 1980 a 2008, p. 98

Figura 40 Principal rota tecnologia dos resíduos sólidos urbanos no Japão, p. 101

Figura 41 Composição do tratamento de resíduos sólidos, menos a incineração, p, 101

SUMÁRIO

1	INTRODUÇÃO	16
2	REVISÃO DA LITERATURA	18
2.1	Resíduos Sólidos	18
2.1.1	Conceito	18
2.1.2	Classificação e Tipos de Resíduos Sólidos	18
2.1.3	Caracterização	21
2.2	Quadro Institucional Brasileiro	21
2.2.1	Lei Federal de Saneamento Básico	23
2.2.2	Política Nacional de sobre Mudança Climática	25
2.2.3	Lei Federal dos Consórcios Públicos	28
2.2.4	Política Nacional dos Resíduos Sólidos	30
2.3	Plano Nacional de Resíduos Sólidos	32
3	PANORAMA DA GESTÃO DE RESÍDUOS SÓLIDOS NO BRASIL	35
3.1	Tipos de Resíduos Sólidos	35
3.2	Panorama Geral no Brasil	54
4	TECNOLOGIAS UTILIZADAS PARA O TRATAMENTO DE RESÍDUOS SÓLIDOS URBANOS	56
4.1	Triagem	56
4.2	Compostagem	59
4.3	Digestão Anaeróbica	63
4.4	Coprocessamento	68
4.5	Incineração	69
4.6	Combustível Derivado de Resíduo	71
4.7	Aterro Sanitário	74
5	O CASO: COMPARATIVO ENTRE BRASIL, EUA, EUROPA E JAPÃO SOBRE A GESTÃO E TECNOLOGIAS DE RESÍDUOS SÓLIDOS	77
5.1	Estados Unidos	78
5.1.1	Legislação	78
5.1.2	Geração de Resíduos Sólidos	80
5.1.3	Tecnologias Utilizadas	82

5.2	União Européia	87
5.2.1	Legislação	87
5.2.2	Geração de Resíduos Sólidos	89
5.2.3	Tecnologias Utilizadas	91
5.3	Japão	95
5.3.1	Legislação	95
5.3.2	Geração de Resíduos Sólidos	97
5.3.3.	Tecnologias Utilizadas	99
5.4	Discussão	102
6	CONCLUSÕES	105
7	REFERÊNCIAS BIBLIOGRÁFICAS	106

1 INTRODUÇÃO

A Terra mostra sinais evidentes de esgotamento quanto à sua capacidade de oferecer os recursos dos quais não podemos prescindir e o tempo para agir é exíguo, como mostram vários estudos recentes.

Quase dois terços dos serviços oferecidos pela natureza à humanidade estão em rápido declínio em todo o mundo. A água, um dos bens mais preciosos deste século, apresenta situação bastante crítica e uma das causas são a disposição inadequada dos resíduos sólidos produzidos pela população.

A quantidade de resíduos sólidos gerados é muito grande no Brasil e ainda está aumentando com o tempo, onde os fatores que afetam a produção de resíduos são muitos. Em geral, o aumento da população leva ao aumento da produção total de resíduos. Mas, o aumento da renda e, conseqüentemente, de consumo, também leva a maior geração de resíduos. Alguns estudos mostram que a quantidade de resíduos aumenta com o crescimento do Produto Interno Bruto (PIB). Outros fatores causadores do aumento da geração de resíduos são: mudanças sociais, como menor número de pessoas por domicílio, por exemplo, o que reduz o número de pessoas que usam determinados produtos (mobiliário, equipamentos domésticos), aumentando a geração de resíduos per capita; preferência maior por itens descartáveis, de sacolas plásticas a pratos, copos e fraldas descartáveis, passando por uma infinidade de embalagens; e obsolescência tecnológica, que torna os objetos menos duráveis e faz com que o conserto seja mais caro que a compra de um novo produto.

Os resíduos sólidos definidos como resto das atividades humanas, são considerados pelos geradores como inúteis, indesejados ou descartáveis. A classificação de resíduos pode ser feita de acordo com a fonte geradora (domiciliar, comercial, industrial, provenientes de atividades públicas, de portos, aeroportos e terminais rodoviários e ferroviários, serviços de saúde, urbano, agrícolas, entre outros)

No Brasil, foi aprovada, após 21 anos de tramitação, a Lei nº 12.305, de 2 de agosto de 2010, que “institui a Política Nacional de Resíduos Sólidos; altera a Lei nº 9.605, de 12 de fevereiro de 1998; e dá outras providências”. Entre os pilares da nova lei, encontra-se a responsabilidade compartilhada pelo ciclo de vida do produto, que se inspira na responsabilidade pós-consumo e tem por fundamento o princípio do poluidor-pagador.

Este trabalho apresenta as principais leis e tecnologias utilizadas no manejo dos Resíduos Sólidos Urbanos (RSU) como: triagem e reciclagem, compostagem, digestão anaeróbia, incineração, coprocessamento dos resíduos, combustível derivado de resíduo e aterros sanitários acrescidas à uma breve comparação das rotas tecnológicas e as leis que são utilizadas em países como Europa, Estados Unidos e Japão.

2 REVISÃO DA LITERATURA

2.1 Resíduos Sólidos

2.1.1. Conceito

Os resíduos sólidos são todos os restos sólidos ou semi-sólidos das atividades humanas ou não-humanas, que embora não apresentem utilidade para a atividade de onde foram gerados, podem virar insumos para outras atividades. Até algum tempo atrás os resíduos eram definidos como algo que não apresenta utilidade e nem valor comercial (PEREIRA, 2013). No entanto, este conceito mudou com a publicação da norma ABNT NBR10004/2004 e da Lei 12.305/2010, que instituiu a Política Nacional de Resíduos Sólidos (PNRS).

A norma ABNT NBR10004/2004 define os resíduos sólidos como sendo resíduos, nos estados sólidos e semi-sólidos, que resultam de atividades de origem industrial, doméstica, hospitalar, comercial, agrícola, de serviços e de varrição. A norma ainda inclui nessa definição os lodos oriundos de sistemas de tratamento de água, gerados em equipamentos e instalações de controle de poluição, assim como determinados líquidos cujas particularidades tornem inviável o seu lançamento na rede pública de esgotos ou corpos de água, ou exijam para isso soluções técnicas e economicamente inviáveis levando em conta a melhor tecnologia disponível (ABNT, 2004).

Já a Lei 12.305/2010 diferencia o resíduo de rejeito, definindo o rejeito como sendo resíduos sólidos que, depois de esgotadas todas as possibilidades de tratamento e recuperação por processos tecnológicos disponíveis e economicamente viáveis, não apresentem outra possibilidade que não a disposição final ambientalmente adequada (BRASIL, 2012).

2.1.2. Classificação e Tipos de Resíduos Sólidos

Os resíduos sólidos podem ser classificados de acordo com a origem, tipo de resíduo, composição química e periculosidade (ABNT, 2004).

De acordo com a ORIGEM:

- “**Resíduo Hospitalar** ou de **Serviços de Saúde**”: qualquer resto proveniente de hospitais e serviços de saúde como pronto-socorro, enfermarias, laboratórios de análises clínicas, farmácias, etc.. Geralmente são constituídos de seringas, agulhas, curativos e outros materiais que podem apresentar algum tipo de contaminação por agentes patogênicos;
- “**Resíduo Domiciliar**”: são aqueles gerados nas residências e sua composição é bastante variável sendo influenciada por fatores como localização geográfica e renda familiar. Porém, nesse tipo de resíduo podem ser encontrados restos de alimentos, resíduos sanitários (papel higiênico, por exemplo), papel, plástico, vidro, etc.
- “**Resíduo Agrícola**”: são aqueles gerados pelas atividades agropecuárias (cultivos, criações de animais, beneficiamento, processamento, etc.). Podem ser compostos por embalagens de defensivos agrícolas, restos orgânicos (palhas, cascas, estrume, animais mortos, bagaços, etc.), produtos veterinários e etc..
- “**Resíduo Comercial**”: são aqueles produzidos pelo comércio em geral. A maior parte é constituída por materiais recicláveis como papel e papelão, principalmente de embalagens, e plásticos, mas também podem conter restos sanitários e orgânicos.
- “**Resíduo Industrial**”: são originados dos processos industriais. Possuem composição bastante diversificada e uma grande quantidade desses rejeitos é considerada perigosa. Podem ser constituídos por escórias (impurezas resultantes da fundição do ferro), cinzas, lodos, óleos, plásticos, papel, borrachas, etc.
- “**Entulho**”: resultante da construção civil e reformas. Quase 100% destes resíduos podem ser reaproveitados embora isso não ocorra na maioria das situações por falta de informação. Os entulhos são compostos por: restos de demolição (madeiras, tijolos, cimento, rebocos, metais, etc.), de obras e solos de escavações diversas.
- “**Resíduo Público** ou **de Varrição**”: é aquele recolhido nas vias públicas, galerias, áreas de realização de feiras e outros locais públicos. Sua composição é muito variada dependendo do local e da situação onde é recolhido, mas podem conter: folhas de árvores, galhos e grama, animais mortos, papel, plástico, restos de alimentos, etc..
- “**Resíduos Sólidos Urbanos**”: é o nome usado para denominar o conjunto de todos os tipos de resíduos gerados nas cidades e coletados pelo serviço municipal (domiciliar, de varrição, comercial e, em alguns casos, entulhos).
- “**Resíduos de Portos, Aeroportos e Terminais Rodoviários e Ferroviários**”: o lixo coletado nesses locais é tratado como “resíduo séptico”, pois pode conter agentes causadores

de doenças trazidas de outros países. Os resíduos que não apresentam esse risco de contaminação podem ser tratados como lixo domiciliar.

- “**Resíduo de Mineração**”: podem ser constituídos de solo removido, metais pesados, restos e lascas de pedras, etc.

De acordo com o TIPO:

- “**Resíduo Reciclável**”: papel, plástico, metal, alumínio, vidro, etc.

- “**Resíduo Não Reciclável**” ou “**Rejeito**”: resíduos que não são recicláveis, ou resíduos recicláveis contaminados;

De acordo com a COMPOSIÇÃO QUÍMICA:

- **Orgânicos**: restos de alimentos, folhas, grama, animais mortos, esterco, papel, madeira, etc.

Os compostos orgânicos tóxicos são classificados como “Poluentes Orgânicos Persistentes” (POP) e “Poluentes Orgânicos Não Persistentes”.

“Poluentes Orgânicos Persistentes” (POP) são hidrocarbonetos de elevado peso molecular, clorados e aromáticos e alguns pesticidas como DDT, DDE, Lindane, Hexaclorobenzeno e PCB`s. Estes compostos orgânicos são tão perigosos que foi criada uma norma internacional para seu controle denominada “Convenção de Estocolmo”.

“Poluentes Orgânicos Não Persistentes” são óleos e óleos usados, solventes de baixo peso molecular, alguns pesticidas biodegradáveis e a maioria dos detergentes que possuam em sua composição carbamatos e organoclorados

- **Inorgânicos**: vidros, plásticos, borrachas, etc.

De acordo com a PERICULOSIDADE:

Essa classificação foi definida pela ABNT na norma NBR10004:2004 da seguinte forma:

- Resíduos Perigosos (Classe I): são aqueles que por suas características podem apresentar riscos para a sociedade ou para o meio ambiente. São considerados perigosos também os que apresentem uma das seguintes características: inflamabilidade, corrosividade, reatividade, toxicidade e/ou patogenicidade. Na norma estão definidos os critérios que devem ser observados em ensaios de laboratório para a determinação destes itens. Os resíduos que recebem esta classificação requerem cuidados especiais de destinação.

- Resíduos Não Perigosos (Classe II): não apresentam nenhuma das características acima, podem ainda ser classificados em dois subtipos:

- Classe II A – não inertes: são aqueles que não se enquadram no item anterior, Classe I, nem no próximo item, Classe II B. Geralmente apresenta alguma dessas características: biodegradabilidade, combustibilidade e solubilidade em água.

- Classe II B – inertes: quando submetidos ao contato com água destilada ou deionizada, à temperatura ambiente, não tiverem nenhum de seus constituintes solubilizados a concentrações superiores aos padrões de potabilidade da água, com exceção da cor, turbidez, dureza e sabor, conforme anexo G da norma NBR10004: 2004.

2.1.3. Caracterização

A caracterização dos Resíduos Sólidos consiste em determinar suas principais características físicas e/ou químicas, qualitativa e/ou quantitativamente dependendo da abrangência e aplicação do resultado que se quer obter. A caracterização deve ser feita por profissional especializado e, dependendo da complexidade, em laboratórios de análises, para que sejam feitos testes específicos (ABNT, 2004).

Para que os resíduos sólidos sejam devidamente caracterizados deve-se conhecer sua origem, seus constituintes e características. Durante a caracterização, que é feita seguindo padrões específicos de amostragem e testes, são determinados por exemplo, se um resíduo é inflamável, corrosivo, combustível, tóxico e etc. Também são estudadas suas características físicas (granulometria, peso, volume, resistência mecânica, etc.) e químicas (reatividade, composição, solubilidade e etc.).(PEREIRA, 2013)

Algumas normas utilizadas nesse procedimento são:

- ✓ ABNT NBR10004/2004 – Resíduos Sólidos – Classificação
- ✓ ABNT NBR10005:2004 – Procedimento para obtenção de extrato lixiviado de resíduos sólidos
- ✓ ABNT NBR10006:2004 – Procedimento para obtenção de extrato solubilizado de resíduos sólidos
- ✓ ABNT NBR10007:2004 – Amostragem de resíduos sólidos
- ✓ ABNT NBR12808:1993 – Resíduos de Serviços de Saúde – Classificação
- ✓ ABNT NBR14598:2000 – Produtos de petróleo – Determinação do ponto de fulgor pelo aparelho de vaso fechado Pensky-Martens.

2.2 Quadro Institucional

É notório o desenvolvimento das cidades brasileiras nos últimos 50 anos, tornando o Brasil um país urbano e com mais da metade da população vivendo em cidades. Esse

crescimento não foi realizado com um planejamento da estrutura urbana, gerando severos problemas com relação aos serviços públicos de saneamento básico que envolvam a drenagem urbana, abastecimento de água, coleta e transporte de esgoto sanitário e o sistema de gestão e manejo dos resíduos sólidos.

Os polos econômicos brasileiros, em geral as principais capitais, se expandiram sem que houvesse um aumento da capacidade de gestão dos problemas acarretados pelo crescimento acelerado da população nas cidades. Dessa forma essas cidades viram-se cada vez mais incapazes de fornecer a demanda necessária por moradia, escolas, empregos, transporte e serviços de saúde para a população.

Em 2001, foi aprovado o Estatuto da Cidade que ocasionou um processo de transformação ao estabelecer novos marcos regulatórios e regulamentos de gestão urbana com as leis de resíduos sólidos e de saneamento básico. A responsabilidade por gerenciar os serviços urbanos não é mais apenas do poder público, as responsabilidades e tarefas podem ser compartilhadas para solucionar grande parte dos problemas ambientais causados pela elevada concentração de atividades nos ambientes urbanos.

A Lei nº 10.257/2001, chamada de Estatuto da Cidade, regulamentou os Artigos 182 e 183 da Constituição Brasileira e estabeleceu as condições para uma reforma urbana nas cidades brasileiras. O estatuto impôs aos principais municípios a criação de um Plano Diretor cujo objetivo é promover a garantia do direito a cidades sustentáveis, em diversos aspectos tais como: ambiental, social, econômico, da saúde, do transporte, da moradia econômico, do lazer e saneamento básico. A elaboração de planos de desenvolvimento, como prevê o Estatuto, visa à construção de políticas de longa duração e com grande alçada social, através de ferramentas transformadoras. É importante salientar que o planejamento das cidades requer grandes investimentos nas políticas para prestação de serviços de saneamento básico, indispensáveis para a garantia de um ambiente saudável.

Em relação às leis existentes, o Brasil possui atualmente um conjunto legal que estabelece diretrizes para a gestão de resíduos sólidos, por meio da Lei Federal de Saneamento Básico e a Política Nacional de Resíduos Sólidos. Conta ainda, com a Lei de Consórcios Públicos que permite estabelecer e fortalecer relações entre diversos entes federados e o Plano Nacional sobre Mudança do Clima, com algumas metas e diretrizes que englobam os resíduos sólidos. Estas leis se cumpridas e implementadas corretamente podem em um determinado tempo, tornar eficiente o sistema de gestão de resíduos sólidos brasileiros, bem como auxiliar o alcance de cidades sustentáveis.

2.2.1. A Lei Federal de Saneamento Básico

A Lei Federal nº 11.445, de 5 de janeiro de 2007, estabelece diretrizes nacionais para o saneamento básico no Brasil. Entre as diretrizes nacionais estabelecidas, podemos destacar que o abastecimento de água, esgotamento sanitário, limpeza urbana e manejo de resíduos sólidos deverão ser realizados de forma adequada à saúde pública e à proteção do meio ambiente.(MACHADO, 2012)

O artigo 3º dispõe sobre o que é saneamento básico para efeitos da Lei, como:
(CARVALHO; OLIVEIRA, 2012)

Conjunto de serviços, infraestruturas e instalações operacionais de:

- a) Abastecimento de água potável: constituído pelas atividades, infraestruturas e instalações necessárias ao abastecimento público de água potável, desde a captação até as ligações prediais e respectivos instrumentos de medição;
- b) Esgotamento sanitário: constituído pelas atividades, infraestruturas e instalações operacionais de coleta, transporte, tratamento e disposição final adequados dos esgotos sanitários, desde as ligações prediais até o seu lançamento final no meio ambiente;
- c) Limpeza urbana e manejo de resíduos sólidos: conjunto de atividades, infraestruturas e instalações operacionais de coleta, transporte, transbordo tratamento e destino final do lixo doméstico e do lixo originário da varrição e limpeza de logradouros e vias públicas;
- d) Drenagem e manejo das águas pluviais urbanas: conjunto de atividades, infraestruturas e instalações operacionais de drenagem urbana de águas pluviais, de transporte, detenção ou retenção para o amortecimento de vazões de cheias, tratamento e disposição final das águas pluviais drenadas nas áreas urbanas.

Os contratos que tenham por objetivo a prestação de serviços públicos de saneamento básico devem seguir um conjunto de condições de validade estabelecidos no Art.11 da Lei, sendo estas: a existência de plano de saneamento básico; estudo comprovando viabilidade técnica e econômico-financeira da prestação universal e integral dos serviços; normas de

regulação e designação da entidade de regulação e de fiscalização; realização prévia de audiências e de consulta públicas; mecanismos de controle social nas atividades de planejamento, regulação e fiscalização e, as hipóteses de intervenção e de retomada dos serviços(MMA, 2011a).

A sustentabilidade econômica e financeira dos serviços de limpeza urbana e manejo de resíduos sólidos urbanos deve ser assegurada através da cobrança destes serviços, por meio de taxas ou tarifas e outros preços públicos, em conformidade com o regime de prestação do serviço ou de suas atividades. A Lei inclui uma alteração na Lei 8.666/1993, permitindo a isenção de licitação para a remuneração e contratação de associações ou cooperativas de catadores de materiais recicláveis, facilitando a inserção desse tipo de serviço nos planos de gestão de resíduos sólidos.(MMA, 2011a)

Segundo o artigo 19 da Lei, os planos de saneamento básico devem abranger, no mínimo: um diagnóstico da situação e seus impactos nas condições de vida, utilizando sistema de indicadores sanitários, epidemiológicos, ambientais e socioeconômicos e apontando as causas das deficiências detectadas; objetivos e metas de curto, médio e longo prazo para a universalização, admitidas soluções graduais e progressivas, observando a compatibilidade com os demais planos setoriais; programas, projetos e ações necessárias para atingir os objetivos e as metas, de modo compatível com os respectivos planos plurianuais e com outros planos governamentais correlatos, identificando possíveis fontes de financiamento; ações para emergências e contingências; mecanismos e procedimentos para a avaliação sistemática da eficiência e eficácia das ações programadas.(BRASIL,2007)

Com relação à elaboração dos planos, a lei requer que sejam editados pelos próprios titulares, que estejam compatíveis com os planos das bacias hidrográficas em que estiverem inseridos, devem ser revisados ao menos a cada quatro anos, antes da elaboração do Plano Plurianual, e, caso envolvam a prestação regionalizada de serviços, todos os planos dos titulares associados devem estar compatíveis entre si.(BRASIL,2007)

Um dos grandes problemas atuais é a carência de pessoas especializadas para a garantia da sustentabilidade dos serviços de gestão, o que ocasiona um número reduzido de municípios que tenham uma gestão adequada dos resíduos sólidos, que assegure a sustentabilidade dos serviços e a racionalidade da aplicação dos recursos técnicos, humanos e financeiros. Como forma de solucionar este problema, a lei institui a prestação regionalizada dos serviços de saneamento básico, para possibilitar ganhos de escala na gestão dos resíduos sólidos e equipes técnicas permanentes e capacitadas(MMA, 2011a)

2.2.2. Política Nacional de Mudança Climática

A Política Nacional sobre Mudança do clima foi instituída no Brasil através da Lei nº12. 187/2009, que define, como um dos seus objetivos, o compromisso a adoção de ações de mitigação visando a redução das emissões de Gases de Efeito Estufa (GEEs) oriundas das atividades humanas, nas suas diferentes fontes, inclusive naquelas referentes aos resíduos.(BRASIL,2009)

Um dos gases precursores do efeito estufa é o metano, um gás cerca de 21 vezes mais impactantes à atmosfera que o gás carbônico, sendo gerado pela disposição de resíduos sólidos em lixões e em aterro sanitários, e também, pelos resíduos agrosilvopastoris, disciplinados pela Política Nacional de Resíduos Sólidos. Segundo dados da literatura, em alguns países 20% da geração antropogênica de metano tem origem nos resíduos humanos. A geração de metano varia em função do local e idade do depósito, quantidade de resíduos, presença de ambiente anaeróbico, matérias tóxicas, idade do local de depósito, acidez e condições construtivas e de manejo. O biogás, formado por uma mistura de gases provenientes de material orgânico, principalmente metano, tem sua geração correndo frequentemente durante um período de 16 anos, podendo chegar até 50 anos.(MMA, 2011a)

O artigo 12 desta lei estabelece a redução entre 36,1% e 38,9% as emissões nacionais de gases projetadas até o ano de 2020. As ações a serem implementadas para o atendimento desse compromisso foram impostas pelo Decreto 7.390/2010, que regulamenta Política Nacional sobre Mudança do Clima. Dentre essas ações pode-se destacar a bioeletricidade e o uso de tecnologias para tratamento de dejetos de animais. A bioeletricidade é uma oferta de energia proveniente de fontes renováveis, podendo ser gerada através da destruição e recuperação do gás metano em instalações adequadas. As tecnologias, para o tratamento de dejetos de animais, utilizam resíduos pastoris dentre outros resíduos sólidos orgânicos, gerando o biogás, que por sua vez pode ser convertido em fonte de energia como vapor, combustível para caldeiras ou fogões, eletricidade, combustível veicular ou para abastecer gasodutos com gás de qualidade. Em países com gestão ambiental avançada o aproveitamento energético dos resíduos sólidos em grande escala é empregado de forma cada vez mais significativa. No Brasil, a região Sul é o local onde se encontra o maior número de tecnologias em pequena e média escalas sendo aplicadas. (MCTI, 2013)

O Plano Nacional sobre Mudanças Climáticas definiu metas para a ampliação da reciclagem de resíduos sólidos e para a recuperação do metano em instalações de tratamentos de resíduos urbanos para 20% até 2015. Paralelamente, a Política Nacional de Resíduos Sólidos estabeleceu como um de seus objetivos o incentivo ao reaproveitamento dos resíduos sólidos e a adoção do desenvolvimento e aperfeiçoamento de tecnologias limpas de forma a minimizar impactos de sistemas de gestão ambiental e empresarial voltados para a melhoria dos processos produtivos. (MCTI, 2013)

No artigo 11 do Decreto nº 7.390/2010 foi estabelecido que seja publicadas estimativas anuais de emissões de gases de efeito estufa no Brasil, a partir de 2012, visando o cumprimento do compromisso nacional voluntário para a redução das emissões (Art.12 da Lei nº 12.187/2009). A elaboração dessas estimativas bem como a metodologia utilizada para os cálculos da projeção de emissões é de responsabilidade da equipe de trabalho coordenado pelo Ministério da Ciência, Tecnologia e Inovação.(BRASIL,2009)

No ano de 2013, esse ministério elaborou o relatório contendo as estimativas anuais de emissão de gases. Alguns desses resultados serão apresentados neste trabalho para efeito de referência e discussão. A seguir são apresentados os resultados referentes à emissão de gases de efeito estufa no Brasil, no período entre 1990 -2010. (MCTI, 2013)

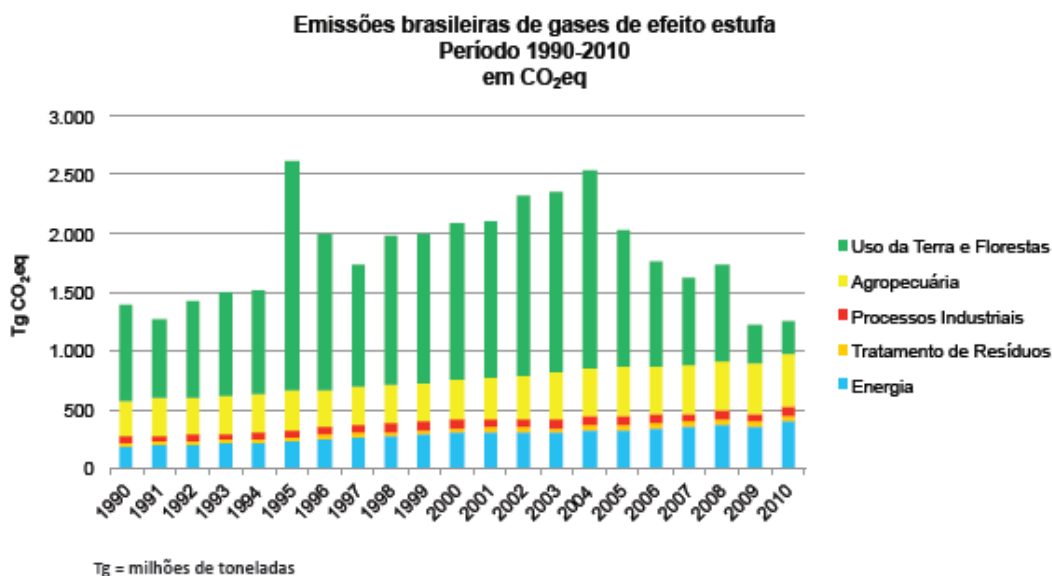


Figura 1: Emissões brasileiras de gases de efeito estufa. Período de 1990 - 2010

Fonte: MCTI- Ministério da Ciência, Tecnologia e Inovação.

Em termos de setores os dados obtidos foram:

Tabela 1: Emissões Brasileiras de Gases de Efeito Estufa. Período de 1990-2010

Tabela 1: Emissões Brasileiras de Gases de Efeito Estufa. Período de 1990-2010

Setores	1990	1995	2000	2005	2010	Variação	
	Gg CO ₂ eq					1995-2005	2005-2010
Energia	191.543	232.430	301.096	328.808	399.302	41,5%	21,4%
Processos Industriais	52.536	63.065	71.673	77.943	82.048	23,6%	5,3%
Agropecuária	303.772	335.775	347.878	415.713	437.226	23,8%	5,2%
Florestas	815.965	1.950.084	1.324.371	1.167.917	279.163	-40,1%	-76,1%
Resíduos	28.939	33.808	38.550	41.880	48.737	23,9%	16,4%
TOTAL	1.392.756	2.615.162	2.083.570	2.032.260	1.246.477	-22,3%	-38,7%

Gg = milhares de toneladas

Fonte: MCTI- Ministério da Ciência, Tecnologia e Inovação.

A emissão dos resíduos sólidos é proveniente da disposição de resíduos, tratamento de esgoto tanto domésticos/ comercial quanto industrial, incineração de resíduos e pelo consumo humano de proteínas. As emissões da disposição de resíduos sólidos e do tratamento de esgotos domésticos variam pelo aumento da população.(MCTI, 2013)

A disposição de resíduos sólidos inclui tanto o decréscimo por conta dos diversos projetos no âmbito do Mecanismo de Desenvolvimento Limpo (MDL) vigente no Brasil desde 2004, quanto o crescimento pelo aumento da geração de lixo. “As estimativas para o setor Tratamento de Resíduos para os anos de 2006 a 2010 baseiam-se na série 1990–2005 do II Inventário Brasileiro, cuja metodologia está detalhada nos seus relatórios de referência, e incorporam informações e dados atualizados para as diferentes fontes de emissão, sempre que possível.”(MCTI, 2013)

A figura a seguir apresenta as emissões de metano oriundos da disposição de resíduos sólidos no país. Para efeito de comparação, são mostrados os resultados do II Inventário, das estimativas atuais (onde estão incluídas as reduções devido aos projetos MDL) e o que seriam as estimativas de emissões caso não tivesse havido a entrada dos projetos MDL, que passaram a destruir metano. É preciso notar ainda que as reduções de metano no ano de 2010 não estão completas devido à ausência de relatório de monitoramento de alguns projetos para esse ano.(MCTI, 2013)

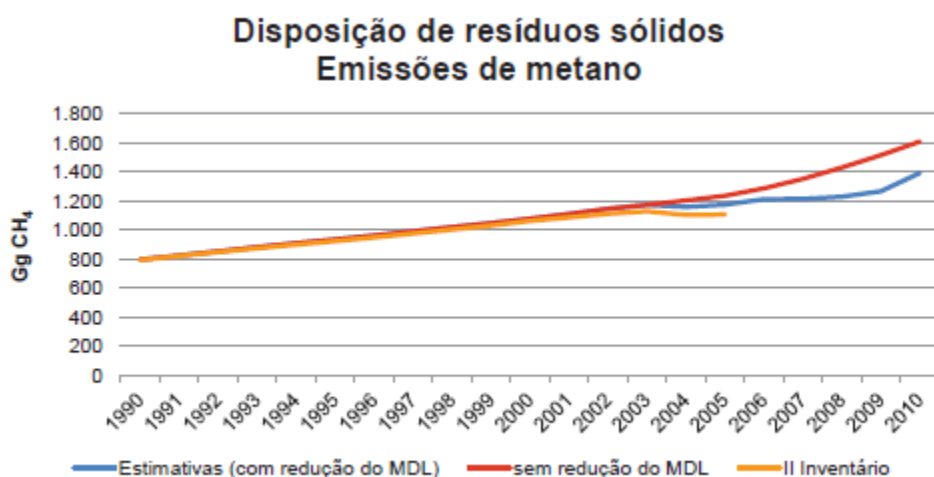


Figura 2: Disposição de Resíduos Sólidos- Emissões de Metano.

Fonte: (MCTI, 2013)

2.2.3. Lei Federal de Consórcios Públicos

O Brasil possui um histórico negativo no que diz respeito aos processos de gestão, nas diversas regiões, tornando-se explícito a necessidade de uma gestão associada entre vários municípios, de forma a estabilizar uma equipe gerencial atendendo de maneira eficiente a todos.

A gestão de resíduos sólidos, inicialmente, foi realizada com cada município atuando de forma isolada, porém isto não deu certo. Visando uma melhora significativa na qualidade de gestão, a Política Nacional de Resíduos Sólidos tem como prioridade a formação de Consórcios Públicos, que vem sendo incentivada pelo Governo Federal e por muitos dos Estados, para assegurar o salto necessário no sistema de gestão. Os municípios, mesmo os de menor porte, podem dividir o esforço para a construção da instituição que venha a assumir a gestão em uma escala mais adequada e com isso garanta o cumprimento dos objetivos da Política Nacional de Resíduos Sólidos.(MMA, 2011a)

O consorcio público consiste na *união entre dois ou mais entes da federação (municípios, estados e União), sem fim lucrativos, com a finalidade de prestar serviços e desenvolver ações conjuntas que visem o interesse coletivo e benefícios públicos*. Os entes federados podem se associar de duas formas: com os entes constituintes sendo da mesma

esfera do governo, por exemplo, Estado com Estado, ou com os entes constituintes forem de diferentes esferas do governo, por exemplo, Município com Estado. (SEPLAG, 2007)

A associação de diferentes tipos de municípios, tanto os de grande porte quanto os de pequeno, ajuda a superar as dificuldades e a ineficiência da gestão, racionaliza e aumenta a escala no tratamento de resíduos sólidos. Além disso, consórcios que possuem equipes técnicas permanentes e capacitadas podem operar unidades de processamentos de resíduos, garantindo sua sustentabilidade. Com a associação dos municípios essas equipes serão responsáveis por gerenciar diferentes atividades e instalações tais como: coleta de resíduos, triagem, aterros dentre outras, permitindo o manuseio de diversos tipos de resíduos e o compartilhamento de diferentes instalações e equipamentos, amplificando os investimentos necessários para uma melhoria no sistema de coleta seletiva.(SEPLAG, 2007)

A Lei Federal dos Consórcios Públicos, Lei 11.107/2005, regulamenta o Art. 241 da Constituição Federal e estabelece as normas gerais de contratação de consórcios públicos. Os consórcios públicos conformam à prestação regionalizada de serviços públicos instituída pela Lei Federal de Saneamento Básico (Lei 11.445/2007), sendo esta incentivada e priorizada pela Lei da Política Nacional de Resíduos Sólidos (Lei 12.305/2010).

A lei institui três tipos de contrato: o contrato de Consórcio, o contrato de rateio e o contrato de programa. O contrato de consórcio surge da aprovação de um Protocolo de Intenções entre entes federados, contém todas as regras da associação. Nele estão descritos quais os serviços públicos prestados pela associação bem como o território onde serão prestados; concede autorização para licitar ou outorgar concessão, permissão ou autorização da prestação de serviço; prevê os critérios técnicos necessários para o cálculo do valor das tarifas e taxas de outros preços públicos, além de sua revisão e reajuste; e define as condições para o contrato de programa. O Contrato de Rateio é responsável por designar a transferências dos recursos financeiros dos entes consorciados para o Consórcio. E por fim, o Contrato de Programa que regula a delegação da prestação de serviços públicos, de um ente da Federação para outro ou, entre entes e o Consórcio Público.(SEPLAG, 2007)

É importante ressaltar que os Consórcios Públicos possuem prioridade no acesso aos recursos da União ou por ela controlados, com relação à Política Nacional de Resíduos Sólidos, se tornando uma ótima forma de gestão de resíduos sólidos e indispensável.(MMA, 2011a)

2.2.4. Política Nacional de Resíduos Sólidos

A Lei 12.305/2010 institui a Política Nacional de Resíduos Sólidos, sendo de suma importância para o setor brasileiro de resíduos sólidos. A Política Nacional de Resíduos Sólidos está relacionada diretamente com a Lei Federal de Saneamento Básico, com a Lei de Consórcios Públicos, a Política Nacional de Meio Ambiente e de Educação Ambiental dentre outros documentos relevantes, formando uma estrutura legal que dispõe de maneira geral sobre a postura dos agentes envolvidos no ciclo de vida dos materiais presentes nas atividades econômicas. (BRASIL, 2012)

A Política Nacional de Resíduos Sólidos estabelece objetivos, princípios, instrumentos e diretrizes para a gestão integrada e gerenciamento dos resíduos sólidos, além das responsabilidades dos geradores, do poder público, dos consumidores, e os instrumentos econômicos cabíveis. (MMA, 2011a)

A Lei conceitua resíduo e rejeito de maneiras diferentes, sendo o primeiro considerado pela Lei como *“um bem econômico e de valor social, gerador de trabalho e renda e promotor de cidadania”*, incentivando a reciclagem e o reaproveitamento dos materiais, tolerando a disposição final apenas dos rejeitos. (BRASIL, 2012)

Diversas mudanças são proporcionadas pela implementação dessa nova Lei, como exemplo podemos destacar a criação do sistema de logística reversa, a implementação da coleta seletiva, o incentivo à criação e desenvolvimento de cooperativas ou de outras formas de associação dos catadores de materiais recicláveis, as definições das responsabilidades de fabricantes, distribuidores e comerciantes. (BRASIL, 2012)

A logística reversa é definida na Lei como *“instrumento de desenvolvimento econômico e social caracterizado por um conjunto de ações, procedimentos e meios destinados a viabilizar a coleta e a restituição dos resíduos sólidos ao setor empresarial, para reaproveitamento, em seu ciclo ou em outros ciclos produtivos, ou outra destinação final ambientalmente adequada”*, e sua execução tem prioridade para seis tipos de resíduos sendo ele: as embalagens de Agrotóxicos, pilhas e baterias, pneus, óleos lubrificantes e suas embalagens, todos os tipos de lâmpadas e de equipamentos eletroeletrônicos descartados pelos consumidores. Cabe aos fabricantes, distribuidores e comerciantes à obrigação de recolher e destinar estes resíduos para reciclagem de maneira independente ou com acordos setoriais, através de medidas como: disponibilização de postos de entrega de resíduos,

programar procedimentos de compra de produtos ou embalagens usados ou até mesmo atuar em parceria com cooperativas de catadores de materiais recicláveis e reutilizáveis.(BRASIL, 2012; GUARNIERI,2011)

Com relação à coleta seletiva a mesma deve ser implementada por meio de uma separação antecipada dos resíduos sólidos, nos locais onde são gerados, de acordo com sua composição e constituição. Trata-se de um instrumento essencial para a garantia da disposição final ambientalmente correta dos diferentes tipos de rejeitos. No que se refere ao serviço público de limpeza urbana e manejo de resíduos sólidos, é necessário à separação mínima de resíduos secos e úmidos para uma posterior segregação dos resíduos secos de acordo com as metas estabelecidas nos planos de gestão de resíduos sólidos.(MMA, 2011a)

A Política Nacional de Resíduos Sólidos estabelece a responsabilidade compartilhada onde todos, fabricantes, distribuidores, consumidores, comerciantes, importadores e titulares dos serviços públicos de limpeza urbana e de manejo de resíduos sólido, são responsáveis pelo ciclo de vida dos produtos. Cada setor possui uma tarefa, o poder público deve apresentar planos para o manuseio adequado dos materiais através de tecnologias apropriadas; à sociedade compete à participação dos programas de coleta seletiva, fazendo a segregação da maneira correta, e mudanças nos hábitos para a redução do consumo e por consequência geração e as empresas cabe o recolhimento dos produtos após utilização.(MMA, 2011a)

Segundo a Lei Federal 12.305/2010 existe uma ordem de prioridade que deixa de ser voluntária e passa a ser obrigatória com relação à gestão de resíduos sólidos: não geração, redução, reutilização, reciclagem, tratamento dos resíduos sólidos e disposição final ambientalmente adequada dos rejeitos. Essa ordem é baseada nas experiências de países desenvolvidos que obtiveram grande sucesso em relação à eficiência energética exigida pela legislação brasileira para o saneamento, gestão de resíduos e combate às mudanças climáticas, quando respeitaram essa ordem. (BRASIL, 2012)

Um aspecto que deve-se ressaltar na Lei é o incentivo à inclusão dos catadores de materiais reutilizáveis e recicláveis, tendo prioridade as cooperativas ou outras formas de associação dos catadores constituídas por pessoas de baixa renda. A Política Nacional de Resíduos Sólidos, mediante o Decreto 7404, determinou que os programas de coleta seletiva e de logística reversa devem priorizar a participação dos catadores, da mesma maneira que os planos municipais devem elaborar programas e ações para inclusão nos processos. As cooperativas ou associações de catadores estão dispensadas de licitação, o que estimula o fortalecimento e a incorporação das mesmas no ciclo de vida dos produtos. (BRASIL, 2012)

Um ponto muito importante da Lei é a proibição de lixões a céu aberto e aterros controlados, segundo ela todas as administrações públicas municipais devem encerrar as atividades dos aterros controlados, em um prazo máximo de quatro anos, e construir como alternativa aterros sanitários ou industriais, ressaltando ainda que somente poderão ser dispostos nesses aterros resíduos sem qualquer capacidade de reaproveitamento ou reciclagem, além de obrigar também a compostagem dos resíduos orgânicos. (BRASIL, 2012)

A Política Nacional de Resíduos Sólidos incentiva a criação de acordos intermunicipais para a garantia da estabilidade da gestão dos resíduos, com as tarefas de planejar, fiscalizar, regular e prestar serviço de acordo com as tecnologias apropriadas para cada região, sendo compartilhadas por cada município. Para receber os recursos de fontes federais destinados ao gerenciamento de resíduos, as administrações municipais deverão criar um Plano de Gestão Integrada de Resíduos no prazo máximo de dois anos, caso contrário, ficam proibidos de receber qualquer benefício. (MMA, 2011a)

Os resíduos perigosos possuem um destaque especial na Lei, todos os seus geradores e operadores devem estar inscritos no Cadastro Nacional de Operadores de Resíduos Perigosos de forma a garantir sua habilidade técnica e econômica para o exercício da atividade. Os geradores ou operadores são obrigados a elaborar um plano de gerenciamento de resíduos perigosos, submetendo-o aos órgãos competentes. (MMA, 2011a)

Caso ocorra o descumprimento total da Lei e com as normas Conama/ANVISA, com os resíduos destinados ou armazenados de maneira incorreta, a prefeitura fica responsável por recolher, armazenar e destinar, respeitando as normas e licenças necessárias vigentes, cobrando dos responsáveis todos os custos e despesas envolvidos e em casos extremos, pena de reclusão de um a quatro anos e multa. (MMA, 2011a)

2.3 O Plano Nacional de Resíduos Sólidos

O Plano Nacional de Resíduos Sólidos é um dos principais instrumentos da Política nacional de resíduos sólidos, cuja responsabilidade de implementar é do Comitê Interministerial, um comitê composto por 12 ministérios e coordenado pelo MMA. (MMA, 2011b)

O Plano Nacional de Resíduos Sólidos está interligado aos Planos Nacionais de mudanças do clima (PNMC), de recursos hídricos (PNRH), de Saneamento Básico (Plansab) e de produção e consumo sustentável (PPCS). Este Plano tem por objetivo explicitar conceitos

e propostas para diversos setores da economia integrando o crescimento econômico e a preservação ambiental com o desenvolvimento sustentável. Segundo a Lei nº12. 305/2010, o Plano tem vigência por tempo indeterminado e horizonte de 20 anos, com atualização a cada 4 anos.(MMA, 2011b)

O Plano Nacional apresenta o seguinte conteúdo mínimo:

- I. Diagnóstico da situação atual dos resíduos sólidos;
- II. Proposição de cenários, incluindo tendências internacionais e macroeconômicas;
- III. Metas de redução, reutilização e reciclagem, entre outras, com vistas a reduzir a quantidade de resíduos e rejeitos encaminhados para disposição final ambientalmente adequada;
- IV. Metas para o aproveitamento energético dos gases gerados nas unidades de disposição final de resíduos sólidos;
- V. Metas para a eliminação e recuperação de lixões, associadas à inclusão social e à emancipação econômica de catadores de materiais reutilizáveis e recicláveis;
- VI. Programas, projetos e ações para o atendimento das metas previstas;
- VII. Normas e condicionantes técnicas para o acesso a recursos da União, para a obtenção de seu aval ou para o acesso a recursos administrados, direta ou indiretamente, por entidade federal, quando destinados a ações e programas de interesse dos resíduos sólidos;
- VIII. Medidas para incentivar e viabilizar a gestão regionalizada dos resíduos sólidos;
- IX. Diretrizes para o planejamento e demais atividades de gestão de resíduos sólidos das regiões integradas de desenvolvimento instituídas por lei complementar, bem como para as áreas de especial interesse turístico;
- X. Normas e diretrizes para a disposição final de rejeitos e, quando couber, de resíduos;
- XI. Meios a serem utilizados para o controle e a fiscalização, no âmbito nacional, de sua implementação e operacionalização, assegurado o controle social.

O diagnóstico da situação atual dos resíduos sólidos foi elaborado pelo Ministério do Meio Ambiente, com o auxílio do Instituto de Pesquisa Econômica Aplicada (IPEA). De forma geral, o diagnóstico foi montado a partir do ciclo dos resíduos: geração, coleta, tratamento e disposição final. A primeira grande conclusão revelada pelos dados do diagnóstico diz respeito ao avanço da coleta regular nos últimos 20 anos. A taxa de cobertura de coleta alcançou quase 90% do total de domicílios brasileiros em 2009, sendo que nas áreas urbanas esse índice supera os 98%. Porém o Plano Nacional ainda indica muitos aspectos que requerem avanços, a coleta seletiva, por exemplo, está entre as áreas que demandam

melhorias, além disso, o diagnóstico do IPEA reforça a existência de um gargalo: a falta de informação esquematizada sobre os resíduos. (MMA, 2011b)

São três os cenários discutidos no Plano Nacional. Estes cenários foram propostos no Plansab e foi aprovado em reunião do Comitê Interministerial a utilização deles para o Plano Nacional de Resíduos Sólidos. No Plansab foram definidos três cenários de planejamento que visam uma descrição de um futuro – possível imaginável ou desejável. Os três cenários consideraram os seguintes condicionantes: (i) política macroeconômica, (ii) papel do Estado (Modelo de Desenvolvimento)/Marco Regulatório/Relação Interfederativa, (iii) Gestão, gerenciamento, estabilidade e continuidade de políticas públicas/participação e controle social, (iv) matriz tecnológica/disponibilidade de recursos hídricos.

O Cenário 1 foi selecionado no âmbito do Plansab e contempla as seguintes hipóteses: (i) Política Econômica – elevado crescimento em relação à dívida/PIB, (ii) Estado provedor e condutor dos serviços públicos com forte cooperação entre os entes federativos, (iii) Avanços na capacidade de gestão com continuidade entre mandatos, (iv) Desenvolvimento de tecnologias apropriadas e ambientalmente sustentáveis. O Cenário 1 adotado pelo Plansab corresponde ao cenário “otimista” ou “favorável”. (MMA, 2011b)

As diretrizes, estratégias e metas, indicam quais ações serão necessárias para a implementação dos objetivos nacionais e as prioridades que devem ser adotadas. Podem, portanto, exercer forte papel norteador do desenvolvimento dos outros planos de responsabilidade pública, influenciando, inclusive, os Planos de Gerenciamento de Resíduos Sólidos, exigidos de alguns dos geradores. Informações quantitativas e qualitativas importantes também são apresentadas no Plano e, igualmente, podem servir de referência para a elaboração dos outros planos. São encontrados dados sobre:

- A taxa de cobertura da coleta regular de resíduos nas áreas urbanas e rurais;
- Indicadores econômicos obtidos a partir do Sistema Nacional de Informações em Saneamento (SNIS) como as despesas com a gestão dos resíduos sólidos urbanos;
- O percentual de municípios brasileiros que contam com algum tipo de cobrança pelo serviço de gestão de resíduos sólidos urbanos;
- Experiências de compostagem no Brasil;
- A logística reversa com embalagens de agrotóxicos e a posição do Brasil como referência mundial neste quesito;
- Informações sobre os resíduos da construção civil que podem representar de 50 a 70% da massa de resíduos sólidos urbanos;

- Estimativas sobre o número de catadores de materiais recicláveis no país (entre 400 e 600 mil) e dados sobre suas organizações (cooperativas) e instituições ou programas federais de apoio;
- Avaliação sucinta das ações de educação ambiental no país em termos gerais e no que se refere aos resíduos sólidos.

Os estados terão que elaborar seus Planos Estaduais de Resíduos Sólidos para terem acessos aos recursos da União ou por ela controlados, destinados a empreendimentos e serviços relacionados à gestão de resíduos sólidos. A elaboração dos Planos Municipais de Gestão Integrada de Resíduos Sólidos é condição necessária para o Distrito Federal e os municípios terem acesso aos recursos da União, destinados à limpeza urbana e ao manejo de resíduos sólidos. Os municípios que optarem por soluções consorciadas intermunicipais para gestão dos resíduos sólidos estarão dispensado da elaboração do Plano Municipal de Gestão Integrada de Resíduos Sólidos. Neste caso, o plano intermunicipal deve observar o conteúdo mínimo revisto no Art. 19 da Lei nº 12.305/2010 (BRASIL, 2010b). As peculiaridades de cada localidade deverão definir o formato do plano regional ou municipal, tendo como referência o conteúdo mínimo estipulado. As vocações econômicas, o perfil socioambiental do município e da região, ajudam a compreender os tipos de resíduos sólidos gerados, como são tratados e a maneira de dar destino adequado a eles. (MMA, 2011b)

3 Panorama da Gestão de Resíduos Sólidos no Brasil

3.1 Tipos de Resíduos Sólidos

Estudos revelam que a geração de Resíduos Sólidos Urbanos (RSU) no Brasil cresceu 1,3%, de 2011 para 2012, e foi superior a taxa de crescimento populacional urbano no país, que foi de 0,9%. Os dados para a geração total e per capita são apresentados na Figura 3 e conforme já observado em anos anteriores, apesar de superar o índice de crescimento populacional, tiveram um declínio na sua intensidade. Comparando-se a quantidade total que foi gerado de resíduo com a quantidade de resíduo coletado indicado na Figura 4 indica que

6,2 milhões de toneladas de RSU deixaram de ser coletados no ano de 2012 e tiveram destino impróprio (ABRELPE, 2012).

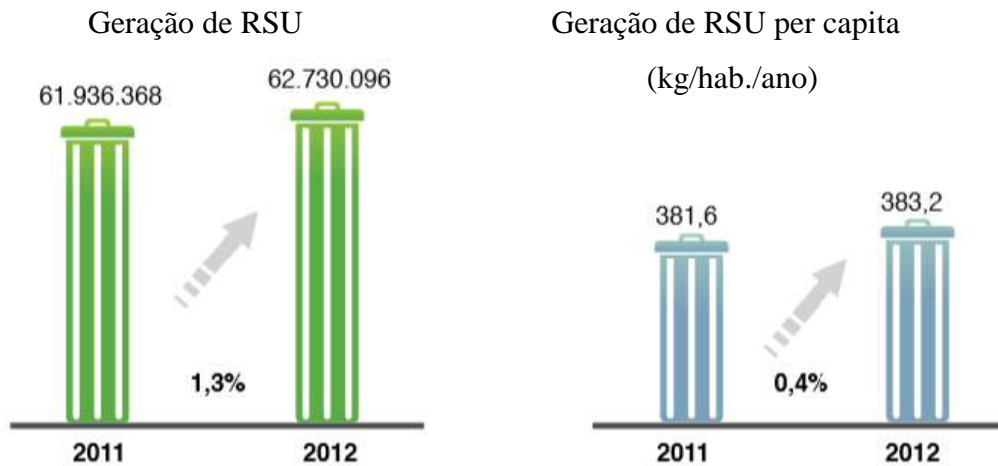


Figura 3: Geração de RSU
 Fonte: (ABRELPE, 2012) e IBGE

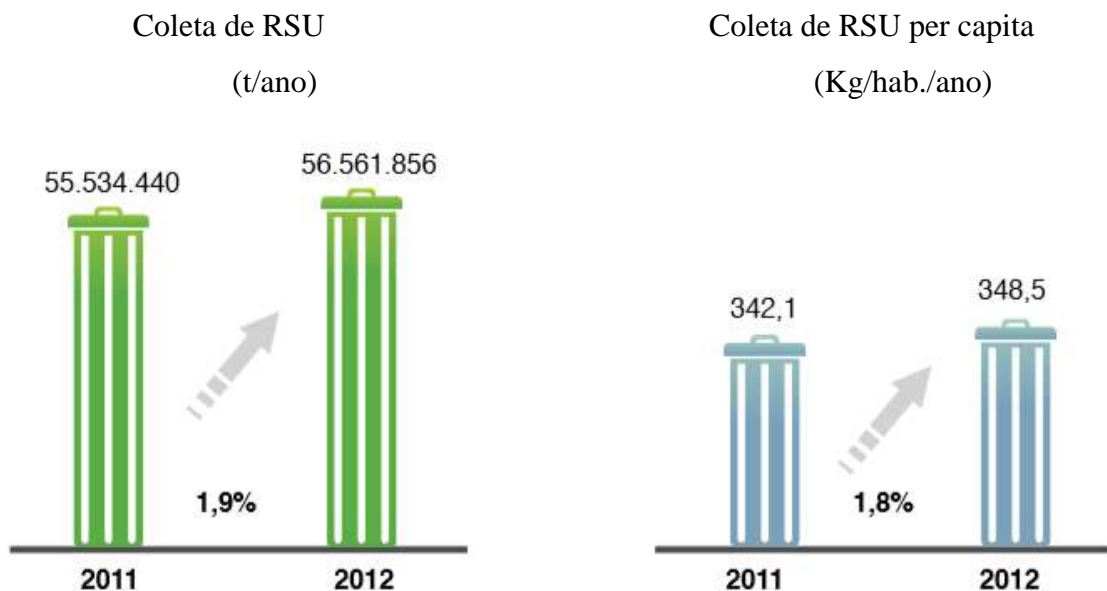


Figura 4: Coleta de RSU no Brasil
 Fonte: (ABRELPE, 2012) e IBGE

Pode-se observar a participação de cada região no cenário dos RSU na Figura 5 e a quantidade de RSU coletado total nos anos de 2011 e 2012 na Tabela 2. :

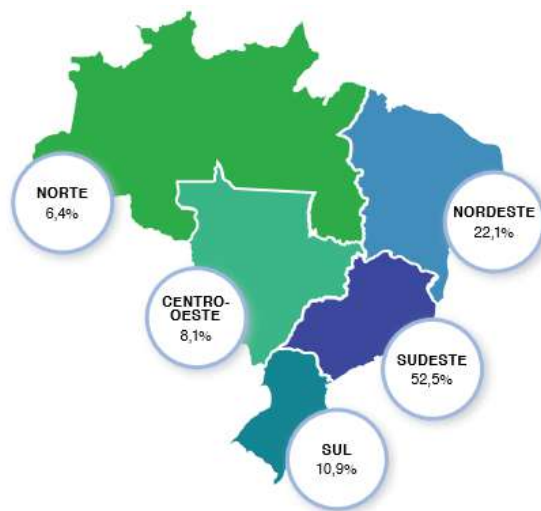


Figura 5: Participação das Regiões do País no Total de RSU Coletado

Fonte: (ABRELPE, 2012)

Tabela 2: Quantidade de RSU Coletado por Regiões do Brasil

Regiões	2011	2012	
	RSU Total (t/dia)	Equação*	RSU Total (t/dia)
Norte	11.360	$RSU = 0,000271 (\text{pop urb} / 1000) + 0,805801$	11.585
Nordeste	39.092	$RSU = 0,000175 (\text{pop urb} / 1000) + 0,911145$	40.021
Centro-Oeste	14.449	$RSU = 0,000112 (\text{pop urb} / 1000) + 1,003240$	14.788
Sudeste	93.911	$RSU = 0,000151 (\text{pop urb} / 1000) + 0,873822$	95.142
Sul	19.183	$RSU = 0,000135 (\text{pop urb} / 1000) + 0,787864$	19.752
BRASIL	177.995		181.288

Fonte: (ABRELPE, 2012)

Conforme indicado na Figura 6 e na Figura 7 a situação da destinação final dos RSU no Brasil manteve-se inalterada em relação a 2011. O índice de 58% correspondente à destinação final adequada no ano de 2012 permanece significativo, porém a quantidade de RSU destinada inadequadamente cresceu em relação ao ano anterior, totalizando 23,7 milhões de toneladas que seguiram para lixões ou aterros controlados, que do ponto de vista ambiental os aterros controlados pouco se diferenciam dos lixões, pois não possuem o conjunto de sistemas necessários para a proteção do meio ambiente e da saúde pública (ABRELPE, 2012).

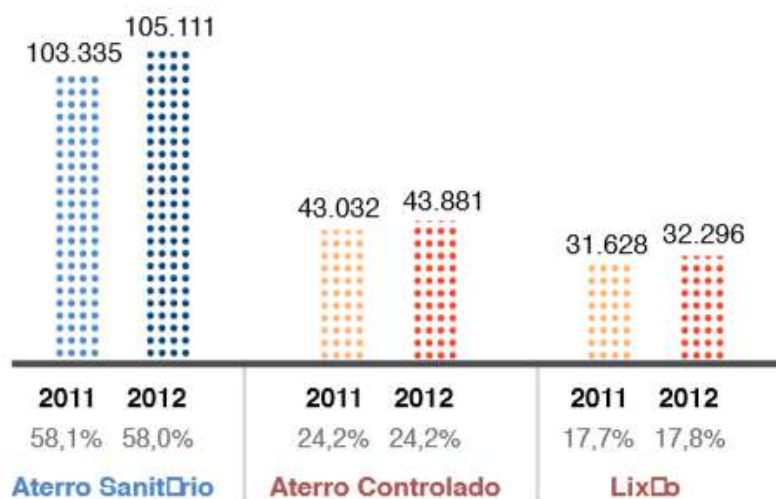


Figura 6: Destinação final de RSU (t/dia)

Fonte: (ABRELPE, 2012)

Destinação Final em 2012 (t/ano) Destinação Final e 2011 (t/ano)

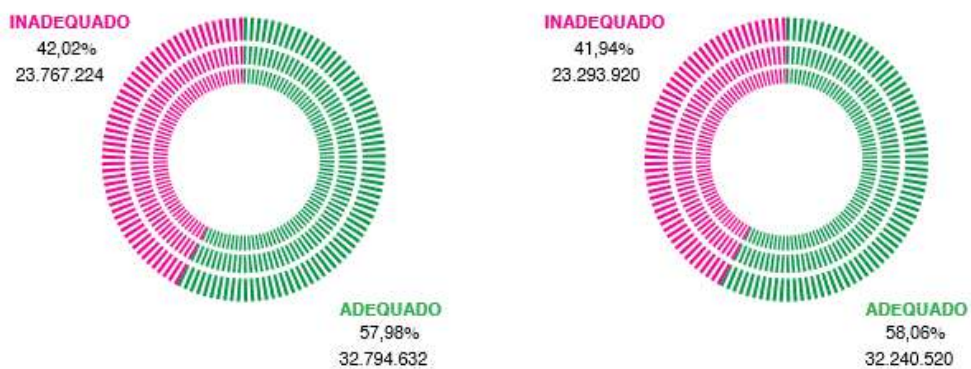


Figura 7: Destinação final dos RSU coletados no Brasil

Fonte: (ABRELPE, 2012)

Destrinchando melhor os dados pode-se verificar pela Tabela 3 que as regiões Norte, Nordeste e Centro-Oeste utilizam ainda em maior quantidade aterros controlados e lixões, ou

seja, tem que haver uma grande mudança ainda nessas regiões, já que o modelo mais indicado para tratamento dos resíduos são em aterros sanitários.

Tabela 3: Quantidade de Municípios por Tipo de Destinação Adotado 2012

Destinação Final	2012 – Regiões e Brasil					
	Norte	Nordeste	Centro-Oeste	Sudeste	Sul	BRASIL
Aterro Sanitário	90	450	157	814	702	2.213
Aterro Controlado	110	505	149	643	366	1.773
Lixão	249	839	160	211	120	1.579
BRASIL	449	1.794	466	1.668	1.188	5.565

Fonte: (ABRELPE, 2012)

A Figura 8 mostra os gastos necessários por habitante com a coleta de RSU e os demais serviços de limpeza urbana onde pode-se ver que como esperado na região sudeste há maior gasto tanto com coleta de RSU quanto nos serviços de limpeza.



Figura 8: Valores médios por Habitante/ano correspondente aos recursos aplicados na Coleta de RSU e nos demais Serviços de Limpeza Urbana.

Fonte: (ABRELPE, 2012)

No que se tange aos Resíduos Sólidos Urbanos pode-se destacar na Tabela 4 a participação dos diferentes tipos de resíduos produzidos, como por exemplo, resíduos orgânicos, papel e papelão, plástico, vidro, etc.

Tabela 4: Participação dos Principais Materiais no Total de RSU Coletado no Brasil em 2012

Material	Participação (%)	Quantidade (t/ano)
Metais	2,9	1.640.294
Papel, Papelão e TetraPak	13,1	7.409.603
Plástico	13,5	7.635.851
Vidro	2,4	1.357.484
Matéria Orgânica	51,4	29.072.794
Outros	16,7	9.445.830
TOTAL	100,0	56.561.856

Fonte: (ABRELPE, 2012) e Panorama 2011

Esses resíduos podem sofrer um outro tipo de tratamento que não seja o aterro sanitário. Assim em 2012, cerca de 60% dos municípios registraram alguma iniciativa de coleta seletiva, conforme mostra a Figura 9, simples atitudes como disponibilizar pontos de entrega voluntária ou convênios com cooperativas de catadores.

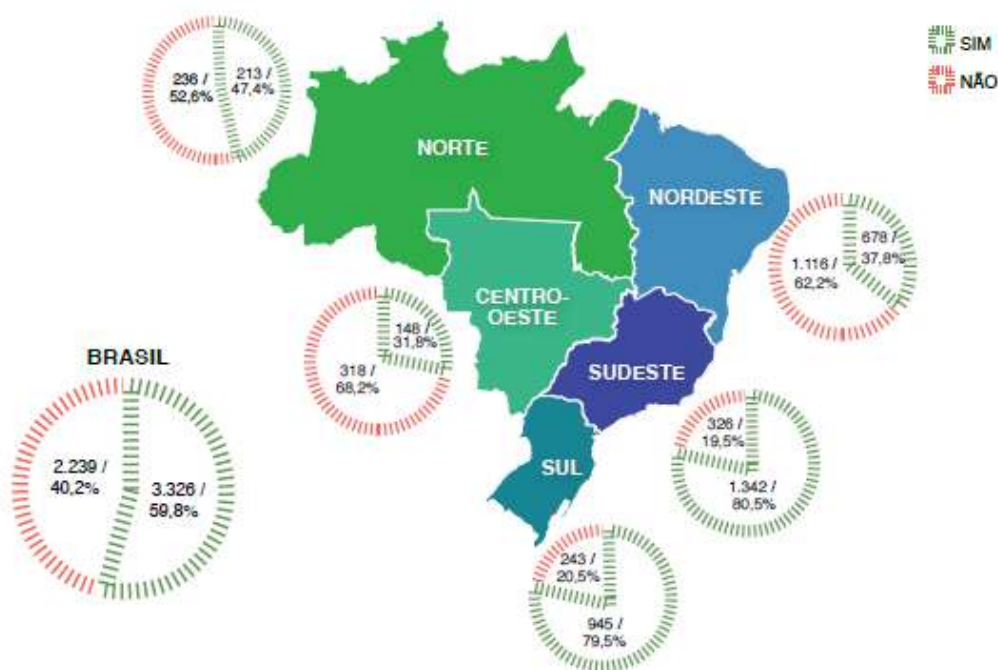


Figura 9: Iniciativas de Coleta Seletiva nos Municípios em 2012 nas Regiões do Brasil

Fonte: (ABRELPE, 2012)

Pode-se observar na Tabela 5 a participação, em termos de massa, do papel/papelão que se destaca dos demais (23.997,40 toneladas); aço (4.213,70 toneladas), plástico (24.847,90 toneladas) e vidro (4.388,60 toneladas) apresentam uma ordem de grandeza próxima, enquanto que o alumínio tem uma participação menor (1.079,90 toneladas) como é verificado melhor na tabela a seguir.

Tabela 5: Estimativa da Composição Gravimétrica dos Resíduos Sólidos Urbanos Coletados no Brasil em 2008.

Resíduos	Participação (%)	Quantidade (t/dia)
Material reciclável	31,9	58.527,40
Metais	2,9	5.293,50
Aço	2,3	4.213,70
Alumínio	0,6	1.079,90
Papel, papelão e tetrapak	13,1	23.997,40
Plástico total	13,5	24.847,90
Plástico filme	8,9	16.399,60
Plástico rígido	4,6	8.448,30
Vidro	2,4	4.388,60
Matéria Orgânica	51,4	94.335,10
Outros	16,7	30.618,90
Total	100	183.481,50

Fonte: elaboração a partir de IBGE (2010b) e artigos diversos

Com esses resultados intensificou-se a coleta regular dos resíduos sólidos com crescimento contínuo alcançando em 2009 quase 90% do total de domicílios; na área urbana a coleta superou o índice de 98%, todavia os domicílios localizados nas áreas rurais não atingiram 33%.

Tabela 6: Estimativa da quantidade de resíduos sólidos domiciliares e /ou públicos coletados

Unidade de análise	Quantidade de resíduos coletados (t/dia)		Quantidade de resíduos por habitante urbano (Kg/hab.dia)	
	2000	2008	2000	2008
Brasil	149.094,30	183.481,50	1,1	1,1
Norte	10.991,40	14.637,30	1,2	1,3
Nordeste	37.507,40	47.203,80	1,1	1,2
Sudeste	74.094,00	68.179,10	1,1	0,9
Sul	18.006,20	37.342,10	0,9	1,6
Centro-Oeste	8.495,30	16.119,00	0,8	1,3

Fonte: Elaboração a partir de Datasus (2011) e IBGE (2002, 2010a)

Com relação à coleta seletiva de materiais recicláveis, entre 2000 e 2008 houve um aumento de 120% no número de municípios que desenvolvem tais programas, estando a maioria localizada nas regiões Sul e Sudeste, porém ainda não ultrapassa 18% dos municípios brasileiros (MMA, 2011b).

Pode-se verificar através da Tabela 7 que a quantidade de resíduo sólido recuperado pelos métodos formais de reciclagem é muito pequena e indica que a reciclagem mais presente no país é a mantida pela reciclagem pré-consumo e pela coleta pós-consumo informal, que devem ser objeto de estudos específicos.

Tabela 7: Estimativa da participação dos programas de coleta seletiva formal (2008)

Resíduos	Quantidade de resíduos reciclados no país (mil t/ano)	Quantidade recuperada por programas oficiais de coleta seletiva (mil t/ano)	Participação da coleta seletiva formal na reciclagem total
Metais	9817,8	72,3	0,70%
Papel/papelão	3827,9	285,7	7,50%
Plástico	962	170,3	17,70%
Vidro	489	50,9	10,40%

Fonte: Elaborado a partir de MCidades (2010), Bracelpa (2009), MME (2010^a,2010b), Vasques (2009), ABAL (2011) Abiplast (2010), ABIQUIM (2008), Plastivida (2005,2008).

Pode-se verificar que existem dois grandes grupos: os dos metais e papel/papelão e dos plásticos e vidros, sendo o primeiro em quantidade muito mais expressiva que o segundo grupo.

Dados mais atuais mostram o aumento considerável da reciclagem de alumínio superando o plástico e o papel/papelão. Ver Figura 10.

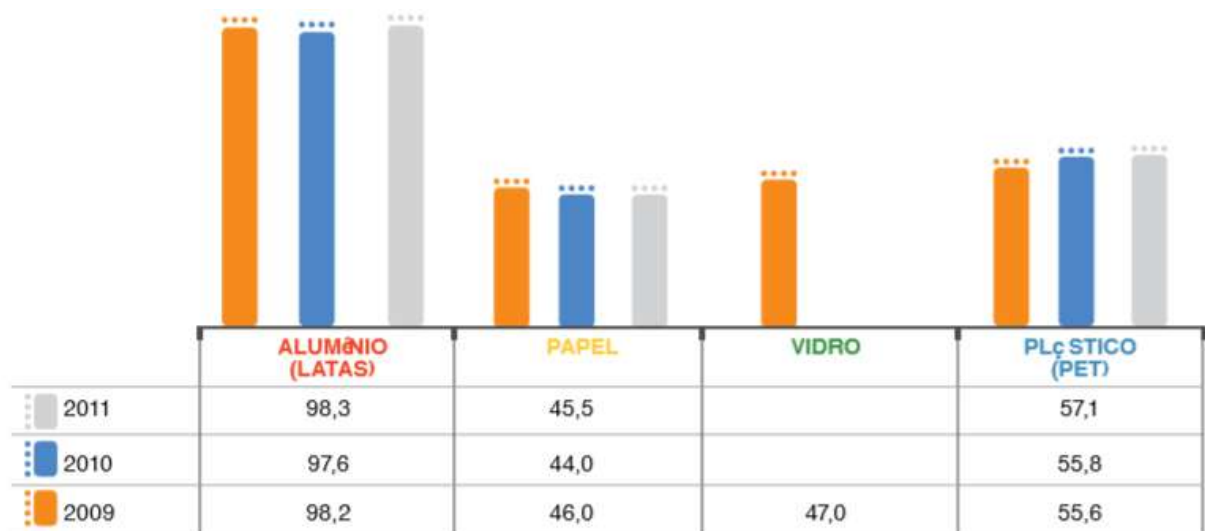


Figura 10: Reciclagem de alumínio, papel, plástico e vidro de 2009 a 2011 em (%)

Fonte: ABAL; BRACELPA; ABIVIDRO; ABIPET

Tanto na Pesquisa Nacional de Saneamento Básico (PNSB) 2000, quanto na PNSB 2008 pode-se observar que, mais de 90% dos resíduos são destinados para a disposição final em aterros sanitários, aterros controlados e lixões, restando 10% distribuídos entre unidades de compostagem, unidades de triagem e reciclagem, unidades de incineração, como mostra a Tabela 8.

Tabela 8: Quantidade diária de resíduos sólidos domiciliares e/ou públicos encaminhados para diferentes formas de destinação final, para os anos 2000 e 2008.

Destino Final	2000		2008	
	Quantidade (t/d)	%	Quantidade (t/d)	%
Aterro sanitário	49.614,50	35,4	110.044,40	58,3
Aterro Controlado	33.854,30	24,2	36.673,20	19,4
Vazadouros a céu aberto (Lixão)	45.484,70	32,5	37.360,80	19,8
Unidade de compostagem	6.364,50	4,5	1.519,50	0,8
Unidade de triagem para reciclagem	2.158,10	1,5	2.592,00	1,4
Unidade de incineração	483,10	0,3	64,80	<0,1
Vazadouro em áreas alagáveis	228,10	0,2	35,00	<0,1
Locais não fixos	877,30	0,6	SI	
Outra unidade	1.015,10	0,7	525,20	0,3
Total	140.080,70		188.814,90	

SI: sem informação. Na PNSB 2008 não se utilizou essa opção como destino final

Fonte: (IBGE, 2002); (IBGE, 2010b)

Porém, apesar da grande quantidade de matéria orgânica presente na massa de resíduos sólidos urbanos, a compostagem ainda é uma rota de tratamento do lixo muito pouco utilizada, pois os resíduos orgânicos, por não serem coletados separadamente, acabam sendo encaminhado para disposição final, juntamente com os resíduos domiciliares. Essas despesas com esses resíduos poderiam ser facilmente diminuídas caso a política de reciclagem fosse melhor implementada.

Em termos absolutos, todas as regiões apresentaram aumento na quantidade total de resíduos e rejeitos dispostos em aterros sanitários. Porém verifica-se que em 2008, apesar do aumento ocorrido no número de municípios (29%) que fazem a disposição final em aterros sanitários vê-se que a maioria deles (71%) ainda dispõe seus resíduos e rejeitos em aterros controlados e lixões (MMA, 2011b).

Esses dados são de 2008 e de acordo com a lei deveria a disposição adequadas total dos resíduos deve ser feita em até 4 anos, ou seja, acredita-se que até 2014 todos os lixões e aterros controlados que antes eram utilizados para destino do lixo não estejam sendo mais utilizados. Lixões como o de Gramacho localizado na região de Duque de Caxias foi

recentemente fechado para a disposição de lixo e o mesmo vem sendo tratado, prova que medidas de diminuição de lixões e aterros controlados estão sendo feitas.

Tabela 9: Número de unidades de destino de resíduos e rejeitos urbanos considerando somente disposição no solo em lixão, aterro controlado e aterro sanitário.

Unidade de análise	Unidades de destino de resíduos e rejeitos urbanos considerando somente disposição no solo em lixão, aterro controlado e aterro sanitário ¹					
	Lixão		Aterro Controlado		Aterro sanitário	
	2000	2008	2000	2008	2000	2008
Brasil	4.642	2.906	1.231	1.310	931	1.723
	Estrato Populacional					
Municípios pequenos	4507	2.863	1096	1.226	773	1.483
Municípios médios	133	42	130	78	125	207
Municípios grandes	2	1	5	6	33	33
	Macrorregião					
Norte	430	388	44	45	19	45
Nordeste	2273	1655	142	116	77	157
Sudeste	1040	317	475	807	463	645
Sul	584	197	466	256	280	805
Centro-Oeste	315	349	104	86	92	71

¹ Nota: Um mesmo município pode apresentar mais de um tipo de destinação de resíduos

Fonte: (IBGE, 2002); (IBGE, 2010b)

Abordando os Resíduos de Construção Civil (RCC) ou Resíduos de Construção e demolição (RCD), pode-se afirmar que pertencem a um importante segmento da indústria brasileira, tida com um indicativo do crescimento econômico e social. Contudo, também constitui uma atividade geradora de impactos ambientais, e seus resíduos têm representado um grande problema para ser administrado, podendo em muitos casos gerar impactos ambientais (MMA, 2011b).

Os RCC devem ter um gerenciamento adequado para evitar que sejam abandonados e se acumulem em margens de rios, terrenos baldios ou outros locais inapropriados. Pode-se ver, para as diferentes regiões, a quantidade coletada de RCC na Figura 11 (MMA, 2011b).

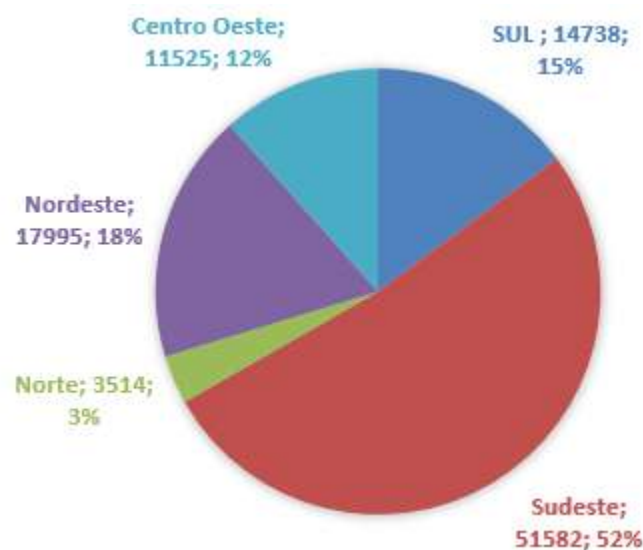


Figura 11: Estimativa de RCC coletada nas diferentes regiões do Brasil (t/dia)

Fonte: (MMA, 2011b)

No Brasil, do total de 5.564 municípios, 72,44% dos municípios possuem serviço de manejo de resíduos de construção civil, sendo que, 2.937 (52,79%) exercem o controle sobre os serviços de terceiros para os resíduos especiais (MMA, 2011b).

Segundo a pesquisa, no Brasil 124 municípios adotam a triagem simples dos RCC reaproveitáveis (classes A e B); 14 realizam a triagem e trituração simples dos resíduos classe A; 20 realizam a triagem e trituração dos resíduos classe A, com classificação granulométrica dos agregados reciclados; 79 fazem o reaproveitamento dos agregados produzidos na fabricação de componentes construtivos e 204 adotam outras formas (MMA, 2011b).

Dados mais recentes mostram que os municípios coletaram mais de 35 milhões de toneladas de RCD em 2012, o que implica no aumento de 5,3%. Esta situação, também observada em anos anteriores, exige atenção especial quanto ao destino final dado aos RCD, visto que a quantidade total desses resíduos é ainda maior, uma vez que os municípios, coletam apenas os resíduos lançados nos logradouros públicos, conforme Figura 12 (ABRELPE, 2012).

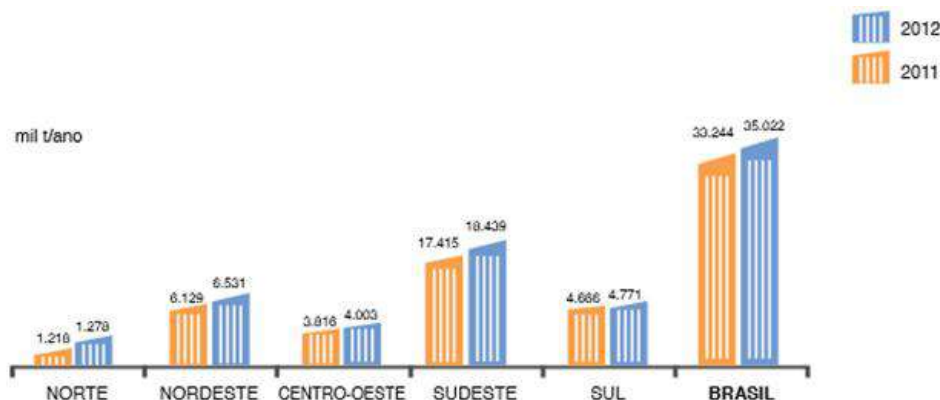


Figura 12: Total de RCD Coletados – Regiões do Brasil

Fonte: (ABRELPE, 2012)

De acordo com a PNRS, a política de resíduos com logística reversa é definida e muito importante para a diminuição de lixo sem disposição adequada. Ela estabelece a responsabilidade compartilhada pelos resíduos entre geradores, poder público, fabricantes e importadores.

Resíduos como: (1) pilhas e baterias, (2) pneus, (3) lâmpadas fluorescentes de vapor de sódio e mercúrio e de luz mista, (4) óleos lubrificantes, seus resíduos e embalagens e (5) produtos eletroeletrônicos e seus componentes. Os resíduos de embalagens de agrotóxicos também estão listados no rol de obrigatórios da logística reversa. Cabe salientar que outros resíduos podem ser objetos da cadeia da logística reversa, por exemplo, medicamentos e embalagens em geral (MMA, 2011b).

A PNSB por extenso revelou que dos 5.564 municípios brasileiros, apenas 2.937 (52,79%) exercem controle sobre o manejo de resíduos especiais realizado por terceiros. Destes, foi destacado o percentual de municípios que exercem controle sobre pilhas e baterias, e lâmpadas fluorescentes sendo respectivamente 10,99% e 9,46% (MMA, 2011b).

Diversos programas para a diminuição dos resíduos eletroeletrônicos (REE) são criados como o projeto e-lixo, distribuindo pontos de recebimento de lixo eletrônico, outro exemplo é o projeto criado pela iniciativa de uma instituição privada, foi criado o programa Papa Pilhas, em 2006 desenvolvido pelo banco Santander, recebe basicamente as pilhas alcalinas e baterias de telefones celulares (lítio). Esses programas promoveram resultados para o ano de 2008 de 127 toneladas de REE (MMA, 2011b).

Resíduos como as lâmpadas podem contaminar o solo e as águas, atingindo a cadeia alimentar onde um problema é o fato de que foram comercializadas lâmpadas produzidas internamente e importadas dificultando encontrar um produtor para se responsabilizar pelo destino correto da mesma.

Atualmente, estão em andamento as discussões sobre a elaboração dos acordos setoriais e posteriormente a determinação da cadeia de logística reversa para vários resíduos, tais como embalagens (em geral), medicamentos e pneus além dos resíduos obrigatórios determinados pela PNRS, principalmente as pilhas/baterias e lâmpadas que se destacam por suas características de risco à saúde pública e ambiental (MMA, 2011b).

Com relação aos Resíduos Sólidos Industriais (RSI), no Brasil, o gerador é responsável pelo resíduo gerado. No país, a responsabilidade do gerador pelo gerenciamento de resíduos está descrita no Art. 10 da Política Nacional de Resíduos Sólidos (Lei nº 12.305/10). Preferencialmente, os resíduos industriais deveriam ser tratados e depositados no local onde foram gerados, bem como ter destinação adequada, de acordo com as normas legais e técnicas vigentes. Os dados disponíveis relativos à geração de resíduos sólidos industriais no país não permitem a realização de um diagnóstico completo e atualizado desses resíduos, uma vez que a principal fonte de dados para essa análise são os inventários estaduais, os quais apresentam os seguintes problemas: Alguns estados da Federação não elaboraram seus inventários de resíduos industriais, em geral, os inventários estaduais produzidos não apresentam uma padronização, tendo sido produzidos de acordo com as especificidades e perfis dos setores produtivos existentes em cada estado, em sua maioria, os inventários estaduais de resíduos industriais elaborados não foram atualizados recentemente (MMA, 2011b).

Na Tabela 10 pode-se observar o quanto cada estado produz de resíduo perigoso e o total de RSI produzidos.

Tabela 10: Dados da geração de resíduos sólidos industriais do Brasil

UF	Perigosos	Não	Total
	(t/ano)	Perigosos (t/ano)	(t/ano)
AC*	5.500	112.765	118.265
AP*	14.341	73.211	87.552
CE*	115.238	393.831	509.069
GO*	1.044.947	12.657.326	13.702.273
MT*	46.298	3.448.856	3.495.154
MG*	828.183	14.337.011	15.165.194
PB*	657	6.128.750	6.129.407
PE*	81.583	7.267.930	7.349.513
PR**	634.543	15.106.393	15.740.936
RN*	3.363	1.543.450	1.546.813
RS*	182.170	946.900	1.129.070
RJ**	293.953	5.768.562	6.062.515
SP**	535.615	26.084.062	26.619.677
Total	3.786.391	93.869.046	97.655.438

Fonte: Inventários Estaduais de RSI; ABETRE/FGV

O MMA está trabalhando na adequação dos relatórios gerados pelo Cadastro Técnico Federal (CTF) para dar suporte à elaboração do Inventário Nacional de Resíduos Sólidos, assim como está avaliando a possibilidade de revisão ou revogação da Resolução nº 313/02, visando proporcionar a consolidação de informações sobre RSI que subsidiem as tomadas de decisões relativas a essa categoria de resíduos no país. É fundamental que o IBAMA priorize a publicação dos dados relativos a resíduos sólidos industriais existentes no CTF para subsidiar essas ações e o estabelecimento de metas e estratégias para o atendimento da Política Nacional de Resíduos Sólidos (MMA, 2011b).

Resíduos de portos, aeroportos, transporte ferroviário e rodoviário, tem suas particularidades visto que muitos desses são caracterizados como resíduos perigosos pois podem ser veículos de contaminação. Porém de maneira geral cada gerador é responsável pelo seu resíduo e cabe aos órgãos fiscalizadores como por exemplo a INFRAERO dos aeroportos de investigarem como estão sendo feito o tratamento e a disposição dos mesmos.

Os Resíduos de Serviços de Saúde (RSS) são aqueles oriundos dos serviços de saúde com hospitais, nesse âmbito houve uma evolução nos quesitos legais e normativos, principalmente no que se refere aos procedimentos e instrumentos de apoios para o gerenciamento de RSS nos estabelecimentos, como por exemplo a exigência da segregação obrigatória a serem seguidos pelos programas de Logística Reversa a serem implantados para alguns resíduos, principalmente quanto aos eletroeletrônicos, medicamentos, lâmpadas fluorescentes, embalagens em geral e recipientes e sobras de óleo lubrificantes, que já estão sendo discutidos no momento, pelo Comitê Orientador da Logística Reversa, coordenado pelo MMA (MMA, 2011b).

Observou-se que dos 4.469 municípios investigados, 1.856 municípios não realizam qualquer tipo de tratamento (incinerador, queimadores, autoclave, micro-ondas). Além disso, verificou-se que a maior parte dos municípios (2.358) dispõe seus resíduos no solo, em lixões (dados de 2008). Dados mais atuais como na Figura 13 pode-se ver a distribuição dos RSS coletados pelo Brasil comparando 2011 com 2012.

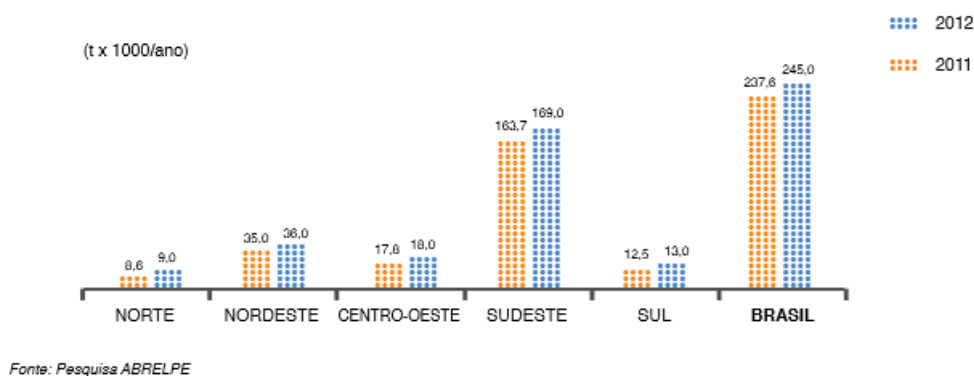


Figura 13: RSS Coletados pelos Municípios – Regiões do Brasil

Fonte: (ABRELPE, 2012)

Os Estados do Pará, Tocantins (Norte), Bahia, Piauí, Rio Grande do Norte (Nordeste), Minas Gerais (Sudeste) realizam a queima a céu aberto como principal tipo de processamento de RSS (IBGE, 2010). Como mostra na Figura 14 os principais destinos dos RSS no ano de 2012, constatando como mais comum método de destino e tratamento desse tipo de resíduo sendo a incineração diferentemente dos anos anteriores que utilizavam lixões (ABRELPE, 2012).

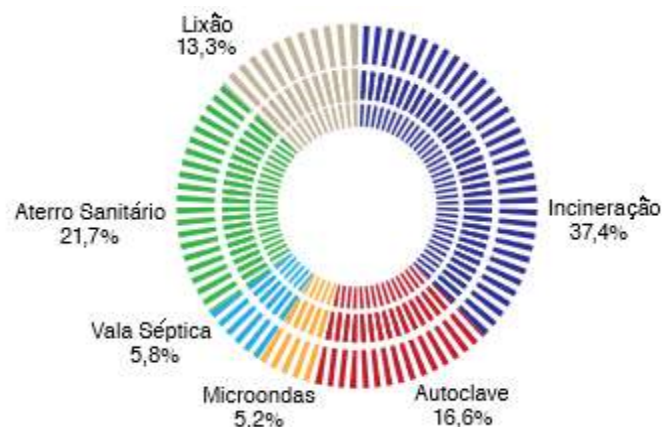


Figura 14: Destino Final dos RSS Coletados pelos Municípios em 2012

Fonte: (ABRELPE, 2012)

A Tabela 11 apresenta a capacidade instalada de tratamento dos RSS mostrando para as cinco regiões dentre os três tipos de tratamento dos resíduos mais indicados (incineração, autoclave e micro-ondas) quais os mais utilizados.

Tabela 11: Capacidade Instalada de Tratamento de RSS

Regiões	2011 – Capacidade Instalada (t/ano) x Tecnologia			
	Autoclave	Incineração	Microondas	TOTAL
Norte	–	4.118	–	4.118
Nordeste	11.544	16.723	–	28.267
Centro-Oeste	3.120	20.779	–	23.899
Sudeste	72.446	27.612	47.112	147.170
Sul	22.464	4.992	3.744	31.200
BRASIL	109.574	74.224	50.856	234.654

Fonte: (ABRELPE, 2012)

É fundamental a articulação entre entidades e setores públicos, tanto nas esferas federal, estadual e municipal, para que o gerenciamento dos RSS seja efetivo e esteja em conjunto com as diretrizes da Política Nacional. Nos serviços de saúde deve-se buscar a

gestão integrada dos resíduos, de modo a abarcar todos os resíduos gerados, a responsabilidade de cada funcionário, bem como contribuir para a gestão compartilhada dos resíduos, permitindo assim extinguir o uso dos lixões como tratamento dos resíduos.

O setor mineral tem grande importância social e econômica e sua contribuição em resíduos para o país. Grandes volumes e massas de materiais são extraídos e movimentados na atividade de mineração, na qual dois tipos de resíduos sólidos são gerados em maiores quantidades, os estéreis e os rejeitos. Os estéreis são os materiais escavados e são gerados pelas atividades de extração ou lavra no decapeamento da mina, não têm valor econômico e ficam geralmente dispostos em pilhas. Os rejeitos são resíduos resultantes dos processos de beneficiamento a que são submetidas as substâncias minerais (MMA, 2011b).

Os resultados encontrados mostram que, no decênio 1996-2005, a produção total de rejeitos foi de 2.179 milhões de toneladas (Tabela 12). Os minérios que mais contribuíram para a geração de rejeitos no período foram o ferro (35,08%), o ouro (13,82%), o titânio (12,55%) e o fosfato (11,33%). Em conjunto, estas substâncias contribuíram com pouco mais de 70% da massa de rejeitos no decênio. Como perspectiva para os próximos anos o ferro deverá continuar como a principal substância geradora de rejeitos, inclusive com um provável aumento de seis pontos percentuais em sua contribuição relativa. O fosfato, entretanto, deverá passar a ter uma maior importância relativa (9,89%), ultrapassando o ouro (9,74%) e o titânio (8,93%). Percebe-se ainda, nesse cenário, um possível aumento da contribuição relativa do cobre e do zinco para a geração de rejeitos, e redução na participação relativa do zircônio, alumínio, calcário e estanho (MMA, 2011b).

Tabela 12: Quantidade total de rejeitos e contribuição percentual média de cada substância no decênio 1996-2005 e no período de 2010-30.

Substância	Quantidade total de resíduos (1.000 t)		Contribuição % média de cada minério no total de resíduos	
	1996-2005	2010-2030	1996-2005	2010-2030
Ferro	765.977	4.721.301	35,08	41,38
Ouro	295.295	1.111.320	13,82	9,74
Titânio	276.224	1.018.668	12,55	8,93
Fosfato/Rocha Fosfática	244.456	1.128.198	11,33	9,89
Estanho	149.369	357.952	6,79	3,14
Zircônio	116.236	490.183	5,39	4,30
Calcário	89.398	341.045	4,29	2,99
Alumínio (Bauxita)	69.783	493.925	3,16	4,33
Cobre	53.498	819.636	2,25	7,18
Nióbio	35.690	119.372	1,53	1,05
Níquel	35.076	637.380	1,61	5,59
Caulim	24.346	90.729	1,09	0,80
Manganês	12.064	36.071	0,54	0,32
Zinco	12.562	44.097	0,57	0,39
Total	2.179.975	11.409.877	100,00	100,00

Fonte: IPEA/DIRUR

A quantidade anual estimada de rejeitos gerados, em 1996, foi de aproximadamente 203 milhões de toneladas, alcançando 290 milhões de toneladas em 2005. A destinação adequada destes rejeitos é uma preocupação atual e futura do setor de mineração. A disposição de rejeitos de mineração em barragens é o método mais comumente usado no país. Estas barragens ou diques podem ser de solo natural (barragens convencionais) ou podem ser construídos com os próprios rejeitos (barragens de contenção alteadas com rejeitos). A importância do tema é de tal ordem que em 2010 foi sancionada a Lei nº 12.334/2010, que estabelece a Política Nacional de Segurança de Barragens (MMA, 2011b).

Destaca-se, por fim, a necessidade de organização das informações relacionadas à geração e disposição de resíduos sólidos nas atividades de mineração, o que implica, dentre outras medidas, na busca de integração entre os órgãos responsáveis pela gestão ambiental e os órgãos responsáveis pela gestão dos recursos minerais.

3.2 Panorama Geral no Brasil

Fazendo um breve resumo por cada região pode-se destacar:

A Região Norte do Brasil apresenta como principal forma de destino do seus resíduos urbanos os lixões que predominam entre os municípios, poucos usam aterros sanitários. Não há um planejamento regional, o que existe são iniciativas pontuais tomadas por cada estado como é o caso do programa PLAMSAM – Programa de Apoio aos Planos Municipais de Saneamento Básico e Gestão Integrada dos Resíduos Sólidos no Estado do Amazonas. Algumas ações estão sendo desenvolvidas pelos órgãos estaduais do meio ambiente a fim de cobrar as exigências legais dos gestores quanto ao tratamento dos resíduos, entretanto as respostas dos municípios são: à falta de recursos para gerir de forma adequada os resíduos, onde há casos de aterros sanitários que se transformam em lixões por falta de gerenciamento e planejamento financeiro.

Existem poucas unidades de triagem porém não pertencem a prefeitura e sim a grupos organizados de catadores e sendo assim não possuem estrutura de linha de produção e como consequência tem-se um material segregado de qualidade inferior ao exigido.

É visto que será muito difícil para os municípios da Região Norte do Brasil entender e cumprir as metas estabelecidas pela PNRS, principalmente pela falta da capacidade técnica, gerencial e financeira dos municípios presentes nessa região.

A Região Nordeste apresenta o maior número de municípios que utilizam lixões como disposição dos seus resíduos. Os municípios e estados tem ações para reduzir os lixões e construir aterros sanitários porém as respostas à essas ações são muito lentas e ineficazes, como em outras regiões. Assim muitos aterros sanitários por falta de gerenciamento e planejamento financeiro, acabam virando lixões causando um desperdício de dinheiro e tempo gasto para a criação desses aterros.

A grande maioria dos aterros sanitários foram construídos de forma convencional, dessa forma não se tem o aproveitamento do biogás para a geração de energia. Alguns aterros como o de Salvador, Recife entre outros estão em fase de implantação do aproveitamento do biogás.

Para se ter novas tecnologias para o tratamento do RSU e utilização de mais aterros sanitários falta ainda uma política estadual e municipal, fiscalização por parte das autoridades,

projetos eficientes, capacitação técnica, gerencial e financeira, viabilidade financeira, entre outros fatores que dificultam que as metas estabelecidas pela PNRS sejam atendidas.

A Região Centro-Oeste, tem como principal forma de destino dos RSU os lixões e apresentam problemas como a falta de fiscalização e planejamento financeiro como responsáveis para haver esse cenário, assim como ocorre nas Regiões Norte e Nordeste.

Tecnologias como centrais de triagem e alguns aterros sanitários são presentes porém são insuficientes para todos os municípios presentes nessa região. A compostagem ainda encontra dificuldade para ser implantada, falta ainda planejamento, execução, fiscalização entre outros fatores como o difícil manejo da segregação da matéria orgânica na fonte e a falta de espaço físico para a implantação.

Da mesma forma como ocorre com as Regiões Norte e Nordeste as metas estabelecidas pela PNRS dificilmente serão atingidas pelos mesmos motivos, tais como a falta de gerencia financeira dos municípios e a capacitação técnica, gerencial e financeira dos municípios componentes dessa região.

A região Sudeste encontram-se as práticas da coleta seletiva e da compostagem porém ainda são pouco usadas não chegando a representar 1% dos RSU, porém para que as metas estabelecidas pela PNRS sejam atendidas esses métodos de tratamento dos resíduos são muito bem vistos, para isto é necessário ter uma avaliação dos custos e possibilidades de mercado dos materiais separados.

Diferentemente das três regiões citadas anteriormente, a Região Sudeste tem como principal método de tratamento do RSU os aterros sanitários onde é feita na maior parte dos municípios a coleta de resíduos domiciliar regular seguido pela disposição adequada, em aterros sanitários e em alguns poucos casos se utiliza da coleta seletiva também como forma de destino dos RSU. Problemas com as estruturas físicas e operacionais dos aterros são presentes onde se identifica a necessidade de aprimoramento de algumas rotinas operacionais. Há a necessidade de melhorar o sistema de tratamento do lixiviados que são geralmente realizados por lagoas de estabilização e filtros, onde tais tecnologias não são suficientes para atender aos padrões estabelecidos nas legislações ambientais aplicadas.

É necessário que os médios e grandes municípios da região desenvolvam um sistema de gestão e de gerenciamento integrado e sustentável dos resíduos de forma a ser uma alternativa viável e de grande importância para a melhoria do tratamento e da disposição dos RSU e conseguirem atingir a meta proposta pela PNRS.

Na Região Sul da mesma forma que na Região Sudeste tem-se a utilização de aterros sanitários como principal meio de destino dos RSU. E bastante presente a utilização de consórcios públicos para a construção de aterros sanitários e outros serviços como a coleta, triagem e também educação ambiental nos municípios presentes nesses consórcios.

Problemas como a falta de planejamento a nível regional para tratar os resíduos causam perda de dinheiro, como é o caso no Rio Grande do Sul que enviam seus resíduos para distâncias de 450 Km, o que encarece o processo operacional e traz um aumento dos custos de todo o processo de gestão além de provocar impactos econômicos e ambientais.

Mediante planejamento e gestão, muitos municípios apresentam programas de coleta seletiva e de triagem de materiais recicláveis e de inclusão social dos catadores que ocorrem em diversos municípios mediante taxas de adesão incentivadas pelos programas dos governos estaduais e municipais. Em destaque tem-se o grande número de associações e de cooperativas de materiais recicláveis que realizam a coleta seletiva e triagem dos resíduos.

Diversas experiências municipais de tentativas de implantação de processos de compostagem que culminaram na compra de equipamentos e implantação de unidades de compostagem sem sucesso algum e acabaram encerrando e levando os equipamento comprados ao sucateamento, causados por problemas eminentemente de gestão dos sistemas implantados.

Da mesma forma como em outras regiões já mencionadas, a Região Sul terá ainda muita dificuldade para os municípios que a compõe atenderem às metas estabelecidas pela PNRS, principalmente em virtude da falta de capacitação técnica, gerencial e financeira dos mesmos.

4 TECNOLOGIAS UTILIZADAS PARA O TRATAMENTO DE RESÍDUOS SÓLIDOS URBANOS

4.1. Triagem

A Triagem é a separação manual dos diversos componentes do lixo, que são divididos em grupos, de acordo com a sua natureza: matéria orgânica, materiais recicláveis, rejeitos e resíduos sólidos específicos. A triagem do lixo só é possível quando a coleta é feita com

caminhões de carroceria livre, nunca em caminhão compactador. A triagem pode ser usada tendo ou não coleta seletiva do lixo, porém se houver a coleta seletiva, o processo de Triagem é mais simples. (FEAM, 2006a)

Coleta Seletiva é o processo pelo qual os resíduos sólidos são recolhidos separadamente, a princípio em dois tipos: o orgânico úmido/compostável) - compreende restos de alimentos, cascas e caroços de frutas, ramos e folhas de poda de árvores e resíduos de jardinagem, basicamente; e o inorgânico (resíduo seco/reciclável) - aqueles que podem ser encaminhados a reuso ou reciclagem para retorno ao processo produtivo. (FEAM, 2006a)

Reciclagem é o processo de transformação dos resíduos sólidos como papéis, metais, plásticos e vidros, que envolvem a alteração de suas propriedades físicas, físico-químicas ou biológicas com vistas à transformação em insumos ou novos produtos. É importante diferenciar o conceito de reciclagem do de reutilização. A reciclagem só pode ser feita em materiais que podem voltar ao estágio de matéria prima e ser gerado um novo produto. Visando a diminuição da extração dos recursos naturais para novas fabricações e da quantidade de resíduos que vão para aterros sanitários. (FEAM, 2006a)

O processo de triagem pode ser associado à tecnologias de tratamento de resíduos sólidos orgânicos. Esta combinação é chamada de Tratamento mecânico e biológico (TMB), sendo a triagem (tratamento mecânico) considerada um pré-tratamento, seguida de um tratamento para bio-estabilizar a fração orgânica dos resíduos. O Tratamento mecânico e biológico pode ter três configurações: tratamento mecânico e tratamento aeróbio (compostagem) , tratamento mecânico e tratamento anaeróbio (digestão anaeróbia), com valorização da produção de biogás e tratamento mecânico e bio-secagem.(BNDES, 2013)

As unidades ou usinas de triagem são galpões com infra-estrutura e cobertura adequada onde estão localizadas esteiras mecanizadas (Figura15) movidas por motores elétricos a velocidades programadas comandadas por um painel de controle Os resíduos que chegam à unidade de triagem são direcionados às esteiras de forma mecanizada, através de uma retroescavadeira. (FEAM, 2006a)



Figura 15: Esteira de separação mecanizada

Fonte: José Dantas de Lima, 2004

Conforme os resíduos passam sobre a esteira, os funcionários que ficam ao longo da mesma, fazem a separação manual, colocando-os em tambores específicos para cada tipo. Quanto os tambores ficam cheios, eles são levados a um galpão de armazenamento de reciclados. A figura 16 mostra uma unidade de triagem mecanizada em funcionamento.(BNDES, 2013)



Figura 16: Unidade de triagem de resíduos sólidos.

Fonte: Alessandra Lee Barbosa Firmo, 2007.

No galpão de armazenamento de reciclados, os materiais são separados novamente, porém com mais critério, por exemplo, num tambor com materiais plásticos, esses materiais serão separados como plásticos duros, garrafas pet, garrafas de polipropileno e assim por diante. Isso ocorre para agregar mais valor ao material separado, obtendo-se ganhos maiores na cadeia produtiva seguinte.(FEAM, 2010)

Esta operação de triagem pode ser feita sem ser mecanizada, sendo os resíduos dispostos em mesas pelos próprios funcionários para posteriormente fazer a separação dos resíduos. A unidade não mecanizada é utilizada em municípios onde a geração de resíduos é pequena, não passando de 10 toneladas/dia. Porém não é uma forma recomendada por apresentar um risco maior aos funcionários e uma baixa produtividade. (FEAM, 2006a)

O processo de triagem possui como vantagens: reduz a quantidade de resíduos destinados à disposição final em aterros sanitários, aumentando a vida útil do aterro; reduz a geração de lixiviados e de gases; faz com que se tenha um consumo menor de matérias primas, energia e insumos; reduz a poluição ambiental gerada na produção de novos insumos; melhora diretamente o saneamento.(BNDES, 2013)

As desvantagens do processo de triagem são: as despesas costumam ser maiores do que o que se ganha vendendo os materiais recicláveis; os custos financeiros do investimento são maiores que em um processo de tratamento e destinação de resíduos sem a triagem prévia; as etapas de processamento necessitam de mão de obra especializada; requer um modelo de gestão que esteja atento às necessidades de mercado, ao avanço das tecnologias de reciclagem e da complexidade dos diferentes intermediários e setores industriais envolvidos.(BNDES, 2013)

4.2. Compostagem

No Brasil, esta tecnologia vem sendo empregada há muito tempo, porém sem grande sucesso devido à forma como foi conduzida. Atualmente a PNRS institui a compostagem como parte do tratamento de resíduos sólidos e presume uma articulação entre diversos agentes visando a absorção do composto gerado. A compostagem é um processo biológico de decomposição da matéria orgânica presente em restos de origem vegetal ou animal, fornecendo como produto final um composto que pode ser empregado ao solo para melhorar suas características, sem causar danos ao meio ambiente. (BNDES, 2013)

É um dos processos mais antigos de reciclagem das matérias orgânicas e ocorre em três fases principais, a seguir:

- Fase da Fermentação : Constitui-se de um processo oxidativo , através do qual ocorre a quebra das moléculas de glicose, elevando a temperatura até valores de 70° C seguidos de um processo de retirada de água em forma de vapor que reduz a umidade e o volume final. Além disso há também a liberação de CO e CO₂. Essa etapa é responsável pela decomposição dos matérias mais facilmente biodegradáveis e a ativação dos microorganismos.
- Fase de Bioestabilização: Como o próprio nome diz é a fase em que a massa orgânica se torna bioestabilizada. Caracteriza-se por uma elevada atividade das bactérias e fungos ,e especialmente pelo surgimento de actinomicetes. Nessa etapa há desprendimento de água , calor , e gases (CO e CO₂).
- Fase de Humificação : Fase de maturação , onde ocorre o processo de humificação do material previamente estabilizado. Caracteriza-se pela presença de Protozoários, Nematóides, Vermes e Insetos.

A figura 27 mostra as fases do processo de compostagem, ressaltando os tipos de microorganismos presentes em cada fase e os principais produtos gerados.

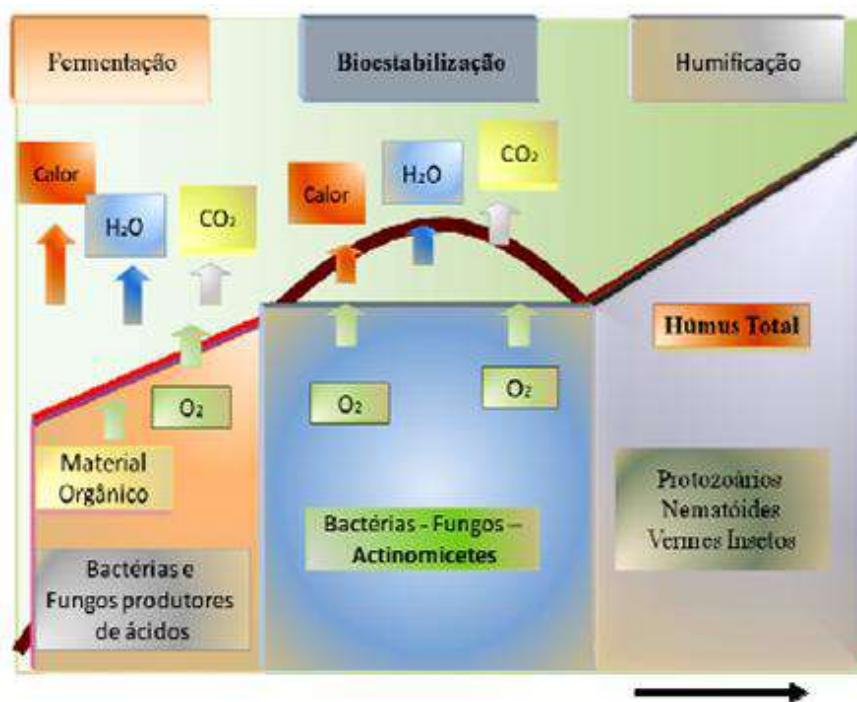


Figura 17: Fases da Compostagem

Fonte: Jorge O. Cuéllar Noguera, 2007

Os dois principais parâmetros que devem ser controlados para uma boa compostagem são a aeração e a umidade. A aeração é indispensável para a atividade microbiológica garantindo um produto final em condições adequadas e a não geração, ou quase nula, de metano. A umidade deve estar em torno de 50% pois uma vez elevada causa anaerobiose por impossibilitar a aeração, e se for muito baixa, a atividade biológica é reduzida.(NOGUERA, 2004)

Existem diferentes maneiras de se realizar a compostagem podendo ocorrer em sistemas abertos (leiras) ou fechados. A compostagem em sistemas abertos é realizada com um sistema de pilhas estáticas com aeração forçada ou reviramento mecânico. A seguir são discriminados os principais métodos:

Método natural - Leiras Revolvidas (windrow) - Os resíduos são dispostos em pátios na forma de pilhas (leiras) e aeração necessária é realizada por reviramento periódicos com o auxílio de equipamentos específicos ou por uma insuflação de ar sob pressão .O tempo necessário para que a degradação ocorra de forma completa varia de três a quatro meses.

Método acelerado – Leiras Estáticas Aeradas (static piles): - Este método é semelhante ao anterior, porém ocorre uma modificação no processo de aeração . A aeração é forçada por tubulações perfuradas e sobre elas são dispostas as pilhas de resíduos.

Com relação a compostagem em sistemas fechados (In Vessel), é realizada em reatores rotatórios com aeração forçada permitindo um controle dos parâmetros de operação. Realizada essa etapa os resíduos são dispostos em pilhas para finalização. É uma tecnologia empregada em geral para resíduos de lodo e de alimentos.

A compostagem com o método natural leva de 60 a 90 dias para atingir a bioestabilização e de 90 a 120 dias para humificação, enquanto que a compostagem pelo método acelerado leva de 45 a 60 dias para a semicura e de 60 a 90 dias para a cura completa ou humificação. A figura abaixo mostra uma unidade de compostagem de resíduos orgânicos .(NOGUERA, 2004)



Figura 18: Unidade de Compostagem de Resíduos Orgânicos.

Fonte:Nobrega,2007

Esta tecnologia possui vantagens e desvantagens que devem ser mencionadas. Dentre as principais vantagens estão: o baixo custo de implantação e facilidade, os rejeitos são matérias biologicamente estabilizados podendo ser lançados em aterros sanitários sem causar problemas com relação ao lixiviado e formação de gases, gera um produto com valor agregado que pode ser aproveitado, não requer de muita mão- de- obra especializada, além de ser um processo ambientalmente seguro. O processo apresenta desvantagens das quais podemos citar: a necessidade de mercado consumidor do produto final, bem como da garantia de um composto de qualidade, o que não é simples e pode ser um grande empecilho para sua instalação; requer um tratamento eficiente de segregação dos resíduos e um tempo de processamento que varia de dias a meses e por fim necessita de uma unidade de disposição final, que em grande maioria são os aterros sanitários.(BNDES, 2013)

Um ponto relevante dessa tecnologia é a escolha do processamento adequado que deve levar em conta aspectos econômicos e técnicos. A compostagem pelo método natural carece de um baixo investimento inicial por utilizar de equipamentos e instalações de tecnologia simples, porém detém de dificuldade do controle do processo de revolvimento e aeração, além de estar sujeito as condições climáticas. O método acelerado , por sua vez , também requer baixo custo de investimento atrelado a vantagem de um melhor controle dos odores, temperatura e aeração, o que acarreta em uma bioestabilização mais rápida.; entretanto

apresenta a mesma desvantagem do sistema anterior, está sujeito as condições climáticas. A compostagem em sistemas fechados não têm as desvantagens dos sistemas anteriores, contudo necessita de um investimento maior em tecnologias mais sofisticadas que são de difíceis modificações em casa de erros de adequação ou projeto.(BNDES, 2013)

4.3. Digestão Anaeróbica

O tratamento por digestão anaeróbia é uma técnica muito usada nos países europeus e na Índia, sendo uma das técnicas mais antigas de tratamento de rejeitos. No Brasil, esta técnica vem sendo muito empregada principalmente em latifúndios de criação de animais. (BNDES, 2013)

A digestão anaeróbia é um processo biológico que ocorre na ausência de oxigênio molecular, onde o material orgânico complexo (carboidratos, proteínas e lipídios), presente no lixo, é convertido em CH_4 , CO_2 e NH_3 além de traços de outros gases e ácidos orgânicos de baixo peso molecular. (LEITE et al., 2004). Ao contrário da degradação aeróbia, na qual a matéria orgânica é usualmente metabolizada diretamente a CO_2 , a degradação anaeróbia envolve quatro etapas distintas, descritas a seguir:

Etapa 1 - Hidrólise: os materiais particulados complexos (polímeros) são hidrolisados em materiais de menor peso molecular que podem atravessar as paredes celulares das bactérias fermentativas, uma vez que estas não são capazes de assimilar a matéria orgânica particulada. Assim, a hidrólise do material particulado, bem como de material solúvel de maior tamanho, é uma etapa essencial para aumentar a biodisponibilidade, ou seja, o acesso do substrato às células microbianas (AQUINO; CHERNICHARO, 2005). O material orgânico particulado é convertido em compostos dissolvidos de menor peso molecular por meio de exoenzimas, enzimas que são excretadas por bactérias fermentativas, também denominadas bactérias hidrolíticas. As proteínas são degradadas em (poli) peptídeos, os carboidratos em açúcares solúveis (mono e dissacarídeos) e os lipídeos, em ácidos graxos de cadeia longa (C15 a C17) e glicerol.

Em certas situações, a alta complexidade do material orgânico pode resultar em uma baixa velocidade de hidrólise, tornando-a a etapa limitante de todo o processo de digestão. (AQUINO; CHERNICHARO, 2005).

Etapa 2 - Acidogênese: os produtos solúveis provenientes da fase de hidrólise são metabolizados, no interior das células das bactérias fermentativas, em compostos mais

simples que são posteriormente excretados por um grupo diversificado de bactérias, das quais a maioria é anaeróbia obrigatória. Os compostos produzidos incluem ácidos graxos voláteis de cadeia curta, alcoóis, ácido lático, dióxido de carbono, hidrogênio, amônia e sulfeto de hidrogênio, para além de novas células bacterianas. A acidogênese é efetuada por um grande e diversos grupo de bactérias fermentativas. (AQUINO; CHERNICHARO, 2005).

Etapa 3 - Acetogênese: as bactérias acetogênicas são responsáveis pela oxidação dos produtos gerados na fase acidogênica, obtendo-se o substrato apropriado para as bactérias e arqueas metanogênicas. Os produtos gerados pelas bactérias acetogênicas são: H_2 , CO_2 e CH_3COOH . Durante a produção dos ácidos acético e propiônico, é formada uma grande quantidade de hidrogênio, fazendo com que o valor do pH do meio se acidifique. De todos os produtos metabolizados pelas bactérias acidogênicas, apenas o hidrogênio e o acetato podem ser utilizados diretamente pelas bactérias metanogênicas. Porém, pelo menos 50% da matéria biodegradável é convertida em propionato e butirato que são posteriormente decompostos em acetato e hidrogênio pela ação das bactérias acetogênicas (AQUINO; CHERNICHARO, 2005).. Em suma, os produtos da acidogênese são transformados pelas bactérias acetogênicas em hidrogênio, dióxido de carbono e acetato

Etapa 4 – Metanogênese: compreendida como a etapa final do processo anaeróbio, nesta fase que há a produção do gás metano por meio de dois grupos de microrganismos metanogênicos: acetotróficos ou acetoclásticos e microrganismos hidrogenotróficos. As arqueias hidrogenotróficas são autótrofas, reduzindo CO_2 a metano e usando H_2 como doador de elétrons, liberando H_2O . As arqueias acetoclásticas são heterótrofas, produzindo o metano e CO_2 a partir da redução do acetato (fermentação) (AQUINO; CHERNICHARO, 2005). Segue abaixo um esquema das etapas de digestão anaeróbia

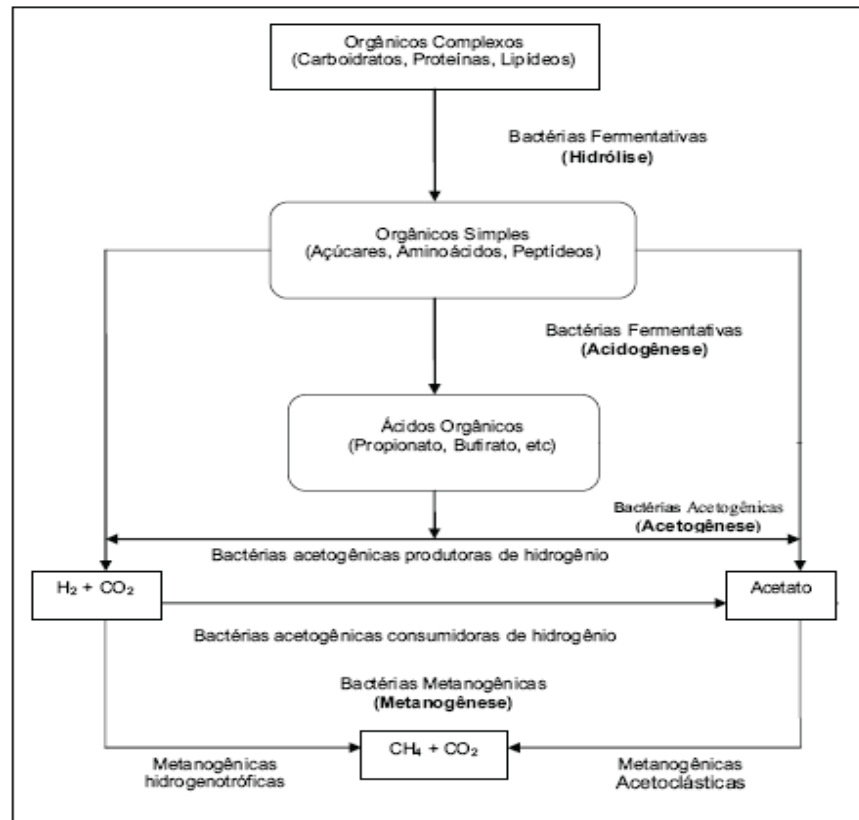


Figura 19: Etapas metabólicas do processo de digestão anaeróbia em biodigestor.

Fonte: <http://www.biodieselbr.com/energia/biogas/biodigestor.htm>

A Digestão Anaeróbia pode ser utilizada em conjunto com a Triagem, que funciona como um pré-tratamento separando a matéria orgânica dos materiais recicláveis como papel, plásticos e vidros. O aterro sanitário pode vir a funcionar como um grande biodigestor anaeróbio, produzindo o biogás(BNDES, 2013).

O biodigestor, tipo de reator onde ocorre a digestão anaeróbia, pode ser classificado quanto ao teor de sólidos, formas de alimentação e número de estágios. As classificações do biodigestor estão especificadas a seguir (CARDOSO, 2011):

- Quanto ao teor de sólidos:
 - a) Sistema com Baixo teor de sólidos (convencional ou “low - solids” ou “slurry”) - Quando o teor de sólidos está abaixo de 15%. O sistema com baixo teor de sólidos utiliza um grande volume de água e conseqüentemente o reator precisa ter um volume enorme além de gerar uma grande quantidade de efluente, que precisa passar por tratamento para poder ser descartado. (CARDOSO, 2011)

b) Sistema com Alto teor de sólidos (“high - solids ou dry”) – Quando o teor de sólidos está na faixa de 22 a 40%. O sistema com alto teor de sólidos utiliza menos água, portanto o reator não precisa ter um grande volume, porém por apresentar uma massa orgânica muito viscosa, é necessário utilizar bombas e outros equipamentos, o que acaba por encarecer o processo. .(CARDOSO, 2011)

- Quanto ao número de Estágios:

a) Sistema com dois estágios ou multi-estágios - Nos sistemas de dois estágios ou multi-estágios, as reações de hidrólise, acidificação, acetogênese e metanogênese ocorrem sequencialmente em digestores separados. Apesar de nos sistemas de dois estágios ou multi-estágios ser possível otimizar cada uma das etapas da digestão anaeróbia em separado, e assim alcançar níveis de degradação mais elevados para menores tempos de retenção, existe uma maior dificuldade de controle e manutenção, devido um maior investimento econômico, levando que os processos deste tipo apenas representem 8% da capacidade instalada para o tratamento de resíduos orgânicos em países da Europa.(CARDOSO, 2011). Os sistemas de dois estágios apresentam vantagens no tratamento de resíduos em que a degradação é limitada pela metanogênese em vez da hidrólise, como é o caso dos resíduos de cozinha que são muito biodegradáveis.

b) Sistema com um estágio - os sistemas de um estágio, as etapas da digestão anaeróbia, hidrólise, acidificação, acetogênese e metanogênese, ocorrem simultaneamente no mesmo digestor. Para se utilizar o sistema com um estágio em resíduos que são facilmente acidificados é necessário que haja uma dosagem de alcalinos e uma homogeneização adequadas para que não ocorra a inibição da metanogênese. .(CARDOSO, 2011)

- Quanto à forma de alimentação:

a) Alimentação Contínua - Nos sistemas de alimentação contínua, os resíduos orgânicos a serem digeridos são adicionados de forma constante e regular aos digestores, ao mesmo tempo em que é removida uma quantidade igual de resíduos já digeridos. Este fato resulta numa produção contínua de biogás. Os sistemas contínuos apresentam a desvantagem da possibilidade de parte do resíduo que é removido continuamente do digestor não se encontrar completamente digerido e/ou estabilizado .(CARDOSO, 2011).

b) Alimentação Descontínua ou em Batelada - nos sistemas de alimentação descontínua, os resíduos frescos são introduzidos no reator, com ou sem adição de inóculo, e

digeridos durante o tempo de retenção de sólidos. Cessando o período de digestão anaeróbia, os resíduos digeridos são descarregados e o processo é reiniciado. Geralmente são necessários vários digestores funcionando em paralelo e em modo alternado para garantir as necessidades de tratamento (CARDOSO, 2011).

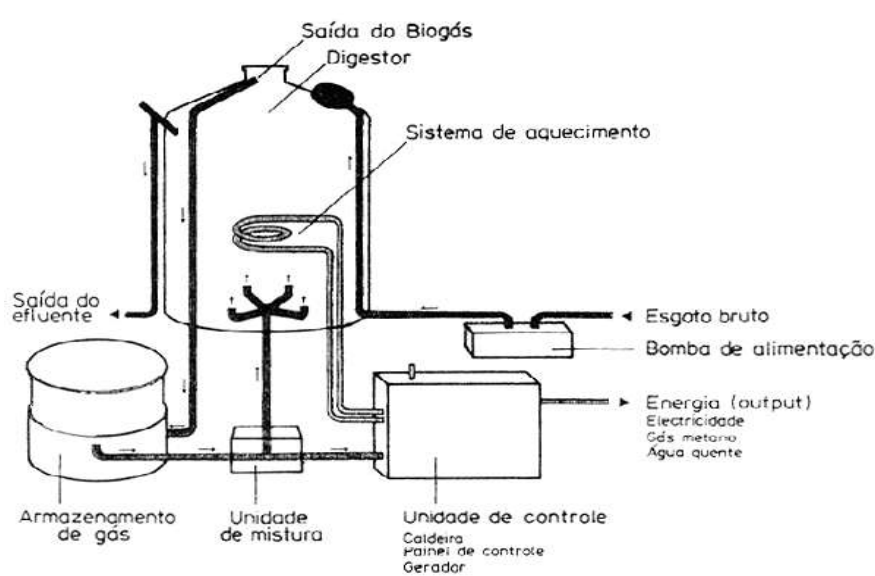


Figura 20: Esquema de um biodigestor anaeróbio.

Fonte: <http://www.demec.ufmg.br/ema003/gasos/biogas/introduc.htm>

A técnica de Digestão anaeróbia apresenta vantagens como aumentar a vida útil dos aterros sanitários; retirar a fração orgânica dos resíduos sólidos urbanos, evitando assim a geração de lixiviados de alta carga nos aterros e a presença de odores desagradáveis, uma vez que estes odores se originam da decomposição da matéria orgânica putrefável; permite a coleta do biogás gerado e em condições de umidade e temperatura controladas permite uma maior geração de biogás (BNDES, 2013).

Entre as desvantagens que esta técnica apresenta podemos citar o fato de que a qualidade do biogás, assim como do composto gerado, vai depender da composição dos resíduos, que podem variar dependendo do local onde são gerados e coletados; em sistemas contínuos pode ocorrer obstruções de canalização devido a pedaços maiores de resíduos; o processo de operação da planta necessita de mão-de-obra qualificada e a eficiência do processo pode ser afetada pela mistura ineficiente do resíduo sólido urbano e lodo de esgoto (BNDES, 2013).

4.4. Coprocessamento

O coprocessamento é a destruição de resíduos e de passivos ambientais em fornos de cimento. Amplamente empregada na Europa, Estados Unidos e Japão, há quase 40 anos, a técnica é utilizada no Brasil desde o início da década de 90. O coprocessamento usa resíduos em substituição parcial ao combustível que alimenta a chama do forno que transforma calcário e argila em clínquer, matéria-prima do cimento (PUC Rio, 2010).

Entre os resíduos Sólidos que podem ser utilizados no coprocessamento estão pneus e emborrachados (caso não contenha traços de arsênio), madeiras e terras contaminadas, resíduos de biomassa, ceras, óleos usados e plásticos. Resíduos radioativos e hospitalares não podem de nenhuma maneira passar pelo coprocessamento (FEAM, 2010). Em 25 de agosto de 2010, foi publicada a Deliberação Normativa COPAM nº 154/2010, que regulamenta o coprocessamento de resíduos em fornos de clínquer. Essa deliberação estabelece procedimentos, parâmetros e padrões para a realização do coprocessamento, e introduz a possibilidade de se coprocessar resíduos domiciliares após pré-tratamento ou tratamento e desde que seu poder calorífico inferior seja de, no mínimo, 1500 kcal/kg.

A combustão é a reação-chave do processo de fabricação de cimento, que transforma as matérias-primas em clínquer. A alta temperatura da chama, o tempo de residência dos gases, a turbulência no interior do forno e vários outros parâmetros da combustão na produção de cimento são ideais e até superiores aos padrões exigidos para a destruição ambientalmente segura de resíduos perigosos. O coprocessamento de resíduos em fornos de cimento se utiliza de todos esses parâmetros de maneira integrada ao processo de fabricação de cimento. Desta forma, os fornos de cimento possuem capacidade de destruição segura de grandes volumes de resíduos. O coprocessamento não altera a qualidade do cimento e é praticado de forma segura e ambientalmente adequada tanto para os trabalhadores do setor quanto para a comunidade que reside em torno das fábricas (FEAM, 2010).

Algumas vantagens desta técnica são a eficiência na remoção de matérias orgânicas estáveis, que chega próximo a 100%; diminuição da disposição dos resíduos sólidos urbanos em aterros sanitários, aumentando conseqüentemente sua vida útil; aproveitamento do poder calorífico do resíduo para geração de energia térmica; destruição térmica dos resíduos sem geração de escórias e/ou cinzas; não há necessidade de investimentos adicionais em um forno de clínquer, já adequado ao coprocessamento de resíduos e o equipamento de controle das

emissões atmosféricas do forno de clínquer é adequado também para controlar as emissões quando os resíduos sólidos urbanos estiverem sendo coprocessados (BNDES, 2013).

Quanto às desvantagens desta técnica, a principal é que um pré-tratamento mal feito dos resíduos pode acarretar na alimentação, no processo, de plásticos e outros resíduos que resultem em emissões indesejáveis na atmosfera, como dioxinas e furanos, decorrentes da presença de plásticos que contenham cloro (PVC), metais pesados (FEAM, 2013).

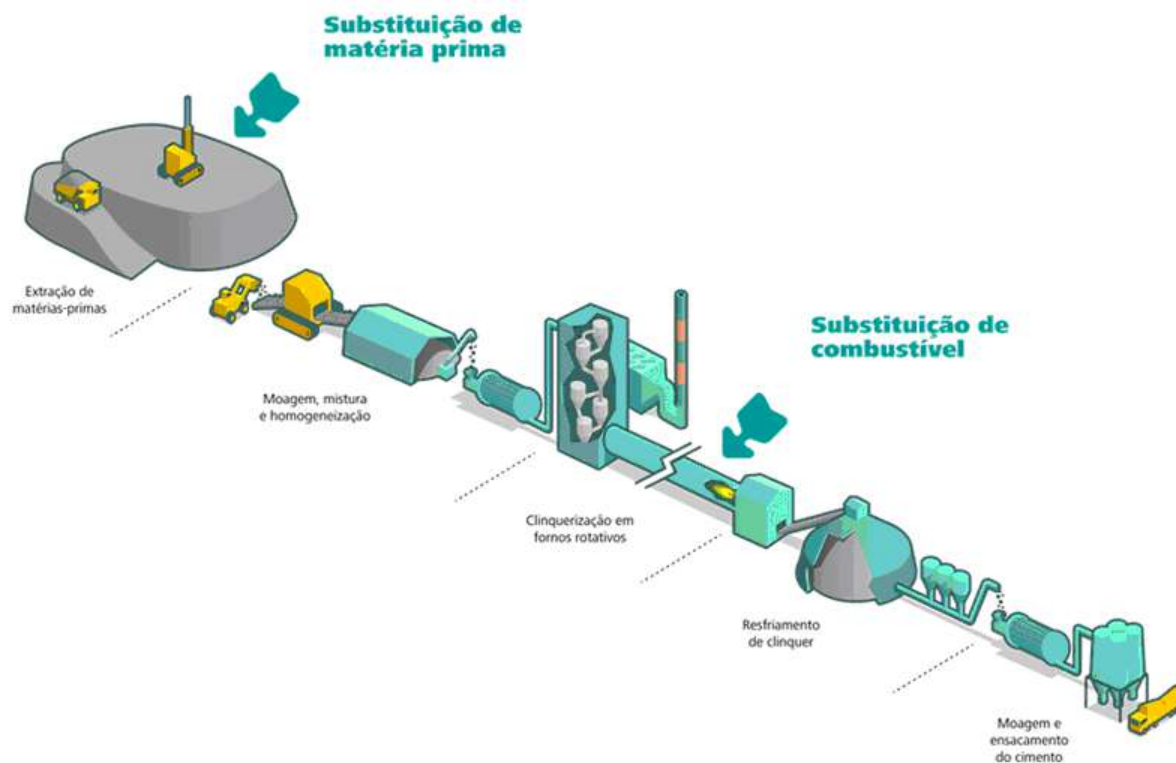


Figura 21: Processo de Produção do Cimento

Fonte: <http://www.vcimentos.com.br/htms-ptb/Responsabilidade/processoProducao.htm>

4.5. Incineração

A tecnologia de incineração vem sendo empregada há muitos anos no tratamento de resíduos sólidos urbanos. Inicialmente, era utilizada com o intuito de reduzir o peso e volume dos resíduos, porém sofreu evolução e atualmente é empregada para a recuperação energética dos resíduos, conhecida como Waste Energy- WTE. A energia gerada pode ser direcionada para geração de calor e produção de energia elétrica. (BNDES, 2013)

A incineração é um processo de queima da matéria orgânica presentes nos resíduos, através de uma combustão controlada. A queima é realizada com uma mistura de ar quente

durante um determinado intervalo de tempo, ocorrendo em temperaturas elevadas na faixa de 200 à 1200°C. Os resíduos incinerados são transformados em três fases: cinzas ou escórias, gases de combustão e uma fase líquida. As cinzas são formadas por material inorgânico que se encontravam nos resíduos podendo se juntar em nódulos sólidos ou serem levadas pelos gases da combustão. Os gases de combustão passam por um tratamento específico para a retirada de material particulado e controle de poluentes gasosos antes de serem lançados na atmosfera. A fase líquida é composta por efluentes decorrentes da absorção de dos subprodutos da incineração, sendo neutralizados e direcionados para estação de tratamento de efluentes.(BNDES, 2013)

Um aspecto importante que deve ser ressaltado é que o fato da tecnologia reduzir em torno de 95-98% do volume inicial dos resíduos, dependendo da composição e do grau de recuperação de materiais, porém faz-se necessário a utilização de aterros para a disposição final dos resíduos. (SANTOS, 2011)

Existem nos dias atuais diversas tecnologias associadas ao tratamento térmico de resíduos por incineração, as principais são: a incineração convencional por combustão (mass burning), a incineração de combustível derivado de resíduos (CDR) e a incineração de leito fluidizado. Na incineração por combustão os resíduos são aquecidos até 900°C, em seguida são misturados com carbonato de cálcio fundido para destruição. Nos incineradores de leito fluidizado a combustão ocorre em média à 900°C, chegando a 1200°C , após fluidização do material sólido. O processo termina com a oxidação de gases em câmara de combustão secundária (HENRIQUES, 2004).A produção do CDR é efetuada a partir da segregação e remoção de materiais inertes como vidros e pedras , restando apenas o material combustível, que é então queimado ou peletizado para utilização em unidades de co-processamento.

Para o tratamento de resíduos sólidos urbanos o método mais comum é o do ciclo combinado, onde se gera a energia elétrica e de calor atrelado com a eliminação dos resíduos. A geração de energia desse processo é semelhante as usinas térmicas convencionais de Rankine. A capacidade de geração esta relacionada com o poder calorífico do material incinerado e a eficiência de transformação do calor em energia elétrica (MME,2008).A incineração é aconselhada para o tratamento de grandes quantidades de resíduos sólidos operando com uma média de 18t/h.

A qualidade do meio ambiente é uma preocupação que opera o processo de incineração, desta forma, a combustão é constantemente monitorada. Para que ocorra uma combustão completa existem condições que devem ser cumpridas, tais como: a mistura deve

conter a proporção adequada; deve ocorrer a contínua remoção dos gases produzidos durante a combustão, bem como a remoção dos resíduos de combustão; a temperatura do interior do incinerador deve ser monitorada para que permaneça adequada, da mesma forma que a temperatura de partida-ignição; deve existir meios adequados de oxidação no interior da combustão, o tempo de residência dos resíduos no interior do incinerador e o fluxo turbulento dos gases deve ser monitorado(BNDS, 2013). Lembramos ainda que, o resíduo sólido urbano varia sua composição ao longo do tempo, principalmente com relação a umidade e poder calorífico, por isso os sistemas modernos de incineração de RSUs contam com sistemas automatizados de controle contínuo das variáveis de combustão corrigindo automaticamente os diversos parâmetros da queima ,anteriormente citados, mantendo a combustão regular durante a sua operação. (SANTOS, 2011)

Dentre as vantagens dessa tecnologia podemos citar: a elevada redução do volume de resíduos que acarreta em aumento do tempo de vida útil de aterros sanitário ou diminui a área necessária para a instalação deste, um aspecto extremamente relevante para locais com baixa disponibilidade de espaço físico; potencial de recuperação de energia maior que os aterros; redução de emissão de odores e ruídos e redução da emissão de gases poluentes , principalmente metano.(BNDES, 2013)

Como principais desvantagens destacamos: a necessidade de mão de obra especializada para controle de operação, elevado custo para instalação , a possibilidade da concentração de metais pesados nas cinzas geradas, impossibilidade de tratamento de resíduos com alto teor de umidade, clorados ou pequeno poder calorífico. (BNDES, 2013)

4.6. Combustível Derivado de Resíduo

Combustíveis derivados de Resíduos (CDR) são combustíveis sólidos preparados a partir de resíduos sólidos urbanos, na Europa é chamado de Refuse Derived Fuel (RDF). O combustível derivado de Resíduos (CDR) se aplica a materiais recuperados da coleta de resíduos que tenham um valor calorífico elevado (BNDES, 2013).

O CRD possui como objetivo principal recuperar energia e otimizar o transporte e armazenamento de resíduos. Um CDR de qualidade é composto por matéria orgânica com baixíssimo teor de água, ausência de metais pesados, organoclorados e substâncias infectadas. Durante o processo produtivo do CDR, os materiais recicláveis assim como metais pesados,

organoclorados e substâncias infectadas são retirados da mistura de resíduos. Após o processo de secagem e redimensionamento é obtido uma redução de 20 a 80% em relação aos resíduos depositados no início. As etapas principais da produção do CDR são: (BNDES, 2013)

- a) Etapa de remoção de componentes indesejados — serve para ajudar a produzir um CDR de boa qualidade
- b) Etapa de Trituração – serve para otimizar as fases posteriores, em função da instalação de combustão a qual o CDR se destina
- c) Etapa de Secagem – serve para evitar que ocorra processos fermentativos e para melhorar o poder calorífico do CDR
- d) Etapa de Refino – serve para reduzir ainda mais a quantidade de componentes indesejados
- e) Etapa de Peletização – serve para aumentar a densidade de energia como uma função do transporte ou armazenamento

O Combustível derivado de Resíduo é utilizado principalmente na indústria de cimentos, em incineradores de resíduos com recuperação de energia de calor e eletricidade e indústrias de geração de energia. Para produzir o CDR são necessárias grandes quantidades de energia elétrica, logo a produção de CDR só é sustentável caso o saldo total de energia (da coleta à combustão do CDR) seja positivo (BNDES, 2013).

A Combustão de resíduos terá uma melhor eficiência de energia quando comparado com a de seu processamento antes de se tornar CDR, se os resíduos forem queimados num incinerador de resíduos moderno que tenha uma boa recuperação de energia. Só é interessante queimar o CDR no lugar de combustíveis fósseis se o impacto ambiental por usar CDR for menor. O Combustível derivado de Resíduo sólido urbano não se iguala a um combustível tradicional ou ainda mesmo a um combustível derivado de Resíduos industriais não perigosos, visto que apresenta uma característica energética menor e uma maior concentração de contaminantes. (BNDES, 2013)

As instalações de produção de combustível derivado de resíduo bem como os incineradores devem ser considerados como um pré-tratamento dos resíduos sólidos em relação ao seu destino final, os aterros sanitários. No caso do uso do combustível derivado de resíduo nas fábricas de cimento, pelo fato do CDR ser integrado ao cimento, não se necessita de um aterro (BNDES, 2013).

Os principais tipos de combustível derivado de resíduos existentes atualmente são:

- Pellets – material produzido por aglomeração de material solto em disco de cilindro

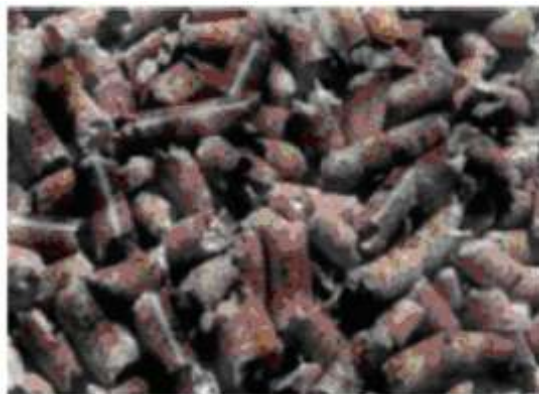


Figura 22: Peletização de resíduos

Fonte: OKTE,2010

- Briquetes - material produzido por aglomeração que pode ser produzido em bloco ou em cilindro produzido por material solto



Figura 23: Briquetes

Fonte: OKTE,2010

- Fluff – produzido por material solto, de baixa densidade, que tem a característica de ser transportável pelo ar.



Figura 24: Fluff

Fonte: OKTE,2010

As principais vantagens do processo de produção do combustível derivado de Resíduo são: É uma unidade de pré tratamento dos resíduos sólidos urbanos; agrega valor aos resíduos; transforma os resíduos sólidos urbanos em uma alternativa energética; Reduz a geração e emissão de poluentes, permitindo obter créditos de carbono e prolonga a vida útil dos aterros. (BNDES, 2013)

Entre as desvantagens temos: a alta demanda de energia elétrica para a produção do CDR; dissipação dos metais usados nas ligas dos trituradores ao meio ambiente; possibilidade de contaminação do CDR pela dissipação dos metais e da contaminação dos metais críticos no cimento deixando passivo ambiental para gerações futuras. (BNDES, 2013)

4.7. Aterro Sanitário

Aterro Sanitário é uma técnica de disposição de resíduos sólidos no solo, sem causar danos ou riscos à saúde pública e à segurança, minimizando os impactos ambientais. Este método utiliza princípios de engenharia para confinar resíduos sólidos à menor área possível e reduzi-los ao menor volume possível, cobrindo-os com uma camada de terra na conclusão da jornada de trabalho ou a intervalos menores, se necessário. (FEAM, 2006b)

Um aterro segue princípios da engenharia de confinar resíduos sólidos à menor área possível e reduzi-los ao menor volume possível, cobrindo-os com uma camada de terra na conclusão da jornada de trabalho ou em intervalos menores, se necessário. Deve ser impermeabilizado e possuir acesso restrito, ter a quantidade de lixo controlada e conhecer que tipos de resíduos estão sendo depositados. Na maioria, os aterros sanitários são construídos em locais afastados das cidades em razão do mau cheiro e da possibilidade de contaminação

do solo e das águas subterrâneas. Essa contaminação pode ocorrer por infiltração do chorume ou percolado, líquido contendo componentes tóxicos que flui do lixo para o solo e corpos d'água.(BNDES, 2013)

Atualmente, existem normas que regulam a implantação dos aterros, e uma dessas regras é a implantação de mantas impermeabilizantes que evitem essa infiltração. É necessário também que haja a retirada desse líquido, por sistemas de drenagem eficientes, com posterior tratamento dos efluentes sem que agrida o meio ambiente. Gases também são liberados e podem ser aproveitados como combustíveis, o que pode trazer benefícios financeiros. Segundo a PNRS antes dos resíduos sólidos serem encaminhados para o aterro é necessário analisar a possibilidade desses resíduos de serem reciclados, tratados ou reutilizados, o que acaba por prolongar a vida útil do aterro sanitário. Mas para que isso seja possível, é necessário que ocorra a coleta seletiva do lixo, ou seja, a separação dos diferentes componentes que utilizamos. Assim, somente os rejeitos deveriam ser encaminhados para o aterro sanitário.(BNDES, 2013)

Segundo a PNRS, até agosto de 2014, todos os municípios brasileiros (ou convênios de municípios) precisam apresentar um plano de destinação adequada aos rejeitos em aterros sanitários. No Brasil, o destino final dos resíduos sólidos são os lixões (ou vazadouros a céu aberto) em 50,8% dos municípios, em aterro controlado em 22,5% e em aterro sanitário em 27,7%. Esses são dados da Pesquisa Nacional de Saneamento Básico de 2008. Todos os dias são coletados 188.815 toneladas de resíduos, sendo que 58,3% vão para aterro sanitário, 19,8%, para lixão e apenas 1,4% para reciclagem. Ainda há 2.906 lixões no Brasil, distribuídos em 2.810 municípios, que devem ser erradicados.(BNDES, 2013)

Os aterros sanitários apresentam em geral a seguinte configuração: setor de preparação, setor de execução e setor concluído. Alguns aterros desenvolvem esses setores concomitantemente em várias áreas, outros de menor porte desenvolvem cada setor de cada vez.(DELL'AVANZI, 2008)

Na preparação da área são realizados, basicamente, a impermeabilização e o nivelamento do terreno, as obras de drenagem para captação do chorume (ou percolado) para conduzi-lo ao tratamento, além das vias de circulação. As áreas limítrofes do aterro devem apresentar uma cerca viva para evitar ou diminuir a proliferação de odores e a poluição visual.(DELL'AVANZI, 2008)

Na execução os resíduos são separados de acordo com suas características e depositados separadamente. Antes de ser depositado todo o resíduo é pesado, com a finalidade

de acompanhamento da quantidade de suporte do aterro. Os resíduos que produzem material percolado são geralmente revestidos por uma camada selante (DELL'AVANZI, 2008)

Atingida a capacidade de disposição de resíduos em um setor do aterro, esse passa por uma revegetação, com os resíduos sendo então depositados em outro setor. Ao longo dos trabalhos de disposição e mesmo após a conclusão de um setor do aterro, os gases produzidos pela decomposição do lixo devem ser queimados e os percolados devem ser captados. Em complemento, também devem ser realizadas obras de drenagem das águas pluviais (DELL'AVANZI, 2008).

Os setores concluídos devem ser objeto de contínuo e permanente monitoramento para avaliar as obras de captação dos percolados e as obras de drenagem das águas superficiais, para avaliar o sistema de queima dos gases e a eficiência dos trabalhos de reflorestamento (DELL'AVANZI, 2008). Segue na figura 25, um esquema de um aterro sanitário, com os seus três setores:

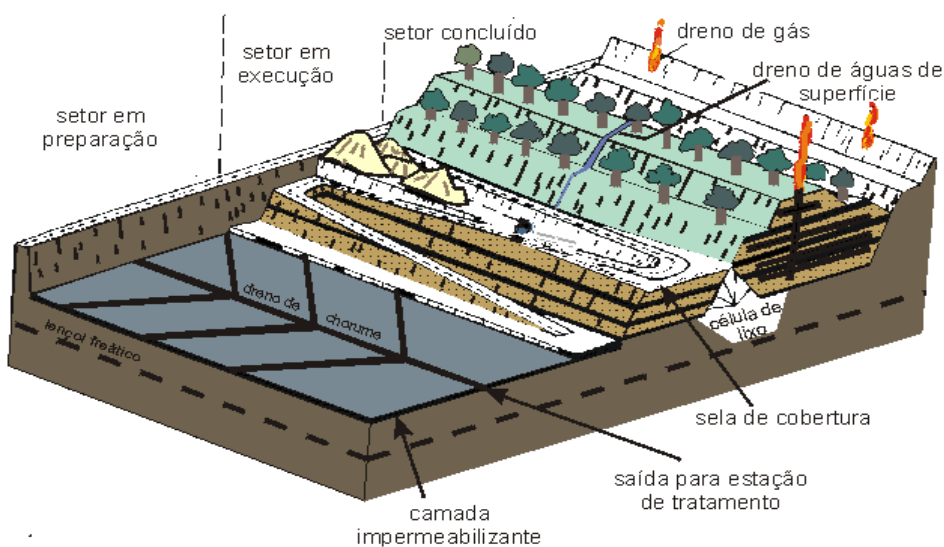


Figura 25: Esquema de um aterro Sanitário

Fonte: <http://www.rc.unesp.br/igce/aplicada/ead/imagens/residuos/aterro.gif>

Existem três tipos principais de aterros sanitários, que atendam a PNRS, são eles, o aterro sanitário de pequeno porte e os aterros sanitários com e sem geração de energia. (FEAM, 2006b)

- Aterro Sanitário de pequeno porte – Pode receber até 20 toneladas de resíduos sólidos por dia, o equivalente à produção de cidades com até 30 mil habitantes (), é uma ótima solução para pequenas cidades se livrarem dos lixões, que não devem mais estar em funcionamento. Sua classificação vai depender da forma como o aterro é implantado, podendo ser aterros em valas, em trincheiras, em encostas e em áreas. (FEAM, 2006b)
- Aterro Sanitário com geração de energia - Aterro que gera energia elétrica a partir dos gases gerados nos processos de decomposição anaeróbia. Este tipo de aterro é considerado um digestor anaeróbio em que a biodegradação dos resíduos levam a uma redução do volume aterrado no, otimizando áreas e levando a uma redução dos custos operacionais, além de se aproveitar o biogás gerado como energia. (FEAM, 2006b)
- Aterro Sanitário sem geração de energia – Todo biogás gerado no aterro é coletado por drenos e então queimado em flares. (FEAM, 2006b)

Entre as vantagens desse processo pode-se citar: receber resíduos de natureza diversa, recuperar áreas topograficamente inutilizadas, controlar a proliferação de vetores de doenças, pode-se utilizar equipamentos usados em serviços de terraplanagem, este processo não requer mão-de-obra especializada, pode ser usado como um biodigestor para aproveitamento energético do biogás. A principal vantagem é que entre todos os processos utilizados para o tratamento e disposição final dos resíduos sólidos este é o que possui o mais baixo custo.

As desvantagens desse processo são: a necessidade de grandes áreas para a implantação de aterros, muitas vezes sendo longe da área urbana, sofre interferência das chuvas na produção de lixiviados, que precisam passar por um tratamento adequado e a estabilização do aterro após seu fechamento é relativamente longo, incluindo seus efluentes líquidos e gasosos.(BNDES, 2013)

5 O CASO : COMPARATIVO ENTRE BRASIL, EUA, EUROPA E JAPÃO SOBRE A GESTÃO E TECNOLOGIAS DE RESÍDUOS SÓLIDOS

Esse trabalho tem por objetivo uma comparação entre as legislações e tecnologias vigentes no Brasil e algumas experiências presentes no mundo. Para tal, faremos uma breve

descrição desses aspectos com três principais “estados” estrangeiros sendo estes, EUA, União Europeia e Japão.

5.1 Estados Unidos

5.1.1 Legislação

Os Estados Unidos da América (EUA) são o 4º país do mundo em extensão territorial e possui uma população de aproximadamente 315 milhões de habitantes com densidade demográfica de 33,6 hab/km², com 80,7% da população residindo no grandes centros urbanos e menos de um quinto reside em áreas rurais (BNDES, 2013).

Os Estados Unidos começou a sua preocupação com seus resíduos em 1965 com a criação da Lei de Resíduos Sólidos, que foi responsável pelo financiamento de aterros sanitários e lixões. Mas somente em 1976 essa lei foi completada e acrescentou-se pontos importantes como a Lei de Conservação e Recuperação que ajudou o país a lidar com o enorme volume de resíduos gerados. Os objetivos estabelecidos nessa lei eram: proteger a saúde humana e o meio ambiente dos perigos potenciais da disposição de resíduos; conservar energia e recursos naturais; reduzir a quantidade de resíduos gerada; e assegurar que o manejo dos resíduos ocorra de maneira ambientalmente adequada. Por meio dessa lei a Agência de Proteção Ambiental (EPA), ficou incumbida de estabelecer os padrões nacionais para a gestão dos resíduos sólidos. Em 1984 foram aprovadas emendas a Lei de Conservação e Recuperação relativas a resíduos sólidos e resíduos perigosos que foi uma resposta à preocupação da sociedade com a disposição dos resíduos perigosos no solo que não eram seguros (JURAS, 2012).

Outras medidas adotadas pela EPA foram, por exemplo, recomendar que as comunidades adotem sistemas de “manejo integrado de resíduos” adequados às suas necessidades. O termo “manejo integrado de resíduos” refere-se ao uso complementar de uma variedade de práticas de manejo de resíduos sólidos municipais, seguras e efetivas, incluindo: redução na fonte, reciclagem, incineração ou disposição em aterros sanitários (JURAS, 2012).

Leis importantes como a Lei de Responsabilidade, Compensação e Resposta Ambiental criada em 1980, que criou um vigoroso programa de descontaminação de sítios contaminados por produtos químicos. Nos seus mais de trinta anos de aplicação, o programa

já respondeu pela descontaminação de mais de mil sítios contaminados com resíduos perigosos (JURAS, 2012).

Por fim, tem-se a lei que entrou em vigor em 1990, a Lei de Prevenção da Poluição segundo a qual a poluição deve ser evitada ou reduzida na fonte, sempre que possível; a poluição que não possa ser evitada ou reciclada (resíduos) deve ser tratada de maneira ambientalmente segura, sempre que possível; e a disposição final ou outra liberação no meio ambiente deve ser empregada apenas como última opção e deve ser realizada de forma ambientalmente segura (JURAS, 2012).

A ideia da responsabilidade estendida ao produtor não é encontrada em nenhuma lei federal. Entretanto em alguns estados e cidades aplicam-se leis próprias adotando sim a responsabilidade estendida do produtor para alguns produtos. Com por exemplo, 24 estados adotam leis em relação a eletrônicos, para baterias a regra vigora para 9 estados, para mercúrio em 17 estados e quanto às embalagens 11 estados instituíram o sistema de depósito-retorno, com vistas a aumentar a reciclagem (JURAS, 2012).

Os RSU dos EUA consistem de materiais sólidos e semi-sólidos de uso cotidiano e descartados, por exemplo, embalagens, restos de comida, papel e papelão, resíduos de jardinagem, sofás, roupas, garrafas, aparelhos eletrodomésticos, computadores, dentre outros. Não são considerados RSU, resíduos de construção civil, resíduos provenientes de estações de tratamento de água e efluentes, resíduos industriais perigosos, entre outros. (JURAS, 2012)

Não existe uma definição clara do que RSU pois varia de cada área geográfica do país, porque cada estado é responsável pela gestão do RSU dentro do seu território. A EPA é uma instituição federal responsável apenas pelo controle, elaborando relatórios sobre a gestão dos RSU em todo país (BNDES, 2013).

Embora os estados possam utilizar de diferentes classificações de RSU, os tipos e categorias gerais são:

- Resíduos residenciais: resíduos domésticos gerados por habitantes em residências e incluem resíduos de cozinha e resíduos alimentares, papel, papelão, plásticos, resíduos de jardinagem, vidros, metais e outros materiais.
- Resíduos comerciais: materiais gerados por lojas de atacado e varejo, restaurantes, supermercados e edifícios empresariais e escritórios e grandes instalações institucionais como hospitais, presídios e escolas.
- Resíduos industriais: materiais gerados a partir de vários tipos de operações de manufatura e produção industrial, excluindo resíduos perigosos e líquidos.

- Resíduos especiais: materiais que requerem alguma tipo de tratamento especial, tais como automóveis abandonados, pneus usados, aparelhos usados (por exemplo geladeiras), aparelhagem eletrônica como televisões e computadores, móveis e resíduos domésticos perigosos.

5.1.2 Geração de Resíduos Sólidos Urbanos

Atualmente nos EUA são gerados cerca de 250 milhões de toneladas de RSU anualmente, sendo que 65 milhões de toneladas são recicladas (26%), 20 milhões de toneladas são direcionadas para instalações de compostagem (8%), 29 milhões de toneladas são incinerados para a recuperação de energia (quase 12%). Por fim cerca de 135 milhões de toneladas (54% do total) são destinadas a aterros sanitários e assim a tendência da reciclagem nos EUA aumenta com o tempo (BNDES, 2013).

Para isso são utilizadas tecnologias para tratamento desses resíduos. Na década de 70 foi iniciado nos EUA um período de modernização na área de saneamento, incluindo a gestão de RSU e com essas mudanças regras como a frequência das coletas dos resíduos e o estabelecimento de critérios para a destinação final dos RSU, além da proteção dos recursos hídricos e os padrões de emissão de gases (BNDES, 2013).

Pode-se observar na Figura 26 um dos principais processos de gestão de RSU adotados nos EUA, onde esse esquema mostra como os esforços para a redução de resíduos na fonte e diminuição da quantidade de resíduos em geral tem impacto na disposição final de RSU. Além disso criou uma hierarquia em gestão de resíduos sólidos listados a seguir:

- Redução de resíduos na fonte, incluindo o descarte de resíduos na residências por meio da compostagem de resíduos de jardinagem.
- Reciclagem, incluindo a compostagem fora do local de origem.
- Incineração com geração de energia
- Descarte final de resíduos em aterros sanitários.



Figura 26: Representação esquemática da gestão de resíduos sólidos nos EUA

Fonte: Franklin Associates, A Division of ERG, 2013

Essa hierarquia é apresentada na Figura 27, mostrando as diversas rotas tecnológicas na gestão de RSU nos EUA.



Figura 27: Rotas tecnológicas para a gestão de RSU adotadas nos Estados Unidos

Fonte: (BNDES, 2013)

5.1.3 Tecnologias Utilizadas

Levando-se em consideração as principais rotas tecnológicas utilizadas pelos EUA, listado na Tabela 13, cabe os geradores e gestores de cada estado serem responsáveis pela gestão dos seus resíduos gerados.

Tabela 13: Principais tecnologias utilizadas nos EUA.

Tecnologia	Percentual de RSU gerados	Milhões de toneladas processadas
Reciclagem	26 %	65
Compostagem	8%	20
Incineração com geração de energia	12%	29
Aterros	54%	135

Fonte: (USEPA, 2009)

Conforme pode-se observar na Figura 28 o percentual de resíduos destinados aos processos de reciclagem e compostagem tem aumentado gradativamente e conseqüentemente aqueles encaminhados a aterros tem diminuído. O método de incineração alcançou seu ápice na década de 80-90 e vem mantendo até os dias de hoje, porém outras tecnologias como a gaseificação, pirolise e digestão anaeróbia de RSU ainda não são presentes em níveis comerciais, isto é, ainda estão em caráter experimental (BNDES, 2013).

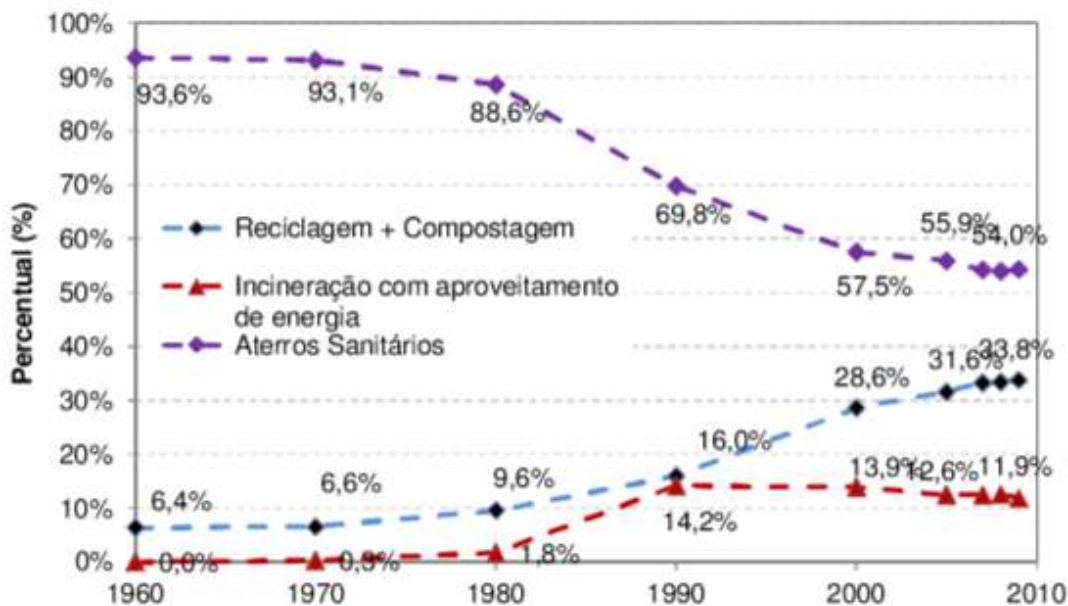


Figura 28: Evolução do tratamento dos resíduos sólidos urbanos nos EUA

Fonte: USEA, 2009

A Figura 29 apresenta um detalhamento de cada região mostrando o uso predominante de aterros sanitários em todas as regiões, ao invés de incineração com geração de energia e de reciclagem (incluindo compostagem) que algumas regiões fazem uso desses métodos de destino.



Figura 29: Características regionais de tratamento e destinação final de RSU nos Estados Unidos.

Fonte: USEA, 2010

A logística de coleta é feita manualmente em todas as regiões ou de forma automatizada e a frequência dessa coleta varia de acordo com o tamanho do recipiente utilizado, do volume que é produzido e onde a temperatura e umidade são elevadas o que favorece a decomposição são fatores que são levados em conta na escolha da frequência de coleta dos resíduos (BNDES, 2013).

As unidades de triagem e reciclagem são fundamentais para a gestão dos resíduos sólidos nos EUA, como pode-se ver na Figura 30, que promoveu maior recuperação dos seus resíduos e estabilizaram a quantidade de resíduos que eram enviados para os aterros sanitários (BNDES, 2013).

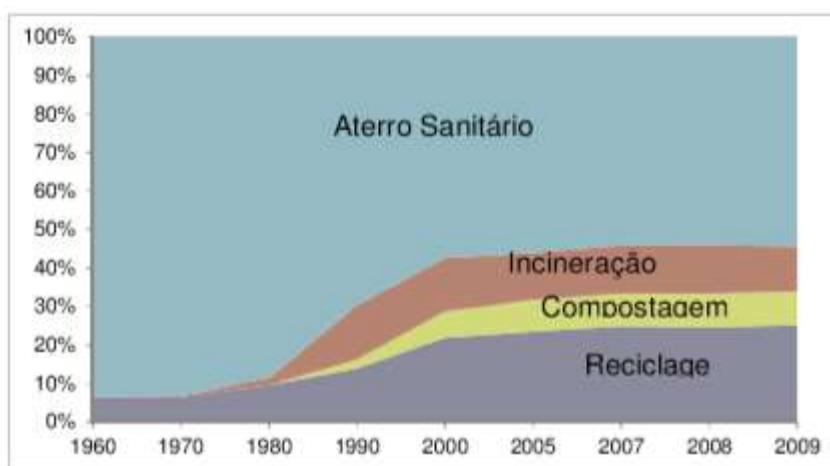


Figura 30: Recuperação e descarte de materiais RSU, de 1960 a 2009

Fonte: (EPA, 2009)

Com relação a compostagem de resíduos orgânicos, nota-se que é uma prática bem comum nos EUA e dentre as vantagens destaca-se a redução do volume material residual, a estabilização dos resíduos e a destruição dos agentes patogênicos nos resíduos.

A digestão anaeróbia de RSU em aterros sanitários é o conhecimento básico da tecnologia de bioreatores, com a introdução de líquidos para circular no volume de RSU a fim de acelerar a decomposição dos resíduos sólidos e produzir metano que é coletado para produzir energia. Até 2009 somente 10 bioreatores estavam em operação nos EUA (BNDES, 2013).

Tratamento por incineração é um importante tratamento que chega a reduzir em até 90% em volume e 70% em massa e ainda pode gerar energia. Atualmente o número de plantas em operação é 86 e a quantidade de resíduo tratado é aproximadamente 96.000 toneladas e quase todos os incineradores dos EUA incorporam à sua atividade a recuperação de energia (elétrica, térmica ou ambas). Veja Tabela 14 (BNDES, 2013).

Tabela 14: Projetos de incineradores em funcionamento nos EUA

Região dos Estados Unidos	Número de Incineradores	Capacidade de Processamento (toneladas por dia)
Nordeste	40	46.704
Sul	22	31.896
Centro-Oeste	16	11.393
Oeste	8	6.171
Total	86	96.164

Fonte: (EPA, 2010)

A disposição em aterros sanitários é a forma dominante entre os estados do EUA representando 54% do total dos resíduos gerados conforme Figura 31. Os fatores que têm incrementado essa situação são: disponibilidade de área, baixo custo de combustível necessário para operação do aterro (equipamento), menores custos de investimentos comparado com as outras tecnologias, políticas públicas que incentivam e permitem o uso desta tecnologia, desde que cumpram as diretrizes a ela exigidas. Nos EUA a gestão de 45% dos aterros é do poder público enquanto que 55% é das empresas privadas e cerca de 576 aterros tem recuperação energética em operação em 46 estados dos EUA (BNDES, 2013).

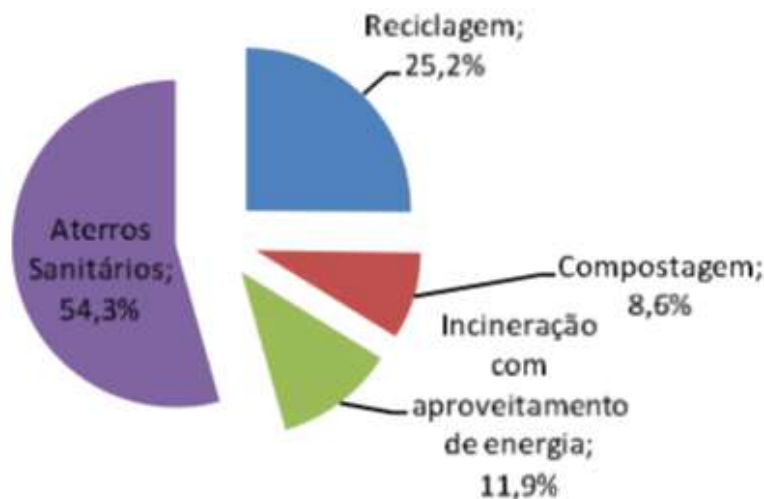


Figura 31: Distribuição do tratamento e destinação final dos resíduos nos EUA no ano de 2009.

Fonte: EPA, 2009

Outras alternativas tecnologias ainda estão em estudo nos EUA, porém, ainda estão em fase experimental e de demonstração conforme observado na Tabela 15 onde apresenta-se exemplos do uso de tecnologias alternativas para tratamento de resíduos.

Tabela 15: Tecnologias alternativas básicas

Tecnologia	Matéria-prima	Requisitos de matéria-prima	Emissões / resíduos
Hidrólise ácida ou enzimática	Material celulósico	Matéria-prima celulósica	Águas residuárias (efluentes), CO ₂
Gaseificação	Biomassa, RSU	Matéria-prima mais seca, alto teor de carbono	Amônia, NOx, alcatrão e óleos
Digestão anaeróbia	Biosólidos, esterco	Material molhado, alto teor de nitrogênio	Águas residuais, CH ₄ , CO ₂ , H ₂ S
Arco de plasma	RSU	Matéria-prima variável	Escória, purificador de água

Fonte: EPA, 2009

Segundo a EPA, os EUA geraram cerca de 250 milhões de toneladas de RSU dados de 2010 e comparando com a quantidade produzida entre 2005 e 2012 nota-se que houve uma redução de 2,8 milhões de toneladas. Isto demonstra que em 5 anos, apesar do aumento do número de habitantes, houve uma diminuição da taxa de geração de resíduos per capita observada desde 1960.



Figura 32: Geração de RSU total (linha sólida) e per capita (linha tracejada), desde 1960 até 2010

Fonte: EPA, 2011

5.2 União Europeia

5.2.1 Legislação

A União Europeia (UE) é composta atualmente por 28 membros sendo eles: Alemanha, Áustria, Bélgica, Bulgária, Chipre, Croácia, Dinamarca, Eslováquia, Eslovênia, Espanha, Estônia, França, Finlândia, Grécia, Hungria, Irlanda, Itália, Letônia Lituânia, Luxemburgo, Malta, Países Baixos, Polônia, Portugal, Reino Unido, Republica Techa, Romênia e Suécia. Dentre esses países a Alemanha foi à pioneira com relação ao tratamento e disposição dos resíduos sólidos.(BNDES, 2013)

A preocupação com os resíduos sólidos pelos países europeus é grande, levando a maior parte dos países a adotarem regras bastantes severas referentes ao tratamento dos resíduos sólidos desde 1975. Visando integrar esses diversos tipos de tratamentos, a União Européia criou várias normas ao longo dos anos, dentre as quais pode-se citar:

- Diretiva 75/442/CEE, relativa a resíduos;
- Diretiva 75/439/CEE, relativa a óleos usados;
- Diretiva 91/157/CEE, relativa a pilhas e acumuladores;
- Diretiva 94/62/CE, relativa a embalagens e resíduos de embalagens;
- Diretiva 1999/31/CE, relativa à deposição de resíduos em aterros;
- Diretiva 2000/53/CE, relativa aos veículos em fim de vida;
- Diretiva 2000/76/CE, relativa à incineração de resíduos;
- Diretiva 2002/96/CE, relativa aos resíduos de equipamentos elétricos e eletrônicos.

(JURAS, 2012)

A Diretiva 75/442/CEE, foi criada em 1975 mostrando que a preocupação com a questão dos resíduos sólidos é antiga. Ela determinava que os Estados-membros participantes deveriam adotar medidas para promover a reciclagem, redução de geração, transformação, geração de energia e matérias-primas e reutilização dos resíduos. Além destes itens deveriam garantir a eliminação dos resíduos sem causar danos à saúde humana e ao meio ambiente.(JURAS, 2012)

Inicialmente a Diretiva previa a elaboração de planos de gestão de resíduos visando atingir os objetivos requeridos e o princípio do “poluidor pagador”, que afirma que cada

individuo deve arcar com as despesas necessárias ao tratamento, sendo ele o produtor do produto gerador de resíduo ou apenas o consumidor do produto.(JURAS, 2012)

Essa Diretiva passou por uma alteração ao longo dos anos. A alteração foi realizada em 1991 e tinha como metas primordiais a prevenção, a redução da produção e da nocividade dos resíduos, através do desenvolvimento de tecnologias limpas, desenvolvimentos de técnicas adequadas para a eliminação de substancias perigosas e o desenvolvimento técnico, para a produção de produtos, que mitigasse a nocividade dos resíduos. Além do que já foi citado, o aproveitamento dos resíduos por reciclagem, geração de energia e/ou obtenção de matérias-primas secundárias passou a ser o segundo ponto primordial a ser seguido pelos Estados. Outro ponto relevante ainda nessa primeira alteração foi a implementação da exigência de autorização da autoridade competente para as operações destinadas a eliminação dos resíduos (levando em conta a quantidade gerada, o tipo, as normas técnicas, as precauções com a segurança, o local de eliminação e o método de tratamento utilizado) e para as operações de aproveitamento dos resíduos. (JURAS, 2012)

Com o decorrer dos anos, novas Diretivas foram sendo criadas complementando a Diretiva de 1975. Uma dessas Diretivas entrou em vigor em 2006 e seu objetivo era o enquadramento legal para o tratamento de resíduos na Comunidade; ela reafirmava as principais metas anteriormente citadas.

No ano de 2008, entrou em vigor uma nova norma, a Diretiva 2008/98/CE que detinha de inovações importante em relação às regras estabelecidas anteriormente. Inicialmente são realizadas algumas definições dos seguintes itens: resíduos, prevenção, reutilização, valorização e eliminação. A Diretiva institui ainda, uma hierarquia a cerca da gestão de resíduos sendo esta: (JURAS, 2012)

- Prevenção e redução
- Preparação para a reutilização
- Reciclagem
- Outros tipos de valorização, por exemplo, a valorização energética.
- Eliminação

Um ponto a salientar é a ideia da “responsabilidade alargada do produtor”, ou seja, os Estados-Membros podem tomar medidas de caráter legislativo ou não legislativo para garantir que o produtor passe a ter responsabilidade com o resíduo gerado. Dentre essas medidas temos: a devolução dos produtos e dos resíduos gerados após utilização, a gestão dos

resíduos, a responsabilidade financeira das atividades e o comprometimento de informar ao público sobre a reutilização e reciclagem do produto.(JURAS, 2012)

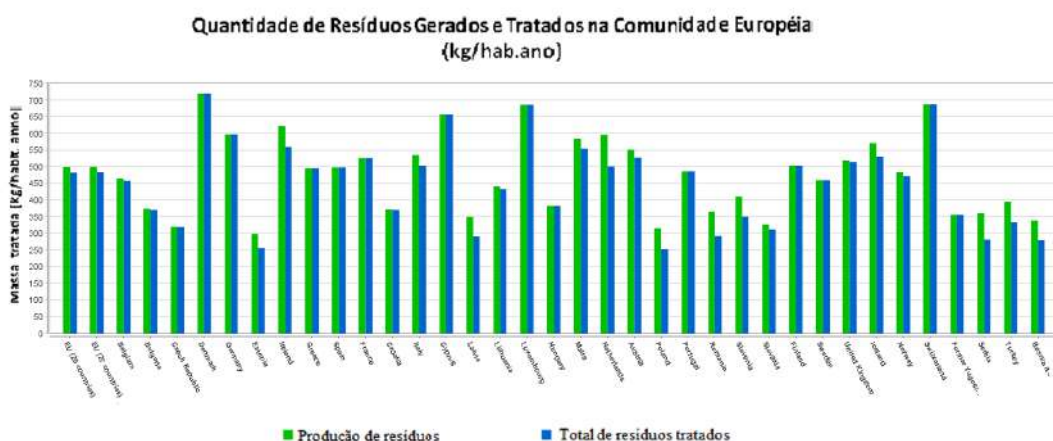
A Diretiva de 2008 reafirma ainda o princípio do poluidor-pagador, que impõe a responsabilidade dos custos da gestão dos resíduos devem ser realizados pelo produtor ou o atual detentor do mesmo, além que este custo é distribuído refletindo o dano causado ao meio ambiente durante a geração e gestão dos resíduos. É importante ressaltar que esse custo pode ser compartilhado pelos produtores e os distribuidores do produto.(JURAS, 2012)

Assim como no Brasil a Comunidade Europeia também detém de normas específicas para determinados tipos de resíduos. Os principais são os óleos usados, pilhas e baterias, embalagens e resíduos de embalagens, equipamentos eletrônicos e elétricos. Não entraremos nos detalhes destas Diretivas, nos limitaremos apenas a Diretiva sobre as regras gerais da gestão de resíduos sólidos citada anteriormente.

5.2.2 Geração de Resíduos Sólidos Urbanos

A geração de resíduos da União Europeia foi de 252 milhões de toneladas no ano de 2011. (EUROSTAT,2013) De acordo com os dados publicados no Eurostat a geração de resíduos passou de 474 kg/habitante.ano de resíduos sólidos urbanos, em 1995, para 500 kg/habitante.ano, no ano de 2011.

A Figura 33 apresenta a quantidade de resíduos gerado e tratado pelos países membros da EU em kg/habitante.ano para o ano de 2011.



Pode-se notar que a maioria dos países tratam quase todos os seus resíduos gerados. Ainda analisando o gráfico, ocorre uma variação no valor gerado, onde países como Chipre, Dinamarca, Luxemburgo e Suíça possuem a maior geração de resíduos. Essa diferença entre a geração pode ser atribuída aos padrões de consumo distintos entre os países.

De acordo com estimativas, para o ano de 2020 a geração de resíduos sólidos urbanos deve aumentar em 45% em relação à quantidade de 1995, justificando a redução como uma das principais metas na política de gestão. Tal meta ainda é considerada com um grande desafio perante a União Europeia sendo tratada como muito planejamento e monitoramento. (EUROSTAT,2013)

A Figura 34 apresenta o percentual dos tipos de resíduos gerados no ano de 2008, por atividade e setor produtivo.



Figura 34: Origem dos resíduos produzidos na UE-27 no ano de 2008.

Fonte: Eurostat – Centro de dados sobre resíduos, 2013.

Analisando a figura pode-se notar que a maior parte dos resíduos são oriundos de atividades de mineração, construção e demolição, totalizando 59% do total. Diferente do que é esperado pela maior parte da população os resíduos domiciliares foram responsáveis por apenas 10% do total produzido.

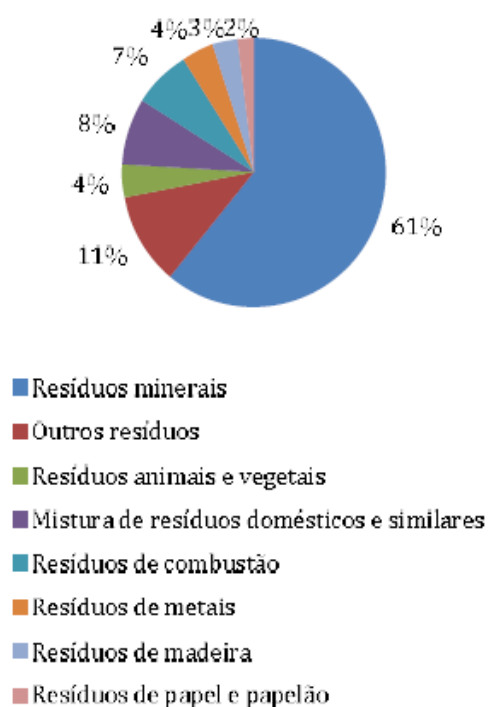


Figura 35: Classificação dos resíduos totais gerados na União Europeia no ano de 2008.

Fonte: Eurostat – Centro de dados sobre resíduos, 2013.

Já na Figura 35 é realizado um levantamento a cerca da classificação dos resíduos gerados. É nítido que cerca de 2/3 da produção consiste de resíduos minerais provenientes de atividades de mineração, construção, demolição e extração.

5.2.3 Tecnologias Utilizadas

Atualmente, diversas tecnologias são utilizadas para o tratamento de resíduos sólidos urbanos na UE, variando de acordo com o local e a legislação vigente. As principais tecnologias utilizadas são: a reciclagem, a compostagem, o tratamento mecânico biológico, a digestão anaeróbica, a incineração com geração de energia e o aterro sanitário. (BNDES, 2013)

A disposição dos resíduos em aterros, na Comunidade Europeia, foi a principal atividade realizada durante anos. Estudos revelam uma mudança significativa entre o período de 1995 até 2010. No início do período cerca de 60% dos resíduos tratados eram destinados para aterro, já em 2010, esse numero reduziu para 38%. Esses dados também foram confrontados com as demais tecnologias utilizadas, chegando ao seguinte resultado:

- ✓ Em 1995, cerca de 10% dos resíduos foram incinerados, passando para 22% em 2010.
 - ✓ Os resíduos reciclados corresponderam ao valor de 10%, em 1995, passando para 25% em 2010.
 - ✓ A compostagem detinha em 1995 de apenas 5% do total de resíduos gerados subindo para 15% em 2010.
- (EUROSTAT,2013)

Esses dados revelam que a preocupação com o meio ambiente e a destinação final dos resíduos vem ocupando lugar de destaque nos países membros da UE. A Figura 37 abaixo mostra o tipo e o percentual dos tratamentos utilizados pelos países da UE no ano de 2010.

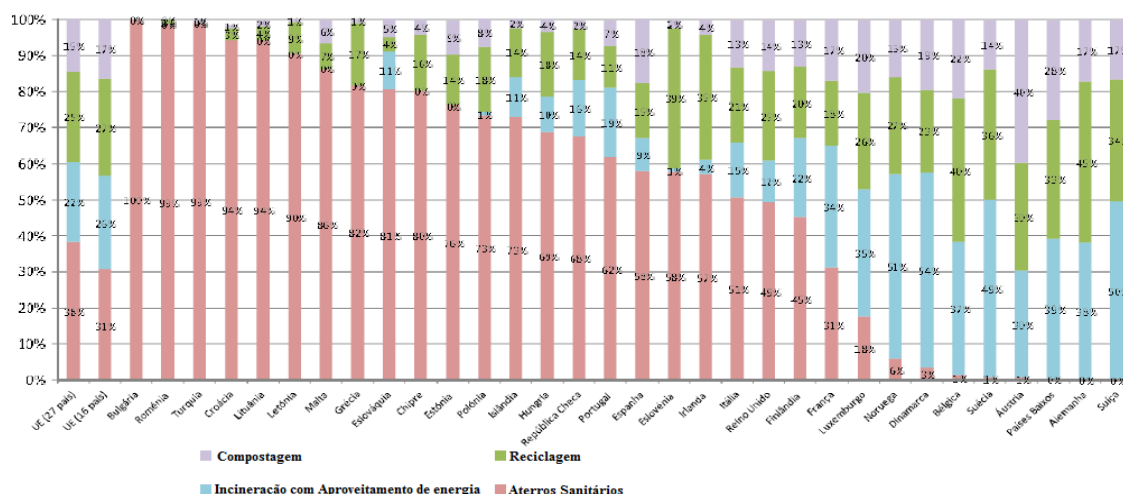


Figura 36: Tipo de Tratamento dos resíduos sólidos gerados por estados-membros em 2010.

Fonte: Eurostat – Centro de dados sobre resíduos, 2013.

A Figura 36 revela que nos países membros da UE são utilizadas diversas tecnologias em um mesmo país, porém relacionando todos os países e suas percentagens de resíduos tratados, notamos que no ano de 2010 cerca de 40% foram destinados em aterros sanitários, 22% em incineradores com aproveitamento energético, 25% foram reciclados e 15% compostados.

Analisando-se ainda a Figura 37 pode-se notar que países como, Dinamarca, Bélgica, Suécia, Áustria, Países Baixos, Alemanha e Suíça apresentam o maior índice de reciclagem e compostagem além de um percentual nulo ou quase nulo de disposição em aterros sanitários. Apresentam ainda um maior percentual de utilização da incineração entre os demais países da

UE. Tal panorama esta relacionado ao alto PIB nessas regiões bem como as condições climáticas favoráveis e a conscientização ambiental elevada.

Observa-se ainda, que Países como a Bulgária, Romênia, Lituânia e Letônia apresentaram a maior quantidade de resíduo enviada para aterros, em 2010. Esses países possuem o menor PIB da UE, sendo uma das causas para esse percentual. Em relação à compostagem de resíduos sólidos os estados membros com as maiores taxas foram a Áustria, Dinamarca, Bélgica, Luxemburgo, Holanda e Espanha.

Com base nos dados apresentados, notamos que apenas em cinco estados membros o índice de reciclagem e compostagem foi menor que 10%. Esse panorama afirma a preocupação da UE com a reutilização e reciclagem dos materiais e a redução do envio dos resíduos aos aterros sanitários, e revela ainda que a política da gestão de resíduos sólidos vem sendo implementada.

Um aspecto a salientar é a incineração estar sendo realizada em maior quantidade nos países que possuem um elevado índice de reciclagem, mostrando que uma técnica não inviabiliza a outra, e juntas à compostagem podem eliminar os reduzir a menos de 5% o envio de resíduos para aterros.

A Figura 37 mostra a evolução do tipo de tratamento dos resíduos sólidos urbanos na UE e quantidade percapita gerada de 1995 a 2011, mostrando a redução da disposição em aterros e o aumento da compostagem e da reciclagem e incineração.

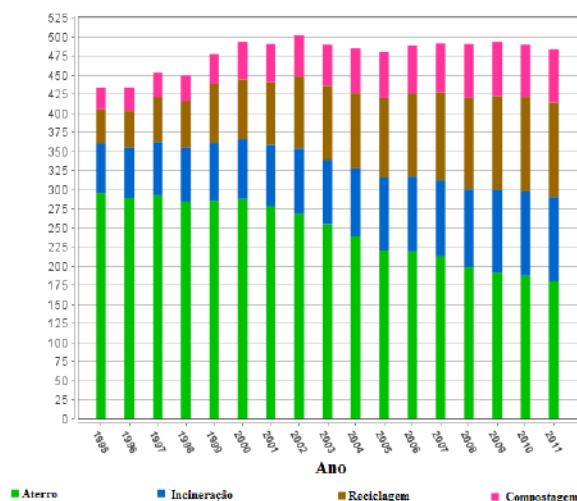


Figura 37: Evolução da Quantidade Percapita de Resíduos Tratados por tipo de tratamento – Período: 1995 a 2011

Fonte: Eurostat – Centro de dados sobre resíduos

A disposição em aterro no ano de 1995 era de aproximadamente 295 kg/hab/ano, reduzindo para cerca de 220kg/hab/ano, em 2005 e chegando em 2011 com menos de 200 kg/hab/ano (EUROSTAT,2013).Essa redução esta atrelada ao aumento da utilização das demais tecnologias principalmente da reciclagem. Quando analisamos a disposição em aterros por países membros da UE no ano de 2010, observa-se que alguns países já eliminaram ou tornaram o percentual abaixo de 5%, como é o caso da Dinamarca, Bélgica, Suécia, Áustria, Países Baixos, Alemanha e Suíça, enquanto que alguns países possuem essa técnica de tratamento como principal, tais como Bulgária, Romênia, Croácia, Macedônia e Turquia. É importante ressaltar que estes últimos países citados aderiram recentemente à UE e por isso ainda estão se adequando as condições das Diretivas sobre resíduos sólidos urbanos implementadas pela UE.

Com relação à incineração, em 1995, representava cerca de 65 kg/hab/ano, com um aumento para cerca de 95 kg/hab/ano em 2005 e em 2011 chegou ao valor de aproximadamente 110/kg/hab/ano. (EUROSTAT,2013) Analisando a incineração por estados membros da UE, a Dinamarca é o país que mais utiliza essa técnica, tratando cerca de 60% dos seus resíduos, isso é decorrente da falta de espaço para dispor os resíduos e as condições climáticas. Nessa mesma situação encontra-se a Suíça, que trata 50% dos seus resíduos pela incineração com geração de energia elétrica e calor.

A reciclagem no ano de 1995 correspondia a 45 kg/hab/ano, passando para cerca de 105 kg/hab/ano em 2005 e atingindo cerca de 120 kg/hab/ano em 2011. (EUROSTAT,2013). Baseado nos dados informados sobre os estados membros da UE, os países que mais reciclam são a Suíça, Alemanha, Bélgica, Suécia, Irlanda e os Países Baixos.

A compostagem é a digestão são métodos de tratamentos de resíduos que aumentaram notavelmente. No ano de 1995 representavam cerca de 30 kg/hab/ano, atingindo 60 kg/hab/ano em 2005 e chegando em 2011 com um total de 70 kg/hab/ano. Dentre os países que mais se Destacaram no ano de 2011 temos a Austria, Alemanha, Suíça, Holanda e Luxemburgo. (EUROSTAT,2013)

Diante dos dados apresentados podemos deduzir que a utilização das técnicas para o tratamento de resíduos sólidos na UE vem sofrendo um grande avanço mostrando que a preocupação com a gestão dos resíduos vindo sendo seguida de maneira eficiente, além disso, a utilização de aterros vem reduzindo consideravelmente e espera-se que daqui alguns anos essa técnica já esteja em desuso.

5.3. Japão

5.3.1. Legislação

O Japão é um dos países líderes no mundo em relação a tecnologias e práticas de gestão de resíduos, além de ser considerado o pioneiro em nível global na gestão de resíduos sólidos. A gestão de resíduos sólidos no Japão pode ser separada em 3 fases (TRENTINELLA, 2013): De 1900 a 1969, onde o foco da gestão de resíduos era de proteger e melhorar a saúde pública através da disposição sanitária dos resíduos e da limpeza do ambiente de convívio; de 1970 a 1990, onde o foco da gestão era o combate à poluição e de 1991 até os dias de hoje, onde o foco é a reciclagem. (MOEJ, 2012)

A primeira lei que tratava sobre a gestão de resíduos no Japão foi a Lei de Eliminação da Sujeira, de 1900, que converteu a gestão de resíduos em um serviço público, cujo responsável passou a ser o município. Inicialmente, o aterramento direto era o principal tratamento dado aos resíduos (TRENTINELLA, 2013). Em 1924 foi instalada a 1ª planta de Incineração, na cidade de Tóquio e em 1930, a incineração passou a ser obrigatória (MOEJ, 2012). Em 1954, foi promulgada a Lei de Limpeza Pública, onde o objetivo primordial dessa lei era promover a saúde pública e a medida mais importante foi permitir que os municípios exigissem que grandes volumes de resíduos ou resíduos especiais, tipicamente oriundos de atividades econômicas, fossem descartados pelos próprios geradores. (ABRELPE, 2013)

Em 1970, foi aprovada a Lei de Gestão de, que contém as definições, a classificação de resíduos e os padrões para tratamento, estabelece a política nacional e programas regionais e municipais de gestão de resíduos, contém disposições sobre o tratamento dos resíduos municipais pelos municípios, prevê autorização para o transporte e as instalações de tratamento e disposição final de resíduos, estabelece um sistema para os resíduos industriais e, por fim, dispõe sobre a fiscalização e as sanções impostas a quem não seguir a Lei (JURAS, 2012).

Em 1991 foi sancionada a Lei de Promoção do Uso de Material Reciclado, que, basicamente, orienta o setor industrial na elaboração de planos para o uso eficiente dos recursos naturais. A partir desta Lei foram criadas outras Leis mais específicas no Campo da Gestão de Resíduos (TRENTINELLA, 2013):

1. Lei da Reciclagem de Embalagens - A lei estipula que os produtores de receptáculos e embalagens, e os negócios que os utilizam, tais como os produtores de bebidas, são responsáveis pela reciclagem dos resíduos dos receptáculos e das embalagens, que são coletados seletivamente pelos municípios.
2. Lei de Reciclagem de Aparelhos Eletrônicos - Esta lei obriga os varejistas de aparelhos eletrônicos domésticos (isto é, TVs, aparelhos de ar condicionado, refrigeradores, máquinas de lavar) a receber de volta os produtos no final-da-vida, e os fabricantes a reciclá-los.
3. Lei de Reciclagem dos Resíduos da Construção - Esta lei exige que, ao construir ou demolir edificações:
 - O proprietário deve notificar a prefeitura sobre o plano de seleção e reciclagem de resíduos de construção e demolição, com antecedência,
 - O construtor deve selecionar os resíduos de C&D e reciclar os materiais específicos (isto é, madeira, concreto e asfalto), relatando o mesmo ao proprietário. Esta lei também estipula que os negócios de demolição devem ser registrados na prefeitura.
4. Lei de Reciclagem de Resíduos Alimentares - Esta lei estipula que:
 - Os negócios que envolvem alimentos devem melhorar a redução na fonte e reciclar os resíduos alimentares,
 - Os negócios que envolvem alimentos que promoverem a reciclagem e as instalações de reciclagem podem ser registrados junto ao ministério de agricultura.
5. Lei de Reciclagem de Veículos no Final-da-Vida - Esta lei foi promulgada em julho de 2002, e entrou em vigor em 2004. Os fabricantes de automóveis são obrigados a reciclar ou dispor dos resíduos de sucata de automóveis (RSAs), air bags e CFCs/HCFs, vindos dos recicladores de automóveis. A taxa deve ser pré-paga por cada consumidor.
6. Lei de Promoção das Compras Ecológicas - O Governo Nacional, etc., toma a iniciativa de incentivar a compra de produtos reciclados, etc.

O estabelecimento de leis de reciclagem para certas categorias de resíduos, além de fins de divisão, tem o objetivo de minimizar a exploração dos recursos naturais e alcançar um melhor sistema de monitoramento dos procedimentos de reciclagem dos tipos específicos de resíduos.(ABRELPE, 2013)

Há ainda a Lei Fundamental do Ciclo dos Materiais, que é uma das leis mais novas e básicas com relação à Gestão dos Resíduos no Japão. A lei foi promulgada em 2000 e seu objetivo básico é estabelecer uma Sociedade com Ciclo de Materiais eficiente, apresentando

os princípios de como a Gestão Japonesa dos Resíduos deve ser conduzida. Mais especificamente, a Lei Fundamental define prioridades para medidas que garantam um ciclo apropriado do material: (1) restrição à geração, (2) reuso, (3) regeneração, (4) recuperação de calor e (5) adequada disposição de resíduos.(ABRELPE, 2013)

Todo o sistema de gestão de resíduo sólido no Japão se sustenta sobre três pilares, explicados a seguir(TRENTINELLA, 2013):

- O primeiro deles, divisão de responsabilidades. Consumidores, Indústria, Comércio, Poder Público, todos tem seus papéis definidos em lei, e respondem pelo seu descumprimento. A Indústria de eletrodomésticos, por exemplo, é obrigada a reciclar seus produtos, uma vez descartados pelo consumidor.
- O segundo, mecanismos econômicos. Jogar lixo fora, inclusive o doméstico, custa dinheiro. O consumidor arcará com os custos de transporte e reciclagem do eletrodoméstico que jogar fora. Quanto menos lixo, menos custos adicionais.
- Finalmente, implementação gradual. Os hábitos da população em relação ao lixo não mudam de uma hora para outra. Por isso, ao entrarem em vigor, as leis de tratamento de resíduos admitem um prazo para que empresas e consumidores se adaptem às novas regras.

5.3.2. Geração de Resíduos Sólidos Urbanos

A geração global de resíduos no Japão apresentava um crescimento acelerado até 1991. Durante toda a década de 90, o índice continuou avançando, mas em ritmo menos intenso. O pico ocorreu no ano 2000, com 54,8 milhões t/ano. A partir daí, a geração de resíduos comuns apresentou uma queda acentuada até 2010. Em 2010, foi registrada uma geração de 45,4 t/ano, índice similar ao verificado em 1987 (45,5 t/ano). A figura 38 apresenta as alterações na geração de resíduos sólidos e quantidade de resíduos que foram para aterros no período de 1985 a 2010.

Esta diminuição da geração de resíduos ao longo dos anos, enquanto que em outros países ocorre o oposto, se deve principalmente devido à execução bem sucedida das Leis sobre como se deve fazer à gestão dos resíduos e a estratégia nacional para os 3 R's - Reduzir, Reutilizar e Reciclar (MOEJ, 2012).

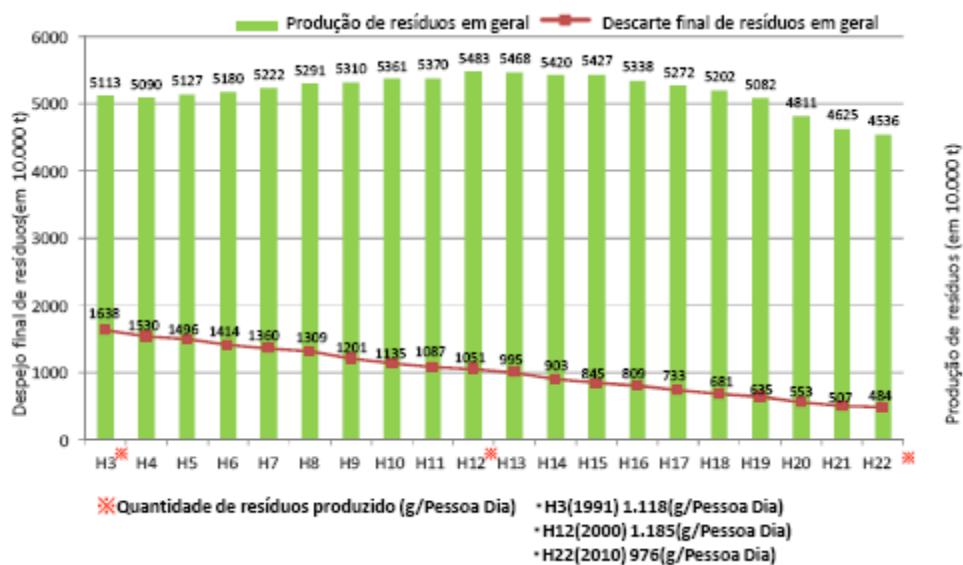


Figura 38: Geração de resíduos sólidos e quantidade de resíduos que foram para aterros no período de 1985 a 2010

Fonte: Santos,2012

Devido às mudanças no consumo e às preocupações ambientais, a composição de resíduos no Japão sofreu variações ao longo dos anos, como pode ser observado na figura 39 abaixo.

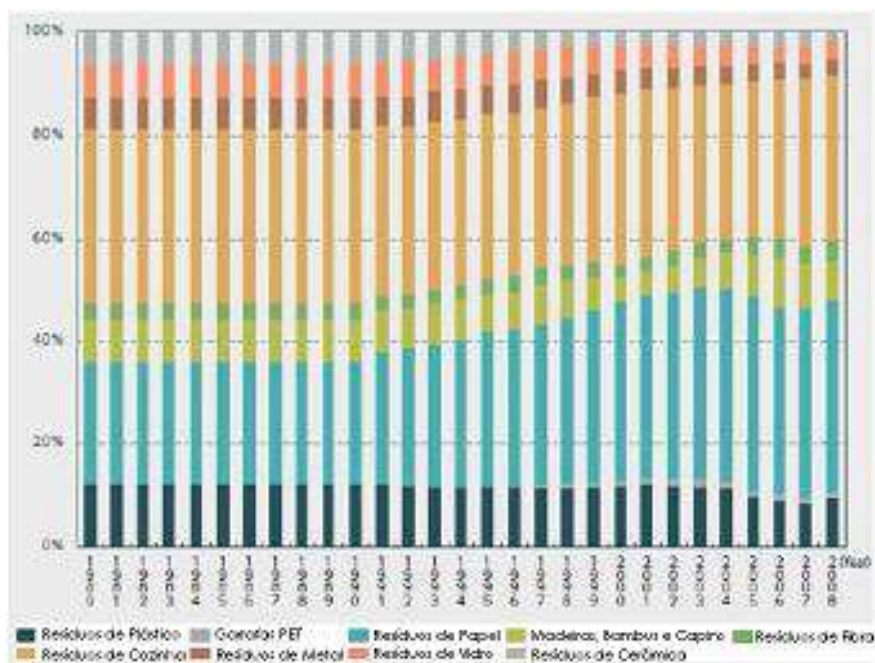


Figura 39: Composição dos resíduos no Japão no período de 1980 a 2008

Fonte: MOEJ modificado, 2012

Em 2008, o Japão apresentou a seguinte composição típica de resíduos sólidos urbanos: 38% de papel, 31% de material orgânico (restos de comida), 10% de plásticos, 8% de madeira, 4% de fibras, 4% de vidro, 3% de metal e 2% de cerâmica (MOEJ, 2012).

5.3.3. Tecnologias Utilizadas

O Japão possui uma grande diversidade de tecnologias de tratamento e disposição final dos Resíduos Sólidos e a escolha da tecnologia a ser utilizada é definida a partir principalmente da legislação vigente. (BNDES, 2013)

As Principais tecnologias utilizadas no Japão são a incineração e os aterros sanitários. A incineração ainda é a mais utilizada, pois, apesar de ser uma tecnologia cara, consegue reduzir em até 90% o volume total dos resíduos para disposição final, fator importante visto ao limite de espaço físico disponível e ao desenvolvimento socioeconômico avançado do País (TRENTINELLA, 2013).

Existem no Japão 1.243 unidades de incineração, sendo que destas, 880 recuperam o calor e 304 tem sistemas de geração de energia (BNDES, 2013). Cerca de 75% dos resíduos sólidos são incinerados. O governo central dá um subsídio para os municípios construírem novas plantas e a capacidade que essas plantas terão depende do tamanho da população. O grande problema desta tecnologia é a emissão de dioxina, que faz como que as plantas tenham que adotar contramedidas para sua prevenção (TRENTINELLA, 2013).

A quantidade de resíduos dispostos em aterros sanitários vem diminuindo ao longo do tempo, sendo que em 2010 somente 1,6% dos resíduos sólidos vão direto aos aterros sanitários, sem passar por algum tipo de tratamento. Somente 10,9% dos resíduos sólidos são dispostos em aterros sanitários. O número de aterros diminuiu para 1.800 em todo o Japão, porém o tempo de vida útil destes aumentou para 18,7 anos. Este tempo de vida útil é maior que o tempo estimado em 2000. (MOEJ, 2012)

A triagem no Japão é feita pela população, pois a Lei de Gestão e Resíduos e Limpeza Pública cita que é dever da população cooperar com os governos fazendo a separação de resíduos antes de serem coletados. Os moradores recebem um panfleto explicando como deve ser feita a separação dos resíduos e o horário da coleta específica de cada tipo de resíduo. O morador que por acaso fizer a triagem de forma inadequada pode ser multado (TRENTINELLA, 2013). Para resíduos volumosos, como eletrodomésticos grandes, os moradores tem que contatar o serviço de coleta, tendo que pagar por item descartado. Abaixo

segue uma tabela com exemplos de categorias de resíduos e cronograma de coleta na cidade de Yokohama:

Categorias de Resíduos	Horário de coleta
Incineráveis	Duas vezes por semana.
Recipientes e embalagens de plástico	Uma vez por semana.
Lata, garrafas e garrafas PET	Uma vez por semana
Papel	Duas vezes por mês
Pequenos artigos de metal	Mesmo dia, com garrafas, mas sem saco.
Pilhas secas	Mesmos dias com saco incinerável, mas separadas
Aerossóis	Mesmos dias com saco incinerável mas separado
Não inflamáveis / incineráveis	Mesmos dias com saco incinerável mas separado
Roupas usadas	Duas vezes ou uma vez por mês
Resíduos volumosos	Contato direto, com o uso de sacos semitransparentes
Outros rejeitos	Uso de Saco semi-transparentes

Tabela 16: Exemplos de categorias de resíduos e cronograma de coleta na cidade de Yokohama

FONTE: BNDES, 2013

A reciclagem é fortemente promovida pelo governo japonês, vide as leis específicas que estão em vigor. A quantidade de resíduos sólidos reciclados no Japão já chegou aos 30% em 2011 (MOEJ, 2012), sendo que 44% dos papéis reciclados viram novos produtos, assim como 96% das garrafas de vidro incolor e âmbar, 72% de vidro em geral e 90% de garrafas PET.

A compostagem ainda é muito pouco usada no Japão, sendo somente tratados por compostagem 0,2% dos resíduos sólidos. A compostagem é praticada, em sua grande parte, em nível doméstico nos jardins de casas, uma vez que os japoneses não possuem obrigatoriedade em separar os resíduos orgânicos para a compostagem. A grande maioria dos resíduos orgânicos ainda é incinerada, fato que o governo japonês vem tentando reverter (TRENTINELLA, 2013). Em relação ao tratamento por digestão anaeróbia, a quantidade de resíduos tratados por esta tecnologia é ainda menor, 0,05% dos resíduos sólidos urbanos (MOEJ, 2012). Existem 2 sistemas de tratamento por digestão anaeróbia no Japão, um em Tóquio e um em Chiba, com uma capacidade conjunta de tratar 130 toneladas de resíduos por dia.(BNDES, 2013)

A figura 40 apresenta a principal rota tecnologia dos resíduos sólidos urbanos no Japão, podendo-se observar a grande utilização da técnica de incineração e a figura 41 apresenta números relacionados aos outros tipos de tratamentos, sem levar em consideração a incineração, podendo-se observar como as outras tecnologias de tratamento dos resíduos sólidos ainda são pouco exploradas.

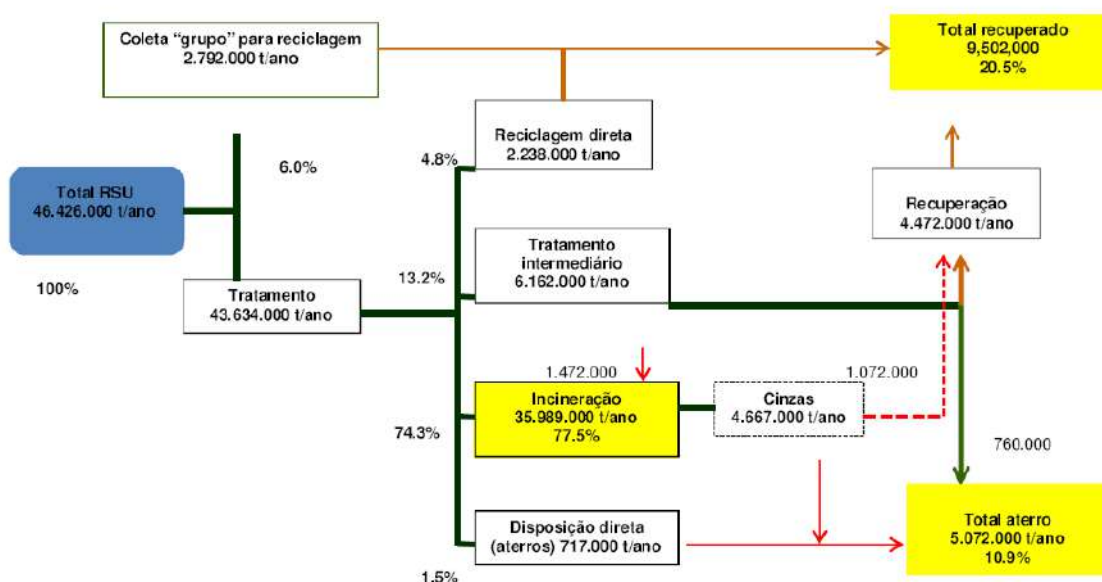


Figura 40: principal rota tecnologia dos resíduos sólidos urbanos no Japão.

FONTE: MOEJ, 2012 modificado

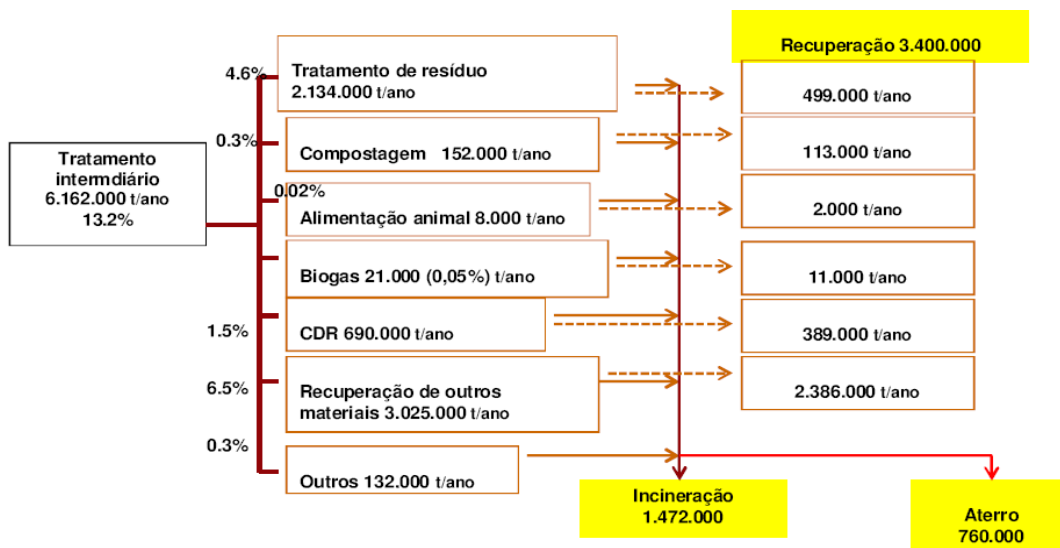


Figura 41: Composição do tratamento de resíduos sólidos, menos a incineração.

FONTE: MOEJ, 2012 modificado

Diante dos dados apresentados, pode-se observar que o Japão está à frente de muitos países no que diz respeito à legislação e gestão de resíduos sólidos, além de ser o primeiro

país a conseguir diminuir a quantidade de resíduos sólidos gerados. Observa-se também que apesar de ter à sua disposição muitas tecnologias para o tratamento dos resíduos, quase 80% dos resíduos sólidos são incinerados, mas que o governo central está tentando mudar isso, investindo mais em outras tecnologias, como a compostagem.

5.4 Discussão

A legislação Brasileira sobre gestão de resíduos sólidos está muito atrasada quando comparada com EUA, União Europeia e Japão, uma vez que esses países iniciaram sua política de tratamentos na década de 60 enquanto o Brasil aprovou sua primeira Lei de Gestão de Resíduos no ano de 2010.

De forma geral, todos os países aqui estudados apresentam uma política geral de resíduos sólidos, que pode ser alterada por cada estado membro no caso dos EUA e UE ou pelos Estados e Municípios do Brasil e Japão, visando uma melhor eficiente do tratamento e disposição final dos resíduos. No Japão foram criadas algumas leis específicas para os seguintes resíduos: Resíduos Alimentares, Construção Civil, Veículos, Embalagens e Aparelhos Eletrônicos. Na UE além das diretivas específicas para embalagens, aparelhos eletrônicos e veículos, existem ainda diretivas relativas à incineração de resíduos, óleos usados, pilhas e baterias, deposição de resíduos em aterros. Nos EUA, apenas alguns estados adotam leis específicas sobre resíduos sólidos como: eletrônicos, baterias, embalagens. O Brasil não apresenta uma Lei específica para o tratamento de um determinado tipo de resíduo sólidos, porém a Lei geral implementa a logística reversa para os seguintes resíduos: pilhas e baterias, agrotóxicos (resíduos e embalagens), pneus, óleos lubrificantes, lâmpadas fluorescentes e produtos eletroeletrônicos.

Todos os países avaliados neste trabalho apresentam como prioridade a redução de geração de resíduos através do desenvolvimento de tecnologias limpas, seguido da reciclagem. No Japão, UE e EUA a utilização de resíduos para geração de energia e calor também é considerado um segundo ponto primordial. No Brasil, a utilização de resíduos sólidos para a geração de energia não é expressiva.

Alguns princípios relacionados aos resíduos sólidos como o “poluidor pagador”, “responsabilidade alargada do produtor”, vem sendo implementados pelos países para que o produtor tenha responsabilidade com o resíduo gerado e os indivíduos possam arcar com as despesas necessárias ao tratamento, podendo ser o produtor, consumidor ou distribuidor.

O Japão possui a Lei de Promoção de Compras Ecológicas, que estimula a venda de produtos reciclados a partir de subsídios que tornam os produtos reciclados mais baratos que os produtos comuns, incentivando a produção e venda destes produtos.

Com relação à geração de resíduos sólidos, o Japão, a UE e os EUA estão reduzindo, conforme foi descrito no decorrer do trabalho, salientando que as medidas tomadas para a redução, bem como as tecnologias utilizadas vem promovendo resultados. No Brasil, a geração de resíduos ainda vem aumentando, porém é importante ressaltar que nosso plano de gestão prevê metas a serem cumpridas que irão reduzir nossa geração para os próximos anos.

Conforme apresentado, as principais formas de tecnologias de resíduos sólidos são: Aterro Sanitário, Triagem, Incineração, Compostagem, Digestão Anaeróbia, Coprocessamento e Combustíveis Derivados de Resíduos. O processo de reciclagem está atrelado à tecnologia de triagem assim como as tecnologias de coprocessamento e de produção de CDR estão associadas com a tecnologia de incineração.

A disposição em aterros sanitários é utilizada pela maioria dos países, pois é a única forma de destino final dos resíduos que não agride o meio ambiente, porém é um sistema que requer um espaço físico grande para a aplicação de tal modelo. Países como Japão, Dinamarca, Suécia, Suíça, Países Baixos, Bélgica, Alemanha, Áustria reduziram a disposição em aterros para menos de 10% do total. O principal motivo para este fato é a ausência de território disponível para implementação dos aterros sanitários. Nos EUA, mais de 50% dos resíduos ainda são enviados para os aterros sanitários, enquanto isso, no Brasil ainda estão sendo construídos aterros para atingir a meta proposta na Lei 12.5001/2010 de fechamento dos lixões e aterros controlados até o final do ano de 2014.

A reciclagem necessita de um pré-tratamento conhecido como a triagem. A triagem está sendo realizada no Japão com uma larga abrangência, devido à lei vigente que obriga a população a segregar adequadamente o lixo, o não cumprimento da exigência acarreta em multas. Nos EUA e na UE é realizada a coleta seletiva e posteriormente uma triagem. No Brasil a coleta seletiva está sendo implementada em algumas regiões, e o processo de triagem é realizado pela inclusão dos catadores, como exemplo podemos citar a cidade Santana de Paranaíba (SP), Londrina (PR) e São José dos Campos (SP).

A incineração dos resíduos sólidos também é utilizada para a geração de energia e calor. Na UE e nos EUA, o coprocessamento e a produção de CDR são associados com a incineração no que diz respeito ao levantamento de dados, isso ocorre, pois ambos os processos utilizam a queima de resíduos sólidos. Os países que apresentam as maiores taxas

de resíduos tratados por incineração são o Japão, com mais de 75%, Dinamarca, com 56% e Suécia, com 50%. Esta técnica necessita de um investimento elevado então países com PIB elevado, como é o caso destes países, não possuem problemas em utilizá-la. Além disso, estes países possuem um espaço físico pequeno tornando esta técnica atrativa, uma vez que reduz o volume dos resíduos em até 90%. No Brasil a técnica ainda vindo sendo pouco aplicada não sendo considerada expressiva. Um dos grandes problemas dessa técnica é a liberação de poluentes atmosféricos, que deve ser levada em consideração durante a instalação.

A compostagem nos EUA é fortemente incentivada, principalmente a domiciliar, mesmo assim, o total de resíduos que utilizam essa técnica representa 10%. Essa técnica é utilizada há mais de 40 anos pela UE, Japão e EUA, no Brasil a técnica é empregada desde o início da década de 90. Um exemplo do uso da compostagem do Brasil é: Tibagi (PR). Na UE os principais países que aderiram fortemente a compostagem são: Áustria, Itália, Holanda, Bélgica, Dinamarca e Espanha.

O processo de digestão anaeróbica ainda é pouco utilizada em todos os países mencionados no estudo. No Japão existem apenas duas plantas responsáveis por esse tipo de tratamento. Nos EUA a técnica ainda está em fase de estudo e experimentação. Na UE o país que utiliza a digestão Anaeróbica de forma mais expressiva é a Áustria. No Brasil é utilizada em algumas fazendas de criação de animais, onde o esterco é a matéria prima do biodigestor produzindo biogás.

6 CONCLUSÕES

Atualmente os resíduos sólidos são gerados em enorme quantidade em nossa sociedade e representam uma considerável fonte de problemas se não gerenciados com propriedade. Uma correta classificação e caracterização desses resíduos é parte fundamental para um apropriado gerenciamento dos mesmos. Dentre as subdivisões dos resíduos sólidos, o resíduo urbano é uma parte relevante sendo, portanto, pertinente um maior detalhamento sobre o mesmo.

Apesar do progresso alcançado pelo Brasil com relação à disposição adequada de RSU, com a implementação da Política Nacional de Resíduos Sólidos, fica mais claro que ainda há muito a ser feito para eliminar a ameaça sanitária e ambiental dos lixões e da disposição inadequada em geral. O Brasil precisa também investir mais na coleta seletiva do lixo e na reciclagem que são elementos básicos e indispensáveis de todo sistema moderno de Gestão de Resíduos Sólidos, não apenas por razões ambientais, mas também por razões financeiras.

A participação da sociedade nos Estados Unidos, UE e Japão na área de gestão dos resíduos sólidos é um fator diferencial em relação ao Brasil. Outros aspectos decisivos para os avanços na área de gestão de resíduos sólidos nestes países são a valorização do planejamento e a definição do papel dos atores envolvidos no processo (consumidor, produtor e governo).

Um aspecto importante, identificado na UE e no Japão, é a mudança na estratégia da política, antes focada na regulamentação, e agora sendo complementada com uma aproximação do setor produtivo no sentido de aprimorar a implantação de diretrizes, no caso da UE e leis, no caso do Japão, fundamentadas em metas e cronogramas mais praticáveis. A idéia é investir em tecnologia verde e análise do ciclo de vida como formas de assegurar o princípio da prevenção de geração de resíduos sólidos.

Apesar das diferenças entre as nações, alguns aspectos em comum foram observados como a tendência de aumento dos custos envolvidos na gestão de RSU nos países desenvolvidos, inclusive pela decisão em recuperar antigas áreas de disposição inadequada e também pela ampliação do controle definido por normas mais rígidas. Outro aspecto comum entre os países desenvolvidos é o fato da geração de resíduos sólidos urbanos estarem diminuindo a cada ano, o que só foi possível graças à gestão de RSU.

7 REFERÊNCIAS BIBLIOGRÁFICAS

ABNT - Associação Brasileira de Normas Técnicas. **ABNT NBR 1004 - Resíduos sólidos - Classificação Vasa**, 2004. Disponível em: <<http://medcontent.metapress.com/index/A65RM03P4874243N.pdf>>. Acesso em: 4 fev. 2014

ABRELPE - Associação Brasileira de Empresa de Limpeza Pública e Resíduos Especiais. **Panorama dos Resíduos Sólidos no Brasil 2012**. Disponível em: <<http://www.abrelpe.org.br/Panorama/panorama2012.pdf>>.

ABRELPE - Associação Brasileira de Empresa de Limpeza Pública e Resíduos Especiais. **Resíduos Sólidos: Manual de Boas Práticas no Planejamento Vasa**. São Paulo. Disponível em: <<http://medcontent.metapress.com/index/A65RM03P4874243N.pdf>>. Acesso em: 4 fev. 2014.

AQUINO, S. F. DE; CHERNICHARO, C. A. L. **Acúmulo de ácidos graxos voláteis (AGVs) em reatores anaeróbios sob estresse: causas e estratégias de controle Engenharia Sanitaria e Ambiental**, 2005.

BNDES- Banco Nacional de Desenvolvimento Econômico e Social. **Análise das Diversas Tecnologias de Tratamento e Disposição Final de Resíduos Sólidos no Brasil , Europa , Estados Unidos e Japão**.

BRASIL, L. N. 12. 30. 2 DE AGOSTO DE 2010. **Política Nacional de Resíduos Sólidos**. Brasília: Senado Federal. Disponível em: <<http://bd.camara.gov.br/>>.

BRASIL, L.N. 11445. 5 DE JANEIRO DE 2007. **Lei Federal de Saneamento Básico**. Brasília: Senado Federal . Disponível em : <http://www.planalto.gov.br/ccivil_03/_ato2007-2010/2007/lei/111445.htm>.

BRASIL, L.N. 12.187. 29 DE DEZEMBRO DE 2009. **Política Nacional sobre Mudança do Clima**. Brasília: Senado Federal Disponível em : <https://www.planalto.gov.br/ccivil_03/_ato2007-2010/2009/lei/112187.htm>.

CARDOSO, H. A. **Estudo da Viabilidade Termoeconômica de um Biodigestor em Bases Exergéticas**.

CARVALHO, A. R. DE; OLIVEIRA, M. V. C. **Principios Basicos Do Saneamento Do Meio**. Senac, 2012. p. 400

DELL'AVANZI, E. Projeto de Aterros Sanitários. p. 1–19, 2008.

EUROSTAT. **Energy Statistics Database**. 2013. Disponível em : <<http://epp.eurostat.ec.europa.eu/portal/page/portal/energy/data/database>>

FEAM - Fundação Estadual do Meio Ambiente. **Orientações Básicas para Operação de Usina de Triagem e Compostagem de Lixo**. Belo Horizonte. Disponível em:

<<http://medcontent.metapress.com/index/A65RM03P4874243N.pdf>>. Acesso em: 5 fev. 2014a.

FEAM - Fundação Estadual do Meio Ambiente. **Orientações Básicas para Operação de Aterro Sanitário Vasa**. Belo Horizonte. Disponível em:

<<http://medcontent.metapress.com/index/A65RM03P4874243N.pdf>>. Acesso em: 5 fev. 2014b.

FEAM - Fundação Estadual do Meio Ambiente. **Análise Técnica e Ambiental da Utilização de Resíduos Sólidos Urbanos na Produção de Cimento (coprocessamento)**. Belo Horizonte.

GUARNIERI, P. **Logística Reversa: em busca do equilíbrio econômico e ambiental**. 1ª ed- Recife: Ed. Clube de Autores, 2011.

HENRIQUES.R.M.**Aproveitamento de Resíduos Sólidos Urbanos: Uma Abordagem Tecnológica**. COPPE/UFRJ, Rio de Janeiro,2004.

IBGE - Instituto Brasileiro de Geografia e Estatística. **Indicadores de Desenvolvimento Sustentável: Brasil, 2010**. Rio de Janeiro, 2010. Disponível em: <http://www.ibge.gov.br/home/geociencias/recursosnaturais/ids/ids2010.pdf>

JURAS, L. DA A. G. M. **LEGISLAÇÃO SOBRE RESÍDUOS SÓLIDOS : Comparação da lei 12.305/2010 com a Legislação de Países Desenvolvidos**. Consultoria Legislativa, Abril, 2012.

LEITE, V. D. et al. Tratamento anaeróbio de resíduos orgânicos com baixa concentração de sólidos. **Engenharia Sanitaria e Ambiental**, v. 9, n. 4, p. 280–284, dez. 2004.

MACHADO, C. J. S. **Ciências, Políticas Públicas e Sociedade Sustentável**. Editora E-papers, 2012. p. 282

MCTI - Ministério da Ciência, Tecnologia e Inovação. **Estimativas anuais de emissões de gases de efeito estufa no Brasil**. Brasília, 2013. Disponível em: <<http://gvces.com.br/arquivos/177/EstimativasClima.pdf>>.

MMA - Ministério do Meio Ambiente. **Guia para a implantação da Política Nacional de Resíduos Sólidos nos municípios brasileiros de forma efetiva e inclusiva**. Brasília, 2011.

MMA - Ministério do Meio Ambiente. **Plano Nacional de Resíduos Sólidos**. Brasília, 2011.

MOEJ. Annual Report on the Environment, the Sound Material-Cycle Society, and the Biodiversity in Japan. **Vasa**, 2012.

NOGUERA, J. O. C. **COMPOSTAGEM COMO PRÁTICA DE VALORIZAÇÃO DOS RESÍDUOS ALIMENTARES COM FOCO INTERDISCIPLINAR NA EDUCAÇÃO AMBIENTAL**. n. 3, p. 316–325, 2004.

PEREIRA, A. N. A. P. “ **RESÍDUOS SÓLIDOS DO SETOR QUÍMICO : APLICANDO A LEGISLAÇÃO BRASILEIRA .**”GETIQ,2013.

PUC - Pontifícia Universidade Católica do Rio de Janeiro. **Fabricação do cimento Portland e co-processamento de resíduos industriais nos fornos de produção de cimento.**

Apresentação de aula. Disponível em: <<http://www.dema.puc-rio.br/download/Aula%20Cimento%20IEM.pdf>> Acesso em: 5 fev.

SANTOS, G. G. D. DOS. **Análise e Perspectivas de Alternativas de Destinação dos Resíduos Sólidos Urbanos: O Caso da Incineração e da Disposição em Aterros.**

Universidade Federal do Rio de Janeiro, 2011.

SEPLAG - Secretaria do Planejamento e Gestão do Estado do Ceará. **Manual de Consórcios Públicos.**

TRENTINELLA, T. **Política de resíduos sólidos do Japão: um modelo a ser seguido pelo Brasil?** - 1º Congresso Internacional de inovação e Sustentabilidade. São Paulo, 2013.