

See discussions, stats, and author profiles for this publication at: <https://www.researchgate.net/publication/268811770>

Análise das Diversas Tecnologias de Tratamento e Disposição Final de Resíduos Sólidos Urbanos no Brasil, Europa, Estados Unidos e Japão

Technical Report · June 2014

DOI: 10.13140/2.1.3547.8082

CITATIONS

13

READS

8,147

6 authors, including:



José Fernando Jucá

Federal University of Pernambuco

152 PUBLICATIONS 912 CITATIONS

[SEE PROFILE](#)



José Dantas de Lima

EMLUR

8 PUBLICATIONS 39 CITATIONS

[SEE PROFILE](#)



Maria Mariano

29 PUBLICATIONS 56 CITATIONS

[SEE PROFILE](#)



Luciana Figueiredo Lopes Lucena

Universidade Federal do Rio Grande do Norte

24 PUBLICATIONS 105 CITATIONS

[SEE PROFILE](#)



Análise das Diversas Tecnologias de Tratamento e Disposição Final de Resíduos Sólidos Urbanos no Brasil, Europa, Estados Unidos e Japão



Análise das diversas tecnologias de tratamento e disposição final de resíduos sólidos urbanos no Brasil, Europa, Estados Unidos e Japão. -- Jaboatão dos Guararapes, PE : Grupo de Resíduos Sólidos - UFPE, 2014.

ISBN 978-85-60917-36-5

1. Desenvolvimento sustentável 2. Gestão ambiental 3. Política ambiental 4. Poluição - Controle 5. Proteção ambiental - Administração 6. Resíduos sólidos - Política ambiental 7. Tecnologia ambiental.

14-04695

CDD-628.44

Índices para catálogo sistemático:

1. Resíduos sólidos urbanos : Engenharia ambiental : Tecnologia 628.44

Análise das Diversas Tecnologias de Tratamento e Disposição Final de Resíduos Sólidos Urbanos no Brasil, Europa, Estados Unidos e Japão

Pesquisa Científica

BNDES FEP N° 02/2010

Instituição Financiadora



Banco Nacional de Desenvolvimento Econômico e Social

Instituição Executora



Fundação de Apoio ao Desenvolvimento da
Universidade Federal de Pernambuco
Grupo de Resíduos Sólidos - UFPE



Julho/2014



EQUIPE TÉCNICA DO PROJETO

● NÚCLEO COORDENADOR

José Fernando Thomé Jucá
José Dantas de Lima
Maria Odete Holanda Mariano
Alessandra Lee Barbosa Firmo
Danuza Gusmão de Andrade Lima
Luciana de Figueiredo Lopes Lucena
Armando Borges de Castilhos Júnior
Roberta Medeiros de Souza Cavalcanti
Érika Verônica Ferreira Lima Sá
Renata Melo – FADE
Maria Zilka Mendonça – FADE
Dolores Galvão – FADE

● NÚCLEO DE GESTÃO DA INFORMAÇÃO, BASE DE DADOS E FERRAMENTA DE APOIO A DECISÃO

Aline Dantas de Oliveira
Ericka Patrícia de Lima Brito
Gustavo Henrique Tetzl Rocha
Hosmanny Mauro Goulart Coelho
Katia Botelho Torres Galindo
Lineker Max Goulart Coelho
Matheus Rennó Sartori
Natalia Maria Leitão de Melo
Priscila Cintia Macêdo da Silva
Raissa Bezerra A. de Menezes
Talita Vasconcelos de Lucena

● NÚCLEO INTERNACIONAL

Aderbal Caetano Correa (USA)
Antonis Mavropoulos (Grécia)
Janya Sang-Arun (Japão)
Julian Uriarte Jaureguizar (Espanha)
Mario Augusto Tavares Russo (Portugal)
Mauro Pietro Angelo Gandolla (Suíça)
William Gregory Vogt (USA)

● NÚCLEO REGIONAL NORTE

Fabiana Rocha Campelo
Glaucia Regina Maders
Jari Fernandes Assis Neto
José Olavo Nogueira Braga
Paulo Mauricio Oliveira Pinho
Paulo Ricardo Rocha Farias

● NÚCLEO REGIONAL NORDESTE

Carlos Henrique da Costa Guilherme
(*in memoriam*)
Francisco Humberto de Carvalho Junior
José Mauricio Souza Fiuza
Marcos Stenio Teixeira
Regia Lúcia Lopes
Silvia Marcia Rabelo Vieira

● NÚCLEO REGIONAL CENTRO-OESTE

Diógenes Aires de Melo
Diogo Appel Colvero
Eraldo Henriques de Carvalho
Livia Maria Dias
Simone Costa Pfeiffer
Solange Fátima de Oliveira Cruz

● NÚCLEO REGIONAL SUDESTE

Alice Libânia Santana Dias
Bruna Patrícia de Oliveira
Camille Ferreira Mannarino
Carlos Roberto Vieira da Silva Filho
Cynthia Fantoni Alves Ferreira
Emilio Maciel Eigenheer
João Alberto Ferreira
Jose Henrique Penido Monteiro

● NÚCLEO REGIONAL SUL

Geraldo Antonio Reichert
Guilherme Augusto Araújo Duarte
Heloisa Alves Pereira dos Santos
Mario Saffer
Melissa Kaori Izawa
Nicolau Leopoldo Obladen

Este projeto foi executado através da Fundação de Apoio ao Desenvolvimento da Universidade Federal de Pernambuco (FADE/UFPE) com o apoio financeiro do Banco Nacional do Desenvolvimento Econômico e Social (BNDES), por meio de financiamento não reembolsável com recursos do Fundo de Estruturação de Projetos do BNDES (FEP). O conteúdo dos estudos e pesquisas é de exclusiva responsabilidade dos autores, não refletindo, necessariamente, a opinião do BNDES. Para maiores informações sobre essa modalidade de financiamento, acesse o site <http://www.bndes.gov.br/programas/outros/fep.asp>



Sumário

1	INTRODUÇÃO	15
2	CONTEXTO GERAL DOS RESÍDUOS SÓLIDOS URBANOS NO BRASIL	19
3	POLÍTICAS PÚBLICAS E ARRANJOS INSTITUCIONAIS	25
3.1	Políticas Públicas no Exterior	26
3.1.1	União Europeia	27
3.1.2	Estados Unidos	29
3.1.3	Japão	30
3.1.4	Comparação entre os modelos internacionais	32
3.2	Políticas Públicas no Brasil	33
3.3	Arranjo Institucional e Modelos de Gestão	34
3.4	Influência das Políticas Públicas na Gestão de Resíduos e Tecnologias Adotadas no Exterior e no Brasil	38
4	TECNOLOGIAS PARA TRATAMENTO E DISPOSIÇÃO FINAL DE RSU	47
4.1.	Triagem e Reciclagem de RSU	47
4.2	Tratamento Biológico	49
4.2.1	Compostagem	49
4.2.2	Digestão Anaeróbia	53
4.3	Incineração	55
4.4	Combustíveis Derivados de Resíduos (CDR)	59
4.5	Coprocessamento de RSU	62
4.6	Aterros Sanitários	63
5	TRATAMENTO E DISPOSIÇÃO FINAL DE RESÍDUOS SÓLIDOS NO EXTERIOR E NO BRASIL	69
5.1	Exterior	70
5.1.1	União Europeia	70
5.1.2	Estados Unidos	74
5.1.3	Japão	78
5.2	Brasil	80
5.2.1	Região Norte	84
5.2.2	Região Nordeste	90
5.2.3	Região Centro-Oeste	96
5.2.4	Região Sudeste	102
5.2.5	Região Sul	109



6	ANÁLISE TÉCNICA, SOCIOECONÔMICA, AMBIENTAL E INSTITUCIONAL DAS ALTERNATIVAS TECNOLÓGICAS DE TRATAMENTO E DISPOSIÇÃO FINAL DE RSU	115
6.1	Aspectos Técnicos e Econômicos das Tecnologias	117
6.1.1	Os Custos das Tecnologias	117
6.1.2	O Mercado de Valorização e Aproveitamento dos RSU	128
6.1.3	A Cobrança dos Sistemas de Gestão de RSU	135
6.2	Aspectos Socioambientais das Tecnologias	138
6.2.1	Emissões Atmosféricas	139
6.2.2	Consumo de Recursos Naturais	141
6.2.3	Desamenidades	142
6.2.4	Outras Emissões	143
6.2.5	Geração de Emprego e Renda	145
7	ROTAS TECNOLÓGICAS PARA O BRASIL	147
7.1	Municípios com População Inferior a 30.000 Habitantes	150
7.2	Municípios com População entre 30.000 e 250.000 Habitantes	152
7.3	Municípios com População entre 250.000 e 1.000.000 de Habitantes	153
7.4	Municípios com População superior a 1.000.000 de Habitantes	155
8	CONSIDERAÇÕES FINAIS	159
9	REFERÊNCIAS BIBLIOGRÁFICAS	163
10	ANEXOS	171
ANEXO I	– Análise da Legislação Brasileira	172/173
ANEXO II	– Comparativo dos decretos que regulamentam as legislações brasileiras	173/174
ANEXO III	– Principais atores envolvidos na gestão de RSU - Região Norte	175
ANEXO IV	– Perfil institucional da gestão de RSU - Região Norte	176
ANEXO V	– Aspectos financeiros da gestão de RSU - Região Norte	176
ANEXO VI	– Principais atores envolvidos na gestão de RSU - Região Nordeste	177
ANEXO VII	– Principais atores envolvidos na gestão de RSU - Região Centro-Oeste	178
ANEXO VIII	– Principais atores envolvidos na gestão de RSU - Região Sudeste	178
ANEXO IX	– Perfil institucional da gestão de RSU - Região Sudeste	179
ANEXO X	– Aspectos financeiros da gestão de RSU - Região Sudeste	179
ANEXO XI	– Principais atores envolvidos na gestão de RSU - Região Sul	180
ANEXO XII	– Perfil institucional da gestão de RSU - Região Sul	180/181
ANEXO XIII	– Aspectos financeiros da gestão de RSU - Região Sul	181



■ Lista de Figuras

Figura 1 – Abrangência dos estudos realizados no Projeto.	17
Figura 2 – Organograma da rede de pesquisa.	17
Figura 3 – Geração de resíduos por t/ano e a correlação com o PIB anual.	20
Figura 4 – Percentual da população, PIB e geração de resíduos sólidos por região.	21
Figura 5 – Gastos municipais médios com Gerenciamento dos Resíduos Sólidos no Brasil – Período de 2008 a 2011. Fonte: ABRELPE, 2012.	22
Figura 6 – Gastos com serviços de gerenciamento de resíduos sólidos por região e no Brasil. Fonte: ABRELPE, 2012.	23
Figura 7 – Gastos com o gerenciamento de resíduos sólidos em algumas cidades do Mundo, R\$/hab/ano.	23
Figura 8 – Situação da disposição final dos RSU no Brasil, de 1991 a 2011.	24
Figura 9 – Sistema Jurídico-Ambiental de RSU no Brasil.	33
Figura 10 – Deposição de resíduos biodegradáveis em aterros no ano de 2006, comparada com as metas da Diretiva da UE. Fonte: ETC/SCP baseado em dados da Comissão Europeia (2009).	39
Figura 11 – Evolução da geração de resíduos e a deposição em aterros na Europa.	40
Figura 12 – Vista superior da Unidade de Compostagem do Condado de Montgomery, Maryland – EUA (GRS/UFPE, 2012).	50
Figura 13 – Unidade de Compostagem do Condado de Montgomery, Maryland (a) Leiras de compostagem, (b) reviramento mecanizado e (c) comercialização do composto (GRS/UFPE, 2012)	50
Figura 14 – Método natural de aeração que utiliza reviramento mecânico das leiras. (a) Unidade de compostagem de Montgomery e (b) detalhamento do equipamento utilizado (GRS/UFPE, 2012)	51
Figura 15 – Esquema de método acelerado de compostagem (GRS/UFPE, 2012).	52
Figura 16 – Método acelerado de compostagem em reatores rotatórios. Sistema Dano – Riba d’Ave (GRS/UFPE, 2012)	52
Figura 17 – Planta de digestão anaeróbia de resíduos – Unidade Tratolixo – Portugal.	54
Figura 18 – Incinerador de resíduos sólidos.	57
Figura 19 – Planta de incineração de resíduos (Lipor, Portugal).	57
Figura 20 – Esquema ilustrativo de unidade de produção de CDR.	60
Figura 21 – Unidade de CDR.	60
Figura 22 – Unidade de produção de CDR.	61



Figura 23 - Aterro sanitário de resíduos sólidos urbanos (IPT, 2000).	64
Figura 24 - Aterro sanitário em encosta.	65
Figura 25 - Aterro sanitário em valas.	66
Figura 26 - Resíduos urbanos gerados por Estados-membros em 2010 em Kg/habitante.ano.	70
Figura 27 - Origem dos resíduos produzidos na UE-27 no ano de 2008.	71
Figura 28 - Classificação dos resíduos totais gerados na União Europeia no ano de 2008.	71
Figura 29 - Tipo de Tratamento dos resíduos sólidos gerados por Estados-membros em 2010.	73
Figura 30 - Quantidade de resíduos por tipos de tecnologias utilizadas no tratamento de resíduos municipais na Europa, no bloco dos 27 Estados-membros, dentre os anos de 1995 a 2010. (Fonte: Eurostat, 2012).	74
Figura 31 - Geração de RSU total (linha sólida) e per capita (linha tracejada), desde 1960 até 2010.	75
Figura 32 - Composição gravimétrica média dos RSU gerados nos EUA no ano de 2010 (Fonte: US-EPA, 2012).	75
Figura 33 - Evolução do tratamento dos resíduos sólidos urbanos nos EUA. Fonte: USEA, 2012.	77
Figura 34 - Características regionais de tratamento e destinação final de RSU nos Estados Unidos.	77
Figura 35 - Variação da geração dos resíduos no Japão no período de 1985 a 2009.	78
Figura 36 - Composição dos resíduos no Japão no período de 1980 a 2008. Fonte: MOEJ, 2012.	79
Figura 37 - Comparação de tratamento de resíduos sólidos urbanos no Japão durante o ano 2000 a 2008.	80
Figura 38 - Geração per capita de RSU em cada região no Brasil com base nos dados RSU coletados pela ABRELPE (2012).	81
Figura 39 - Composição gravimétrica dos resíduos sólidos urbanos (PNRS, 2011).	82
Figura 40 - Percentual de domicílios particulares permanentes com acesso à coleta de RSU, nos anos de 1992 a 2008. Fonte: IBGE, 2008.	83
Figura 41 - Comparação dos percentuais de reciclagem de Brasil, Europa, Estados Unidos e Japão.	84
Figura 42 - Unidades de Triagem e Compostagem nos município da Região Norte.	87
Figura 43 - Forma de disposição final dos resíduos nos municípios da Região Norte.	88
Figura 44 - Rota tecnológica identificada para a Região Norte.	89
Figura 45 - Destinação final de RSU na Região Nordeste, entre os anos de 1991 a 2011. Fonte: adaptado de Jucá 2004 e ABRELPE 2011 e 2012.	92
Figura 46 - Unidades de Triagem e Compostagem nos municípios da Região Nordeste.	93
Figura 47 - Forma de disposição final dos resíduos nos municípios da Região Nordeste.	94
Figura 48 - Rota tecnológica identificada para a Região Nordeste.	95
Figura 49 - Unidades de Triagem e Compostagem nos municípios da Região Centro-Oeste.	99
Figura 50 - Forma de disposição final dos resíduos nos municípios da Região Centro-Oeste.	100
Figura 51 - Rota tecnológica identificada para a Região Centro-Oeste.	101



Figura 52 – Unidades de Triagem e Compostagem.....	104
Figura 53 – Forma de disposição final dos resíduos nos municípios da Região Sudeste.	106
Figura 54 – Rota tecnológica predominante no Estado de São Paulo.	107
Figura 55 – Rota tecnológica predominante no Estado do Rio de Janeiro.	107
Figura 56 – Rota tecnológica predominante no Estado do Espírito Santo.	108
Figura 57 – Rota tecnológica predominante no Estado de Minas Gerais.	108
Figura 58 – Unidades de Triagem e Compostagem nos municípios da Região Sul.	111
Figura 59 – Forma de disposição final dos resíduos nos municípios da Região Sul.	112
Figura 60 – Rota tecnológica predominante para o Estado do Rio Grande do Sul.	113
Figura 61 – Rota tecnológica predominante no Estado do Paraná.	114
Figura 62 - Fluxograma geral de rotas tecnológicas do Estado de Santa Catarina.	114
Figura 63 – Custos de Implantação de Unidades de Triagem.	119
Figura 64 – Custos Unitários de Operação de Unidades de Triagem.	120
Figura 65 – Custos de Implantação de Unidades de Compostagem.	121
Figura 66 – Custos Unitários de Operação de Unidades de Compostagem.	122
Figura 67 – Custos de Implantação de Aterros Sanitários.	127
Figura 68 – Custos Unitários de Implantação e Operação de Aterros Sanitários.	127
Figura 69 – Evolução da Reciclagem no Brasil.	129
Figura 70 – Evolução da Reciclagem por Tipo de Material.	130
Figura 71 – Preços de Materiais Recicláveis no Brasil.	131
Figura 72 – Evolução do Consumo e Produção de Energia no Brasil (10 ³ tep).	133
Figura 73 – Expansão da Oferta de Energia Elétrica no Período 2015-2030.	134
Figura 74 – Evolução da Tarifa Média de Energia Elétrica (R\$/MWh).	135
Figura 75 – Municípios Brasileiros por Faixa Populacional.	150
Figura 76 – Rota Tecnológica para Municípios com população Inferior a 30.000 Habitantes.	151
Figura 77 – Rota Tecnológica para Municípios com população entre 30.000 e 250.000 Habitantes.	153
Figura 78 – Rota Tecnológica para Municípios com população entre 250.000 e 1.000.000 de Habitantes.	154
Figura 79 – Rota Tecnológica para Municípios com população Superior a 1.000.000 de Habitantes.	156



■ Lista de Quadros

Quadro 1 – Legislação da União Europeia sobre Resíduos Sólidos.	28
Quadro 2 – Legislações sobre resíduos sólidos nos EUA.	29
Quadro 3 – Arranjos institucionais, modelos de gestão e sistemas de incentivos.	30
Quadro 4 – Legislação sobre resíduos sólidos no Japão.	31
Quadro 5 – Comparação entre União Europeia, Estados Unidos e Japão.	32

■ Lista de Tabelas

Tabela 1 · Evolução dos sistemas de tratamento dos resíduos sólidos urbanos.	46
Tabela 2 · Principais tecnologias utilizadas nos EUA.	76
Tabela 3 · Quantidade de RSU coletados por regiões do Brasil.	83
Tabela 4 – População e Geração dos RSU nos Estados da Região Norte.	85
Tabela 5 – Geração e composição dos RSU nos Estados da Região Nordeste.	90
Tabela 6 – População e geração dos RSU nos Estados da Região Centro-Oeste.	96
Tabela 7 – Tecnologias de tratamento e disposição final de RSU na Região Centro-Oeste, por unidade federativa e respectivos municípios ou regiões administrativas.	98
Tabela 8 – População e Geração dos RSU nos Estados da Região Sudeste.	102
Tabela 9 – População, geração e composição dos RSU nos Estados da Região Sul.	109
Tabela 10 – Síntese da Análise de Implantação de Unidades de Digestão Anaeróbia	123
Tabela 11 – Síntese da Análise de Implantação de Unidades de Incineração	125



■ Lista de siglas, abreviaturas e símbolos

- ABES/BA – Associação Brasileira de Engenharia Sanitária e Ambiental, Seção Bahia
- ABES/DF – Associação Brasileira de Engenharia Sanitária e Ambiental, Seção Distrito Federal
- ABES/PB – Associação Brasileira de Engenharia Sanitária e Ambiental, Seção Paraíba
- ABES/PE – Associação Brasileira de Engenharia Sanitária e Ambiental, Seção Pernambuco
- ABES/ES – Associação Brasileira de Engenharia Sanitária e Ambiental, Seção Espírito Santo
- ABES/MG – Associação Brasileira de Engenharia Sanitária e Ambiental, Seção Minas Gerais
- ABES/MS – Associação Brasileira de Engenharia Sanitária e Ambiental, Seção Mato Grosso do Sul
- ABES/MT – Associação Brasileira de Engenharia Sanitária e Ambiental, Seção Mato Grosso
- ABES/PR – Associação Brasileira de Engenharia Sanitária e Ambiental, Seção Paraná
- ABES/RJ – Associação Brasileira de Engenharia Sanitária e Ambiental, Seção Rio de Janeiro
- ABES/RN – Associação Brasileira de Engenharia Sanitária e Ambiental, Seção Rio Grande do Norte
- ABES/RS – Associação Brasileira de Engenharia Sanitária e Ambiental, Seção Rio Grande do Sul
- ABES/SC – Associação Brasileira de Engenharia Sanitária e Ambiental, Seção Santa Catarina
- ABES/SP – Associação Brasileira de Engenharia Sanitária e Ambiental, Seção São Paulo
- ABLP – Associação Brasileira de Resíduos Sólidos e Limpeza Pública
- ABNT – Associação Brasileira de Normas Técnicas
- ABRELPE – Associação Brasileira de Empresas de Limpeza Pública e Resíduos Especiais
- ACFOR – Autarquia de Regulação, Fiscalização e Controle dos Serviços Públicos de Saneamento Ambiental
- ACORDO VERDE – Acordo para Coleta Seletiva de João Pessoa
- ACREVI – Associação Comunitária Reciclando para a VidaAD – Digestão Anaeróbia
- ADASA – Agência Reguladora de Águas, Energia e Saneamento do Distrito Federal
- AGCONP – Associação Gaúcha de Consórcios Públicos
- AGEDR – Agência Estadual de Regulação dos Serviços Públicos Delegados do RS
- AGEFIS – Agência de Fiscalização do Distrito Federal
- AGERGS – Agência Estadual de Regulação dos Serviços Públicos Delegados do RS
- AGESAN – Agência Reguladora de Serviços de Saneamento do Estado de Santa Catarina
- AGM – Associação Gaúcha de Municípios
- AGR – Agência Goiana de Regulação, Controle e Fiscalização de Serviços Públicos
- AMM – Associação Mato Grossense de Municípios
- AMP – Associação dos Municípios do Paraná
- ANAMA – Associação Nacional de Municípios do Centro Oeste
- ANDA – Associação Nacional para Difusão de Adubos
- ARCE – Agência de Regulação do Estado do Ceará
- ARIS – Agência Reguladora Intermunicipal de Saneamento de Santa Catarina
- ARPE – Agência de Regulação de Pernambuco
- ARSBAN – Agência Reguladora de Serviços de Saneamento Básico do Município do Natal
- ASCAJAN – Associação dos Catadores de Jangurussu



- ASCAMAREM – Associação dos Catadores de Materiais Recicláveis de Muriaé
- ASMARE – Associação dos Catadores de Papel, Papelão e Outros
- ASTRAMARE – Associação dos Trabalhadores de Materiais Reciclados
- ATS – Alto Teor de Sólidos
- BNDES – Banco Nacional do Desenvolvimento Econômico e Social
- BTS – Baixo Teor de Sólidos
- CAESB – Companhia de Saneamento Ambiental do Distrito Federal
- CATAMAIS – Cooperativa Catamais
- CAVO – Companhia Auxiliar de Viação e Obras
- CDR – Combustível Derivado de Resíduos
- CE – Conselho da União Europeia
- CEE – Comunidade Econômica Europeia
- CEMPRE – Compromisso Empresarial da Reciclagem
- CEMPRE/IPT – Compromisso Empresarial para Reciclagem/Instituto de Pesquisas Tecnológicas
- CETESB – Companhia de Tecnologia de Saneamento Básico
- COCACE – Cooperativa dos Caçambeiros Autônomos do Ceará
- Codevasf – Companhia de Desenvolvimento dos vales do São Francisco e do Parnaíba
- COMPAM – Conselho Municipal de Meio Ambiente
- COMSUL – Consórcio Público dos Municípios da Mata Sul
- CONAMA – Conselho Nacional do Meio Ambiente
- CONDER – Companhia de Desenvolvimento Urbano do Estado da Bahia
- CONESAN – Conselho Estadual de Saneamento de São Paulo
- CONSEMA – Conselho Estadual de Meio Ambiente
- COOCAMAR – Cooperativa de Catadores de Materiais Recicláveis e Desenvolvimento Sustentável-RN
- COOPAGRES – Cooperativa de Catadores de Material Reciclável da Cidade de Natal
- COOPBARIRI – Cooperativa do Bari
- COOPCICLA – Cooperativa de Catadores de Material Reciclável da Cidade de Natal
- COOPERBRAV – Cooperativa dos Recicladores da Unidade de Canabrava
- COTRRAMARE – Cooperativa de Trabalhadores de Materiais Recicláveis Campina Grande
- COVISA-NATAL – Coordenadoria da Vigilância Sanitária
- CPRH – Companhia Pernambucana de Recursos Hídricos
- CREA/GO – Conselho Regional de Engenharia e Agronomia de Goiás
- CREA/MT – Conselho Regional de Engenharia e Agronomia de Mato Grosso
- CTR Candeias – Centro de Tratamento de Resíduos de Candeias
- CTR PE – Centro de Tratamento de Resíduos de Pernambuco
- DA – Digestão Anaeróbia
- DBO – Demanda Bioquímica de Oxigênio
- ECOSAM – Consultoria em Saneamento Ambiental LTDA
- EMATER – Empresa de Assistência Técnica e Extensão Rural
- EMLURB – Empresa Municipal de Limpeza Urbana
- EMLUR – Autarquia Especial Municipal de Limpeza Urbana



- EPA – Environmental Protection Agency
- ESTRE – Estre Ambiental Ltda
- ESWET – European Suppliers of Waste to Energy Suppliers
- EUA – Estados Unidos da América
- FAMURS – Federação das Associações de Municípios do Rio Grande do Sul
- FATMA – Fundação do Meio Ambiente
- FBB – Fundação Banco do Brasil
- FEAM – Fundação Estadual de Meio Ambiente
- FECAM – Federação Catarinense de Municípios
- FEPAM – Fundação Estadual de Proteção Ambiental
- FUNASA – Fundação Nacional de Saúde
- FURG – Universidade Federal do Rio Grande
- GEE – Gases de Efeito Estufa na Atmosfera
- GRS – Gerenciamento dos Resíduos Sólidos
- GRS/UFPE – Grupo de Resíduos Sólidos da Universidade Federal de Pernambuco
- HSWA – Hazard Ousand Solid Waste Amendments
- IAP – Instituto Ambiental do Estado do Paraná
- IBAMA – Instituto Brasileiro do Meio Ambiente e dos Recursos Naturais Renováveis
- IBGE – Instituto Brasileiro de Geografia e Estatística
- IBRAM – Instituto Brasileiro de Mineração
- ICMS – Imposto sobre Circulação de Mercadorias e Prestação de Serviços
- IDEMA – Instituto de Desenvolvimento Sustentável e Meio Ambiente
- IDH – Índice de Desenvolvimento Humano
- IEMA – Instituto Estadual de Meio Ambiente e Recursos Hídricos
- IMASUL – Instituto de Meio Ambiente do Mato Grosso do Sul
- IN – Instrução Normativa
- INEA – Instituto Estadual do Ambiente
- INEMA – Instituto de Meio Ambiente e Recursos Hídricos
- IPEA – Instituto de Pesquisas Econômicas Aplicadas
- IPTU – Imposto sobre a Propriedade Predial e Territorial Urbana
- IPT – Instituto de Pesquisas Tecnológicas
- JEA – Agência Ambiental Japonesa
- LIMPURB – Empresa de Limpeza Urbana de Salvador
- LPCP – Lei da Política de Consórcios Públicos
- LPNSB – Lei da Política Nacional de Saneamento Básico
- LPNRS – Lei da Política Nacional de Resíduos Sólidos
- MAPA – Ministério da Agricultura, Pecuária e Abastecimento
- MBT – Tratamentos Mecânicos-Biológicos
- MCI – Motores de Combustão Interna
- MDL – Mecanismo de Desenvolvimento Limpo
- METROPLAN – Fundação Estadual de Planejamento Metropolitano e Regional



- MIT – Massachusetts Institute of Technology
- MNCR-GO – Movimento Nacional de Catadores de Materiais Recicláveis de Goiás
- MMA – Ministério do Meio Ambiente
- MME – Ministério de Minas e Energia
- MP/BA – Ministério Público do Estado da Bahia
- MP/ES – Ministério Público do Estado do Espírito Santo
- MP/GO – Ministério Público do Estado de Goiás
- MP/MG – Ministério Público do Estado de Minas Gerais
- MP/MS – Ministério Público do Estado de Mato Grosso do Sul
- MP/MT – Ministério Público do Estado de Mato Grosso
- MP/PB – Ministério Público do Estado da Paraíba
- MP/PE – Ministério Público do Estado de Pernambuco
- MP/PR – Ministério Público do Estado do Paraná
- MP/RJ – Ministério Público do Estado do Rio de Janeiro
- MP/RN – Ministério Público do Estado do Rio Grande do Norte
- MP/RS – Ministério Público do Estado Rio Grande do Sul
- MP/SC – Ministério Público do Estado de Santa Catarina
- MP/SP – Ministério Público do Estado de São Paulo
- NBR – Norma Brasileira Registrada
- ONG – Organização Não Governamental
- PCI – Poder Calorífico Inferior
- PIB – Produto Interno Bruto
- PMGRS – Plano Municipal de Gestão de Resíduos Sólidos
- PNRS – Política Nacional de Resíduos Sólidos
- PNSB – Plano Nacional de Saneamento Básico
- PNS – Política Nacional de Saneamento
- PPP – Parcerias Público-Privadas
- PROMATA – Programa de Apoio ao Desenvolvimento Sustentável da Zona da Mata de Pernambuco
- PRORECIFE – Cooperativa Pro Recife
- PUCRS – Pontifícia Universidade Católica do Rio Grande do Sul
- PWC – Price Waterhouse Coopers
- RCD – Resíduos da Construção e Demolição
- RCRA – Resource Conservation and Recovery Act
- RDF – Refuse Derived Fuel
- RI – Resíduos Industriais
- RSU – Resíduos Sólidos Urbanos
- RSS – Resíduos de Serviços de Saúde
- SDS – Secretaria de Desenvolvimento Sustentável
- SEA – Secretaria do Estado do Ambiente
- SEAMA – Secretaria de Estado de Meio Ambiente
- SEBRAE/ES – Serviço Brasileiro de Apoio às Micro e Pequenas Empresas do Estado do Espírito Santo



- SEBRAE/MG – Serviço Brasileiro de Apoio às Micro e Pequenas Empresas do Estado de Minas Gerais
- SEBRAE/RJ – Serviço Brasileiro de Apoio às Micro e Pequenas Empresas do Estado do Rio de Janeiro
- SEBRAE/SP – Serviço Brasileiro de Apoio às Micro e Pequenas Empresas do Estado de São Paulo
- SECID – Secretaria das Cidades
- SECIDADES – Secretaria das Cidades
- SEDETEMA – Secretaria Municipal do Desenvolvimento Territorial e Ambiental
- SEDUR – Secretaria de Desenvolvimento Urbano
- SEHADUR – Secretaria da Habitação de Saneamento do Rio Grande do Sul
- SELUR – Sindicato das Empresas de Limpeza Urbana no Estado de São Paulo
- SEMA – Secretaria Especial de Meio Ambiente
- SEMAC – Secretaria de Estado de Meio Ambiente, do Planejamento, da Ciência e Tecnologia
- SEMACE – Superintendência Estadual de Meio Ambiente do Estado do Ceará
- SEMAD – Secretaria de Estado de Meio Ambiente e Desenvolvimento Sustentável
- SEMARH – Secretaria de Meio Ambiente e Recursos Hídricos do Estado da Paraíba
- SEPLAG – Secretaria do Planejamento e Gestão do Estado do Ceará
- SESUTRA – Secretaria de Serviços Urbanos de Mossoró
- SESWET – European Suppliers of Waste to Energy Suppliers
- SIL – Soluções Ambientais Ltda
- SINISA – Sistema Nacional de Informações em Saneamento Básico
- SLU – Serviços de Limpeza Urbana
- SLU/DF – Superintendência de Limpeza Urbana do Distrito Federal
- SMA – Secretaria de Meio Ambiente
- SMC – Material Ciclo Society
- SNAS – Secretaria Nacional de Saneamento Ambiental
- SNIS – Sistema Nacional de Informações de Saneamento
- SUDEMA – Superintendência de Desenvolvimento de Meio Ambiente
- TBM – Tratamento Mecânico Biológico
- TS – Sólidos Totais
- TUSD – Tarifa de Uso do Sistema de Distribuição – Aneel
- TUST – Tarifa de Uso do Sistema de Transmissão
- UCS – Universidade de Caxias do Sul
- UE – União Europeia
- UE-27 – União Europeia
- UFRGS – Universidade Federal do Rio Grande do Sul
- UPF – Universidade de Passo Fundo
- URE – Usinas de Recuperação de Energia
- URBANA – Companhia de Serviços Urbanos de Natal
- US-EPA – Agência de Proteção Ambiental Norte-Americana
- VEGA – Vega Engenharia Ambiental Ltda
- WTR – Waste to Resources
- WTE – Waste to Energy
- WWF – World Wildlife Fund







1

Introdução



Esta publicação apresenta uma síntese de informações e conhecimentos produzidos no projeto de pesquisa intitulado “Análise das Diversas Tecnologias de Tratamento e Disposição Final de Resíduos Sólidos Urbanos no Brasil, Europa, Estados Unidos e Japão”, financiada pelo Banco Nacional de Desenvolvimento Econômico e Social – BNDES, e executada pelo Grupo de Resíduos Sólidos da Universidade Federal de Pernambuco (GRS/UFPE), por meio da Fundação de Apoio ao Desenvolvimento da Universidade Federal de Pernambuco – FADE.

O projeto tem como objetivo estratégico a avaliação de diferentes tecnologias de tratamento e disposição final dos resíduos sólidos urbanos (RSU), empregadas no Brasil, Europa, Estados Unidos e Japão, visando determinar a viabilidade de aplicação nas regiões brasileiras, considerando suas especificidades socioeconômicas e ambientais. Para tanto, foram analisadas as políticas públicas, os perfis institucionais e os quadros legais adotados nos diferentes países e no Brasil, além da realização de um levantamento sobre as principais tecnologias de tratamento e rotas tecnológicas para destinação dos RSU. Com base nas informações obtidas nessas pesquisas, analisaram-se as dimensões técnica, econômica e ambiental das tecnologias estudadas (triagem, reciclagem, compostagem, digestão anaeróbia, incineração e aterros sanitários) no que se refere à aplicabilidade e sustentabilidade, bem como se verificou a possibilidade de associar tais tecnologias a arranjos institucionais a serem adotados no Brasil.

Para alcançar os objetivos propostos, foi estabelecida uma rede composta por 62 pesquisadores nacionais e internacionais, distribuídos nas cinco regiões do Brasil e em Portugal, Espanha, Suíça, Grécia, Estados Unidos e Japão, países onde foram realizadas visitas técnicas, conforme indicados na Figura 1.

As principais premissas estabelecidas neste projeto de pesquisa foram as seguintes:

- (a) conhecer as experiências internacionais na gestão de RSU, analisando o poder e a influência dos instrumentos legais na adoção de práticas, tecnologias e rotas tecnológicas de tratamento e disposição final de RSU;
- (b) analisar a situação atual da gestão de RSU no Brasil, considerando as diferenças regionais (econômicas, sociais e ambientais) e os marcos regulatórios existentes.
- (c) promover uma ampla discussão sobre o tema por meio da realização de seminários, divulgação em mídia impressa, digital, audiovisual, bem como em eventos nacionais e internacionais.

Com base nessas premissas, os pesquisadores do projeto desenvolveram instrumentos para auxiliar na análise e escolha de tecnologias, rotas tecnológicas e arranjos institucionais (ou conjunto destes) envolvidos na gestão de RSU em cada região do Brasil, considerando quatro critérios: (i) distribuição da população; (ii) custos econômicos e financeiros; (iii) geração de emprego e renda; e (iv) aspectos ambientais.



MAPA DA ABRANGÊNCIA DOS ESTUDOS REALIZADOS NO PROJETO

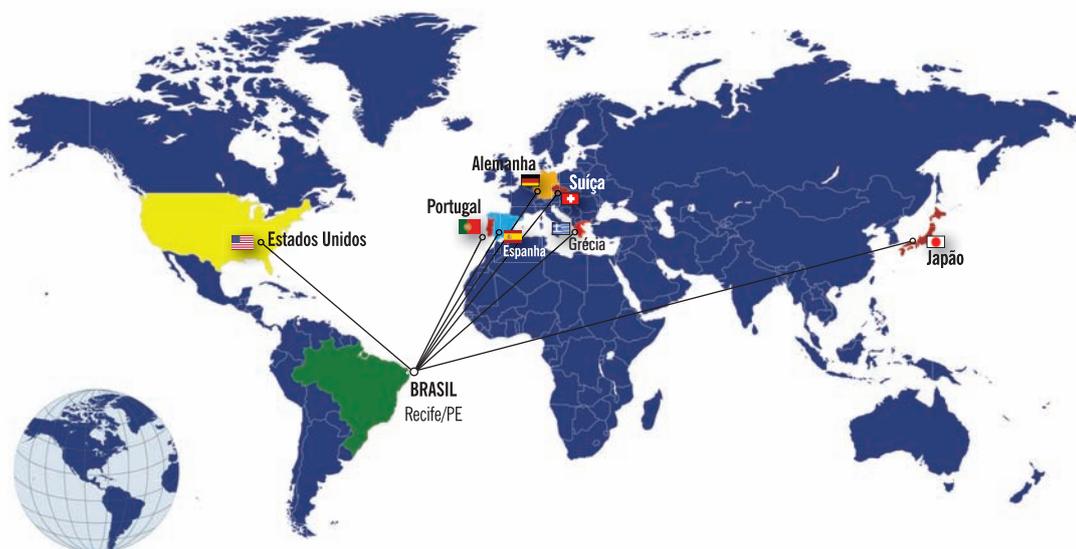


Figura 1 – Abrangência dos estudos realizados no Projeto.

A equipe de pesquisa foi dividida em diferentes núcleos de trabalho de forma a otimizar a gestão e desenvolvimento da pesquisa, conforme apresentado no organograma da rede de pesquisa, definido na Figura 2. À coordenação geral foram interligadas várias coordenações temáticas, núcleos técnicos no Brasil (um por região geográfica) e um núcleo internacional que agregou os pesquisadores da Europa, Estados Unidos e Japão.



Figura 2 – Organograma da rede de pesquisa.

Os resultados do projeto foram apresentados em forma de produtos estruturados em relatórios, os quais continham as informações e análises detalhadas das pesquisas realizadas pelos núcleos regionais e internacionais, e pelas coordenações temáticas. Em seguida, tais



informações e análises eram conformadas pela coordenação geral do projeto, resultando em relatórios preliminares. Esses relatórios preliminares eram enviados a todos os pesquisadores por meio digital e as discussões ocorriam em formato virtual ou presencial, por intermédio da realização de seminários, com o objetivo de consolidar as informações, subsidiando a conformação dos relatórios finais. Assim, foram realizados cinco seminários nacionais, com a participação dos pesquisadores internacionais em dois eventos, e cinco seminários regionais (um em cada região do Brasil), para discussão e consolidação dos relatórios, da metodologia e dos dados utilizados na pesquisa. Esses seminários também permitiram a participação e contribuição da sociedade, de formadores de opinião, de empresários do setor e de representantes dos governos federal, estadual e municipal, envolvidos com a problemática dos resíduos.

Para facilitar a compreensão e leitura, este documento está estruturado em 9 capítulos: o **Capítulo 1** apresenta uma introdução do projeto e a metodologia adotada na pesquisa; o **Capítulo 2** apresenta os aspectos motivacionais e a justificativa para a realização da pesquisa, destacando a problemática da gestão, tratamento e destinação de RSU no Brasil. O **Capítulo 3** abrange as principais políticas públicas e arranjos institucionais existentes no exterior (Europa, Estados Unidos e Japão) e no Brasil, seguidos de uma análise comparativa entre os modelos internacionais de gestão de RSU adotados, indicando as diferenças e similaridades entre eles e a influência das políticas públicas no tratamento dos RSU no exterior. O **Capítulo 4** apresenta as principais tecnologias utilizadas para o tratamento de RSU, considerando seus aspectos tecnológicos, vantagens e desvantagens. O **Capítulo 5** apresenta uma síntese do tratamento e disposição final dos RSU nos Estados Unidos, Europa, Japão e Brasil, destacando a quantidade e composição dos resíduos e indicando as principais tecnologias de tratamento adotadas. O **Capítulo 6** apresenta uma síntese da análise técnica, socioeconômica e ambiental das alternativas tecnológicas para o tratamento dos RSU no Brasil. O **Capítulo 7** apresenta propostas de arranjos institucionais e de rotas tecnológicas para o Brasil, enfatizando a aplicabilidade e a sustentabilidade das tecnologias estudadas, bem como os arranjos institucionais possíveis (solução isolada e solução consorciada), subsidiando os resultados conclusivos da pesquisa. Por último, o **Capítulo 8** apresenta as considerações finais e o **Capítulo 9** contempla as referências bibliográficas utilizadas nesta pesquisa.





2

Contexto geral dos resíduos sólidos urbanos no Brasil



A quantidade de resíduos gerados em um país está correlacionada à evolução de sua população, ao nível de urbanização, ao poder de compra dos habitantes, entre muitos outros fatores. O Brasil possui uma área total de 8.514.876,599 km² e é o 5º maior país em extensão territorial do mundo, com uma população total de 201.032.714 habitantes no ano de 2013 (IBGE, 2013), dos quais cerca de 85% correspondem à população urbana.

A economia do país tem apresentado uma crescente evolução ao longo dos anos, o que fez o Brasil alcançar o posto de 6ª economia mundial. Neste sentido, observa-se que na última década (2001 a 2010) o PIB teve um crescimento médio anual de 3,6% e o PIB per capita registrou crescimento anual médio de 2,4%, indicando um maior poder de compra da população. No período de 2000 a 2010, a taxa média de crescimento populacional foi de 1,17% ao ano, resultando em um incremento de 12,3% nessa década (IBGE, 2010). Durante esse mesmo período, a produção de resíduos sólidos urbanos (RSU) evoluiu de 125.258 toneladas/dia para 195.090 toneladas/dia (JUCÁ, 2004 e ABRELPE, 2012), representando um aumento de aproximadamente 35,7%. Essa variação indica que a geração de resíduos não está relacionada apenas ao número de habitantes, mas envolve, também, outros fatores como o desenvolvimento econômico. O aumento na geração de RSU pela população tem sido discutido pela sociedade em diversos aspectos, principalmente naqueles que afetam a sua qualidade de vida. Apesar disso, a gestão dos resíduos sólidos, considerada um dos setores básicos do saneamento, ainda não tem recebido a devida atenção por parte dos gestores públicos, resultando assim nos atuais grandes problemas de cunho social, ambiental, econômico e de saúde.

A aludida relação entre a geração de RSU e as questões econômicas do país está ilustrada na Figura 3. É possível observar que o nível de aumento da geração de resíduos acompanha o ritmo de crescimento do PIB. Um aumento/diminuição no PIB implica uma movimentação semelhante da quantidade de RSU gerados. A relação entre a geração dos resíduos sólidos e a evolução da economia é um fato também constatado em regiões, estados e municípios do Brasil.

GERAÇÃO DE RESÍDUOS POR T/ANO E A CORRELAÇÃO COM O PIB ANUAL



Figura 3 - Geração de resíduos por t/ano e a correlação com o PIB anual.

Fonte: Jucá, 2012. Dados obtidos de Panorama dos Resíduos Sólidos no Brasil 2012 – ABRELPE e de PIB – Instituto Brasileiro de Geografia e Estatística – IBGE.



Na Figura 4 são apresentados os percentuais de geração de resíduos, população e PIB das regiões do País. A Região Sudeste é a mais populosa (contém 42% da população nacional), concentra mais de 50% do PIB e é responsável pela geração de aproximadamente 50% dos resíduos sólidos no país. A Região Nordeste é a segunda maior geradora de resíduos do país, parecendo este volume apresentar uma forte correlação com a quantidade de habitantes da região. A Região Sul, conhecida pelos programas de reciclagem e coleta seletiva mais eficientes do país, apresenta baixo percentual de geração de resíduos em relação tanto à população quanto ao PIB da região.

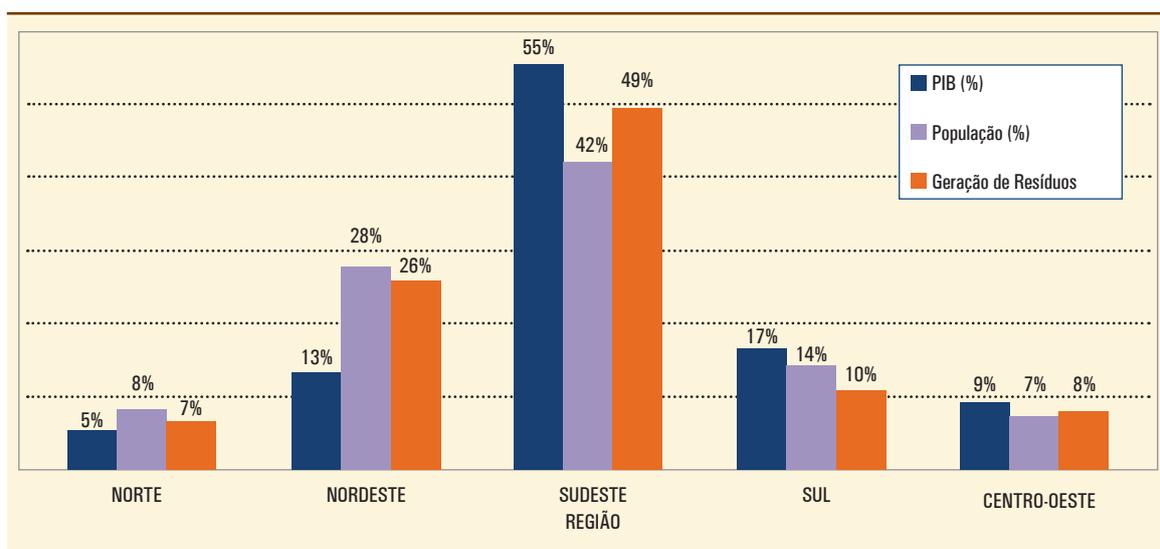


Figura 4 - Percentual da população, PIB e geração de resíduos sólidos por região.
Fonte: IBGE (2010)

Neste sentido, é importante salientar que a geração dos resíduos e, conseqüentemente, seu tratamento e disposição final estão relacionados não apenas à população ou PIB de uma região, estado ou município, mas também à gestão e ao gerenciamento dos resíduos pelo poder municipal, que é capaz de implementar ações que incentivem a redução de resíduos ou o aproveitamento de resíduos.

O conceito de gestão de RSU é muitas vezes confundido com gerenciamento e é usualmente empregado quando se pretende abranger os aspectos políticos, institucionais, administrativos, operacionais, financeiros, sociais e ambientais, envolvidos direta ou indiretamente com os resíduos. De forma geral, no Brasil, a Gestão dos RSU tem sido proposta em esferas maiores, como pelos estados ou Governo Federal, apesar de existirem algumas propostas municipais. Já o gerenciamento dos RSU tem uma abrangência mais específica (local), ficando a cargo das municipalidades¹.

O gerenciamento refere-se a um conjunto articulado de ações normativas, operacionais, financeiras e de planejamento que uma administração desenvolve, apoiada em critérios sanitários, ambientais e econômicos, para coletar, tratar e dispor os RSU de um município (LIMA, 2001).

1. A responsabilidade das instituições públicas no âmbito nacional, estadual e municipal, está definida na Constituição Federal.



Ou seja, gerenciar significa acompanhar de forma criteriosa todo o ciclo dos resíduos, da geração à disposição final, empregando as técnicas e tecnologias mais compatíveis com a realidade local, promovendo condições adequadas para um destino final ambientalmente seguro, tanto no presente como no futuro. Em síntese, é o conjunto de ações técnico-operacionais que visam implementar, orientar, coordenar, controlar e fiscalizar os objetivos estabelecidos na gestão.

O gerenciamento dos RSU constitui responsabilidade da administração municipal e envolve uma sequência de atividades que auxiliam a melhoria do sistema de limpeza urbana, abrangendo a redução, reutilização e reciclagem (3 R); o acondicionamento; a coleta e transporte dos resíduos; a limpeza dos logradouros; o tratamento (compostagem, reciclagem, digestão anaeróbia, incineração, etc.) e a disposição final (aterros sanitários).

Os aspectos econômicos do gerenciamento e da gestão de RSU gerados no país estão apresentados na Figura 5 que incluem despesas com coleta, transporte, tratamento e disposição final dos RSU no Brasil, de 2008 a 2011, e indica um aumento de aproximadamente 5% dos gastos no período considerado.

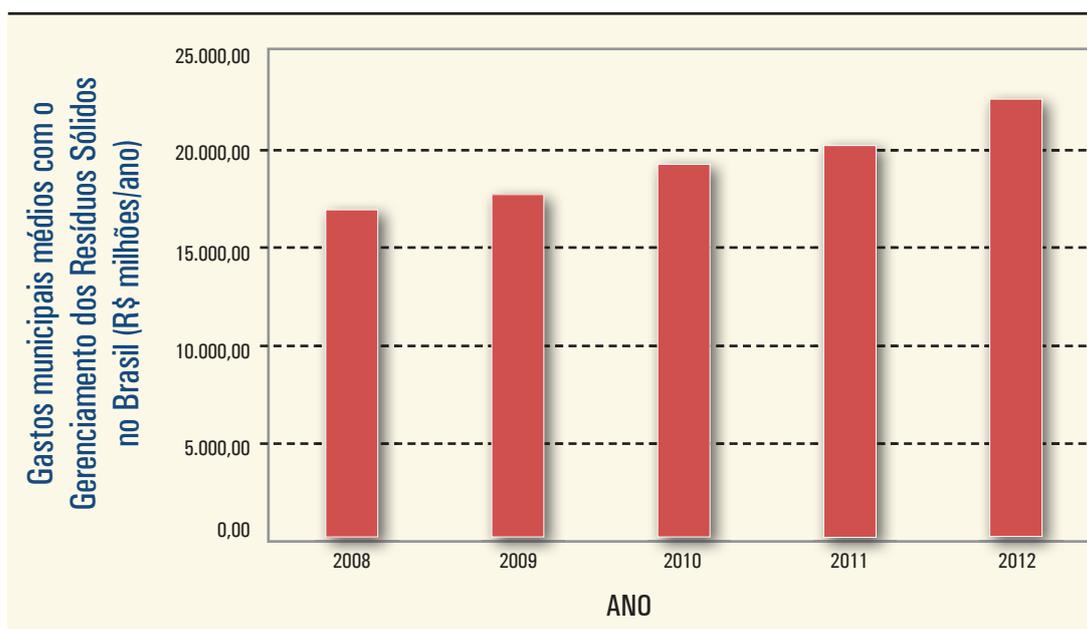


Figura 5 – Gastos municipais médios com Gerenciamento dos Resíduos Sólidos no Brasil – Período de 2008 a 2011.
Fonte: ABRELPE, 2012.

O gasto médio por habitante com gerenciamento de resíduos sólidos no Brasil é de R\$ 10,87/hab./mês; o maior índice é identificado na Região Sudeste (R\$ 11,95/hab./mês) e o menor na Região Centro-Oeste, que apresentou um valor médio de R\$ 7,86/hab./mês (ABRELPE, 2012). A evolução dos gastos médios de gerenciamento de resíduos sólidos por região do País é apresentada na Figura 6 e indica um aumento médio nacional em torno de 14%, ao longo dos quatro anos avaliados. Observa-se também que as Regiões Nordeste e Sudeste foram as que mais aumentaram seus gastos, em 17,3% e 14,3%, respectivamente, enquanto as Regiões Centro-Oeste e Sul exibiram os menores aumentos dos custos, 10,2% e 8,2%, respectivamente.



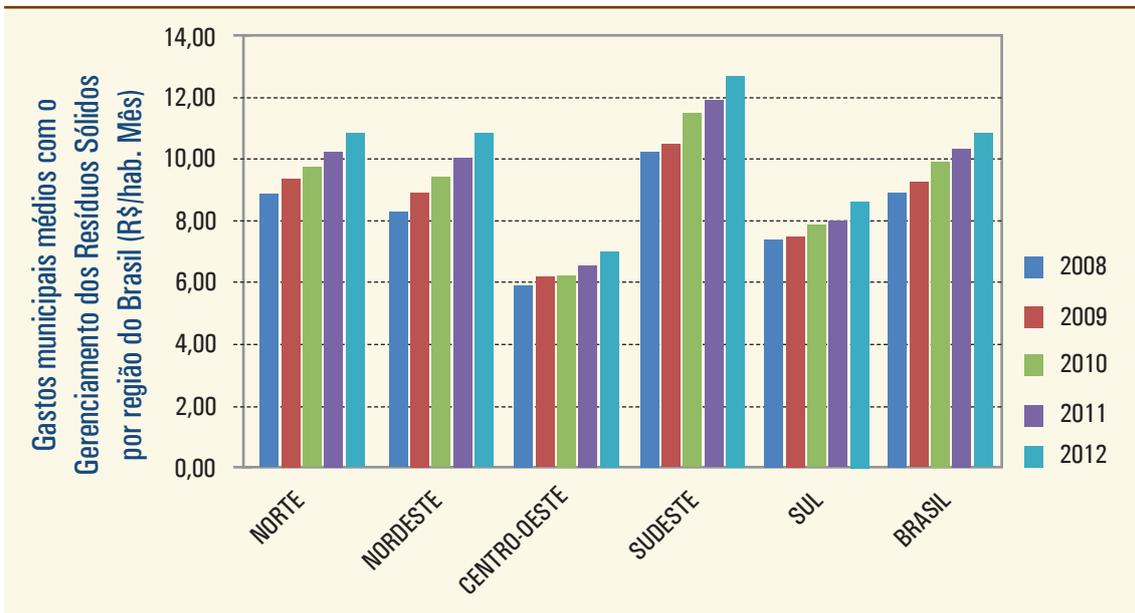


Figura 6 – Gastos com serviços de gerenciamento de resíduos sólidos por região e no Brasil.
Fonte: ABRELPE, 2012.

Na Figura 7 são apresentados os gastos per capita com o gerenciamento de resíduos sólidos em algumas importantes cidades do mundo, que incluem investimentos realizados para a prestação dos serviços de Gestão de Resíduos Sólidos em todas as suas etapas operacionais, englobando a coleta, transporte, transbordo, tratamento e disposição final ambientalmente adequada, e que aponta uma média internacional de R\$ 429,78/hab./ano e uma média brasileira de R\$ 88,01/hab./ano, conforme os estudos realizados pela *Price Waterhouse Coopers* – PWC, pelo SELUR e ABLP. Este baixo valor observado no Brasil se deve aos sistemas adotados para coleta indiferenciada e tratamento de resíduos em aterros, que reduzem os gastos operacionais, mas comprometem a possibilidade de separação e alternativas de tratamento dos resíduos. Este fato prejudica a aplicação da PNRS que prevê a segregação dos resíduos e a máxima recuperação de materiais e energia.

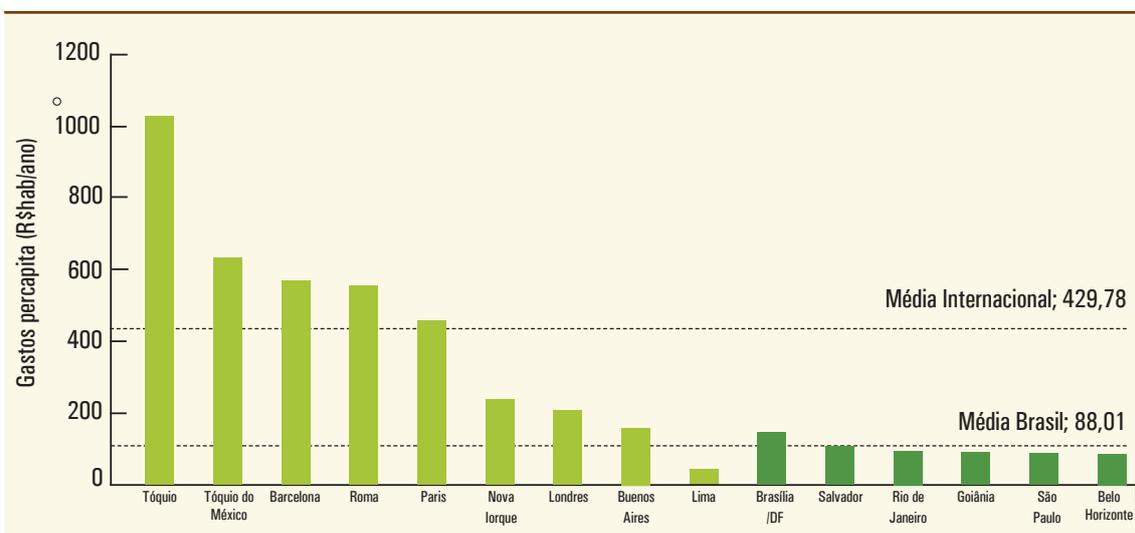


Figura 7 – Gastos com o gerenciamento de resíduos sólidos em algumas cidades do Mundo, R\$/hab/ano.
Fonte: Gestão da Limpeza Urbana – Um investimento para o futuro das cidades, 2011.



Esse cenário de escassez de recursos e de baixo investimento no setor é um dos atuais desafios dos atores envolvidos no sistema e nos três níveis de governo, que buscam formas alternativas na iniciativa privada para introduzir inovações tecnológicas que venham melhorar os sistemas de gestão de limpeza urbana, especialmente os sistemas de tratamento de RSU no Brasil.

Com o lançamento da Política Nacional de Resíduos Sólidos (PNRS), estabelecida na Lei 12.305/2010, surgiu uma legislação mais moderna e direcionada para a gestão de RSU no País, a qual aborda novos conceitos, como, acordo setorial, logística reversa, sustentabilidade operacional e financeira, integração dos catadores de recicláveis, padrões sustentáveis de produção e consumo. Tais conceitos envolvem o objetivo maior da proteção à saúde pública, da qualidade ambiental sustentável e, principalmente, da disposição final ambientalmente adequada, o que poderá alavancar uma mudança no atual cenário. É possível observar, por exemplo, que, gradualmente, a quantidade de resíduos dispostos corretamente no país tem aumentado. No Brasil predomina o uso de uma única técnica de tratamento e disposição final, o aterro sanitário. A adoção de outras tecnologias, tais como compostagem, reciclagem e incineração, não são identificadas no gráfico apresentado na Figura 8 que expõe a evolução da disposição final dos resíduos sólidos no Brasil, no período de 1991 a 2012.

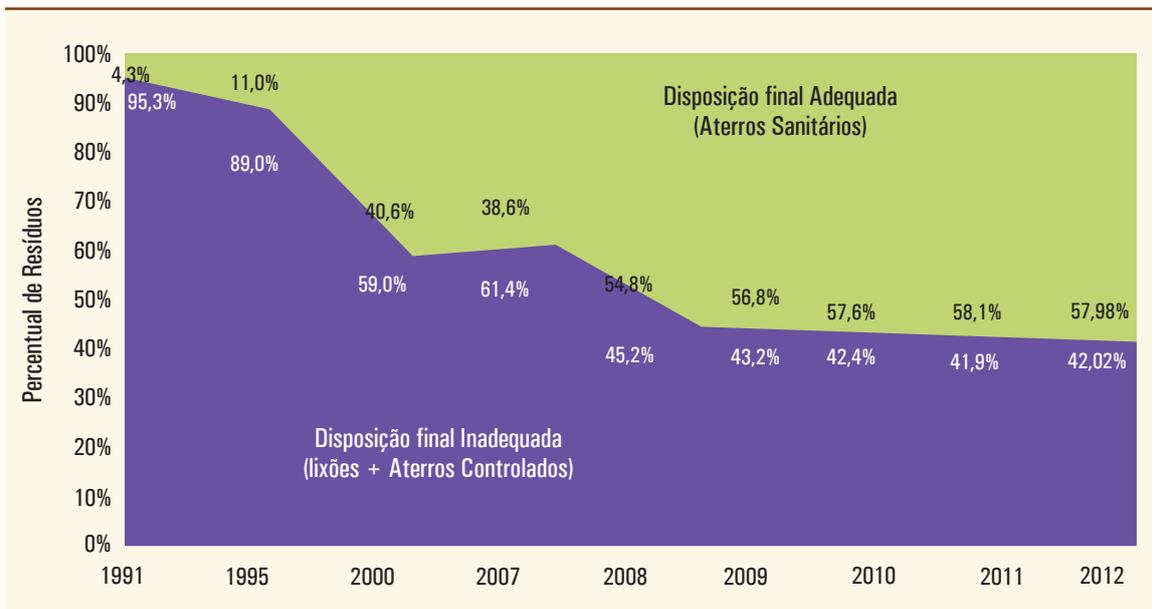


Figura 8 – Situação da disposição final dos RSU no Brasil, de 1991 a 2011.
Fonte: adaptado de JUCA, 2004 e ABRELPE, 2012.

Porém, apenas a existência de legislações no país não é suficiente para que ocorram efetivas mudanças nos sistemas de gestão de RSU dos municípios. Neste sentido, estão apresentados no Capítulo 3 os principais aspectos de políticas públicas e institucionais considerados relevantes na área de RSU, tomando como base as experiências na Europa, Estados Unidos e Japão e a situação atual do Brasil. A compreensão desses aspectos viabiliza a análise dos arranjos institucionais em vigor e a influência do planejamento na gestão de RSU no Brasil e no exterior, dada a percepção da sociedade de que as políticas públicas podem influenciar na implantação de um novo modelo de gestão dos RSU.





3

Políticas públicas e arranjos institucionais



O conceito de políticas públicas centra-se basicamente em três elementos: (i) na utilização de meios ou de instrumentos legais; (ii) na busca por metas, objetivos ou fins, e (iii) na temporalidade. Segundo Bucci (2002), as políticas públicas tratam da “coordenação dos meios à disposição do Estado, harmonizando as atividades estatais e privadas para a realização de objetivos socialmente (ou economicamente) relevantes e politicamente determinados”.

Falar em gestão e em políticas públicas é admitir que ambas compreendem as decisões de governo em diversas áreas que influenciam a vida de um conjunto de cidadãos. Ou seja, são os atos que o governo pratica ou não e os efeitos que tais ações (ou a sua ausência) provocam na sociedade.

No contexto desta pesquisa, esses aspectos assumiram grande relevância para se compreender como as políticas públicas voltadas para o tratamento e disposição final dos RSU tiveram uma grande interferência na solução dos problemas e conduziram a uma gestão mais adequada dos resíduos em alguns países. Neste sentido apresentam-se, a seguir, as políticas públicas na Europa, Estados Unidos e Japão, de forma a trazer informações, compreensão e subsídios para uma correta implantação de políticas públicas relacionada aos RSU no Brasil.

Para a análise das políticas públicas internacionais e nacionais foram tomadas como base três dimensões: (i) arranjos institucionais; (ii) modelos de gestão, e (iii) sistemas de incentivo dentro das legislações.

A primeira dimensão diz respeito às possibilidades de conexão entre os atores do processo, especialmente os entes federativos, as empresas e a sociedade civil. A segunda dimensão concentra-se na análise das perspectivas de gestão dos resíduos e suas indicações na legislação. A terceira dimensão é pautada nos sistemas de incentivo apresentados na legislação, notadamente, em sua regulamentação por meio de decretos. O termo *sistema de incentivo*, usado nesse texto, se refere aos dispositivos que, colocados dentro da legislação, fazem que os atores envolvidos adotem, preferencialmente, determinados comportamentos.

3.1. Políticas Públicas no Exterior

A legislação internacional relacionada aos RSU tem estruturas institucionais legislativas diferentes, notadamente quando se trata das diretrizes aplicadas na União Europeia (UE), nos Estados Unidos da América (EUA) e no Japão. Porém, quando tais políticas são analisadas e os seus aspectos mais técnicos são considerados, encontram-se mais semelhanças do que diferenças. O modelo aplicado pelos Estados Unidos da América está baseado no funcionamento de uma agência reguladora regida por legislação federal, a *Environmental Protection Agency* (EPA). Já a União Europeia (UE) é ancorada em “diretivas” que, apesar de compulsórias, têm a sua implementação e sanção institucionalizada em cada país membro. O Japão, por sua vez, tem uma legislação federal que aplica uma regra a todos os municípios.

Entretanto, de uma forma geral, a legislação internacional relativa a RSU, se encaminha para um mesmo marco institucional baseado na implantação de estímulos seletivos que inibem tanto a capacidade de geração, por meio da promoção da redução, quanto o mau gerenciamento do volume gerado dos resíduos sólidos.



3.1.1 União Europeia

Na União Europeia, uma das características mais relevantes é que a adoção de políticas públicas conjuntas é facilitada pela legislação definida para todos os Estados-membros, desta forma, o que for decidido tem de ser implantado por todos. Dentro desse arcabouço jurídico, existem três tipos de decisão de caráter geral: os regulamentos, as diretivas e as recomendações. Os regulamentos são obrigatórios em todos os seus elementos e diretamente aplicáveis a todos os Estados-membros, isto é, não precisam ser incorporados ao direito nacional como lei e são imperativos quanto aos meios e fins a atingir. Já as diretivas são atos legislativos que fixam objetivos obrigatórios, mas cada Estado-membro escolhe a forma e os meios para a sua implementação e tem para isso um prazo determinado. Para tanto, o Estado-membro precisa explicitar na sua própria legislação como se dará a concretização da diretiva. As recomendações são não vinculativas e se limitam a sugestões de linhas de conduta sem imposição de obrigatoriedade aos destinatários.

A gestão de RSU na UE é baseada em Diretivas. Esse instrumento é, assim, essencial para a execução das políticas de resíduos sólidos. É interessante destacar que a adoção de diretivas poupa as instituições da UE de se atermem a muitos detalhes e permite uma melhor adaptação da norma comunitária ao direito interno de cada Estado-membro (D'ARCY, 2002). No âmbito do processo de decisão da UE, são estabelecidos objetivos e um prazo para o seu cumprimento, e cada Estado-membro incorpora esse objetivo da forma que achar mais conveniente.

O prazo de cumprimento dos objetivos, que é geralmente estabelecido por cada diretiva, posteriormente, é monitorado pela Comissão Europeia, instituição responsável pelo controle da aplicação dessas normas. Todavia, uma crítica que hoje se faz ao sistema europeu é que, apesar do grau de integração, não há um sistema punitivo efetivo aos Estados-membros que não cumpram determinadas regulações. Os tratados até determinam que o Conselho da União Europeia possa punir um Estado que não cumpra a Diretiva, contudo, não deixa claro como isso deve ser feito.

Dessa forma, é difícil estabelecer o sistema de estímulos seletivos para o bloco como um todo e o modelo de gestão de cada diretiva de maneira específica, uma vez que, na prática, o arranjo institucional da UE permite que cada Estado-membro adote o de maior relevância para a sua realidade. No que se refere aos resíduos sólidos urbanos, a cada três anos os Estados-membros elaboram um relatório sobre a situação da disposição final dos resíduos nos respectivos países e transmitem à Comissão Europeia, a qual, por sua vez, apresenta ao Conselho da União Europeia e ao Parlamento Europeu um relatório sobre a aplicação da Diretiva.

Observa-se, assim, que na UE há uma preocupação em regular o tratamento de resíduos sólidos, todavia, o arranjo institucional permite apenas que se estabeleçam as linhas gerais de ação e o que deve ser feito. O modo de ação e o estabelecimento da forma como as metas serão atingidas fica a cargo de cada Estado-membro. Por isso, é importante analisar de que maneira alguns Estados-membros implementaram as Diretivas da UE. De maneira geral, é possível afirmar que são cinco os grandes objetivos estabelecidos na política comunitária de resíduos:

- prevenção da produção de resíduos mediante um maior uso de técnicas favoráveis



ao meio ambiente, pouco geradoras de resíduos, bem como a fabricação de bens de consumo suscetíveis à reciclagem e que respeitem o meio ambiente;

- recuperação e reutilização de resíduos como matérias-primas, além de seu aproveitamento energético;
- melhoria da disposição final dos resíduos, com base em normas europeias rigorosas, em particular, de dispositivos regulamentares;
- reforço das disposições relativas ao transporte de substâncias perigosas;
- saneamento dos terrenos contaminados.

Para que esses objetivos sejam alcançados, os resíduos devem ser dispostos em instalações apropriadas, situadas em locais próximos à sua geração, cabendo a cada Estado-membro apresentar um plano de gestão.

■ Quadro legal da União Europeia

O Quadro 1 sumariza as legislações sobre resíduos sólidos na UE.

LEGISLAÇÃO	OBJETO
Diretiva 75/442/CEE, do Conselho da UE.	Uniformização do tratamento dos resíduos sólidos nos Estados-membros.
Diretiva 91/156/CEE, do Conselho da UE.	Foco na reutilização e na reciclagem; busca-se a prevenção ou a redução da produção, da nocividade e da periculosidade dos resíduos.
Diretiva 94/62/CE, do Parlamento Europeu e do Conselho da UE.	Harmonização das disposições nacionais referentes aos resíduos de embalagens, para prevenir e reduzir o seu impacto no ambiente.
Diretiva 1999/31/CE, do Conselho da UE.	Redução dos efeitos negativos sobre o ambiente relacionados aos resíduos que vão para os aterros (poluição das águas de superfície, das águas subterrâneas, do solo e da atmosfera).
Diretiva 2000/76/CE, do Parlamento Europeu e do Conselho da UE.	Prevenção ou redução ao mínimo dos efeitos negativos no ambiente e dos riscos para a saúde humana, resultantes da incineração e co-incineração de resíduos.
Diretiva 2006/12/CE, do Parlamento Europeu e do Conselho da UE.	Enquadramento legal para o tratamento dos resíduos na comunidade. Definição de conceitos-chave, dos requisitos essenciais para a gestão de resíduos e da obrigação de os Estados-Membros elaborarem planos de gestão de resíduos.
Diretiva 2008/98/CE, do Parlamento Europeu e do Conselho da UE.	Medidas de proteção do ambiente e da saúde humana, prevenindo ou reduzindo os impactos adversos decorrentes da geração e gestão de resíduos; redução dos impactos da utilização dos recursos e melhoria da eficiência dessa utilização.

Quadro 1 – Legislação da União Europeia sobre Resíduos Sólidos.



3.1.2 Estados Unidos

Os Estados Unidos (EUA) são uma federação, o que significa que os estados têm poder, mas o governo nacional monopoliza a autoridade constitucional. Exemplo disso é que a lei também estabelece uma agência nacional, a Agência de Proteção Ambiental (Environmental Protection Agency – EPA), que é a responsável pelo estabelecimento de padrões nacionais de gestão de resíduos sólidos, bem como pelo monitoramento e fiscalização nos estados. A principal lei federal voltada para a gestão de resíduos sólidos é a Lei de Conservação e Recuperação de Recursos (Resource Conservation and Recovery Act – RCRA), que estabelece diretrizes gerais e, em conformidade com o arranjo institucional americano, delega aos estados a responsabilidade de regular o mercado de coleta de RSU, reciclagem, tratamento e disposição final. Tal situação é muito similar ao que acontece no Brasil com a instituição da Política Nacional de Resíduos Sólidos, a qual também se concentra nas diretrizes gerais, deixando a cargo dos estados e municípios estabelecerem a regulação própria e específica.

■ Quadro legal dos Estados Unidos

O Quadro 2 apresenta as principais legislações sobre resíduos sólidos nos EUA.

LEGISLAÇÃO	OBJETO
Lei de Resíduos Sólidos (Solid Waste Disposal Act) – 1965.	Define resíduos sólidos e indica a existência de métodos ecologicamente racionais para a disposição dos resíduos doméstico, comercial e industrial.
Lei de Conservação e Recuperação de Recursos (Resource Conservation and Recovery Act – RCRA) – 1976.	Principal lei federal que rege a disposição de resíduos sólidos e de resíduos perigosos. Estabelece orientações para a gestão de resíduos sólidos não perigosos e dá autoridade a EPA para controlar todo o processo dos resíduos sólidos perigosos.
Emendas de resíduos sólidos e perigosos (Hazardous and Solid Waste Amendments – HSWA) – 1984.	Amplia o âmbito e os requisitos do RCRA. Exige da EPA o desenvolvimento de um programa abrangente para a regulamentação dos sistemas reservatórios subterrâneos para proteger a saúde humana e o meio ambiente. Estabelecem diretrizes e condições para a operação e o licenciamento da atividade de destinação de resíduos sólidos em Aterros Sanitários.

Quadro2 – Legislações sobre resíduos sólidos nos EUA.



O Quadro 3 a seguir sumariza as informações sobre a RCRA.

	ARRANJOS INSTITUCIONAIS	MODELOS DE GESTÃO	SISTEMA DE INCENTIVOS – ATRIBUIÇÕES DA EPA
Lei de Conservação e Recuperação de Recursos (Resource Conservation and Recovery Act – RCRA) – 1976.	Lei de Conservação e Recuperação de Recursos (Resource Conservation and Recovery Act – RCRA) – 1976 Delega para os estados a responsabilidade de regular o mercado de coleta de resíduos sólidos urbanos e de reciclagem.	Determina que a agência nacional (Agência de Proteção Ambiental – EPA) estabeleça as normas de gestão de resíduos sólidos, bem como as normas do monitoramento e da fiscalização dos estados sobre o cumprimento de tais normas.	<ul style="list-style-type: none"> - Emitir uma ordem administrativa e impor uma penalidade civil a qualquer pessoa que violar a RCRA e também exigir o cumprimento do regulamento. - Mover uma ação civil contra as pessoas que não cumprirem uma ordem emitida nos termos da Lei. - Multar em até 27,5 mil dólares por dia para cada violação. - Publicar informativo sobre as normas do RCRA.

Quadro 3 – Arranjos institucionais, modelos de gestão e sistema de incentivos

3.1.3 Japão

O Japão, conhecido por sua característica marcante no avanço da área tecnológica e ambiental, é também um dos países líderes no mundo nas práticas de gestão e nas tecnologias empregadas no tratamento dos resíduos sólidos.

A instituição da Lei da Limpeza Pública, em 1954, a qual tinha como objetivo a proteção e melhoria da saúde pública pela eliminação de resíduos e pela limpeza do ambiente, foi o primeiro exercício legislativo na área de gestão de resíduos no país. A alteração no quadro legislativo ocorreu em 1970, com a revogação da referida lei e o estabelecimento da Lei de Gestão de Resíduos (hoje chamada de Gestão de Resíduos e da Limpeza Pública), que compreende o primeiro passo na formação da atual política sobre Gestão de Resíduos Sólidos Urbanos no Japão. Em 1971, foi criada a Agência Ambiental Japonesa (JEA), com a finalidade de gerenciar a gestão de resíduos sólidos no país. A JEA tem caráter regulatório e elabora os regulamentos e normativas necessários ao bom funcionamento do gerenciamento dos resíduos naquele país. A gestão do modelo japonês é basicamente municipal, com a constituição de centros administrativos, nas maiores cidades, para o gerenciamento ainda mais descentralizado dos resíduos sólidos.

A formulação da política e das diretrizes para a gestão dos resíduos sólidos no Japão é baseada em dois aspectos determinantes: o elevado contingente populacional e o intensivo uso do solo (SMA, 1998b). A escolha de tecnologias adequadas de tratamento faz do Japão uma referência mundial. O Japão apresenta hoje elevados índices de reciclagem dos mais diversos tipos de materiais e utiliza de forma intensiva o processo de incineração para a redução do volume de resíduos sólidos.

Hoje o quadro legislativo de gestão de RSU no Japão é baseado em três legislações relevantes, derivadas da lei maior, a Lei Básica de Meio Ambiente: a Lei de Gestão de Resíduos e Lim-



peza, que é regularmente revista desde 1970; a Lei para a Promoção da Utilização Eficiente de Recursos, aplicada em 1991; a Lei Fundamental do Ciclo de Vida dos Materiais, aplicada em 2000. Também há uma série de outras leis complementares sobre fluxos específicos de resíduos, em vigor desde a década de 1990. Os planos de gerenciamento de resíduos visam quatro pilares básicos para lidar com essas premissas do modelo japonês: (i) aumento da reciclagem e da reutilização de materiais; (ii) diminuição do volume de resíduos descartados; (iii) aumento da vida útil dos aterros sanitários; (iv) minimização dos custos com o gerenciamento dos resíduos.

Embora o modelo japonês possa ser considerado como bastante avançado quando comparado aos demais países analisados, especialmente no que tange à descentralização e ao sistema de regulação, a legislação japonesa se ajusta fortemente à questão territorial daquele país, com indicações tecnológicas voltadas à redução do volume de resíduos, implicando o uso intensivo da incineração.

■ Quadro legal do Japão

O Quadro 4 apresenta a legislação sobre resíduos no Japão.

LEGISLAÇÃO	OBJETO
Lei básica do Meio Ambiente.	Protege o meio ambiente, reconhecendo-o como nosso sistema de suporte de vida essencial para ser passado às gerações futuras.
Lei para a utilização eficiente de recursos.	Compõe o quadro legislativo federal no Japão que rege a utilização adequada dos resíduos sólidos e prevê: a reciclagem de recursos reaproveitáveis; a aplicação de estruturas e materiais, etc. que facilitem a reciclagem; a indicação para recuperação selecionada; e a utilização eficaz de subprodutos.
Lei Fundamental para o estabelecimento do "Ciclo de Materiais".	Estabelece a Material Ciclo Society (SMC), fornecendo os princípios sobre como a gestão de resíduos japonesa deve ser conduzida.
Lei de Gestão de Resíduos e Limpeza Pública.	Prevê a redução da produção de resíduos, o tratamento adequado de resíduos (incluindo a reciclagem), o regulamento sobre a instalação de estações de tratamento de resíduos, o regulamento sobre empresas de serviços para resíduos, a criação de normas de tratamento de resíduos, etc.

Quadro 4 – Legislação sobre resíduos sólidos no Japão.



3.1.4 Comparação entre os modelos internacionais

Pela análise comparativa dos modelos internacionais, são identificadas algumas diferenças institucionais relevantes que devem ser consideradas. Entretanto, observa-se a existência de uma legislação geral, que estabelece princípios, mas não necessariamente impõe o uso de determinadas tecnologias de tratamento e disposição final de resíduos. No Quadro 5, é exibida uma síntese dos arranjos institucionais, modelos de gestão e sistemas de incentivos adotados nas políticas internacionais.

	UNIÃO EUROPEIA	ESTADOS UNIDOS	JAPÃO
ARRANJO INSTITUCIONAL	O Conselho da União Europeia (Comissão e Parlamento) aprova a Diretiva e cada Estado-membro a adota conforme a sua conveniência, desde que esteja de acordo com a diretiva.	A União legisla sobre resíduos sólidos, mas delega aos estados a responsabilidade de regular o mercado de coleta de resíduos sólidos urbanos e reciclagem.	A União legisla sobre resíduos sólidos, mas a gestão é municipal.
MODELO DE GESTÃO	Os modelos de gestão de resíduos sólidos são variados, porque a Diretiva apenas estabelece as normas e os prazos a serem cumpridas, deixando os Estados-membros livres para adotar o modelo mais adequado a sua realidade.	Existe uma agência (EPA) responsável pela gestão de resíduos sólidos. A EPA cria regulamentações e fiscaliza e monitora o cumprimento da Lei e dessas regulamentações nos estados.	O modelo de gestão é estritamente previsto em lei e regulado por agência federal.
SISTEMA DE INCENTIVO	Os tratados determinam que o Conselho pode punir um Estado-membro que não cumpra a Diretiva, porém não deixa claro como isso deve ser feito.	A EPA é capaz de impor sanções aos atores que descumprirem a lei e as suas regulamentações.	O governo federal tem autonomia e alto grau de intervenção nos municípios e o sistema de incentivos é fortemente voltado à adoção das tecnologias legais.

Quadro 5 – Comparação entre União Europeia, Estados Unidos e Japão.

Nos Estados Unidos, a agência reguladora (EPA) tem a sua atuação mais estruturada, com poder de regulamentação e fiscalização previsto constitucionalmente. No caso da União Europeia, o bloco delibera sobre os mais variados assuntos de uma maneira mais flexível (se comparado às legislações interestaduais), e os Estados-membros devem cumprir as orientações, mas dentro de uma estratégia de adaptação (não de imposição) à legislação da União Europeia. Já no caso do Japão, a aplicação da legislação é fortemente municipal e a questão territorial está diretamente ligada à necessidade de diminuição do volume de resíduos e à utilização de soluções tecnológicas como a reciclagem e a incineração.



3.2 Políticas Públicas no Brasil

No Brasil, os principais marcos legais da política pública nacional, na área de RSU, são a Lei de Consórcios Públicos, a Política Nacional de Saneamento Básico (PNSB) e a Política Nacional de Resíduos Sólidos (PNRS). Essas legislações são integradas e complementares para a gestão dos RSU, constituindo a base do sistema jurídico-ambiental brasileiro, no âmbito federal, voltado para a regulamentação da gestão de RSU (Figura 9).

As políticas públicas de resíduos sólidos devem ser coordenadas entre todos os níveis dos entes federativos, dentro dos parâmetros de atribuição de competências estabelecidos pela constituição federal em vigor e com participação da sociedade em todas as fases do processo, garantindo assim o exercício do controle social (COSTA, 2011).

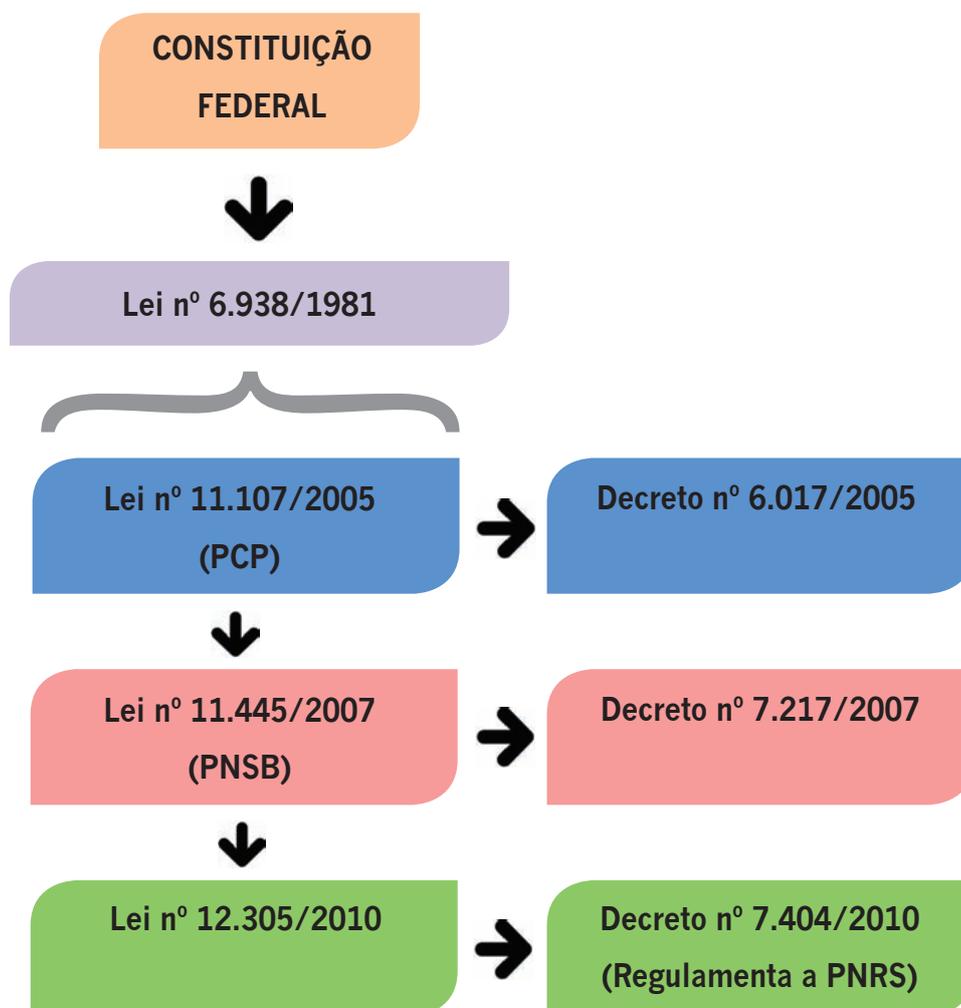


Figura 9 – Sistema Jurídico-Ambiental de RSU no Brasil.

Os Anexos I e II apresentam, respectivamente, uma análise da legislação brasileira e um comparativo dos decretos que regulamentam estas legislações.



3.3 Arranjo Institucional e Modelos de Gestão

A política ambiental brasileira se desenvolveu nos últimos quarenta anos como resultado da ação de movimentos sociais locais e de pressões externas. Apenas em 1973, pouco depois da Conferência de Estocolmo, foi criada no Brasil a Secretaria Especial de Meio Ambiente (Sema), órgão especializado no trato de assuntos ambientais sob a coordenação do Ministério do Interior. A Sema se dedicava ao avanço da legislação e aos assuntos que demandavam negociação em nível nacional, tais como a produção de detergentes biodegradáveis, a poluição por veículos, a demarcação de áreas críticas de poluição e a criação de unidades nacionais de conservação. De fato, as medidas de Governo se concentravam na agenda de comando e controle, normalmente em resposta a denúncias de poluição industrial e rural. A partir de 1975, pode-se identificar algum avanço, mesmo que lento, não especificamente voltado para a gestão dos resíduos sólidos, que já passava a ser um grande incômodo para as gestões públicas.

Com o avanço tecnológico da década de 1980, o aperfeiçoamento dos métodos de diagnóstico dos problemas ambientais e o impulso observado pelo movimento ecológico, a questão central voltou-se para a sobrevivência da espécie humana no planeta. Então, o debate, antes centrado nos impactos adversos do crescimento econômico sobre o ambiente, deu origem a uma nova questão sobre quais seriam as perspectivas de promover o desenvolvimento a partir de um meio ambiente degradado. Era preciso assim agir de forma responsável em relação ao meio ambiente, de modo a garantir os recursos naturais necessários à sobrevivência das futuras gerações. Nascia, assim, o conceito de *Desenvolvimento Sustentável*. Com base neste conceito, no final da década de 90 e início do século XXI, começaram a ser difundidos os primeiros conceitos sobre a gestão de resíduos sólidos, incluindo a reciclagem. Posteriormente essa alternativa também passou a receber críticas, devido à incapacidade das indústrias em receber todo o material, gerando um elevado volume de rejeitos devido à falta de mercado. A fase mais recente e defendida com ênfase na PNRS refere-se à adoção de metas para a redução do volume gerado desde o início do processo produtivo e apresenta as seguintes prioridades: evitar, ou quando não for possível, diminuir a produção de resíduos; reutilizar, ou quando não for possível, reciclar resíduos; utilizar a energia presente nos resíduos.

A PNRS prevê a utilização de instrumentos econômicos como forma de induzir o cumprimento de objetivos e metas determinadas. Os instrumentos previstos pela PNRS priorizam os sistemas de incentivos fiscais, financeiros e creditícios. Deste modo, há o incentivo a “fazer” e não a “deixar de fazer”, com base em instrumentos econômicos de incentivo, e não de punição.

Os sistemas de gestão de RSU, atualmente, apontam para sistemas que privilegiam a gestão colegiada, o controle externo e a divisão de responsabilidades. A gestão dos serviços e manejo dos resíduos sólidos e a prestação dos serviços públicos de limpeza urbana devem ser pensados e implementados por meio dos denominados “arranjos institucionais”, na sua forma mais adequada para a aplicabilidade e sustentabilidade das tecnologias. Por se tratar de prestação de serviços envolvendo a responsabilidade da gestão pública e a iniciativa privada, sua operação pode ser realizada de diversas formas:

- diretamente, de forma centralizada ou descentralizada;
- ou indiretamente, por concessão, por meio de processo de licitação, e por gestão associada, que compreende o Consórcio Público ou a Cooperação Técnica, via con-



trato de programa (Lei 11.107/2005 e Decreto nº 6.017/07).

Desse modo, a gestão de resíduos sólidos, de acordo com a visão do Poder Público, pode ser realizada das seguintes formas (PPIAF, 2011):

1. Pela Administração Pública (Gestão Pública própria).

Administração direta;

Administração indireta, (via uma autarquia, empresa pública ou sociedade de economia mista).

2. De forma consorciada com outros entes públicos, via consórcio público ou convênio associativo (Gestão Pública Consorciada).

3. Mediante delegação à iniciativa privada, a qual pode ser efetivada por meio de:

3.1. Concessão, nas suas modalidades:

- Concessão de serviço público comum – consórcio público;
- PPP – concessão patrocinada;
- PPP – concessão administrativa ou
- Concessão urbanística.

3.2. Permissão;

3.3. Autorização, sujeita à regulação setorial, caso não se relacione a serviço público.

Analisando a PNRS e as legislações correlatas é possível perceber que há uma ação integradora dos diversos entes federativos, na intenção de uma política que perpassasse as diversas instâncias de governo, incentivando os arranjos institucionais. Há também a possibilidade de integração entre a área pública e a privada, especificamente em relação aos arranjos setoriais e também às Parcerias Público-Privadas – PPP.

Os contratos de Parcerias Público-Privadas (PPP) são apresentados como soluções viáveis que os municípios de maior porte, como capitais e as cidades maiores do País, estão começando a utilizar. Tais contratos são caracterizados pela prestação de serviços a longo prazo, desonerando o sistema público dos investimentos iniciais necessários às instalações e equipamentos. O contrato administrativo de concessão foi definido como instrumento da PPP, dentro de sua lei regulamentadora, prevendo duas modalidades: a concessão patrocinada e a concessão administrativa.

A concessão patrocinada é regida pela Lei de PPPs e subsidiariamente pela Lei de Concessões. Neste caso, a PPP tem como objeto a prestação de um serviço público, cuja remuneração provém tanto das receitas tarifárias cobradas de seus usuários, mas também de contraprestação pública. Esta contrapartida se limita a 70% do total da remuneração auferida pelo parceiro privado, salvo autorização legal em sentido contrário.

Na concessão administrativa, a prestação de serviços não faz jus a qualquer tipo de arrecadação.



dação tarifária, e se remete àqueles serviços que têm a Administração Pública como usuária direta ou indireta. Esta modalidade é regida pela Lei de PPPs, por alguns dos dispositivos da Lei de Concessões e pela lei Federal nº 9.074/95.

Esses arranjos institucionais de gestão em um município ou em uma região após o planejamento podem acontecer em um único modelo, por exemplo, para municípios de pequeno porte, ou em mais de um desses arranjos de gestão, tornando-se um arranjo misto ou híbrido, para municípios médios e grandes.

A transferência de serviços até então executados pela administração pública na maioria dos municípios também é um modelo cada vez mais adotado no Brasil. Essa forma de prestação de serviços é realizada por meio da contratação pela municipalidade de empresas privadas que passam a executar com seus próprios meios (equipamentos e pessoal) os serviços de coleta, limpeza de logradouros e de tratamento e disposição final dos resíduos.

Outra solução, apontada como uma alternativa mais atual para integrar infraestruturas de vários municípios e aumentar a escala dos serviços são os consórcios públicos, que se constituem como alternativa vantajosa, pois promovem a redução de custos unitários. Entretanto, apesar da existência de legislação específica desde 2005 e do incentivo da política nacional brasileira, os consórcios públicos intermunicipais ainda não são uma modalidade muito usual no Brasil, embora a sua adoção venha se estruturando de forma mais significativa, principalmente nas regiões Sul e Sudeste.

Na forma da Lei nº. 11.107/ 2005 e do Decreto nº. 6.017/2007, o consórcio público é definido como a “pessoa jurídica formada exclusivamente por entes da Federação, para estabelecer relações de cooperação federativa, inclusive a realização de objetivos de interesse comum, constituída como associação pública, com personalidade jurídica de direito público e natureza autárquica, ou como pessoa jurídica de direito privado sem fins econômicos”. Isso implica a possibilidade de ter um único prestador atuando para um conjunto de municípios envolvidos no consórcio público, contíguos ou não. As soluções consorciadas podem beneficiar municípios de pequeno e médio porte, representando um ganho de escala na execução de atividades como a coleta e transporte de RSU, o tratamento e a disposição final dos rejeitos em aterros sanitários (CORDEIRO et al., 2009). Um ponto extremamente relevante é que este arranjo institucional pode permitir a superação de deficiências de planejamento e assessoria técnica para implantação e operacionalização do sistema de limpeza urbana local/regional, o que é hoje uma realidade para municípios de médio e pequeno porte nas cinco regiões do Brasil.

Quando a prestação dos serviços ocorre de forma regionalizada, ou seja, um único prestador atende mais de um titular em determinado território, deve haver uniformidade de regulação, fiscalização, remuneração e compatibilidade com o planejamento determinado pelo prestador (Art.14, incisos I, II e III da Lei de Saneamento). Nesse caso, entra em cena um importante instrumento, que é o plano de saneamento, o qual deve ser considerado em sua integralidade, principalmente nos aspectos referentes aos resíduos sólidos, definidos em forma de diagnóstico, prognósticos e propostas. Uma vez elaborado com a participação da sociedade, os Planos de Saneamento se constituem em uma ferramenta importante na gestão dos serviços de saneamento local/regional. Especificamente para o setor de resíduos sólidos, o Plano de Gestão de Resíduos Sólidos – PMGRS se transforma em Lei e auxilia nos processos futuros de gestão dos RSU no município ou na região.

De acordo com o Decreto nº. 6.017/2007, a gestão associada de serviços públicos é defini-



da como o “exercício das atividades de planejamento, regulação ou fiscalização de serviços públicos por meio de consórcio público ou de convênio de cooperação entre entes federados, acompanhadas ou não da prestação de serviços públicos ou da transferência total ou parcial de encargos, serviços, pessoal e bens essenciais à continuidade dos serviços transferidos”. Na gestão associada, é prevista também a possibilidade de participação do Estado no Consórcio Público ou ainda de se estabelecer com ele, Convênios de Cooperação Técnica. Em qualquer uma dessas combinações, o serviço deve ser prestado em conformidade com o planejamento e a regulação. No arranjo institucional a ser definido, sempre que possível, a participação do Estado é fundamental para a consolidação desse arranjo, de forma duradoura e continuada.

De um modo geral, a Lei nº. 11.445/2007 que estabelece pilares de sustentação da gestão de serviços de saneamento, também indica alternativas de arranjos institucionais para se enfrentar as fragilidades dos serviços públicos de manejo de resíduos sólidos e limpeza urbana. Inúmeras fragilidades são verificadas por esses sistemas, referentes à organização e prestação dos serviços, dentre elas: escassez de recursos humanos, ausência de programas continuados de capacitação técnica, fragmentação das atividades referentes aos resíduos sólidos entre diversos setores (dificultando o controle da gestão); ausência de planejamento e controle de programas, projetos e ações; baixo potencial de captação de recursos financeiros (onerosos e não onerosos) e falta de políticas públicas e leis municipais/estaduais para temas específicos.

A sustentabilidade econômico-financeira da gestão dos RSU é tratada no capítulo VI, art. 29 da Lei 11.445/2007, abrindo-se a perspectiva de se usar o instrumento de cobrança não apenas para cobrir despesas e investimentos, mas como um mecanismo de estímulo à não geração e à redução dos resíduos. Uma alternativa institucional para superar esses obstáculos pode ser a gestão associada para as funções delegáveis, tais como a de prestação, que inclui a assessoria técnica, a execução de obras e o fornecimento de bens à administração direta ou indireta dos entes consorciados, como também o compartilhamento de recursos físicos e humanos.

Desta forma, utilizando-se da cooperação federativa via consórcio público, pode-se ter uma estrutura física e humana necessária para a boa gestão das atividades dos serviços de limpeza urbana (SLU) em pequenos e médios municípios ou ainda, no mínimo, se obter uma redução de custos no sistema de disposição final de RSU para o conjunto de municípios envolvidos nessa gestão. Outro ponto ainda importante a se destacar nesse arranjo institucional é que o Consórcio Público pode ter mais de um objetivo comum a ser compartilhado integralmente ou parcialmente pelos entes componentes desse arranjo institucional.

Para tanto, essa alternativa passa a ser mais atrativa do ponto de vista da integração local e regional quando se planeja um cenário futuro. Por outro lado, devido à grande complexidade da gestão e do gerenciamento dos RSU, e à crescente cobrança e exigências dos órgãos de controle e da sociedade civil, é evidente que os custos com esses serviços tendem a crescer cada vez mais. Desse modo, é imprescindível que o gestor público disponha de técnicos capacitados em seus quadros, de bom planejamento e execução dos serviços de manejo e tratamento dos RSU, e de um sistema de disposição final de RSU ambientalmente seguro, de forma que a população também cumpra o seu papel no processo, isto é, custeie as despesas desses serviços definidos em Lei, mediante o recebimento de serviços prestados com qualidade.

Após a análise e apesar da percepção das inovações trazidas pela legislação, é necessário ressaltar os seguintes aspectos verificados:

- É importante estabelecer uma maior articulação com outras políticas que contri-



buam com o efetivo funcionamento do modelo adotado no Brasil, no que se refere a sistemas de incentivos, a regulamentação de instrumentos de controle e fiscalização, pela previsão de penalidades e pela adoção de melhores práticas;

- Percebe-se a necessidade de implementar instrumentos de controle e cobrança para o aproveitamento dos resíduos, considerando a ampliação da coleta diferenciada dos RSU;
- O modelo de gestão e seus instrumentos de incentivo precisam ser claros e diferenciados em função do modelo de gestão adotado. Deve-se prever sempre a participação da iniciativa privada;
- O modelo federativo brasileiro e a quantidade de atores envolvidos levam à necessidade de uma maior articulação entre os entes federativos, que pode ser conseguida através da repactuação das responsabilidades e da redistribuição de recursos.

3.4 Influência das Políticas Públicas na Gestão de Resíduos e Tecnologias Adotadas no Exterior e no Brasil

A UE tem se destacado por uma mudança significativa no modelo de gestão, uma exigência cada vez mais requerida, visto que a cada dia é crescente a quantidade de resíduos gerados e, conseqüentemente, aumenta também a demanda por tecnologias de tratamento, como a reciclagem e a incineração com recuperação de energia, que reduz de forma significativa a quantidade depositada em aterros. A instituição de uma legislação comunitária (CEE) e nacional de cada Estado-membro, que estabelece metas e instrumentos para redução na fonte, triagem, reciclagem, aproveitamento dos resíduos, eliminação de lixões e aterros não sanitários, além de restrições sobre resíduos permitidos em aterros sanitários, é reconhecida como um dos fatores modificadores do modelo vigente até então. Se, por um lado, os incentivos gerados a partir da legislação implementada resultou em um aumento dos preços das matérias-primas, materiais reciclados e combustíveis, por outro se reconhece o aproveitamento dos resíduos sólidos como aspecto dominante. Em 2010, foram recuperados 40% dos resíduos descartados pela sociedade na forma de reciclagem e compostagem e 22% foram incinerados e 38% dispostos em aterros sanitários (Eurostat, 2012).

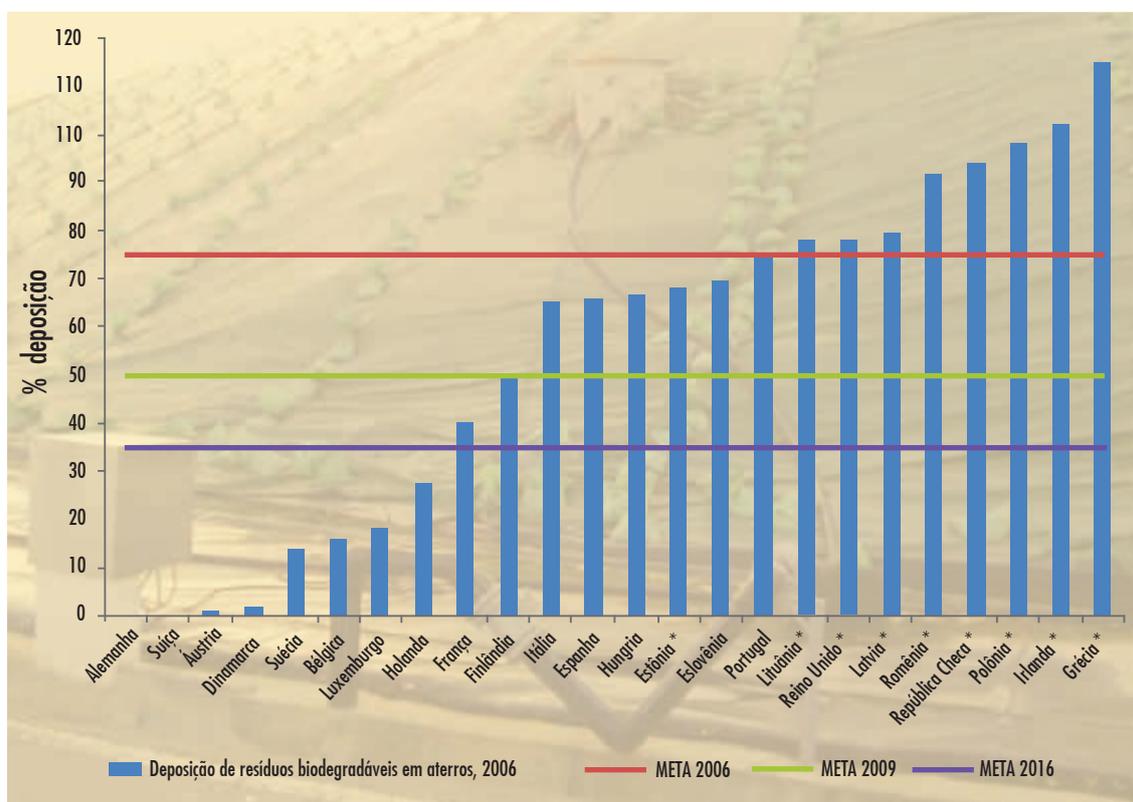
Segundo a análise da evolução das políticas e da situação atual da gestão na UE, dois fatores socioeconômicos são determinantes para a condução da diminuição do uso de aterros: acentuada taxa de urbanização e da densidade populacional; e a consolidação das políticas voltadas para a redução de resíduos biodegradáveis em aterros (AEA, 2009b). A maioria dos Estados-membros da UE aumentaram suas taxas de reciclagem de resíduos urbanos, incluindo a compostagem, nos últimos cinco a dez anos. Alguns Estados-membros da UE com menores taxas de reciclagem, como Irlanda, Itália, Portugal e Reino Unido, mostraram um crescimento razoável dessa taxa desde 2000, de quase 1% ao ano. Reciclagem de materiais como papel, papelão, biorresíduos, vidro, plástico e metais constituem a espinha dorsal da reciclagem de resíduos urbanos na UE (ETC/SCP, 2009a).

A proibição da disposição final dos RSU, na década de 2000, alavancou o aumento das taxas de reciclagem e incineração na Suíça. Estima-se que as taxas de reciclagem, incluindo a



compostagem, tenham dobrado nos últimos 20 anos, provavelmente devido à implantação de taxas de coleta e de sistemas de coleta eficientes, responsáveis pela recuperação de mais de 50% dos RSU gerados (FOEN, 2011). As taxas de incineração também cresceram entre as décadas de 1990 e 2000, com um aumento de 25% entre 1995 e 2005. Entretanto, a partir desse ano de 2005, se observa uma tendência de estabilização. A adoção de tecnologias mais eficientes nos últimos anos, entretanto, resultou em um acréscimo na produção de energia a partir da incineração, a despeito da estabilização na quantidade de resíduos tratados pela tecnologia.

A Diretiva da UE relativa à destinação de resíduos (1999/31/CE) contribui diretamente para diminuir a disposição em aterros, pois, tomando como referência as quantidades de resíduos urbanos biodegradáveis geradas em 1995, exigiu que os Estados-membros reduzissem a disposição desses resíduos para 75% até 2006, para 50% até 2009 e para 35% até 2016. Essas medidas visam à redução das pressões ambientais do aterro, em especial as emissões de metano e a contaminação do subsolo por lixiviados. Com isso, em 2006 sete Estados-membros, já haviam cumprido a meta de 2016, enquanto oito países, todos com períodos prorrogados, ainda precisam reduzir deposição de resíduos urbanos biodegradáveis substancialmente, a fim de cumprir a meta de 2006 (Figura 10).



NOTA:

* Países com possibilidade de prorrogação de até 4 anos para atingir as metas.

1) As taxas de deposição em aterro acima de 100% podem resultar de um aumento na produção de resíduos biodegradáveis, uma vez que as metas são relativas aos valores absolutos gerados em 1995.

Figura 10 – Deposição de resíduos biodegradáveis em aterros no ano de 2006, comparada com as metas da Diretiva da UE. Fonte: ETC/SCP baseado em dados da Comissão Europeia, 2009.



Vários países estão muito avançados quanto à redução de resíduos biodegradáveis em aterros sanitários, por exemplo, Suíça, Alemanha, Holanda, Suécia, Bélgica, Áustria e Dinamarca têm relatado taxas de aterramento desses resíduos abaixo de 5%.

A redução de resíduos sólidos pode ser parcialmente atribuída à implementação da legislação europeia, como, a Diretiva nº 94/62/CE, relativa a embalagens e seus resíduos. Até o ano de 2001, os Estados-membros tiveram de recuperar um mínimo de 50% de todas as embalagens colocadas no mercado. Quando a meta de recuperação prevista para ser alcançada até 31 de dezembro de 2008 passou a ser de 60%, pôde ser observado um aumento do recolhimento de resíduos separados de embalagens. Além disso, a aplicação da Diretiva nº 1999/31/CE tem conduzido a diferentes estratégias para impedir que a fração orgânica dos resíduos urbanos seja depositada em aterros, e seja valorizada como material para compostagem (incluindo fermentação) e pré-tratamento, por exemplo, tratamento mecânico-biológico (incluindo a estabilização física). Como resultado, a quantidade de resíduos reciclados aumentou de 21,8 milhões de toneladas (46kg *per capita*) em 1995 para 59,2 milhões de toneladas (121kg *per capita*) em 2010, que corresponde a um crescimento global de 2,7% a uma taxa anual de 7,4%. Todas essas políticas têm conduzido a uma redução de resíduos destinados a aterros, conforme pode se observar na Figura 11.

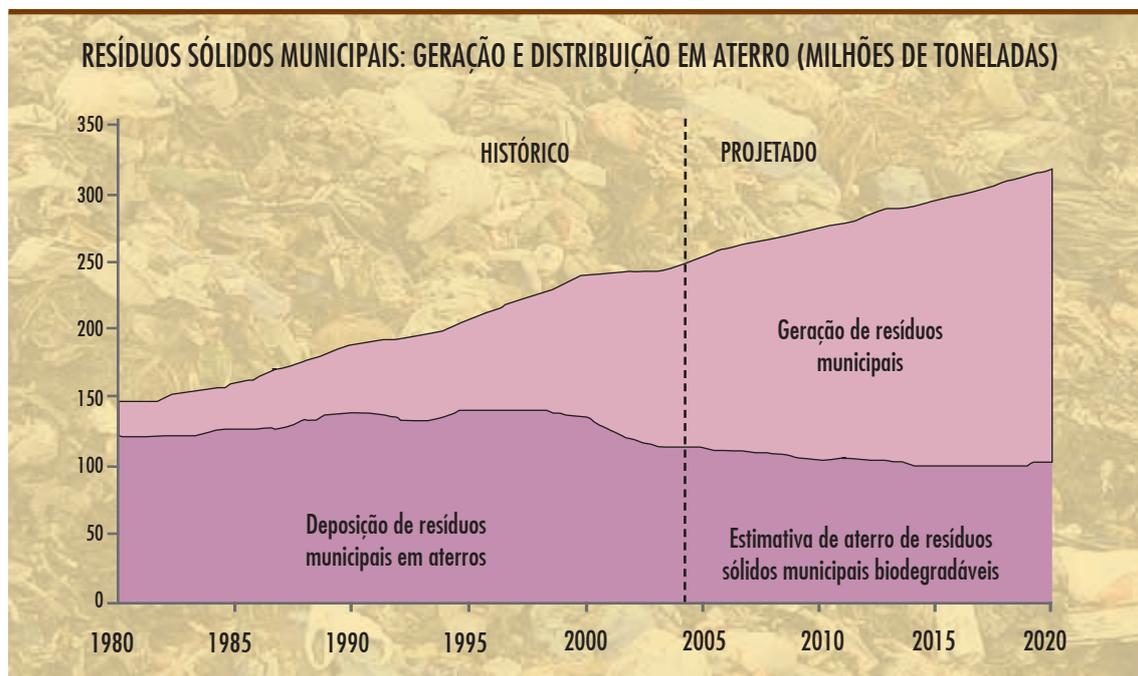


Figura 11 – Evolução da geração de resíduos e a deposição em aterros na Europa.
Fonte: ETC/RWM, 2007 (de 1980 a 2004 os dados são da Eurostat, de 2005 a 2020 eram projeções).

Os significativos investimentos realizados nos países que aderiram à UE permitiram, a muitos deles, atingir os objetivos dos seus planos estratégicos de gestão de resíduos urbanos, gerando uma transformação significativa do cenário, até então deficiente. Países como Portugal e Espanha, que aderiram à UE em 1997, foram beneficiados pelos fundos de coesão para a melhoria da gestão de tratamento dos resíduos gerados em seus territórios. Por outro lado,



países menores e não tão privilegiados como a Letônia, Lituânia, Bulgária, Estônia, Malta e Grécia continuam a ter uma maior dificuldade em organizar de forma adequada a hierarquia na gestão dos tratamentos dos resíduos e para atenderem as metas impostas pela UE, pois praticamente depositam todos os resíduos gerados em aterros. Esta prática continua a ser a forma mais usual de destinação dos RSU em 19 países da UE.

Outro dado bastante interessante na UE é que os 7 países que mais incineram resíduos com recuperação de energia elétrica são também os que mais reciclam. Esse fato ocorre quando as políticas de aproveitamento de materiais são respeitadas de acordo com uma hierarquia adequada de gestão, desmistificando a ideia de que a escolha pelo uso da incineração sacrifica a opção pela reciclagem.

Nos Estados Unidos da América (EUA), a situação econômica deve ser considerada como um dos fatores de mais forte impacto no consumo e geração de resíduos, visto que geralmente o seu aumento está diretamente ligado ao crescimento econômico acentuado e, em contrapartida, diminui durante o tempo de declínio econômico. Até o ano de 2007, por exemplo, foi possível constatar uma crescente geração de RSU pela população, inclusive com o crescimento da geração per capita de resíduos. Entretanto, devido a crise econômica no ano de 2008, houve uma diminuição da geração total de resíduos, equivalente a 4% de 2008 para 2009.

A evolução da política americana para gestão de resíduos sólidos urbanos (RSU) ao longo do tempo destaca-se por ter tido forte influência de dois objetivos muito importantes: o de melhorar, de modo geral, a saúde pública e o de proteger o meio ambiente. Esse último, embora mais recente, está diretamente relacionado ao primeiro (HICKMAN & ELDREDGE, 2007). A análise desse processo de evolução durante a história dos EUA pode ser apresentada em períodos bem definidos, uma vez que a gestão foi mudando em resposta à evolução tecnológica do país e à necessidade de manter sob controle o aumento de RSU (ROBERTS, 2011). Outra característica importante identificada é a percepção da diferença de modelos de gestão quando relacionados às características regionais (Leste e Oeste) dos EUA. O Leste se concentra em alternativas de deposição em aterros ou de incineração valorizando a recuperação energética. A Região Oeste está mais voltada às alternativas de redução e reciclagem, percebendo-se a adoção da filosofia de “Resíduo Zero” (Zero Waste) para a gestão de RSU, e uma aposta na mudança de atitude da população, de agências do governo, e da indústria. Essa mudança de atitude, inclusive, implica mudanças na manufatura de produtos e materiais, de embalagens, seus usos e vida útil, além de tudo o mais que contribui para reduzir ou eliminar resíduos.

No Japão, a geração de resíduos urbanos aumentou no período de 1985 a 2000, diminuiu ligeiramente no período de 2000 a 2007 e decresceu acentuadamente no período de 2007 à 2009. Avalia-se que esta redução da geração de resíduos é resultado da execução bem sucedida de uma série de leis que associam as estratégias nacionais para os 3Rs (reduzir, reutilizar, reciclar) e estabelecem o “ciclo de materiais”.

A existência da Lei de Gestão de Resíduos e Limpeza Pública desde 1970 (com revisão e aplicação da Lei Fundamental de Ciclo de Materiais) teve uma implicação direta na redução gradativa da geração dos resíduos, podendo-se registrar que a quantidade de resíduos diminuiu em 3,9% (de 2008 a 2009) e em 15,6% (de 2000 a 2009) (MOEJ, 2011). A taxa de geração de resíduos per capita em 2009 diminuiu 16% em relação a 2000 (MOEJ, 2012), ou seja, a geração de resíduos urbanos em 2009 pode ser comparada a do ano de 1987.



No Japão, a diversidade de alternativas tecnológicas é muito grande, entretanto é possível perceber um balizamento pelas legislações para definir as escolhas, os arranjos institucionais, a tendência para segregação, a existência de coleta seletiva e ainda a relevância para instalação de incineradores e até aterros sanitários.

As diferenças regionais existem especialmente em termos de desempenho de reciclagem, uso de plantas de combustão de resíduos e geração de energia, e de propriedade (público x privado) das etapas de um sistema de gestão de resíduos sólidos em particular. A tecnologia da incineração é o principal tratamento de resíduos sólidos urbanos no Japão, mas é também o mais dispendioso financeiramente. Alguns governos locais tentam promover a redução da geração de resíduos e melhorar a eficiência na separação dos resíduos na fonte para reduzir as emissões de dióxido de carbono e o custo da incineração.

Os aterros asanitários são geralmente utilizados para a disposição de resíduos não inflamáveis e resíduos após tratamento intermediário, por exemplo as cinzas dos incineradores.

No Brasil, destaca-se o estabelecimento de uma nova política de gestão de resíduos sólidos, a Lei nº 12.305/2010, que institui a Política Nacional de Resíduos Sólidos, alterando a Lei nº 9.605/1998. Essa legislação dispõe sobre os princípios, objetivos e instrumentos, diretrizes, metas e ações adotadas pelo Governo Federal, isoladamente ou em regime de cooperação com Estados, Distrito Federal, Municípios ou particulares, com vistas à gestão integrada e ao gerenciamento de resíduos sólidos (inclusive os perigosos), à atribuição de responsabilidades aos geradores e ao poder público e à determinação dos instrumentos econômicos aplicáveis.

A preocupação com a coleta e destinação desses resíduos é demonstrada pela existência de uma legislação que regulamenta direta ou indiretamente o tema. A referida legislação prevê diretrizes voltadas para a coleta, tratamento e disposição, além de formas de reduzir a produção desses resíduos. Entretanto, apesar da expectativa de consolidação do papel determinante para exigir e apoiar a adequação dos estados e municípios do país, a sua existência ainda não foi suficiente para conseguir influenciar de forma efetiva, em curto prazo, uma mudança na realidade dos municípios brasileiros.

Atualmente, ainda predomina a existência de lixões, na maioria das cidades brasileiras, onde os resíduos sólidos são descartados sem quaisquer cuidados, representando uma grave ameaça à saúde pública e ao meio ambiente. De acordo com a constituição brasileira, cabe aos municípios legislar sobre assunto de interesse local, o que abrange a gestão dos serviços públicos de limpeza urbana e o gerenciamento dos resíduos sólidos urbanos. Em um país com predominância de municípios de pequeno porte, observa-se a maciça presença de entidades da administração direta na gestão dos RSU, com 61,2% dos municípios apresentando condições econômicas deficitárias, produção exagerada de resíduos sólidos e disposição final sem critérios, contribuindo para o desperdício de materiais e de energia, bem como apresentando pouca capacitação técnica, segundo a Pesquisa Nacional de Saneamento Básico – PNSB (IBGE, 2010).

Parte dos resíduos gerados no país não é regularmente coletado e permanece junto às habitações (principalmente nas áreas de baixa renda) ou é vazada em logradouros públicos, terrenos baldios, encostas e cursos d'água. Apesar disso, a coleta dos resíduos sólidos é o segmento que mais se desenvolveu dentro do sistema de limpeza urbana e o que apresenta maior abrangência de atendimento junto à população, ao mesmo tempo em que é a atividade



do sistema que demanda maior percentual de recursos por parte da municipalidade. Esse fato se deve à pressão exercida pela população e pelo comércio para que se execute a coleta com regularidade, evitando-se assim o incômodo da convivência com os resíduos sólidos nas ruas. Contudo, essa pressão tem geralmente um efeito seletivo, ou seja, a administração municipal, quando não tem meios de oferecer o serviço à toda população, prioriza os setores comerciais, as unidades de saúde e o atendimento à população de mais alta renda.

A expansão da cobertura dos serviços raramente alcança as áreas mais carentes e a ausência de infraestrutura viária nessas áreas exige a adoção de sistemas alternativos que, em geral, apresentam menor eficiência e custo mais elevado. Os serviços de varrição e limpeza de logradouros também são muito deficientes na maioria das cidades brasileiras. Apenas os municípios maiores mantêm serviços regulares de varrição em toda a zona urbanizada com pavimentos, com frequências e roteiros predeterminados. Nos demais municípios, esse serviço se resume à varrição apenas das ruas pavimentadas ou dos setores centrais e de comércio da cidade, bem como à ação de equipes de trabalhadores que executam serviços de raspagem, capina, roçagem e varrição dos logradouros públicos, ruas e praças da cidade, em roteiros determinados de acordo com as prioridades imediatistas.

Apesar do quadro nacional não apresentar transformações ainda significativas, percebe-se uma mudança importante na atenção que a gestão de resíduos tem demandado das instituições públicas em todos os níveis de governo. Os governos, tanto o Federal como os estaduais, têm sido pressionados para aplicar mais recursos e criar programas e linhas de crédito onde os beneficiários sejam os municípios. Estes, por sua vez, têm sido cobrados a cumprir o seu papel para resolver os problemas de limpeza urbana e criar condições de universalidade dos serviços e de manutenção de sua qualidade ao longo do tempo, situação que passou a ser acompanhada com mais rigor pela população, pelos órgãos de controle ambiental, pelo Ministério Público e pelas organizações não governamentais voltadas para a defesa do meio ambiente. Somente as pressões da sociedade, juntamente com um gestor público decididamente engajado e consciente da importância da limpeza urbana para a saúde da população e para o meio ambiente, podem mudar o atual quadro de gestão dos RSU. Tais modificações requerem decisões políticas que podem resultar, eventualmente, num ônus temporário, representado pela necessidade do aumento da carga tributária ou de transferência de recursos de outro setor da prefeitura, até que a situação se reverta, com a melhoria da qualidade dos serviços prestados, o que poderá ser capitalizado politicamente pela administração municipal.







4

Tecnologias para tratamento e disposição final de RSU



O tratamento de RSU pode ser compreendido como uma série de procedimentos físicos, químicos e biológicos que têm por objetivo diminuir a carga poluidora no meio ambiente, reduzir os impactos sanitários negativos do homem e o beneficiamento econômico do resíduo. Na atualidade existem diversos tipos de tratamentos para os diferentes resíduos.

No Brasil, a prática amplamente aceita para tratamento dos RSU é a disposição final em aterros sanitários, embora ainda exista no país uma enorme quantidade de aterros controlados e lixões, variando de acordo com a região geográfica e o tamanho das cidades.

Em contrapartida, os países desenvolvidos tiveram evoluções e inovações tecnológicas bastante significativas que acompanharam as necessidades energéticas, materiais e ambientais em resposta às demandas da população, seu crescimento, suas culturas e economias e tendo como base legislações claras e objetivas, implantadas progressivamente ao avanço das tecnologias, sensibilização social e educação de suas sociedades. Assim sendo, a Europa, os Estados Unidos e o Japão desenvolveram várias tecnologias para tratamento de resíduos sólidos urbanos.

A Tabela 1 apresenta as principais formas de tratamento dos RSU, com seus processos e evoluções, além dos principais produtos – matérias-primas e suas inovações tecnológicas. De forma geral, existem quatro sistemas básicos de tratamento e disposição de RSU que se baseiam na triagem, tratamentos biológicos, incineração e aterros sanitários.

Tabela 1 - Evolução dos sistemas de tratamento dos resíduos sólidos urbanos

SISTEMAS BÁSICOS	PROCESSOS	EVOLUÇÃO	PRODUTOS	INOVAÇÃO
TRIAGEM	Físico	Coleta Seletiva, Tratamento Mecânico- Biológico (TMB).	Matéria-Prima para Reciclagem e Energia	Recuperação dos resíduos (Waste to Resources-WTR) Energia derivada dos resíduos (Waste to Energy-WTE)
TRATAMENTO BIOLÓGICO	Biológico	Biodigestores Anaeróbios, Compostagem	Composto Orgânico e Energia	Agricultura e Energia derivada dos resíduos (Waste to Energy-WTE)
INCINERAÇÃO	Físico-químico	Tratamento Térmico	Vapor e Energia Elétrica	Energia derivada dos resíduos (Waste to Energy-WTE)
ATERROS SANITÁRIOS	Físico, Químico e Biológico	Reator Anaeróbio, Tratamento da M. Orgânica	Biogás (Energia) e Lixiviado	Energia derivada dos resíduos (Waste to Energy-WTE) e Fertilizantes

Fonte: Jucá, 2011.

Os processos físicos são os que predominam na triagem de resíduos; os processos biológicos ocorrem nos tratamentos biológicos aeróbios (compostagem) e anaeróbios (como digestão anaeróbia); os processos físico-químicos ocorrem na incineração e no tratamento térmico e, por fim, os processos físico-químicos e biológicos, que ocorrem nos aterros sanitários, quan-



do consideramos essas unidades como biodigestores. No entanto, esses processos ao longo do tempo evoluíram: as unidades de triagem evoluíram para tecnologias mais recentes, como os tratamentos mecânicos-biológicos (TMB), cujos produtos são matéria-prima para reciclagem de inorgânicos e compostos orgânicos para a compostagem ou a digestão anaeróbia.

O tratamento biológico evoluiu com técnicas de compostagem mais eficientes, além dos biodigestores anaeróbios que produzem compostos orgânicos e até adubos, quando são introduzidos componentes químicos. Além disso, os biodigestores anaeróbios podem produzir energia através do metano gerado no processo de decomposição dos resíduos orgânicos.

As unidades de incineração evoluíram para tecnologias que permitem o tratamento térmico dos resíduos, com geração de energia elétrica, calor ou ciclos combinados. Neste setor, evoluíram as técnicas de co-processamento e os combustíveis derivados dos resíduos.

Os aterros sanitários sem geração de energia evoluíram tecnologicamente e podem ser considerados biodigestores anaeróbios com captação do biogás e geração de energia.

A adoção de determinada forma de tratamento implica na separação prévia dos resíduos, com base em coleta diferenciada, sem a qual não haverá resultados efetivos do tratamento ou do sistema. Outro aspecto relevante é a necessidade de analisar os resíduos sólidos urbanos em forma de cadeia produtiva, considerando sua geração (quantidade e composição), acondicionamento e coleta, diferentes tipos de tratamento e disposição final.

4.1 Triagem e Reciclagem de RSU

O processo de segregação e triagem dos resíduos sólidos urbanos sucede as operações de coleta e transporte. A adoção de coleta indiferenciada ou diferenciada é fator determinante para a especificação do tipo de triagem a ser empregada.

A coleta pode ser feita de forma convencional (também chamada de indiferenciada, na qual o gerador disponibiliza os resíduos sem nenhuma separação prévia com significativa perda de qualidade dos materiais recicláveis e do composto a ser produzido) ou diferenciada, quando a separação prévia do resíduo é feita pelo próprio gerador.

A coleta diferenciada consiste, pois, em uma coleta seletiva de materiais potencialmente recicláveis, previamente segregados nas fontes geradoras conforme sua constituição ou composição. Esse tipo de coleta é o mais recomendado e considerado o mais adequado para o tratamento de resíduos a partir da reciclagem dos materiais. A coleta do tipo indiferenciada, inclusive, já é proibida na Suíça e está em vias de proibição na UE.

No Brasil, os programas de coleta seletiva são geralmente subsidiados pelo poder público e não apresentam sustentabilidade. Assim, além de recursos dos geradores, para que esta sustentabilidade seja atingida, se faz necessário, no mínimo, o programa apresentar escala de produção, regularidade na entrega (separação) e na coleta e um mercado para aproveitamento desses materiais. Os programas de educação e comunicação social são fundamentais para a continuidade das ações e o controle social indispensável para a duração e efetividade do sistema de coleta seletiva implantada.



Após a coleta, os materiais recuperados secos são transportados para as unidades ou centrais de triagem, onde ocorrerá a separação dos materiais específicos, a limpeza e o enfardamento/acondicionamento dos materiais para que possam ser devidamente comercializados. Essas unidades são equipadas com esteiras ou mesas de catação, além de prensas, para reduzir o volume dos materiais secos e facilitar a sua estocagem e o transporte.

No Brasil uma parte significativa dos materiais reciclados se originam da catação, nas ruas, por pessoas de baixa renda. Segundo o Ministério do Meio Ambiente (2012), o Brasil possui mais de 600.000 catadores de rua em atividade. Alguns municípios têm procurado organizar essas pessoas em cooperativas ou associações de catadores de materiais recicláveis, as quais participam efetivamente do processo nas instalações das unidades ou centros de triagem de resíduos ou ainda pela catação manual na fonte geradora. De uma forma geral, a triagem de RSU é realizada de forma mecanizada ou manual. As unidades de triagem manual são adotadas em municípios onde a geração dos resíduos é pequena, entre 05 a 10 t/dia, resultando em baixos índices de produtividade e recuperação de materiais. No processo manual, o sistema utiliza silos e mesas para processamento manual. Os custos desse tipo de unidade em geral são baixos e as unidades possuem uma capacidade maior de armazenamento pré-triagem do que as unidades mecanizadas.

Normalmente as unidades de triagens mecanizadas são implantadas dentro de um galpão com infraestrutura e cobertura adequada, onde estão localizadas as esteiras de separação mecanizadas movidas por motores elétricos a velocidades programadas que são comandadas por um painel de controle liga/desliga.

48

A utilização de sistemas mecanizados é recomendada, portanto, para unidades com capacidade de tratamento superior a 15 toneladas diárias. Municípios de médio a grande porte podem receber sistemas mais complexos com o uso de moegas, separadores magnéticos e aquisição de veículos de grande porte.

As unidades de triagem participam da cadeia produtiva da reciclagem de resíduos como uma etapa intermediária entre a coleta seletiva e a reciclagem propriamente dita, fornecendo às indústrias recicladoras um resíduo segregado, limpo e beneficiado, aumentando a eficiência dos processos. Deste modo, a adoção de unidades de triagem pelos municípios contribui diretamente para a melhoria do saneamento básico e indiretamente para a redução do consumo de matéria-prima e da poluição ambiental na produção do material secundário.

O objetivo final da instalação de unidades de triagem é a preparação dos materiais para encaminhamento às indústrias de reciclagem. A reciclagem consiste no aproveitamento e transformação de resíduos (tais como papéis, plásticos, vidros e metais), por meio do seu retorno à indústria, para serem beneficiados e novamente transformados em produtos comercializáveis. Entre os vários aspectos positivos da reciclagem destacam-se a preservação de recursos naturais, economia de energia, geração de trabalho e renda, e conscientização da população para as questões ambientais.

A reciclagem depende da economia local e do mercado de cada um dos materiais triados. O custo do beneficiamento da maioria dos materiais recicláveis ainda é considerado elevado em relação ao custo de matéria-prima virgem. Sua importância está relacionada à redução do uso de recursos naturais e insumos nos processos industriais, contemplando uma inovação tecnológica denominada “Recuperação de Materiais” (Waste To Resources-WTR).



Apesar das enumeradas vantagens decorrentes da instalação de unidades de triagem, os gastos decorrentes da implantação, operação e manutenção ainda são superiores às receitas auferidas com a venda do material beneficiado. Este tratamento requer ainda, um modelo de gestão que esteja atento às necessidades de mercado, ao avanço das tecnologias de aproveitamento de novos materiais e à complexidade dos diferentes trabalhadores, intermediários e setores da indústria envolvidos.

4.2 Tratamento Biológico

O tratamento biológico envolve processos de decomposição aeróbia ou anaeróbia da matéria orgânica, resultando na produção de compostos orgânicos e, dependendo da tecnologia, energia. A seguir, são apresentadas as principais tecnologias relacionadas a esse tipo de tratamento.

4.2.1 Compostagem

A compostagem é um processo biológico de decomposição aeróbia da matéria orgânica contida em resíduos de origem animal ou vegetal. Esse processo tem como resultado final um produto que pode ser aplicado no solo para melhorar suas características de produtividade, sem ocasionar riscos ao meio ambiente. Segundo Pereira Neto (1990), a compostagem é um dos processos de reciclagem de resíduos mais antigos que o homem tem utilizado e que paradoxalmente é um dos processos cuja filosofia e princípios estão entre os mais atualizados e de acordo com as exigências modernas, já que se trata de um processo comprometido com os aspectos ambientais (devido ao tratamento dos resíduos, ao controle da poluição e à reciclagem de materiais), de saúde pública (quebra dos ciclos evolutivos de várias doenças e eliminação de vetores) e com o resgate da cidadania (cria oportunidades de empregos, incentiva práticas agrícolas, etc.).

A NBR 13591/2010 da ABNT define Usina ou Unidade de Compostagem como uma instalação dotada de pátio de compostagem e conjunto de equipamentos eletromecânicos destinados a promover e/ou auxiliar o tratamento das frações orgânicas dos resíduos domiciliares.

Adicionalmente, na unidade de compostagem é necessário também implantar a instalação da drenagem de líquidos bem como a canalização do lixiviado produzido pelas leiras, ao longo do processo de degradação, para um sistema de tratamento. Essas unidades normalmente recebem resíduos de mercados e feiras livres (ricos em matéria orgânica), junto com as folhas das podas de árvores, e produzem um composto orgânico de boa qualidade que pode ser usado em praças e jardins municipais, nas escolas e creches do município e na recomposição de áreas degradadas. Na Figura 12 é apresentada uma unidade de compostagem e na Figura 13 são apresentados os detalhes das leiras de compostagem e o reviramento mecânico, bem como a unidade de comercialização do composto orgânico.





Figura 12 - Vista superior da Unidade de Compostagem do Condado de Montgomery, Maryland – EUA (GRS/UFPE, 2012).



Figura 13 - Unidade de Compostagem do Condado de Montgomery, Maryland (a) Leiras de compostagem, (b) reviramento mecanizado e (c) comercialização do composto (GRS/UFPE, 2012).



Os principais parâmetros a serem observados durante a compostagem são a aeração e a umidade. A aeração é necessária para a atividade biológica e, em níveis adequados, possibilita a decomposição da matéria orgânica de forma mais rápida, sem odores ruins, em virtude da granulometria e da umidade dos resíduos. Já o teor de umidade dos resíduos depende da sua granulometria, porosidade e grau de compactação.

O processo de compostagem é desenvolvido por uma população diversificada de microrganismos e envolve duas fases distintas: a primeira, quando acontecem as reações bioquímicas de oxidação mais intensas, predominantemente termofílicas, e ocorre um aumento da temperatura do sistema, que pode chegar a cerca de 60°C; a segunda, ou fase de maturação, é o processo de humificação dos materiais orgânicos compostados, fase em que predominam reações mesofílicas, e em que se encontram temperaturas mais próximas à temperatura ambiente (cerca de 25° a 30°C).

Os principais tipos de compostagem são: compostagem artesanal; compostagem com reviramento mecânico; compostagem em pilhas estáticas com aeração forçada; compostagem em recintos fechados com aeração forçada. De forma geral, o processo de compostagem pode acontecer por dois métodos, a saber:

Método natural: a fração orgânica dos resíduos é levada para um pátio e disposta em pilhas de formato variável. A aeração necessária para o desenvolvimento do processo de decomposição biológica é conseguida por reviramentos periódicos, com o auxílio de equipamento apropriado (Figura 14). O tempo para que o processo se complete varia de três a quatro meses.



Figura 14 - Método natural de aeração que utiliza reviramento mecânico das leiras.
 (a) Unidade de compostagem de Montgomery e (b) detalhamento do equipamento utilizado (GRS/UFPE, 2012).



Método acelerado: a aeração é forçada por tubulações perfuradas, sobre as quais se colocam as pilhas de resíduos (Figura 15), ou em reatores rotatórios (Figura 16), dentro dos quais são colocados os resíduos, avançando no sentido contrário ao da corrente de ar. Posteriormente, são dispostos em pilhas, como no método natural. O tempo de residência no reator é de cerca de quatro dias e o tempo total da compostagem acelerada varia de dois a três meses.

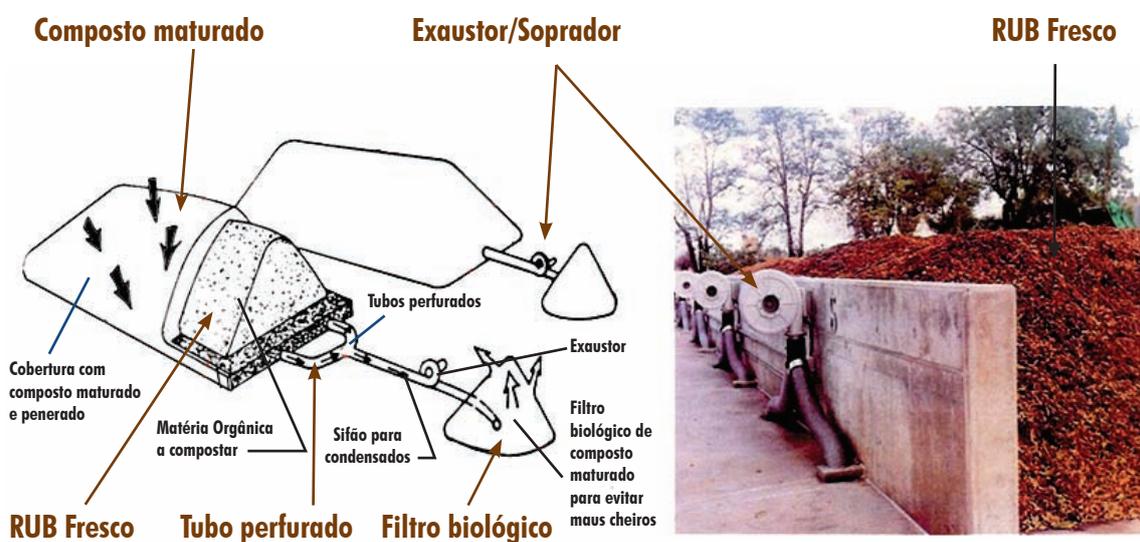


Figura 15 - Esquema de método acelerado de compostagem (GRS/UFPE, 2012).



Figura 16 - Método acelerado de compostagem em reatores rotatórios. Sistema Dano – Riba d’Ave (GRS/UFPE, 2012)



Esta tecnologia apresenta como principais vantagens:

- aumenta a vida útil do local de disposição final de resíduos;
- promove o aproveitamento agrícola da matéria orgânica pelo uso de composto orgânico no solo;
- os rejeitos podem ser dispostos nos aterros sanitários, reduzindo os problemas relativos à formação de gases e lixiviados, visto que são materiais biologicamente estabilizados;
- exige pouca mão de obra especializada;
- quando bem operadas, as unidades de compostagem não causam poluição atmosférica ou hídrica;
- geração de renda com a comercialização do composto, caso exista mercado.

As principais desvantagens da tecnologia são as seguintes:

- requer uma separação eficiente de resíduos e um tempo de processamento que pode chegar a seis meses;
- necessita de mercado para revender o composto;
- quando mal operada, os líquidos e gases gerados podem contaminar o meio ambiente e comprometer a qualidade de vida;
- os custos com a coleta diferenciada da fração orgânica dos RSU são altos;
- requer área relativamente grande para operação das leiras para maturação dos resíduos.

4.2.2 Digestão Anaeróbia

A digestão anaeróbia (DA) é um processo de conversão de matéria orgânica em condições de ausência de oxigênio livre, e ocorre em três fases. A primeira fase é ácida; depois vem a fase acetogênica e por último a fase metanogênica, com a geração de metano e gás carbônico. Na Figura 17 é apresentada uma planta de digestão anaeróbia de resíduos sólidos urbanos.





Figura 17 - Planta de digestão anaeróbia de resíduos – Unidade Tratolixo – Portugal
 Fonte: GRS, 2010.

As unidades de digestão anaeróbia, em geral, podem ser descritas tecnicamente em quatro estágios: (i) pré-tratamento, (ii) digestão dos resíduos, (iii) recuperação do biogás e (iv) tratamento dos resíduos digeridos.

A maioria dos sistemas requer pré-tratamento dos resíduos para se obter uma massa homogênea. Este consiste em um pré-processamento que envolve a separação ou triagem dos materiais não biodegradáveis, seguido por uma trituração. A triagem tem por objetivo a remoção de materiais reaproveitáveis como vidros, metais ou plásticos, ou não desejáveis (o rejeito) como pedras, madeira, etc. (Be Baere, 1995; Braber, 2003).

Os principais sistemas utilizados para tratar anaerobiamente os RSU podem ser classificados nas seguintes categorias: estágio único; múltiplo estágio; e batelada. Essas categorias podem ser ainda classificadas com base no teor de sólidos totais (TS) contidos na massa do reator. Sistemas com baixo teor de sólidos (BTS) têm menos de 15% de TS; são considerados de médio teor de sólidos quando TS estiver entre 15 e 20 %; e de alto teor de sólidos (ATS), quando TS estiver na faixa de 22 a 40% (Reichert, 2005).

A viabilidade econômica relacionada aos processos de DA pode ser alcançada a partir da redução dos custos de disposição em aterro sanitário; geração de receita derivada da produção e comercialização de energia renovável e ainda a possibilidade de comercialização de créditos de carbono (pouco significativa no presente). É importante salientar que até a presente data, no Brasil, não existe digestor anaeróbio que trate resíduos sólidos urbanos.



Essa tecnologia apresenta como principais vantagens:

- aumento da vida útil dos aterros sanitários;
- redução da fração orgânica dos RSU, responsável pelos odores desagradáveis e geração de lixiviados de alta carga poluidora nos aterros sanitários;
- maior geração de biogás e metano devido às condições controladas de umidade e temperatura dos digestores;
- permite a coleta de todo o biogás gerado (em aterros o índice de recuperação pode variar de 20 a 40 %), reduzindo assim as emissões de gases de efeito estufa;
- em seu processamento tem-se a geração de produtos valorizáveis: biogás (energia e calor) e composto orgânico.

As principais desvantagens dessa tecnologia são:

- a composição dos resíduos pode variar dependendo da localização (zona de geração) e da estação do ano, podendo comprometer o processo de biodigestão anaeróbia e conseqüentemente a qualidade do biogás e do material digerido gerado;
- necessidade de etapa posterior (como compostagem) para bioestabilização dos resíduos digeridos;
- dificuldade na operação do sistema, principalmente em termos de obstruções de canalização, principalmente em sistemas contínuos;
- necessidade de mão de obra qualificada para o processo de operação e monitoramento da planta;

4.3 Incineração

A incineração é uma das tecnologias de tratamento mais antigas existentes na Europa, Estados Unidos e Japão. Na atualidade, ela se insere nos denominados tratamentos térmicos existentes para o tratamento de resíduos sólidos.

O objetivo principal dessa tecnologia consiste no tratamento térmico e redução do volume dos resíduos com a utilização simultânea da energia contida. A energia recuperada pode ser utilizada para produção de calor e produção de energia elétrica.

A incineração é indicada para o tratamento térmico de quantidades médias de resíduos sólidos (mais de 160.000 t/ano ou 240 t/dia), sempre se trabalhando com linhas médias de



produção de 8 a 10 t/h (Gandolla, 2012) e no mínimo uma linha trabalhando 8.000 h/ano.

A incineração é um tratamento térmico de resíduos em alta temperatura (acima de 800 °C) feita com uma mistura de ar adequada durante um determinado intervalo de tempo. Os resíduos incinerados são submetidos a um ambiente fortemente oxidante, onde são decompostos em três fases: uma sólida inerte (cinzas ou escórias), uma gasosa e uma quantidade mínima líquida.

Os gases resultantes da combustão devem ser tratados antes da sua emissão para a atmosfera, pois normalmente são compostos por dióxido de carbono (CO₂), oxigênio residual (O₂), óxidos de nitrogênio (NO₂), óxidos de enxofre (SO₂) e materiais particulados. As cinzas e escórias, após comprovada sua inertização, podem ser dispostas em aterro sanitário. Os efluentes líquidos devem ser neutralizados na própria planta e direcionados para as estações de tratamento de efluentes específicas.

A recuperação total energética do incinerador moderno se situa entre 50 e 70% da energia presente nos RSU, de forma que 15 a 25% são energia elétrica e o restante é energia térmica.

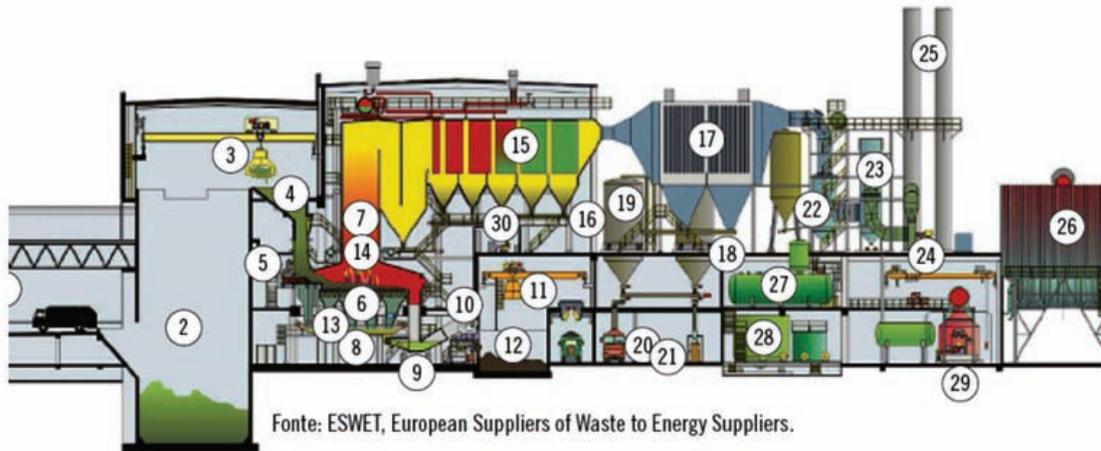
Menezes (2000) ressalta que a energia elétrica gerada por tonelada de resíduos incinerados, depende principalmente do Poder Calorífico Inferior (PCI) do resíduo tratado, que não considera a energia gasta na vaporização da água que se forma numa reação de oxidação. Além do PCI dos resíduos, o porte da usina, parâmetros do vapor gerado e o nível de aproveitamento deste também influenciam na eficiência da geração de energia elétrica (UBA, 2001).

Psomopoulos et al. (2009), USEPA (2002) e Tolmasquim (2003) apontam, respectivamente, 600 kWh/t, 550 kWh/t e 769 kWh/t, com valores médios de geração de energia elétrica por tonelada de resíduos encontrados nas atuais usinas de incineração. O dimensionamento de uma planta de tratamento deve levar em consideração a composição dos RSU e seu poder calorífico, que varia muito. Como evolução disso, em 1954, o poder calorífico na UE era de 2.000 kcal/kg e hoje chega a 3.000 kcal/kg, o que é determinante no estudo de viabilidade econômica de uma planta. Também são fatores importantes para a viabilidade de uma planta, a segregação dos resíduos na fonte, o clima, a forma de coleta, entre outros.

O método normalmente aplicado para o tratamento de RSU via incineração é o do ciclo combinado, em que se tem a geração de energia elétrica e de calor juntamente com a eliminação dos resíduos. O método normalmente aplicado para o tratamento de RSU via incineração é o do ciclo combinado, onde a geração de energia elétrica e de calor ocorre simultaneamente com o tratamento de resíduos. A capacidade de geração depende da eficiência da transformação do calor em energia elétrica e do poder calorífico do material incinerado (MME, 2008). A incineração é aconselhável para o tratamento térmico de grandes quantidades de resíduos sólidos (mais de 160.000 t/ano ou 240 t/dia), sempre se trabalhando com linhas médias de produção de 18 t/h.

Na Figura 18 são apresentados, de forma ilustrativa, os principais equipamentos e um diagrama esquemático de um incinerador (unidade de recuperação energética de RSU).





- | | | |
|---|--|--|
| 1 - Local de Recebimento de RSU | 11 - Talha de Cinzas de Fundo | 21 - Ensacamento de Cinzas e Resíduos |
| 2 - Poço de Armazenamento de RSU (Bunker) | 12 - Poço de Armazenamento Auxiliar (Bunker Auxiliar) | 22 - Lavador de Gases |
| 3 - Ponte Rolante de RSU | 13 - Ar de Combustão Primário | 23 - Filtro de Mangas |
| 4 - Moega de Alimentação | 14 - Ar de Combustão Secundário + Sistema de Abatimento de NOx | 24 - Ventilador de Tiragem Induzida |
| 5 - Alimentador da Grelha | 15 - Caldeira de Recuperação de Calor | 25 - Chaminé |
| 6 - Grelha de Incineração | 16 - Transportador de Cinzas de Caldeira | 26 - Aerocondensador |
| 7 - Fornalha | 17 - Reator de Tratamento de Gases de Combustão | 27 - Tanque de Água de Alimentação |
| 8 - Transportador/Peneira de Cinzas | 18 - Transportador de Resíduos do Tratamento de Gases de Combustão | 28 - Planta de Tratamento de Água (Desmineralização) |
| 9 - Extrator de Cinzas de Fundo | 19 - Silo de Cinzas de Caldeira e Resíduos do Tratamento de Gases de Combustão | 29 - Turbina / Gerador |
| 10 - Peneira Vibratória | 20 - Estação de Carregamento de Cinzas e Resíduos | 30 - Sala de Controle |

Figura 18 - Incinerador de resíduos sólidos.
 Fonte: SESWET, European Suppliers of Waste to Energy Suppliers – ABRELPE, 2012.



Figura 19 - Planta de incineração de resíduos (Lipor, Portugal).
 Fonte: Alessandra Lee Barbosa Firmo, 2012.



Dentre as vantagens apontadas na literatura destacam-se a destruição da maior parte dos componentes do resíduo promovendo uma significativa redução de volume. Este aspecto é muito relevante em locais de baixa disponibilidade de áreas para tratamento e disposição dos resíduos. Além desta, é possível destacar as seguintes vantagens:

- Potencial de recuperação de energia superior aos aterros;
- Necessidade de menor área para instalação;
- Redução na emissão de odores e ruídos.

Entre as principais desvantagens destacam-se:

- Elevados custos de instalação, operação e manutenção do tratamento dos resíduos;
- Inviabilidade de produção em caso de resíduos com umidade excessiva, pequeno poder calorífico ou clorados.

Os incineradores na Europa, Estados Unidos e Japão operam ao abrigo de uma legislação ambiental rigorosa, requerendo um maior custo para atender a mais alta tecnologia de controle de poluição atmosférica. Com respeito a outras tecnologias como gaseificação, pirólise e arco de plasma, existem poucas instalações em operação nos Estados Unidos, Europa e Japão. Assim, ainda não existem dados suficientes para analisar e comparar o desempenho ambiental e econômico dessas tecnologias com as outras.

A única norma sobre o tema trata da incineração de resíduos sólidos perigosos e foi instituída em 1990, NBR 11.175/90 – Incineração de resíduos sólidos perigosos – padrões de desempenho – procedimento. É importante enfatizar que essa Norma tem 22 anos e não se aplica a resíduos sólidos urbanos. No entanto, existem algumas resoluções que podem ser aplicadas a RSU:

- **Resolução SMA-079**, de 04 de novembro de 2009, da Secretaria de Estado do Meio Ambiente de São Paulo, publicada no DOE-SP, de 05-11-09, Seção i, p. 44-45, que “Estabelece diretrizes e condições para a operação e o licenciamento da atividade de tratamento térmico de resíduos sólidos em Usinas de Recuperação de Energia – URE”.
- **Resolução CONAMA Nº 316**, de 29 de outubro de 2002. Dispõe sobre procedimentos e critérios para funcionamento de sistemas de tratamento térmico de resíduos. É importante frisar que essa resolução estabelece que para a queima dos resíduos sólidos urbanos é necessário que ocorra a reciclagem de no mínimo 30% desses resíduos sólidos.



4.4 Combustíveis Derivados de Resíduos (CDR)

O CDR é produzido por trituração de RSU para utilização como combustível, também conhecido na Europa como RDF – *Refuse Derived Fuel*. O CDR é um termo que se aplica a materiais com um valor calorífico elevado (normalmente, cerca de 18 megajoules por quilograma), recuperados da coleta de resíduos. Os principais beneficiários desse material são os fornos de cimento e as centrais de energia elétrica.

Em relação à produção de CDR, o mais importante é a recuperação de energia e a otimização da logística (transporte e armazenamento) dos resíduos. Quanto a sua composição, o CDR deve ser composto de material orgânico com baixa umidade, e não deve possuir frações de contaminação crítica (por exemplo, metais pesados, como Cr, Cd, Pb, Hg, etc), nem substâncias orgânicas críticas (substâncias halogenadas, medicamentos ou resíduos infectados, etc), pois essas frações críticas geram um CDR de má qualidade.

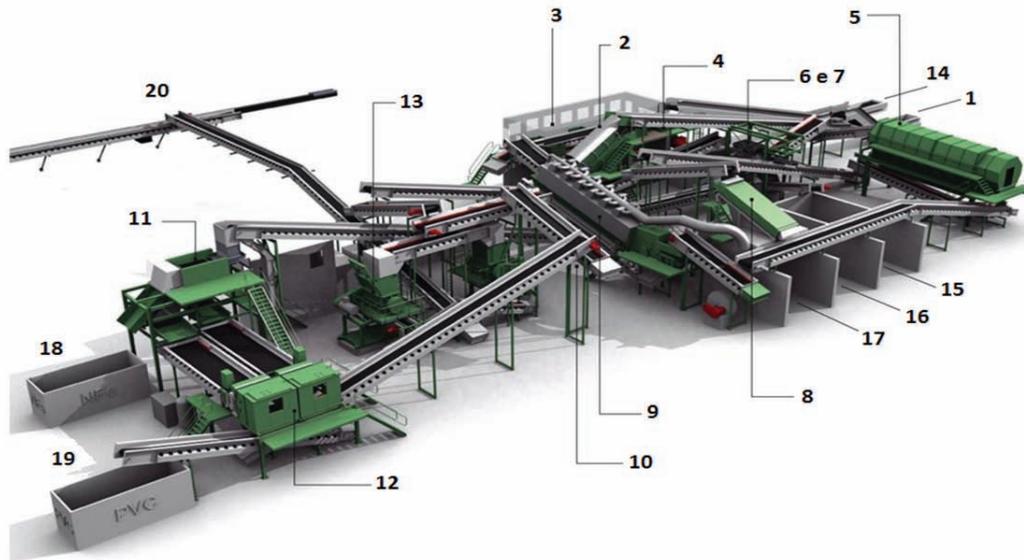
As principais etapas de produção do CDR são as seguintes:

1. Remoção dos componentes indesejados dos resíduos, no momento da coleta ou imediatamente após, nos centros de triagem.
2. Trituração, para a otimização das fases sucessivas, conforme a instalação de combustão para a qual o CDR se destina.
3. Secagem para evitar possíveis processos de fermentação e para melhorar o poder calorífico do CDR.
4. Refino, para qualquer nova redução de frações indesejáveis.
5. Peletização, para aumentar a densidade de energia como uma função do transporte ou armazenamento.

As etapas 1 a 3 são obrigatórias na produção, enquanto as etapas 4 e 5 são opcionais e dependem da qualidade final desejável para o produto, das condições de armazenagem, além da logística do transporte.

O processo de produção do CDR gera rejeitos que devem ser eliminados. O percentual destes rejeitos variam de 20 a 80%, dependendo da qualidade do resíduo e do tipo de coleta e separação dos mesmos. Nas Figuras 20, 21 e 22 são apresentadas ilustrações representativas de unidades de produção de CDR em atividade na Europa.





- 1 - Input: resíduos de coleta diferenciada (com baixo teor orgânico) e diâmetro < 1000 mm.
- 2 - Peneira de separação: classifica os resíduos em < 200 mm e > 200 mm.
- 3 - Cabine de separação manual: saída de madeira, papel/cartão entre 200-1000 mm.
- 4 - Peneira primária: entre 0 – 200 mm.
- 5 - Crivo rotativo: separa em duas frações: 0 – 50 mm e 50-200mm.
- 6 e 7 - Separador magnético.
- 8 - Peneira dinâmica (flip-flop): separa em duas frações 0 – 30 mm e 30 – 50 mm.
- 9 - Separador de duplo tambor: separação dos resíduos conforme frações leves, moderadas e pesadas.
- 10 - Tambor magnético: separação de materiais ferrosos das frações.
- 11 - Separador de corrente (tipo Eddy): separação de materiais não ferrosos das frações moderadas e pesadas.
- 12 - Separador de infravermelho: separação de materiais contendo cloretos das frações moderadas e pesadas.
- 13 - Peneira secundária: granulação paralela para produção do CDR.
- 14 - Entrada secundária: fardos de plásticos mistos.
- 15 - Saída de materiais ferrosos.
- 16 - Saída de frações finas entre 30-200mm.
- 17 - Saída das frações finas entre 0-30mm.

Figura 20 - Esquema ilustrativo de unidade de produção de CDR.
Fonte: Adaptado de Garb-Oil Power Corporation, 2009.



Figura 21 - Unidade de CDR
Fonte: METSO, 2012





Figura 22 - Unidade de produção de CDR.

Fonte: GRS, 2012.

A produção de CDR requer quantidades de energia significativas, especialmente de energia elétrica, pois corresponde ao tratamento essencialmente mecânico com grande desgaste de materiais (trituração) e gasto de energia. Do ponto de vista da energia, essa operação é sustentável desde que o saldo total de energia (da coleta até o destino final dos resíduos após a sua combustão) seja positivo, e mais ainda, que não produza resíduos combustíveis contaminados.

Os principais usuários do CDR são as indústrias de cimento, os incineradores de resíduos com recuperação de energia, além das indústrias de geração de energia industrial.

Essa tecnologia apresenta como principais vantagens:

- interrupção dos processos biológicos da fermentação, a fim de preservar e armazenar o substrato por meses e anos;
- possibilidade de armazenamento em silos, o que permite melhor modulação da produção de energia, em comparação com a queima direta de resíduos sólidos urbanos;
- armazenamento dos briquetes em paletes, racionalizando o transporte de longa distância, evitando a dependência de planta próximo à unidade;
- o fato de serem considerados como unidades de pré-tratamento dos RSU;
- agregação de valor aos resíduos;
- transformação dos resíduos sólidos urbanos em alternativa energética;
- possibilidade de instalação em áreas industriais próximas aos centros urbanos e aos grandes consumidores de energia;
- redução das emissões e geração de poluentes, possibilitando a obtenção de



Créditos de Carbono;

- prolongamento da vida útil de aterros existentes.

Principais desvantagens:

- alto consumo de energia elétrica, que é dissipada (não-recuperável);
- dissipação dos metais ao meio ambiente pela utilização dos metais dos trituradores nas ligas desses equipamentos;
- possibilidade de contaminação do CDR pela presença de metais.

4.5 Coprocessamento de RSU

O coprocessamento não é uma tecnologia aplicável para o tratamento de resíduos sólidos urbanos, mas é um processo indicado para o tratamento de resíduos industriais em estado líquido, sólido e/ou pastoso. Esse processo é utilizado em fornos de clínquerização das indústrias cimenteiras, onde, em altas temperaturas, os resíduos são destruídos ao mesmo tempo em que são utilizados como energia alternativa para os fornos, em substituição aos combustíveis fósseis ou matéria-prima.

No Brasil essa alternativa tecnológica para tratamento dos resíduos industriais vem sendo adotada por algumas indústrias cimenteiras. Nesse processo são utilizados diversos tipos de resíduos, os chamados combustíveis alternativos do processo.

A prática do coprocessamento de resíduos na indústria de cimento tem se expandido devido à necessidade crescente de uma destinação ambiental e socialmente mais adequada de resíduos provenientes de diversos processos industriais. Vários estudos vêm sendo conduzidos com o objetivo de se conhecer melhor os aspectos envolvidos nessa prática, já adotada em muitos países, inclusive no Brasil.

Em casos específicos de incineradores planejados para coprocessamento, a utilização de RI nas cimenteiras traz o risco de metais, como o cromo, que levariam mais de 50 anos para se dissiparem, se incorporados ao cimento. Daí a importância de se utilizar resíduos selecionados. Por outro lado, o cádmio e o mercúrio, que não ficam incorporados ao concreto, ficam incorporados ao gás, o que também gera grandes impactos ambientais.

Essa tecnologia apresenta como principal vantagem a melhoria do desempenho econômico (menor consumo energético) da indústria cimenteira e traz como principais desvantagens:

- inexistência de uma legislação sobre esse processo de tratamento de resíduos bem como a ausência de Normas Técnicas para essa tecnologia;
- falta de acompanhamento por parte dos órgãos de controle ambiental sobre os níveis de emissões das unidades cimenteiras.



4.6 Aterros Sanitários

O Aterro Sanitário, além de ser o local de disposição final dos resíduos, também pode ser considerado como uma tecnologia de tratamento de resíduos dada a ocorrência de um conjunto de processos físicos, químicos e microbiológicos, sob a forma de um reator anaeróbio, que tem como resultado uma massa de resíduos, química e biologicamente, mais estável (Recesa, 2010). Segundo a NBR 15.849/2010, os aterros sanitários consistem em uma instalação para a disposição de resíduos sólidos no solo, localizada, concebida, implantada e monitorada segundo princípios de engenharia e prescrições normalizadas, de modo a maximizar a quantidade de resíduos disposta e minimizar impactos ao meio ambiente e à saúde pública.

Assim, o aterro sanitário, cuja utilização vem se expandindo no Brasil, é a tecnologia universal de disposição final de resíduos sólidos urbanos, imprescindível, mesmo nos países onde existem outras tecnologias de tratamento, como incineração, compostagem e reciclagem. Atualmente, para se cumprir o que determina a PNRS, antes de encaminhar os resíduos sólidos ao aterro sanitário, deve-se primeiramente reciclá-los, tratá-los e/ou reutilizá-los, visando prolongar sua vida útil. Assim, devem ser enviados para o aterro sanitário apenas rejeitos, que são os resíduos que não podem ser mais recuperados sob nenhuma forma, ou ainda, aqueles para os quais não existe mercado.

Em um aterro sanitário, existem diversos elementos que devem ser projetados e planejados com base em critérios de engenharia, tais como sistema de impermeabilização de base, sistema de drenagem de águas superficiais, drenagem de líquidos e gases gerados na decomposição da massa de resíduos, sistema de cobertura dos resíduos, unidades de tratamento de lixiviados e outros. Esse conjunto de sistemas e unidades visa garantir a segurança do aterro, o controle de efluentes líquidos, a redução das emissões gasosas, bem como a redução de riscos à saúde da população, garantindo assim o correto recebimento e tratamento dos resíduos, com menor impacto ambiental e proteção da saúde pública. A concepção de cada um desses elementos depende do tipo de aterro, das características dos resíduos, do terreno, etc.

A disposição dos resíduos em aterros obedece à classificação regulamentada pelas normas brasileiras. Os resíduos que podem ser dispostos nos aterros sanitários são aqueles considerados não perigosos, ou seja, resíduos Classe IIA e Classe IIB. Os resíduos de Classe IIA são aqueles considerados não inertes e que podem possuir as propriedades de biodegradabilidade, combustibilidade ou solubilidade em água (por exemplo: matéria orgânica e papel), enquanto os resíduos de Classe IIB são considerados inertes, e correspondem àqueles que, quando amostrados de forma representativa e submetidos ao contato com água destilada ou deionizada, à temperatura ambiente, não apresentam nenhum de seus constituintes solubilizados em concentrações superiores aos padrões de potabilidade de água, exceto aspectos de cor, turbidez, dureza e sabor (exemplo: vidros, plásticos e borrachas) regulamentados pela NBR nº 10.004/04. Embora sejam resíduos Classe IIB, os Resíduos da Construção Civil não podem ser dispostos em aterros sanitários.

De acordo com as normas brasileiras, para atender a PNRS, podem ser empregados aterros sanitários com ou sem geração de energia e aterros sanitários de pequeno porte.

Os aterros sanitários são normatizados pela NBR 8419/1984 e têm como finalidade prevenir danos à saúde pública, minimizando ainda os impactos ambientais decorrentes da disposi-



ção dos resíduos. Para tanto, são utilizadas técnicas de confinamento de modo a reduzir os resíduos ao menor volume permissível, ocupando a menor área possível, executadas segundo critérios específicos de engenharia. Diariamente, a área das células de resíduos é coberta na conclusão de cada jornada de trabalho, ou a intervalos menores, se necessário.

Os aterros sanitários podem ser classificados de acordo com a forma em que são projetados, como descrito a seguir:

ATERRO EM VALA: instalação para disposição de RSU no solo, em escavação com profundidade limitada e largura variável, confinada em todos os lados, dando oportunidade a uma operação não mecanizada.

ATERRO EM TRINCHEIRA: instalação para disposição de RSU no solo, em escavação sem limitação de profundidade e largura, que se caracteriza por confinamento em três lados e operação mecanizada.

ATERRO EM ENCOSTA: instalação para disposição de RSU no solo, caracterizada pelo uso de taludes pré-existentes, usualmente implantados em áreas de ondulações ou depressões naturais, encostas de morros ou pedreiras e áreas de mineração desativadas.

ATERRO EM ÁREA: instalação para disposição de RSU no solo, caracterizada pela disposição em áreas planas acima da cota do terreno natural.

Na Figura 23 é exibido um aterro sanitário em área, método de disposição de resíduos sólidos.



Figura 23 - Aterro sanitário de resíduos sólidos urbanos.

Fonte: IPT, 2000.



Os aterros também podem ser classificados segundo o método de construção aplicado, quais sejam, método de encosta e método de trincheiras ou valas. No método de encosta se utiliza terreno com declive, no qual os rejeitos vão sendo depositados seguindo a declividade existente, fazendo o recobrimento necessário no final de cada dia e assim prossegue até a célula em construção ficar no mesmo plano do topo do declive na parte superior e lateralmente continuar ainda em forma de rampa (Figura 24).

ATERRO SANITÁRIO EM ENCOSTA

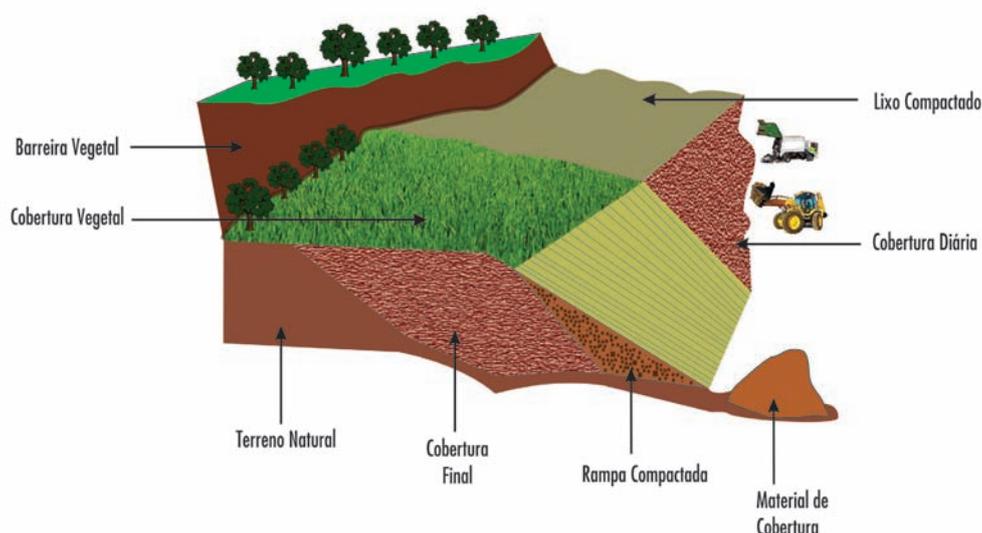


Figura 24 - Aterro sanitário em encosta.
Fonte: José Dantas de Lima, 2003.

No método de trincheira utiliza-se um terreno plano onde são escavadas valas ou trincheiras de dois a três metros de profundidade. Dependendo do lençol freático, a profundidade pode atingir valores superiores a três metros. Nesse método o material escavado da vala serve para cobertura do próprio aterro. Durante o processo, os rejeitos devem ser descarregados e compactados dentro da vala e coberto no final de cada dia com uma camada entre 20 e 30 cm de solo escavado na própria vala. A camada final de cobertura deve ter uma espessura mínima de 60 cm e elevada acima da superfície natural do terreno para compensar a acomodação do mesmo quando da decomposição do lixo. Deve-se também cuidar do completo sistema de drenagem de águas pluviais que devem ser encaminhadas para fora da vala.

Para evitar inundação da vala ou trincheira em época de chuva, devem ser construídas canaletas perimetralmente à vala para captação das águas pluviais. A fim de evitar desmoronamento, a vala deve ser escavada com as paredes laterais inclinadas atendendo o ângulo de repouso do terreno. Na escolha do local para implantação do aterro, a qualidade do solo é de fundamental importância. Não se deve escolher terreno com permeabilidade alta para não contaminar o lençol freático, atendendo assim a uma permeabilidade menor que 10^{-6} cm/s, nem terreno muito rochoso devido ao elevado custo de escavação. Na Figura 25 é apresentado um aterro em vala.



ATERRO SANITÁRIO EM VALAS

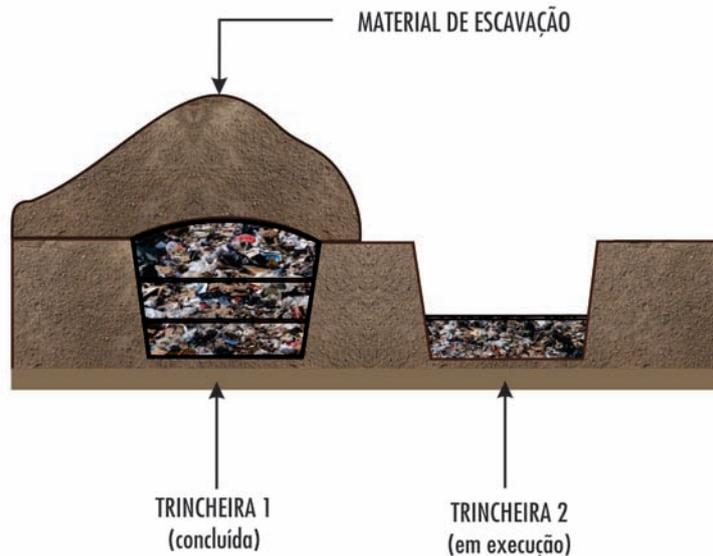


Figura 25 - Aterro sanitário em valas.
Fonte: José Dantas de Lima, 2003.

O aterro sanitário com geração de energia é aquele que utiliza a drenagem dos gases gerados nos processos de decomposição anaeróbia dos resíduos e os encaminha, por meio de tubos coletores, para uma unidade de geração de energia. Nesse caso, os aterros sanitários passaram por uma evolução tecnológica e podem ser considerados digestores anaeróbios (sistema físico, químico e biológico), em que a biodegradação dos resíduos possui como meta a redução do volume aterrado, otimizando áreas e reduzindo custos operacionais, e o aproveitamento energético do biogás. Este ganho de eficiência na produção de metano deverá ser obtido pelas condições de projeto e operação, pela composição dos resíduos, pela composição microbiológica dos nutrientes presentes na massa de resíduos, e ainda, pela densidade e umidade de sua disposição.

Conclui-se que o termo energia dos resíduos (Waste to Energy-WTE) também expressa uma inovação tecnológica dos aterros sanitários, sob condições específicas de controle já referidas. Essas inovações tecnológicas permitiram uma maior eficiência operacional, reduzindo as emissões atmosféricas de metano e dióxido de carbono (gases de efeito estufa) e, assim, a possível obtenção, de algum recurso financeiro (mesmo que pouco atualmente), pela certificação de projetos de redução de emissões e a posterior venda das reduções certificadas de emissões, dentro do escopo dos projetos de MDL.

Nos municípios menores, que têm uma pequena geração diária, é possível a implementação de aterros sanitários de pequeno porte. Esses aterros são normatizados pela NBR 15849/2010, e utilizados em municípios que disponham de até 20 (vinte) toneladas por dia de RSU em aterros. De acordo com a norma, dependendo dos condicionantes físicos locais, é possível adotar um sistema simplificado que reduza os elementos de proteção ambiental sem prejuízo da minimização dos impactos ao meio ambiente e à saúde pública, a depender dos órgãos de controle ambiental.



Essa tecnologia apresenta como principais vantagens:

- possibilidade de se utilizar áreas já degradadas por outras atividades (ex: área utilizada como pedreira, etc.);
- possibilidade de receber e acomodar rapidamente quantidades variáveis de resíduos, sendo bastante flexível;
- recebimento de resíduos de diversas naturezas (classe IIA e IIB);
- adaptável a comunidades grandes ou pequenas;
- apresentação de menores custos de investimento e operação que outras tecnologias;
- utilização de equipamentos e máquinas usadas em serviços de terraplanagem;
- simples operacionalização, não requerendo pessoal altamente especializado;
- possibilidade de aproveitamento energético do biogás;
- não causa danos ao meio ambiente se corretamente projetado e executado.

Principais desvantagens:

- necessidade de grandes áreas para aterro, muitas vezes, longe da área urbana, acarretando despesas adicionais com transporte;
- possibilidade de desenvolvimento de maus odores;
- possibilidade de deslocamento de poeiras;
- alteração da estética da paisagem;
- diminuição do valor comercial da terra;
- interferência da meteorologia na produção de lixiviados que requisitam tratamento adequado;
- período pós-fechamento relativamente longo para a estabilização do aterro, incluindo efluentes líquidos e gasosos;
- controle dos riscos de impactos ambientais de longo prazo.







5

Tratamento e disposição final de resíduos sólidos no exterior e no Brasil



Apresenta-se a seguir o diagnóstico da gestão de resíduos sólidos urbanos (RSU) no exterior e no Brasil que inclui a análise das informações e a identificação da legislação específica de cada país/região, a fim de permitir um conhecimento mais aprofundado dos dados.

5.1 Exterior

5.1.1 União Europeia

A União Europeia (UE) representa a união econômica e política de 27 países (Estados-membros independentes), possui uma área total de aproximadamente 4,32 milhões de km² (equivalente a 50% da área total do Brasil) e cerca de 494.070.000 de habitantes (cerca de 2,5 vezes a população brasileira e 7,3% da população mundial), com uma densidade demográfica de 114 habitantes/km². No ano de 2010, gerou um PIB de U\$ 16 trilhões de dólares, que representa cerca de 25% do PIB global.

a) Geração de resíduos

A produção de RSU na UE em 2010 foi estimada em 252 milhões de toneladas (Eurostat, 2012). A Figura 26 apresenta a quantidade de resíduos sólidos urbanos gerados por cada Estado-membro da UE, expressa em quilograma por habitante por ano, referente ao ano de 2010.

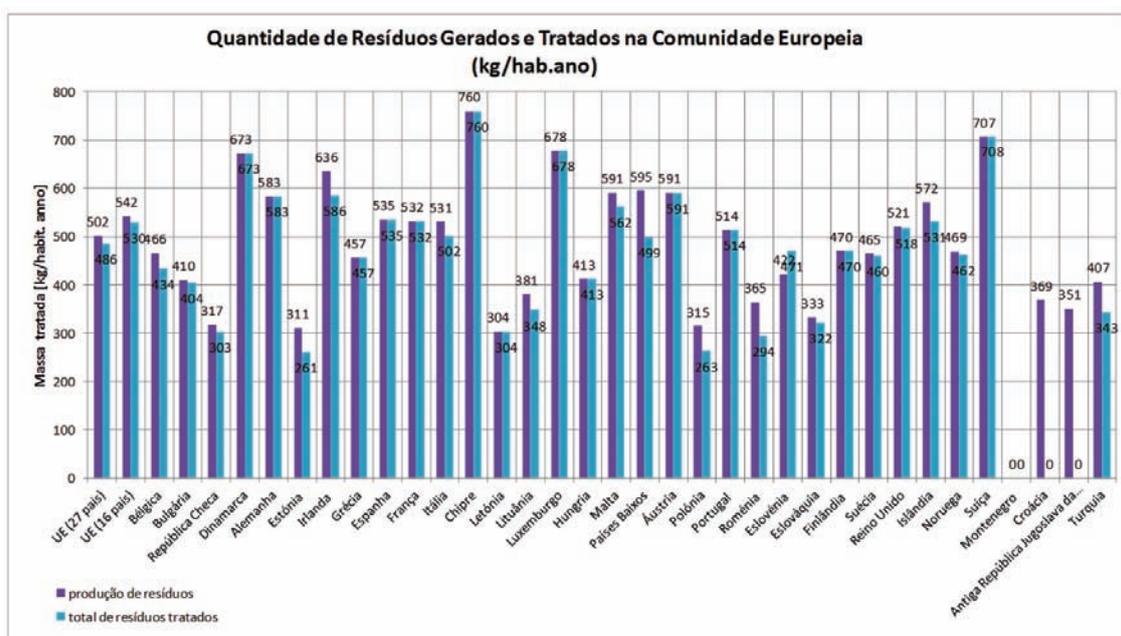


Figura 26 – Resíduos urbanos gerados por Estados-membros em 2010 em Kg/habitante.ano.

Fonte: Eurostat – Centro de dados sobre resíduos, 2012.



A quantidade de resíduos varia em cada Estado-membro e essas variações refletem as diferenças nos padrões de consumo e no poder econômico dos países, e depende, diretamente, das formas de coleta e gestão dos RSU. Na maioria dos países, os resíduos sólidos domiciliares giram entre 60 a 90% dos RSU, enquanto o restante pode ser atribuído a fontes comerciais e administração.

Estima-se que em 2020 serão gerados 45% a mais de RSU do que em 1995, o que justifica o paradigma citado de redução da geração de resíduos, como primeiro pilar da política de gestão. Assim, esse é o maior desafio não só para os países membros da UE, como para todos os demais países do mundo (Eurostat, 2012).

b) Composição dos resíduos

A Figura 27 (Eurostat, 2012), apresenta o percentual dos resíduos totais gerados no ano de 2008 por atividade e setor produtivo, onde observa-se que 10% representam os resíduos domésticos (e de estabelecimentos comerciais que geraram resíduos semelhantes). Enquanto que a Figura 28 representa a composição gravimétrica média dos resíduos totais gerados na UE-27 em 2008, onde cerca de 2/3 consistiam em resíduos minerais provenientes de atividades de mineração, extração, construção e demolição.



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

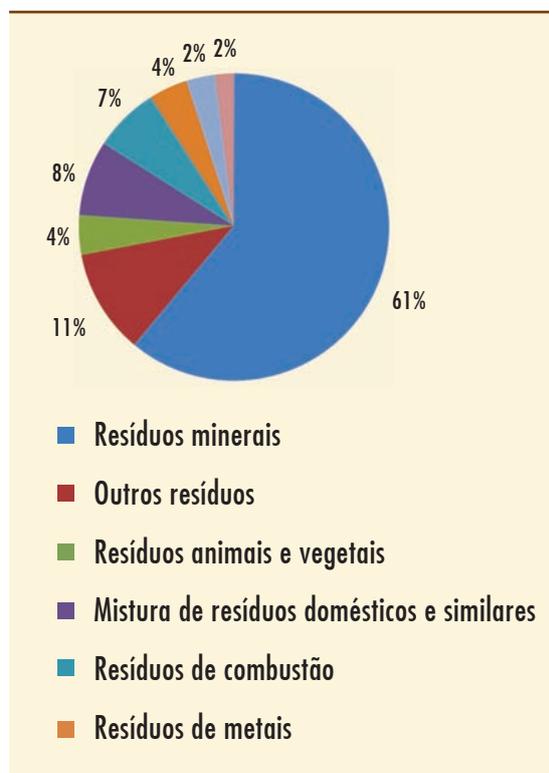


Figura 28 - Classificação dos resíduos totais gerados na União Europeia no ano de 2008.

Fonte: Eurostat - Centro de dados sobre resíduos, 2012.



c) Tecnologias para tratamento e disposição final dos RSU

Na Europa existem diversas alternativas tecnológicas utilizadas para tratar e destinar os RSU, que variam de país para país em razão de suas políticas públicas e das legislações vigentes, sendo as principais a reciclagem, a compostagem, a digestão anaeróbia, o tratamento mecânico biológico, a incineração com geração de energia e o aterro sanitário.

De maneira geral, pode-se dizer que o tratamento de RSU na Comunidade Europeia sofreu uma mudança significativa durante o período de 1995 a 2010. O aterro foi a forma de tratamento e disposição final mais comum no início do período, com uma participação de 62% na quantidade de resíduos tratados. Em 2005, essa participação caiu para 50% e em 2010 tinha reduzido ainda mais, para 38%. Cerca de 13% dos resíduos foram incinerados em 1995 e essa participação subiu para 22% em 2010. Já a percentagem de resíduos reciclados era de 10% em 1995, e em 2010 subiu para 25%. Os compostados saíram de 5% para 15%, indicando a evolução do tratamento de resíduos nesse período. A Figura 29, na página seguinte, apresenta o tipo e o percentual da quantidade de resíduos tratados nos Estados-membros da Comunidade Europeia.

Nessa figura também pode-se observar uma grande diferença no tratamento dos RSU entre os Países membros da UE. Os Países do Norte da Europa (Suíça, Alemanha, Países Baixos, Áustria, Suécia, Bélgica e Dinamarca), com maior PIB, condições climáticas adversas e limitação de espaço, assim como maior consciência ambiental, apresentam um maior percentual de reciclagem e de compostagem, além de maior necessidade de incineração dos resíduos que o restante dos Países da UE. A quantidade de resíduos depositados em aterros sanitários também é menor. Já países como Itália, Reino Unido, Finlândia, Portugal e Espanha, apesar de apresentarem um percentual acima de 30% de reciclagem e compostagem, apresentam percentuais em torno de 10% de resíduos incinerados e entre 50 e 70% de resíduos depositados em aterros, o que demonstra uma opção pela técnica de aterramento ao invés da incineração. Já os Países do Leste Europeu, apresentam baixos percentuais de reciclagem, compostagem e incineração.

Pela figura, nota-se que o princípio de reaproveitamento dos resíduos é a base da política europeia para a gestão dos mesmos. Assim, percebe-se que a incineração não inviabiliza a reciclagem e a compostagem dos resíduos, visto que, os países que mais reciclam são também aqueles que mais incineram seus resíduos, e os que possuem políticas claras de valorização dos resíduos.

A Figura 30 apresenta, de forma geral, a relação entre a quantidade e percentual de resíduos gerados e a evolução do tipo de tratamento no período de 1995 a 2010, onde se observa uma redução na disposição de resíduos em aterros e um aumento da reciclagem e compostagem.



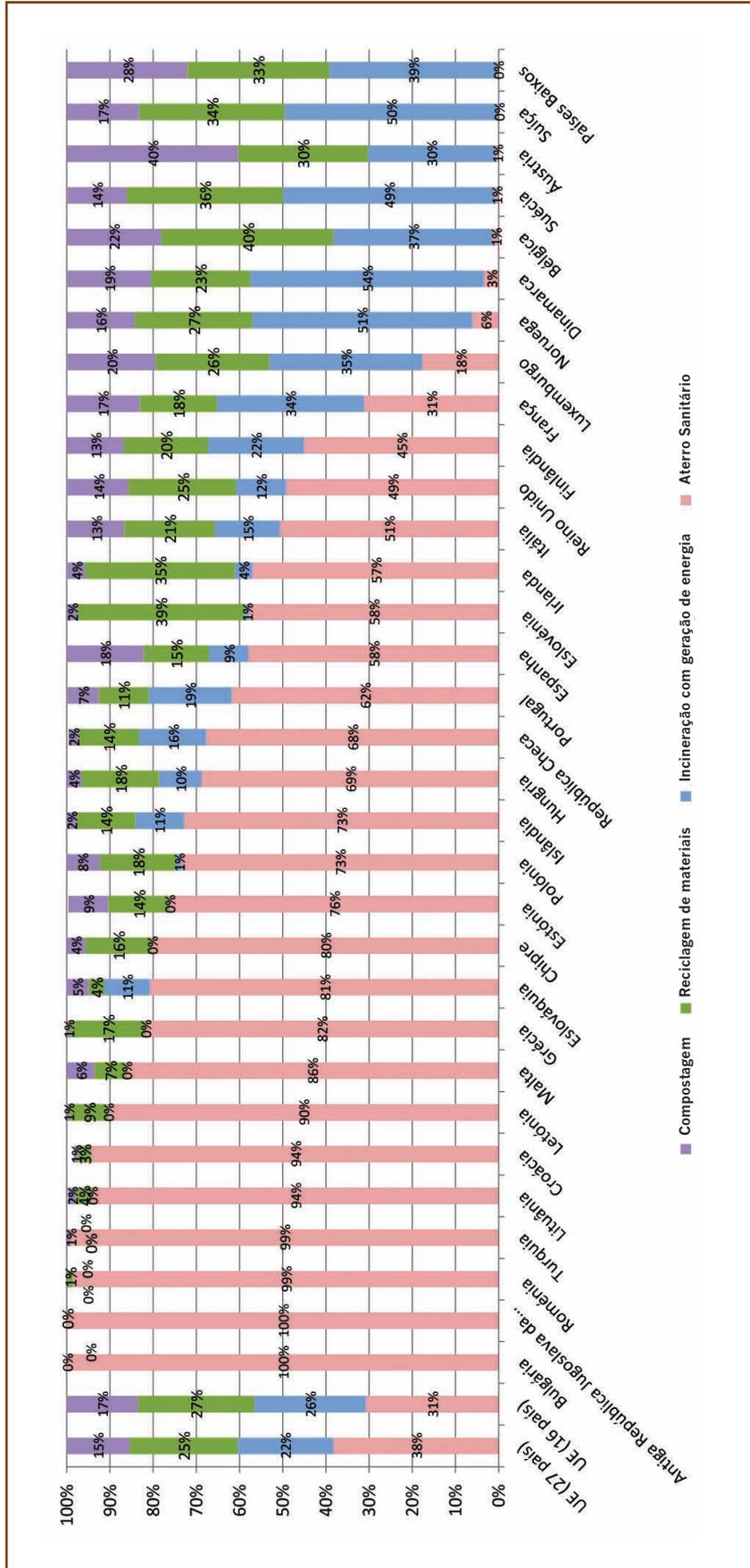


Figura 29 – Tipo de Tratamento dos resíduos sólidos gerados por Estados-membros em 2010.
Fonte: Eurostat – Centro de dados sobre resíduos, 2012.



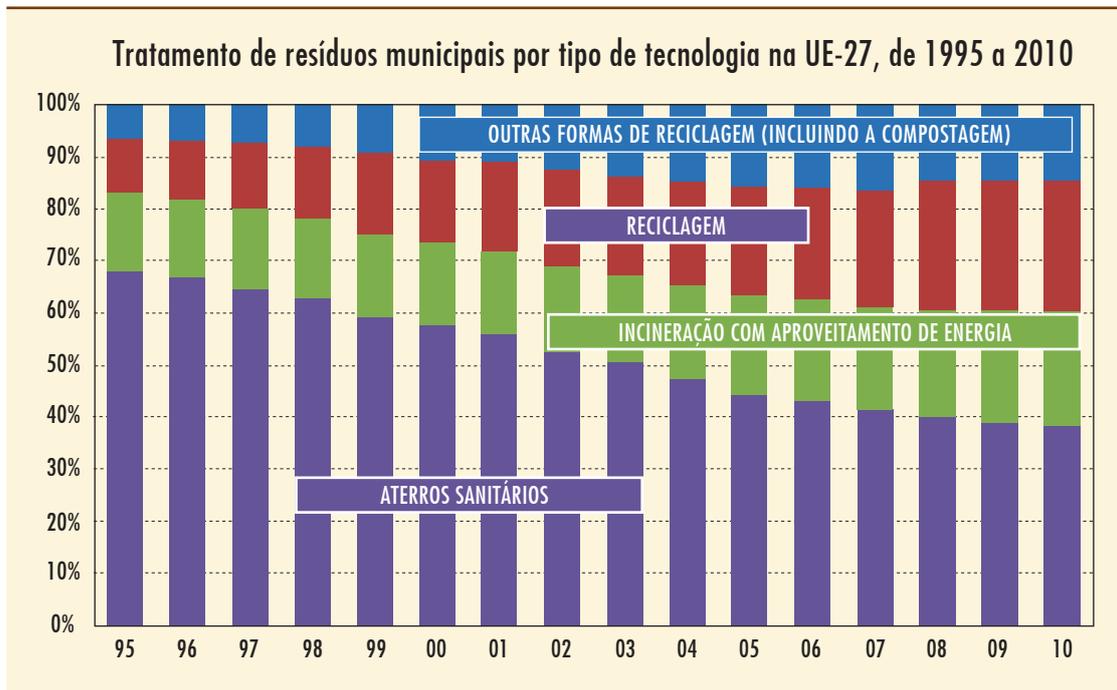


Figura 30 – Quantidade de resíduos por tipos de tecnologias utilizadas no tratamento de resíduos municipais na Europa, no bloco dos 27 Estados-membros, dentre os anos de 1995 a 2010. (Fonte: Eurostat, 2012).

5.1.2 Estados Unidos

Os Estados Unidos da América (EUA) possui 50 Estados e um Distrito Federal. Com uma área total de 9,37 milhões de km² (10% maior que o Brasil) e cerca de 308.745.538 habitantes no ano de 2010 (1,6 vezes maior que o Brasil), apresenta uma densidade demográfica de 33 habitantes por km². No ano de 2010, gerou um PIB de cerca de U\$14,6 trilhões, representando aproximadamente 23% do PIB global.

a) Geração de resíduos

Anualmente a Agência de Proteção Ambiental Norte-Americana (US-EPA) publica um relatório apresentando a situação da geração, reciclagem e disposição final de RSU nos EUA, com base em dados coletados e medidos por mais de 50 anos. Ao longo das cinco décadas, a geração de RSU tem modificado substancialmente. A Figura 31 apresenta os dados publicados pela EPA em 2011, indicando que no ano de 2010, os americanos geraram cerca de 250 milhões de toneladas de RSU. Comparando a quantidade produzida entre 2005 e 2010, houve uma redução de 2,8 milhões de toneladas. Isso demonstra que em 5 anos, apesar do aumento do número de habitantes, foi interrompida uma taxa de crescimento de geração de resíduos observada desde 1960. Esta redução pode ter ocorrido devido a crise mundial que se iniciou em 2008.



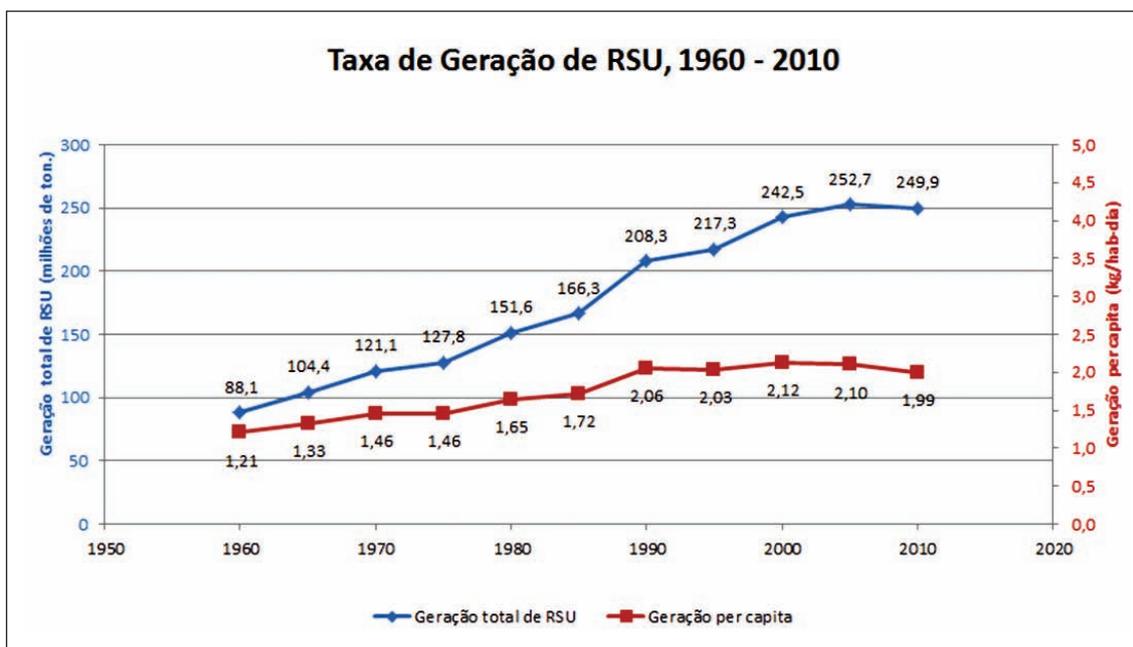


Figura 31 – Geração de RSU total e geração per capita, desde 1960 até 2010.
 FONTE: EPA, 2011.

b) Composição dos resíduos

Conforme estimativas da US-EPA (2012), resíduos provenientes de residências representam 55% a 65% do total de RSU. Os resíduos comerciais (incluindo resíduos de escolas, instituições e empresas) constituem cerca de 35% a 45% do total dos resíduos urbanos. Entretanto, esses valores sofrem variações devido aos fatores locais e regionais, tais como clima e índice de atividades comerciais.

A composição gravimétrica média dos materiais dos RSU no ano de 2010 pode ser visualizada na Figura 32.

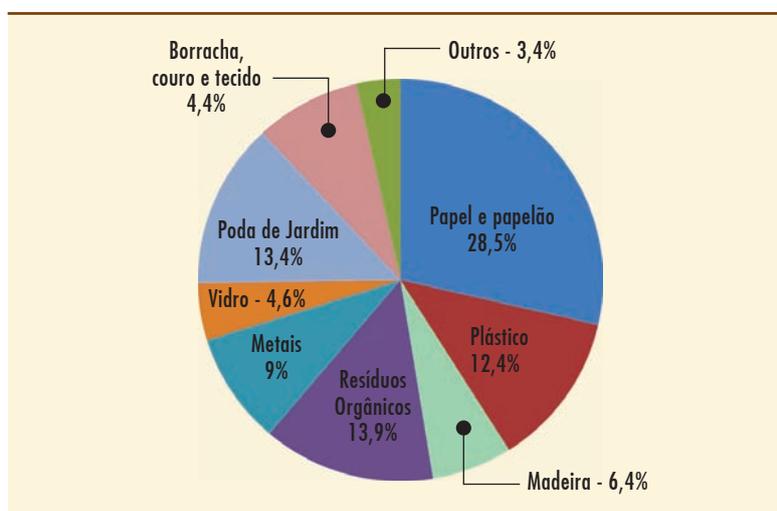


Figura 32 – Composição gravimétrica média dos RSU gerados nos EUA no ano de 2010.
 Fonte: US-EPA, 2012.



c) Tecnologias para tratamento e disposição final dos RSU

Ao longo do tempo, as tecnologias de tratamento de RSU têm passado por modificações nos EUA. Em parte, isso é devido ao desenvolvimento da educação da população, que vem enfatizando as práticas de reciclagem e recuperação dos resíduos em substituição à simples disposição final. Outros fatores que têm influenciado a mudança de paradigma são as crescentes preocupações com as questões ambientais, a redução dos efeitos indesejáveis das mudanças climáticas, a conservação dos recursos naturais, o ganho econômico na recuperação e venda dos materiais e o aumento dos custos para o uso das tecnologias de disposição final de resíduos (definidas em políticas e marcos regulatórios).

Levando em consideração as principais rotas tecnológicas utilizadas nos Estados Unidos e listadas na Tabela 2, os proprietários e responsáveis pela gestão de RSU no país tendem a confiar no sistema do “livre mercado” para avaliar e selecionar tecnologias adequadas à situação local. Essas seleções são feitas dentro do contexto restritivo de regulamentação para gestão de RSU, juntamente com a concordância dos governos locais.

Tabela 2 - 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, 2012.

Conforme a Figura 33, nos últimos 30 anos, os resíduos encaminhados ao processo de reciclagem e compostagem têm aumentado gradativamente, e assim, a destinação em aterros sanitários tem diminuído. O tratamento dos resíduos por incineração tornou-se representativo a partir da década de 80, quando saiu de um percentual de aproximadamente 2% para alcançar 14%. Atualmente esse percentual sofreu uma pequena redução para algo em torno de 12%. Outras tecnologias como a gaseificação, pirólise e digestão anaeróbia de RSU ainda não são presentes em níveis comerciais, isto é, têm ainda um caráter experimental ou estão em níveis não representativos quando comparados às outras tecnologias apresentadas.

Observa-se também que as unidades de triagem e reciclagem são fundamentais para a gestão dos resíduos sólidos nos Estados Unidos, onde a recuperação de resíduos (reciclagem+compostagem) aumentou significativamente a partir da década de 90, ao passo que as quantidades descartadas mantiveram-se estáveis.



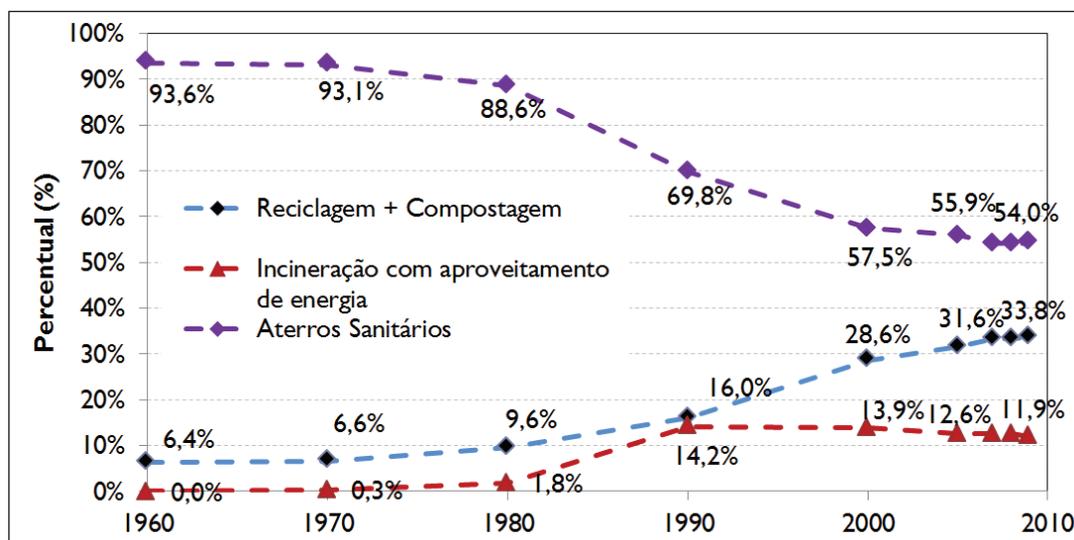


Figura 33 – Evolução do tratamento dos resíduos sólidos urbanos nos EUA.

Fonte: USEPA, 2012.

As tecnologias de tratamento e disposição final dos RSU diferem também conforme a geografia dos EUA. A Figura 34 apresenta um detalhamento para cada região mostrando o uso relativo de aterros sanitários, incineração com geração de energia e de reciclagem (incluindo compostagem). A utilização de incineradores com aproveitamento energético se limita principalmente à Costa Leste (Nova Inglaterra, Sul e áreas do Atlântico-Médio). A reciclagem se faz presente em todas as regiões. O uso de aterro sanitário para disposição final de RSU é predominante em todas as regiões, principalmente nas regiões da Montanhas Rochosas (Rocky Mountain), Centro-Oeste (Midwest), Sul (South) e Grandes Lagos (Great Lakes). Deve ser mencionado que uma pequena parte dos RSU nos EUA ainda é descartada de forma ilegal, mas os governos locais têm tentado eliminar esses pontos não controlados de destinação final.

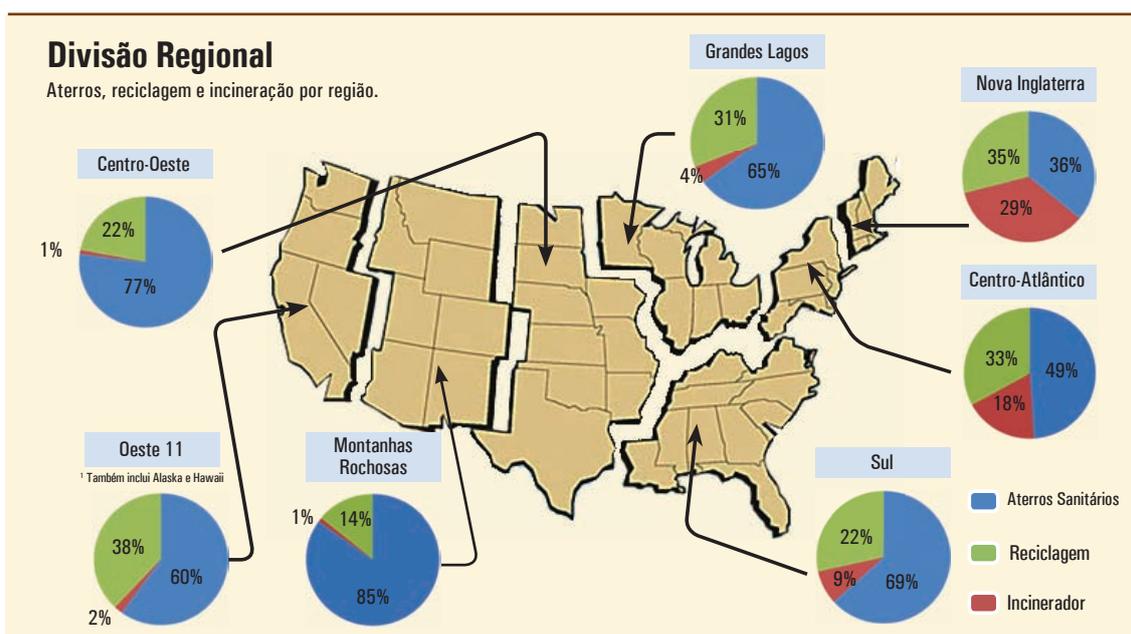


Figura 34 – Características regionais de tratamento e destinação final de RSU nos Estados Unidos.

Fonte: USEPA, 2012



5.1.3 Japão

O Japão possui uma área total de aproximadamente 377 mil km² (equivalente a 4% da área total do Brasil) e cerca de 126 milhões de habitantes (66% da população do Brasil), com uma das maiores densidades demográficas do mundo. Em 2011, apresentou a terceira maior economia do mundo, atrás apenas dos Estados Unidos e da China, com um PIB de U\$ 5,88 trilhões de dólares, representando cerca de 8,5% do PIB global.

a) Geração de resíduos

A geração de resíduos urbanos no Japão aumentou no período de 1985 a 2000, diminuiu ligeiramente no período de 2000 a 2007 e decresceu acentuadamente no período de 2007 à 2009, conforme apresentado na Figura 35. Em 2009, a geração de RSU no Japão foi de cerca de 46,25 milhões de toneladas, com a taxa de geração de 0,99 kg/habitante/dia.

Avalia-se que a redução da geração de resíduos no Japão é resultado da execução bem sucedida de uma série de leis e marcos regulatórios que associam as estratégias nacionais para os 3Rs (reduzir, reutilizar, reciclar)

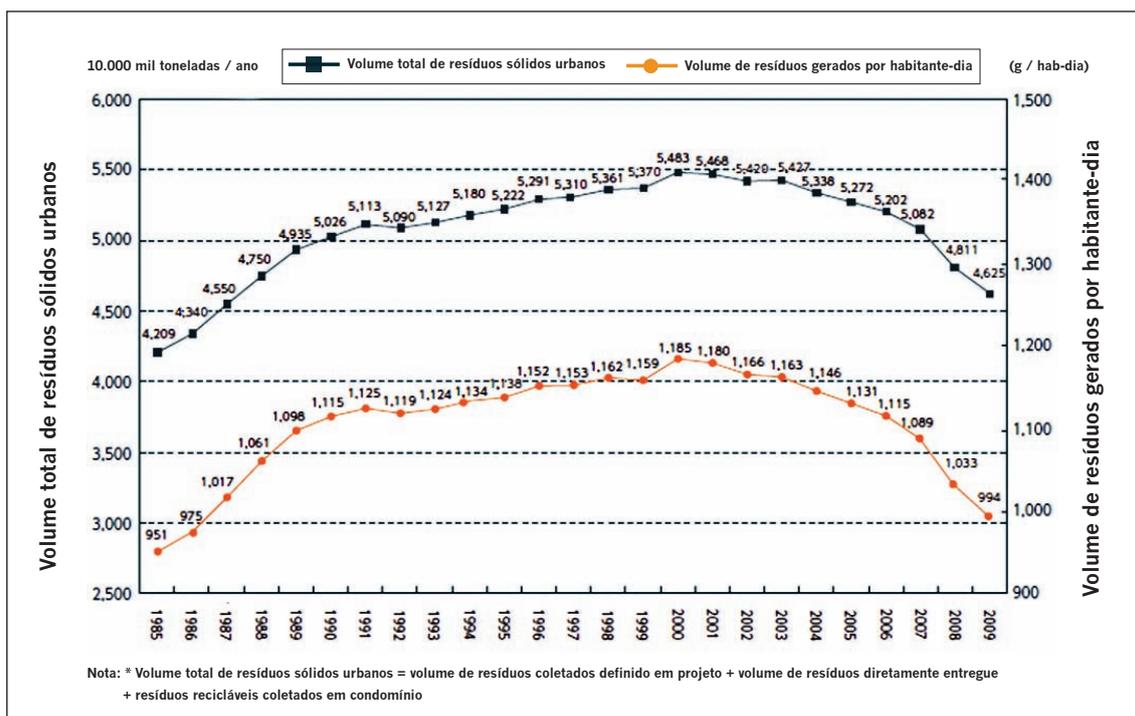


Figura 35 – Variação da geração dos resíduos no Japão no período de 1985 a 2009.

Fonte: MOEJ, 2012.



b) Composição dos resíduos

A composição dos resíduos no Japão tem se alterado ao longo do tempo devido à mudança no consumo e às preocupações ambientais, conforme apresentado na Figura 36.

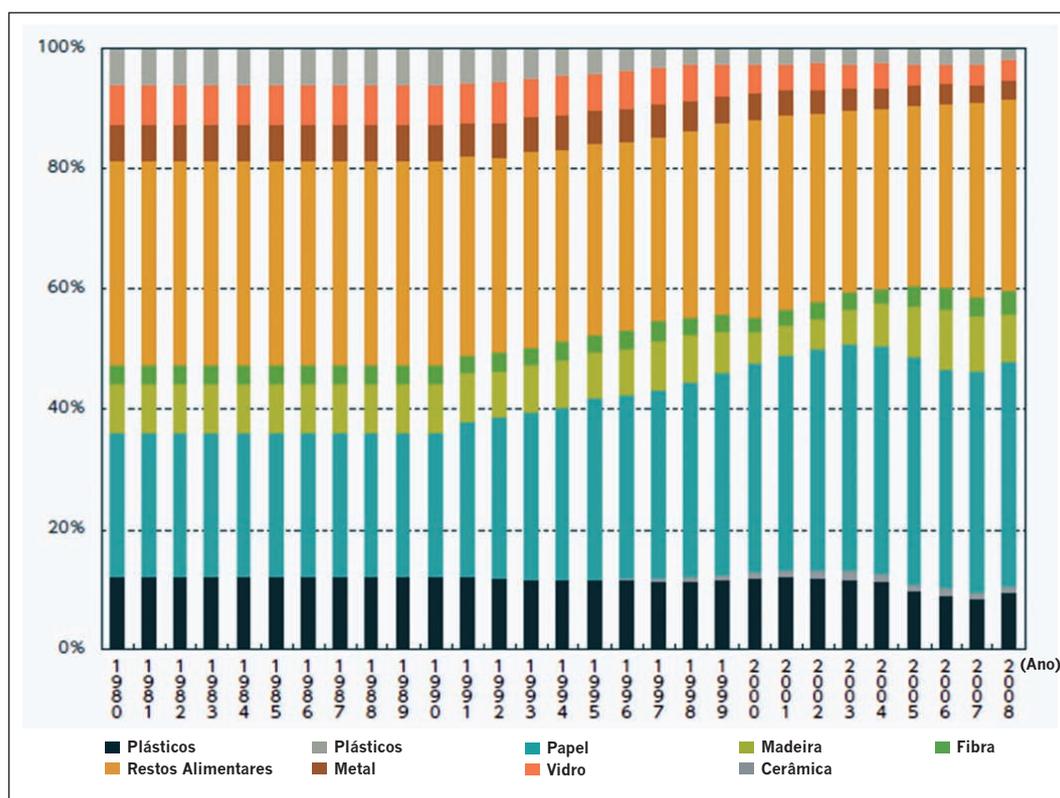


Figura 36 – Composição dos resíduos no Japão no período de 1980 a 2008.

Fonte: MOEJ, 2012.

Em 2008, a composição dos resíduos no Japão compreendeu cerca de 38% de papel, 31% de restos alimentares (orgânicos), 10% de plástico, 8% de madeira, 4% de fibra, 4% de vidro, 3% de metal e 2% de cerâmica (MOEJ, 2011B).

c) Tecnologias para tratamento e disposição final dos RSU

No Japão, a diversidade de alternativas tecnológicas é muito grande, entretanto é possível perceber um balizamento pelas legislações para definir as escolhas, os arranjos institucionais, a tendência para segregação, a existência de coleta seletiva e ainda a relevância para instalação de incineradores e até aterros sanitários. As diferenças regionais existem especialmente em termos de desempenho de reciclagem, uso de plantas de combustão de resíduos e geração de energia, e de propriedade (público x privado) das etapas de um sistema de gestão de resíduos sólidos em particular.



A tecnologia da incineração é o principal tratamento de resíduos sólidos urbanos no Japão nos últimos anos, conforme pode ser observado na Figura 37. A técnica, embora consiga reduzir o volume total de resíduos destinado ao aterro sanitário, apresenta-se como um tratamento dispendioso financeiramente. Os aterros sanitários são geralmente utilizados para a disposição de resíduos não inflamáveis e resíduos após tratamento intermediário, por exemplo, as cinzas de incineradores.

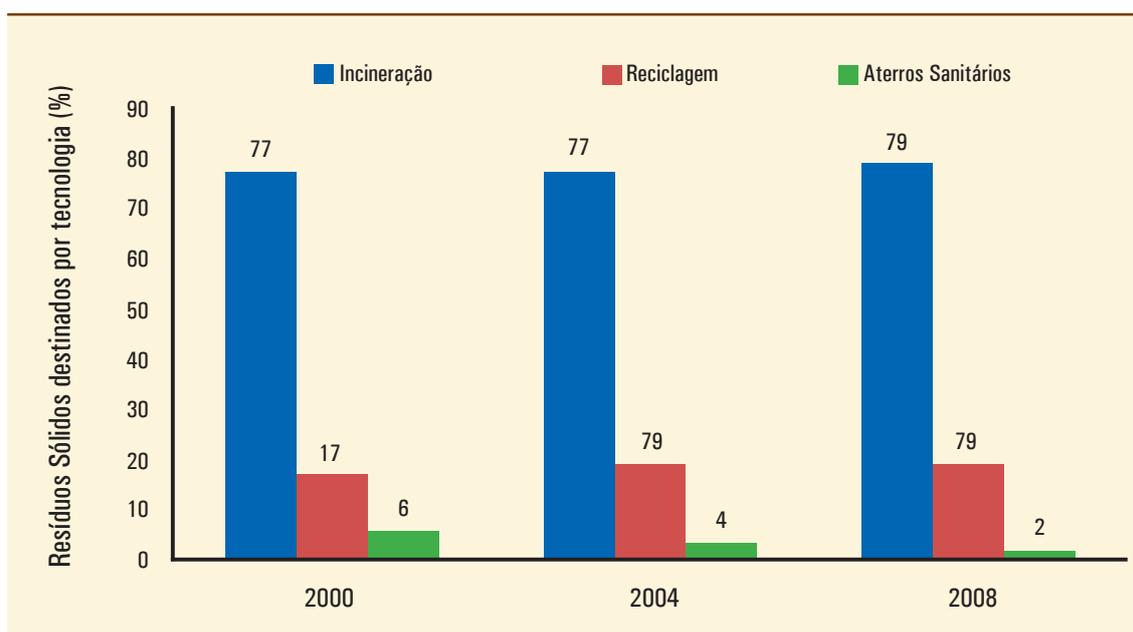


Figura 37 – Comparação de tratamento de resíduos sólidos urbanos no Japão durante o ano 2000 a 2008.
Fonte: Modificado a partir MOEJ, 2011.

5.2 Brasil

O Brasil é o país mais populoso da América Latina, com cerca de 201 milhões de habitantes e o quinto do mundo em extensão territorial, aproximadamente 8,5 milhões de km². Em 2012, o país teve um PIB de R\$ 4,403 trilhões, apresentando-se como sexta maior economia do mundo. É dividido em 5 regiões de desenvolvimento: Norte, Nordeste, Centro-Oeste, Sudeste e Sul, com 26 Estados, 1 Distrito Federal e 5.570 municípios (IBGE, 2013).

Em âmbito nacional, os dados mais atuais na área de resíduos são apresentados pelo PNSB (IBGE, 2010), na versão preliminar do PNRS (que está em consulta pública desde setembro de 2011), ABRELPE (2012) e ABRELPE (2011), SNIS (2010), além de alguns dados presentes em revistas e artigos. É importante enfatizar que a maioria desses trabalhos foi realizada utilizando metodologias diferentes, o que pode gerar distorções entre os dados relativos ao mesmo ano e regiões.



a) Geração de resíduos

A geração total de RSU no Brasil em 2011 foi de 61.936.368 toneladas (ABRELPE, 2012). Observando-se os dados de 2011 (61.936.368 toneladas) comparativamente aos de 2010 (60.868.080 toneladas) e 2009 (57.011.136 toneladas), verificou-se um crescimento da geração em 6,8% (ano de 2009 para 2010) e 1,8% (ano de 2010 para 2011).

Quanto à geração per capita de resíduos por região, conforme dados de 2012 da ABRELPE, observa-se na Figura 38 que cada habitante da Região Sudeste gera em média 1,225 Kg de RSU/dia, seguido da Região Centro-Oeste (1,153 Kg de RSU/dia), Região Nordeste (1,014 Kg de RSU/dia), Região Norte (0,965 Kg de RSU/dia) e Região Sul (0,838 Kg de RSU/dia).

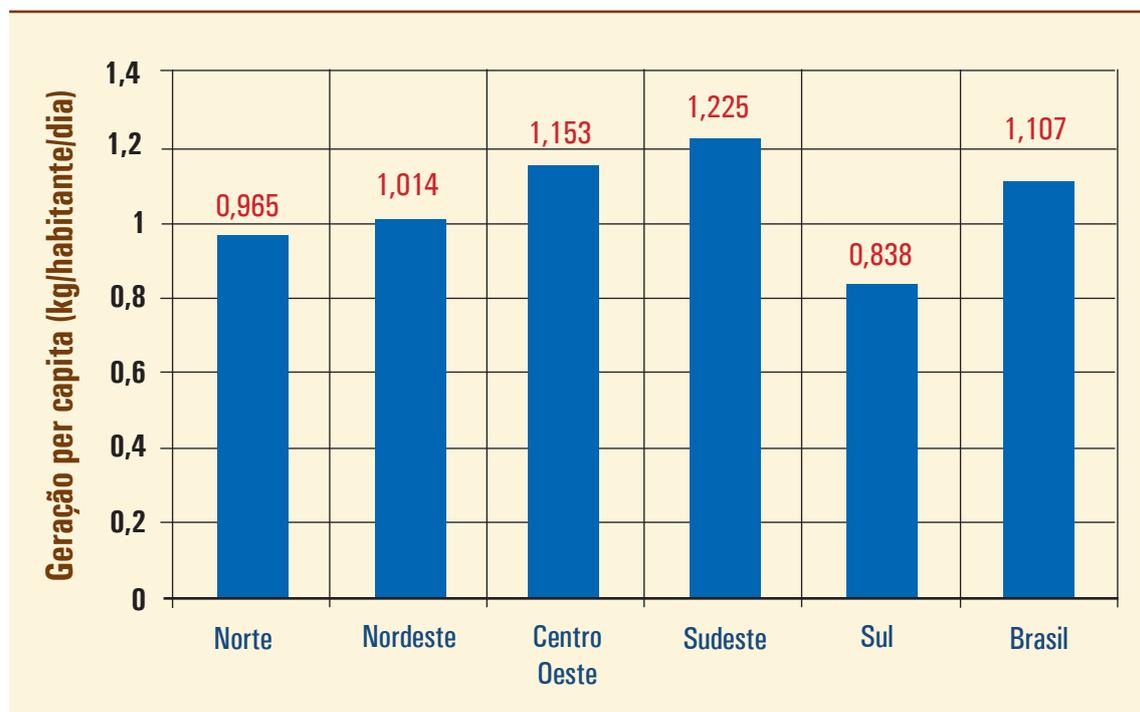


Figura 38 – Geração per capita de RSU em cada região no Brasil com base nos dados RSU coletados pela ABRELPE (2012).

b) Composição dos resíduos

A Figura 39 apresenta a composição gravimétrica média de resíduos sólidos urbanos no Brasil (Plano Nacional de Resíduos Sólidos (2011) *apud* ABRELPE, 2012). É importante enfatizar que a composição gravimétrica pode variar de um município para outro, bem como por período do ano, visto que está diretamente relacionada a hábitos e aspectos culturais e econômicos, dentre outros, da população.



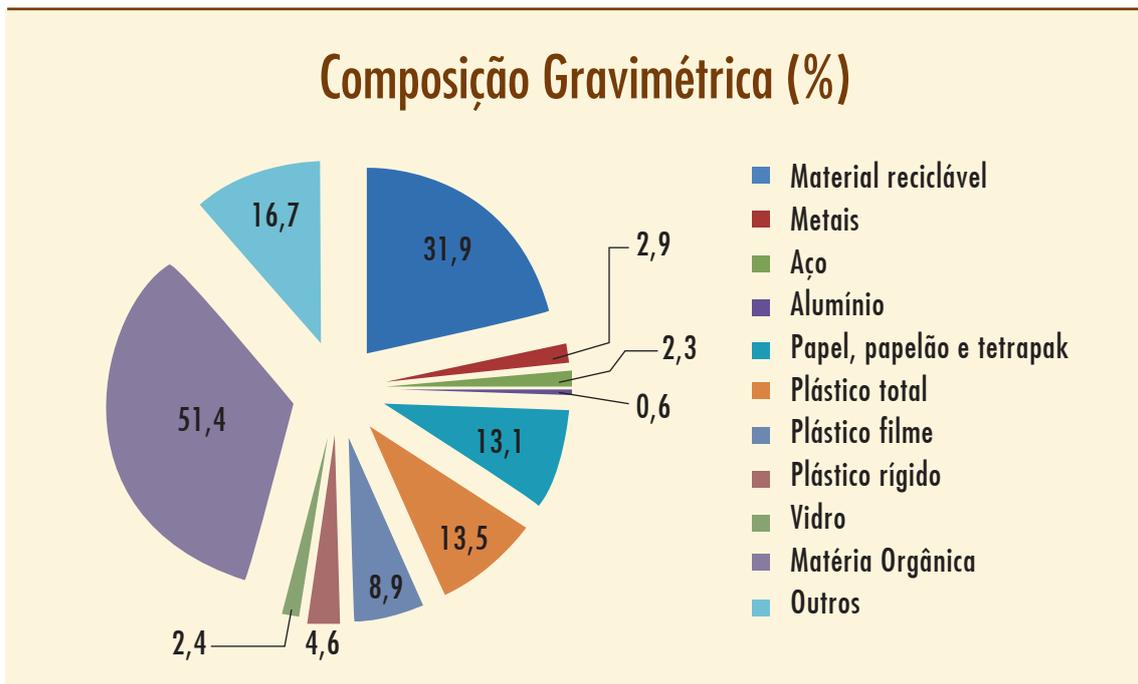


Figura 39 – Composição gravimétrica dos resíduos sólidos urbanos (PNRS, 2011).

c) Tecnologias para tratamento dos resíduos sólidos urbanos

O tratamento dos resíduos sólidos urbanos (RSU) no Brasil sempre teve uma grande influência das tecnologias desenvolvidas em outros países, embora não se possa afirmar que houve uma adoção por completa de qualquer modelo internacional. No Brasil, a tecnologia amplamente adotada para destinação dos resíduos sólidos urbanos é a disposição em aterros sanitários. Salienta-se ainda que existem aproximadamente 42% de resíduos que não são tratados e são descartados inadequadamente em aterros controlados e lixões, conforme dados da ABRELPE 2012.

Com a criação da Política Nacional de Resíduos Sólidos (Lei N° 12.305 de 2010 regulamentada pelo Decreto 7.404 de 2010), espera-se que nos próximos anos exista uma mudança no panorama da gestão dos RSU, passando da condição de uso de práticas inadequadas de aterramento (como os lixões e aterros controlados) para o uso de tecnologias de tratamento e disposição final (como os aterros sanitários, triagem, reciclagem, compostagem e incineração) adequadas para a realidade de cada local.

Um dos pontos importantes para se analisar o modelo de gestão de RSU no país consiste em analisar as formas e os serviços de coleta implementados. Segundo IBGE (2008), o serviço de coleta de RSU no Brasil ainda está longe da situação ideal, visto que apresenta um índice de coleta de 89%, enquanto no Japão e no Canadá esse mesmo índice é de 100%, na União Europeia (UE) é de 99% e nos Estados Unidos (EUA) é de 95%.



A Tabela 3 apresenta a quantidade de RSU gerada que foi coletada e o índice de coleta nas áreas urbanas em cada região do País. Percebe-se que a Região Sul e a Região Sudeste apresentam os melhores índices de coleta. Em termos nacionais, a Região Nordeste apresenta o menor índice de coleta (76,17%); cerca de 55,5% dos resíduos não coletados no Brasil estão nessa região.

Tabela 3 - Quantidade de RSU coletados por regiões do Brasil.

REGIÃO	RSU (t/dia)		RSU não coletados		ÍNDICE DE COLETA (ÁREAS)
	GERADOS	COLETADOS	T/DIA	%	
NORTE	13.754	11.585	2.169	15,77%	84,23%
NORDESTE	51.689	40.021	11.668	22,57%	77,43%
CENTRO-OESTE	16.055	14.788	1.267	7,89%	92,11%
SUDESTE	98.215	95.142	3.073	3,13%	96,87%
SUL	21.345	19.752	1.593	7,46%	92,54%

Fonte: ABRELPE, 2012.

Se avaliarmos em função da quantidade de domicílios particulares com acesso a coleta na zona rural ou urbana dos municípios, este índice é ainda pior, como pode ser observado na Figura 40.

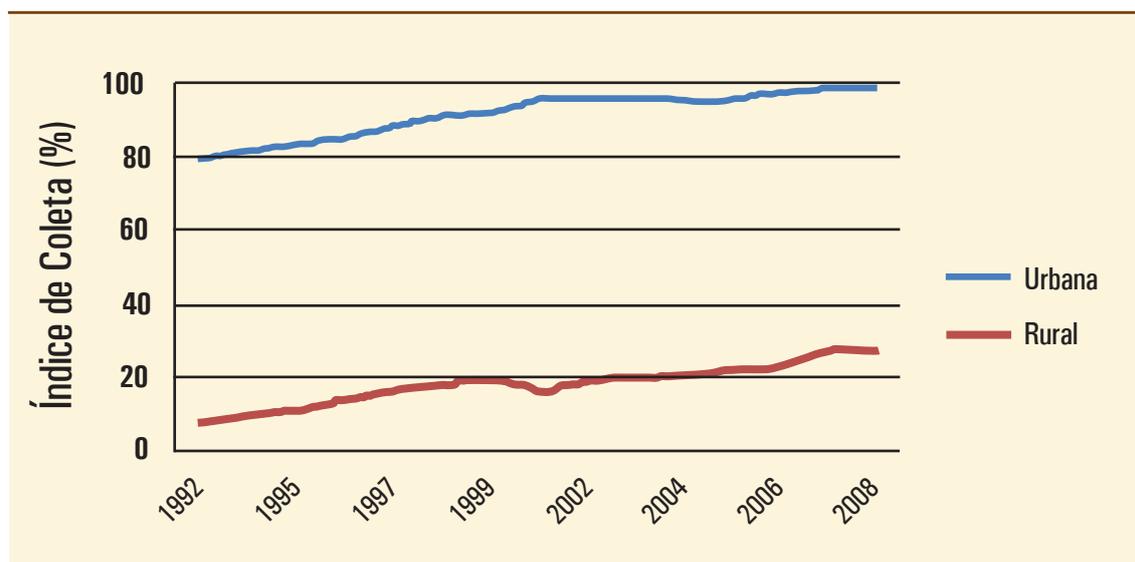


Figura 40 – Percentual de domicílios particulares permanentes com acesso à coleta de RSU, nos anos de 1992 a 2008.

Fonte: IBGE, 2008.



Em termos de coleta seletiva, apenas 28% dos municípios apresentam algum tipo de iniciativa. Entretanto, apenas 1,4% dos RSU são reciclados, o que corresponde a um percentual muito baixo quando comparado com o da Europa (45%), Estados Unidos (34%) e Japão (19%). Dos 5.565 municípios do Brasil, apenas 443 (7,9%) apresentam iniciativas com coletas diferenciadas, e a grande maioria está localizada nas regiões Sul e Sudeste.

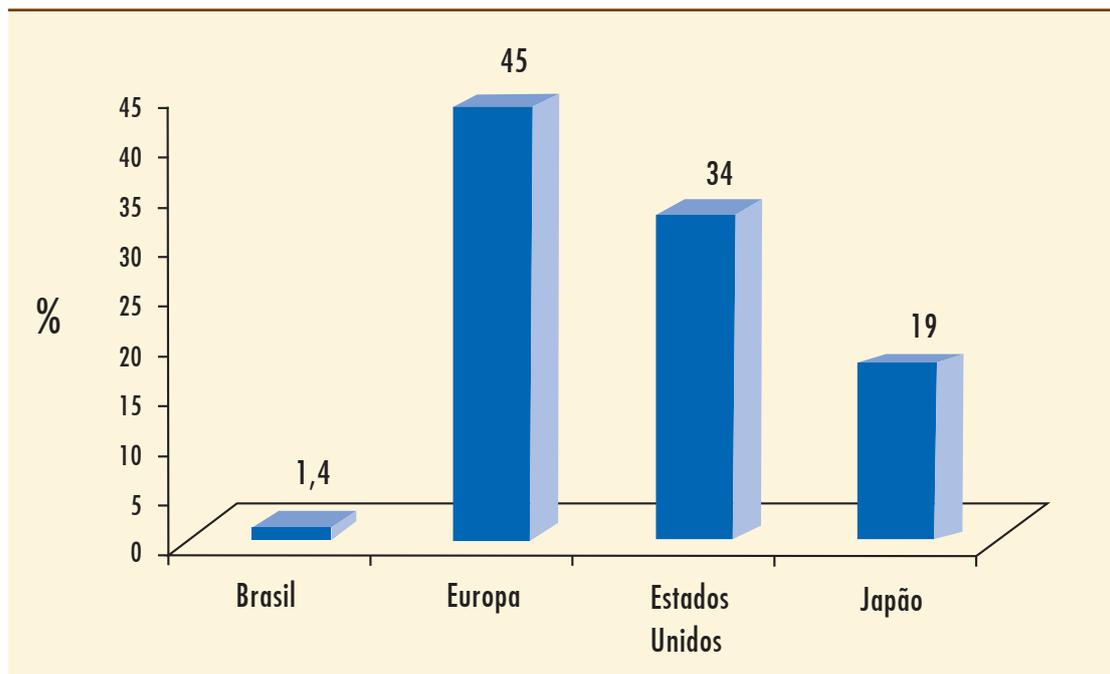


Figura 41 – Comparação dos percentuais de reciclagem de Brasil, Europa, Estados Unidos e Japão.

A situação da gestão de resíduos sólidos urbanos nas regiões geográficas do país é descrita a seguir com dados obtidos por meio de fontes secundárias, com destaque para o Panorama dos Resíduos Sólidos no Brasil 2011, publicado pela ABRELPE em 2012, e para a Pesquisa Nacional de Saneamento Básico 2008, publicada pelo IBGE em 2010, além do conhecimento e experiência da equipe de Pesquisa envolvida neste projeto.

5.2.1 Região Norte

A Região Norte do Brasil é constituída pelos Estados do Acre, Amapá, Amazonas, Pará, Rondônia, Roraima e Tocantins, que somam 16.318.163 habitantes (IBGE 2012), em uma superfície de 3.869.637,9 km² (cerca de 43% do território nacional), resultando em uma densidade populacional de apenas 3,77 habitantes por quilômetro quadrado. Representa cerca de 5,3% do PIB do Brasil em 2010.

O cenário da gestão de RSU nesta região é bastante diferenciado de outras regiões do país.



Apesar da alta taxa de urbanização da população e da existência de duas cidades com mais de 1,5 milhões de habitantes, a conectividade entre as cidades ainda é bastante baixa, resultando na aplicação de soluções isoladas para o manejo e o tratamento dos resíduos sólidos.

Os principais atores envolvidos na gestão de resíduos sólidos urbanos (RSU) na Região Norte estão ligados aos setores públicos. Alguns serviços, como a coleta de materiais recicláveis, são prestados por cooperativas, associações ou catadores independentes.

A gestão dos serviços de manejo de RSU é realizada predominantemente de forma direta pelos municípios, conforme verificado.

Quanto à execução dos serviços, os municípios de Rio Branco, Macapá, Santana, Manaus e Belém, e os municípios de maior porte dos Estados do Pará e do Amazonas executam os serviços de coleta, transporte, tratamento e destinação final com auxílio de empresas contratadas, já os municípios de pequeno a médio porte, realizam esses serviços pela própria prefeitura.

Quanto aos aspectos financeiros da gestão de RSU, verifica-se que a maior parte dos municípios da região não realiza a cobrança de taxas pela prestação de serviços de manejo e limpeza pública. Quando a taxa é cobrada, não cobrem os custos da atividade.

Os Anexos III, IV e V apresentam, respectivamente, os principais atores, o perfil institucional e os aspectos financeiros da gestão de RSU nos Estados da Região Norte.

A quantidade de RSU coletados nos 7 Estados da Região Norte em 2011 foi de 13.754 t/dia e corresponde a 6,4% da geração total do Brasil, com a per capita de 0,965 kg/hab.dia (ABRELPE, 2012). A geração de RSU por Estado está apresentada na Tabela 4.

Na Região Norte, os municípios seguem basicamente a concepção tradicional de gestão de resíduos adotada em todo país, com coleta porta-a-porta nas regiões urbanizadas, transporte através de caminhões compactadores e destinação final para aterros sanitários, controlados ou lixões.

Tabela 4 – População e Geração dos RSU nos Estados da Região Norte.

ESTADO	População Urbana (hab.) IBGE, 2011	Geração de RSU (t/dia) (ABRELPE, 2012)
Acre	733.559	516
Amapá	669.526	501
Amazonas	3.483.985	3.071
Pará	7.581.051	5.625
Rondônia	1.562.409	1.181
Roraima	450.479	328
Tocantins	1.383.445	1.068
Região Norte	15.864.454	12.290

Fonte: ABRELPE, (2012); IBGE (2011).



Principais tecnologias e rotas tecnológicas de RSU da Região Norte

Enquanto a coleta regular domiciliar é amplamente observada nos municípios da Região Norte, a coleta seletiva está presente em menos da metade (46,5% dos municípios declaram ter algum sistema de coleta seletiva em funcionamento). De uma maneira geral, é realizada porta-a-porta apenas em municípios de maior porte. Nos demais, as iniciativas são variadas e operadas principalmente por catadores autônomos ou com baixo grau de organização.

A compostagem é quase inexistente nos estados da região, e quando feita é realizada através do processo convencional de leiras reviradas. Os lixões ainda representam quase a totalidade da forma de destinação final. A Figura 42 apresenta a localização das unidades de triagem e compostagem existentes na Região Norte.

Não há plantas de aproveitamento energético por meio da incineração ou digestão anaeróbia implantadas na Região Norte.

Para o atendimento da meta estabelecida na PNRS de eliminação dos lixões até 2014, existem muitas ações a serem desenvolvidas, entre elas, a definição de tecnologias adequadas aos pequenos municípios isolados, com baixa arrecadação, alto índice pluviométrico e extensas áreas de várzea.

As cidades maiores tendem a utilizar os aterros de grande porte, como tecnologia adequada para o tratamento e disposição final dos resíduos e a contratação de empresas terceirizadas para a construção e operação desses empreendimentos.

Existem duas experiências de obtenção de Certificado de Emissões Reduzidas estabelecidas pelo Mecanismo de Desenvolvimento Limpo por meio da coleta e queima controlada do biogás nos aterros municipais de Manaus e Belém. No entanto, os aterros não dispõem de tecnologia para o aproveitamento energético do biogás.

Quanto à destinação final dos resíduos na Região Norte, apesar de existirem dados contraditórios nas diferentes bases de dados pesquisadas, os levantamentos efetuados nesta Pesquisa mostram a existência de apenas 2 aterros sanitários, devidamente licenciados nos órgãos ambientais.

A Figura 43 apresenta a forma de disposição final dos resíduos na região. É importante frisar que os aterros sanitários foram considerados como disposição final adequada e os lixões e aterros controlados como disposição final inadequada, conforme preconiza a Política Nacional de Resíduos Sólidos.



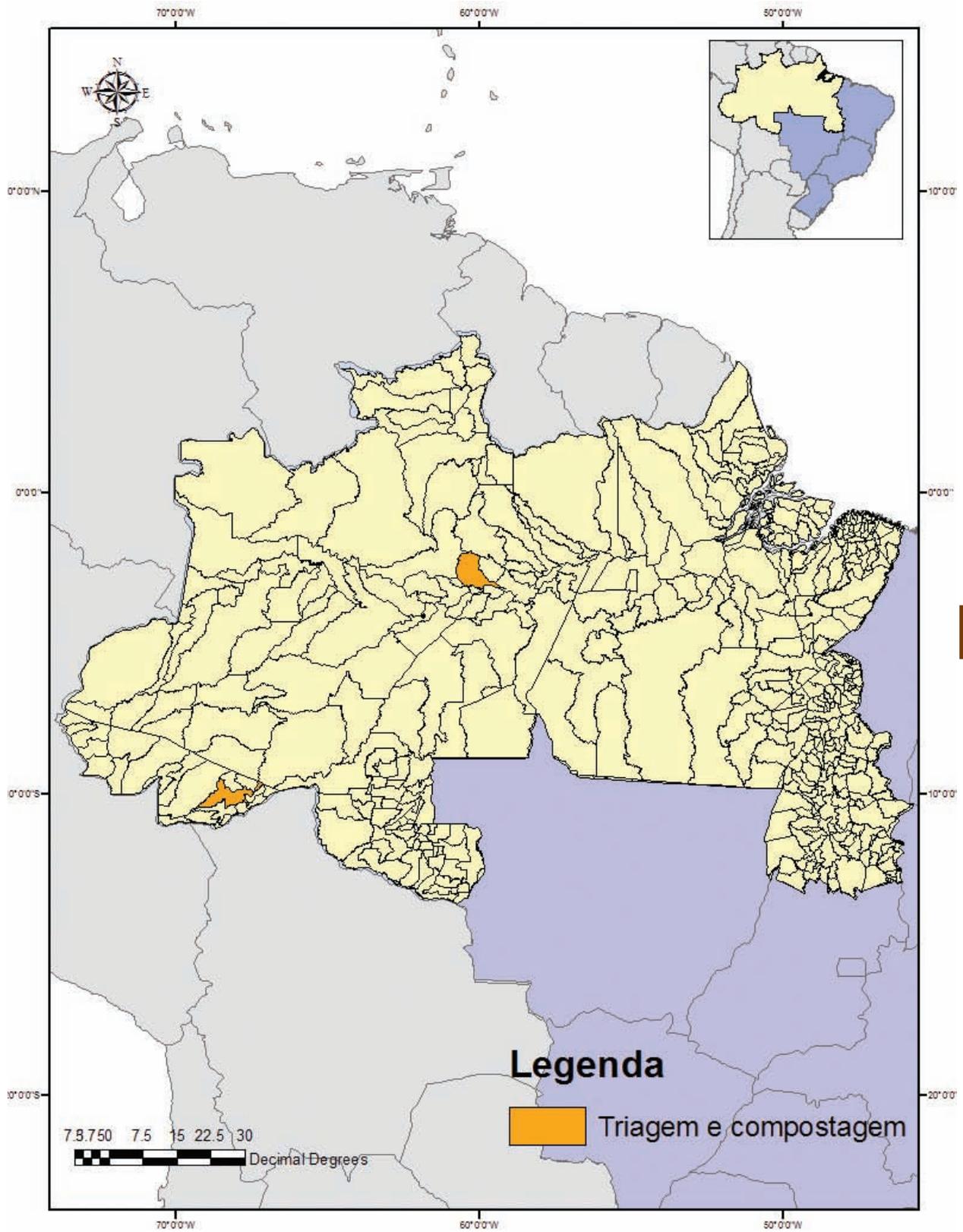


Figura 42 – Unidades de Triagem e Compostagem nos município da Região Norte.



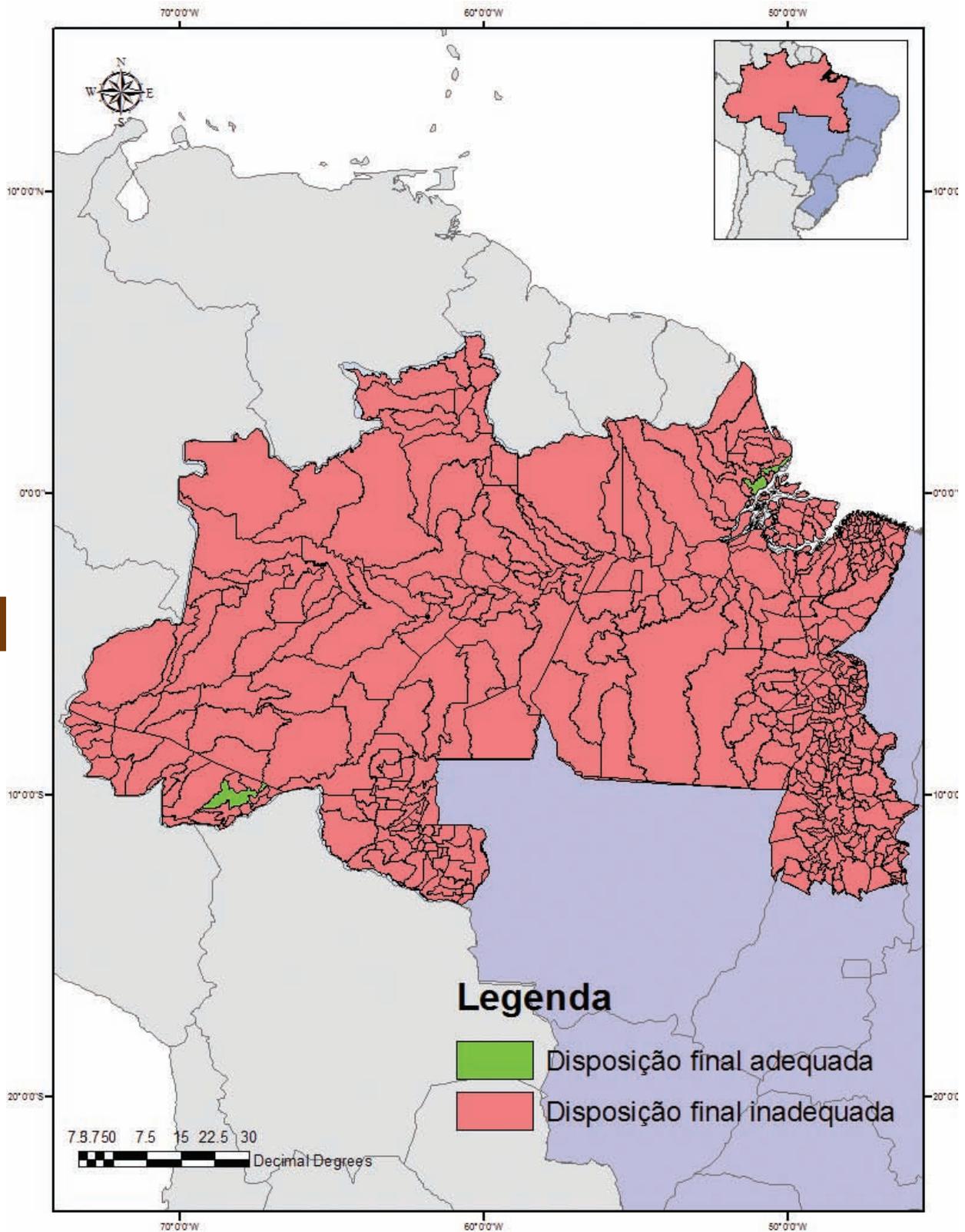


Figura 43 – Forma de disposição final dos resíduos nos municípios da Região Norte.



Como se observa na Figura 43 a disposição final dos RSU é predominantemente em lixões, isto é, uma disposição final inadequada. Em apenas 4 municípios existe disposição final adequada e os mesmos utilizam a tecnologia de aterros sanitários. Assim, com exceção destes municípios, os demais não possuem rotas tecnológicas para tratamento dos RSU, uma vez que a definição de rota tecnológica implica em um processo ambiental e tecnicamente correto.

Segundo Jucá *et al* (2013), rota tecnológica dos resíduos sólidos urbanos “é um conjunto de processos, tecnologias e fluxos dos resíduos, desde a sua geração até o seu destino final, que envolve os circuitos de coleta de resíduos indiferenciados (todo o tipo de resíduo) e resíduos diferenciados (incluindo coletas seletivas), contemplando o fluxo de tecnologias de tratamento com ou sem valorização energética. Faz parte do contexto de um sistema de gestão integrada de resíduos sólidos urbanos” (Produto 7, Projeto FADE/BNDES, 2013).

Então, para os RSU gerados na Região Norte, prevalece um sistema precário quanto ao tratamento e destinação final dos resíduos, e para os municípios que apresentam rota tecnológica, a rota principal é formada pela coleta indiferenciada, seguida de aterros sanitários sem aproveitamento energético. Em alguns municípios, existe rota secundária que envolve coleta diferenciada e triagem e, em raríssimos casos, se usa também a compostagem, conforme a Figura 44.

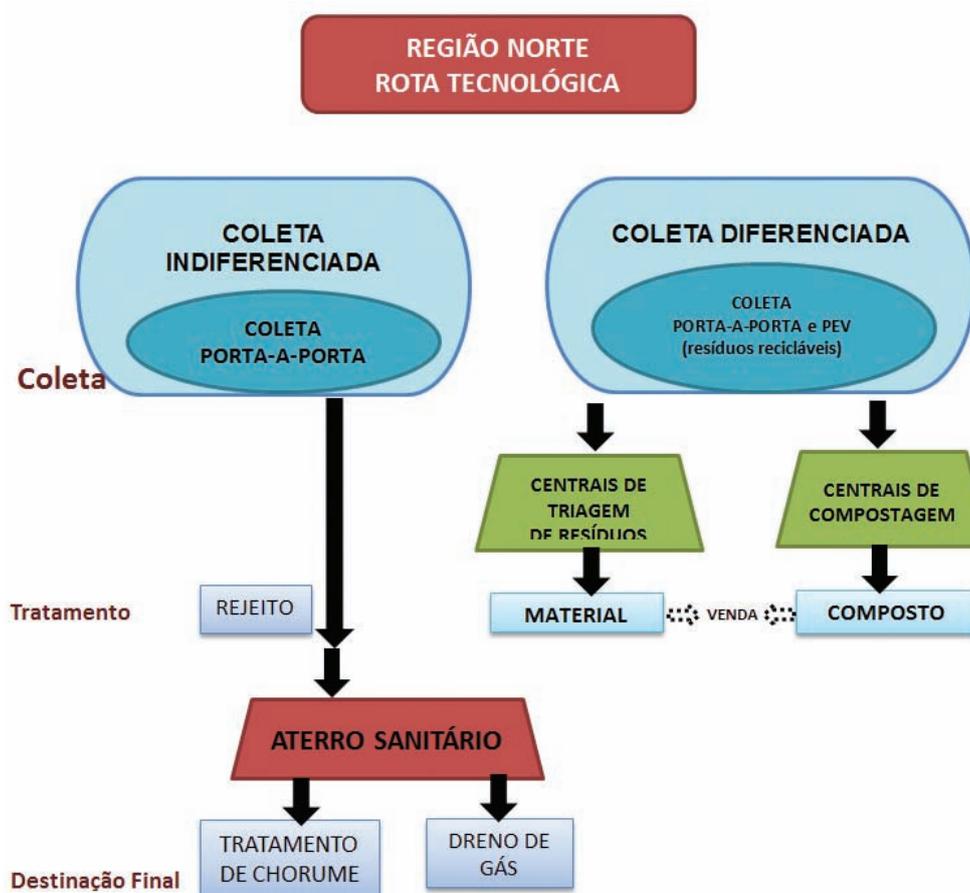


Figura 44 – Rota tecnológica identificada para a Região Norte.



5.2.2 Região Nordeste

A Região Nordeste do Brasil é constituída por 9 (nove) Estados mais a Ilha de Fernando de Noronha e totaliza uma população de 53.081.510 habitantes (IBGE, 2010) que ocupa uma superfície de 1.558.196 km² (cerca de 20% do território nacional). O IDH médio da região é de 0,66 (PNUD, 2010) com PIB per capita de R\$ 9.561,41 (IBGE, 2010), cerca de 13,5% do PIB nacional em 2010.

Os principais atores envolvidos na gestão de RSU na Região Nordeste estão ligados aos setores públicos, com a execução dos serviços, na grande maioria dos Estados, pela iniciativa privada e, em certos serviços, utilizando-se cooperativas ou associações. O Anexo VI apresenta mais detalhadamente os principais atores envolvidos na gestão de RSU da Região Nordeste

Dos nove Estados da região, apenas três, os Estados do Ceará, de Pernambuco e de Sergipe, possuem políticas estaduais de resíduos sólidos. Também, em relação à legislação específica para utilização de ICMS ecológico, três Estados já o estão utilizando, que são os Estados do Ceará, de Pernambuco e do Piauí.

A gestão dos serviços de manejo de RSU é realizada predominantemente de forma direta em 75,2% dos municípios, no entanto, esse tipo de administração é característico de pequenos municípios. Observa-se uma tendência de terceirização dos serviços de limpeza urbana nos Estados do Ceará, de Pernambuco e do Rio Grande do Norte – 41,2%, 37,8% e 34,8%, respectivamente, que se aproxima dos níveis observados nos Estados das regiões Sudeste e Sul do País.

A quantidade de RSU coletados nos nove Estados da Região Nordeste em 2011 foi de 39.092 t/dia e corresponde a 22% da geração total do Brasil, com per capita de 0,998 kg/hab./dia (ABRELPE, 2012). A geração de RSU por Estado está apresentada na Tabela 5.

Tabela 5 – Geração e composição dos RSU nos Estados da Região Nordeste.

ESTADO	População Urbana (hab.) IBGE, 2011	Geração de resíduos (t/dia)/dia ABRELPE, 2012
Alagoas	2.317.116	2.729
Bahia	10.171.489	13.509
Ceará	6.411.067	9.011
Maranhão	4.193.266	6.642
Paraíba	2.859.893	3.324
Pernambuco	7.106.060	8.336
Piauí	2.066.703	2.998
Rio Grande do Norte	2.490.496	2.728
Sergipe	1.538.073	1.685
Região Nordeste	39.154.163	50.962

Fonte: ABRELPE, (2012); IBGE (2011).



Principais tecnologias e rotas tecnológicas de RSU da Região Nordeste

Na Região Nordeste, os Estados têm serviços de coletas domiciliares nas capitais e cidades de médio porte, com utilização de veículos compactadores, porta-a-porta, e normalmente de forma alternada, com exceção das áreas turísticas e centros comerciais. Nas cidades pequenas, a coleta dos resíduos costuma ser realizada com veículos do tipo basculante ou de carrocerias de madeira e, de forma geral, com frequência diária. Os resíduos são dispostos em lixões e, até o momento, não há registros de coleta containerizada.

A coleta seletiva e a triagem de materiais recicláveis são atividades executadas comumente por cooperativas ou associações de catadores, normalmente de forma autônoma. Poucas são as conveniadas com as prefeituras. De acordo com a ABRELPE (2012), a região tem 36,3% dos municípios com alguma iniciativa quanto à coleta seletiva pública. As centrais de triagem, com várias unidades implantadas no Nordeste, têm se apresentado como uma das alternativas para inclusão dos catadores remanescentes dos antigos lixões.

As principais tecnologias de tratamento e disposição final de resíduos sólidos empregadas nas Regiões Metropolitanas são os aterros sanitários com aproveitamento energético, entre eles, os aterros de João Pessoa e de Salvador. Também está previsto o aproveitamento do biogás no novo aterro de Caucaia (Fortaleza), que terá iniciada a sua operação em 2013, assim como o de Natal e o de Recife.

Os estados da Região Nordeste ainda apresentam dados preocupantes em relação ao destino dos resíduos sólidos. De acordo com a Pesquisa Nacional de Saneamento Básico (PNSB, 2008), 89,3% dos municípios da Região Nordeste encaminham seus resíduos para lixões e o aterro sanitário constitui a única tecnologia de tratamento e destinação final utilizada em 7,9% deles. Poucas iniciativas de coleta seletiva e reciclagem são implantadas e gerenciadas pelo poder público municipal. De acordo com a ABRELPE (2011), apenas 77,42% dos resíduos gerados na região são coletados e, desses, 35,38% se destinam a aterros. Além disso, 64,62% desses resíduos são encaminhados para lixões e aterros controlados; esses últimos, do ponto de vista técnico/ambiental, pouco se diferenciam dos lixões.

A Figura 45 apresenta os indicadores sobre a destinação final de RSU na Região Nordeste, de 1991 a 2011. A região teve uma grande evolução na década de 90 e depois manteve-se praticamente constante. No entanto, há a expectativa de melhoria dessa realidade devido as diretrizes da PNRS.

Outro fato que contribui para uma tendência de melhoria da destinação final, é que existe um mercado de empresas interessadas na implantação e operação de aterros sanitários na região, implicando em soluções que vão da operação do sistema de destinação final diretamente pelo poder público até a concessão ou terceirização deste serviço.





Evolução da Disposição Final - Região Nordeste

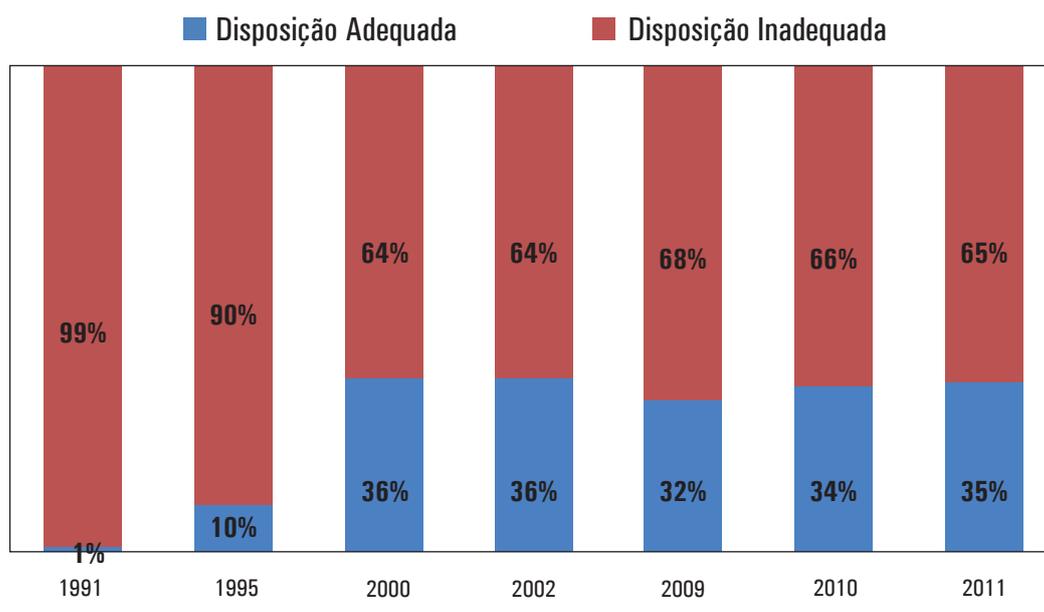


Figura 45 – Destinação final de RSU na Região Nordeste, entre os anos de 1991 a 2011.

Fonte: adaptado de Jucá 2004 e ABRELPE 2011 e 2012.



A Figura 46 apresenta a localização das unidades de triagem e compostagem existentes na Região Nordeste.



Figura 46 – Unidades de Triagem e Compostagem nos município da Região Nordeste.



A Figura 47 apresenta os poucos aterros sanitários existentes e a quantidade de lixões e aterros controlados na Região Nordeste.

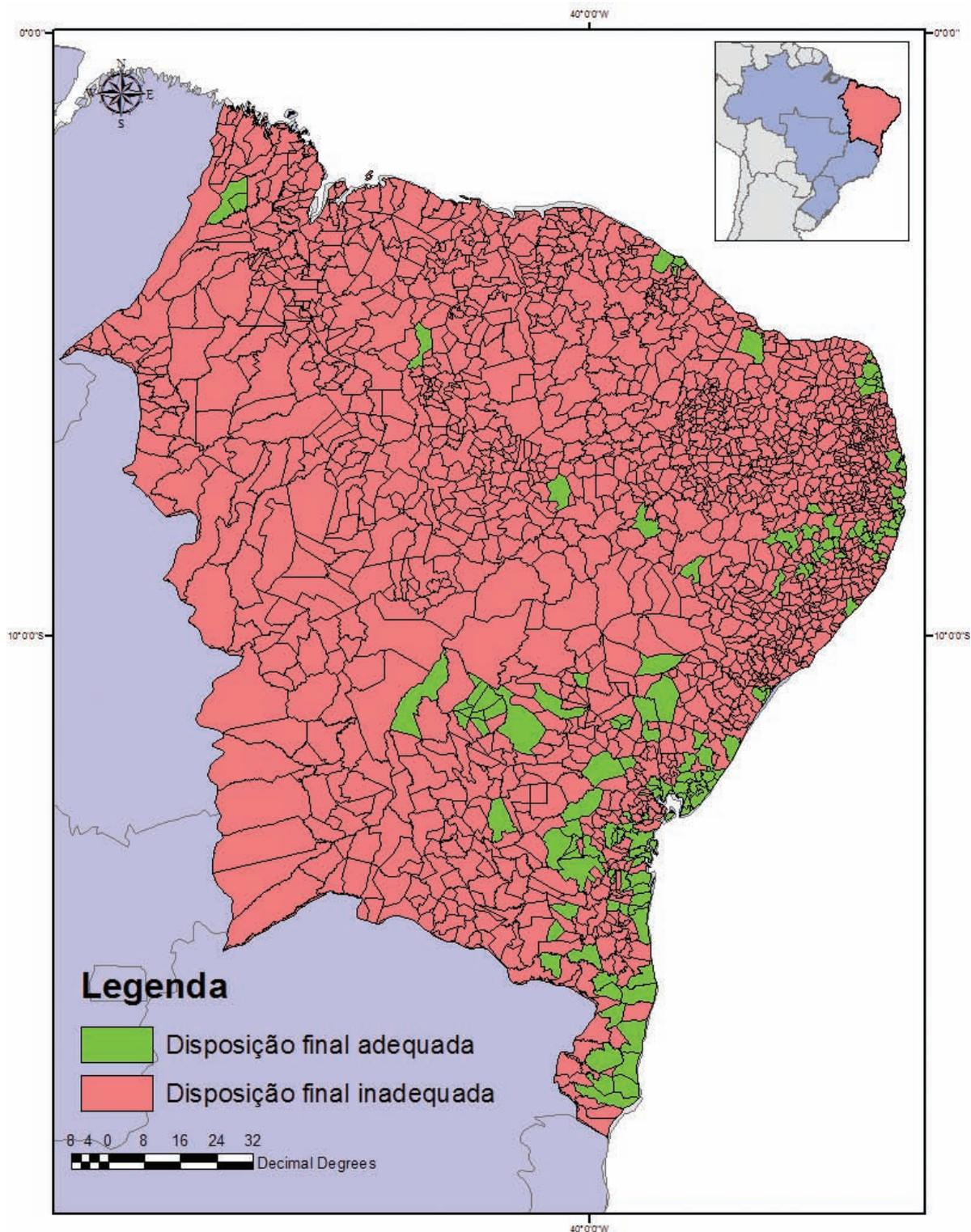


Figura 47 – Forma de disposição final dos resíduos nos municípios da Região Nordeste.
Fonte: Tratamento e destinação final de resíduos sólidos na Região Nordeste (IBGE, 2011).



Na região ainda não existem tecnologias de tratamento de RSU, como o de Incineração com Aproveitamento Energético e a Digestão Anaeróbia – DA com Aproveitamento Energético. Das poucas experiências exitosas com a compostagem, registra-se apenas, no Estado da Bahia, a da cidade de Mucugê.

Assim, quando falamos de rota tecnológica pode-se dizer que a coleta indiferenciada, seguida de aterros sanitários sem aproveitamento energético, prevalece como rota tecnológica nessa região. Contudo, em alguns municípios, ainda existe um rota secundária que envolve coleta diferenciada e triagem e, em raríssimos casos, inclui a compostagem (Figura 48).

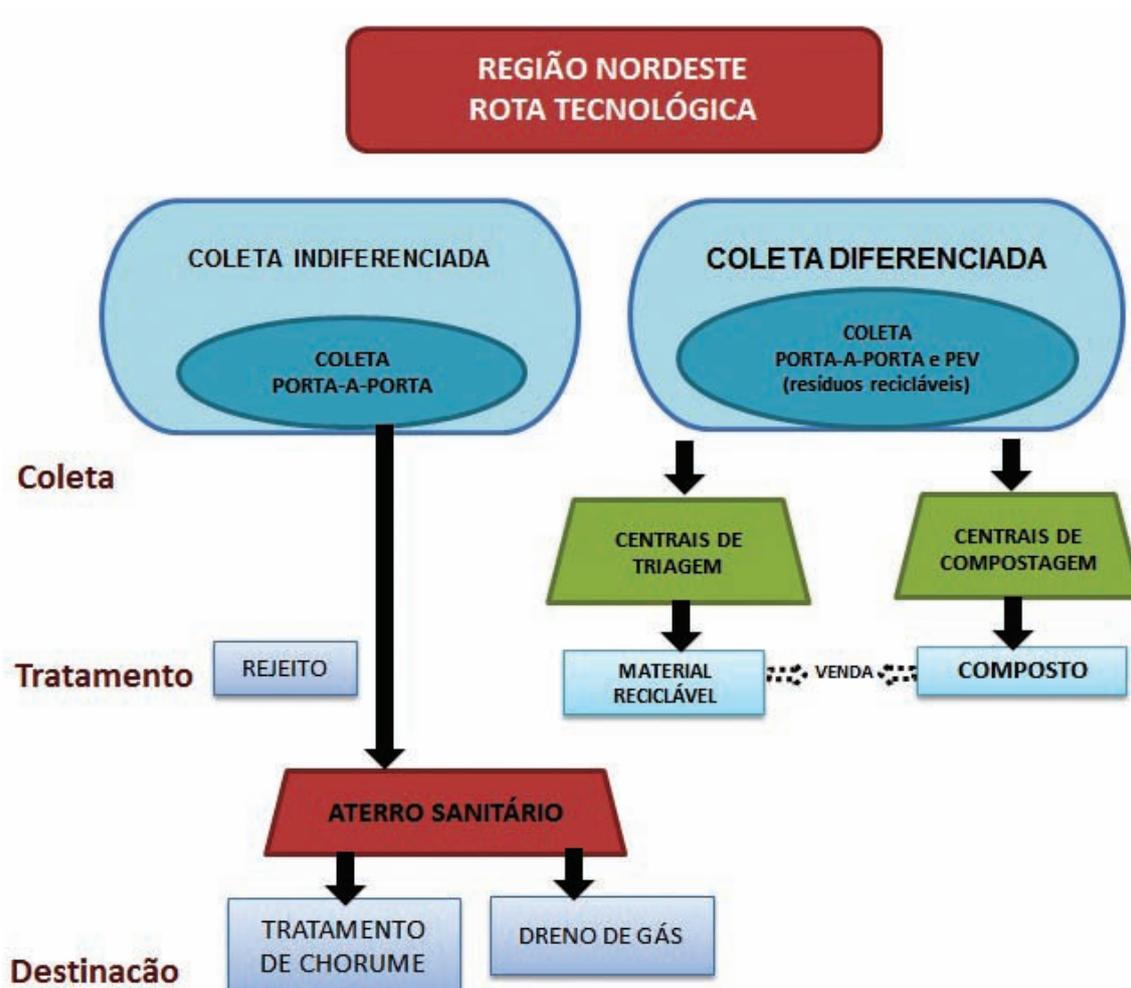


Figura 48 – Rota tecnológica identificada para a Região Nordeste.



5.2.3 Região Centro-Oeste

A Região Centro-Oeste é a segunda maior em extensão territorial do país, cerca de 20% do território nacional. Abrange os Estados de Goiás, Mato Grosso e Mato Grosso do Sul, com um total de 466 municípios, dos quais 80% possuem menos de 20.000 habitantes, e o Distrito Federal (DF), com 30 regiões administrativas.

A população da região concentra-se na zona urbana (85%) e representa apenas 7,4% da população total do país. Sua densidade demográfica é relativamente baixa (8,71 hab/km²), exceto para o Distrito Federal, em que esse valor é de 450 hab/km². A região tem PIB equivalente a 9,3% do nacional (IBGE, 2010) e IDH médio de 0,753 (PNUD, 2010).

Tabela 6 – População e geração dos RSU nos Estados da Região Centro-Oeste.

ESTADO	População (hab.) IBGE, 2012	Geração de resíduos (t/dia)/dia ABRELPE, 2012
Distrito Federal	2.648.532	4.039 t/dia
Goiás	6.154.996	6.162 t/dia
Mato Grosso	3.115.336	2.989 t/dia
Mato Grosso do Sul	2.505.088	2.349 t/dia
Região Centro-Oeste	14.423.952	15.539 t/dia

Na Região Centro-Oeste não existem documentos legais restritivos à implantação de tecnologias difundidas para RSU, à exceção do Estado do Mato Grosso do Sul que possui uma lei proibindo a incineração de RSU, sem o aproveitamento energético (Lei estadual nº 3.367, de 10 de abril de 2007).

Avaliando o arcabouço legal da região, percebe-se que a legislação se atém às soluções atualmente utilizadas: aterros sanitários, centrais de triagem e compostagem, além do incentivo à coleta seletiva.

As políticas públicas desenvolvidas na região, embora descontínuas e isoladas, foram indutoras da tecnologia de disposição final sob a forma de aterros e evoluíram agregando gradativamente iniciativas de triagem e coleta seletiva.

Entretanto, a implantação dessas tecnologias não se mostrou sustentável ao longo do tempo pela soma da deficiência técnica das prefeituras, não comprometimento dos gestores, falta de recursos financeiros para manutenção e operação dos sistemas, fragilidade dos órgãos fiscalizadores e desarticulação dos órgãos governamentais. Esse conjunto de fatores resultou, de manei-



ra generalizada, em lixões, galpões e equipamentos sucateados e no descrédito da população.

No Distrito Federal, as políticas públicas também foram responsáveis pela implantação e manutenção de duas usinas mecanizadas de triagem e compostagem. No entanto, essas usinas atualmente encontram-se sucateadas, devido a problemas de manutenção.

A maioria dos municípios da região não possui um órgão específico para a execução e fiscalização dos serviços de gerenciamento de RSU. O acúmulo de competências dificulta a priorização e desenvolvimento das ações voltadas para a área. Nos demais municípios faz-se necessária melhor articulação entre as instituições e atores envolvidos para a divisão de competências e responsabilidades e mesmo para o estabelecimento de apoios e parcerias.

Quanto à regulação dos serviços de resíduos sólidos na região, apenas o Distrito Federal possui agência consolidada que tem entre as suas competências tal atribuição. Os demais Estados, embora possuam agências reguladoras, essas se restringem, no tocante ao saneamento, às atividades de abastecimento de água e esgotamento sanitário.

O Anexo VII apresenta mais detalhadamente os principais atores envolvidos na gestão de RSU na Região Centro-Oeste.

A prestação dos serviços de limpeza urbana é feita, em sua maioria, pela administração direta, mas percebe-se um aumento da participação da iniciativa privada, em especial nos maiores municípios, inclusive no Distrito Federal. No caso de Goiânia, atualmente os serviços são prestados pela administração direta, embora historicamente tenham sido realizados de forma terceirizada.

As soluções de destinação final adotadas na região são individuais, mas há iniciativas de consórcios e compartilhamentos municipais em todos os Estados da região, a maioria com o incentivo do governo federal, como é o caso do consórcio do Complexo Nascentes do Pantanal, no Estado de Mato Grosso, com cinco municípios, e do consórcio da Região Integrada de Desenvolvimento do Entorno do Distrito Federal. Este será composto por vinte municípios goianos, os governos do Estado de Goiás e do Distrito Federal. Também no Mato Grosso do Sul vem sendo formalizado, dentre outros, o consórcio da Bacia do Rio Taquari, composto por onze municípios.

No Estado de Goiás, vale destacar a gestão compartilhada do Aterro Sanitário de Cidade Ocidental com o município de Valparaíso de Goiás, por ser uma iniciativa de otimização de custos e redução de impactos ambientais. Já no Estado de Mato Grosso existe um aterro privado, gerenciado pela empresa SANORTE e situado no município de Sorriso, que recebe RSU dos municípios de Lucas do Rio Verde, Nova Mutum, Tapurah, Ipiranga do Norte e Vera.

Não existe taxa específica para cobrança da gestão de RSU no Distrito Federal e em Mato Grosso, sendo esta feita aos munícipes de forma diluída no Imposto Predial e Territorial Urbano (IPTU). O mesmo ocorre nos Estados de Goiás e Mato Grosso do Sul, à exceção dos municípios de Anápolis/GO que cobra regularmente a chamada “taxa do lixo” em um boleto específico, e de Maracajú/MS que incorporou a cobrança regular pela gestão desses serviços na tarifa de água, a partir do ano de 2009.

As informações relacionadas aos RSU para a região encontram-se bastante dispersas e incompletas, não existindo banco de dados precisos, o que dificulta o planejamento e a tomada de decisões.



Principais tecnologias e rotas tecnológicas de RSU da Região Centro-Oeste

Conforme ABRELPE (2012), os RSU gerados na região representam 8,1% do total gerado no país, sendo a média per capita de RSU coletados, nos Estados da região, de 1,02 kg/hab.dia e, no Distrito Federal, de 1,6 kg/hab.dia.

O alcance médio dos serviços de coleta de RSU na região é de 90%. A maioria dos serviços são realizados pela administração direta e de forma indiferenciada e quase não existe coleta na zona rural. A coleta diferenciada, conforme ABRELPE (2011), existe em menos de 30% dos municípios e, mesmo nestes, a maioria dos recicláveis não é recuperada. No entanto, o município de Goiânia tem destaque nacional quanto à quantidade de recicláveis coletados, atingindo o quinto lugar dentre os municípios do país, segundo o CEMPRES (2012).

A tecnologia mais utilizada na região, para os RSU, é o aterro sanitário sem aproveitamento energético, seguida por centrais de triagem e algumas unidades de compostagem, não existindo outras tecnologias (digestão anaeróbia, incineração, coprocessamento, etc.). Na Tabela 7 encontram-se as tecnologias de tratamento e disposição final identificadas na região Centro-Oeste, por unidade federativa e respectivos municípios ou regiões administrativas.

Tabela 7 – Tecnologias de tratamento e disposição final de RSU na Região Centro-Oeste, por unidade federativa e respectivos municípios ou regiões administrativas.

	Tecnologias existentes nos municípios ou regiões administrativas		
Unidades Federativas	Triagem	Compostagem	Aterro Sanitário sem Aproveitamento Energético
Regiões Administrativas do Distrito Federal	Asa Sul e Ceilândia.	Asa Sul e Ceilândia.	_____
Municípios de Goiás	Anápolis, Aparecida de Goiânia, Bela Vista de Goiás, Catalão, Caldas Novas, Chapadão do Céu, Cidade Ocidental, Cristalina, Formosa, Goiânia, Goianira, Guaporé, Hidrolândia, Inhumas, Itumbiara, Jaraguá, Novo Gama, Piracanjuba, Quirinópolis, Rio Verde, São Luis de Montes Belos e São Miguel do Passa Quatro.	Chapadão do Céu.	Anápolis, Aparecida de Goiânia, Chapadão do Céu, Cidade Ocidental, Goianésia, Goiânia, Rio Verde, Senador Canedo e Trindade.
Municípios de Mato Grosso do Sul	Cassilândia, Dourados e São Gabriel do Oeste.	Amambai, Caarapó.	Alcinópolis, Aquidauana, Dourados, Nova Andradina e Três Lagoas.
Municípios de Mato Grosso	Colíder, Cuiabá, Rondonópolis e Tangará da Serra.	_____	Campo Verde, Colíder, Cotriguaçu, Juína e Torixoréu.



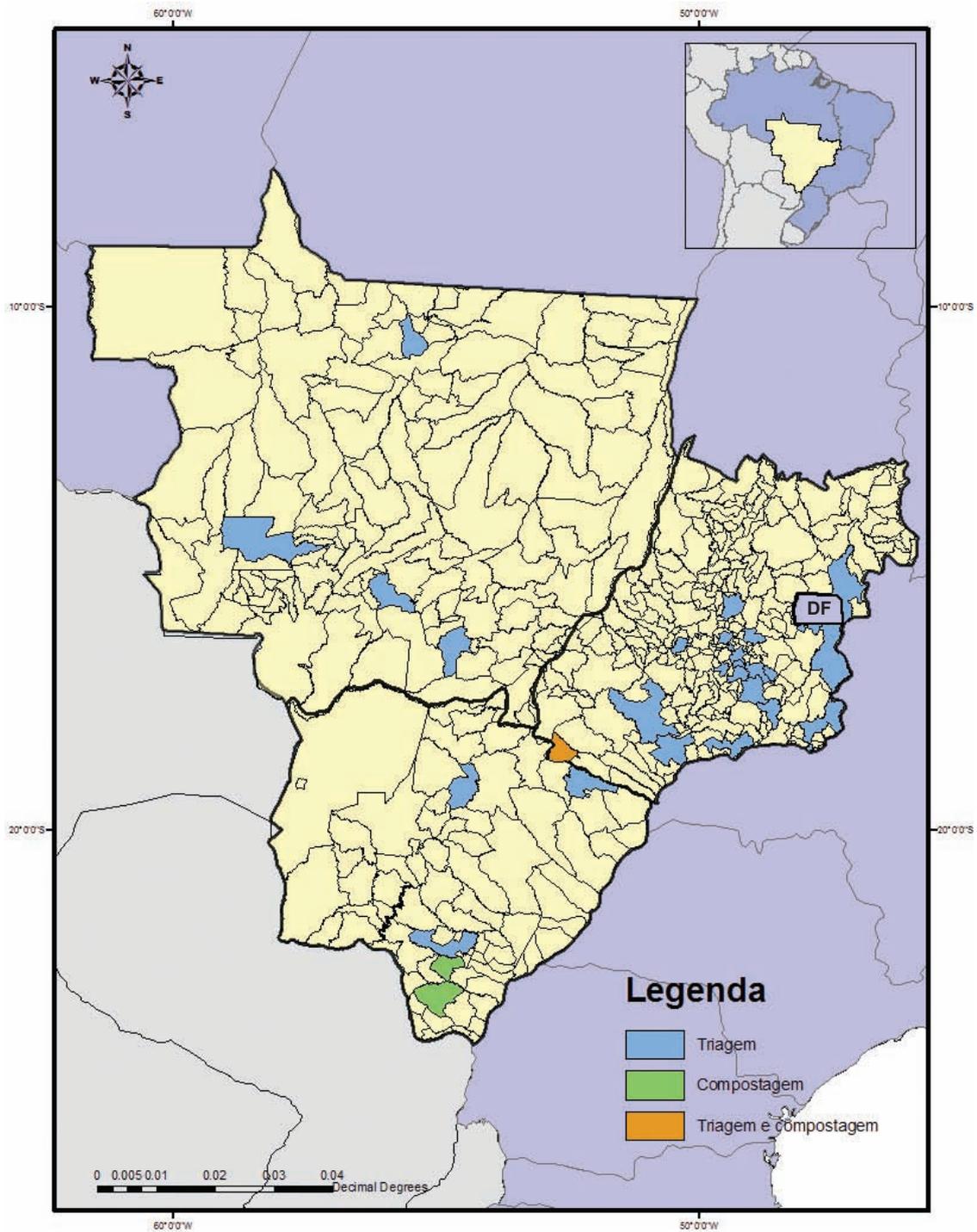


Figura 49 – Unidades de Triagem e Compostagem nos município da Região Centro-Oeste.



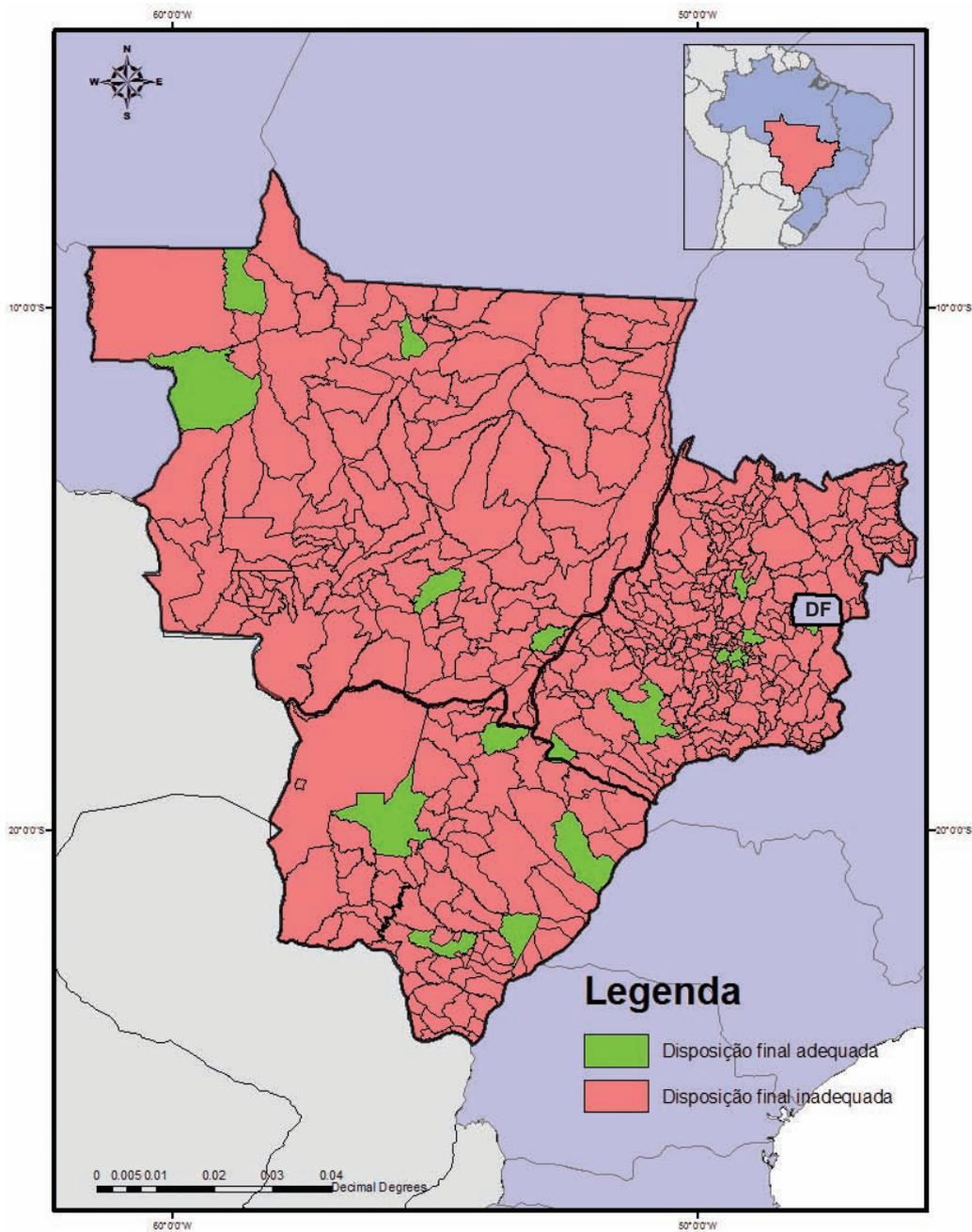


Figura 50 – Forma de disposição final dos resíduos nos municípios da Região Centro-Oeste.
Fonte: Adaptado de Carvalho, 2012.

Quanto a triagem dos recicláveis coletados, na maioria dos casos, o processo é executado em locais improvisados. Os programas existentes na região são promovidos em parceria com cooperativas de catadores, mas em muitos casos há a predominância do assistencialismo e da falta de políticas públicas eficazes.

Quanto à indústria da reciclagem, existem poucas instalações na região, de forma que a maior



parte dos resíduos escoam para as regiões Sul e Sudeste do país, prevalecendo nas relações comerciais as figuras do atravessador e do intermediário.

As experiências de compostagem, na região, não foram bem sucedidas, devido à falta de controle do processo tecnológico, de gestão e de incentivos. Sendo uma tecnologia pouco utilizada, com 5 unidades em operação, conforme apresentado na Figura 49.

A maioria dos RSU coletados na região (71,2%) é disposta de forma inadequada em lixões e aterros controlados (ABRELPE, 2012), conforme apresentado na Figura 50. No Distrito Federal, todas as regiões administrativas dispõem seus RSU em um lixão. No Estado de Mato Grosso, 98,6% dos municípios (CRUZ, 2012) destinam seus resíduos para esses locais, assim como o fazem o Estado de Goiás em 97% dos seus municípios (FERREIRA, 2012), e o Estado de Mato Grosso do Sul em 94% dos seus municípios (SILVA JÚNIOR, 2012).

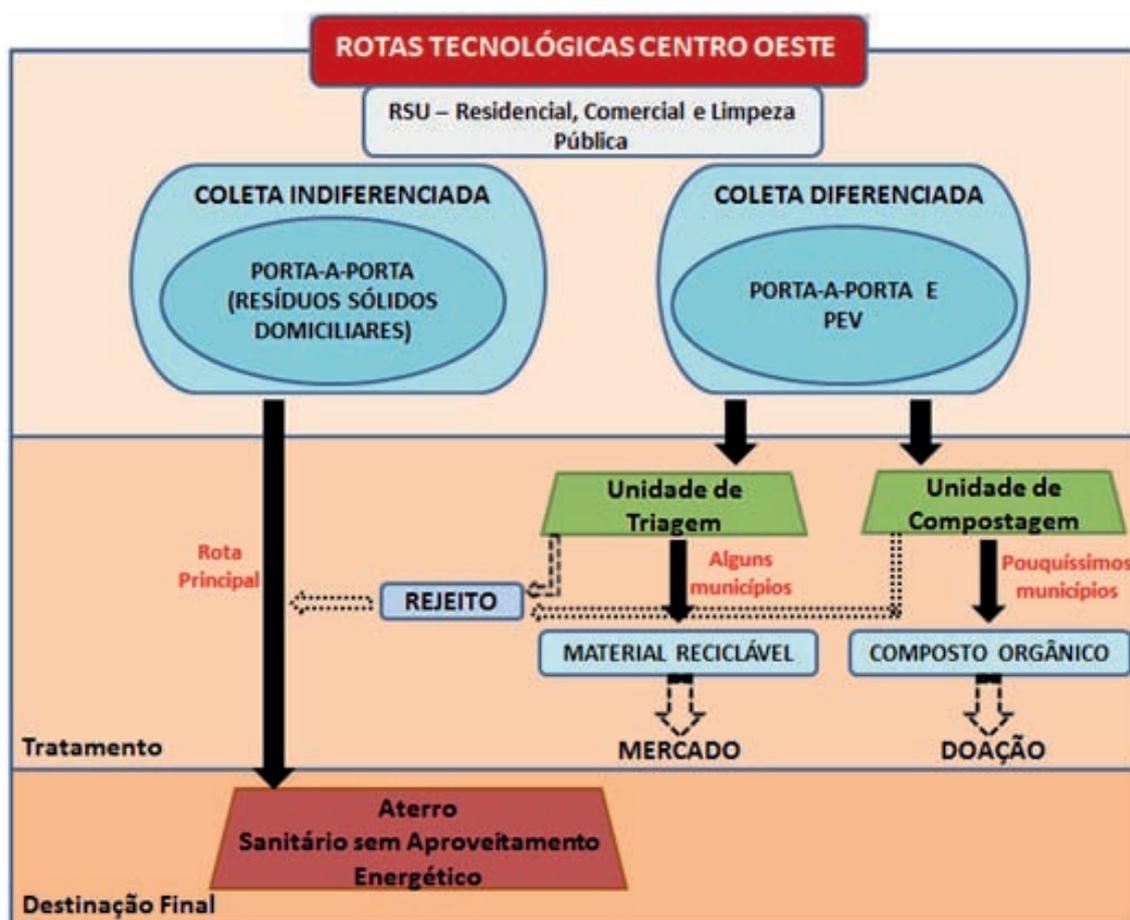


Figura 51 – Rota tecnológica identificada para a Região Centro-Oeste.

Conforme pode ser observado na Figura 51, quanto às rotas tecnológicas propriamente ditas, para os RSU gerados na Região Centro-Oeste, prevalece como rota principal a coleta indiferenciada, seguida de aterros sanitários sem aproveitamento energético. Em alguns municípios da região, existe uma rota secundária envolvendo coleta diferenciada e triagem, e, em raríssimos casos, envolve também a compostagem.



5.2.4 Região Sudeste

A Região Sudeste é a região de maior desenvolvimento econômico do Brasil, responsável por mais de 50% da fração do PIB nacional e apresenta um dos maiores Índices de Desenvolvimento Humano do País. Ocupa 10% do território nacional, com uma população de aproximadamente 78 milhões de habitantes.

De acordo com a ABRELPE (2012), a quantidade de resíduos sólidos coletada diariamente na Região Sudeste é de 98.215 toneladas, o que representa aproximadamente 52,5% do total de resíduos sólidos urbanos coletados no país. Na região, o estado de São Paulo contribui com 57,65% dos resíduos coletados, seguido pelos estados do Rio de Janeiro, com 21,42%, Minas Gerais, com 17,91%, e Espírito Santo, com 3,00%. A Tabela 8, a seguir, apresenta informações sobre a geração e composição dos resíduos sólidos urbanos nos Estados da Região Sudeste.

Tabela 8 – População e Geração dos RSU nos Estados da Região Sudeste.

ESTADO	População Urbana (hab.) IBGE, 2012	Geração de resíduos (t/dia) ABRELPE, 2012)
Espírito Santo	2.987.670	2.956
Minas Gerais	16.953.796	17.592
Rio de Janeiro	15.694.169	21.041
São Paulo	40.177.103	56.626
Região Sudeste	75.812.738	98.215

Observa-se na região a sólida presença de entidades da administração direta na gestão dos resíduos sólidos urbanos. Dados do IBGE, indicam 1.583 entidades prestadoras de serviços de manejo dos resíduos sólidos municipais, 776 privadas, 40 intermunicipais, 6 estaduais e uma entidade federal na região. Nos Estados do Rio de Janeiro, Minas Gerais e Espírito Santo, aproximadamente 70% das prestadoras de serviços são municipais. No Estado de São Paulo, aproximadamente 40% do total das entidades prestadoras de serviços na área são privadas.

No Sudeste, em 79,5% dos municípios, a coleta é realizada nas frequências diária ou três vezes por semana, consideradas adequadas para as condições climáticas brasileiras. Nos outros 18%, a coleta é feita uma ou duas vezes por semana. Embora sejam poucos, mesmo no Sudeste, existem municípios onde não há coleta domiciliar estabelecida.

Na Região Sudeste, 171 municípios informaram que possuem programas de coleta seletiva que, embora tenham pouca participação efetiva da população, têm abrangência em toda a área das suas sedes municipais (10,2% dos municípios da região). A coleta seletiva é presente em 14,7% dos municípios em São Paulo, 7,9% dos municípios em Minas Gerais, 6,5% dos



municípios no Rio de Janeiro e 2,6% do Espírito Santo. (ABRELPE,2012)

Os valores médios aplicados pelos municípios na Região Sudeste para serviços de coleta de resíduos sólidos urbanos e demais serviços de limpeza urbana, no ano de 2012 (foram, respectivamente, de R\$55,92 e R\$96,72 por habitante, valores maiores do que as médias nacionais, que por sua vez foram R\$ 49,80 e R\$ 83,76 (ABRELPE, 2012). Os empregos diretos gerados pelo setor de limpeza urbana no ano de 2010, na Região Sudeste, correspondem a aproximadamente 140.000 pessoas, equivalente a 47% das pessoas empregadas no setor no país. Estima-se que o mercado de serviços de limpeza urbana movimente aproximadamente 10 bilhões de reais na Região Sudeste, 54% do valor nacional.

Os Anexos VIII, IX e X apresentam, respectivamente, os principais atores, o perfil institucional e os aspectos financeiros da gestão de RSU da Região Sudeste.

Principais tecnologias e rotas tecnológicas de RSU da Região Sudeste

Segundo a ABRELPE, 13,8% dos municípios da região encaminham seus resíduos para lixões, 38,3% para aterros controlados, indicando 52,1% de disposição final inadequada. 47,8% encaminham seus resíduos para aterros sanitários, com disposição final adequada. Se avaliada a destinação de resíduos sólidos urbanos em relação ao seu peso, estima-se que 71,7% dos resíduos gerados na Região Sudeste são destinados a aterros sanitários, 17,7% a aterros controlados e 10,6% a lixões. Com relação a compostagem, poucas são as experiências existentes na região, com destaque apenas para o Estado de Minas Gerais.

As unidades de triagem crescem à medida que a coleta seletiva se amplia, porém, apesar de numerosas, triam um insignificante percentual dos resíduos gerados nos municípios.

Há uma tendência em operá-las com cooperativas de ex-catadores de resíduos. A eficácia das cooperativas ainda não pode ser bem avaliada, inclusive por falta de dados. Constatou-se a dificuldade de se manter nessas cooperativas os ex-catadores, já que muitos não se adaptam a um trabalho mais formal. Aqui deve ser ressaltado o Programa de Construção de Centros de Triagem de Materiais no município do Rio de Janeiro, cuja expectativa é de ampliar a coleta seletiva para cerca de 4% dos resíduos sólidos urbanos coletados e de criar mais de 1.500 postos de trabalho a serem preenchidos por cooperativas e associações.

Na maioria dos municípios da região, a abrangência da coleta seletiva é pequena e realizada pela própria prefeitura, ficando a triagem por conta de cooperativas e associações de catadores.

Apesar dos sucessivos fracassos da tecnologia de triagem e compostagem após a coleta indiferenciada, ainda é possível encontrar um grande número delas operando principalmente em pequenos municípios. Além da baixa qualidade dos materiais recicláveis triados e do composto orgânico produzido, acabam incentivando a existência de valas ou mesmo lixões. Com o motivo de que resta muito pouco resíduo no final do processo, não se planeja uma destinação final adequada, muito embora o chamado refugo, na verdade, seja significativo. Além disso, eventualmente a usina deixa de funcionar por problemas técnicos.



A Figura 52 apresenta os municípios em que estão localizadas as unidades de compostagem na Região Sudeste.

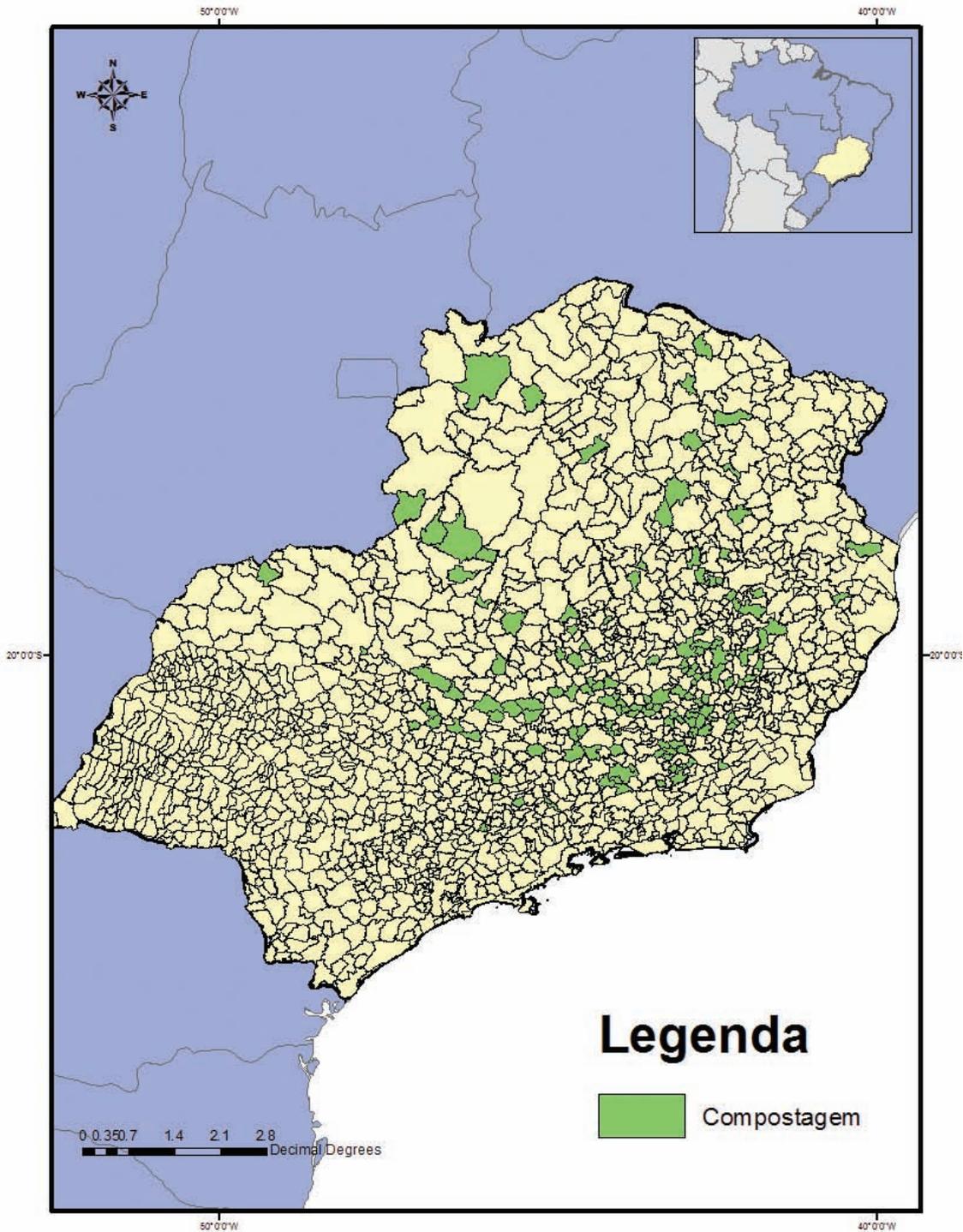


Figura 52 – Unidades de Triagem e Compostagem.



Levando-se em conta o compartilhamento de aterros sanitários por vários municípios e a distância deles dos maiores municípios participantes, observa-se que vem crescendo no Sudeste a importância das estações de transbordo.

Municípios de maior porte, onde as distâncias dos aterros são maiores do que 20 quilômetros, utilizam estações de transbordo, como é o caso dos municípios de Belo Horizonte, Rio de Janeiro, São Paulo, Cariacica e Vitória, entre outros.

As novas estações de transbordo têm merecido maior atenção e cuidados das autoridades, com projetos que reduzem os impactos no entorno, de forma a minimizar a reação das populações vizinhas.

Cabe ressaltar que, em se tratando do gerenciamento dos sistemas de limpeza urbana, os consórcios, não obstante o incentivo existente, são ainda em pequeno número na Região Sudeste e ligados basicamente à destinação final.

Em relação aos aterros sanitários, destaca-se a qualidade dos aterros atuais do Sudeste, que vêm incorporando inovações dos modernos aterros sanitários dos países desenvolvidos, principalmente nos municípios de médio e grande porte. Neste sentido, todos os Estados da região possuem aterros sanitários de médio e grande porte. Como apresentado anteriormente, se considerado a destinação final em peso, a região destina aproximadamente 72% dos seus resíduos em aterros sanitários. A Figura 53 apresenta os municípios que destinam os seus RSU para aterros sanitários da Região Sudeste, classificados como disposição final adequada, e os municípios que destinam os seus RSU para lixões e aterros controlados, classificados como inadequados.



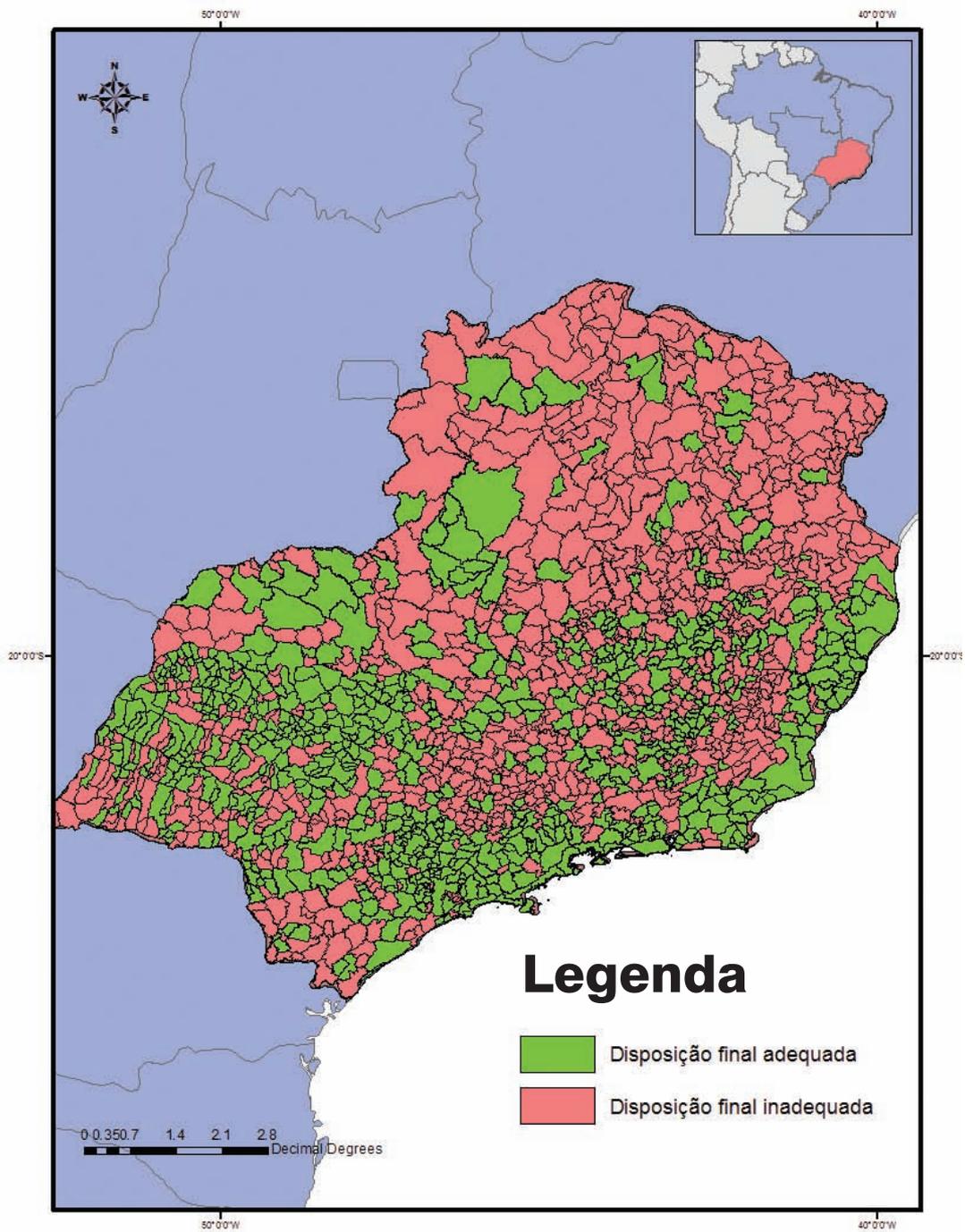


Figura 53 – Forma de disposição final dos resíduos nos municípios da Região Sudeste.

Conclui-se que, também na Região Sudeste, prevalece como rota tecnológica a coleta indiferenciada, seguida de aterros sanitários sem aproveitamento energético. Em alguns municípios do Sudeste, existe uma rota secundária envolvendo coleta diferenciada e triagem e que, em pouquíssimos casos, envolve também a compostagem. (Figura 54 a Figura 57).



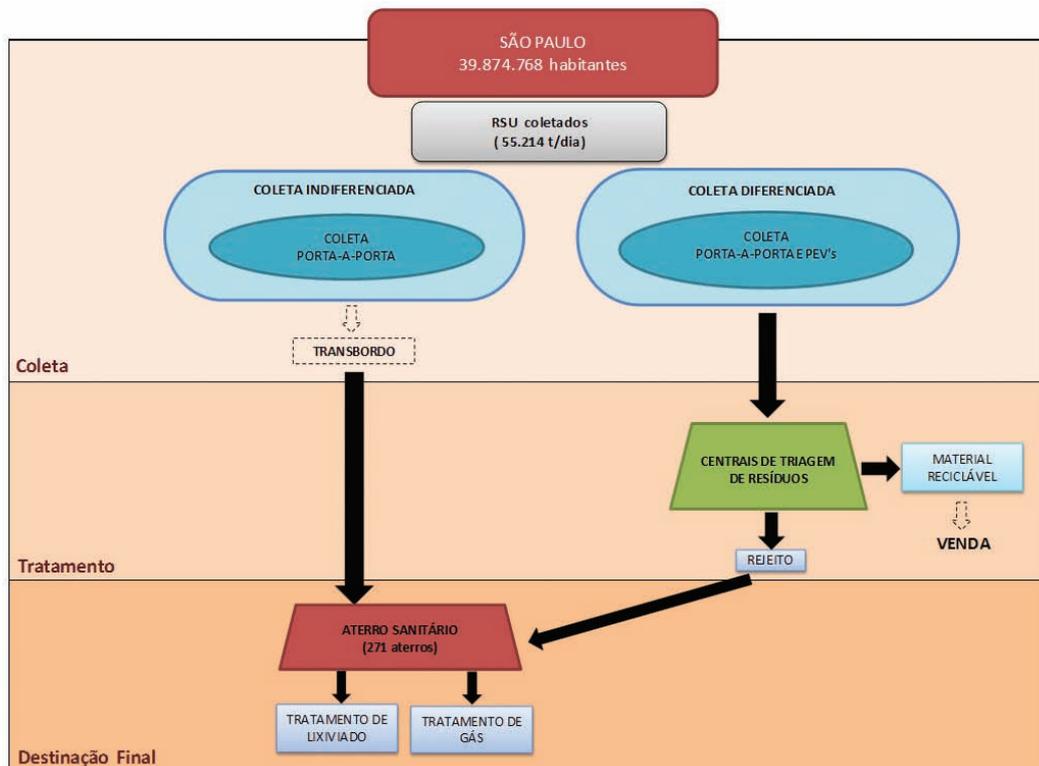


Figura 54 – Rota tecnológica predominante no Estado de São Paulo.

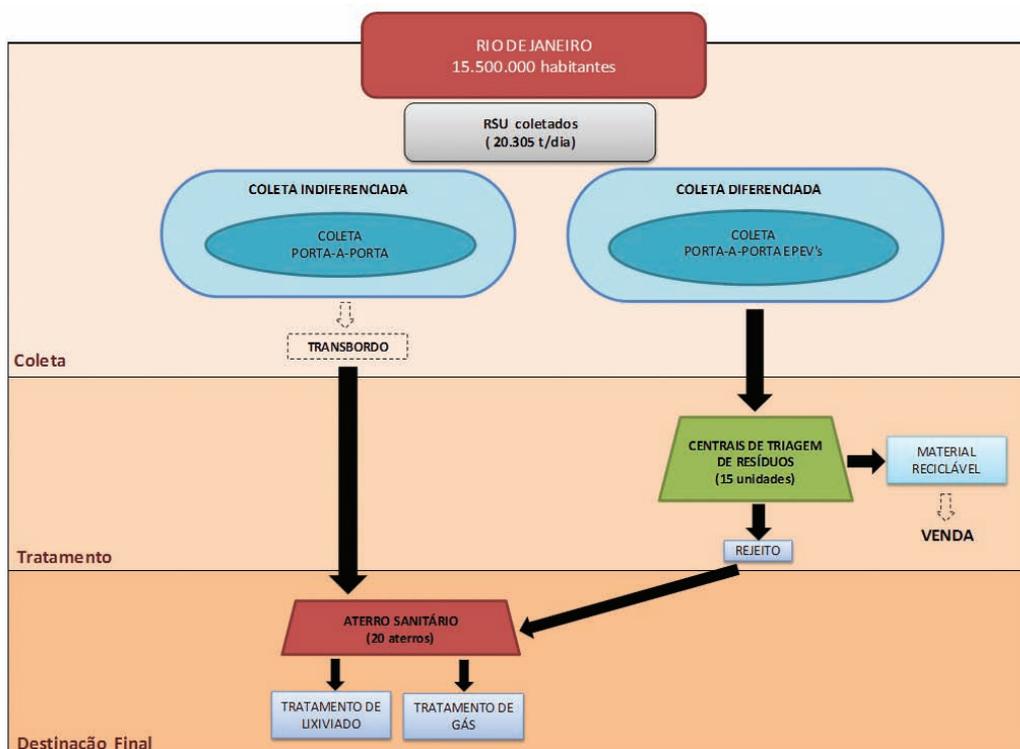


Figura 55 – Rota tecnológica predominante no Estado do Rio de Janeiro.



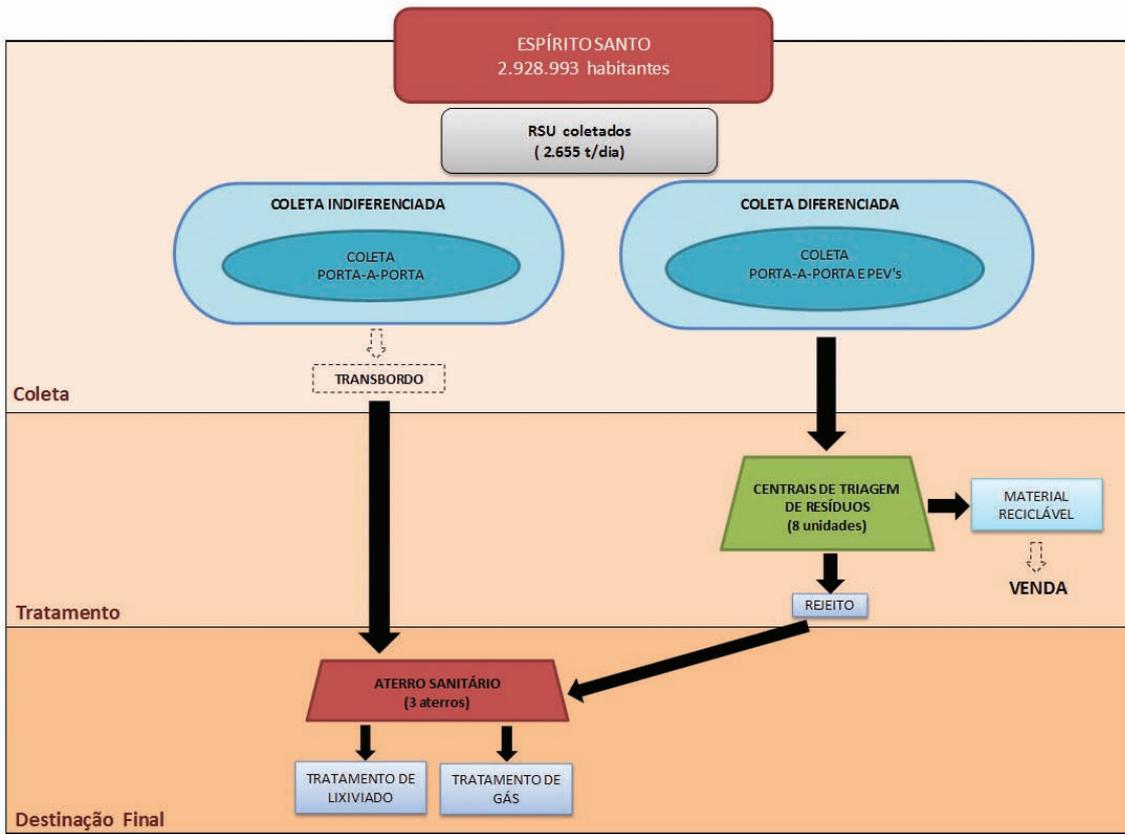


Figura 56 – Rota tecnológica predominante no Estado do Espírito Santo.

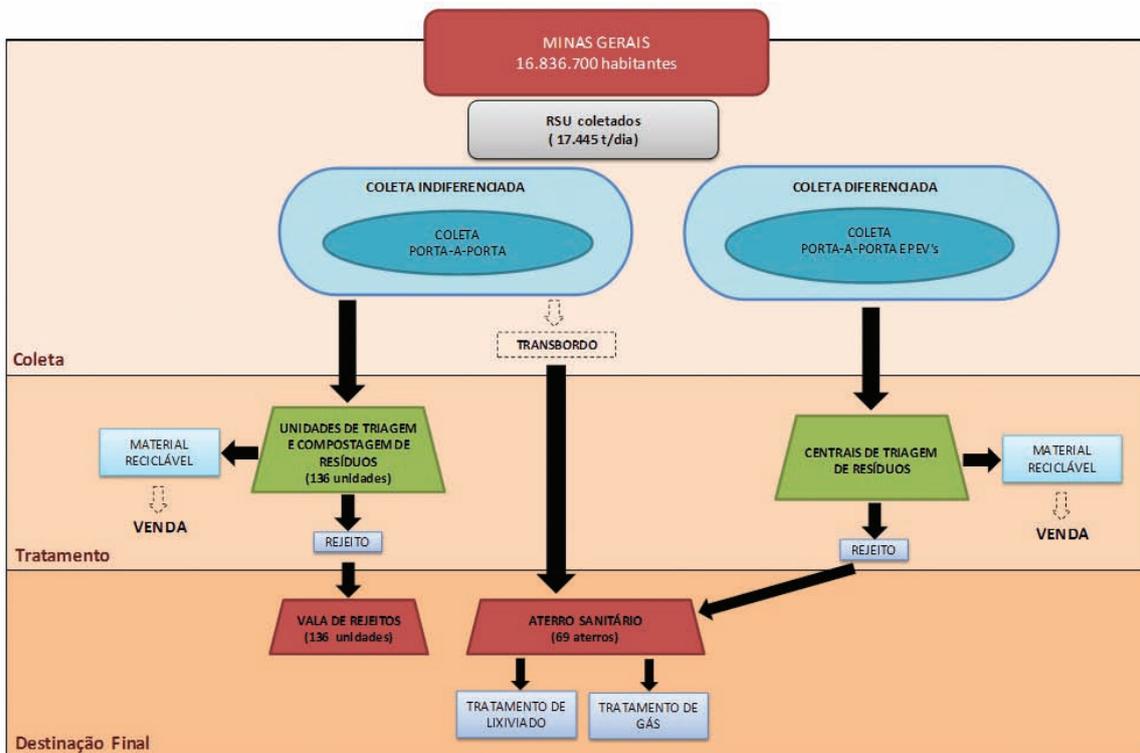


Figura 57 – Rota tecnológica predominante no Estado de Minas Gerais.



5.2.5 Região Sul

A Região Sul do Brasil é constituída pelos Estados do Paraná, Santa Catarina e Rio Grande do Sul, que somam 27.384.815 habitantes (Censo IBGE, 2010), em uma superfície de 576.409,6 km². É a menor do País em extensão territorial, ocupando 7% da área nacional. Possui participação de 20% no PIB nacional, ficando abaixo apenas da região Sudeste.

O cenário da gestão de RSU nesta região é bastante diferenciado de outras regiões do país, envolvendo atores do primeiro, segundo e terceiro setor.

Os três Estados possuem políticas estaduais e legislação para gerenciamento e manejo de RSU. A gestão dos serviços de manejo de RSU é realizada predominantemente de forma direta pelos municípios.

Já quanto à execução dos serviços, a grande maioria dos municípios da Região Sul utilizam o auxílio de empresas contratadas para serviços específicos.

Quanto aos aspectos financeiros da gestão de RSU, verifica-se que a maior parte dos municípios da região realiza a cobrança de taxas pela prestação de serviços de manejo e limpeza pública, apesar de as taxas não cobrirem os custos em mais de 90% dos municípios.

Os Anexos XI, XII e XIII apresentam, respectivamente, os principais atores, o perfil institucional e os aspectos financeiros da gestão de RSU da Região Sul.

Principais tecnologias e rotas tecnológicas de RSU da Região Sul

A quantidade de RSU coletados nos três Estados da Região Sul corresponde a cerca de 11% da geração total do Brasil (ABRELPE, 2012). A geração de RSU por Estado e a sua composição média figuram na Tabela 9.

Tabela 9 – População, geração e composição dos RSU nos Estados da Região Sul.

ESTADO	População (hab.) IBGE, 2010	Geração de resíduos t/dia(ABRELPE, 2012)
Paraná	10.444.526	8.206
Santa Catarina	6.248.436	4.340
Rio Grande do Sul	10.693.929	7.960
Região Sul	27.386.891	20.506



O PNSB (IBGE, 2008) conclui, quanto à destinação final dos resíduos, que os Estados da Região Sul foram os que registraram a menor taxa de destinação de resíduos em lixões: com taxas de 2,7 % para Santa Catarina, 16,5 % no Rio Grande do Sul e 24,6 % no Paraná.

Na Região Sul, os Estados seguem basicamente a concepção tradicional de gestão de resíduos adotada em todo país, com coleta porta-a-porta nas regiões urbanizadas, transporte por meio de caminhões compactadores e destinação final para aterros sanitários, controlados ou lixões. A coleta containerizada de RSU é verificada apenas em municípios do Rio Grande do Sul.

Enquanto a coleta regular domiciliar é amplamente observada nos municípios da Região Sul, a coleta seletiva está presente em menos da metade dos municípios da região (35% dos municípios de SC e do RS e 48% dos municípios do PR têm algum sistema de coleta seletiva funcionando). De uma maneira geral, a coleta seletiva é realizada porta-a-porta apenas em municípios de maior porte e em zonas urbanizadas. Nas zonas rurais, a coleta seletiva é feita por contêineres instalados em locais específicos para a deposição da população, e a retirada é realizada semanalmente ou mensalmente.

Tanto a coleta seletiva quanto a triagem de materiais recicláveis são atividades executadas comumente por cooperativas ou associações de catadores conveniadas ao município.

Na Figura 58 são identificados os municípios que realizam algum tipo de tratamento de resíduos, como a triagem e a compostagem.

De acordo com o ilustrado nesta Figura, verifica-se que a compostagem ainda é pouco presente nos Estados da região.



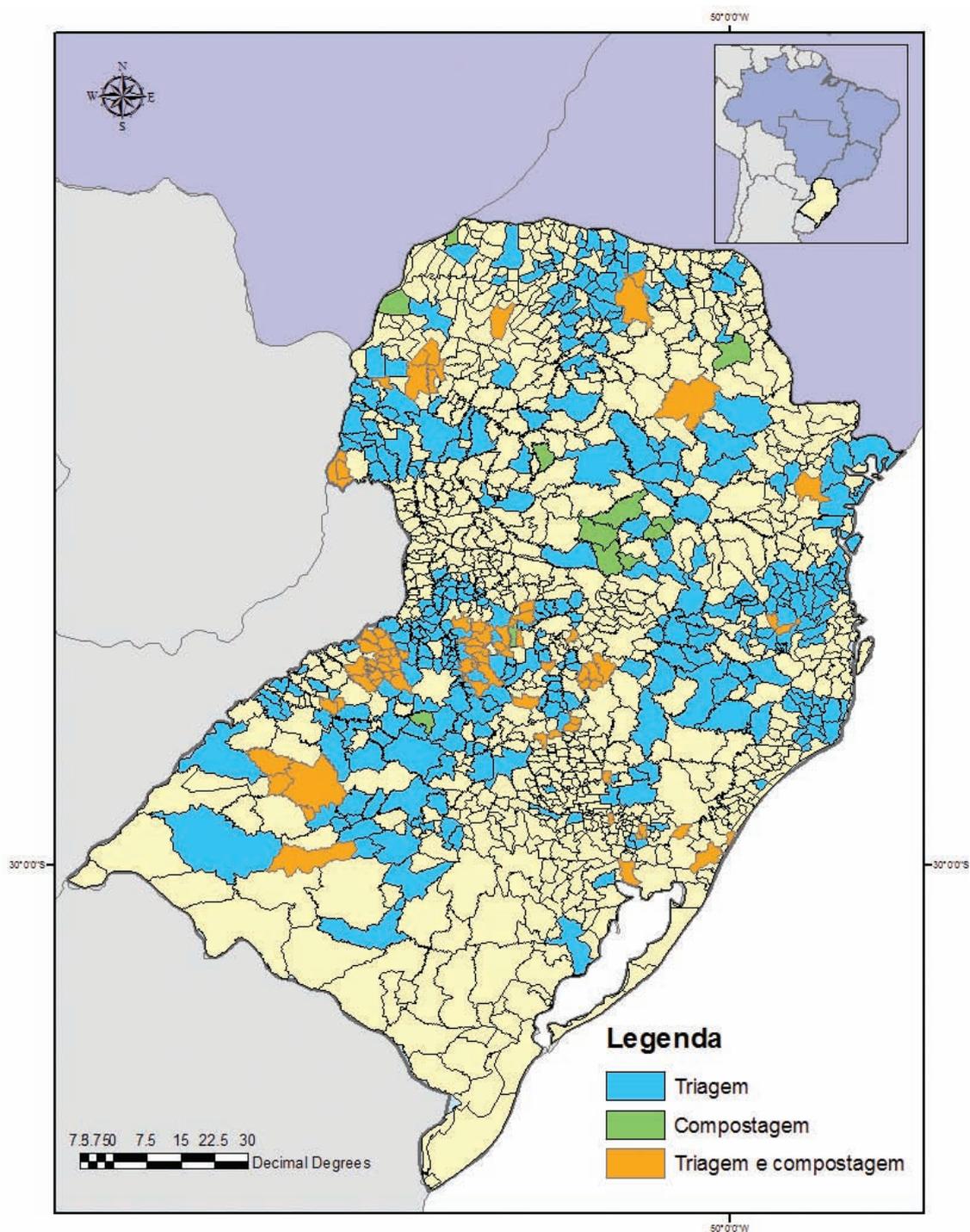


Figura 58 – Unidades de Triagem e Compostagem nos municípios da Região Sul.

Fonte: produzido pela Equipe de Pesquisa Região Sul, com base em dados de instituições oficiais do ano de 2011.



A Figura 59 ilustra a forma correspondente de disposição final dos resíduos dos municípios.

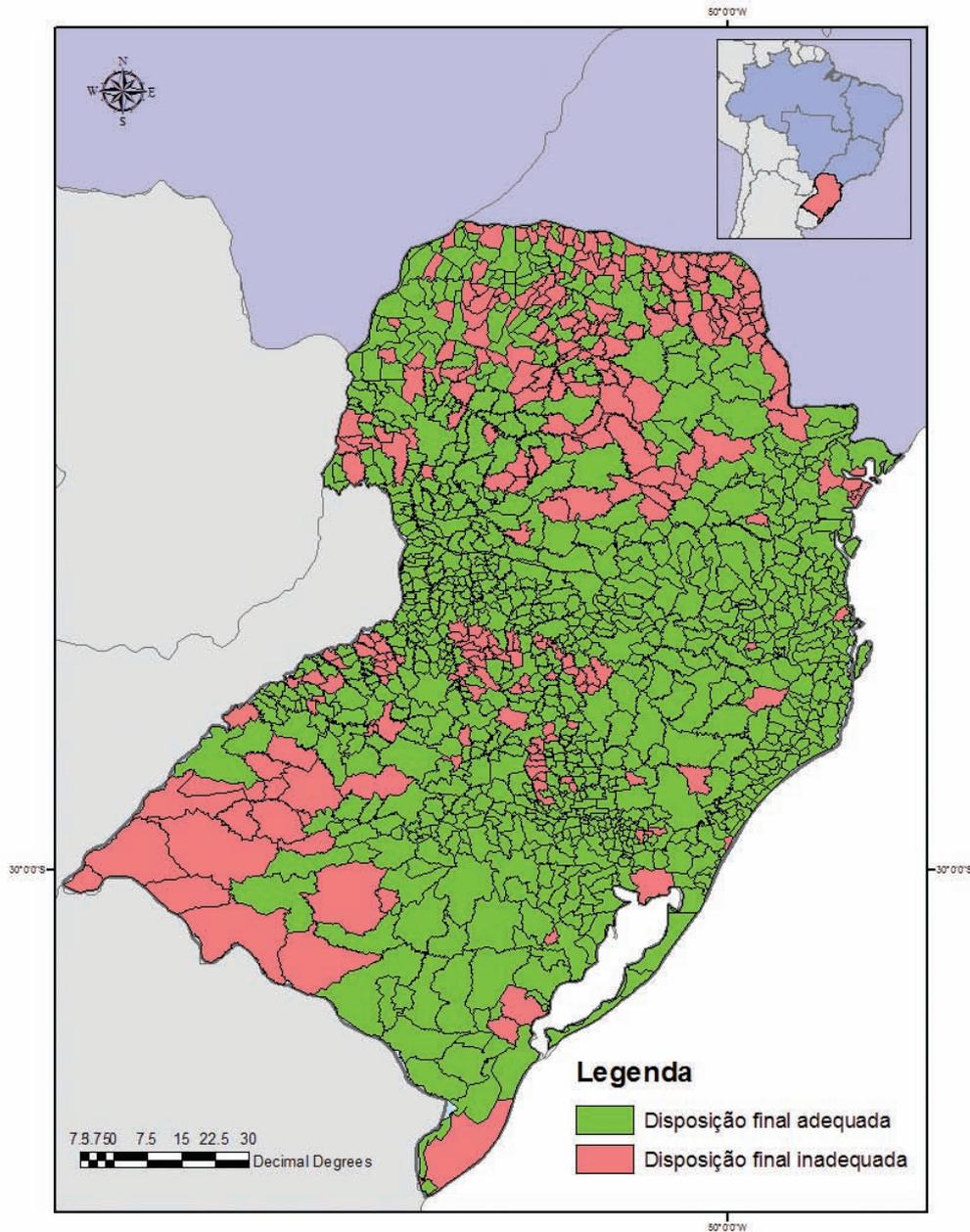


Figura 59 – Forma de diposição final dos resíduos nos municípios da Região Sul.

Fonte: produzido pela Equipe de Pesquisa Região Sul, com base em dados de instituições oficiais do ano de 2011.

Observa-se na Figura acima que os lixões estão sendo rapidamente erradicados com a implantação de políticas públicas e com o estabelecimento de metas dos governos estaduais para a disposição correta dos resíduos anteriores à PNRS de 2010.

As principais tecnologias de tratamento de resíduos sólidos urbanos empregadas na região são a triagem de resíduos recicláveis para a indústria de recicláveis e a triagem de resíduos orgânicos para a compostagem. A triagem, na maioria das vezes, é feita de forma manual, em unidades mal projetadas, com problemas de manutenção e pouco uso tecnológico, que utili-



zam esteiras ou mesas de catação, por associações ou cooperativas de catadores e, algumas vezes, por funcionários municipais. As experiências de compostagem são feitas com resíduos coletados de forma indiferenciada, limitando assim a qualidade do produto final, o composto.

Não há plantas de aproveitamento energético, por meio da incineração, implantadas na Região Sul. Verificam-se movimentos organizados contra iniciativas de incineração de RSU nos três Estados do Sul, e nas assembleias legislativas do Paraná e do Rio Grande do Sul tramitam projetos de lei para a proibição da incineração de RSU.

Embora a digestão anaeróbia de resíduos industriais com aproveitamento do biogás, principalmente de resíduos da agroindústria e de frigoríficos, seja utilizada na Região Sul, o processo não está presente ainda em nenhum município para tratamento de RSU.

A tendência da região, especialmente nos Estados de Santa Catarina e do Rio Grande do Sul, é de atendimento da meta estabelecida na PNRS de eliminação dos lixões até 2014, visto que grande parte dos municípios já faz a disposição final ambientalmente adequada.

Verifica-se uma crescente presença de aterros sanitários terceirizados ou privados na Região Sul. Em 2012, havia apenas duas experiências de MDL com gás de aterro, que são os aterros privados da empresa Proactiva, em Biguaçu/SC, e da empresa CRVR (antiga empresa SIL), em Minas do Leão/RS.

Quanto às rotas tecnológicas, propriamente ditas, utilizadas para os RSU gerados na Região Sul, prevalece como rota principal a coleta indiferenciada, seguida de aterros sanitários sem aproveitamento energético. Em alguns municípios da região, existe uma rota secundária com coleta diferenciada e triagem e, em pouquíssimos casos, a compostagem (Figura 60, Figura 61 e Figura 62).

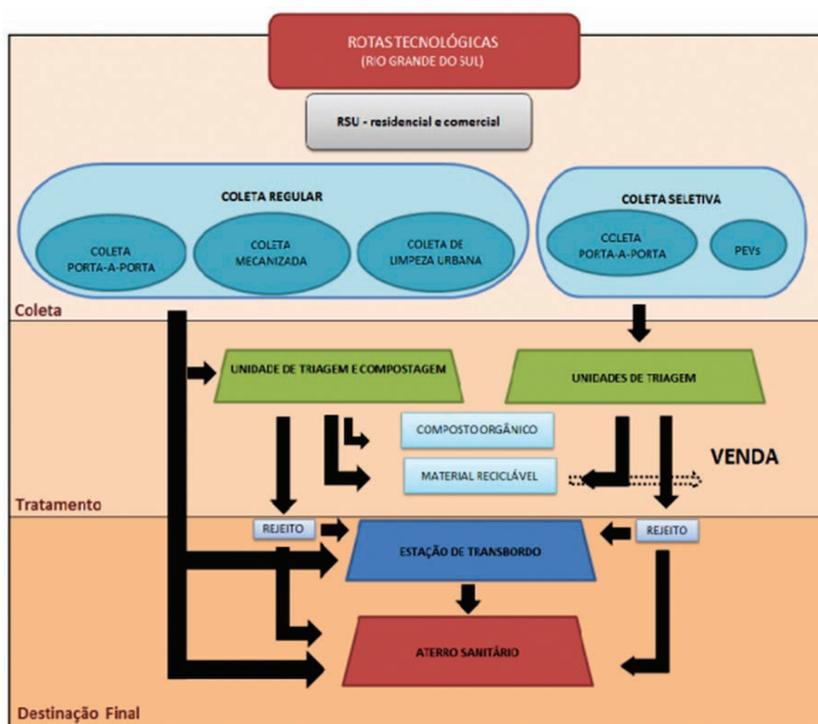


Figura 60 – Rota tecnológica predominante para o Estado do Rio Grande do Sul.



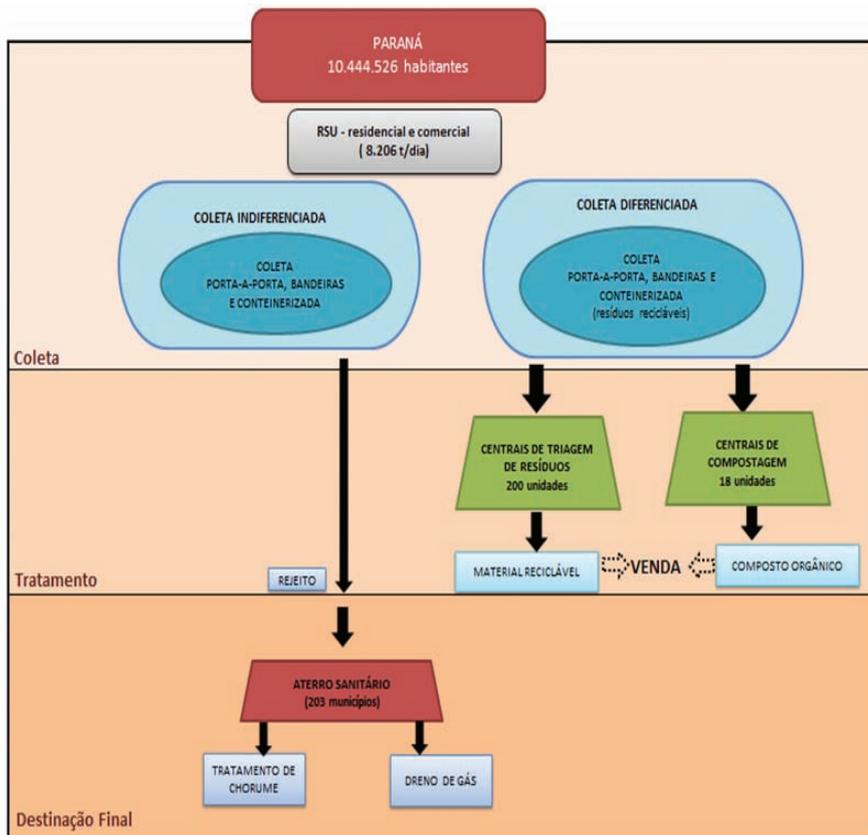


Figura 61 – Rota tecnológica predominante no Estado do Paraná.

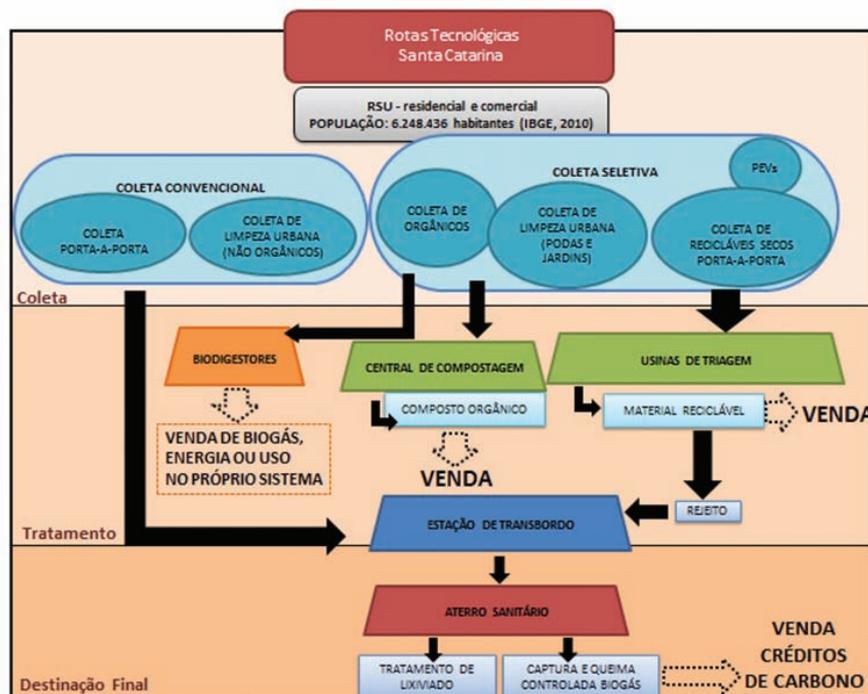


Figura 62 · Fluxograma geral de rotas tecnológicas do estado de Santa Catarina.





6

**Análise técnica, socioeconômica,
ambiental e institucional das
alternativas tecnológicas
de tratamento e disposição
final do RSU**



A Política Nacional de Resíduos Sólidos (PNRS), instituída pela Lei nº 12.305/2010, ao dispor sobre a gestão integrada e o gerenciamento dos resíduos sólidos, determinando as responsabilidades do Poder Público e de toda a sociedade, vem alterar de modo significativo o modelo de gerenciamento vigente até então, exigindo dos gestores uma maior imersão nos aspectos relativos ao ciclo de vida dos resíduos gerados no âmbito de sua jurisdição.

Ao reconhecer os resíduos como um bem econômico e de valor social, a PNRS imputa ao Poder Público, de forma compartilhada, a responsabilidade de garantir a reutilização, reciclagem e tratamento dos resíduos, a partir do estabelecimento de uma gestão integrada e que contemple a logística reversa dos resíduos. Tal integração pode ser caracterizada pela utilização de um conjunto de referências estratégicas, institucionais, econômicas, sociais e ambientais, capaz de orientar as ações voltadas para a busca de soluções para os resíduos sólidos. De acordo com Lima (2001) e Mesquita Júnior (2007), são requisitos indispensáveis na composição dos modelos de gestão integrada, entre outros aspectos, o reconhecimento dos diversos agentes envolvidos no processo e a promoção da integração dos referidos aspectos, visando assegurar o desenvolvimento sustentável.

Dentro desse contexto, a gestão de RSU no país irá requerer novos arranjos institucionais e novos sistemas de logística e processamento de produtos e resíduos ante a necessidade de adaptação do mercado aos novos parâmetros. O alcance das metas estabelecidas pela PNRS perpassa, pois, pela diversificação das tecnologias de tratamento, cuja adoção deve ser coerente com as necessidades regionais, levando a um novo modelo de gestão e tratamento dos resíduos sólidos urbanos no Brasil. Requer ainda do gestor uma análise acurada das tecnologias de tratamento de RSU passíveis de implantação no país, com o objetivo de subsidiar a determinação de rotas tecnológicas mais adequadas a cada município ao inter-relacionar quatro dimensões essenciais: (1) técnica, (2) econômica, (3) ambiental e (4) institucional.

A dimensão técnica deve ser analisada considerando-se a viabilidade de implantação de uma determinada tecnologia, considerando o porte do município, disponibilidade de insumos, equipamentos e mão de obra, bem como a proximidade de mercado consumidor em caso de geração de algum produto. O porte do município e o seu grau de desenvolvimento econômico também se relacionam à capacidade de arcar com os custos de implantação e operação das diferentes tecnologias. A dimensão ambiental pode ser analisada ante os diferentes impactos que uma tecnologia pode impor ao ecossistema em que se insere, implicando custos adicionais para gestão e controle, podendo até inviabilizar a sua adoção por um determinado município. Por fim, a análise do arcabouço institucional sobre o qual se ampara a gestão de resíduos sólidos no país pode ser realizada com base nos modelos de cobrança e nos seus aspectos regulatórios e legais.

Diante das perspectivas citadas, são analisadas a seguir algumas das principais tecnologias de tratamento e disposição final de RSU, considerando as dimensões técnica, econômica, ambiental e institucional. A avaliação envolveu a utilização de informações secundárias, além de dados primários coletados pela equipe de pesquisadores durante o período de vigência do projeto.



6.1 Aspectos Técnicos e Econômicos das Tecnologias

Os processos de tomada de decisão geralmente ocorrem em ambientes complexos que envolvem informações imprecisas, múltiplos objetivos e diferentes agentes de decisão. Dentro de uma economia em desenvolvimento, ressalta-se ainda a escassez de recursos como um fator a ser considerado em qualquer exercício de análise que envolva a alocação de recursos de forma eficiente.

A lógica da escolha é sempre baseada na interação entre o sacrifício (ou perda de oportunidade) e o resultado. No setor público, a decisão recai em alternativas que demandam o menor volume de recursos, ao tempo em que reflitam o maior benefício social. Nesse contexto, a análise de custos aparece como ferramenta estratégica no processo de tomada de decisão. Por outro lado, a análise da receita necessária para arcar com todos os custos também deve ser objeto de avaliação a fim de garantir a sustentabilidade das decisões.

No setor de resíduos sólidos, tradicionalmente, existe uma tendência em se discutir custos e receitas com base nas *gate fees*². Entretanto, Eunomia (2010) argumenta que essas taxas podem flutuar ao longo do tempo e não necessariamente refletem os custos reais de gerenciamento dos resíduos. Sua eficiência depende, portanto, do desenvolvimento do mercado de tratamento de resíduos, incluindo a propriedade e as responsabilidades definidas dentro desse mercado. Assim, discute-se a seguir os custos envolvidos nas diferentes tecnologias, o mercado referente aos produtos derivados dos diferentes tipos de tratamento e as possíveis formas de cobrança por tais serviços.

6.1.1 Os Custos das Tecnologias

A oferta de qualquer atividade geradora de bens e serviços se orienta por diversos fatores intervenientes, tais como condições de oferta de insumos, água e energia; distâncias de transporte; acessibilidade; existência de mercado consumidor; atitudes e fatores da comunidade local; entre outros. A instalação de unidades de tratamento e disposição final de RSU nos municípios, em atendimento às metas e objetivos da PNRS, também tem sua viabilidade vinculada a essas variáveis condicionantes.

A existência de insumos em um mercado próximo e a disponibilidade de água e energia em suas diversas formas ou mesmo a potencialidade de recursos naturais a serem explorados influem no custo unitário dessas tecnologias e variam de uma região para outra, podendo apresentar oscilações dentro de uma mesma região, estado e até mesmo município. Os custos de transporte de matéria-prima, produtos gerados e resíduos de processo, também devem ser considerados e variam de acordo com a distância entre as fontes de insumos, a unidade produtora ou prestadora de serviços e o mercado consumidor. Nesse caso, a distância é um fator determinante em relação à localização, em termos de custos e de tempo gastos. Os fatores da comunidade, por exemplo, influenciam os custos de operação e derivam do ambiente político, econômico e social local e compreendem os mecanismos de planejamento e financiamento

2. A gate fee pode ser definida como uma contrapartida financeira determinada pela quantidade de resíduos a ser tratada ou disposta em alguma unidade e deve refletir os custos de operação e manutenção bem como as taxas ou tarifas cobradas pelo serviço.



governamentais, disponibilidades de serviços de apoio, absenteísmo de mão de obra e taxas de rotatividade, além de restrições ambientais (SLACK, 1997).

A determinação dos custos de implantação, operação e manutenção de uma unidade de tratamento de RSU não é trivial e de simples generalização. Os custos de implantação incluem os gastos relativos à execução de obras civis, aquisição de máquinas, equipamentos e utensílios, projetos executivos e taxas de licenciamento, entre outras despesas pré-operacionais. Na determinação dos custos de operação e manutenção, são considerados, entre outros, os gastos com água, energia, telefone e outros insumos utilizados no processo, mão de obra e encargos sociais, transporte, seguros, taxas e demais despesas fixas e operacionais.

A geração diária de resíduos dos municípios, como já mencionado em capítulo anterior, é influenciada pelo número de habitantes e pela riqueza do município, entre outros fatores. A quantidade de resíduos a ser tratada e disposta influi no porte e tipo das unidades a serem instaladas, por isso um primeiro parâmetro a ser considerado na decisão de investir em uma determinada tecnologia de tratamento, e consequente determinação de rotas tecnológicas para um determinado município, é o seu porte.

Desse modo, a análise dos custos relacionados a cada tecnologia é aqui desenvolvida considerando cinco diferentes faixas intervalares de municípios, segundo a quantidade de habitantes: inferior a 10.000 habitantes, de 10.000 a 30.000 habitantes, de 30.000 a 250.000 habitantes, de 250.000 a 1.000.000 de habitantes e superior a 1.000.000 de habitantes. A escolha de tais faixas populacionais foi realizada com base na concepção da Secretaria Nacional de Saneamento Ambiental (SNAS) do MMA nas publicações dos Diagnósticos do Manejo de Resíduos Sólidos Urbanos dos municípios participantes do SNIS que divide os municípios em 06 faixas populacionais. Para cada faixa intervalar foram definidas tecnologias a serem analisadas considerando a instalação de unidades de triagem, compostagem, digestão anaeróbia, incineração e aterro sanitário. Salienta-se que, dentro de uma mesma faixa populacional, podem existir grandes variações de geração de resíduos se tivermos tratando de cidades com diferentes economias. Em relação à valorização energética, a mesma varia em função da tecnologia adotada, e não da faixa populacional. Evidente que, quanto maior for a quantidade de resíduos (matéria prima) para geração de energia, menor será o custo do kWh gerado.

O levantamento dos custos considerados na análise das unidades de triagem e compostagem foi realizado considerando os parâmetros sugeridos por MMA (2010) e os valores foram estimados com base nos preços de mercado. Os parâmetros de estimativa dos custos dos aterros sanitários foram determinados com base em projetos de diferentes portes realizados pela Ecosam, empresa sediada no estado da Paraíba. Os valores referentes aos custos de implantação, operação e manutenção de unidades de digestão anaeróbia foram disponibilizados pela Engebio, empresa do Rio Grande do Sul, e os custos relativos à implantação e operação de unidades de incineração foram determinados pelo engenheiro Thomas Vollmeier, da TBF + Partner AG, empresa suíça.

6.1.1.1 Triagem

O processo de segregação e triagem dos resíduos sólidos urbanos sucede às operações de



coleta e transporte. A adoção de coleta indiferenciada ou diferenciada é fator determinante para a especificação do tipo de triagem a ser empregada.

O projeto de um centro de triagem deve se adequar a diversas características, tais como: o local onde será construído; os costumes locais de embalagem/comercialização dos produtos triados (fardos, roll-on roll-off, etc.); os produtos que são comercializados localmente e que não têm que ser transportados a longa distância; a forma e frequência em que são retirados pelos compradores, o que influencia no projeto das docas de carga e nos espaços para armazenagem; o turno de trabalho suportado pelos catadores; e, mais que tudo, sua produtividade em virtude da qualidade do material que chega ao centro, proveniente da coleta seletiva.

Nos processos convencionais, a triagem de RSU é realizada de forma mecanizada ou manual. As unidades de triagem manual são adotadas em municípios onde a geração dos resíduos é pequena, entre 05 a 10 t/dia, resultando em baixos índices de produtividade e recuperação de materiais. No processo manual, o sistema utiliza silos e mesas para processamento manual. Os custos desse tipo de unidade em geral são baixos e as unidades possuem uma capacidade maior de armazenagem pré-triagem do que as unidades mecanizadas.

Normalmente as unidades de triagens mecanizadas são implantadas dentro de um galpão com infraestrutura e cobertura adequada, onde estão localizadas as esteiras de separação mecanizadas movidas por motores elétricos a velocidades programadas que são comandadas por um painel de controle liga/desliga.

A utilização de sistemas mecanizados é recomendada, portanto, para unidades com capacidade de tratamento superior a 15 toneladas diárias. Municípios de médio a grande porte podem receber sistemas mais complexos com o uso de moegas, separadores magnéticos e aquisição de veículos de grande porte.

Diante das considerações supracitadas, foram estimados custos de implantação de diferentes tipologias de unidade, de acordo com o porte dos municípios (Figura 63). A implantação das unidades, que consiste na aquisição de terreno, construção de galpões, unidades administrativas e baias de armazenagem, representam a maior porção dos custos (entre 68% e 80%, dependendo do nível de mecanização).

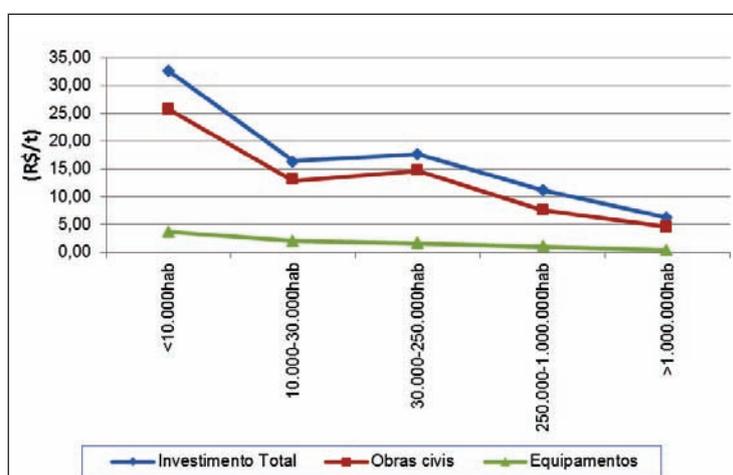


Figura 63 – Custos de Implantação de Unidades de Triagem.



De forma geral, os custos unitários de operação são superiores aos de implantação, independentemente do porte. Os custos de operação em unidades de pequeno porte são significativamente superiores aos de unidades de maior porte, devido ao uso intensivo de mão de obra. O ponto de inflexão apresentado no gráfico indica o uso de equipamentos mecanizados que provoca um aumento nos custos unitários em relação aos sistemas manuais, declinando à medida que aumenta a capacidade instalada.

A mão de obra é o elemento mais significativo na composição dos custos de operação e varia de 90%, nas unidades que usam catação manual, a 60% naquelas mecanizadas, o que inviabiliza a atividade para municípios com população inferior a 250.000 habitantes. A viabilidade de implantação de unidades em municípios de pequeno porte só é possível ao se excluir os gastos com mão de obra e encargos, relacionando-se a remuneração dos catadores exclusivamente à sua produção (Figura 64).

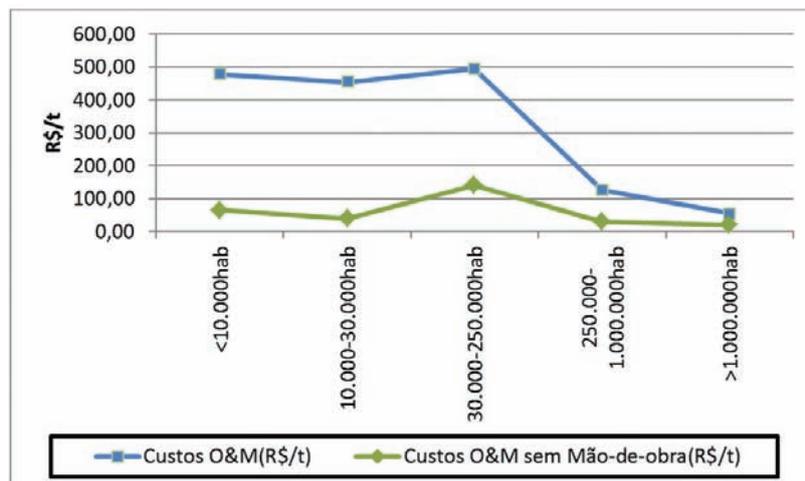


Figura 64 – Custos Unitários de Operação de Unidades de Triagem.

A modelagem econômica dos valores relacionados à implantação e manutenção de unidades de triagem apresenta, pois, ganhos de escala na medida em que se verifica um aumento da capacidade instalada das unidades. A implantação das unidades só se mostra viável para instalação de unidades de médio a grande porte que atendem a municípios com mais de 250.000 habitantes e possuem programas efetivos de coleta seletiva e mercado de venda de materiais recicláveis.

6.1.1.2 Compostagem

No Brasil, os sistemas mais comuns de tratamento de resíduos tem sido a implantação de unidades de triagem e compostagem, desde meados da década de 1970. Por diversos motivos já discutidos em capítulos anteriores, as experiências em geral não foram bem-sucedidas e as usinas foram abandonadas e sucateadas, levando a uma descrença nacional quanto à via-



bilidade de implantação ou manutenção desse tipo de atividade. A PNRS, entretanto, resgata a compostagem como parte integrante dos sistemas de manejo de resíduos sólidos e prevê uma articulação entre os agentes a fim de absorver economicamente o composto produzido.

De acordo com o Manual de Implantação de Compostagem e Coleta Seletiva do MMA (2010), a compostagem em leiras com reviramento manual ou mecânico é recomendada para unidades com capacidade de processamento de até 100t/dia, enquanto o CEMPRE/IPT, apud Schalch (2002), define a escolha da tecnologia de acordo com a faixa populacional: o método natural seria recomendado para uma população de até 150.000 habitantes. O método acelerado é recomendado por ambos os autores para unidades com processamento superior a 100 t/dia e população superior a 300.000 habitantes.

Os custos necessários à implantação de unidades de compostagem apresentam amplas faixas de variação e dependem significativamente do seu nível tecnológico. A compostagem em leiras apresenta custos inferiores de instalação e operação em relação aos sistemas aerados abertos e ainda menores se a comparação levar em consideração os sistemas fechados.

Desse modo, pequenos municípios devem considerar a implantação de pequenas unidades de compostagem, com sistema de reviramento manual, implicando baixos custos de implantação e operação, conferindo viabilidade ao sistema. Em unidades com capacidade de processamento superiores a 0,5 t/dia, deve ser considerado o uso de reviradores de leiras ou de pás mecânicas, essas últimas de maior utilidade às unidades. Apenas grandes unidades devem considerar o uso de aeradores forçados. Diante desses pressupostos, foram estimados os custos de instalação para municípios de diferentes faixas populacionais e, portanto, com capacidades diversas (Figura 65). Observam-se que, nos pequenos municípios, os custos de implantação são muito inferiores aos demais tipos de unidades. Nas faixas populacionais que compreendem até 30.000 habitantes, a infraestrutura é o item mais significativo na composição dos custos de implantação. À medida que são incorporados mais equipamentos, implicando um aumento da mecanização, se observa uma tendência de crescimento percentual da aquisição de equipamentos e utensílios nos custos.

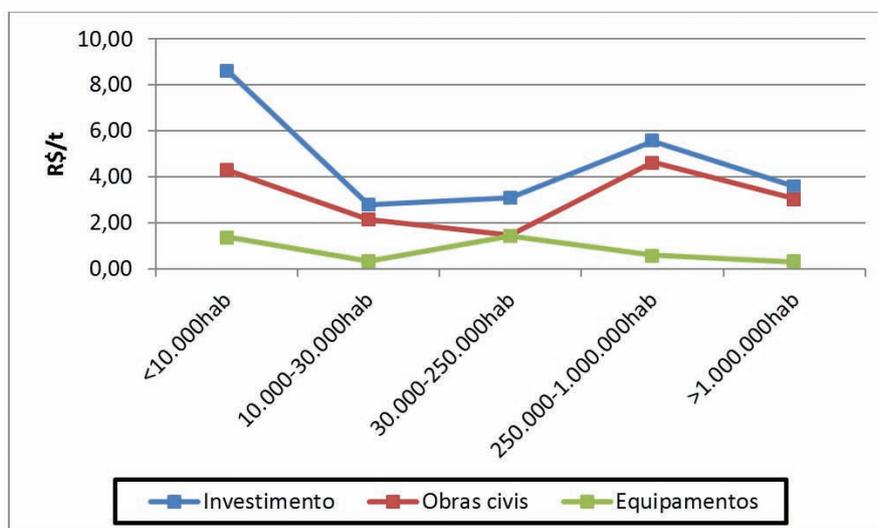


Figura 65 – Custos de Implantação de Unidades de Compostagem.



Os custos de operação (Figura 66) tendem a superar os custos de implantação nas unidades com menor capacidade instalada, devido aos baixos níveis de investimento demandados em tecnologias que utilizem reviramento manual ou mecânico. A mão de obra não surge como componente significativo na operação e manutenção dos sistemas de grande porte, chegando ao máximo a 20% dos custos totais. Nos municípios de menor porte que utilizam reviramento manual das leiras, este percentual alcança 40% de impacto. Os custos com propaganda e marketing, os quais podem ser desprezíveis na operação de determinadas tecnologias, ganham aqui um maior destaque e são essenciais à viabilidade das unidades que necessitam comercializar o composto produzido como forma de garantir o retorno do investimento e mantê-lo autossuficiente.

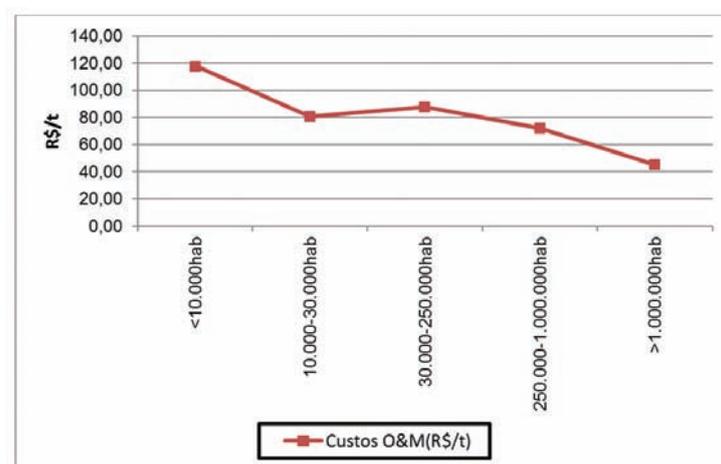


Figura 66 – Custos Unitários de Operação de Unidades de Compostagem.

A modelagem econômica dos valores relacionados à implantação e manutenção de unidades de compostagem, nos moldes definidos pelos Ministérios das Cidades e Meio Ambiente, apresenta ganhos de escala conforme aumento da capacidade instalada das unidades. A implantação das unidades se mostra viável em todas as faixas populacionais consideradas, no caso do composto produzido ser totalmente comercializado.

Ressalte-se que a aludida viabilidade está condicionada ao beneficiamento de resíduos oriundos de uma coleta seletiva eficiente. Assume-se, portanto, que o composto produzido está isento de contaminantes (tais como metais pesados), e atendem aos padrões de qualidade estabelecidos pelo Ministério da Agricultura, Pecuária e Abastecimento (MAPA).

6.1.1.3 Digestão Anaeróbia

O outro processo de decomposição da matéria orgânica, a Digestão Anaeróbia (DA), decompõe a matéria orgânica em metano, gás carbônico, nutrientes e compostos na presença de hidrogênio. Apesar de já ser empregado em várias partes do mundo, não há nenhum exemplo de aplicação no país. De acordo com Arsova (2010), China e Índia são dois países que fazem uso intensivo dessa tecnologia, além dos Estados Unidos e Europa. As nações europeias têm se destacado no desenvolvimento e inovação das tecnologias de processamento por via anaeróbia, e apresentado



um aumento significativo na instalação desse tipo de tecnologia no mundo (IEA, 2008).

No processo, é possível a geração e potencial comercialização de composto, fertilizante líquido, energia térmica, elétrica e créditos de carbono, os quais são essenciais para garantir uma possível viabilidade no país. Por ser uma tecnologia ainda não utilizada no Brasil, considera-se que seu emprego seria viável apenas em municípios com uma população superior a 100.000 habitantes. Considerando dois tipos de unidades, uma com capacidade de processamento de 20.000 t/ano (66 t/dia) e a outra com capacidade de 72.000 t/ano (225 t/dia), são apresentados os custos de implantação, operação e manutenção na Tabela 10, permitindo uma análise comparativa.

Tabela 10 – Síntese da Análise de Implantação de Unidades de Digestão Anaeróbia.

ITEM	VALORES (R\$)	%	VALORES (R\$)	%
CAPACIDADE DE TRATAMENTO (t/ano)	20.000,00		72.700,00	
CUSTOS TOTAIS DE INVESTIMENTO				
Custo Unitário de Investimento (R\$/t)	37,12		35,54	
Custos Fixos de Operação (Mão de Obra) (R\$/ano)	439.582,00	22%	439.582,00	12%
Custos de Insumos, Manutenção e Seguros (R\$)	1.560.418,00	78%	3.195.418,00	88%
CUSTOS TOTAIS DE OPERAÇÃO E MANUTENÇÃO (R\$/ano)	2.000.000,00		3.635.000,00	
Custo Unitário de operação e manutenção (R\$/t)	100,00		50,00	

Da Tabela 10, pode-se inferir que, a exemplo da implantação de unidades de compostagem, também na operação da tecnologia de DA, os custos de mão de obra são inferiores aos custos de manutenção, os quais aumentam com a capacidade instalada. A modelagem econômica dos valores relacionados à implantação e manutenção de unidades de digestão anaeróbia (DA) apresenta ganhos de escala em relação aos custos de operação. Os custos unitários de investimento são variáveis de acordo com a capacidade instalada, no sentido descendente de valor. Para as duas unidades analisadas, não há viabilidade de implantação aos custos e valores de comercialização praticados no Brasil. O retorno econômico do emprego dessa tecnologia só se justifica nos casos em que, além da comercialização dos produtos orgânicos, energia e créditos de carbono, forem cobradas taxas de disposição final superiores a R\$ 100,00, principalmente na unidade de menor porte.

6.1.1.4 Incineração

A redução do volume de resíduos a serem dispostos em aterros tem sido alcançada em diversos países valendo-se de tecnologias de tratamento térmico. Dentre as diversas possibilida-



des, a incineração tem sido uma das técnicas mais utilizadas no mundo para o tratamento de resíduos e envolve a queima controlada dos resíduos na presença de oxigênio, gerando calor e destruindo termicamente os resíduos.

Apesar dos benefícios derivados da utilização dessa tecnologia, com a redução de cerca de 80% do volume de resíduos para os aterros sanitários, a necessidade de complexos sistemas de tratamento de gases para atender as legislações vigentes tem tornado os custos de implantação, operação e manutenção desse tipo de sistema proibitivos em países emergentes e em desenvolvimento. A recuperação energética dos gases e a consequente geração de créditos de carbono tem sido uma solução para gerar receitas, além das taxas cobradas pelo tratamento, para viabilizar a implantação de usinas de incineração, as denominadas “*waste-to-energy (WTE)*”.

De acordo com o MME (2008), o processo de geração pela incineração dos RSU é semelhante ao de usinas térmicas convencionais de ciclo *Rankine* e a capacidade de geração depende da eficiência da transformação do calor em energia elétrica e do poder calorífico do material incinerado.

A viabilidade técnica de implantação desse tipo de unidade varia de acordo com o poder calorífico do resíduo e é recomendável a queima bruta a partir de um Poder Calorífico Inferior (PCI) que seja superior a 2.000 kcal/kg. No Brasil, onde é admitido um PCI médio de 1.850kcal/kg (FEAM, 2010; BNDES, 2012), essa viabilidade estaria condicionada a um pré-tratamento dos resíduos.

A atual legislação brasileira permite que qualquer empresa possa produzir e comercializar energia, desde que possua uma potência mínima instalada de 3MW correspondente à energia comercializada. Desse modo, só se recomenda a sua instalação para o tratamento de quantidades encaminhadas superiores a 200 t/dia, o que implica uma viabilidade mínima para municípios de médio a grande porte.

Nas tecnologias tradicionais, alcança-se e, dado o PCI médio do país, estima-se uma eficiência aproximada de 22%. Esse rendimento se explica pela limitação da temperatura de queima em 200°C, devido à possibilidade de corrosão provocada pela agressividade dos gases de combustão. Um eventual aumento na eficiência requer uma temperatura por volta de 450°C, requer a implantação de sistemas mais complexos e a utilização complementar de outras fontes combustíveis; em alguns casos, impede a possibilidade de isenção de tarifas. De acordo com a legislação brasileira, há previsão de isenção de tarifas de transmissão (TUST) e distribuição (TUSD), desde que a potência exportada seja inferior a 30 MW e pelo menos 50% da energia seja produzida a partir de resíduos.

Diante dessas restrições, foram estabelecidos os pressupostos adotados para a análise dessa tecnologia:

- O contexto adotado é aquele de redução, mas não de eliminação de resíduos a serem encaminhados a aterros, de modo que se aplicará o conceito de *mass burning*, que envolve queima de resíduo bruto;
- São consideradas duas hipóteses de porte: para uma população superior a 500.000 habitantes se prevê uma unidade com capacidade de processamento de 650 t/dia, e potência instalada de 60MW por linha; no caso de uma população superior a 2.000.000 de habitantes, considera-se que deveriam ser instaladas duas unidades de 650 t/dia.



Tabela 11 – Síntese da Análise de Implantação de Unidades de Incineração.

ITEM	VALORES (R\$)	%	VALORES (R\$)	%
CAPACIDADE MÁXIMA (T/DIA)	650		1.300	
Custos Totais de Investimento	R\$ 300.000.000 a R\$ 450.000.000		R\$ 600.000.000 a R\$ 700.000.000	
Custo Unitário de Investimento (R\$/t)	92,31		75,74	
Custos Variáveis de Operação (insumos) (R\$/ano)	3.300.000,00	14%	6.630.000,00	16%
Custos Fixos de Operação (Mão de Obra) (R\$/ano)	4.000.000,00	17%	5.000.000,00	12%
Despesas de Manutenção (Reparos e Seguros) (R\$/ano)	9.200.000,00	40%	15.680.000,00	39%
Despesas de Disposição do Rejeito (cinza) (R\$/ano)	6.500.000,00	28%	13.020.000,00	32%
Custos Totais de Operação e Manutenção (R\$/ano)	23.000.000,00	100%	40.330.000,00	100%
Custo Unitário de operação e manutenção (R\$/t)	108,88		95,46	

Comparando as informações contidas na Tabela 11 – acima àquelas apresentadas nos itens anteriores, percebe-se que a implantação de unidades de incineração do tipo *mass burning* no país requer os maiores custos em relação às outras tecnologias avaliadas, tanto de instalação quanto de operação e manutenção. Os gastos referentes à mão de obra apresentam uma menor incidência na composição dos custos e são mais significativas, por exemplo, as despesas relativas à manutenção e disposição dos rejeitos de operação nos aterros. Quando se consideram os custos de amortização, os custos se tornam ainda mais altos.

A modelagem econômica dos valores relacionados à implantação e manutenção de usinas de incineração aponta que a instalação de uma unidade desse tipo no país é justificada apenas em municípios de grande porte. Para as duas unidades analisadas, não há viabilidade de implantação aos custos e valores de comercialização praticados no Brasil. O retorno econômico do emprego dessa tecnologia só apresenta retorno financeiro nos casos em que, além da comercialização de energia e créditos de carbono, forem cobradas taxas de disposição final superiores a R\$ 250,00 nas unidades de menor porte e de R\$ 150,00 nas maiores instalações.

6.1.1.5 Aterros

A disposição final em solo tem sido a forma mais utilizada nos municípios brasileiros para destinar os resíduos gerados. Esta prática, que tem sido abandonada e até proibida em alguns países, só é permitida pela PNRS mediante o uso de técnicas adequadas de confinamento em aterros sanitários com critérios de engenharia e normas específicas.

A implantação de aterros representa um caminho natural no processo de erradicação da grande quantidade de lixões e aterros controlados no país que existem ainda em 60,5% dos municípios, de acordo com a ABRELPE (2012). Também oferece aos munícipes a segurança de um confinamento adequado dos RSU e é o único meio de destinação dos rejeitos



provenientes das demais tecnologias de tratamento. Desse modo, o aterro é recomendado em todas as rotas tecnológicas a serem consideradas pelos gestores, independentemente do porte do município. O porte do município aparece como um fator determinante para a concepção dos aterros.

Nos municípios de pequeno porte, com uma população de até 20.000 habitantes ou que gerem até 20 toneladas diárias podem ser implantados aterros de pequeno porte ou convencionais (mecanizados). Os aterros sanitários de pequeno porte envolvem operação manual e têm uma concepção simplificada em relação aos mecanizados, com redução de alguns elementos de proteção ambiental e também operações menos complexas. De acordo com Obladen, Obladen & Barros (2009), as operações de movimento, transporte e compactação podem ser realizadas de forma manual com carrinho de mão, pás e picaretas, reduzindo os custos em relação aos mecanizados.

Os aterros sanitários convencionais ou mecanizados servem a todos os municípios com uma geração de resíduos que justifique economicamente o uso de máquinas para as operações de escavação, preparo do terreno, corte de material de cobertura, movimentação, espalhamento, compactação e recobrimento do lixo; geralmente, são utilizados por municípios com população superior a 20.000 habitantes ou consorciados.

Nos municípios de maior porte, deve-se considerar ainda que os sistemas de aterros para disposição de RSU apresentam potencial de implantação de projetos de recuperação de biogás, visando ao seu aproveitamento energético. De acordo com Tomalsquin (2003) e Oliveira (2009), esse tipo de tecnologia só se viabiliza em aterros que possuam uma capacidade mínima de 300 t/dia, gerando de 0,1 a 0,2 MWh/t de RSU.

Outro fator a ser observado é o tipo de opção tecnológica a ser utilizada para conversão energética. É possível verificar uma maior eficiência térmica dos MCI (motores de Combustão Interna) modernos, em plantas com potência na faixa entre 10 a 50MW em comparação aos ciclos combinados e turbinas, que demandam um alto investimento e são mais adequadas para projetos com mais de 50MW (ABREU, COSTA FILHO, SOUZA, 2009).

Os custos referentes à implantação de tão diferentes tipos de aterros são variáveis de acordo com a capacidade, o tipo, suas especificidades e a região onde estão instalados. A estimativa desses custos deve incluir aquisição do terreno, construção de instalações e demais obras de engenharia, aquisição de equipamentos, móveis, utensílios e demais despesas pré-operacionais, como taxas e projetos executivos.

De um modo geral, todos os aterros devem possuir uma infraestrutura básica constituída de galpão (para equipamentos), guarita, balança, escritório, banheiros, vestiários e refeitório, cerca e muro. Serviços de urbanização e paisagismo também devem ser considerados para todos os portes de aterros.

As características geológicas da região também afetam os custos de implantação de modo que o tamanho das áreas depende da sua conformação, da altura que é possível atingir no aterro (nº de camadas) e do tempo de vida útil considerado. Ainda influenciam os custos, o tipo de impermeabilização adotado, os sistemas de drenagem e de tratamento de percolados.

Na Figura 67 a seguir, são apresentadas estimativas de custos de implantação relativos a



aterros de diferentes portes, os quais aumentam de acordo com a população dos municípios devido à crescente complexidade das unidades. Considerando a implantação de aterros de pequeno porte, o investimento necessário é reduzido em comparação aos demais. Os custos com obras civis representam entre 70% e 74% dos custos totais de implantação, visto a reduzida necessidade de equipamentos. Caso a análise tomasse como base a adoção de aterros mecanizados, esses custos aumentariam em até 40% em relação aos primeiros.

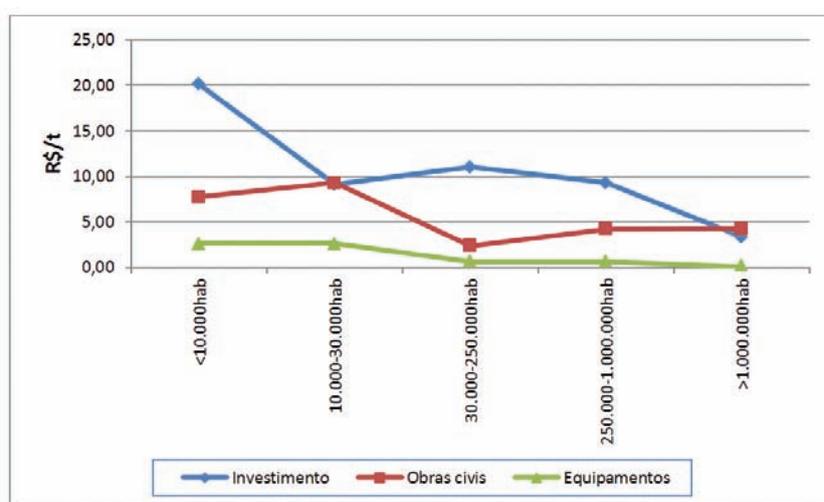


Figura 67 – Custos de Implantação de Aterros Sanitários.

Os custos de operação também apresentam variações de acordo com o tipo, capacidade e características. Esses custos incluem as atividades de disposição nas células, monitoramento e tratamento de lixiviados. Os custos de operação dos aterros tendem a decrescer com o aumento da capacidade do aterro (Figura 68). Os custos unitários para aterros de pequeno porte mecanizados oscilam em torno de R\$ 140,00/t enquanto naqueles com capacidade superior a 1.000 t/dia, remontam a R\$ 35,00/t.

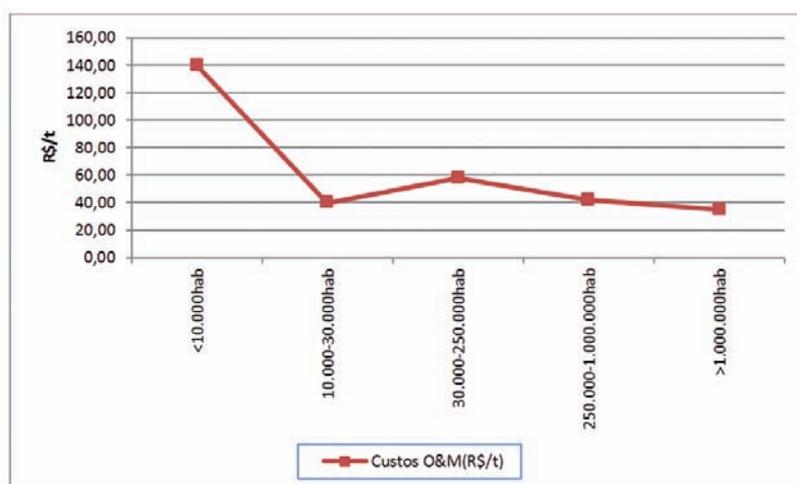


Figura 68 – Custos Unitários de Operação e Manutenção de Aterros Sanitários.



Admitindo que a receita auferida com a operação de aterros corresponde às taxas pagas pelos órgãos gestores para a disposição final dos resíduos, os valores unitários divergem entre as diferentes regiões, estados e municípios do país. No Espírito Santo, os valores oscilam entre R\$ 30,00 e R\$ 90,00 e entre R\$ 60,00 e R\$ 120,00, em Santa Catarina. Em Fernando de Noronha (PE), o valor cobrado é de R\$ 316,74/t devido aos elevados custos de coleta, que envolvem o modal aquaviário. Esses montantes viabilizariam apenas a operação de aterros de médio e grande porte, motivo pelo qual se recomenda a utilização de soluções consorciadas em municípios de pequeno porte.

O aumento da receita e, portanto, a sustentabilidade é possível com o aproveitamento energético dos resíduos recomendado apenas para soluções de grande porte a serem implantadas em municípios com população superior a 500.000 habitantes. Os custos de investimento na instalação de sistemas de aproveitamento energético visando à comercialização de energia elétrica e à geração de créditos de carbono apresentam diferentes valores conforme a região.

De acordo com estudo realizado por Arcadis (2010), os custos variam de um mínimo de R\$ 268,00/MW, estimados para a Região Norte, a um máximo de R\$ 400/MW, no caso do Centro-Oeste, de modo que se pode admitir um custo médio para o Brasil de R\$ 343,00/MW/ano. Um estudo realizado pelo MMA (2004) apontou que os municípios com mais de 1.000.000 de habitantes apresentam um potencial médio de geração de energia elétrica de 19,5 MW. Os aterros sanitários de SP, por exemplo, têm potencial médio de 20MW. Entre 500.000 e 1.000.000 de habitantes, o estudo sugere considerar um potencial entre 02 e 03 MW. Os custos de operação em manutenção foram estimados de acordo com estudos realizados por Tomalsquim (2003) e Henriques (2004), como equivalentes a R\$ 7,73/MWh, correspondendo a um valor unitário de R\$ 22,00/t para potenciais de 3 MW e R\$ 23,00/t acima de 10 MW. Esses valores podem superar em até 35% os custos de operação de aterros convencionais, entretanto, implicam um maior retorno financeiro para os gestores.

6.1.2 O Mercado de Valorização e Aproveitamento dos RSU

O aumento nas taxas de crescimento econômico experimentado pelas nações durante a segunda metade do século XX e início deste pode ser traduzido em termos de elevação do consumo, provocado tanto pela melhoria do poder aquisitivo da população quanto pelo desenvolvimento tecnológico experimentado a partir do período pós-guerra. De acordo com Leite (2009), as constantes inovações tecnológicas a que têm sido submetidos os produtos e processos incentivam um nível elevado de obsolescência de bens de consumo duráveis e semiduráveis. Como resultado, observa-se a redução dos seus ciclos de vida, delineando-se uma tendência clara e crescente à descartabilidade e aquisição de novos produtos, a qual vem sendo denominada de obsolescência programada.

Apesar de vivenciar um momento histórico de crescimento econômico, desenvolvimento tecnológico e consequente elevação da geração de resíduos, o país ainda não consegue atender completamente à necessidade de tratar e destinar adequadamente os seus resíduos, o que implica impactos ambientais crescentes em todas as fases dos processos produtivos e demais atividades humanas. Não obstante os reconhecidos efeitos danosos ao meio ambiente, há de



se considerar que a gestão adequada dos resíduos representa uma oportunidade de geração de riqueza para o país por meio do seu aproveitamento e valorização.

É possível identificar pelo menos três formas de valorizar os resíduos sólidos, as quais envolvem processos de reciclagem e transformação. A reciclagem dos materiais busca a transformação de resíduos em insumos ou produtos com características similares aos produtos originais e é o processo de valorização mais difundido e praticado no país. Além da reciclagem, a valorização dos resíduos nos processos de tratamento permite ainda a produção de composto derivado do tratamento da matéria orgânica e o aproveitamento energético para a produção de eletricidade e calor, com a possibilidade de geração de créditos de carbono.

6.1.2.1 Reciclagem de Resíduos

Já praticada no Brasil de forma mais organizada desde a década de 1980, a reciclagem dos resíduos é prevista no âmbito da Política Nacional de Resíduos Sólidos como uma das atividades prioritárias para garantir a gestão e gerenciamento adequado dos resíduos.

O emprego da reciclagem como forma de tratar os RSU tem apresentado uma evolução gradativa no país. Considerando todos os resíduos gerados, urbanos e industriais, mais de 14% são reciclados atualmente, segundo dados do IBGE e do CEMPRE. Na década de 1980, a taxa de reciclagem no país não superou 1% e mostrou uma evolução crescente a partir de então. Essa expansão pode ser creditada, em parte, ao aumento de programas de coleta seletiva (entre 2000 e 2008 houve um aumento de 120% na quantidade de municípios que adotaram a atividade, embora com abrangência limitada) e fortalecimento de indústrias recicladoras (Figura 69).

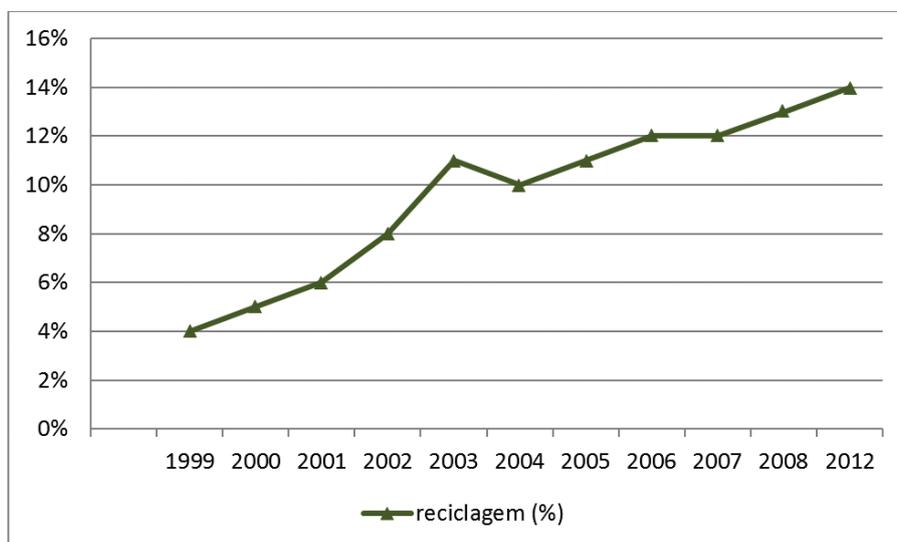


Figura 69 – Evolução da Reciclagem no Brasil.
Fonte: IBGE, CEMPRE.



Apesar da evolução temporal, as taxas de reciclagem dos diferentes materiais têm se mantido relativamente constantes nos últimos anos. O alumínio e o aço, por exemplo, têm apresentado taxas de reciclagem de 35%, enquanto a reciclagem do papel e papelão oscila entre 45% e 47% (ABRELPE, 2011; MMA, 2012). Ressalte-se que os índices de reciclagem de alumínio compreendem as quantidades totais de alumínio e não apenas às latinhas de alumínio, cujas taxas de reciclagem têm se mantido acima dos 95%, o que faz do Brasil o principal reciclador desse tipo de material (embalagem), que atingiu em 2010 o índice de 97,6% e responde por 50% do total de alumínio reciclado no país.

A cadeia reversa do alumínio tem se mostrado uma das mais eficientes. A recuperação intensiva dos resíduos pré-consumo e das latas de alumínio a partir da década de 1990 aparece como responsável pelos índices alcançados no setor. No caso específico do alumínio, é possível perceber uma economia substancial no processo produtivo com a integração do material reciclado, o que torna atraente o investimento em indústrias de reciclagem.

O setor de plásticos como um todo apresentou um expressivo aumento nas últimas décadas, provocado pela diversificação na sua utilização em produtos variados, principalmente nos setores de alimentos e bebidas (16%), construção civil (16%), automóveis e autopeças (15%).

A Figura 70, a seguir, mostra a evolução percentual dos índices de reciclagem no país por materiais mais representativos, considerando todos os resíduos coletados, domiciliares ou não.

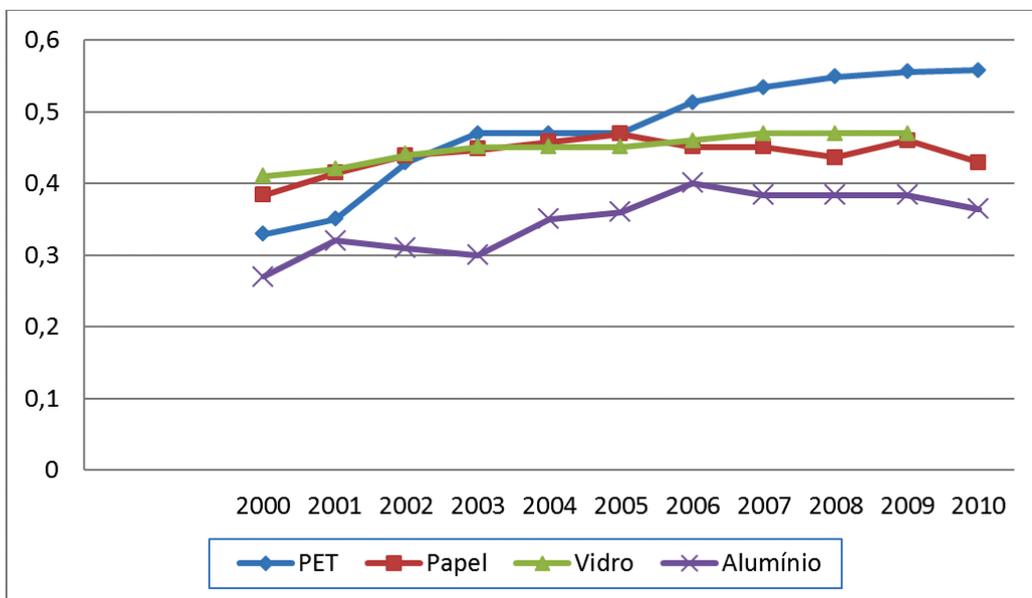


Figura 70 – Evolução da Reciclagem por Tipo de Material.
Fonte: ABRELPE, CEMPRE.

Os índices de reciclagem dos materiais variam muito de uma região para outra e dependem da estrutura econômica da região, definidas em termos de disponibilidade de mão de obra, parques industriais e facilidades de distribuição.



A determinação dos preços de mercado para os materiais recicláveis, em toda a cadeia, depende de uma série de variáveis que contribuem para a complexidade do sistema. Distâncias, custos e responsabilidades de transporte, qualidade dos materiais, quantidades disponíveis e tipo de triagem, têm influência significativa sobre o preço dos materiais. O valor do metal ferroso enviado a uma siderúrgica, por exemplo, irá depender dos custos de transporte, incluindo os pedágios nas estradas. De acordo com Penman e Stock (1995) e Henion apud Fuller (1995), as interações dentro da cadeia são tecidas de forma a garantir um equilíbrio entre o fluxo de demanda e oferta de produtos, garantindo um retorno financeiro compensatório para os diversos atores envolvidos. A equação não é simples. Historicamente, o desenvolvimento das cadeias de reciclagem tem sido dificultado pelos altos custos e baixa projeção de lucros, muitas vezes elevando o preço de mercado dos materiais recicláveis a patamares próximos dos da matéria-prima virgem, e provocando redução dos valores em toda a cadeia a partir das indústrias. Penman e Stock (1995) ressaltam que a viabilidade da cadeia de reciclagem é determinada pelos preços de mercado dos materiais comercialmente recicláveis, os quais devem internalizar os custos e lucros dos diversos agentes e devem se manter abaixo dos da matéria-prima que substitui, permitindo o interesse em sua utilização. Os autores afirmam ainda que a variação percentual média entre os materiais primários e secundários oscila entre 25% e 30%, valores corroborados por Morris (1998) ao analisar, por um período de 10 anos, as variações entre os preços de lingotes de alumínio e latas pós-consumo nos Estados Unidos.

Com o objetivo de comparar as alterações de valores por materiais e por regiões, além da variação em relação aos preços comercializados pela indústria, plotou-se o Gráfico apresentado na Figura 71. Apesar da já propagada variação até mesmo interna às cidades, é possível observar que os valores praticados entre as regiões oscilam em torno de uma média e ainda que os valores relativos à comercialização com as indústrias recicladoras, como já comentado anteriormente, são superiores em até 225% em relação aos valores praticados no início da cadeia.

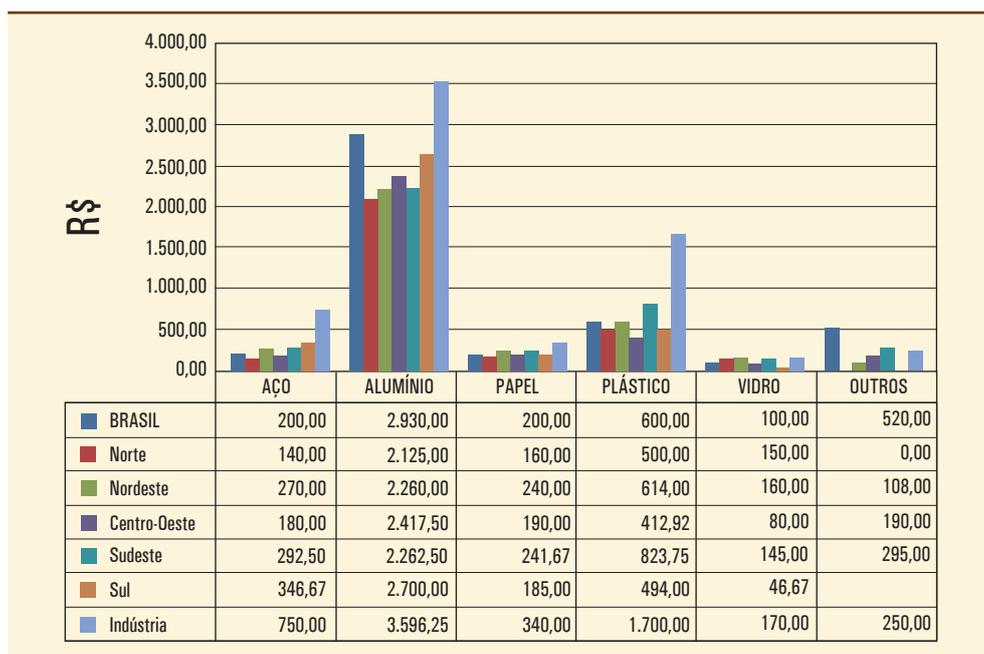


Figura 71 – Preços de Materiais Recicláveis no Brasil.

Fonte: CEMPRE, IPEA, Cooperativas e Associações de Catadores, Federações das Indústrias Estaduais

* Outros: fios de cobre, madeira, embalagem longa-vida, entre outros.



6.1.2.2 Valorização da Fração Orgânica

O Brasil hoje é um dos maiores produtores de grãos, carne, café e cana-de-açúcar, com perspectivas de crescimento nos mercados interno e externo, dado o aumento na demanda. Com solos predominantemente pouco férteis, o Brasil padece da dependência do uso de fertilizantes. Hoje o Brasil, de acordo com a Associação Nacional para Difusão de Adubos (ANDA), é o quarto maior consumidor mundial de nutrientes. A produção nacional não atende de forma suficiente a demanda por esse tipo de produto e o país importa mais de 70% dos fertilizantes empregados na agricultura. Desse modo, o aumento nacional da produção de insumos agrícolas depende não apenas de uma isonomia tributária entre o produto nacional e o importado, mas também da busca de fontes alternativas de nutrientes que complementem a oferta desse tipo de produto, como, por exemplo, resíduos orgânicos.

Embora se evidencie uma maior participação de materiais recicláveis na composição dos RSU, a fração orgânica ainda predomina em todos os municípios brasileiros. A elevada quantidade de resíduos orgânicos gerados também é passível de transformação resultando em um produto, o composto, o qual pode ser utilizado nas atividades agrícolas e cujo valor agregado depende do nível de segregação prévia alcançado, ausência de contaminantes e presença de nutrientes em níveis satisfatórios.

132

É imprescindível que os estabelecimentos que produzam insumos outros que não contenham resíduos mantenham instalações de armazenagem de matérias-primas, produção e embalagem em áreas individualizadas de forma que não permita mistura ou contaminação das matérias-primas ou que contenham previsão de desinfecção das máquinas e equipamentos. (MAPA, 2006).

A regulamentação sobre especificações, garantias e tolerância dos insumos agrícolas supracitados é dada pelas Instruções Normativas nº 25/2009 e 35/2006 do MAPA, as quais preveem a possibilidade de incorporação de resíduos domiciliares na composição dos produtos. Na IN 25/2009, Anexo I, artigo 1º, inciso II, o composto de lixo é definido como “o produto obtido pela separação da parte orgânica dos resíduos sólidos domiciliares e sua compostagem, resultando em produto de utilização segura na agricultura...”. Para tanto, deve atender aos parâmetros estabelecidos na legislação vigente. A referida instrução classifica como fertilizante orgânico Classe C aquele que utiliza qualquer quantidade de matéria-prima oriunda de resíduo domiciliar. O enquadramento do insumo como fertilizante orgânico pressupõe o atendimento de alguns parâmetros definidos na norma, tais como: umidade máxima, pH máximo, relação nitrogênio/carbono e teores mínimos de nitrogênio e carbono.

Os valores atuais praticados no mercado de produção de composto variam de acordo com a região. Naqueles em que há uma maior proximidade entre os centros consumidores e produtores, os valores são mais baixos, fortalecendo o setor.

Na Região Centro-Oeste, segundo o SLU/DF, o composto é comercializado a um preço de R\$ 18,00/t para o produtor rural cadastrado na EMATER e no SLU e R\$ 50,00/t, para demais interessados, embora a procura seja pouca. Na Região Sudeste, São Paulo apresenta um preço de mercado superior a outras regiões produtoras. De acordo com informações locais, o composto é comercializado, em média, pelo valor de R\$ 100,00/t. No Rio de Janeiro, o composto produzido na Usina do Caju, que não é utilizado pelo setor público, é comercializado a R\$ 30,00/t.



Na Região Sul, os preços de comercialização do composto variam de acordo com a demanda da região e não há tabelas de referência de valores para venda. Os valores variam entre R\$ 50,00/t, no Rio Grande do Sul, a R\$ 300/t, em Santa Catarina.

6.1.2.3 Valorização Energética

Da mesma forma que a evolução no consumo de energia acompanha as tendências de crescimento econômico do país, a oferta interna tem apresentado uma forte correlação com o PIB nacional e ambos têm evoluído em direção a uma tendência de crescimento ao longo do tempo (Figura 72). Esse aumento tem sido mais acentuado nas fontes não renováveis em razão do consumo de derivados de petróleo na indústria, embora prospectivamente se acredite numa retomada do uso de fontes renováveis devido às previsões pessimistas que indicam uma escassez das primeiras em um médio prazo e o apelo mundial por processos produtivos mais sustentáveis (EPE, 2008).

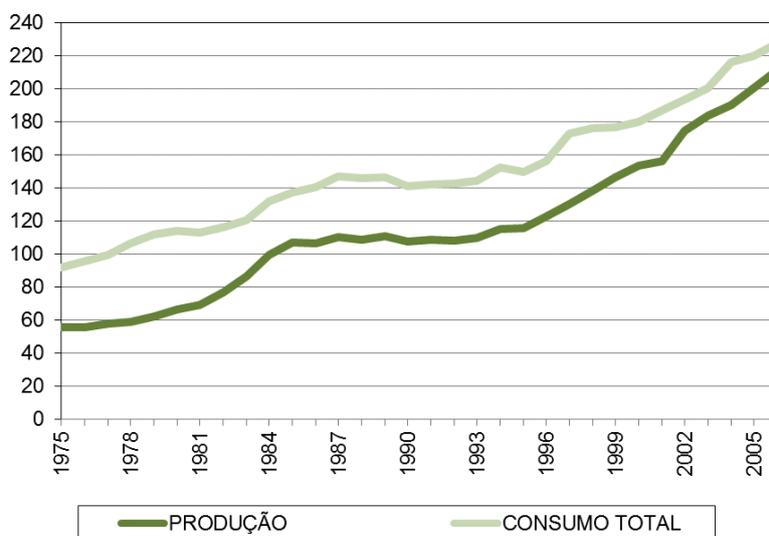


Figura 72 – Evolução do Consumo e Produção de Energia no Brasil (10⁹tep).

Fonte: EPE, 2007.

A referida evolução se deu em um contexto de elevada dependência externa de energia que chegou a atingir 45% em meados da década de 1970 e forçou o país a investir na expansão de oferta nacional, com destaque para o aumento na produção de petróleo, energia hidrelétrica e, mais recentemente, o gás natural e produtos derivados da cana-de-açúcar com crescimento praticamente constante ao longo de todo o período. A geração de energia não é uniforme entre as regiões devido a fatores como o nível de atividade econômica, densidade demográfica e capacidade de geração. O Sudeste e o Sul, por exemplo, são as regiões que mais ofertam energia, apresentando a melhor relação entre o número de habitantes e unidades consumidoras. No outro extremo, a Região Norte, apesar de elevado potencial, tem uma menor oferta,



devido às suas características geográficas que compreendem a extensão das redes de transmissão e distribuição. No Nordeste, o fator econômico surge como fator limitante de acesso da população à rede, enquanto, no Centro-Oeste, o limite é a baixa densidade demográfica (ANEEL, 2008).

Para atender ao crescimento previsto da demanda, pressupõe-se a necessidade de expansão da oferta e modificações na matriz energética nacional, as quais foram previstas no Plano Nacional de Energia, tomando como base o cenário retrospectivo (EPE, 2007). Estima-se que, até o ano 2030, haverá um aumento de 39,3% na produção de energia no país, distribuída por fonte em hidrelétricas (69,5%), térmicas (17,7%), importadas (0,6%) e alternativas (3,7%), dos quais 6,4% correspondem ao uso dos resíduos urbanos, representando uma estimativa de participação de 0,6% na matriz energética. Embora a EPE não considere que seja possível contar efetivamente com uma geração de energia valendo-se resíduos urbanos em níveis que possam ser contabilizados na matriz energética, num curtíssimo prazo, devido à necessidade de regulamentação de aspectos das atividades anteriores ao seu aproveitamento energético, é prevista a intensificação dessa alternativa após o ano de 2015, estimando-se o aproveitamento energético de metade do volume de resíduo urbano produzido pelas 300 maiores cidades brasileiras (cerca de 40% do volume nacional), o que implica um potencial de 1.300 MW, com o destaque para o sistema Sudeste/Centro-Oeste, conforme identificado na Figura 73, que demonstra a previsão da expansão da oferta de energia elétrica no período 2015-2030, por região geográfica.

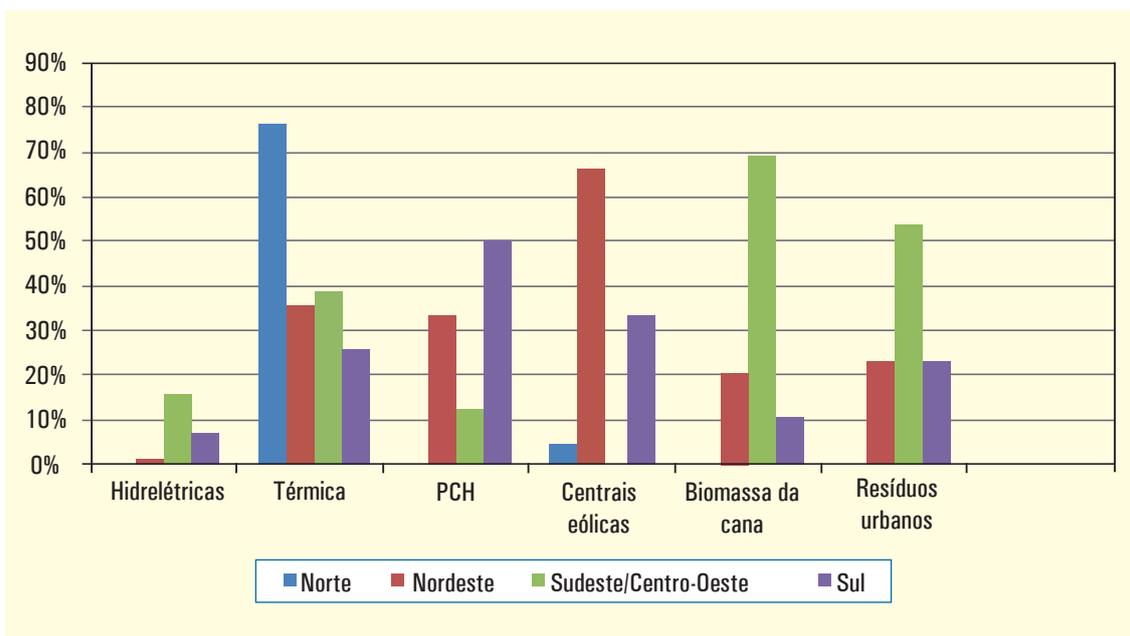


Figura 73 – Expansão da Oferta de Energia Elétrica no Período 2015-2030.

Fonte: EPE, 2007.

Considerando que o gerador de energia elétrica com base nos resíduos urbanos, qualquer que seja a tecnologia empregada na produção (aterros, incineração ou digestão anaeróbica), será configurado como produtor independente e poderá então participar tanto do mercado regulado como do livre, entre 2008 e 2010, a Arcadis Tetraplan (2010) estimou em R\$ 145,00/MWh o preço de venda da energia elétrica, deduzido como uma média dos leilões de energia ocorri-



dos. Nos últimos anos, os valores comercializados têm apresentado uma tendência à redução, oscilando entre R\$ 100,00/MWh e R\$ 102,00/MWh, com um preço teto de R\$ 112,00/MWh. No caso do mercado livre, considerando a média de preços praticados em contratos de médio prazo, a Arcadis Tetraplan (2010) estima em R\$ 230,00/MWh o valor da comercialização da energia elétrica.

O valor da tarifa final ao consumidor incorpora tanto os custos relativos a TUSD quanto a tarifa de energia (TE), essa última cobrada apenas aos cativos, uma vez que a contratação de fornecimento é realizada com um terceiro agente. Na Figura 74, apresenta-se a evolução média tarifária da energia ao consumidor por região, entre os anos de 2007 e 2011. Atualmente, o custo médio da tarifa residencial de energia elétrica no Brasil varia entre R\$ 199,05 e R\$ 436,32 por MWh.

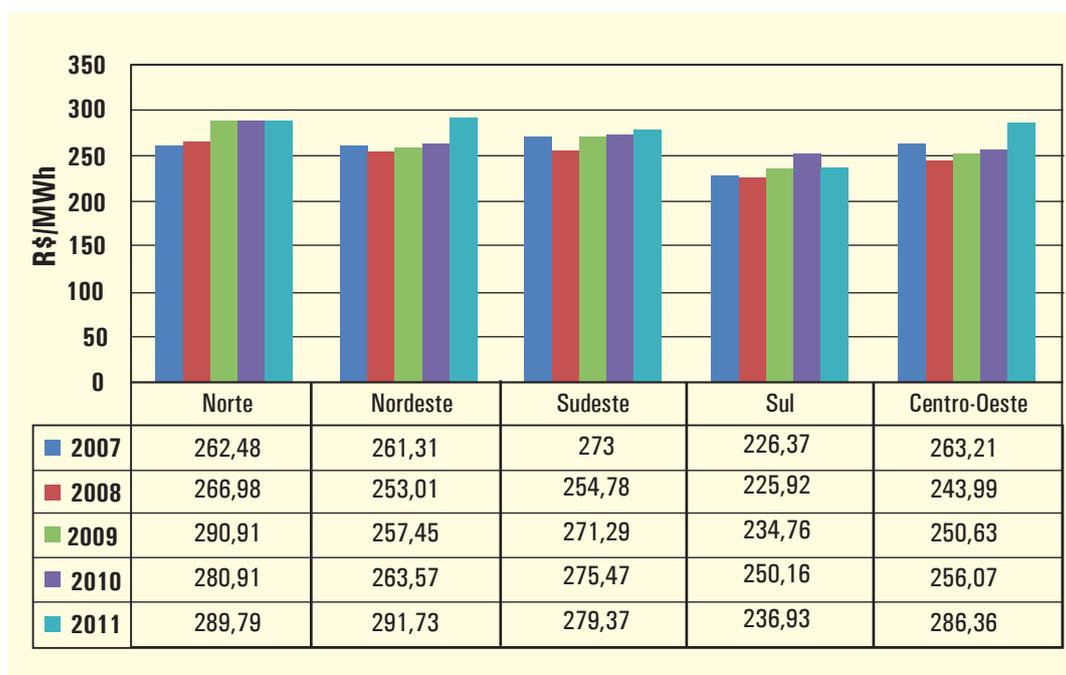


Figura 74 – Evolução da Tarifa Média de Energia Elétrica (R\$/MWh).

Fonte: EPE, 2012.

6.1.3 A Cobrança dos Sistemas de Gestão de RSU

A Constituição define como sendo dos municípios a responsabilidade pela provisão dos diversos serviços de saneamento. Esses serviços podem ser providos diretamente pelo setor público, seja pela administração direta ou por meio de autarquias e empresas públicas; ou serem transferidos ao setor privado, por meio de concessões ou de contratação de serviços de terceiros, no caso a terceirização. A cobrança por tais serviços no país pode ser efetuada mediante o estabelecimento de taxas ou tarifas.

Pode-se definir a taxa como um tributo vinculado a um serviço público específico prestado ao



contribuinte pelo poder público, tal como a taxa de coleta de resíduos urbanos ou a taxa de iluminação pública. Seu regime jurídico é regido pelo princípio da retributividade e deve traduzir uma contraprestação paga ao estado em razão da limitação de direitos e liberdades subjetivas do indivíduo (taxa de polícia) ou da prestação de serviço público específico e divisível (taxa de serviço), como é o caso dos serviços de limpeza urbana.

Para tanto, é possível afirmar que a base de cálculo da taxa deve traduzir o custo do estado com o exercício do poder de polícia ou a prestação do serviço público, não havendo espaço para obtenção de lucro com a cobrança dessa espécie tributária. Em outras palavras: a instituição e a cobrança de taxa servem para que o estado, unicamente, reponha aos cofres públicos os gastos experimentados pela atividade estatal diretamente dirigida ao indivíduo. (COELHO e DERZI, 2011).

A tarifa se refere à remuneração por uma atividade pública, prestada por órgãos da administração indireta, e é considerada um instrumento típico do direito privado. Justamente por se tratar de pública a atividade é que esta sofrerá restrições à livre concorrência, ou seja, há interferência estatal na determinação do valor do produto oferecido à coletividade – que, no caso, será de interesse de toda a coletividade, porque a lei ou a constituição o definiram como sendo de natureza pública (COELHO e DERZI, 2011).

A PNRS, em seu artigo 7º, item X, rege sobre a regularidade, continuidade, funcionalidade e universalização da prestação dos serviços públicos de limpeza urbana e do manejo dos resíduos sólidos, com adoção de mecanismos gerenciais e econômicos que assegurem a recuperação dos custos dos serviços prestados a um município, como forma de garantir sua sustentabilidade operacional e financeira, observada a Lei nº 11.445, de 2007 – Diretrizes Nacionais para o Saneamento Básico.

Em razão exatamente da dificuldade da instituição dessa cobrança de forma adequada pelos municípios, principalmente aqueles de pequeno porte, os problemas de oferta e da prestação dos serviços são mais recorrentes onde não se tem escala para a divisão do custo alto exigido para a gestão desses serviços. Assim, a adoção de custos adequados, a qualidade da prestação dos serviços e o aumento da oferta são pressupostos para a cobrança dos serviços de limpeza urbana e manejo dos RSU, objetivos da PNRS, os quais significam um grande desafio dentro do sistema tributário brasileiro na atualidade.

Para cada atividade relacionada à geração de resíduos sólidos e por consequência à necessidade do seu manejo, incluindo a segregação na fonte, coleta, triagem, tratamento e disposição final, deve ser atribuído o respectivo custo e identificado o fator que determina a sua ocorrência. Como cada atividade exige recursos para a sua realização, o fator que a origina é a verdadeira causa do custo e é necessário identificar os recursos a serem consumidos.

O que determina ou influencia os custos da atividade é a precisão na definição dos itens que compõem cada atividade, que dependem do detalhamento e quantificação dos fatores escolhidos para análise e desenvolvimento dos serviços, sendo necessário atentar para o conjunto de fatores que compõe o processo (exemplo: o número de geradores de resíduos, tipo e quantidade de resíduos gerados, condições urbanas de infraestrutura, disponibilidade de recursos humanos, tecnologia, etc.), de modo que sejam bem definidos os fatores que originam esses custos.

Como exemplo, tem-se a utilização de um sistema que envolva a coleta indiferenciada, a re-



ciclagem e a disposição em lixões e que, em muitos casos, apresentam custos financeiros de coleta e transporte e de destinação, para municípios que apresentam a coleta diferenciada e a disposição final adequada em aterros, o que evidencia a necessidade do detalhamento dos itens e dos quantitativos para definir o custo do serviço. Nesse último caso, ainda há a vantagem adicional de custos ambientais muito menores que o da coleta indiferenciada.

É importante observar que no caso de utilização de rotas tecnológicas que empreguem os consórcios, alguns desses custos e fatores são absorvidos pelo sistema implantado, reduzindo assim os custos finais do sistema planejado, de forma a se ter uma rota tecnológica mais estruturada tecnicamente, com custos financeiros adequados à realidade dos municípios consorciados e atendendo aos critérios ambientais das tecnologias envolvidas, o que poderá reduzir os custos finais.

Por outro lado, uma rota tecnológica mais complexa, que envolva uma coleta diferenciada, reciclagem, digestão anaeróbia ou incineração com geração de energia e aterro sanitário, quando se tem uma legislação ambiental bem definida e mais rigorosa, com maior proteção ao meio ambiente, a tendência é que os custos finais do sistema sejam maiores.

Importante se faz observar que o Novo Marco Regulatório (PNRS) traz uma constatação real que certamente representará aumento dos custos dos serviços de limpeza urbana, pois passa a obrigar a triagem dos materiais recicláveis dos resíduos, processo que conduz a uma valorização física dos materiais e à valorização biológica, com produção dos compostos orgânicos e, por último, o aproveitamento energético (seja em digestores anaeróbios ou em incineradores), além do aproveitamento do biogás em aterros sanitários, quando ainda existir matéria orgânica para ser decomposta.

A aplicação de cada uma dessas tecnologias tem seus custos de aplicação fortemente influenciados pela legislação em vigor, em consonância com as normas técnicas e resoluções ambientais. O rigor de sua aplicação interfere diretamente nos preços dos materiais, nos processos utilizados e na execução dos serviços de tratamento. Assim sendo, uma legislação ambiental mais severa conduz a uma qualidade de vida mais adequada em torno de uma unidade de tratamento, mas implica aumento de custos do tratamento. Como exemplo, citam-se as regulações de emissões em plantas de incineradores que tiveram seus parâmetros de poluição modificados para o bem da contaminação ambiental e conduziu ao uso de filtros mais eficientes e muito mais caros para se atingir baixos níveis de emissões. Cada uma das tecnologias tem sua própria legislação, algumas no Brasil, e a grande maioria utilizando as normas internacionais.

Como se pode observar, a falta de cobrança dos serviços, uma constante nos municípios brasileiros, e a necessidade de uma reforma tributária são fatores que necessitam de estudos, mudança de comportamento e de atitudes dos gestores nas esferas municipal, estadual e federal, dentro dos três poderes – Executivo, Legislativo e Judiciário. A falta de cobrança dos serviços não garante a sustentação financeira dos sistemas implantados e a necessidade da reforma tributária não consolida as incertezas jurídicas que há nesse assunto.

A competência dos municípios para a instituição das taxas está prevista no caput do artigo 145 da Constituição Federal de 1988, com a limitação expressa, tanto no inciso II, como no § segundo, ecoando no Código Tributário Nacional, ao dispor no caput do artigo 77 que “As taxas cobradas pela União, pelos Estados, pelo Distrito Federal ou pelos Municípios, no âm-



bito de suas respectivas atribuições, têm como fato gerador o exercício regular do poder de polícia, ou a utilização, efetiva ou potencial, de serviço público específico e divisível, prestado ao contribuinte ou posto à sua disposição” e ainda, no § único, que “A taxa não pode ter base de cálculo ou fato gerador idênticos aos que correspondam a imposto, nem ser calculada em função do capital das empresas”.

Contudo, esse aspecto da cobrança na prestação de serviços para a gestão de resíduos tem sido objeto de dificuldades para as prefeituras e autarquias municipais que têm adotado a prática de impor ao contribuinte a obrigatoriedade no pagamento mensal, no entanto sem uma base técnica legal sólida, o que tem gerado diversas ações de inconstitucionalidade nas diversas regiões do país.

6.2 Aspectos Socioambientais das Tecnologias

Os recursos naturais são essenciais à vida humana e o seu uso como matéria-prima nos mais diversos processos produtivos os tornam vitais para o desenvolvimento econômico das nações. A garantia de sua disponibilidade para as gerações futuras é, portanto, condição *sine qua non* para o bem-estar da população mundial. A não consideração do seu valor econômico nos processos decisórios de investimento fatalmente resulta em um consumo excessivo desses recursos e no lançamento de resíduos (no ar, solo e água) e implica o aumento da pressão antrópica das atividades humanas sobre os recursos naturais, gerando falhas de mercado.

Segundo Defra (2011), a existência de falhas de mercado, as quais impedem os agentes econômicos a tomarem decisões ótimas, significa que as forças de mercado levarão a uma pressão exacerbada sobre o meio ambiente. Desse modo, as externalidades³ ambientais podem ser consideradas falhas de mercado primárias, pois as decisões de consumo e produção não levam em consideração os impactos sobre o meio ambiente.

Os mercados por si não conseguem equilibrar as relações sistêmicas entre os processos produtivos e os impactos sobre o meio ambiente. O desafio, portanto, é abordar tais falhas de mercado nos processos decisórios, de forma a equalizar o retorno dos investimentos e a redução de custos ao meio ambiente. Dentro do contexto do gerenciamento de resíduos, se requer a criação de condições de mercado para o investimento em soluções mais eficientes. De acordo com O’Hagan e Newman (2009), a externalidade pode ser internalizada, caso a perda de bem-estar seja acompanhada por uma igual compensação dos danos causados (por exemplo, taxas de tratamento ou créditos de carbono). Tal internalização no sistema econômico requer, pois, que os custos das diversas tecnologias de tratamento e disposição final reflitam plenamente a externalidade ambiental de cada opção, sendo necessário atribuir-lhes valores.

De acordo com Motta (1998), determinar o valor econômico de um recurso ambiental é estimar o seu valor monetário em relação aos outros bens e serviços disponíveis na economia. Ainda de acordo com o mesmo autor, tal valor, apesar de não ser observável diretamente no mercado, detém atributos de consumo associados ao seu uso e à sua existência que afetam

3. As externalidades ocorrem quando uma determinada atividade econômica afeta a terceiros, positiva ou negativamente, e não são incorporadas na determinação de preços de bens e serviços. A internalização das externalidades nos processos de tomada de decisão pressupõe a retomada do estado de bem-estar, de forma a garantir a sustentabilidade do sistema.



tanto a produção de bens e serviços privados como diretamente o consumo dos indivíduos.

A quantificação monetária desses impactos é complexa e depende da aplicação adequada de alguns métodos. Segundo Eunomia et al. (2009), a maior parte das metodologias utilizadas na avaliação dos impactos relacionados à gestão de RSU considera a análise de custos unitários dos danos, as quais monetarizam os benefícios e custos dos impactos a partir da determinação de preços de mercado, sendo também conhecida como abordagem “*top-down*”⁴.

As externalidades associadas aos impactos sobre o ambiente derivados do tratamento e disposição final dos RSU podem ser identificadas tanto durante a instalação quanto na operação das unidades. A fase de construção e instalação das diferentes tecnologias apresenta impactos semelhantes de tratamento e equivalentes àqueles ocasionados por qualquer projeto de engenharia de escala semelhante, tais como emissões atmosféricas, poeira, ruído, intrusão visual e aumento do tráfego local. Na fase de operação, os impactos variam de acordo com a tecnologia analisada. De modo genérico, é possível classificar as principais externalidades associadas aos processos produtivos das tecnologias de tratamento e disposição final dos resíduos em:

- emissões ambientais do processo que causam impactos ao clima;
- consumo de recursos naturais como insumos;
- desamenidades;
- outras emissões que causem dano à saúde;
- geração de emprego e renda.

6.2.1 Emissões Atmosféricas

As fontes antropogênicas são apontadas como agentes catalisadores do aumento global da temperatura, a partir da crescente emissão de gases de efeito estufa na atmosfera (GEE). Estima-se que dentro de um período de 34 anos tenha havido um crescimento aproximado de 70% nas emissões de metano (CH₄), dióxido de carbono (CO₂), monóxido de carbono (CO), óxido nitroso (N₂O) e óxidos de nitrogênio (NO₂) (IPCC, 2007). Os setores de transformação, indústria e transporte são os mais representativos dentro da matriz de fontes de emissão de GEE e os resíduos sólidos e de esgoto respondem por 3% da geração de GEE. Apesar de um menor potencial de emissão em relação a outros setores, a análise do setor de RSU é estratégica para a implantação de ações que objetivem mitigar os efeitos danosos ao clima, a partir da redução das emissões em nível local e global. No tratamento e disposição dos RSU, por exemplo, são geradas 13% das emissões antropogênicas de gás metano (CH₄), enquanto as emissões de N₂O são consideradas, atualmente, insignificantes nos aterros (IPCC, 2007; BARTON et al., 2008; VANOTTI et al., 2008).

Os efeitos danosos da emissão de GEE aparecem sob a forma de externalidades negativas aos sistemas econômicos. Uma forma de internalizar esses valores é identificar os gastos relati-

4. Em uma abordagem do tipo ‘bottom up’, os impactos são modelados com base em funções dose-resposta mais complexas e aplicadas de forma pontual.



vos ao tratamento dos gases emitidos no ecossistema. De acordo com Inacio et al. (2010), as metodologias de cálculo de emissões de GEE são determinadas e revisadas anualmente pela *United Nations Framework Convention on Climate Change* (UNFCCC), com o objetivo de subsidiar inventários de emissões e projetos “Mecanismos de Desenvolvimento Limpo” (MDL) na área de tratamento e disposição de RSU. De forma genérica então, os impactos relacionados às mudanças climáticas devido ao manejo e gerenciamento de RSU representa o balanço líquido das emissões de GEE derivadas do processo, medido pela diferença entre as emissões diretas e indiretas do processo de gerenciamento e as formas de recuperação energética do processo a partir da queima de tais gases.

As tecnologias de tratamento e disposição final que reconhecidamente geram algum tipo de GEE são aquelas que envolvem processos anaeróbios, como a digestão anaeróbia, incineração e aterros sanitários. Até o ano 2000, o IPCC não considerava a contribuição dos processos de compostagem, uma vez que a geração de metano é extremamente reduzida. Entretanto, a partir de 2006, a geração desse gás vem sendo mensurada pela UNFCCC para fins de mitigação. Em todos os casos, apenas o metano e o óxido nitroso são contabilizados como gases-estufa, uma vez que o CO₂ emitido tem origem na captura via fotossíntese.

A operação das Unidades de Triagem não tem a geração de GEE associada ao seu processo produtivo. A mitigação dos GEE pode ser considerada, nesse caso, em termos de quantidade evitada de resíduos depositados em aterros ou tratados em incineradores, de forma a não contribuir com a geração dos referidos gases.

Outra opção de mitigação que vem sendo considerada e estimulada principalmente em municípios com população inferior a 100.000 habitantes é a implantação de Unidades de Compostagem, como forma de tratamento de RSU e agropecuários. Por se tratar de um processo aeróbio, a compostagem apresenta uma geração praticamente nula de CH₄ em comparação aos sistemas anaeróbios, embora apareça em sistemas mal gerenciados. Miller (1993) argumenta que, nesse caso, a baixa geração de metano se deve à inibição dos microrganismos metagênicos durante a fase termofílica do processo de compostagem. A metodologia de cálculo aprovada – Avoidance of methane emissions through controlled biological treatment of biomass (AMS.III.F) – estima as emissões de N₂O pela compostagem e sugere como fator de emissão de metano para a compostagem o valor de 4,0 kg/Mg de resíduos, na base úmida, e 10,0 kg/Mg de resíduo, na base seca (INACIO et al., 2010). De acordo com a metodologia de cálculo empregada pelos autores, o processo de compostagem emite uma quantidade aproximadamente 10 vezes menor, quando comparado aos valores do aterro sanitário.

A digestão anaeróbia gera como subproduto um biogás composto por Dióxido de Carbono (33% a 42%) e Metano (55% a 65%). Estima-se que a partir do tratamento dos gases gerados no digestor, haja a redução de 1,064tCO₂eq por tonelada tratada de RSU (EPE, 2008), totalizando 1,1,48tCO₂eq ao se considerar a recuperação energética, podendo a estabilização da matéria ocorrer em um período de 21 dias.

As emissões relativas à incineração envolvem a oxidação da matéria orgânica e conversão em CO₂ e podem também produzir óxido nitroso. As emissões indiretas incluem os derivados de combustíveis e materiais. Os resíduos dos sistemas de controle e tratamento atmosféricos e o metano derivado das cinzas do processo não são significativos nos incineradores mais recentes (O'DONOVAN e COLLINS, 2011). As emissões são balanceadas a partir da recuperação energética. Estima-se que a partir do tratamento dos gases gerados nas unidades de incinera-



ção, haja a redução de 0,243 tCO₂eq por tonelada tratada de RSU (EPE, 2008).

Os aterros sanitários são grandes geradores de gás metano derivados da degradação da matéria orgânica. O potencial de geração depende da composição do material aterrado e a contribuição dos aterros sanitários para a emissão de GEE pode ser minimizada a partir do aproveitamento energético dos gases (O'DONOVAN e COLLINS, 2011). No Brasil os valores observados para o tratamento de GEE dos aterros sanitários apresentam variações, podendo-se, entretanto, considerar um valor médio de R\$0,08/Nm³ de gases gerados.

6.2.2 Consumo de Recursos Naturais

O ciclo de vida dos produtos consumidos pela população compreende desde o processo de obtenção de matéria-prima até o manejo dos resíduos gerados no consumo, incluindo, nesse último, o tratamento e a disposição final dos RSU.

Dentro do contexto trazido pela PNRS, cabe mencionar os benefícios ambientais decorrentes das atividades que resultam na reciclagem de resíduos, os quais têm sido amplamente discutidos nas últimas décadas, como, por exemplo, os estudos desenvolvidos por Calderoni (1998), Sayago, Oliveira e Serôa da Motta (1998), IPEA (2010), dentre outros. O reaproveitamento resulta em vários benefícios e ganhos sociais, alguns facilmente identificáveis como a redução de disposição em aterro sanitário (que envolvem os gastos com coleta, transporte, e disposição final do lixo) e as receitas oriundas das vendas de materiais recicláveis no mercado e outros, não tangíveis, mas perfeitamente quantificáveis por técnicas de valoração adequadas. Entre esses benefícios destacam-se as economias de consumo de matéria-prima com a produção a partir de sucatas, redução de gastos com a energia elétrica, consumo reduzido de água, redução da poluição do ar e da água. Associados a esses benefícios, estão os custos da reciclagem que incluem também o consumo de água e energia e outros tipos de insumos que não fazem parte dos processos produtivos, a partir de material primário. Tais benefícios e custos associados se referem à completa cadeia de reciclagem, cabendo a cada agente, benefícios e custos específicos.

a) O emprego de recursos naturais como água e energia nos demais processos de tratamento e disposição final dos RSU também representam externalidades, uma vez que o seu uso durante a operação das unidades implica a perda de oportunidade de aplicação em outras atividades econômicas. As externalidades associadas a esse uso podem ser mensuradas a partir dos gastos despendidos durante a operação dos sistemas com tais insumos, os quais variam de acordo com o porte e a tecnologia considerada. Consumo de água: Todas as tecnologias de tratamento e disposição de RSU fazem uso dos recursos hídricos como insumo do processo. Nas unidades de triagem, a água é utilizada para consumo humano e limpeza e o volume depende do porte da unidade. Considerando os parâmetros estabelecidos pelo MMA (2010), estima-se um consumo unitário de 0,15 m³/t a um custo de R\$ 6,00/m³ para unidades de pequeno porte, alcançando um volume de 1,0 m³/t nas maiores unidades.

De acordo com o MMA (2010), o consumo médio de unidades de compostagem oscila em torno de 4 m³/t e decorre do consumo humano e da limpeza e umidificação das leiras. Nas unidades de digestão anaeróbia o consumo médio de água é superior à compostagem e esti-



mado em 14 m³/t.

A operação de unidades de incineração requer a utilização de aproximadamente 0,5 m³/t de água, cujo volume aumenta de forma proporcional à capacidade da unidade. O consumo de água de aterros sanitários varia de acordo com o porte do aterro e com a quantidade de funcionários. Genericamente, pode-se admitir um consumo entre 5m³/t em aterros de pequeno porte e 20m³/t em aterros de grande porte.

b) Consumo de Energia: Nas unidades de triagem, a energia é utilizada para o consumo dos trabalhadores em eletrodomésticos e eletroeletrônicos, além de equipamentos como prensas, esteiras e separadores. Estima-se um consumo de energia de 1.255 kW por tonelada de material recebido nas instalações.

No caso das unidades de compostagem, o consumo de energia se deve ao uso de eletroeletrônicos, eletrodomésticos e equipamentos, tais como trituradores de galhos em unidades de menor porte. De acordo com o MMA (2010), estima-se um consumo de 7 kW por tonelada de material processado. Em unidades que envolvem uma tecnologia mais sofisticada, estima-se um consumo entre 20 kWh/t e 50 kWh/t, admitindo-se um consumo médio de 30 kWh/t (WHITE et al., 1996).

Os custos ambientais relativos ao consumo de energia nas unidades de digestão anaeróbia, incineração e aterro podem ser compensados, a partir da geração de energia térmica e elétrica. De acordo com White et al. (1996), o consumo energético em unidades de digestão anaeróbia é superior àquele identificado em unidades de compostagem. Em uma unidade típica, estima-se um consumo equivalente a 50 kWh/t de energia, o que representa entre 20% e 30% da energia produzida, implicando um balanço de massa energético positivo para esse tipo de instalação.

Em levantamento realizado pelo grupo de pesquisa, constatou-se que o consumo de energia nos aterros sanitários nacionais varia de acordo com o porte da unidade. Quanto maior o porte menor o consumo unitário. Em unidades que recebem até 1.500 toneladas diárias, por exemplo, a ordem de grandeza do consumo varia entre 10⁻¹ e 10⁻² kWh/t, enquanto unidades de maior porte consomem cerca de 10⁻⁶ kWh/t.

6.2.3 Desamenidades

A existência de unidades de tratamento no entorno das residências provoca uma perda de bem-estar à população, ocasionada por desamenidades⁵, que leva a uma diminuição dos valores das propriedades, cuja magnitude depende do tipo de unidade e da distância para a residência. De acordo com Cowi (2000), as externalidades são fixas e se referem à existência de tais unidades, independentemente da capacidade instalada.

Ao longo das últimas décadas, vários estudos vêm sendo desenvolvidos a fim de quantificar

5. As amenidades urbanas foram definidas por Bartik e Smith (1987) como um conjunto de características específicas de uma localidade com contribuição positiva ou negativa para a satisfação dos indivíduos. Os males antrópicos, tais como, trânsito, poluição, falta de segurança, entre outros, refletem as contribuições negativas, também denominadas DESAMENIDADES.



o impacto da instalação de unidades de tratamento ou destinação final no entorno das comunidades urbanas, a maioria, relacionados à instalação de aterros sanitários (Cambridge Econometrics et al., 2003; Nelson et al, 1992; Adewusi e Onifade, 2006; Bello, 2007).

Hite et al. (2001) demonstraram que o impacto negativo da proximidade dos aterros se reflete na redução dos valores de aquisição das propriedades residenciais, inclusive após o seu encerramento. De acordo com os autores, deveriam ser adotadas medidas de compensação das perdas de bem-estar da população, as quais deveriam incorporar (além das perdas reais no valor das propriedades) a diminuição da esperança média de vida por se morar próximo ao aterro.

McClelland, Schulze e Hurd (1990) estimaram que o valor dos imóveis próximos a aterros sanitários é reduzido em até 4%, enquanto em operação, e em 3,5%, após o encerramento. Percentual semelhante foi identificado por Bouvier et al. (2000) que observaram uma redução de 6,0%, enquanto outros estudos similares chegaram a valores de até 11%, constatando-se ainda um decréscimo nessa margem, à medida em que se distancia das unidades. Nelson, Geneveux e Geneveux (1992) ressaltaram que o valor dos imóveis aumenta inversamente com a distância do aterro, a uma taxa de crescimento de aproximadamente 3,9%/km. Mais recentemente, Lim e Missios (2003) e Ready (2010) ratificaram a existência de tais impactos. De acordo com Ready (2010), o decréscimo no valor em razão da proximidade de aterros sanitários é observada em caso de unidades de médio a grande porte que recebem acima de 500t/dia. Para unidades de menor porte, não há variação perceptível, o que implica que a desamenidade não é uma variável significativa para o valor das propriedades. Walton et al. (2007) salientaram que os impactos são mais perceptíveis em regiões com pouca densidade demográfica.

A implantação de unidades de incineração também provoca impactos negativos sobre a vizinhança, expressos em termos de barulhos, odores, intrusão visual e aumento de tráfego. Assim como a operação de aterros sanitários influencia os preços de comercialização de imóveis dentro de um determinado raio de observação, também é possível identificar uma redução gradativa no valor dos imóveis à medida que eles se localizam mais próximos das unidades de incineração (Bartelings et al., 2005; Arnold e Terra, 2006). Entretanto, o impacto das amenidades sobre o valor dos imóveis é menor do que aqueles observados para os aterros sanitários, embora não haja consenso entre os pesquisadores sobre quanto menor é esse impacto. ESRI (2010) estimou que o valor associado às desamenidades decorrentes da incineração representa 25% do valor observado para os aterros. Eunomia e Tobin (2008) demonstraram que o impacto da instalação de incineradores é 1% menor que o da instalação de aterros. De acordo com Eyles et al. (1993), a localização de incineradores em áreas industriais reduz esse impacto e inclusive leva a população a não conseguir perceber atividades de incineração nas vizinhanças de suas residências.

6.2.4 Outras Emissões

Além das emissões atmosféricas, as tecnologias de tratamento e disposição final de RSU podem acarretar a contaminação dos corpos d'água, a partir do lançamento de efluentes com uma carga poluente de predominância orgânica. Essa poluição é representada pela Demanda



de Oxigênio Dissolvido (DBO), Demanda Química de Oxigênio (DQO) e por concentrações de Nitrogênio e Fósforo no corpo hídrico. A estimativa do nível de contaminação das águas varia de acordo com a tecnologia adotada.

No caso de Unidades de Triagem, a geração de efluentes provém basicamente do consumo humano e da limpeza. Os resíduos gerados do processo de beneficiamento são encaminhados a aterros sanitários sob a forma de rejeitos os quais, por derivarem de coleta seletiva, apresentam uma quantidade pouco significativa de matéria orgânica em sua composição. Os materiais rejeitados são de difícil degradação e, portanto, podem ser desconsiderados para fins de quantificação de carga poluidora, uma vez que a DBO pode ser distribuída por um longo período de tempo.

Nas Unidades de Compostagem, a matéria orgânica gera efluentes líquidos e cerca de 5% dos RSU entrantes são encaminhados a aterros sanitários sob a forma de rejeito. A estimativa da carga orgânica gerada nessas unidades deve considerar, pois, o volume derivado da decomposição da matéria orgânica distribuída nas leiras, observando-se as áreas sujeitas à precipitação (FEPAM, 2012).

O efluente líquido gerado nas unidades de Digestão Anaeróbia é superior ao observado em unidades de compostagem. Enquanto nessa última ocorre a evaporação do vapor de água para a atmosfera e o pouco lixiviado resultante é recirculado nas pilhas, na Digestão Anaeróbia observa-se a produção de efluentes na filtração no reator, embora também haja alguma recirculação interna com o objetivo de conservar calor e nutrientes, além de economizar o consumo de água. Estima-se uma geração média de lixiviado de 500 l/t. A DBO e DQO são, respectivamente, 76% e 50% inferiores aos valores observados para a compostagem.

Os resíduos gerados em Unidades que envolvem a Incineração dos resíduos, cujos processos resultam no aproveitamento energético sob a forma de geração de energia térmica e elétrica, não contêm elevados percentuais de carga orgânica. A operação de Aterros Sanitários pressupõe o tratamento de lixiviado, de modo que é possível considerar que apenas 10% da carga orgânica original é lançada nos corpos hídricos.

Os custos ambientais associados à poluição hídrica podem ser determinados com base na estimativa dos gastos despendidos com o tratamento de efluentes. Nas unidades que não geram uma quantidade excessiva de efluentes, o lançamento ocorre diretamente no sistema público coletor e o valor é cobrado pelas Companhias de Águas e Esgotos dos estados a partir de tarifas industriais. Embora os cálculos da tarifa de esgoto variem de acordo com as empresas, verifica-se que os valores oscilam em um intervalo compreendido entre R\$ 3,00 e R\$ 7,00 por m³ de efluente tratado. Como esses valores são atrelados ao consumo de água, geralmente é difícil dissociar o consumo de água das unidades analisadas ao longo da presente pesquisa, das taxas de geração de efluentes.

As características operacionais dos aterros sanitários justificam o elevado investimento no tratamento de efluentes, requerendo soluções individualizadas que variam de acordo com o porte do aterro. O tratamento dos efluentes de aterros sanitários pode envolver a implantação de lagoas de recalque, acumulação, estabilização, contemplando sistemas aeróbios e anaeróbios. Considerando as informações primárias coletadas durante o desenvolvimento do presente estudo, verificou-se que essa variação nas tecnologias utilizadas incide diretamente



na geração de efluentes e nos custos relativos a essas operações.

Nos aterros de pequeno a médio porte, a quantidade de efluentes gerados, varia entre um mínimo de 0,20 m³/t e um máximo de 0,52 m³/t, a um custo unitário médio de R\$ 4,00/m³. Nos aterros de grande porte, observa-se uma taxa de geração inferior aos demais aterros (cerca de 0,05 m³/t), porém a custos unitários bem mais elevados que os primeiros, em razão das tecnologias de tratamento adotadas, em um valor médio de R\$ 35,00/m³.

6.2.5 Geração de Emprego e Renda

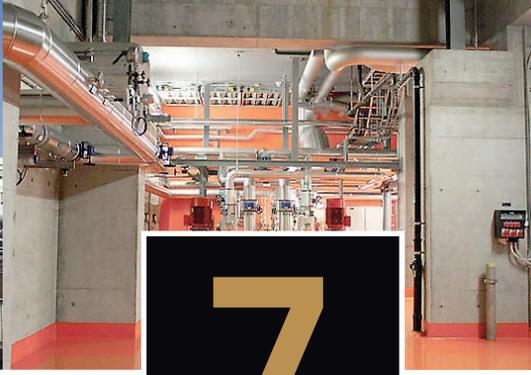
Um dos fatores mais controversos durante a tomada de decisão acerca da adoção de uma tecnologia de tratamento e disposição final se refere às oportunidades de geração de emprego perdidas ou oportunizadas. Dentre todas as tecnologias analisadas, as unidades de triagem são as mais intensivas de mão de obra, constituindo-se em um dos motivos pelo que a reciclagem de materiais tem sido recomendada pela PNRS como forma de inclusão social, por empregar uma comunidade de trabalhadores pouco qualificados, compostos por catadores de materiais recicláveis, associados ou não. Seguindo parâmetros estabelecidos pelo MMA (2010), para cada tonelada de material triado são gerados 10 empregos.

As unidades de compostagem, empregam aproximadamente 2 empregos para cada tonelada de resíduos beneficiada. À medida que aumenta a capacidade instalada da unidade, a mão de obra empregada cresce menos que proporcionalmente. Similarmente às unidades de triagem, a operação deste tipo de unidade não requer mão de obra qualificada, constituindo-se em uma vantagem para as gestões municipais.

Os aterros sanitários, unidades de digestão anaeróbia e de incineração, em contrapartida, geram menos emprego em relação às tecnologias supracitadas. No caso de incineradores, estima-se um trabalhador para cada 10 mil toneladas anuais de RSU processadas, enquanto em digestores anaeróbios são considerados 10 empregos para cada 10 mil toneladas anuais de RSU (ISRL, 1997). A mão de obra necessária para operacionalizar os aterros sanitários







7

Rotas tecnológicas para o Brasil



A identificação de rotas tecnológicas em análises prospectivas facilita o entendimento e a comunicação de estratégias, objetivos e ações prioritárias a serem analisadas por um gestor durante um processo decisório. A proposição de rotas tecnológicas para um setor permite, portanto, que se vislumbre um caminho de ações possíveis, envolvendo a consideração de diversas dimensões, explorando temas relevantes do setor para o qual se realizam os estudos prospectivos, em um horizonte de curto, médio e/ou longo prazo (ABDI, 2010).

No contexto da gestão de RSU, define-se uma rota tecnológica como o conjunto de processos, tecnologias e fluxos dos resíduos desde a sua geração até a sua disposição final, envolvendo circuitos de coleta de resíduos de forma indiferenciada e diferenciada e contemplando tecnologias de tratamento dos resíduos com ou sem valorização energética. Desse modo, a rota tecnológica tem início, necessariamente, com a geração e encerra com a disposição final em aterro sanitário, podendo haver, entre as etapas, uma ou mais formas ou tecnologias de tratamento.

A estruturação de rotas tecnológicas para a gestão de RSU no Brasil deve ser executada à luz da legislação vigente, em especial considerando as diretrizes e metas definidas na PNRS. Dentre os diversos princípios e objetivos estabelecidos na referida lei, destacam-se a erradicação dos lixões e o reconhecimento do resíduo sólido como um bem econômico ao qual é possível agregar valor a partir de sua reutilização, reciclagem ou aproveitamento energético, além de possuidor de um valor social como elemento gerador de trabalho e renda. Deste modo, as rotas sugeridas consideram a adoção de tecnologias que viabilizem tal agregação de valor aos RSU. A este respeito, no marco legal, a coleta seletiva dos resíduos sólidos é obrigatória e essencial para a correta gestão dos resíduos nos municípios. O Plano Nacional de Resíduos Sólidos, em elaboração, traz metas de redução de resíduos recicláveis (secos) e orgânicos (úmidos) dispostos em aterro sanitário.

O estabelecimento de rotas tecnológicas para a gestão de RSU no país depende do equacionamento de uma questão prevista na Política Nacional de Resíduos Sólidos, a saber, a explicitação e a indicação das fontes de financiamento da gestão de resíduos sólidos. Caso permaneça o atual modelo de cobrança (basicamente via IPTU), grandes serão as dificuldades da maioria dos municípios em optarem por tecnologias mais caras. Portanto, no momento, o cenário mais provável, e não sem dificuldades, é o da consolidação da coleta regular indiferenciada, do aterro sanitário e da implantação parcial da coleta seletiva de recicláveis secos, com a participação de cooperativas de catadores ou mesmo como vem sendo tentado em alguns lugares, com redes de cooperativas.

A definição de rotas tecnológicas para a gestão de resíduos sólidos e, conseqüentemente, das tecnologias adotadas, é uma atribuição do gestor público municipal. A PNRS prevê uma ação articulada entre as diferentes esferas públicas e entre estas e o setor privado, visando estabelecer formas de cooperação técnica e financeira de forma a garantir uma gestão integrada dos resíduos. A capacidade financeira e operacional dos municípios aparece, portanto, como decisiva para a implantação de determinadas rotas. O tamanho da população a ser atendida pelas tecnologias pode, em algumas situações, ser considerada como um indicador dessa capacidade. Soluções indicadas para grandes municípios, por exemplo, podem divergir daquelas idealizadas para pequenos e médios municípios; ou ainda, tecnologias inviáveis para pequenos municípios podem ser viabilizadas a partir da adoção de soluções associadas.

Caso se encontrem alternativas para alterar as atuais formas de financiamento da gestão (co-



branças adequadas pelos serviços a partir das quantidades geradas), os municípios poderão optar por outras tecnologias e mesmo pela ampliação da coleta seletiva. Neste cenário, a adoção de tecnologias como a digestão anaeróbia ou a incineração (*massburning*) com recuperação energética, além da compostagem, a partir da coleta seletiva de matéria orgânica de grandes geradores, se mostram como factíveis.

Neste trabalho, são propostas soluções a serem consideradas pelos gestores públicos no momento destas definições, as quais refletem a experiência dos pesquisadores e os resultados alcançados na realização da presente pesquisa sobre rotas tecnológicas, considerando diferentes portes de municípios brasileiros. Apesar de cada município brasileiro apresentar características e especificidades que os diferenciam entre si, é possível identificar entre municípios de mesmo porte alguns aspectos que os assemelham quanto à dinâmica da economia local e das formas de manejo dos RSU que viabilizam a proposição de rotas tecnológicas de acordo com o porte.

A proposição das rotas tecnológicas nesta pesquisa foi realizada com base nas experiências exitosas identificadas durante as visitas nacionais e internacionais, em reuniões com técnicos das iniciativas privada e pública envolvidos na gestão e gerenciamento dos RSU, bem como nas opiniões dos consultores internacionais diretamente envolvidos na pesquisa. Entre as observações evidenciadas durante a pesquisa, que podem ser utilizadas como referência para balizar a construção de rotas tecnológicas para um município brasileiro, independente do tamanho populacional, destacam-se as seguintes:

- a maior parte dos resíduos sólidos urbanos (RSU) gerados no país é disposta em locais inadequados (lixões e aterros controlados);
- a implantação das tecnologias de tratamento e destinação dos resíduos se deu de forma gradativa nos países desenvolvidos;
- os órgãos envolvidos na gestão e gerenciamento dos RSU, no Brasil, em geral, atuam de forma desarticulada;
- as rotas tecnológicas exitosas levantadas no país, atualmente, restringem-se às tecnologias de triagem, compostagem e aterro sanitário sem aproveitamento energético;
- as rotas definidas devem estar alinhadas à Política Nacional dos Resíduos Sólidos;
- o horizonte a ser considerado na proposta de rotas deve incluir curto e médio prazos;
- devem ser considerados critérios técnicos, econômicos, ambientais, sociais e culturais associados às tecnologias e à região específica;
- independentemente do tamanho da população atendida, dentro das limitações e possibilidades do município e não excluindo da análise a adoção de tecnologias mais complexas, devem ser consideradas as seguintes atividades:
 - coleta seletiva de resíduos recicláveis (secos);
 - coleta seletiva de resíduos orgânicos (úmidos);



- coleta de rejeitos;
- unidades de triagem;
- unidades de compostagem;
- aterro sanitário.

A proposição de rotas tecnológicas para o país aqui apresentada, considerou as tecnologias e as diferentes faixas de população contempladas na etapa de avaliação econômica, as quais estão representadas no mapa apresentado na Figura 75 e pressupõe o alinhamento com as referências estabelecidas na Política Nacional de Resíduos Sólidos acerca da geração de emprego e renda e de garantia da preservação ambiental. Cabe destacar ainda, que a presente proposta é um indicativo de possibilidades e não substitui a necessidade de elaboração de estudos de viabilidade e de projetos de engenharia para cada empreendimento específico.

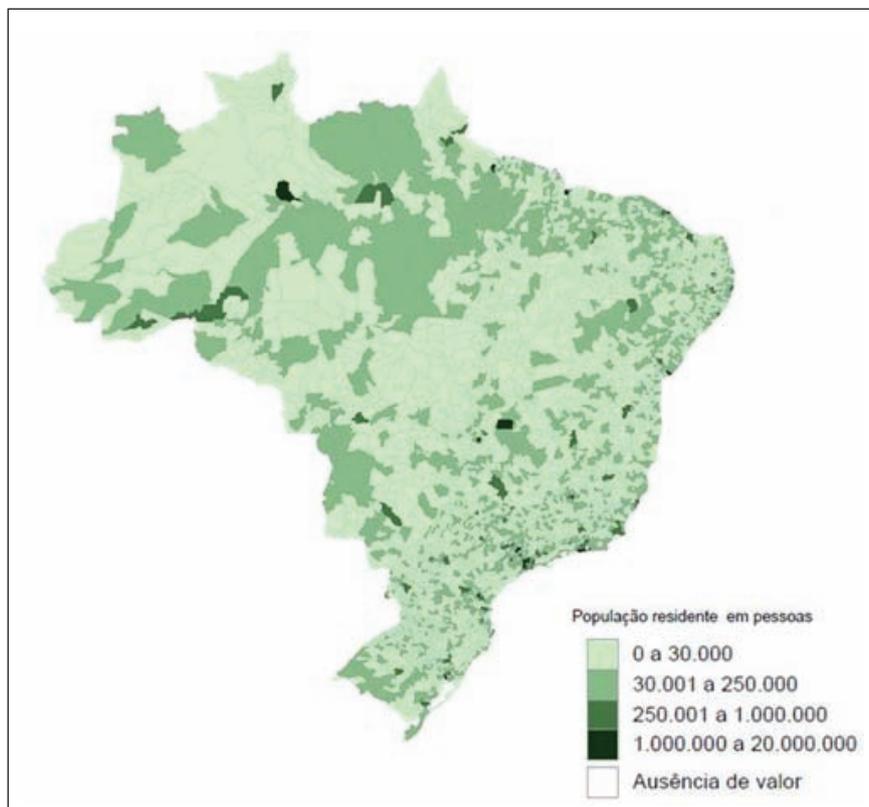


Figura 75 – Municípios brasileiros por faixa populacional.

7.1 Municípios com População Inferior a 30.000 Habitantes

O Brasil é constituído predominantemente por pequenos municípios, como é possível visualizar na Figura 75. Aproximadamente 81% dos municípios brasileiros tem uma população máxima estimada em até 30.000 habitantes. Esta tendência pode ser observada em todas as Regiões.



Embora as características socioeconômicas destes municípios não possam ser generalizadas, podem ser identificados alguns atributos semelhantes entre eles, tais como o predomínio das atividades agropecuária e/ou de prestação de serviços. Com uma pequena capacidade de geração de receita própria e de transferências tributárias em relação a municípios de maior porte, além da carência de um corpo de profissionais técnico-administrativos qualificados, estes municípios apresentam dificuldades econômico-administrativas que dificultam o manejo adequado dos RSU de modo a atender aos preceitos da PNRS.

O arranjo institucional indicado para estes municípios é simplificado, podendo restringir-se a um único município ou a um consórcio de municípios, devendo-se observar a articulação com todos os órgãos licenciadores e fiscalizadores, observando-se a necessidade de definição dos condicionantes para a implantação e operação do empreendimento. Tradicionalmente, a gestão dos RSU vem sendo realizada pela Administração Municipal Direta.

Independente do modelo de gestão adotado (isolado ou consorciado), a rota tecnológica adequada para os municípios de pequeno porte é composta de coleta domiciliar de resíduos não recicláveis, coleta de resíduos recicláveis secos, transporte e disposição dos resíduos não recicláveis em aterros sanitários, conforme apresentado na Figura 76.

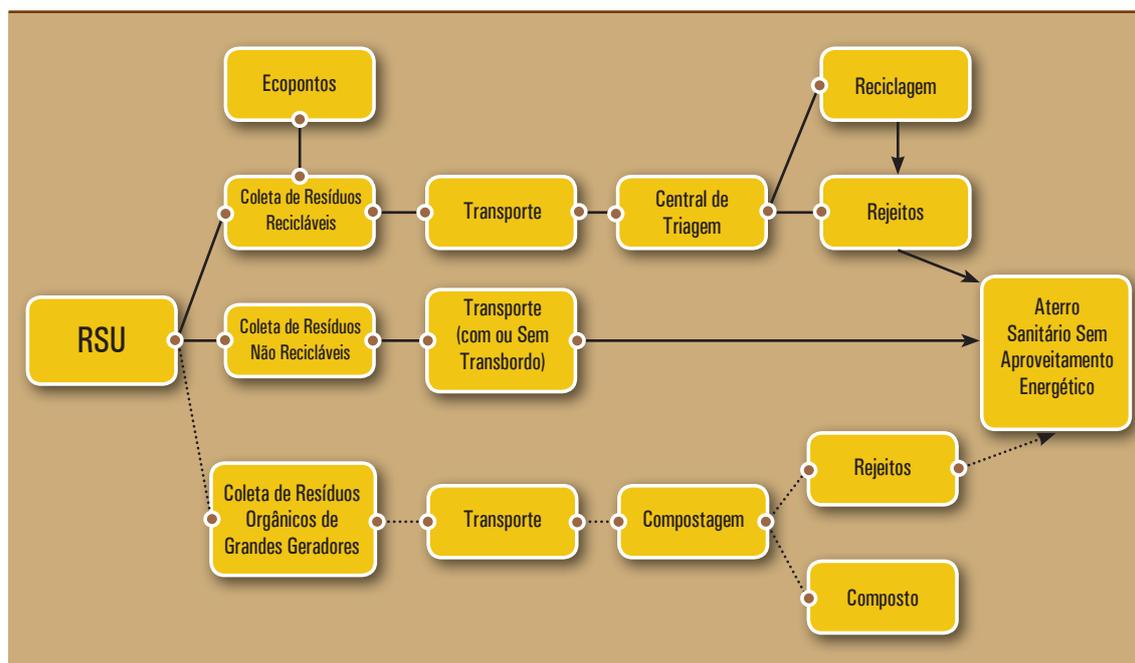


Figura 76 – Rota tecnológica para municípios com população Inferior a 30.000 habitantes.

Nesta rota, a coleta seletiva só se dará em contexto financeiro municipal adequado e com uma demanda de mercado por materiais recicláveis. Destaca-se ainda, que onde houver a coleta seletiva de recicláveis, a unidade de triagem terá características simplificadas, compatíveis com as quantidades a serem manuseadas e acumuladas. No caso de municípios geograficamente isolados de outros municípios e do mercado da reciclagem (especificamente na Região Centro-Oeste) a coleta indiferenciada e seu encaminhamento a aterro sanitário sem aproveitamento energético devem ser considerados. A não adoção da coleta diferenciada e triagem dos



recicláveis de tais municípios se justifica pela distância do mercado da reciclagem ao ponto do escoamento desses materiais se tornar inviável e estes serem assim considerados rejeitos, de acordo com a conceituação da Política Nacional dos Resíduos Sólidos (PNRS).

Cabe ressaltar que as dificuldades financeiras e técnicas, de pequenos municípios e até os de médio porte, em operar ou pagar pela disposição de resíduos em aterros sanitários, têm levado a se admitir ainda, em alguns estados, o aterramento em valas e trincheiras, com tratamento dos lixiviados por recirculação. Esta técnica pode ser aplicada nos aterros sanitários brasileiros, desde que haja um clima favorável a essa recirculação devido a seu balanço hídrico. Sua adoção reduz os custos de implantação e de operação, além de permitir um melhor controle ambiental.

Em municípios de pequeno porte com melhores condições econômicas será possível se considerar a implementação de coleta de resíduos orgânicos de geradores específicos (grandes geradores) para produção de composto orgânico, como componente da rota tecnológica. Não se contempla, entretanto, neste momento, a possibilidade de segregação dos resíduos orgânicos domiciliares, com ressalva a algum município com características muito particulares que justifiquem a adoção desta tecnologia. Por se tratar de exceção, o caminho da compostagem é representado por um segmento tracejado na Figura 76.

Dependendo das distâncias entre os pontos de coleta e os aterros sanitários, desde que comprovada a viabilidade técnica e econômica, pode ser incluída uma estação de transbordo ou de transferência, em casos imperativos.

7.2 Municípios com População entre 30.000 e 250.000 Habitantes

Os municípios compreendidos na faixa populacional entre 30.000 e 250.000 habitantes, representam 17,4% do total de municípios brasileiros, dos quais 81% possuem menos de 100.000 habitantes. A rota tecnológica proposta para municípios de pequeno a médio porte é semelhante para todas as regiões do país e pode ser empregada, independente de localização geográfica, em municípios que atuem de forma isolada ou em conjuntos de municípios através da formação de consórcios.

A rota indicada para municípios deste porte, para todas as regiões, é composta de coleta domiciliar de rejeitos (resíduos não recicláveis), coleta diferenciada de resíduos recicláveis, coleta diferenciada de resíduos orgânicos de grandes geradores, transporte, unidades de triagem para destinação dos resíduos recicláveis secos e disposição dos rejeitos em aterros sanitários.

Distintamente da rota tecnológica prevista para municípios de menor porte, onde o material reciclável é encaminhado à áreas de triagem simplificada, nesta rota (Figura 77), os materiais recicláveis são destinados a uma Central de Triagem melhor estruturada e adequada a uma maior quantidade de materiais a serem triados. Caso a rota atenda um consórcio de municípios, o transporte poderá incluir, a depender das distâncias, estações de transbordo que reduzem os custos do sistema. Nesta rota tecnológica já se considera a produção de composto a partir da coleta diferenciada de resíduos orgânicos de grandes geradores.



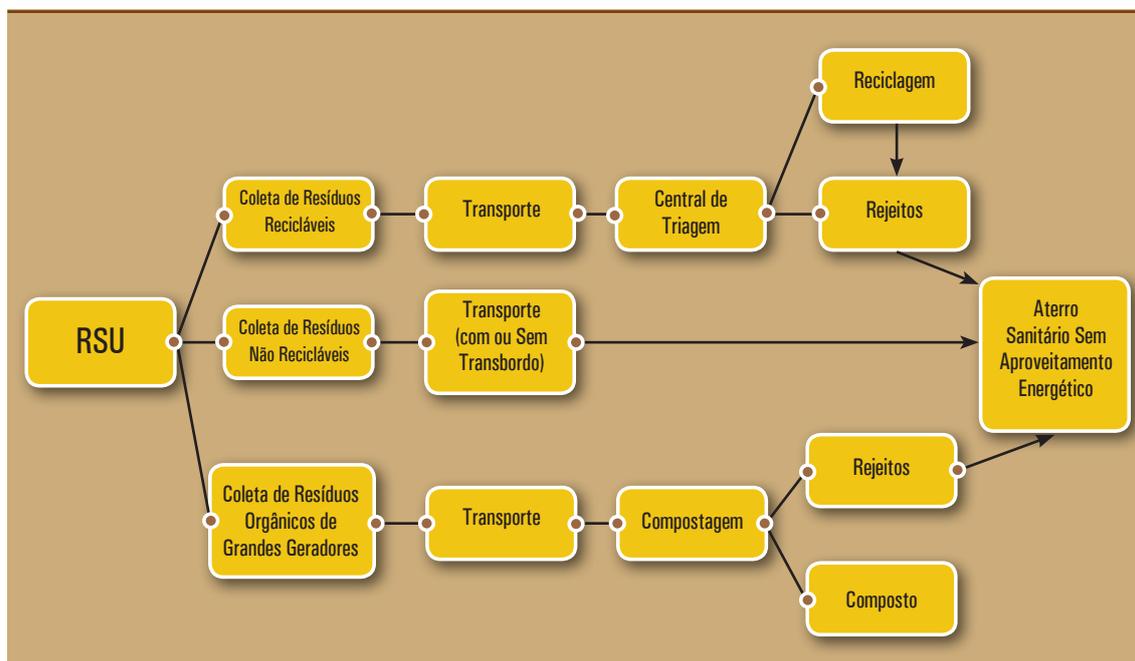


Figura 77 – Rota tecnológica para municípios com população entre 30.000 e 250.000 habitantes.

Os quantitativos de resíduos para esta faixa de população ainda não permitem a inclusão do aproveitamento energético no aterro sanitário, mas viabilizam, a custos razoáveis, a construção e a operação de aterros com boa qualidade técnica.

É possível se considerar ainda, a possibilidade de implantação de unidades de digestão anaeróbia em municípios com população das faixas maiores, ou agrupados por meio de consórcios, desde que comprovadas as condições necessárias à viabilização deste tipo de tecnologia.

7.3 Municípios com População entre 250.000 e 1.000.000 de Habitantes

A abrangência das rotas tecnológicas sugeridas para municípios com população compreendida entre 250.000 e 1.000.000 de habitantes, exige considerações quanto aos aspectos regionais e de tamanho. Para algumas tecnologias, de acordo com padrões internacionais, a aplicabilidade usual é mais adequada a populações iguais ou superiores a 500.000 habitantes. De forma genérica, a rota compreende a coleta diferenciada e indiferenciada de resíduos, seu transporte e encaminhamento a unidades de tratamento e disposição final de RSU, tais como compostagem, reciclagem e aterros sanitários, sendo possível para municípios deste porte considerar a possibilidade de aproveitamento energético do gás em algumas regiões. A consideração de unidades de transbordo poderá viabilizar as operações em municípios com distâncias superiores a 25 km entre as áreas de coleta e o local de disposição final (Figura 78).

Em alguns municípios de maior porte, onde o sistema de limpeza urbana esteja muito bem



estruturado, e haja demanda para o composto orgânico, pode-se considerar a implementação da coleta diferenciada da parte orgânica dos domicílios em bairros de maior poder econômico. Os altos custos do acondicionamento triplo dos resíduos no atendimento da proposta de compostagem da PNRS devem ser considerados na avaliação de sua aplicabilidade.

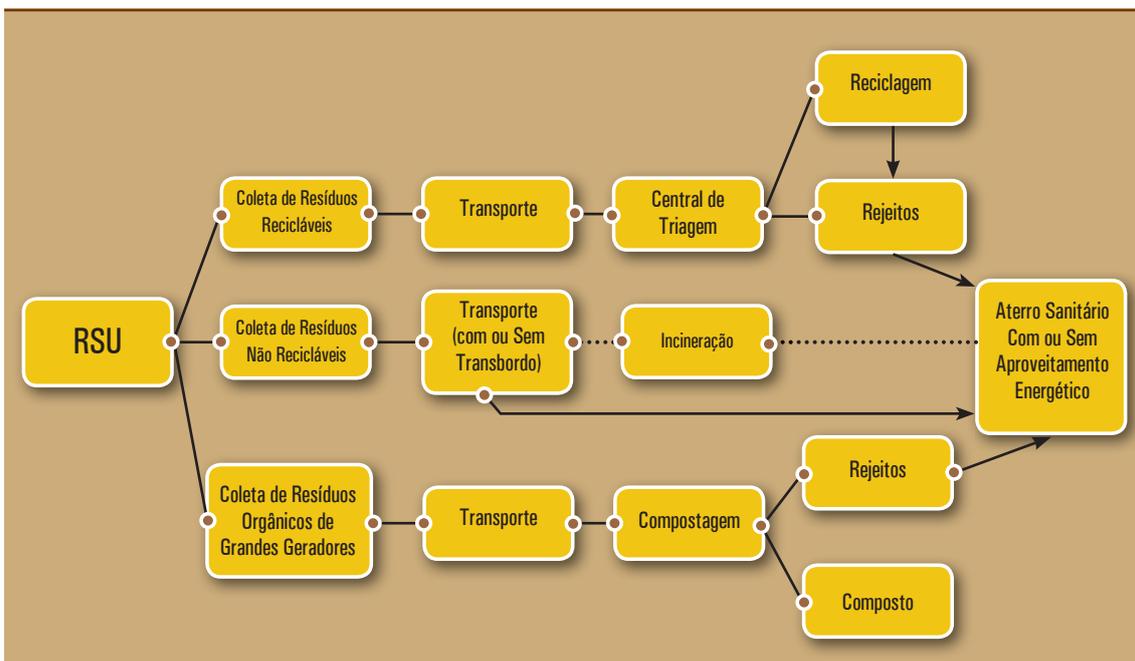


Figura 78 – Rota tecnológica para municípios com população entre 250.000 e 1.000.000 de habitantes.

Algumas peculiaridades estabelecem diferenças regionais que sempre devem ser levadas em conta.

Assim, na Região Norte, poucos municípios se enquadram nesta faixa de população e apenas para eles a rota tecnológica deve incluir a possibilidade de aproveitamento energético do gás de aterro, sempre levando em conta as dificuldades das distâncias, de disponibilidade de rede de distribuição da energia a ser produzida, e as interferências na operação dos aterros dos elevados índices pluviométricos.

No Nordeste, da mesma forma, são relativamente poucos os municípios deste porte e as dificuldades de distâncias e de distribuição da energia gerada em aterros embora menores do que no Norte, também se fazem presentes. Destaca-se nesta Região a disponibilidade de áreas para implantação de aterros.

A falta de capacitação técnica, de legislação específica e de políticas públicas, nos municípios ou consórcios que abrangem essa faixa populacional na Região Centro-Oeste, não tem garantido a continuidade da boa operação e monitoramento dos aterros sanitários existentes. Assim, para a referida Região, não se deve considerar o aproveitamento energético do biogás gerado nos aterros sanitários por considerar temerária a implantação de tecnologias mais complexas



sem que se resolvam as dificuldades apontadas. No tocante aos resíduos orgânicos domiciliares mantém-se a recomendação de adoção a políticas públicas municipais de incentivo à compostagem domiciliar.

Nas Regiões Sul e Sudeste existe um número considerável de municípios com população entre 250.000 e 1.000.000 de habitantes. Particularmente para aqueles com população acima de 500.000 habitantes, considerando-se o potencial econômico e de desenvolvimento, conforma-se um cenário onde, sempre ressaltando a inequívoca condição de viabilidade econômica dos projetos específicos, é possível ponderar a utilização de outras tecnologias (já aplicadas em países desenvolvidos), em particular a incineração (*mass burning*) com recuperação energética e a instalação de unidades de digestão anaeróbia.

7.4 Municípios com População superior a 1.000.000 de Habitantes

A rota tecnológica está relacionada às regiões de grandes concentrações populacionais, em especial às Regiões Metropolitanas. Estes municípios serão provavelmente sede dos consórcios mais abrangentes, como por exemplo, os consórcios de saneamento.

A rota apresentada na Figura 79 (página seguinte) é recomendada para municípios ou consórcios acima de 1.000.000 habitantes e é composta por coleta diferenciada de recicláveis (secos) e orgânicos (úmidos), coleta de resíduos não recicláveis, triagem, transbordo, compostagem e aterro sanitário com aproveitamento energético. Os catadores de materiais recicláveis, em número bem mais expressivo, deverão ser acompanhados de forma sistemática pelos municípios e entidades de apoio à gestão.

Estes municípios concentram as principais condições para que sejam incorporadas as tecnologias de tratamento e disposição de resíduos sólidos urbanos usuais no mundo. Assim, além da incineração, cujo potencial de recuperação energética (geração de energia elétrica, calor e vapor) pode encontrar demanda em condições mais favoráveis, também é possível que se desenvolvam estudos específicos para avaliação da aplicação de digestão anaeróbia com recuperação energética.



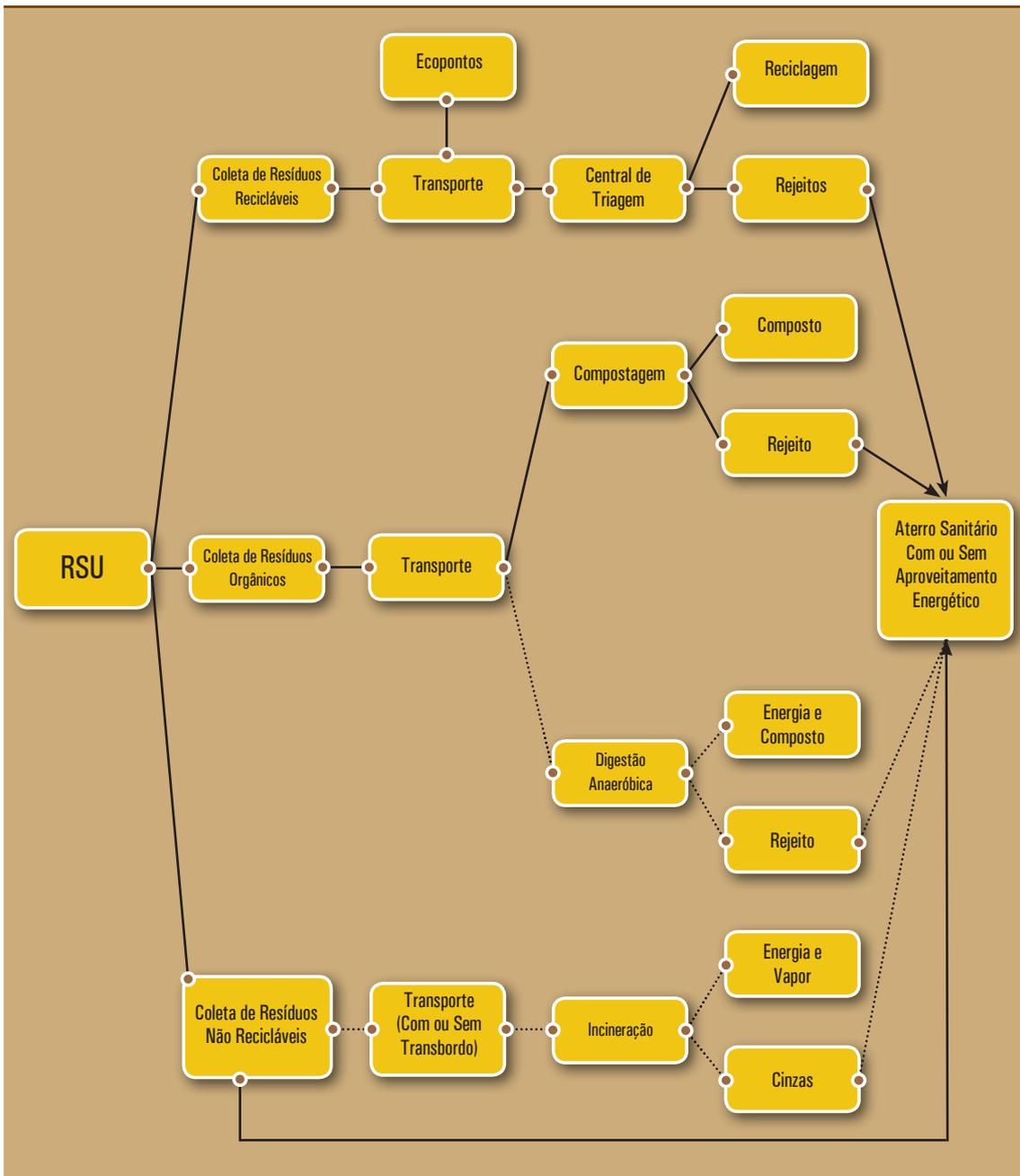


Figura 79 – Rota Tecnológica para municípios com população superior a 1.000.000 de habitantes.

A indicação de possíveis rotas tecnológicas para a gestão de RSU propostas neste capítulo, parte de uma premissa prevista na Lei da Política Nacional de Resíduos Sólidos, que estabelece a necessidade de se garantir e explicitar as fontes financeiras para a manutenção do gerenciamento dos resíduos sólidos nos municípios e também para a incorporação de novas tecnologias.

A dependência de repasses do Governo Federal na maioria dos municípios brasileiros é um fator limitante para a efetivação da PNRS. Nos municípios de médio e grande porte, mesmo



que a tradicional cobrança da “taxa do lixo” esteja instituída, não é suficiente para sustentar financeiramente as propostas sugeridas, nem o cronograma estabelecido pela Lei.

Diante da dificuldade dos governos municipais em garantir a sustentabilidade dos modelos de gestão de RSU, recomenda-se uma especial atenção ao processo de escolha das tecnologias de tratamento e na implantação de aterros sanitários, o qual deve estar embasado nos princípios de economia de escala e da complementaridade.

A economia de escala pode ser alcançada tanto pela utilização compartilhada de um aterro sanitário, como pela criação de mecanismos de comercialização de materiais recicláveis entre cooperativas de catadores. Neste aspecto, vale ainda considerar-se que a parceria entre municípios pode viabilizar o emprego de uma tecnologia que se revela inviável para os mesmos municípios tomados individualmente.

As tecnologias de tratamento devem ser complementares, não sendo recomendada a proposição ou implantação de tecnologias que não se complementem, apesar de recomendáveis individualmente. Um exemplo seria o de se investir, a médio e longo prazo, em aterros sanitários com ganho de energia e, ao mesmo tempo, na incineração com o mesmo objetivo. Apenas uma acurada análise logística e quantitativa pode admitir tais combinações. Outro exemplo seria a implantação de sistemas de compostagem em localidades onde não haja demanda regional para o composto produzido.

A inserção das cooperativas de catadores no processo de gestão dos RSU também deve merecer uma atenção especial dos gestores. A disseminação de cooperativas e associações, notadamente nas grandes e médias cidades, não é garantia de índices significativos de recuperação de materiais recicláveis, visto que a coleta dos RSU é responsabilidade dos municípios e apenas um planejamento integrado e eficiente asseguraria o sucesso das iniciativas de reciclagem dos materiais. Entretanto, conforme mencionado anteriormente, a quase totalidade dos municípios encontra limitações financeiras. É sabido que as cooperativas de ex-catadores de lixões vêm apresentando problemas de natureza operacional, gerencial, econômica e política. Os casos de sucesso, divulgados, não devem desviar a atenção de significativos números de insucessos.

Também a catação informal de materiais recicláveis, deve continuar nas ruas das grandes e médias cidades brasileiras, a despeito das cooperativas e dos programas de coleta seletiva. O catador que atua nas ruas invariavelmente não se dispõe a abandonar sua liberdade de ação e a possibilidade de auferir ganhos imediatos, em detrimento à filiação a uma cooperativa. É possível prever, portanto, que dentro de um horizonte de curto a médio prazo, estes catadores permaneçam na informalidade, fazendo uso de uma extensa e complexa rede de sucateiros. Esta categoria de trabalhadores é ainda responsável por uma parcela significativa dos materiais destinados às indústrias de reciclagem. Nos grandes centros, se observa a sua atuação inclusive no roteiro de programas de coleta seletiva. Veículos pequenos e antigos (caminhonetes e Kombis) substituem frequentemente o tradicional carrinho, garantindo maior eficácia à catação.

A possibilidade de reciclagem da matéria orgânica a partir de tecnologias de compostagem também deve ser objeto de análise dos gestores, dado que a matéria orgânica representa mais de 50% dos RSU gerados no país. Apesar do montante de resíduos gerados, as ações de compostagem ainda são incipientes no país, seja pela falta de demanda no mercado, seja pela



baixa qualidade do produto nacional atualmente. Nem mesmo a compostagem doméstica é devidamente incentivada pelos municípios brasileiros.

É importante salientar, que a consideração das tecnologias de compostagem em uma rota pressupõe uma etapa prévia de coleta de material pré-selecionado, que implicaria em uma coleta especial. Levando-se em conta as dificuldades financeiras dos municípios, a implantação de uma coleta seletiva de materiais recicláveis e outra específica para os resíduos orgânicos é impeditiva para a quase totalidade dos municípios brasileiros.

As proposições de rotas tecnológicas por faixas populacionais consideraram a situação identificada nas visitas a municípios em todas as regiões do país e as diferenças e dificuldades para os avanços previstos na PNRS, naqueles de menor porte. Deve-se garantir que os agentes financeiros no país considerem que a adoção de tecnologias mais sofisticadas e complexas, com maior exigência técnica e de recursos para implantação, particularmente a incineração e a digestão anaeróbia, pressupõe o processamento de um maior volume de resíduos para atingir uma escala de viabilidade, para os quais deve existir um mercado para comercialização dos produtos gerados.

É importante salientar que a garantia de uma gestão eficiente de RSU requer ainda que se estabeleçam mecanismos de conscientização da população, bem como políticas e ações de educação ambiental. É imperativo para a eficácia de implantação destes mecanismos, que o uso de instrumentos de comando e controle voltados à fiscalização e à atribuição de multas às transgressões cometidas pelos geradores de resíduos sólidos. Estas podem incluir desde o lançamento de pequenos objetos nas vias públicas, até o vazamento indiscriminado de grandes quantidades de resíduos em locais inapropriados.

Por fim, ressalta-se que as proposições de rotas tecnológicas apresentadas não prescindem de rigorosa avaliação técnica, econômica, ambiental e social, envolvendo as especificidades locais e mesmo regionais. Também é prudente, que os municípios, no intuito de aplicar as diretrizes do PNRS, não deixem de atentar prioritariamente para a universalização da coleta regular e a implantação dos aterros sanitários, postergados até bem pouco tempo, não raro em nome de tecnologias inadequadas que prometiam a solução final para os resíduos sólidos.





8

Considerações finais



A análise das diversas tecnologias para o tratamento e disposição final dos resíduos sólidos existentes na Europa, Estados Unidos e Japão tiveram como objetivo principal a busca de alternativas para o Brasil. Esta análise foi baseada em uma extensa revisão bibliográfica (publicações e relatórios institucionais), consulta a inúmeras bases de dados e visitas técnicas (nacionais e internacionais), além da experiência profissional de toda a equipe envolvida, que foi incorporada aos estudos realizados.

A metodologia utilizada nesta pesquisa foi inovadora, no sentido de criar grupos de trabalho em todas as regiões do Brasil e em cada um dos países estudados. De forma simultânea, pôde-se investigar as tecnologias, políticas públicas e arranjos institucionais existentes no exterior, enquanto os estudos desenvolvidos no Brasil traçavam um diagnóstico de cada uma das regiões geográficas, de modo a se identificar as grandes diferenças entre o tratamento e disposição final nessas regiões, além de se estabelecer uma relação entre causas e efeitos dos aspectos analisados.

O estudo foi desenvolvido no contexto de mudanças no marco regulatório nacional com a instituição da Política Nacional de Resíduos Sólidos (PNRS) pela Lei nº 12.305/2010, a qual trouxe avanços significativos ao processo de manejo e gestão dos resíduos sólidos urbanos no País. Ao se comparar a evolução do processo regulatório nacional com países como Estados Unidos, Japão e alguns europeus, observa-se uma defasagem temporal em relação a estes. Este hiato entre o estabelecimento das políticas públicas permite que uma análise a respeito dos arranjos institucionais, adoção de tecnologias convencionais e inovadoras e suas respectivas normativas possam ser consideradas e adaptadas à realidade nacional. Isto porque os países analisados apresentam algumas características semelhantes em maior ou menor grau, tais como arranjos institucionais federativos (EUA) e competência municipal para o manejo dos RSU (Portugal, Espanha, entre outros).

Os modelos internacionais analisados apontam, por exemplo, para uma tendência de instituição de agências regulatórias nacionais que coordenem e debatam as políticas públicas. Embora a legislação nacional indique medidas de integração e de manutenção do pacto federativo, a falta de instrumentos de regulamentação mais efetivos dificulta a integração, a mensuração e o cumprimento de metas previstas nas políticas nacionais. Os desafios impostos pela Lei de Saneamento, Lei de Consórcios Públicos e Lei de Resíduos Sólidos são muito amplos e exigem um montante de investimentos elevados, bem como, a disponibilização de quadros técnicos qualificados para a sua implantação. Esse aspecto é muito relevante quando se considera a quantidade irrisória de recursos federais investidos no setor, aliada à baixa capacidade de investimentos e à ausência de quadros técnicos, na grande maioria dos municípios brasileiros.

Ainda é possível observar em todos os países estudados uma tendência a evitar a disposição de resíduos em aterros sanitários e adotar tecnologias que evidenciem a recuperação de matérias e energia por diversas vias. No Brasil, os estudos realizados em cada uma de suas regiões mostraram diferentes realidades tecnológicas, características de suas especificidades regionais, tais como densidade demográfica, infraestrutura local, nível de desenvolvimento social e econômico, aliados à falta de políticas públicas e de um arcabouço institucional adequado. Tais estudos permitem compreender as dificuldades em se criar alternativas tecnológicas para tratamento dos RSU.

A implantação de tecnologias para tratamento de resíduos sólidos deve passar por um planejamento adequado, que se integre ao processo urbanístico atual e futuro de cada região



geográfica do Brasil, de forma a trazer equilíbrio ambiental, social e econômico à região. A sua adoção como política pública pelo município/região deve estar fortalecida por apoio institucional e, em alguns casos, pelo apoio econômico com subsídios por parte do governo federal e/ou estadual, sendo, portanto, o governo um ator importante nesse arranjo institucional, se adotado um sistema misto, com participação do setor público e do setor privado, a exemplo das PPPs.

Com respeito às alternativas tecnológicas para o tratamento dos RSU, os estudos mostraram uma grande diferença entre o desenvolvimento tecnológico e os modelos de gestão na Europa, Estados Unidos e Japão, quando comparados ao Brasil. Essa diferença se deve a muitos fatores, tais como a consolidação de políticas públicas, os investimentos feitos no setor, os aspectos econômicos, sociais e ambientais de cada país. A escolha de um determinado sistema de tratamento é feita com base nos aspectos mencionados e no equilíbrio da matriz energética de um determinado país ou região. Neste sentido, observa-se um grande impulso na recuperação de materiais (reciclagem e compostagem) e energia (biodigestores, biogás de aterros ou tratamentos térmicos). No Brasil os resultados deste trabalho revelaram uma grande assimetria entre o tratamento e destinação final nas Regiões Norte, Nordeste e Centro-Oeste, em relação às Regiões Sudeste e Sul. As primeiras apresentam ainda uma grande predominância de disposição final dos RSU em lixões, existindo aterros sanitários apenas nas principais cidades e capitais dos estados. Nas demais regiões, há uma predominância de aterros sanitários e uma significativa diversificação de tratamentos. Em alguns casos, há aproveitamento de materiais e energia dos RSU, a partir de modelos mais apropriados de gestão. Esta assimetria observada no Brasil também ocorre com respeito à implantação de políticas públicas estaduais que se deve, em grande parte, às diferenças econômicas, sociais e ambientais, características de cada uma das regiões brasileiras.

De uma forma geral, os estudos conduzidos nesta pesquisa mostraram que não existem tecnologias melhores que outras, mas sim tecnologias apropriadas e que respeitam os aspectos sociais, ambientais e econômicos do local onde será implantada. Outro aspecto relevante é que não se deve definir a tecnologia de tratamento de forma isolada. O sistema de tratamento (rota tecnológica), o modelo de gestão, o arranjo institucional devem ser definidos de forma conjunta, apoiados em políticas públicas, em estudos de viabilidade econômica e com um grande envolvimento da sociedade.

A sustentação financeira é muito importante para o equilíbrio e a continuidade por toda a vida útil do sistema implementado no município ou no conjunto de municípios. Os custos para implantação, operação e manutenção, fechamento e pós-monitoramento dessas tecnologias devem ser suportados pelos municípios ou pelo conjunto destes, com participação ativa da sociedade, mediante planos econômicos que apresentem garantias de continuidade da operação do sistema implantado. Além disso, devem ser planejados seguros para esses sistemas, de forma a garantir recursos financeiros imediatos para qualquer intervenção que venha a acontecer em razão de possíveis impactos gerados aos sistemas e aos seus usuários.

Em relação aos aspectos sociais, a escolha da tecnologia de tratamento dos resíduos pode ter um importante significado na geração de emprego e renda em uma determinada região. Esse aspecto é mais relevante em regiões de menor desenvolvimento econômico. De uma forma geral, essa escolha deve aliar desenvolvimento tecnológico, qualidade de serviços prestados aos usuários e melhoria da qualidade de vida. Para isto é necessário a formação



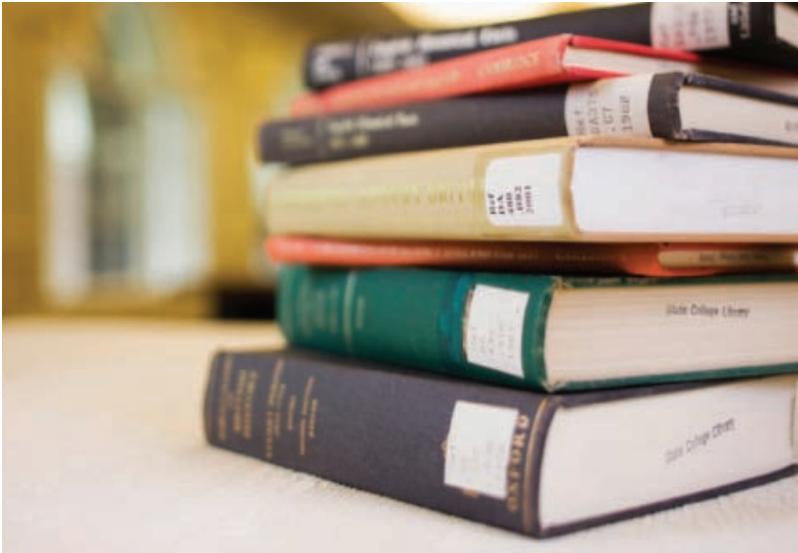
de recursos humanos com capacitação tecnológica adequada ao sistema de tratamento a ser implementado. Neste sentido, deve se considerar que tecnologias mais complexas requerem mão de obra mais qualificada, além de um sistema de controle mais completo.

Também não pode faltar a participação da sociedade através de programas que estabeleçam transparência nos serviços prestados, disponibilizando dados para controle social. Essa interação com a sociedade contribui para a continuidade dos serviços. Para tanto, se torna importante analisar o sistema de gestão, sempre em maior amplitude geográfica, a fim de uma maior compreensão dos diversos fatores que poderão intervir para que a solução do tratamento de resíduos se dê de forma sustentável. Isso evidencia que uma alternativa de solução não pode ser replicada para outra região sem o conhecimento de todos os fatores que poderão afetar essa escolha.

Por fim, no Brasil, os sistemas de gestão de tratamento de resíduos irão avançar para sistemas cada vez mais onerosos, pois a sociedade irá cobrar cada vez mais soluções que priorizem os fatores ambientais, o que certamente irá tornar os custos com os sistemas de gestão de tratamento de resíduos economicamente mais caros, tendo como fator preponderante o pagamento desses custos pela sociedade, com algum subsídio governamental, em alguns casos. Uma constatação real desse fato é o caso da reciclagem, que faz desta tecnologia de tratamento de resíduos uma tendência mundial, exigida pela sociedade e que será cada vez mais utilizado em nível de planejamentos pelos municípios para atendimento à Lei 12.305/2010 e de sua implementação, de cumprimentos de metas, se tornando quase sempre cada vez mais onerosos sua implementação, manutenção e controle. Neste sentido, salienta-se que a recuperação de materiais e de energia geram emprego e renda que na avaliação global podem permitir um bom equilíbrio econômico, aliado aos demais aspectos já mencionados.

Assim, a parceria entre entes federados, a conectividade das políticas públicas nas três esferas de governo e a responsabilidade compartilhada entre poder público e sociedade civil são fatores fundamentais para que se alcance a gestão integrada e associada dos resíduos sólidos, reduzindo-se as assimetrias entre as regiões geográficas do Brasil e conseqüentemente ampliando a prestação de serviços à sociedade, buscando sempre a universalização e o aumento na qualidade de vida.





9

Referências Bibliográficas



ABRELPE (*Associação Brasileira de Empresas de Limpeza Pública e Resíduos Especiais*). Panorama dos Resíduos Sólidos no Brasil 2012. São Paulo, 2013. In : <http://www.abrelpe.org.br>. Acesso em Agosto de 2013

ABRELPE (*Associação Brasileira de Empresas de Limpeza Pública e Resíduos Especiais*). Panorama dos Resíduos Sólidos no Brasil 2011. São Paulo, 2012. In : <http://www.abrelpe.org.br>. Acesso em Agosto de 2012

_____. Panorama dos Resíduos Sólidos no Brasil 2010. São Paulo, 2011.

_____. Panorama dos Resíduos Sólidos no Brasil 2009. São Paulo: ABRELPE, 2010.

ABREU, F. V.; COSTA FILHO, M. A. F. ; SOUZA, M. C. L. . Technical and economical feasibility analysis of energy generation through the biogas from garbage in landfill – an alternative of renewable energy generation. In: 20th International Congress of Mechanical Engineering, 2009, Gramado – RS.

ABREU, F.V. ; COSTA FILHO, M.A.F. ; SOUZA, M.C.L. . Biogás de aterros sanitários para geração de energia renovável e limpa – um estudo de viabilidade técnica e econômica. In: IX Congresso Iberoamericano de Ingeniería Mecánica, 2009, Las Palmas de Gran Canaria.

ANEEL – Agência Nacional de Energia Elétrica. **Atlas da Energia Elétrica do Brasil** – 3.ed. Brasília: ANEEL, 2008.

ARCADIS Tetraplan. PNUD – **Produto 6 – Resumo Executivo: Estudo sobre o Potencial de Geração de Energia a partir de Resíduos de Saneamento (lixo, esgoto), visando incrementar o uso de biogás como fonte alternativa de energia renovável**. São Paulo, 2010.

Bartelings H., P. van Buekering, O. Kuik, V. Linderhof, F. Oosterhuis, 2005, Effectiveness of landfill taxation, report prepared for the Dutch Ministry of Housing, Spatial Planning and the Environment, Institute for Environmental Studies, Vrije Universiteit, Amsterdam. Available at www.ivm.falw.vu.nl/research_output/index.cfm/home_subsection.cfm/subsectionid/FF91BCBD-EA-FE-426A-ABB8184073A39BBF

BARTIK, T. e SMITH, K. , «Urban amenities and public policy», in Mills, E. (Org.), Handbook of Urban Economics. Amsterdam: North-Holland, 1987.

BRABER K. Anaerobic digestion of municipal solid waste: a modern waste disposal option on the verge of breakthrough. **Biomass and Bioenergy**, Cidade,v. 9, n. 1-5,1995. p.365-376.

BARREIRA, L.P.; PHILPPI JUNIOR, A.; RODRIGUES, M.S. Usinas de Compostagem do Estado de São Paulo: Qualidade dos Compostos e Processos de Produção. **Engenharia Sanitária**, Cidade, v. 11:4, 2006. p. 385-393.

BRASIL. Ministério das Cidades. SNIS (2008) Sistema Nacional de Informações de Saneamento. Disponível em <http://www.snis.gov.br/>

BRASIL. Ministério da Agricultura, Pecuária e Abastecimento – MAPA. Secretaria de Defesa Agropecuária. **Instrução Normativa Nº 25**, de 23 de julho de 2009.

BRASIL. **Constituição**(1988). Brasília, DF, 1988.

_____. Ministério da Ciência, Tecnologia e Inovação –MCTI. **Atividades de Projetos MDL Aprovados nos Termos da Resolução Nº1**. Disponível em: <http://www.mct.gov.br/index.php/content/view/57967/57967.html> (acesso em janeiro de 2013).

_____. Ministério das Cidades. Diagnóstico do Manejo de Resíduos Sólidos Urbanos, 2008 –



- Sistema Nacional de Informações sobre o Saneamento. Brasília: MCIDADES.SNSA, 2010.
- _____. Ministério das Cidades. Diagnóstico do Manejo de Resíduos Sólidos Urbanos, 2009 – Sistema Nacional de Informações sobre o Saneamento. Brasília: MCIDADES.SNSA, 2011.
- _____. Ministério das Cidades. Diagnóstico do Manejo de Resíduos Sólidos Urbanos, 2010– Sistema Nacional de Informações sobre o Saneamento. Brasília: MCIDADES.SNSA, 2012.
- _____. Ministério das Cidades. SNIS (2008) Sistema Nacional de Informações de Saneamento. Disponível em <http://www.snis.gov.br/>
- BAHIA (Estado). SEINFRA. **Balanco Energético da Bahia – 2102**. Salvador, 2012.
- BRITO, F.; HORTA, C. J. G.; AMARAL, E. F. de L. A urbanização recente no Brasil e as aglomerações metropolitanas. Associação Brasileira de Estudos Populacionais – Abep. **Anais**. Cidade, 2001. Disponível em: http://www.nre.seed.pr.gov.br/cascavel/arquivos/File/A_urbanizacao_no_brasil.pdf >. Acesso em: 10 jan. 2013.
- CALDERONI, Sabetai. Os bilhões perdidos no lixo. 2ª ed. São Paulo, Humanitas, 1998
- Cambridge Econometrics, EFTEC and WRc, 2003, The disamenity costs of landfill, Department of the Environment and Rural Affairs, HMSO.
- CARVALHO, JOSÉ A.; FERNANDES, FERNANDO. **Estimativas do saldos migratórios e taxas líquidas de migração das unidades da federação e grandes regiões do Brasil**. Cidade: CEDEPLAR, 1994.
- CECJ – CENTRAL ENVIRONMENT COUNCIL OF JAPAN. **Results of the second progress evaluation of the Second Fundamental Plan for Establishing a Sound Material-Cycle Society**. 98p. Japan, 2010.
- CEMPRE – Compromisso Empresarial para Reciclagem. CICLOSOFT 2010. Cidade: 2010. Disponível em: http://www.cempre.org.br/ciclossoft_2010.php Acesso em 1º dez. 2011.
- CEMPRE – Compromisso Empresarial para Reciclagem. CICLOSOFT 2012. Disponível em: http://www.cempre.org.br/ciclossoft_2012.php Acesso em 10 jan. 2013.
- CENBIO/Infoener. Banco de Dados de Biomassa no Brasil. Disponível em: www.infoener.iee.usp.br/cenbio/biomassa.htm Acesso em 3 out. 2011.
- CHERNICHARO C. A. L. **Reatores anaeróbios**. Departamento de Engenharia Sanitária e Ambiental – UFMG. 246 p. (Princípios do tratamento biológico de águas residuárias, 5). Belo Horizonte, 1997.
- COELHO, S. C. N.; DERZI, M. de A. M. A diferença jurídica entre taxa (tributos) e tarifa (preços), seja pública, privada ou política. **Revista Dialética de Direito Tributário**, Cidade, n.194, 2011.
- CONER – CONSELHO ESTADUAL DE ENERGIA. **Matriz energética de Minas Gerais 2007 – 2030**. Belo Horizonte: UFRJ/UNIFEI, 2007. Disponível em: <http://www.conselhos.mg.gov.br/coner/page/publicacoes/matriz-energeticademg>. Acesso em: jan. 2013
- COPELAND, THOMAS; KOLLER, TIM; MURRIN, JACK. **Avaliação de empresas** – valuation: calculando e gerenciando o valor das empresas. São Paulo: Makron Books, 2000.
- CORRÊA NUNES, M. U. Compostagem de Resíduos para Produção de Adubo Orgânico na Pequena Propriedade. **Circular** técnica n.59 – EMBRAPA. Cidade, 2009. Disponível em: http://www.cpatc.embrapa.br/publicacoes_2010/ct_59.pdf
- CRISPIM, J.K. **Considerações sobre Produção de Energia no Brasil. Urussanga-SC**, 2010. Dis-



ponível em: http://www.jecrispim.com/cariboost_files/Considera_C3_A7_C3_B5esProdu_C3_A7_C3_A3oEnergia.pdfAcesso em:

DAMODARAN, A. **Avaliação de investimentos**: ferramentas e técnicas para a determinação do valor de qualquer ativo. Rio de Janeiro:Qualitymark, 2010.

DE BAERE L. State-of-the-art of anaerobic digestion of municipal solid waste. In: **Ninth international waste management and landfill symposium**. Proceedings. CISA p.1-9 Cagliari, Italy. 2003.

Decreto 6.017/2007 – Regulamenta a Lei no 11.107, de 6 de abril de 2005, que dispõe sobre normas gerais de contratação de consórcios públicos, 2007.

Decreto 7.217/2010 – Regulamenta a Lei no 11.445, de 5 de janeiro de 2007, que estabelece diretrizes nacionais para o saneamento básico, e dá outras providências, 2010.

DINIZ, M.B. **Resíduos Sólidos**: uma abordagem da economia ambiental dos métodos de tratamento.1997. Dissertação (Mestrado em Economia). Pós-Graduação em Economia. Universidade Federal do Ceará (UFC), Fortaleza, 1997.

DINIZ, M.B e ARRAES, R.A. Avaliação Econômica da Geração e dos Métodos de Tratamento de Resíduos Sólidos Domiciliares. **Revista Econômica do Nordeste**. Fortaleza, v. 29, n. especial. p. 1065-1086, 1998

EUROSTAT. **Energy Statistics Database**. 2009. Disponível em:<http://epp.eurostat.ec.europa.eu/portal/page/portal/energy/data/database>

EPE- Empresa de Pesquisas Energéticas. Balanço Energético Nacional 2007: Ano base 2006: Resultados. Preliminares. Rio de Janeiro, 2007.

EPE- Empresa de Pesquisas Energéticas. Balanço Energético Nacional 2008: Ano base 2007: Resultados. Preliminares. Rio de Janeiro, 2008.

EPE – Empresa de Pesquisas Energéticas. **Plano Nacional de Energia 2030**. Apresentação Mauricio Tolmasquim, Presidente EPE. Brasília, 2007a.

_____.**Matriz Energética Nacional 2030**. Brasília, 2007b.

_____.**Projeção da demanda de energia elétrica para os próximos 10 anos (2011-2020)**.Nota Técnica DEA 03/11. Brasília, 2011.

EUNOMIA. **Economic Analysis of Options for Managing Biodegradable Municipal Waste** . Cidade:Final Report, 2009.

FEAM –Fundação Estadual de Meio Ambiente. **Aproveitamento energético de resíduos sólidos urbanos**: guia de orientações para governos municipais.Belo Horizonte,2012.

FEPAM, ENGEBIO, ENVIROCONSULT – Fundação Estadual de Proteção Ambiental Henrique Luis Roessler. **Plano Ar, Clima e Energia**. Porto Alegre, 2011.

FERNANDES, F.; ANDREOLI, C. **Manual prático para a compostagem debioossólidos**. Associação Brasileira de Engenharia Sanitária e Ambiental (ABES). Programa de Saneamento Básico. Rio de Janeiro, 1999.

FIUZA, J. M; FONTES, M. T; CRUZ, C. S. Nova tendência de disposição final de resíduos sólidos no Estado da Bahia: Aterro Sanitário Simplificado. In: **Simposio Italo Brasileiro de Engenharia Sanitária Ambiental**. Vitória, 2002.



FUNDAÇÃO ESTADUAL DO MEIO AMBIENTE. **Situação do tratamento/disposição final dos RSU de Minas Gerais em 2011.** Belo Horizonte: 2011. Disponível em: <www.feam.br>. Acesso em: 20 jun. 2012.

Gestão da Limpeza Urbana - Um investimento para o futuro das cidades, PWC. XIV SINAOP. 2011

GOMES, F.A.R Evolução do consumo no Brasil: da teoria à evidência empírica. **Revista Economia & Tecnologia.** Cidade, ano 7, v. 26,jul./set. 2011.

GRIPP, W. G. **Gerenciamento de resíduos sólidos municipais e os sistemas complexos:** a busca de sustentabilidade e a proposta de cobrança da coleta em Santo André, SP. 2004. Tese (Doutorado em Ciências da Engenharia). Escola de Engenharia de São Carlos. Universidade de São Paulo – USP. São Carlos/SP, 2004.

GROSSI, M.G. **Avaliação da qualidade dos produtos obtidos de usinas de compostagem brasileiras de lixo doméstico através de determinação de metais pesados e substâncias orgânicas tóxicas.** 1993. Tese (Doutorado em Química). Instituto de Química da Universidade de São Paulo. São Paulo, 1993.

GRUPO DE RESÍDUOS SÓLIDOS DA UNIVERSIDADE FEDERAL DE PERNAMBUCO (GRS/UFPE). **Relatório de Pesquisa:** Análise das Diversas Tecnologias de Tratamento e Disposição Final de Resíduos Sólidos no Brasil, Europa, Estados Unidos e Japão. PRODUTO 4: Relatório final do perfil institucional, quadro legal e políticas públicas relacionados a resíduos sólidos urbanos no Exterior e no Brasil. Agosto, 2012.

GRUPO DE RESÍDUOS SÓLIDOS DA UNIVERSIDADE FEDERAL DE PERNAMBUCO (GRS/UFPE). **Relatório de Pesquisa:** Análise das Diversas Tecnologias de Tratamento e Disposição Final de Resíduos Sólidos no Brasil, Europa, Estados Unidos e Japão. PRODUTO 7: Relatório final sobre as principais rotas tecnológicas de destinação de resíduos sólidos urbanos no Exterior e no Brasil. Setembro, 2013

GRUPO DE RESÍDUOS SÓLIDOS DA UNIVERSIDADE FEDERAL DE PERNAMBUCO (GRS/UFPE). **Relatório de Pesquisa:** Análise das Diversas Tecnologias de Tratamento e Disposição Final de Resíduos Sólidos no Brasil, Europa, Estados Unidos e Japão. PRODUTO 10: Relatório final de avaliação técnica, econômica e ambiental das técnicas de tratamento e destinação final dos resíduos. Novembro, 2013

G1. ONU ainda acredita no mercado de carbono mesmo com queda no preço. Reportagem publicada em 19/07/2012. Disponível em: <http://g1.globo.com/natureza/noticia/2012/07/onu-ainda-acredita-no-mercado-de-carbono-mesmo-com-queda-no-preco.html> (acesso em janeiro de 2013).

HENRIQUES, R. M. **Aproveitamento Energético de Resíduos Sólidos Urbanos:**uma abordagem tecnológica. COPPE/UFRJ. Rio de Janeiro, 2004.

IÁCONO, M.A. **Usinas de Triagem e Compostagem Financiadas pela FUNASA no Estado do Rio de Janeiro:** uma análise crítica. 2007. Dissertação (Mestrado em Engenharia). Faculdade de Engenharia da Universidade do Estado do Rio de Janeiro. Rio de Janeiro, 2007.

IBAM. Instituto Brasileiro de Administração Municipal. **Manual Integrado de Gerenciamento de Resíduos Sólidos.** 200 p. Rio de Janeiro, 2001.

IBGE. Indicadores de Desenvolvimento Sustentável: Brasil 2010. Brasília, 2010. Disponível em: <<http://www.ibge.gov.br/home/>>. Acesso em: out. 2011.



- _____. Atlas de Saneamento. Rio de Janeiro: IBGE, 2011.
- _____. Sinopse do Censo Demográfico 2010. Rio de Janeiro: IBGE, 2011.
- _____. Censo Demográfico 2010. Rio de Janeiro: IBGE, 2011a.
- _____. Pesquisa Nacional de Saneamento Básico 2008. Rio de Janeiro: IBGE, 2010.
- _____. **Lavoura Permanente**, 2011.
- _____. Lavoura Temporária, 2011.
- IBGE – Instituto Brasileiro de Geografia e Estatística. Pesquisa Nacional de Saneamento Básico; 2008. Rio de Janeiro.
- IPT - INSTITUTO DE PESQUISA TECNOLÓGICA. Manual de Gerenciamento Integrado. Lixo Municipal: 2. ed. São Paulo: 2000. p. 29.
- JUCÁ, José Fernando Thomé. Destinação final de resíduos sólidos no Brasil: situação atual e perspectivas. In: SIMPÓSIO LUSO-BRASILEIRO DE ENGENHARIA SANITÁRIA E AMBIENTAL, 10., 2002, Braga, Portugal. Anais... Portugal: Associação Portuguesa para Estudos de Saneamento Básico, 2002. Disponível em: <www.bvsde.paho.org/bvsars/fulltext/destina10.pdf>. Acesso em: 12. abr. 2008.
- JUCÁ, José Fernando Thomé. **Destino Final de los Residuos Sólidos en Brasil: Situación Actual e Perspectivas**. Revista Residuos, v.72, p.58 - 66, 2003.
- JUCÁ, José Fernando Thomé. **Disposição final dos resíduos sólidos urbanos no Brasil**. 5º. Congresso Brasileiro de Geotecnia Ambiental, 2003. Porto Alegre. Rio Grande do Sul.
- JUCÁ, José Fernando Thomé. **Alternativas Tecnológicas para Tratamento dos Resíduos Sólidos Urbanos no Brasil**. Palestra ministrada na Rio+20 - Conferência das Nações Unidas. Rio de Janeiro, 2012.
- Lei 12.305/2010 – **Institui a Política Nacional de Resíduos Sólidos**; altera a Lei no 9.605, de 12 de fevereiro de 1998; e dá outras providências, 2010.
- Lei 11.107/2005 -. **Dispõe sobre normas gerais de contratação de consórcios públicos e dá outras providências**, 2005.
- Lei 11.445/2010 – **Estabelece diretrizes nacionais para o saneamento básico**; altera as Leis nos 6.766, de 19 de dezembro de 1979, 8.036, de 11 de maio de 1990, 8.666, de 21 de junho de 1993, 8.987, de 13 de fevereiro de 1995; revoga a Lei no 6.528, de 11 de maio de 1978; e dá outras providências, 2010.
- LIMA, J.D. **Sistemas Integrados de destinação final**. João Pessoa, 2005.
- McClelland, G., W. Schulze, and B. Hurd. "The Effect of Risk Beliefs on Property Values: A Case Study of a Hazardous Waste Site." Risk Analysis, 1990.
- MEIRELLES, Hely Lopes. **Direito Administrativo Brasileiro**. 34. ed. São Paulo: Malheiros, 2008.
- MENDES, C.A.P.; Ayuso, J.G. **Insumos Orgânicos**: contribuição para a indústria de fertilizantes. AgroAnalysis (FGV), outubro (Mercado & Negócios).2009
- MESQUITA JÚNIOR, J.M. **Análise Crítica dos Programas de Gerenciamento de Resíduos Sólidos Urbanos Empregados no Estado do Rio de Janeiro e Indicação da Aplicabilidade do Modelo de Gestão Integrada para os Municípios do Estado**.2004. Dissertação (Mestrado em Engenharia).



- Faculdade de Engenharia da Universidade do Estado do Rio de Janeiro. Rio de Janeiro, 2004.
- MIZUTANI, Y. **Waste biomass utilisation in Japan. Presentation. Regional Workshop on Waste Agricultural Biomass**, held on 4 March 2010 at UNEP/IETC & GEC, Osaka, Japan, 2010.
- MOEJ. Heisei 22 nen-do ban Nihon no Haikibutsu Shori no Genjyou [FY 2010 Current situation of waste management of Japan]. Tokyo: MOEJ, 2012. (Japanese).
- MOEJ. **Establishing a sound material-cycle society: Milestone toward a sound material-cycle society through changes in business and life styles**. MOEJ Annual Report. 82P. 2011.
- MOTTA, R. S da. **Indicadores Ambientais no Brasil: aspectos ecológicos, de eficiência e distributivos**. IPEA/DIPES. Rio de Janeiro, 1996.
- MÜLLER, Fernanda. Mercados de carbono movimentam US\$ 176 bi em 2011. **Instituto Carbono Brasil de Desenvolvimento Científico e Tecnológico**. Florianópolis, 1º jun 2012. Disponível em: http://www.institutocarbonobrasil.org.br/reportagens_carbonobrasil/noticia=730684 Acesso em jan. 2013.
- NÓBREGA, C.C. **Estudo e avaliação de um método híbrido de aeração forçada para compostagem em leiras**. 1991. Dissertação (Mestrado em Engenharia Sanitária e Recursos Hídricos) Universidade Federal da Paraíba. Campina Grande, 1991.
- RELATÓRIO SÍNTESE. Plano Estadual de Gestão Integrada de Resíduos Sólidos. Pós-Graduação em Engenharia Civil da UFPB. 115p. PEGIRS. PEGIRS/RN-SEMARH.Natal/RN, 2012.
- PENMAN, Ivy & STOCK, James R. Environmental issues in logistics. In: Contemporary issues in logistics, 1995.
- PPIAF. ANNUAL REPORT. 2011 http://www.ppiaf.org/sites/ppiaf.org/files/publication/PPIAF_Annual_Report_2011_Final.pdf
- PRATES, C. T., PIEROBON, E.C., COSTA, R. C, E FIGUEIREDO, V.S. **Evolução da Oferta e da Demanda de Gás Natural no Brasil**.BNDES Setorial, Rio de Janeiro, n. 24, p. 35-68, set. 2006. Disponível em: http://www.bndes.gov.br/SiteBNDES/export/sites/default/bndes_pt/Galerias/Arquivos/conhecimento/bnset/set2402.pdf.
- Programa das Nações Unidas para o Desenvolvimento – PNUD 3 Ministério do Meio Ambiente – MMA. **Estudo sobre o Potencial de Geração de Energia a partir de Resíduos de Saneamento (lixo, esgoto), visando incrementar o uso de biogás como fonte alternativa de energia renovável**. São Paulo, 2010.
- REICHERT, G. A. Aplicação da Digestão Anaeróbia de Resíduos Sólidos Urbanos: uma revisão. In:Congresso brasileiro de engenharia sanitária e ambiental, 23. **Anais**. ABES: Campo Grande, 2005.
- RECIFE. Região Metropolitana de Recife – RMR. Secretaria das Cidades. **Plano Metropolitano de Resíduos Sólidos**.PMRS: Região Metropolitana de Recife. Recife, 2011.
- Resolução SMA n.º 81/1998 - Dispõe sobre o licenciamento ambiental de intervenções destinadas à conservação e melhorias de rodovias e sobre o atendimento de emergências decorrentes do transporte de produtos perigosos em rodovias, 1998.
- RUBERG, C. **A destinação dos resíduos sólidos domiciliares em megacidades: o caso de**



São Paulo. 2005. Tese (Doutorado em Arquitetura e Urbanismo). Faculdade de Arquitetura e Urbanismo da Universidade de São Paulo. São Paulo, 2005.

SANTOS, Paulo E. Steele. **Tarifas de Distribuição**: revisão e aprimoramento de processos. Disponível em: http://www.aneel.gov.br/arquivos/PDF/Paulo%20Steele_Jun09_AneelSeminar.ppt.pdf

SARAIVA, A; SILVA, F. Apresentação – Panorama Atual do Licenciamento sobre a Destinação Final de Resíduos Sólidos Urbanos e da Construção Civil – IEMA – Instituto Estadual do Meio Ambiente e Recursos Hídricos – ES. Vitória, 2008.

SAYAGO, D. E.; OLIVEIRA, J. M. D.; SERÔA DA MOTTA, R. Resíduos sólidos: instrumentos econômicos ambientais. Brasília: SEPURB/MPO, 1998. 148 p. (Série Modernização do Setor de Saneamento, v. 15). Disponível em: <<http://www.cidades.gov.br/secretarias-nacionais/saneamentoambiental/biblioteca/resolveuid/6f85fbde2d382d811f56a46bff7a4bae>>.

SCHALCH, V. Estratégias para a gestão e o gerenciamento de resíduos sólidos. 149 f. Livre docência. São Carlos: Escola de Engenharia de São Carlos, Universidade de São Paulo. 2002.

SCHALCH, V. et al. **Gestão e Gerenciamento de Resíduos Sólidos**. Escola de Engenharia de São Carlos – Universidade de São Paulo. São Carlos, 2002.

RIO GRANDE DO SUL (Estado). Secretaria Estadual de Planejamento, Gestão e Participação Cidadã – SEPLAG. **Atlas Socioeconômico do Rio Grande do Sul**. Disponível em <http://www.scp.rs.gov.br/atlas/atlas.asp?menu=26>. Acesso em 24/11/2011.

SERVIÇO DE LIMPEZA URBANA DO DISTRITO FEDERAL – SLU/DF. **Relatório técnico e operacional das Usinas de Tratamento de Lixo do Distrito Federal**. Brasília, 2011.

SERVIÇO DE LIMPEZA URBANA DO DISTRITO FEDERAL – SLU/DF. Disponível em <www.slu.df.gov.br>. Acesso em: 16 jul. 2012.

SANTOS, Paulo E. Steele. **Tarifas de Distribuição**: revisão e aprimoramento de processos. Disponível em: http://www.aneel.gov.br/arquivos/PDF/Paulo%20Steele_Jun09_AneelSeminar.ppt.pdf Acesso em

TETRAPAK. Rota da reciclagem. Disponível em: <<http://www.rotadareciclagem.com.br/index.html>>. Acesso em: 10 jul. 2012.

TOLMASQUIM, M. T. (Org.). Fontes renováveis de energia no Brasil. Rio de Janeiro: Interciência, 2003.

VANDEVIVIERE, P.; DE BAERE, L.; VERSTRAETE, W. Types of anaerobic digester for solid wastes. In. **J. Mata-Alvarez (Ed), Biomethanization of the organic fraction of municipal solid wastes** . IWA Publishing, p. 111-137. London. 2002.

VERMA, S. Anaerobic Digestion Of Biodegradable Organics. In: **Municipal Solid Wastes**. Department of Earth & Environmental Engineering (Henry Krumb School of Mines) Fu Foundation School of Engineering & Applied Science Columbia University. 2002.

VERSTRAETE. Environmental biotechnology for sustainability. *J. Biotechnology* 94, 93-100. 2002.

YAMAGUTI, A. Biomassa: fonte de energia ou fertilizante? *AgroAnlysis (FGV)*, setembro (Discussões sobre questões estratégicas do setor), 2011.



10

Anexos



ANEXO I

Análise da Legislação Brasileira

Quadro – Análise da legislação brasileira

	ARRANJOS INSTITUCIONAIS	MODELOS DE GESTÃO	SISTEMA DE INCENTIVOS
Lei 12.305/2010 – Política Nacional de Resíduos Sólidos	<ul style="list-style-type: none"> ● Estabelece a criação dos Planos Nacional, Estaduais e Municipais de resíduos sólidos. (Art. 15, 16 e 18) ● Integra a Política Nacional do Meio Ambiente e articula-se com a Política Nacional de Educação Ambiental, com a Política Federal de Saneamento Básico, e com a Lei dos Consórcios. (Art. 5o) ● A União, os Estados, o Distrito Federal e os Municípios devem organizar e manter, de forma conjunta, o Sistema Nacional de Informações sobre a Gestão dos Resíduos Sólidos (Sinir), articulado com o Sinisa e o Sinima, como forma de avaliação das metas no Plano. (Art. 12o) ● Acordo setorial: firmado entre o poder público e fabricantes, importadores, distribuidores ou comerciantes, com abrangência nacional, regional, estadual ou municipal. (Art. 34o) 	<ul style="list-style-type: none"> ● Prioriza a não geração, redução, reutilização, reciclagem, tratamento dos resíduos sólidos e disposição final ambientalmente adequada dos rejeitos. (Art. 9º) 	<ul style="list-style-type: none"> ● Constitui incentivos fiscais, financeiros e creditícios. <p>Estabelece prioridade nas aquisições e contratações governamentais para produtos reciclados e recicláveis, e para bens, serviços e obras. (Art. 7º, XI).</p> <ul style="list-style-type: none"> ● Incentivos para os estados e municípios elaborarem seus planos como condição para obtenção de recursos financeiros federais. (Art. 16 e 18) <p>Prioridade para Municípios que forem consorciados e que tenham adotado a coleta seletiva. (Art. 18)</p> <ul style="list-style-type: none"> ● Estabelece que o poder público municipal pode instituir incentivos econômicos aos consumidores que participam do sistema de coleta seletiva, na forma de lei municipal. (Art. 35) ● Incentivo à criação e ao desenvolvimento de cooperativas ou de outras formas de associação de catadores de materiais reutilizáveis e recicláveis. (Art. 8, inciso IV)
LEI 11.107/2005 – POLÍTICA DE CONSÓRCIOS	<ul style="list-style-type: none"> ● A União somente poderá participar de consórcios de que façam parte os estados de todos os municípios consorciados. (Art. 1º, parágrafo 2º) 	<ul style="list-style-type: none"> ● Estabelece parâmetros de gestão. (Art. 4º, inciso V a VIII e X) ● Estabelece a determinação 	<ul style="list-style-type: none"> ● Estabelece a nulidade das contribuições compulsórias. (Art. 4º, parágrafo 3º) ● Estabelece a necessidade



ANEXO I (continuação)

Análise da Legislação Brasileira

Quadro – Análise da legislação brasileira

<p>LEI 11.107/2005 – POLÍTICA DE CONSÓRCIOS</p>	<ul style="list-style-type: none"> ● Transferência de competências. (Art. 4º, inciso XI, alínea a) 	<p>prévia de condições contratuais de prestação de serviços. (Art. 4º, inciso XI, alínea d)</p> <ul style="list-style-type: none"> ● Estabelece a prescrição de critérios técnicos para a cobrança de tarifas. (Art. 4º, inciso XI, alínea e) 	<p>de dotação orçamentária específica, sob pena de exclusão do consórcio. (Artigo 8º, parágrafo 5º)</p>
--	---	--	---

ANEXO II

Comparativo dos decretos que regulamentam as legislações brasileiras

	ARRANJOS INSTITUCIONAIS	MODELOS DE GESTÃO	SISTEMA DE INCENTIVOS
<p>Decreto Nº 7.404/2010 – Regula- menta a Lei Nº 12.305 (PNRS).</p>	<ul style="list-style-type: none"> ● Sistema de coleta seletiva será implantado pelo titular do serviço público de limpeza urbana e manejo de resíduos sólidos. (Art.9º) ● Para o funcionamento da logística reversa: <ul style="list-style-type: none"> – Acordos setoriais (natureza contratual): entre Poder Público, fabricantes, importadores, distribuidores, comerciantes. (Art.19º) – Regulamentos veiculados por decreto editado pelo Poder Executivo. (Art. 30º) 	<ul style="list-style-type: none"> ● Comitê Interministerial da Política Nacional de Resíduos Sólidos, coordenado pelo MMA. (Art. 3º) ● Comitê Orientador para Implantação de Sistemas de Logística Reversa (Art. 33º) ● Observar a seguinte ordem de prioridade: não geração, redução, reutilização, reciclagem, tratamento dos resíduos sólidos e disposição final ambientalmente adequada dos rejeitos. (Art. 35º) 	<ul style="list-style-type: none"> ● Poderão ser adotados procedimentos de compra de produtos ou embalagens usadas, e instituídos postos de entrega de resíduos reutilizáveis e recicláveis, devendo ser priorizada, especialmente no caso de embalagens pós-consumo, a participação de cooperativas ou outras formas de associações de catadores de materiais recicláveis ou reutilizáveis. ● Possibilidade de contratação de entidades, cooperativas ou outras formas de associação de catadores de materiais recicláveis ou reutilizáveis.



Decreto nº 6.017/ 2007 – Regulamenta a Lei Nº 11.107 (lei de Consórcios)

- Os consórcios públicos poderão ter um ou mais objetivos e os entes consorciados poderão se consorciar em relação a todos ou apenas a parcela deles. (Art. 3º, parágrafo 1º)
- A personalidade jurídica do consórcio poderá ser tanto de direito público quanto de direito privado. (Art. 7º)
- Estabelece o contrato de rateio para o aporte de recursos no consórcio. (Artigo 13)
- Estabelece a contratação do consórcio por entes consorciados na modalidade de dispensa de licitação.
- Estabelece o contrato de programa como uma de suas modalidades.
- Estabelece como improbitade administrativa a entrada no contrato de rateio sem recursos orçamentários dotados. (Art. 13)
- Estabelece a preferência na transferência de recursos da União para consórcios públicos. (Art. 37º)
- Estabelece que a União só celebrará convênios, a partir de 2008, através de associações públicas. (Art. 39)

Decreto 7.217/2010 – Regulamenta Lei nº 11.445 (Saneamento Público)

- O processo de planejamento do saneamento básico envolve:
 - (i) o plano de saneamento básico, elaborado pelo titular;
 - (ii) o Plano Nacional de Saneamento Básico (PNSB), elaborado pela União;
 - (iii) os planos regionais de saneamento básico elaborados pela União, sob a coordenação do Ministério das Cidades. (art. 24)
- O planejamento dos serviços públicos de saneamento básico atenderá ao princípio da solidariedade entre os entes da Federação, podendo desenvolver-se mediante cooperação federativa.
- A Política Federal de Saneamento Básico será promovida por órgãos e entidades federais, isoladamente ou em cooperação com outros entes da Federação. (Art. 53)
- A prestação de serviços públicos de saneamento básico deverá ser realizada com base no uso sustentável dos recursos hídricos. (Art. 18)
- A prestação de serviços públicos de saneamento abrangirá, no mínimo: diagnóstico da situação e de seus impactos nas condições de vida; metas de curto, médio e longo prazos, admitidas soluções graduais e progressivas e observada a compatibilidade com os demais planos setoriais; programas, projetos e ações necessários para atingir os objetivos e as metas, de modo compatível com os respectivos planos plurianuais e com outros planos governamentais correlatos; ações para situações de emergências e contingências; e mecanismos e procedimentos para avaliação sistemática da eficiência e eficácia das ações programadas. (Art. 25)
- A consolidação e compatibilização dos planos específicos deverão ser efetuadas pelo titular, inclusive por meio de consórcio público do qual participe. (Art. 25)
- Estabelece as fases do PNSB. (Art. 58)
- Admite a regulação. (Art. 27)
- Admite controle social. (Art. 34)
- Determina que o titular do serviço poderá, por indicação da entidade reguladora, intervir e retomar a prestação dos serviços delegados nas hipóteses previstas nas normas legais, regulamentares ou contratuais. (Art. 23)



ANEXO III

Principais atores envolvidos na gestão de RSU - Região Norte

ATORES				
	ACRE	AMAPÁ	AMAZONAS	PARÁ
Primeiro Setor (Público)	Prefeituras e Governo do Estado	Prefeituras e Governo do Estado	Prefeituras e Governo do Estado	Governos municipais. O estadual está preparando o Plano estadual e não possui estrutura de gestão para os resíduos
Segundo Setor (Privado)	Empresa de coleta e transporte de resíduos e de operação do aterro sanitário de Rio Branco (Tucano), além de coleta de RSS e RCD.	Empresas de coleta e transporte de resíduos e de operação do aterro sanitário de Macapá e Santana, além de várias outras de coleta de RCD.	Empresa de coleta e transporte de resíduos e de operação do aterro sanitário de Manaus (Tumpex e Marquise), além de várias outras na coleta de RSS e RCD.	Em Belém, atuam 3 empresas na coleta e transporte. Nas cidades médias que possuem fontes próprias (geralmente ligadas aos royalties da mineração ou produção energética), também é comum a terceirização. Em municípios menores, existe a prática da contratação de veículos particulares por diária ou mensal.
Terceiro Setor	Associação dos Catadores de Rio Branco (Catar). WWF junto a FBB e Prefeitura Municipal de Rio Branco no Programa "Água Brasil".	Associação dos Catadores de Macapá.	Fórum Lixo e Cidadania de Manaus, Comitê do Movimento dos Catadores Cáritas e diversas cooperativas e associações de catadores.	Em Belém, a ONG "No Olhar" é voltada exclusivamente para a questão dos resíduos.



ANEXO IV

Perfil institucional da gestão de RSU - Região Norte

PERFIL INSTITUCIONAL – ADMINISTRAÇÃO			
ESTADO	Administração Direta (% de municípios)	Autarquias (% de municípios)	Sociedades de economia Mista (% de municípios)
ACRE	100	—	—
AMAPÁ	100	—	—
AMAZONAS	100	—	—
PARÁ	100	—	—

176

ANEXO V

Aspectos financeiros da gestão de RSU - Região Norte

ASPECTOS FINANCEIROS DA GESTÃO DE RSU				
ESTADO	Municípios que cobram pela prestação de serviços de manejo de RSU (%)	Principal forma de cobrança ¹ de taxa	Municípios com rela- ção deficitária entre arrecadação e despesas (%)	Municípios que receberam verba federal em 2009 (%)
ACRE	Apenas a Capital – Rio Branco	Taxa de Lixo junto com o IPTU	100	—
AMAPÁ	Macapá e Santana	Taxa de Lixo junto com o IPTU	100	—
AMAZONAS			100	—
PARÁ	Municípios sedes das 12 regiões do Estado	Taxa de Lixo junto com o IPTU	100	—



ANEXO VI

Principais atores envolvidos na gestão de RSU - Região Nordeste

ATORES					
SETORES	BAHIA	CEARÁ	PARAÍBA	PERNAMBUCO	RIO GRANDE DO NORTE
Primeiro Setor (Público)	Municípios, MP/BA, INEMA, FUNASA, CODEVASF, SEDUR, CONDER, LIMPURB	Municípios, MP/CE, CONPAM, SEMACE, FUNASA, ARCE, ACFOR, EMLURB	Municípios, MP/PB, SUDEMA, FUNASA, EMLUR, IBAMA, CAIXA.	Municípios, MP/PE, SEMA, CPRH, FUNASA, ARPE, EMLURB, PROMATA, COMSUL	Municípios, MP/RN, SEMARH, FUNASA, IDEMA, URBANA, ARSBAN, COVISA-NATAL, SESUTRA, SEDETEMA.
Segundo Setor (Privado)	Battre, Vega Engenharia Ambiental, Consórcio Salvador Limpa e Consórcio Itapuã Stericycle, Serlimp.	Ecofor Ambiental, Marquise, Braslimp, Wf e Transagua.	Rumus Engenharia, Atrevida, Via Limpa, Disk Caçamba, Papa Entulho, Marquise, Limpfort, Stericycle Trash, Ecosolo – Gestão Ambiental de Resíduos Ltda.	CTR Candeias, CTR PE, Vital Engenharia Ambiental, Qualix, Via Limpa, Cael, Serquip.	Braseco, Marquise, Lider, Vital Engenharia, Locar, Sanepav, Stericycle, Lunck, Disk Entulhos, Anip.
Terceiro Setor	ABES/BA, Cooperativas e Associações de Catadores (COOPERCICLA, COOPERBRAVA, COOPBARIRI, OGUNJÁ, etc.).	ASCAJAN, COCACE, COOPER-SERV,	ABES/PB, Cooperativas e Associações de Catadores (ASTRAMARE, ASMARE, ACORDO VERDE, CATAMAIS, COTRAMARE, etc.).	Cooperativas e Associação de Catadores (ARM, ARO, RECICLE, COOPAGRES, PRORECIFE).	ABES/RN, Cooperativas de Catadores (COOCAMAR, COOPCICLA, ASCAMAREM e ACREVI).



ANEXO VII

Principais atores envolvidos na gestão de RSU - Região Centro-Oeste

ATORES				
SETORES	DISTRITO FEDERAL	GOIÁS	MATO GROSSO DO SUL	MATO GROSSO
Primeiro Setor (Público)	SLU, SEMARH/DF, ADASA, CAESB, AGEFIS, CASA CIVIL.	Prefeitura municipal, MP/GO, SEMARH, SECIDADES, AGR, AGDR, AGM, FUNASA.	Prefeitura municipal, MP/MS, SEMAC, IMASUL.	Prefeitura municipal, MP/MT, SEMA, AMM, SECID.
Segundo Setor (Privado)	DELTA, VALOR AMBIENTAL.	DELTA, QUEBEC, GC Ambiental.	FINANCIAL, OCA, PODIUM, SOLURB.	SANORTE, CGR.
Terceiro Setor	ABES/DF, IBRAM.	ABES/GO, AGM, CREA/GO, CLUBE DE ENGENHARIA, MNCR-GO, ANAMA.	ABES/MS.	ABES/MT, CREA/MT, AES/MT.

178

ANEXO VIII

Principais atores envolvidos na gestão de RSU - Sudeste

ATORES				
SETORES	ESPÍRITO SANTO	MINAS GERAIS	RIO DE JANEIRO	SÃO PAULO
Primeiro Setor (Público)	Municípios, MP/ES, SEAMA, IEMA, BNDES, SEBRAE/ES, Caixa Econômica Federal, Universidades e outros.	Municípios, MP/MG, SEMAD, FEAM, BNDES, SEBRAES/MG, Caixa Econômica Federal, Consórcios, Universidades e outros.	Municípios, MP/RJ, SEA, INEA, BNDES, SEBRAE/RJ, Caixa Econômica Federal, Universidades, e outros.	Municípios, MP/SP, SMA, CETESB, IPT, BNDES, SEBRAE/SP, Caixa Econômica Federal, Universidades e outros.
Segundo Setor (Privado)	Vital Engenharia Ambiental Ltda, Marca Ambiental, Tecnosol, Ambitec Gestão de Resíduos, e outras.	Vega Engenharia Ambiental S.A., Vital Engenharia Ambiental Ltda, Limpebras, Essencis, e outras.	Foxx Soluções Ambientais, Vega Engenharia Ambiental S.A., Vital Engenharia Ambiental Ltda, Estre, Marca Ambiental, e outras.	Construtora Marquise, Foxx Soluções Ambientais, Vega Engenharia Ambiental S.A., Vital Engenharia Ambiental Ltda, Estre, Cavo Serviços e Manutenção, Geo Vision, Tecnosol, Ambitec Gestão de Resíduos, e outras.
Terceiro Setor	ABES/ES, Cooperativas e Associações de catadores, ONGs e outros.	ABES/MG, Cooperativas e Associações de catadores, ONGs e outras.	ABES/RJ, Cooperativas e Associações de catadores, ONGs e outras.	ABES/SP, Cooperativas e Associações de catadores, ONGs e outras.



ANEXO IX

Perfil institucional da gestão de RSU - Região Sudeste

PERFIL INSTITUCIONAL E FINANCEIRO – ADMINISTRAÇÃO			
ESTADO	Administração Direta (% de municípios)	Autarquias (% de municípios)	Sociedades de economia Mista (% de municípios)
ESPÍRITO SANTO	92%	5%	3%
MINAS GERAIS	95%	3%	2%
RIO DE JANEIRO	83%	4%	13%
SÃO PAULO	94%	3%	3%

ANEXO X

Aspectos financeiros da gestão de RSU - Região Sudeste

179

ASPECTOS FINANCEIROS DA GESTÃO DE RSU				
ESTADO	Municípios que cobram pela prestação de serviços de manejo de RSU (%)	Principal forma de cobrança de taxa	Municípios com rela- ção deficitária entre arrecadação e despesas (%)	Municípios que receberam verba federal em 2009 (%)
ESPÍRITO SANTO	70%	Taxa no IPTU (92% dos municípios).	100%	9%
MINAS GERAIS	47%	Taxa no IPTU (94% dos municípios).	97%	4%
RIO DE JANEIRO	66%	Taxa no IPTU (97% dos municípios).	91%	2%
SÃO PAULO	54%	Taxa no IPTU (92% dos municípios).	92%	6%

OBS. Informações e percentuais relativos aos municípios que responderam a essas questões no diagnóstico do SNIS (2010).



ANEXO XI

Principais atores envolvidos na gestão de RSU - Região Sul

ATORES			
SETORES	PARANÁ	SANTA CATARINA	RIO GRANDE DE SUL
Primeiro Setor (Público)	Municípios, MP/PR, SEMA, CRES, IAP, ITCG, Inst. das Águas do Paraná.	Municípios, MP/SC, SDS, FATMA, ARIS, AGESAN.	Municípios, MP/RS, UFRGS, FURG, PUCRS, UCS, UPF, SEMA, FEPAM, CONSEMA, SEHADUR, SEPLAG, METROPLAN, Comitês de Bacias Hidrográficas, FUNASA, SEHADUR, CONESAN, Caixa Econômica Federal, AGERGS.
Segundo Setor (Privado)	CAVO, ESTRE, TRANSRESÍDUOS, TRANSPORTEC, ECOPAVE, ENGELÉTRICA, ESSENCIS, HMS, SANETRAN.	PROACTIVA, TUCANO, SERRANA, BLUMETERRA, SELUMA, RECYCLE.	SIL, VEGA, NOVA ERA, CONESUL, QUALIX-SUSTENTARE, REVITA.
Terceiro Setor	ABES/PR, AMP, Cooperativas e Associações de catadores.	FECAM, ICOM, ABES-SC, Cooperativas de catadores.	FAMURS, AGCONP, ABES-RS, Cooperativas de catadores.

ANEXO XII

Perfil institucional da gestão de RSU - Região Sul

PERFIL INSTITUCIONAL – ADMINISTRAÇÃO			
ESTADO	Administração Direta (% de municípios)	Autarquias (% de municípios)	Sociedades de economia Mista (% de municípios)
PARANÁ	100 % (SEMA, 2011)	0 % (SEMA, 2011)	0 % (SEMA, 2011)
SANTA CATARINA	97 % (SNIS, 2011)	3 % (SNIS, 2009)	1 % (SNIS, 2009)
RIO GRANDE DO SUL	99,2 % (SNIS, 2009)	0,8 % (SNIS, 2009)	Não há dados oficiais, porém sabe-se da existência, como a CODECA (Caxias do Sul)



ANEXO XII

Perfil institucional da gestão de RSU - Região Sul
(continuação)

PERFIL INSTITUCIONAL – EXECUÇÃO			
ESTADO	Prefeitura + outras entidades	Prefeitura	Outras entidades
PARANÁ	72% (PNSB, 2008)	17% (PNSB, 2008)	11% (PNSB, 2008)
SANTA CATARINA	68% (IBGE, 2010)	12% (IBGE, 2010)	20% (IBGE, 2010)
RIO GRANDE DO SUL	79% (PNSB, 2008)	8% (PNSB, 2008)	13% (PNSB, 2008)

ANEXO XIII

Aspectos financeiros da gestão de RSU - Região Sul

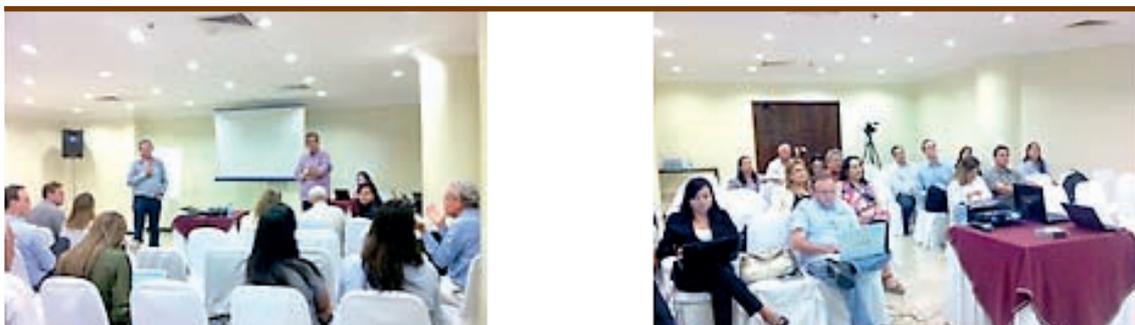
181

ASPECTOS FINANCEIROS DA GESTÃO DE RSU				
ESTADO	Municípios que cobram pela prestação de serviços de manejo de RSU (%)	Principal forma de cobrança de taxa	Municípios com relação deficitária entre arrecadação e despesas (%)	Municípios que receberam verba federal em 2009 (%)
PARANÁ	82 % (SEMA, 2011)	Através do IPTU	95 % (SEMA, 2011)	3,0 % (SNIS, 2009)
SANTA CATARINA	78,3 % (SNIS, 2009)	Através do IPTU (87 % dos municípios)	99 % (SNIS, 2009)	3,7 % (SNIS, 2009)
RIO GRANDE DO SUL	71,2 % (SNIS, 2009)	Através do IPTU (94,6 % dos municípios)	94,3 % (SNIS, 2009)	2,3 % (SNIS, 2009)



Seminários

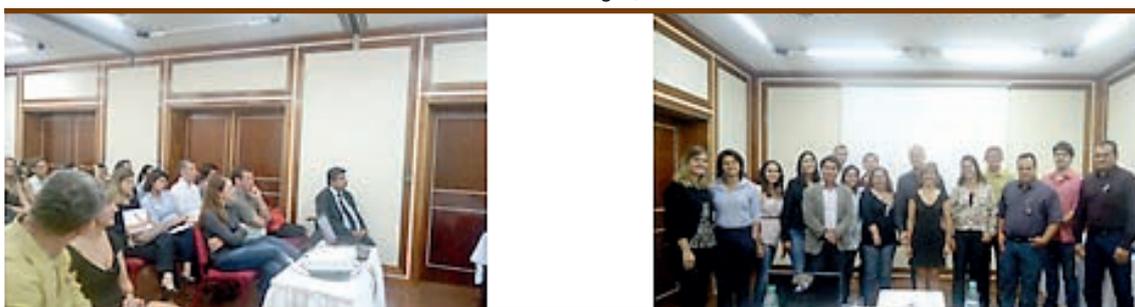




Seminário Nordeste - Recife, 16 e 17 de abril



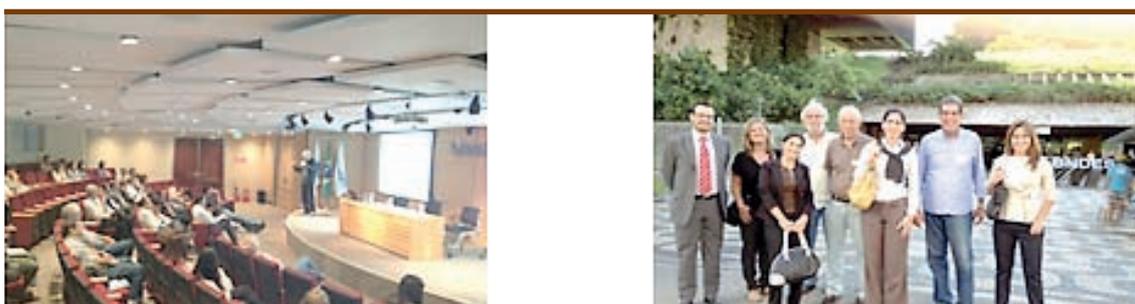
Seminário Sul - Porto Alegre, 19 e 20 de abril



Seminário Centro Oeste - Goiânia, 23 e 24 de abril



Seminário Norte - Manaus, 26 e 27 de abril



Seminário Sudeste - Rio de Janeiro, 03 e 04 de Maio

EQUIPE DE EDITORES

José Fernando Thomé Jucá
José Dantas de Lima
Maria Odete Holanda Mariano
Alessandra Lee Barbosa Firmo
Danuza Gusmão de Andrade Lima
Luciana de Figueiredo Lopes Lucena
Paulo Ricardo Rocha Farias
Francisco Humberto de Carvalho Júnior
Eraldo Henriques de Carvalho
João Alberto Ferreira
Geraldo Antonio Reichert

PROJETO GRÁFICO E DIAGRAMAÇÃO

Ricardo Araújo - DRT/PB 623

FOTOGRAFIAS

Banco de Imagens do Grupo de Resíduos Sólidos - UFPE

IMPRESSÃO

CCS Gráfica Editora Ltda





Instituição Executora

Fundação de Apoio ao Desenvolvimento da
Universidade Federal de Pernambuco - FADE
Grupo de Resíduos Sólidos UFPE - GRS/UFPE