

MINISTÉRIO DA EDUCAÇÃO
UNIVERSIDADE FEDERAL DO RIO GRANDE DO SUL
Escola de Engenharia
Programa de Pós-Graduação em Engenharia de Minas, Metalúrgica e de Materiais
PPGE3M

DAIANE TOMACHESKI

ESTUDO DE TÉCNICAS SUSTENTÁVEIS PARA A GESTÃO DOS RESÍDUOS
SÓLIDOS NO MUNICÍPIO DE IMBÉ, RIO GRANDE DO SUL

Porto Alegre
2014

DAIANE TOMACHESKI

ESTUDO DE TÉCNICAS SUSTENTÁVEIS PARA A GESTÃO DOS RESÍDUOS
SÓLIDOS NO MUNICÍPIO DE IMBÉ, RIO GRANDE DO SUL

Trabalho realizado no Departamento de Materiais da Escola de Engenharia da UFRGS, dentro do Programa de Pós-Graduação em Engenharia de Minas, Metalúrgica e de Materiais – PPGE3M, como parte dos requisitos para a obtenção do título de Mestre em Engenharia.

Área de Concentração: Ciência e Tecnologia de Materiais

Orientador: Prof. Dr. Ruth Marlene Campomanes Santana

Porto Alegre
2014

Esta Dissertação foi julgada adequada para a obtenção do título de Mestre em Engenharia, área de concentração de Ciência e Tecnologia dos Materiais e aprovada em sua forma final, pelo Orientador e pela Banca Examinadora do Curso de Pós-Graduação.

Orientador: Prof^a. Dra. Ruth Marlene
Campomanes Santana

Banca Examinadora:

Dr. Sandro Donnini Mancini
Universidade Estadual Paulista (UNESP)

Dr. Geraldo Antônio Reichert
Universidade de Caxias do Sul (UCS)
Departamento Municipal de Limpeza Urbana de Porto Alegre (DMLU)

Dra. Rejane Maria Candiota Tubino
Universidade Federal do Rio Grande do Sul (UFRGS)

Prof. Dr. Telmo Roberto Stronhaecker
Coordenador do PPGE3M

DEDICATÓRIA

Aos meus pais.

AGRADECIMENTOS

À Deus, por cuidar para que as portas estejam sempre abertas.

Aos meus pais, pelo apoio incondicional na minha vida acadêmica.

À Secretaria Municipal de Meio Ambiente e Pesca de Imbé, que tão abertamente me recebeu e apoiou na elaboração deste trabalho.

À todas as Secretarias Municipais e Cooperativas de Triagem que abriram as portas e tão gentilmente me apresentaram seu trabalho e permitiram a divulgação dos dados.

À minha orientadora, por ter apoiado e acreditado no meu projeto.

Aos professores, pela transmissão de conhecimentos.

A amiga Vanda por ter me incentivado tanto a começar o mestrado.

Ao primo Flávio, por ter pacientemente revisado meu trabalho.

Um agradecimento especial ao colega e amigo MSc. Darci Campani, por todas as orientações essenciais para a conclusão deste trabalho.

*“A vontade de se preparar deve ser maior
que a vontade de vencer”*

(Bob Knight)

TRABALHOS PUBLICADOS

TOMACHESKI, D., SANTANA, R. M. C. Estudo comparativo da gestão de resíduos sólidos urbanos de dois municípios da região sul do Brasil. In: 5o Congresso Interamericano de Resíduos Sólidos, 2013. Lima: AIDIS, 2013. 6 p.

TOMACHESKI, D., SANTANA, R. M. C. Estudo de caso: Destinação adequada para resíduos sólidos industriais. In: V Seminário sobre Tecnologias Limpas. Porto Alegre: ABES, 2013. 8 p.

TOMACHESKI, D.; LEITE, P. T.; SANTANA, R. M. C. A importância das ferramentas legais na gestão de resíduos da construção civil no município de Imbé, Rio Grande do Sul. 2013. In: Seminário Brasileiro de Gestão de Resíduos Sólidos. Natal: UFRN, 2013. 7 p.

TOMACHESKI, D.; SANTANA, R. M. C. Caracterização dos resíduos sólidos urbanos do município de Imbé: diagnóstico para elaboração do Plano Municipal de Gestão Integrada de Resíduos Sólidos. In: 4º Congresso Internacional de Tecnologias para o Meio Ambiente. Bento Gonçalves, FIEMA Brasil: 2014. 7 p.

PALESTRAS

TOMACHESKI, D.; SANTANA, R. M. C. Gestión compartida de residuos sólidos industriales: El caso de las industrias de calzado de la ciudad de TrêsCoroas, Rio Grande do Sul, Brasil. In: Encuentro de Profesionales y Servicios vinculados al Reciclaje y Gestión de Residuos. Montevideo: CCM, 2013. Disponível em: <<http://www.forolatinoamericano.net/Daiane%20Tomacheski.pdf>>. Acesso em 02 de Maio de 2014.

RESUMO

A problemática sobre gestão dos resíduos sólidos no Brasil é amplamente divulgada, discutida e as consequências vistas por todos nas ruas não só das grandes cidades, mas também nos pequenos municípios. Os lixões sempre foram reconhecidos como forma inadequada de disposição final em todos os aspectos, pois possui efeito visual desagradável, traz riscos a saúde pública por facilitar a proliferação de vetores de doenças e atrair a população mais desfavorecida em busca de restos de alimentos e produtos de uso comum que possam ser úteis, como roupas e utensílios domésticos; além do risco ambiental de contaminação do solo e das águas. Em discussão desde 1991, a Política Nacional de Resíduos Sólidos (PNRS), sancionada através da Lei 12.305 de 10 de Agosto de 2010, finalmente traz ferramentas legais que obrigam os municípios a instalar a coleta seletiva para envio de materiais para a reciclagem. A ferramenta mais importante da PNRS é a obrigatoriedade da elaboração de Planos Municipais de Gestão Integrada de Resíduos Sólidos (PMGIRS), que os municípios devem apresentar para conseguir recursos da União visando implantar projetos relacionados ao tema. Este trabalho visa apresentar o embasamento teórico para a elaboração do PMGIRS do município de Imbé, uma cidade litorânea do Rio Grande do Sul. Para verificar questões técnico-operacionais foram visitadas Centrais de Triagem de quatro municípios: Três Coroas, Campo Bom, Novo Hamburgo e Dois Irmãos, visando avaliar as melhores formas de organização interna, sistemas de coleta e triagem. As melhores formas de tratamento, destinação e disposição foram avaliadas sob o embasamento da engenharia de materiais, através da pesquisa teórica em artigos que tratam sobre o tema com auxílio da Avaliação do Ciclo de Vida, uma importante ferramenta que auxilia a mensurar os impactos ambientais relacionados ao ciclo de vida de um produto, desde a extração de matéria prima até a disposição final. Apesar de parecer simples, a implementação da coleta seletiva em um município se torna complexa quando analisada sob o enfoque do desenvolvimento sustentável, que preza pelo social, econômico e ambiental. Para atender as premissas do desenvolvimento sustentável, o PMGIRS de Imbé prioriza a inclusão de catadores na coleta seletiva, triagem e venda de materiais, recuperando o máximo possível de materiais para a reciclagem, dentro das possibilidades atuais do município, a compostagem da matéria orgânica deve iniciar em pequena escala com gradual expansão. O mínimo possível deve ser enviado para aterro sanitário, evitando a formação de chorume e a liberação de gases de efeitos estufa na atmosfera. Apesar de ser uma possibilidade considerada na PNRS, a reciclagem energética, mesmo que para rejeitos, deve ser profundamente estudada, já que os custos de instalação e manutenção são altos e exige alto controle para evitar a emissão de poluentes provenientes do processo de queima.

Palavras chave: gestão integrada, resíduos sólidos domiciliares, plano municipal.

ABSTRACT

The problem of solid waste management in Brazil is widely disseminated, discussed and the consequences seen by all, not only in the big cities but also in small towns. The dumps have always been recognized as an inadequate form of final disposition in all aspects, as it has unpleasant visual effect and brings risks to public health by facilitating the proliferation of disease vectors and attracting the most disadvantaged people that look for scraps of food and useful products, like cloths and household items, besides the risk of environmental contamination of soil and water. Under discussion since 1991, the National Solid Waste Policy (NSWP), enacted by Law 12,305 of August 10, 2010, finally brings legal tools that require municipalities install the selective collect of materials to send to the recycling. The greatest tool of NSWP is the mandatory preparation of Municipal Integrated Solid Waste Plans (MISWP), that municipalities shall submit to get federal funds for projects related to the theme. This work presents the theoretical background behind the PMGIRS development of the municipality of Imbé, a coastal city of Rio Grande do Sul. To verify technical and operational issues of Sorting Centers four cities were visited: *Três Coroas*, *Campo Bom*, *Novo Hamburgo* and *Dois Irmãos*. It was evaluated the best form of internal organization, collection and sorting systems. The best forms of treatment, allocation and disposition were evaluated in the basement of materials engineering, through theoretical research articles that deal with the theme with the help of the Life Cycle Analysis, an important tool that helps to measure the environmental impacts related to life cycle of a product from cradle to grave. Although it seems simple, the implementation of selective collection in a municipality becomes complex when analyzed from the standpoint of sustainable development that values the social, economic and environment. To meet the assumptions of sustainable development, MISWP of Imbé prioritizes the inclusion of waste pickers in the selective collection, sorting and selling materials, recovering as much as possible material for mechanical recycling, within the current possibilities of the municipality, the composting of organic matter should start on a small scale with gradual expansion . As little as possible should be sent to landfill, avoiding the formation of slurry and the release of greenhouse effect gases in the atmosphere. Despite being considered a possibility in NSWP, energy recycling, even for tailings, should be thoroughly studied, since the cost of installation and maintenance is high and it requires high control to prevent the emission of pollutants from the burning process.

Key-words: integrated management, household solid waste, municipal plan.

LISTA DE FIGURAS

Figura 1. Fluxo de materiais em uma sociedade industrial	17
Figura 2. Catador residente do “Lixão da Estrutural” no Distrito Federal	22
Figura 3. Possíveis caminhos de transmissão de doenças ao homem através do contato com alguns vetores.....	23
Figura 4. Estimativa da composição gravimétrica dos resíduos sólidos coletados no Brasil	30
Figura 5. Média da composição gravimétrica da coleta seletiva	30
Figura 6. Classificação dos resíduos sólidos domiciliares.....	31
Figura 7. Perfil dos plásticos encontrados na coleta seletiva	34
Figura 8. Fluxograma da gestão dos resíduos sólidos domiciliares	36
Figura 9. Caçamba para coleta seletiva, acoplado ao caminhão de coleta normal...39	
Figura 10. Carrinho elétrico para coleta seletiva no município de Novo Hamburgo, Rio Grande do Sul.....	39
Figura 11. Adaptação de bicicleta à gaiola para coleta de recicláveis, do projeto "Cavalo de lata"	40
Figura 12. Layout básico de uma central de triagem.....	41
Figura 13. Disposição de catadores em mesas de triagem.....	41
Figura 14. Destinação dos resíduos sólidos domiciliares no estado do Rio Grande do Sul no ano de 2011	42
Figura 15. Destinação dos resíduos sólidos domiciliares no Brasil em 2008	43
Figura 16. Relação entre sucata de alumínio recuperada e consumo doméstico em 2011	45
Figura 17. Fluxograma esquemático da reciclagem mecânica para plásticos.....	47
Figura 18. Minhocultura.....	52
Figura 19. Composição dos gases no aterro sanitário ao longo do tempo.....	56
Figura 20. Município de Imbé	61
Figura 21. Localização dos municípios estudados	65
Figura 22. Resíduos caracterizados (a) dia 31/01/2013 e (b) 18/09/2013.....	67
Figura 23. Esteira de triagem da COOLABORE em Campo Bom.....	70
Figura 24. Equipamentos para limpeza e moagem de polímeros flexíveis.	70

Figura 25. (a) Aterro para rejeitos de RSU do município de Campo Bom. (b) Lagoa para estabilização do chorume.....	71
Figura 26. Recuperação da área do antigo lixão (a) Remoção de materiais não degradados por peneiramento e (b) composto orgânico pronto para uso.....	71
Figura 27. Central de triagem de Picada Verão - Dois Irmãos/RS. (a) Rampa e plataforma de descarregamento de material e (b) matérias volumosas previamente removidos e esteira de triagem	73
Figura 28. Exemplos de materiais pouco comuns que são separados: (a) brinquedos de borracha e (b) lonas e brinquedos de PVC	73
Figura 29. Central de Catadores da Unidade Centro de Novo Hamburgo	74
Figura 30. Carrinhos de tração humana utilizados para coleta seletiva no bairro Centro	76
Figura 31. Esteiras de triagem da Unidade Roselândia	77
Figura 32. Área de descarregamento do resíduo e retroescavadeira utilizada para levar o material até a esteira	78
Figura 33. Imagens da central de triagem do município de Três Coroas	79
Figura 34. Prédio para futuras instalações da central de triagem de Imbé	82
Figura 35. Localização da área onde está situado o prédio destinado à instalação da central de triagem de resíduos urbanos e atual aterro de resíduos da construção civil	82
Figura 36. Resultado da caracterização realizada no dia 31 de janeiro de 2013	85
Figura 37. Resultado da caracterização realizada em 18 de Setembro de 2013	86
Figura 38. Comparativo da composição mássica do RSU do município de Imbé com a com média nacional	87

LISTA DE TABELAS

Tabela 1. Comparativo entre as técnicas de caracterização do resíduo sólido urbano	29
Tabela 2. Principais características e usos dos plásticos convencionais.	33
Tabela 3. Estimativa de vida útil de alguns plásticos segundo sua finalidade e participação	34
Tabela 4. Estimativa dos benefícios econômicos e ambientais gerados pela reciclagem	50
Tabela 5. Estimativa da quantidade de resíduos sólidos urbanos gerados no município de Imbé	83
Tabela 6. Resultado da caracterização realizada no dia 31 de janeiro de 2013	84
Tabela 7. Resultado da caracterização realizada no dia 18 de Setembro de 2013...	85
Tabela 8. Comparativo da composição do RSU municipal de Imbé com a média nacional	87
Tabela 9. Projeção da renda esperada com a venda de recicláveis durante o inverno	93
Tabela 10. Projeção da renda esperada com a venda de recicláveis durante o verão	94
Tabela 11. Comparação da emissão entre tratamento térmico, aterro sanitário e plantas convencionais de incineração	97

LISTA DE QUADROS

Quadro 1. Normatização brasileira e estadual para a gestão de resíduos sólidos urbanos	25
Quadro 2. Cores para segregação por tipo de resíduo	40
Quadro 3. Cronograma simplificado de realização das atividades.....	63

LISTA DE ABREVIações E SIGLAS

ABNT	Associação Brasileira de Normas Técnicas
Art	Artigo
ASCAMARI	Associação de Catadores de Materiais Recicláveis de Imbé
ACV	Avaliação do Ciclo de Vida
CH ₄	Metano
CO	Monóxido de Carbono
CO ₂	Dióxido de carbono
CONAMA	Conselho Nacional de Meio Ambiente
CONSEMA	Conselho Estadual de Meio Ambiente
COOPCAMATE	Cooperativa dos Catadores de Material Reciclável de Canoas LTDA
hab.	Habitantes
IBGE	Instituto Brasileiro de Geografia e Estatística
kg	Quilograma
km	Quilômetros
m ²	Metros quadrados
m ³	Metros cúbicos
MNCR	Movimento Nacional dos Catadores de Materiais Recicláveis
N ₂ O	Óxido Nitroso
NBR	Norma Brasileira
NMVOC	Compostos Orgânicos Voláteis Não Derivados De Metano (<i>Non-methane volatile organic compounds</i>)
NO ₂	Dióxido de Nitrogênio
PEAD	Polietileno de Alta Densidade
PEBD	Polietileno de Baixa Densidade
PET	Politereftalato de etileno
PEV	Ponto de Entrega Voluntária
PGIRS	Planos de Gestão Integrada de Resíduos Sólidos
PMGIRS	Plano Municipal de Gestão Integrada de Resíduos Sólidos
PNRS	Política Nacional de Resíduos Sólidos
PP	Polipropileno
ppm	Partes Por Milhão
PS	Poliestireno
PVC	Policloreto de Vinila
RDC	Resolução da Diretoria Colegiada
s.d	Sem data
SEMMAP	Secretaria Municipal de Meio Ambiente e Pesca de Imbé
SMOV	Secretaria Municipal de Obras e Viação
SO ₂	Dióxido de Enxofre
STCPP	Secretaria Trabalho Cidadania e da Participação Popular
t	Tonelada
TWh	Terawatts-hora

SUMÁRIO

1 INTRODUÇÃO	17
1.1 OBJETIVOS	19
1.1.1 Objetivo Geral	19
1.1.2 Objetivos Específicos	19
2 REVISÃO BIBLIOGRÁFICA	21
2.1 RESÍDUOS SÓLIDOS	21
2.1.1 Política Nacional de Resíduos Sólidos	24
2.1.2 Classificação dos resíduos sólidos	27
2.1.3 Caracterização e composição dos resíduos sólidos urbanos	28
2.2 GESTÃO INTEGRADA DE RESÍDUOS SÓLIDOS	35
2.2.1 Não geração, redução e reutilização	37
2.2.2 Coleta	37
2.2.3 Centrais de Triagem	40
2.2.4 Destinação de resíduos sólidos	42
2.2.5 Disposição final	55
2.2.6 Logística reversa	57
2.2.7 Inclusão de catadores	60
2.3 O MUNICÍPIO DE IMBÉ	61
3 METODOLOGIA	63
3.1 VISITAS TÉCNICAS	63
3.2 ELABORAÇÃO DO PLANO	66
3.2.1 Diagnóstico	66
3.2.2 Prognóstico	67
3.2.3 Proposições e plano de metas	68
4 RESULTADOS	69
4.1 VISITAS TÉCNICAS	69
4.1.1 Análise do Município de Campo Bom	69
4.1.2 Análise do Município de Dois irmãos	72
4.1.3 Análise do Município de Novo Hamburgo	74
4.1.4 Análise do Município de Três Coroas	78
4.1.5 Visita ao Aterro Municipal de Viamão	80
4.2 ELABORAÇÃO DO PLANO MUNICIPAL DE GERENCIAMENTO INTEGRADO DE RESÍDUOS SÓLIDOS DO MUNICÍPIO DE IMBÉ	81
4.2.1 Diagnóstico	81
4.2.2 Proposições	88
4.2.3 Indicadores	98
4.2.4 Programa de implantação e revisão do PMGIRS	98
5 SITUAÇÃO DA IMPLANTAÇÃO DO PLANO	99
6 CONCLUSÕES	100
REFERÊNCIAS	103

1 INTRODUÇÃO

A geração de resíduos esta presente em todas as fases de fabricação de um produto, desde a extração da matéria prima, o processamento e o produto em si após ser consumido, conforme Figura 1, sendo que a etapa final do ciclo da maioria dos materiais, a destinação e disposição pós-consumo fica geralmente a encargo das Prefeituras, responsáveis pela limpeza urbana.

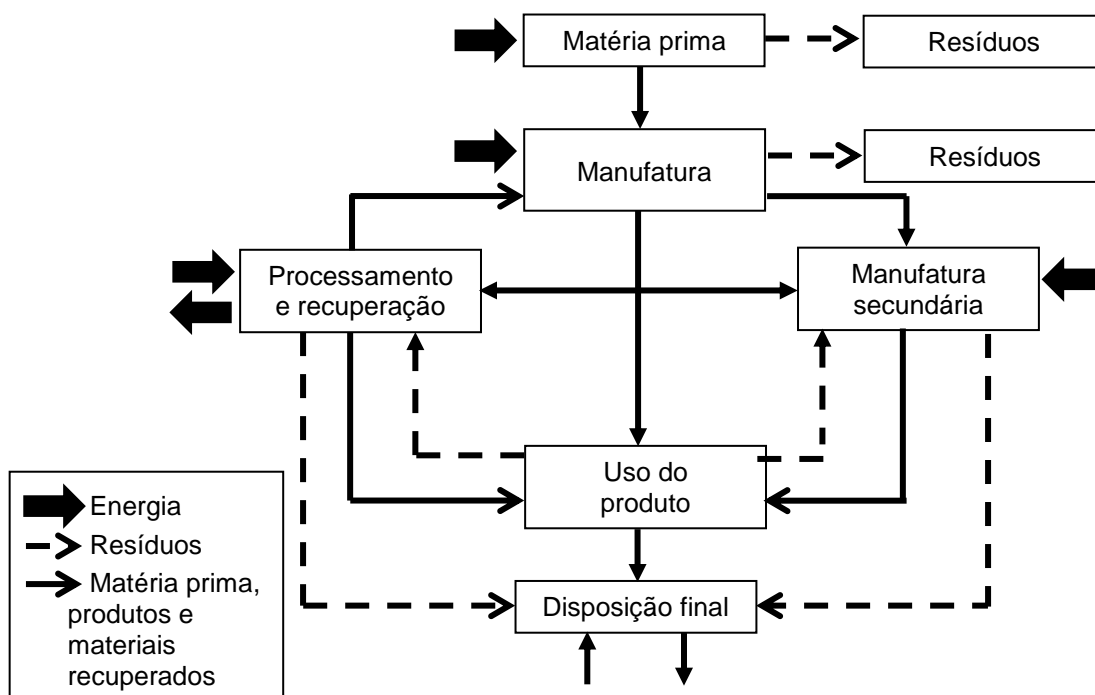


Figura 1. Fluxo de materiais em uma sociedade industrial
Fonte: Tchobanoglous *et al.*, 2002 (Tradução da Autora)

O Brasil possui grandes problemas com relação à gestão adequada de resíduos sólidos urbanos. De acordo com a Pesquisa Nacional de Saneamento Básico (IBGE, 2010), em 2008 somente 60% dos resíduos eram destinados de forma ambientalmente adequada, como aterro sanitário (58,3%), reciclagem (1,4%) e compostagem (0,8%). Os demais 41,7% são destinados a vazadouros a céu aberto (lixões) e áreas alagáveis, dentre outros (IPEA, 2012).

Apesar de ser considerada uma destinação ambientalmente adequada, o aterro sanitário deveria ser considerado como última opção, aterrando somente os rejeitos (resíduos que não possuem tecnologia ou forma economicamente viável de reaproveitamento ou reciclagem), já que em média 31,9% do resíduo sólido urbano

brasileiro é reciclável, 51,4% constitui-se de matéria orgânica compostável e somente 16,7% é considerado rejeito (IPEA, 2012).

A Lei 12.305 de 10 de Agosto de 2010 (Brasil, 2010b) institui a Política Nacional de Resíduos Sólidos (PNRS) e é regulamentada pelo Decreto 7.404 de 23 de dezembro de 2010 (Brasil, 2010a). Dentre outros itens, a PNRS exige das unidades federativas (estados, municípios e distrito federal) a elaboração de Planos de Gestão Integrada de Resíduos Sólidos (PGIRS). Os Planos devem ser elaborados priorizando a não geração de resíduos, a redução, a reutilização, a reciclagem, tratamento e só então a disposição final em aterro sanitário, envolvendo em todo o processo os catadores estruturados na forma de cooperativas para as tarefas de coleta seletiva, triagem e venda de recicláveis.

A PNRS exigia que os Planos Municipais de Gestão Integrada de Resíduos Sólidos fossem elaborados até o dia 02 de Agosto de 2012, mas somente 560 municípios, aproximadamente 10% dos municípios brasileiros, o fizeram no prazo (Portal Brasil, 2012).

Yoshida (2010) questiona se o Brasil está preparado para a nova política. Os entraves começam na capacidade municipal de elaborar seus PMGIRS devido a falta de corpo técnico que atenda a todas as áreas do conhecimento essenciais para um planejamento que atinja plenamente os requisitos para o desenvolvimento sustentável dos municípios. A saber, o pilar político, social, ambiental, econômico e territorial (Sachs, 2004).

A PNRS exige o estabelecimento de logística reversa para alguns resíduos que não devem ir para aterros sanitários, como agrotóxicos e suas embalagens, pilhas e baterias, pneus, óleos lubrificantes e suas embalagens, lâmpadas e eletrônicos. Até o momento, somente o acordo setorial para a logística reversa de embalagens de óleos lubrificantes, agrotóxicos e suas embalagens e pneus está implementado. Quanto aos demais itens, as prefeituras ficam sem ter como agir, pois, como não há acordo definido, os comerciantes ainda não são obrigados a receber gratuitamente estes produtos.

O município de Imbé, uma cidade litorânea do Estado do Rio Grande do Sul, está entre os municípios que enfrentaram dificuldades para elaboração do PMGIRS, e que perderam o primeiro prazo de entrega. Assim como 47,6% dos municípios gaúchos (SNSA, 2013), Imbé não possui coleta seletiva e todo o resíduo coletado

pela empresa responsável é destinado ao aterro sanitário, sendo que a atual situação possui ampla gama de oportunidades de melhoria.

Este trabalho tem o objetivo de expor as etapas de elaboração do PMGIRS do município de Imbé, mostrando as especificidades. O PMGIRS foi elaborado pela autora em parceria com Secretaria Municipal de Meio Ambiente e Pesca de Imbé, sendo esta um membro não participante da mesma. As etapas foram expostas através de diagnóstico da situação atual, prognóstico e estabelecimento de proposições através de revisão sobre as possibilidades de destinação e disposição, mostrando as tecnologias existentes no Brasil e no mundo e quais são aplicáveis à realidade do município.

O PMGIRS de Imbé foi elaborado abrangendo resíduos da saúde, da construção civil e de limpeza urbana, mas aqui será tratado somente os resíduos considerados domiciliares, comerciais com características semelhantes ao doméstico e aqueles sujeitos à logística reversa, que frequentemente são encontrados nestes resíduos devido ao descarte inadequado (pilhas e baterias, eletrônicos, pneus e lâmpadas).

1.1 OBJETIVOS

1.1.1 Objetivo Geral

Expor as etapas de elaboração do Plano de Gerenciamento Integrado de Resíduos Sólidos no município de Imbé, visando à adequação do município às exigências da Lei 12.305 de 02 de Agosto de 2010, por meio de pesquisa bibliográfica e estudo de casos de sucesso de setores de limpeza urbana e meio ambiente de outros municípios.

1.1.2 Objetivos Específicos

- Verificar a posição de alguns municípios frente à Política Nacional de Resíduos Sólidos;

- Verificar a capacidade do município de Imbé para implantar a coleta seletiva com mão de obra a partir da formação de uma Cooperativa de Catadores do próprio município;
- Revisar os métodos de disposição dos resíduos sólidos urbanos e verificar quais são mais viáveis para o município de Imbé;
- Relatar quais das propostas do PMGIRS já foram aplicadas no município e como foi o desempenho.

2 REVISÃO BIBLIOGRÁFICA

2.1 RESÍDUOS SÓLIDOS

A sociedade definiu que todo o material resultante de suas mais diversas atividades, não lhe sendo mais útil, é considerado lixo. Segundo Pereira Neto (2007a) este paradigma, um tanto ultrapassado, fundamentou a própria definição de resíduo urbano, o que interferiu de modo negativo nos conceitos atuais de gestão do resíduo urbano.

A Lei 12.305 (Brasil, 2010b) define resíduos sólidos no inciso XVI do art. 3º como

[...] material, substância, objeto ou bem descartado resultante de atividades humanas em sociedade, a cuja destinação final se procede, se propõe proceder ou se está obrigado a proceder, nos estados sólido ou semissólido, bem como gases contidos em recipientes e líquidos cujas particularidades tornem inviável o seu lançamento na rede pública de esgotos ou em corpos d'água, ou exijam para isso soluções técnica ou economicamente inviáveis em face da melhor tecnologia disponível.

Considerando que muitos destes resíduos possuem um valor agregado que permite a reciclagem ou reaproveitamento, Teixeira e Zanin (1999) definem resíduo sólido como aquele material que não tem valor para determinada pessoa, em determinado local e tempo. Para os resíduos não passíveis de reaproveitamento, a Lei 12.305 (Brasil, 2010b) insere o termo rejeito, definido no inciso XV do art. 3º como

[...] resíduos sólidos que, depois de esgotadas todas as possibilidades de tratamento e recuperação por processos tecnológicos disponíveis e economicamente viáveis, não apresentem outra possibilidade que não a disposição final ambientalmente adequada.

O homem sempre gerou muitos resíduos durante suas atividades. Os primeiros resíduos se resumiam a restos de alimentos e detritos, conforme foi se desenvolvendo, o homem passou a deixar para trás restos de materiais utilizados na construção de casas, ferramentas e vestuário. Como os materiais eram de origem natural não representavam um impacto ambiental danoso, visto que ocorria em pequena escala, em um meio natural vasto e a velocidade de recuperação era maior que a capacidade do homem de destruição (Pereira Neto, 2007a).

Conforme o homem foi aprendendo a manipular as matérias primas para atender as suas necessidades, passou a remover da natureza material em quantidade e velocidade exagerada não permitindo a regeneração. Como se não bastasse todo o processo de beneficiamento, o uso e o descarte devolvem para meio ambiente resíduos de lenta degradação e que em muitos casos liberam substâncias tóxicas quando em contato com ácidos e/ou calor (Pereira Neto, 2007a). Assim, os problemas relacionados aos resíduos tem origem em dois fatores: a intensidade da industrialização e os padrões de consumo (Lima, 2004).

Um dos maiores símbolos brasileiros do problema gerado pelo mau gerenciamento do resíduo é o “Lixão da Estrutural”, localizado no Distrito Federal. O local de 240 hectares de diâmetro e 60 metros de altura recebe 70 mil toneladas de resíduos por mês, sendo que apenas 3% são recicladas por 2.500 catadores de materiais recicláveis, que em sua maioria vivem com uma renda mensal inferior a R\$ 500,00 e moram no local em condições precárias, como mostrado na Figura 2 (MNCR, 2014). Isso revela não somente os problemas ambientais, mas também sociais e econômicos.



**Figura 2. Catador residente do “Lixão da Estrutural” no Distrito Federal
Fonte: MNCR, 2014**

Os problemas relacionados à gestão dos resíduos sólidos se mostram nas enchentes que ocorrem frequentemente nas grandes cidades e que são atribuídas ao entupimento de bueiros por resíduos sólidos, que impedem o escoamento da água (Jornal da Cidade, 2010; G1 Pará, 2013; Moreno, 2013).

Pereira Neto (2007a) ressalta que o acúmulo de resíduos também contribui para a proliferação de vetores transmissores de doenças, como a toxoplasmose,

triquinomose, teníase, hantavirose, leptospirose, peste bubônica, malária, dengue e febre amarela. Estas doenças são transmitidas principalmente pelo contato direto ou indireto com ratos, insetos como moscas, mosquitos e baratas e animais domésticos, conforme Figura 3.

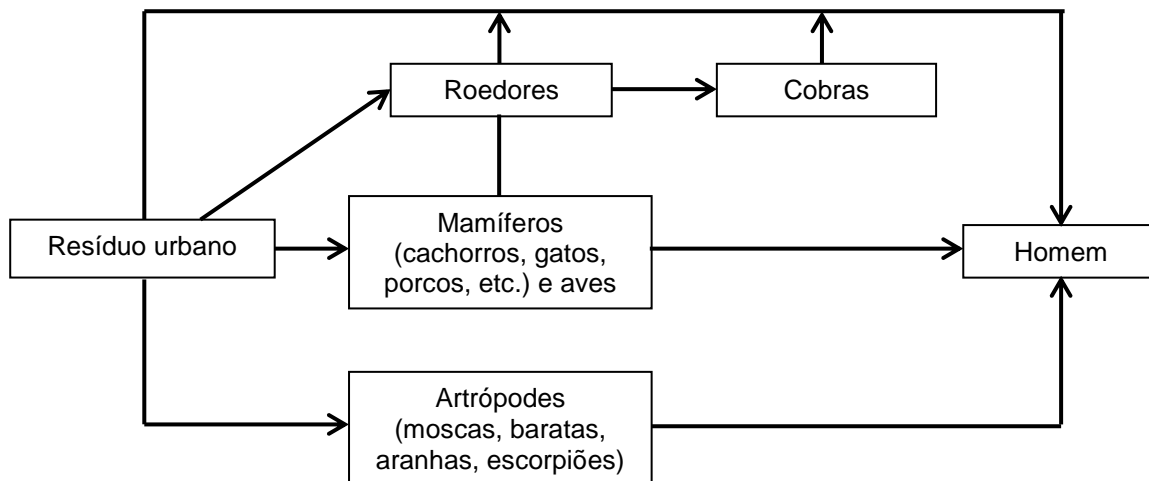


Figura 3. Possíveis caminhos de transmissão de doenças ao homem através do contato com alguns vetores
Fonte: Pereira Neto, 2007a

A preocupação com os problemas ambientais causados pelo processo de crescimento e desenvolvimento aconteceu de forma lenta e com percepções diferenciadas pela sociedade, governo e organizações internacionais. Para Barbieri (1997), a evolução dessa preocupação pode ser dividida em três etapas: a primeira baseia-se na percepção de problemas ambientais atribuídos à ignorância, negligência, dolo ou indiferença dos envolvidos; a segunda refere-se à percepção da degradação como um problema generalizado, porém confinado nos limites territoriais; e a terceira etapa se refere à percepção global, como um problema que atinge a todos.

O livro “Primavera Silenciosa”, lançado em 1962, é considerado um grande marco, a primeira publicação que chamava a atenção sobre os impactos causados pela ação do homem no ambiente, principalmente pelo uso indiscriminado de agrotóxicos. Outros marcos importantes são o *Relatório de Roma* em 1972; a *Conferência de Estocolmo* em 1972, conhecida também como Conferência das Nações Unidas sobre o Ambiente Humano, que colocou a dimensão do Meio Ambiente na agenda internacional (Sachs, 2009); e a Conferência das Nações Unidas sobre Meio Ambiente e Desenvolvimento Humano em 1992, que ocorreu no Rio de Janeiro e que deu origem a Agenda 21, um documento considerado por

profissionais da área como uma orientação aos governos nacionais e locais, bem como segmentos sociais no planejamento e execução de ações que utilizam os ativos ambientais (Crespo, 2012).

Em 2002, a cidade de Marrakech no Marrocos sediou a reunião em que foi lançada uma iniciativa conhecida como “Programas Sustentáveis”. Este documento/proposta solicita e estimula que cada país componente das Nações Unidas desenvolva seu plano de ação, gerando subsídios para a construção de um Marco Global para Ação em Consumo e Produção Sustentáveis (Crespo, 2012).

2.1.1 Política Nacional de Resíduos Sólidos

Em 10 de Agosto de 2010 foi homologada a Política Nacional dos Resíduos Sólidos, através da Lei 12.305 (Brasil, 2010b), que teve origem no Projeto de Lei 203/91, tendo sido regulamentada pelo Decreto 7.404 de 23 de dezembro de 2010 (Brasil, 2010a). Dentre outros itens, a PNRS exige das unidades federativas (estados, municípios e Distrito Federal) a elaboração de Planos de Gestão Integrada de Resíduos Sólidos (PGIRS). Os Planos devem ser elaborados priorizando a não geração de resíduos, a redução, a reutilização, a reciclagem, tratamento e só então a disposição final em aterro sanitário, envolvendo os catadores estruturados na forma de associações ou cooperativas para as tarefas de coleta seletiva, triagem e venda de recicláveis.

A PNRS exigia que os PMGIRS fossem elaborados até o dia 02 de Agosto de 2012 como condição para que estados, o Distrito Federal e os municípios tivessem acesso a recursos da união ou por ela controlados, destinados a empreendimentos e serviços relacionados à limpeza urbana e ao manejo de resíduos sólidos, ou para serem beneficiados por incentivos ou financiamentos de entidades federais de crédito ou fomento para tal finalidade (arts. 16 e 18), mesmo com tal restrição, somente 560 municípios, aproximadamente 10% dos municípios brasileiros, elaboraram no prazo, segundo informação do Portal Brasil (2012).

Antes da homologação da Lei 12.305 de 10 de Agosto de 2010, em 30 de junho de 1999 foi aprovada pelo plenário do Conselho Nacional de Meio Ambiente (CONAMA) a proposição 259 intitulada Diretrizes Técnicas para a Gestão de Resíduos Sólidos, mas esta não chegou a ser publicada, servindo de base para a Lei 12.305.

O Estado do Rio Grande do Sul foi pioneiro nacional na regulamentação da gestão dos resíduos sólidos por meio da Lei 9.921, de 27 de Julho de 1993, que já trazia alguns dos itens exigidos pela Lei 12.305 (Brasil, 2010b), como a segregação na origem, a coleta seletiva municipal, triagem, reaproveitamento e reciclagem, encerramento dos lixões, dentre outros, bem como a elaboração dos Planos Municipais de Gerenciamento de Resíduos Sólidos em até um ano a partir da homologação da lei. A Resolução 17 de 2001 do Conselho Estadual de Meio Ambiente (CONSEMA, 2001) traz as diretrizes para elaboração e apresentação de plano de gerenciamento integrado de resíduos sólidos.

Além da PNRS, o Brasil possui uma série de normas e resoluções que devem ser atendidas para a correta gestão dos resíduos sólidos. O Quadro 1 resume as principais normas da Associação Brasileira de Normas Técnicas (ABNT), resoluções do CONAMA, do Conselho Estadual de Meio Ambiente (CONSEMA), leis e decretos nacionais e estaduais.

Normas da Associação Brasileira de Normas Técnicas
NBR 7.500: Identificação para o transporte terrestre, manuseio, movimentação e armazenamento de produtos. 2013. 77 p.
NBR 8.419: Apresentação de projetos de aterros sanitários de resíduos sólidos urbanos. 1992. 7 p.
NBR 10.004: Resíduos sólidos – Classificação. 2004. 77 p.
NBR 10.005: Procedimento para obtenção de extrato lixiviado de resíduos sólido. 2004. 16 p.
NBR 10.006: Procedimento para obtenção de extrato solubilizado de resíduos sólidos. 2004. 3 p.
NBR 10.007: Amostragem de resíduos sólidos. 2004. 21 p.
NBR 12.980: Coleta varrição e acondicionamento de resíduos sólidos urbanos – Terminologia. 1993. 6p.
NBR 13.463. Coleta de resíduos sólidos - Classificação. 1995. 3 p.
NBR 13.591: Compostagem - Terminologia. 1996. 4 p.
NBR 13.896: Aterros de resíduos não perigosos - Critérios para projeto, implantação e operação. 1997. 12 p.
NBR 15.849: Resíduos sólidos urbanos – Aterros sanitários de pequeno porte – Diretrizes para localização, projeto, implantação, operação e encerramento. 2010. 24 p.
CONSEMA
Resolução 002 de 2000. Aprova a Norma Técnica – Anexo I, integrante desta Resolução, que define critérios, procedimentos e aspectos técnicos de licenciamento ambiental para co-processamento de resíduos, em fornos rotativos de produção de clínquer, para fabricação de cimento, no Estado do Rio Grande do Sul.

**Quadro 1. Normatização brasileira e estadual para a gestão de resíduos sólidos urbanos
(continua)**

(continuação)

Resolução 017 de 2001. Diretrizes para elaboração e apresentação de plano de gerenciamento integrado de resíduos sólidos.
Resolução 073 de 2004. Dispõe sobre a codisposição de resíduos sólidos industriais em aterros de resíduos sólidos urbanos no Estado do Rio Grande do Sul.
CONAMA
Resolução 275 de 25 de abril de 2001. Estabelece o código de cores para os diferentes tipos de resíduos, a ser adotado na identificação de coletores e transportadores, bem como nas campanhas informativas para a coleta seletiva. 2001. 1 p.
Resolução 307 de 05 de julho de 2002. Estabelece diretrizes, critérios e procedimentos para a gestão dos resíduos da construção civil.
Resolução 358 de 29 de abril de 2005. Dispõe sobre o tratamento e a disposição final dos resíduos dos serviços de saúde e dá outras providências.
Resolução 362 de 23 de junho de 2005. Dispõe sobre o recolhimento, coleta e destinação final de óleo lubrificante usado ou contaminado.
Resolução 401 de 04 de novembro de 2008. Estabelece os limites máximos de chumbo, cádmio e mercúrio para pilhas e baterias comercializadas no território nacional e os critérios e padrões para o seu gerenciamento ambientalmente adequado, e dá outras providências.
Resolução 416 de 30 de setembro 2009. Dispõe sobre a prevenção à degradação ambiental causada por pneus inservíveis e sua destinação ambientalmente adequada, e dá outras providências.
Resolução 448 de 18 de janeiro de 2012. Altera os arts. 2º, 4º, 5º, 6º, 8º, 9º, 10 e 11 da Resolução 307 de 5 de julho de 2002, do Conselho Nacional do Meio Ambiente CONAMA.
Leis e Decretos estaduais (Rio Grande do Sul)
Lei Estadual 9.493, de 07 de janeiro de 1992. Considera, no Estado do Rio Grande do Sul, a coleta seletiva e a reciclagem do lixo como atividades ecológicas, de relevância social e de interesse público.
Lei Estadual 9.921 de 27 de julho de 1993. Dispõe sobre a gestão dos resíduos sólidos, nos termos do artigo 247, parágrafo 3º da Constituição do Estado e dá outras providências.
Decreto Estadual 38.356 de 01 de abril de 1998. Aprova o Regulamento da LEI N° 9.921, de 27 de julho de 1993, que dispõe sobre a gestão dos resíduos sólidos no Estado do Rio Grande do Sul.
Lei Estadual 11.019 de 23 de setembro de 1997. Dispõe sobre o descarte e destinação final de pilhas que contenham mercúrio metálico, lâmpadas fluorescentes, baterias de telefone celular e demais artefatos que contenham metais pesados no Estado do Rio Grande do Sul. (Atualizada pelas leis 11.187 de 07 de julho de 1998, 13.306 de 02 de dezembro de 2009 e 13.401, de 30 de março de 2010).
Decreto Estadual 45.554 de 19 de março de 2008. Regulamenta a Lei n° 11.019/97, de 23 de setembro de 1997, e alterações, que dispõe sobre o descarte e destinação final de pilhas que contenham mercúrio metálico, lâmpadas fluorescentes, baterias de telefone celular e demais artefatos que contenham metais pesados no Estado do Rio Grande do Sul.
Leis e Decretos Nacionais
Lei 9.605 de 12 de fevereiro de 1998. Dispõe sobre as sanções penais e administrativas derivadas de condutas e atividades lesivas ao meio ambiente, e dá outras providências.
Decreto 5.940 de 25 de outubro 2006. Institui a separação dos resíduos recicláveis descartados pelos órgãos e entidades da administração pública federal direta e indireta, na fonte geradora, e a sua destinação às associações e cooperativas dos catadores de materiais recicláveis, e dá outras providências.

**Quadro 1. Normatização brasileira e estadual para a gestão de resíduos sólidos urbanos
(continua)**

(continuação)

<p>Lei nº 11.107, de 6 de abril de 2005. Dispõe sobre normas gerais de contratação de consórcios públicos e dá outras providências</p>
<p>Lei 11.445 de 05 de janeiro de 2007. 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</p>
<p>Decreto 7.217 de 21 de junho de 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.</p>
<p>Lei Nº 12.305 de 2 de agosto de 2010. Institui a Política Nacional de Resíduos Sólidos; altera a Lei nº 9.605, de 12 de fevereiro de 1998; e dá outras providências. 189ª da Independência e 122ª da República. Brasília, 2 de agosto de 2010;</p>
<p>Lei 12.375 de 30 de dezembro de 2010, Art. 5º e Art. 6º. Os estabelecimentos industriais farão jus, até 31 de dezembro de 2014, a crédito presumido do Imposto sobre Produtos Industrializados - IPI na aquisição de resíduos sólidos utilizados como matérias-primas ou produtos intermediários na fabricação de seus produtos. Somente poderá ser usufruído se os resíduos sólidos forem adquiridos diretamente de cooperativa de catadores de materiais recicláveis com número mínimo de cooperados pessoas físicas definido em ato do Poder Executivo, ficando vedada, neste caso, a participação de pessoas jurídicas;</p>
<p>Decreto 7.404 de 23 de dezembro de 2010. Regulamenta a Lei no 12.305, de 2 de agosto de 2010, que institui a Política Nacional de Resíduos Sólidos, cria o Comitê Interministerial da Política Nacional de Resíduos Sólidos e o Comitê Orientador para a Implantação dos Sistemas de Logística Reversa, e dá outras providências.</p>
<p>Decreto 7.405 de 23 de dezembro de 2010. Institui o Programa Pró-Catador, denomina Comitê Interministerial para Inclusão Social e Econômica dos Catadores de Materiais Reutilizáveis e Recicláveis o Comitê Interministerial da Inclusão Social de Catadores de Lixo criado pelo Decreto de 11 de setembro de 2003, dispõe sobre sua organização e funcionamento, e dá outras providências.</p>

Quadro 1. Normatização brasileira e estadual para a gestão de resíduos sólidos urbanos

2.1.2 Classificação dos resíduos sólidos

O art. 13 da lei 12.305 (BRASIL, 2010) classifica os resíduos sólidos conforme a origem em:

- a) resíduos domiciliares: os originários de atividades domésticas em residências urbanas;
- b) resíduos de limpeza urbana: os originários da varrição, limpeza de logradouros e vias públicas e outros serviços de limpeza urbana;
- c) resíduos sólidos urbanos: os englobados nas alíneas “a” e “b”;
- d) resíduos de estabelecimentos comerciais e prestadores de serviços: os gerados nessas atividades, excetuados os referidos nas alíneas “b”, “e”, “g”, “h” e “j”;
- e) resíduos dos serviços públicos de saneamento básico: os gerados nessas atividades, excetuados os referidos na alínea “c”;
- f) resíduos industriais: os gerados nos processos produtivos e instalações industriais;
- g) resíduos de serviços de saúde: os gerados nos serviços de saúde, conforme definido em regulamento ou em normas estabelecidas pelos órgãos do Sisnama e do SNVS;
- h) resíduos da construção civil: os gerados nas construções, reformas, reparos e demolições de obras de construção civil, incluídos os resultantes da preparação e escavação de terrenos para obras civis;

- i) resíduos agrossilvopastoris: os gerados nas atividades agropecuárias e silviculturais, incluídos os relacionados a insumos utilizados nessas atividades;
- j) resíduos de serviços de transportes: os originários de portos, aeroportos, terminais alfandegários, rodoviários e ferroviários e passagens de fronteira;
- k) resíduos de mineração: os gerados na atividade de pesquisa, extração ou beneficiamento de minérios;

De acordo com o art. 13 da Lei 12.305 (Brasil, 2010b), os resíduos ainda podem ser considerados perigosos, de acordo com

[...] suas características de inflamabilidade, corrosividade, reatividade, toxicidade, patogenicidade, carcinogenicidade, teratogenicidade e mutagenicidade, apresentam significativo risco à saúde pública ou à qualidade ambiental, de acordo com lei, regulamento ou norma técnica.

A NBR 10.004 (ABNT, 2004) classifica os resíduos somente quanto a sua periculosidade, conforme a redação abaixo.

Resíduos classe I – Perigosos: Aqueles que apresentam periculosidade por apresentarem risco de inflamabilidade, corrosividade, reatividade, toxicidade ou patogenicidade.

Resíduos classe II A - Não inertes: Aqueles que não se enquadram nas classificações de resíduos classe I - Perigosos ou de resíduos classe II B - Inertes. Podem ter propriedades, tais como: biodegradabilidade, combustibilidade ou solubilidade em água.

Resíduos classe II B – Inertes: Quaisquer resíduos que, quando amostrados de uma forma representativa, segundo a ABNT NBR 10.007, e submetidos a um contato dinâmico e estático com água destilada ou desionizada, à temperatura ambiente, conforme ABNT NBR 10.006, não tiverem nenhum de seus constituintes solubilizados a concentrações superiores aos padrões de potabilidade de água, excetuando-se aspecto, cor, turbidez, dureza e sabor.

2.1.3 Caracterização e composição dos resíduos sólidos urbanos

Segundo Franklin (2002), há duas formas de caracterização do resíduo sólido urbano: (1) fluxo de material e (2) amostragem, uma breve explicação sobre os dois é apresentada na Tabela 1.

Tabela 1. Comparativo entre as técnicas de caracterização do resíduo sólido urbano

Fluxo de Materiais	Amostragem
Caracteriza resíduos residenciais, comerciais, institucionais, e alguns industriais	Caracteriza resíduos recebidos na instalação de amostragem (resíduos pós-consumo)
Caracteriza RSU em todo país	É específica do local
Caracteriza tanto a geração quanto o descarte	Normalmente caracteriza somente o descarte
Caracteriza o resíduo seco	Normalmente caracteriza depois que o resíduo já foi misturado e afetado pela umidade.
Fornece dados sobre tendências de longo prazo	Fornece apenas um ponto no tempo (amostragem)
Caracteriza RSU em base anual	Fornece dados sobre as flutuações sazonais (se amostras suficientes forem coletadas)
Não leva em conta as diferenças regionais	Pode fornecer dados sobre diferenças regionais
Mais econômica	Pode se mostrar muito cara, se for devidamente realizada, com a devida frequência e número de amostras

Fonte: Franklin, 2002

A norma D5231-92 (Reapproved 2008) *American Society for Testing and Materials* (ASTM, 2008) fornece metodologia para execução da técnica de amostragem. O método descreve os procedimentos de medição da composição dos resíduos sólidos urbanos não transformados, empregando triagem manual. O número mínimo de amostragem é de uma semana.

O Brasil não dispõe de um sistema eficiente para coleta de dados sobre resíduos sólidos. O IBGE realiza a Pesquisa Nacional de Saneamento Básico, mas os dados não são recentes, sendo que o último levantamento foi realizado em 2008 (IBGE, 2010). Anualmente a Secretaria Nacional de Saneamento Ambiental, através do Sistema Nacional de Informações Sobre Saneamento (SNSA), divulga os resultados do Diagnóstico Nacional de Manejo de Resíduos Sólidos referentes há dois anos anteriores, sendo que em Junho de 2013 foram divulgados os resultados referentes a 2011 (SNSA, 2013).

O próprio Instituto de Pesquisa Econômica Aplicada (IPEA, 2012) assumiu ter dificuldade em compatibilizar os dados disponibilizados pelo IBGE, pela SNSA e por trabalhos técnicos para elaboração do diagnóstico para a proposta preliminar do Plano Nacional de Resíduos Sólidos. A Lei 12.305 (Brasil, 2010) cria o Sistema Nacional de Informações sobre a Gestão dos Resíduos Sólidos (Sinir), que será abastecido com informações pela União, Estados, Distrito Federal e Municípios, de forma conjunta.

Em caracterizações menos específicas, os resíduos são divididos em 6 grandes grupos, conforme é apresentado na Figura 4.

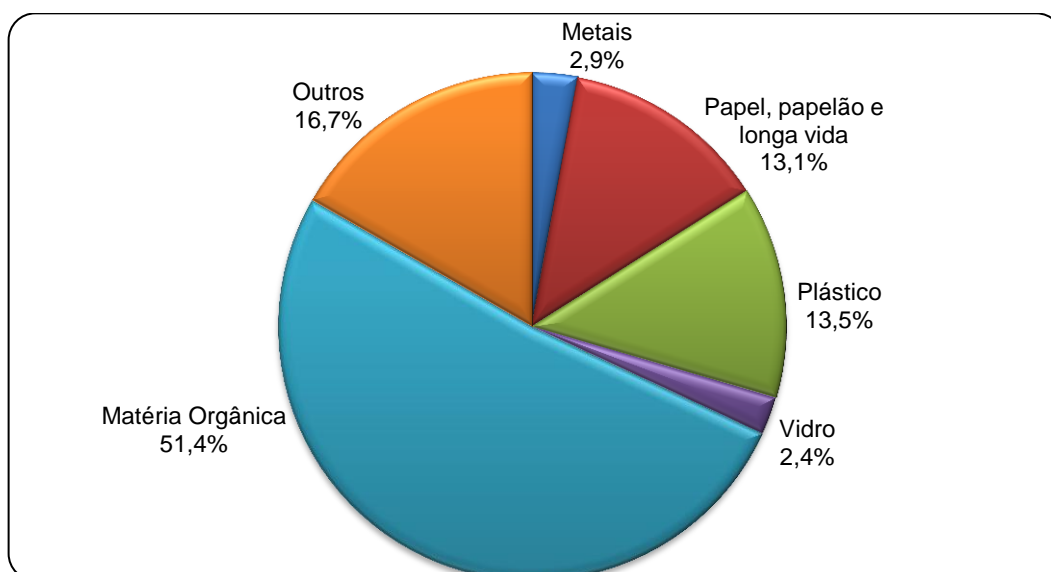


Figura 4. Estimativa da composição gravimétrica dos resíduos sólidos coletados no Brasil
Fonte: IPEA, 2012

A Figura 5 apresenta a composição do resíduo sólido domiciliar brasileiro proveniente da coleta seletiva.

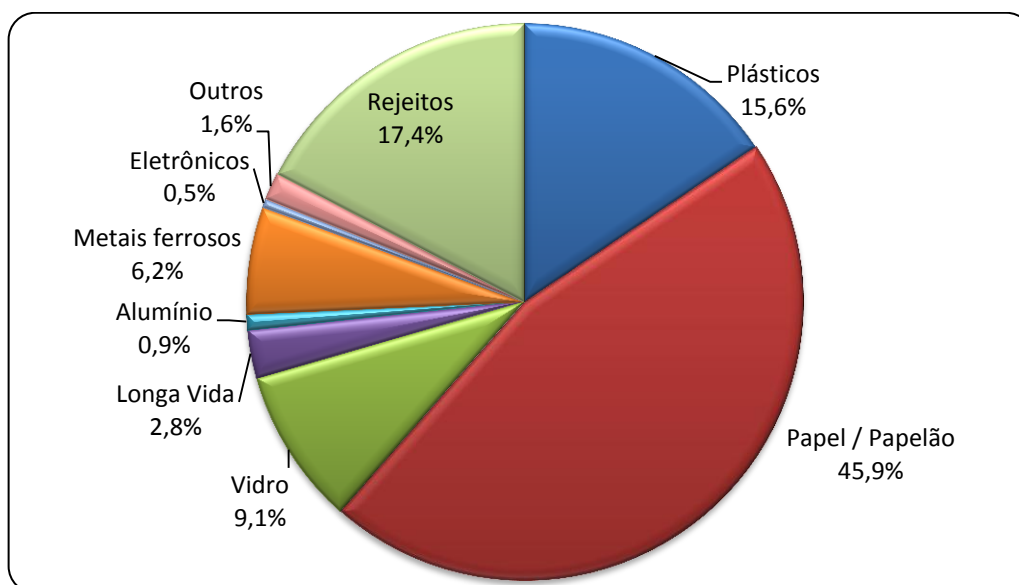


Figura 5. Média da composição gravimétrica da coleta seletiva
Fonte: CEMPRE, 2012

Em caracterizações mais específicas os resíduos recicláveis podem ser subdivididos. Erra (1993) *apud* McDougall *et al.* (2001, p.189) sugere uma classificação bem mais específica, com 62 subdivisões, conforme Figura 6.

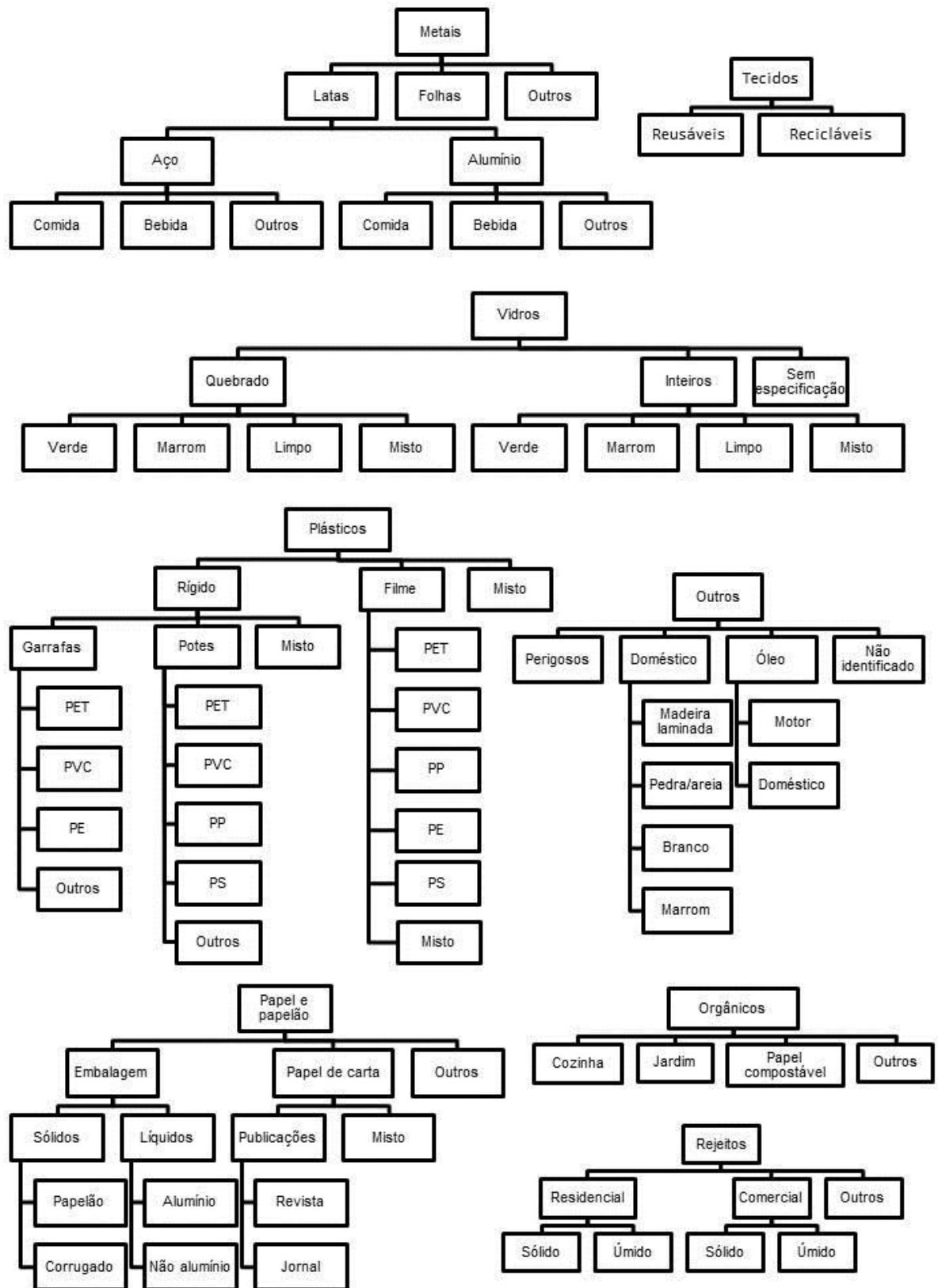


Figura 6. Classificação dos resíduos sólidos domiciliares
 Fonte: Adaptado de Erra *apud* McDougall *et al.* (2001), p. 189 (Tradução da Autora)

2.1.3.1 Papel

O papel é formado por fibras celulósicas que se entrelaçam umas com as outras, garantindo resistência. A principal matéria-prima para a obtenção industrial dessas fibras é a madeira, proveniente do tronco das árvores. No Brasil, a produção de celulose e papel utiliza essencialmente espécies de eucalipto, que levam de seis a sete anos para atingir a idade de corte. Para produzir uma tonelada de papel são consumidas cerca de 20 árvores de eucalipto (Santos *et al.*, 2001).

O papel tem múltiplas aplicações, possuindo diversas classificações, as principais são: Papéis para imprimir e escrever (livros, jornais, revistas, cadernos, etc.), papéis para embalagens (alimentos, remédios, roupas, e etc.), papel cartão, papéis para fins sanitários (guardanapos, lenços, absorventes e etc.) e papéis especiais (selos, do papel moeda, filtros de café e etc.) (IBA, 2014a).

O Brasil é um importante produtor mundial de papel e celulose, aparecendo como 4º maior produtor de celulose e 9º maior na produção de papel. Além de abastecer o mercado doméstico, exporta produtos principalmente para países da América Latina, União Européia e América do Norte (IBA, 2014b).

2.1.3.2 Vidro

O vidro é um material cerâmico, feito à base de sílica. Embora esteja sendo amplamente substituído pelo plástico, ainda é muito utilizado para armazenar alimentos, bebidas e medicamentos. A sua principal característica para esse fim é a propriedade de manter características químicas e organolépticas do conteúdo (Vellini e Savioli, 2009). Existem diferentes tipos de vidros, entre eles, destacam-se o vidro soda-cal, vidro borossilicato (que contém óxido de boro) e o vidro de chumbo (que possui óxido de chumbo) (Henrique e Fiorio, 2013).

A fabricação de peças de vidro envolve a fundição da matéria prima entre 1.600 °C e 1.800 °C, seguida por moldagem e lento resfriamento (Henrique e Fiorio, 2013). O material pode passar repetidamente por este ciclo, sem perda de propriedades, permitindo a reciclagem.

2.1.3.3 Metais

Os metais são divididos em dois grandes grupos: os ferrosos (como aço e ferro fundido) e não ferrosos (como chumbo, zinco, cobre e o alumínio).

O ferro é encontrado em utensílios domésticos, ferramentas, peças de automóveis e estruturas de edifícios. O aço é utilizado para fabricação de latas de alimentos, peças de automóveis, aço para a construção civil, dentre outros. O alumínio é o metal que mais aparece no RSU brasileiro, proveniente principalmente de latas de bebidas. O cobre é amplamente utilizado para fabricação de cabos telefônicos e enrolamentos elétricos, encanamentos.

2.1.3.4 Plásticos

Os polímeros podem ser divididos em duas grandes categorias: termoplásticos e termofixos.

Os termoplásticos podem ser repetidamente aquecidos, conformados e resfriados sem perdas significativas das propriedades, sendo facilmente reciclados pelo processo mecânico, que consiste na limpeza, moagem e seguinte reinserção na indústria. Os termoplásticos mais comuns encontrados no RSU são o PET (politereftato de etileno), o PEAD (polietileno de alta densidade) o PVC (policloreto de vinila), PEBD (polietileno de baixa densidade) o PP (polipropileno) e o PS (poliestireno) (Piva e Wiebeck, 2011). A Tabela 2 algumas características dos principais plásticos encontrados no resíduo domiciliar brasileiro.

Tabela 2. Principais características e usos dos plásticos convencionais.

Polímero	Código ABNT	Densidade (g/cm ³)	Aparência	Principal Uso
PET	1	1,33-1,39	Transparente, translúcido, opaco	Embalagens de refrigerante e óleo, dentre outras
PEAD	2	0,94-0,96	Translúcido, opaco	Tampas, sacolas de supermercado, filmes
PVC	3	Flexível: 1,16-1,35 Rígido: 1,35-1,45	Transparente, opaco	Filmes Tubulação
PEBD	4	0,91-0,93	Opaco, translúcido	Tampas, filmes
PP	5	0,89-0,91	Transparente, translúcido, opaco	Tampas, potes de iogurte e margarina, copos descartáveis, sacolas de supermercado, filmes
PS	6	1,04-1,10	Translúcido, transparente	Copos descartáveis, potes de iogurte

Fonte: Manrich *et al.*, 1997

A Figura 7 apresenta a frequência de cada um dos termoplásticos citados acima no resíduo sólido domiciliar proveniente da coleta seletiva brasileira.

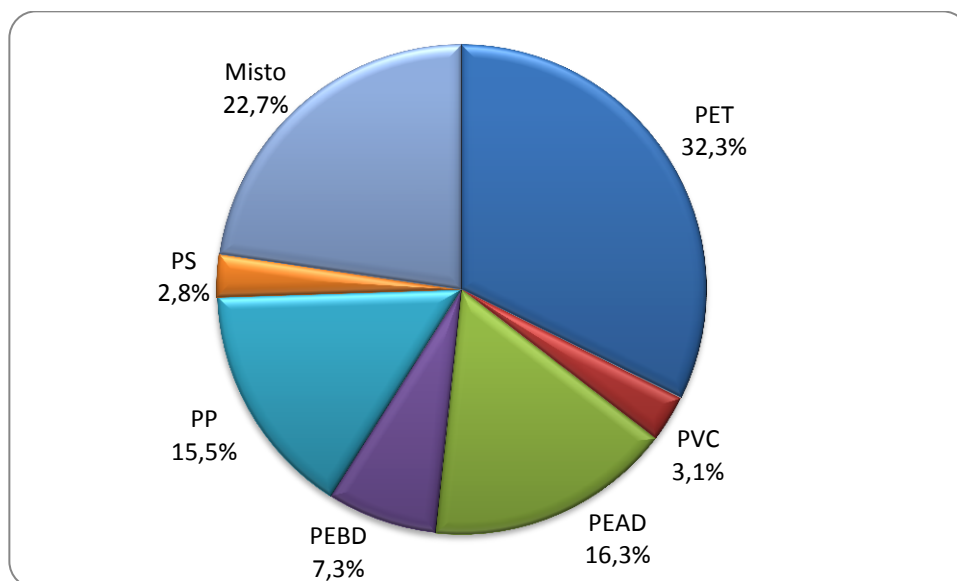


Figura 7. Perfil dos plásticos encontrados na coleta seletiva
Fonte: CEMPRE, 2012

Os termoplásticos representam 80% dos plásticos consumidos no Brasil, geralmente para uso descartável ou em produtos com curta vida útil, conforme Tabela 3 (Piva e Wiebeck, 2011).

Tabela 3. Estimativa de vida útil de alguns plásticos segundo sua finalidade e participação

Polímeros	Aplicação (%)			
	Embalagens (1 a 2 anos)	Utensílios domésticos, brinquedos (3 a 5 anos)	Recipientes automóveis e componentes eletrônicos (6 a 9 anos)	Tubos, materiais para construção civil, fios e móveis (mais de 10 anos)
PEBD	87	5	2	6
PEAD	32	40	25	3
PP	41	17	32	10
PVC	18	10	13	59
PS	52	10	35	3

Fonte: Piva e Wiebeck, 2011

2.2 GESTÃO INTEGRADA DE RESÍDUOS SÓLIDOS

Segundo o inciso X do art. 3º da Lei 12.305 (Brasil, 2010b), o termo gerenciamento de resíduos sólidos se refere a

[...] conjunto de ações exercidas, direta ou indiretamente, nas etapas de coleta, transporte, transbordo, tratamento e destinação final ambientalmente adequada dos resíduos sólidos e disposição final ambientalmente adequada dos rejeitos, de acordo com plano municipal de gestão integrada de resíduos sólidos ou com plano de gerenciamento de resíduos sólidos.

Segundo o mesmo artigo, no inciso XI, o termo gestão integrada de resíduos sólidos se refere a

[...] conjunto de ações voltadas para a busca de soluções para os resíduos sólidos, de forma a considerar as dimensões política, econômica, ambiental, cultural e social, com controle social e sob a premissa do desenvolvimento sustentável.

Ou seja, além de todas as implicações técnicas, o manejo de resíduos sólidos deve levar em consideração os pilares do desenvolvimento sustentável e do controle social.

Segundo Tchobanoglous *et al.* (2002), a gestão dos resíduos sólidos se torna complexa, pois exige a interação de tecnologias associadas à geração, manejo, armazenamento, coleta, transferência, transporte e disposição final. Todas estas etapas devem ser realizadas seguindo uma lógica legal e social de modo a proteger a saúde da população e do ambiente, de modo economicamente viável. Todas estas etapas dependem de ações interdisciplinares da administração, finanças, direito, arquitetura, planejamento e engenharia.

Para Sachs (2004), o crescimento econômico é uma condição necessária, mas não suficiente para alcançar a meta de uma vida mais feliz. O termo desenvolvimento em seu contexto histórico surge como uma forma de reduzir a grande desigualdade social. Em vez de maximizar o Produto Interno Bruto (PIB), visa-se promover a igualdade. O conceito desenvolvimento sustentável agrega a preocupação ambiental à social e à econômica.

Para Sachs (2009), não é necessário retroceder ao tempo dos ancestrais, mas sim transformar o conhecimento para a invenção de uma nova sociedade de biomassa (recursos naturais sustentáveis). O grande desafio está na elaboração de estratégias que respeitem o meio ambiente sem desacelerar ou prejudicar a indústria. O sucesso está em desenvolver sistemas produtivos artificiais análogos ao

ecossistema natural e torná-los cada vez mais produtivos através da aplicação da ciência moderna.

Segundo McDougall *et al.* (2001), as chaves para a gestão integrada de resíduos sólidos são:

1. Uma abordagem global;
2. Uso de variedade de métodos de coleta e tratamento;
3. Lidar com todos os materiais no fluxo de resíduos;
4. Ser ambientalmente eficaz;
5. Ser economicamente acessível;
6. Ser socialmente aceitável.

Ainda segundo McDougall *et al.* (2001), um sistema integrado deve incluir a coleta e triagem dos resíduos, seguido de envio para reciclagem, tratamento biológico, tratamento térmico e aterramento em aterro sanitário.

A Figura 8 apresenta esquematicamente as etapas da gestão dos resíduos sólidos domiciliares, frente às premissas da PNRS.

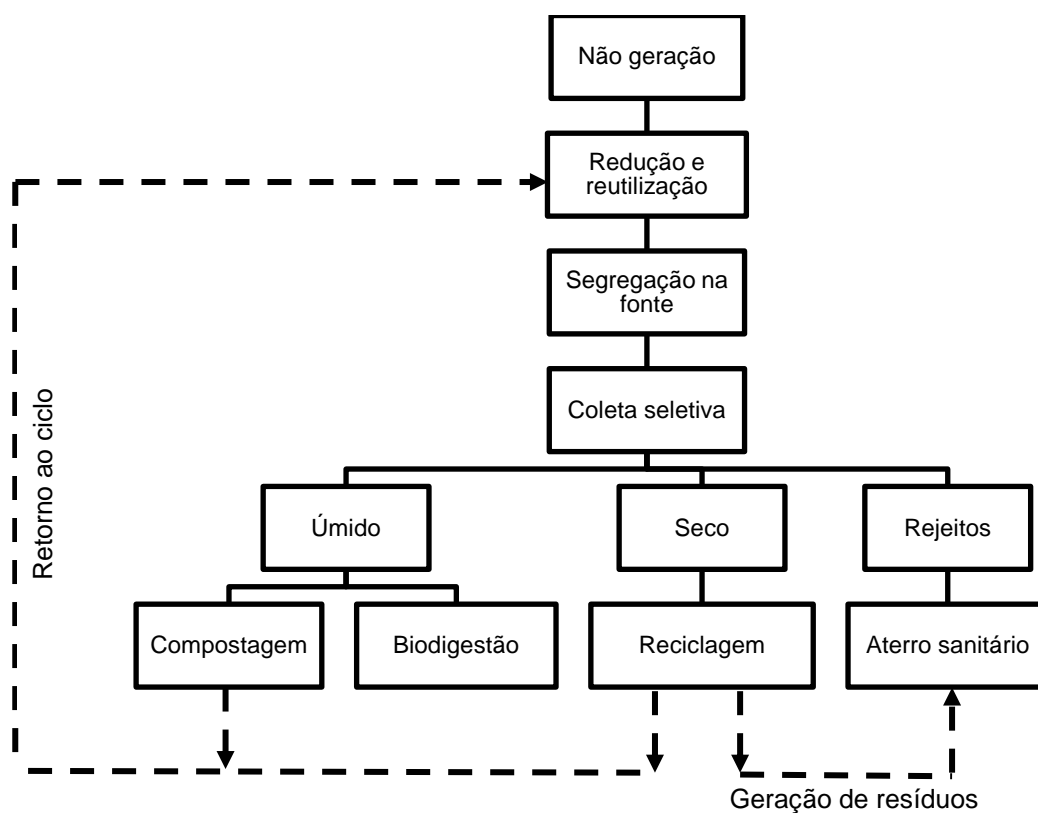


Figura 8. Fluxograma da gestão dos resíduos sólidos domiciliares
Fonte: Brasil, 2010; Lima, 2004; McDougall *et al.*, 2001 (Elaborado pela autora)

A seguir serão descritos os conceitos de cada uma das etapas e suas implicações frente à gestão integrada.

2.2.1 Não geração, redução e reutilização

Os termos não geração e redução consistem em minimizar o volume e/ou toxicidade do resíduo. A redução da quantidade de resíduos traz grandes ganhos econômicos para o município, pois há menos gastos com coleta, transporte e disposição final. Além dos ganhos ambientais com a menor emissão de gases provenientes da queima de combustível no transporte e aumento de vida útil de aterros sanitários (Leverenz, 2001).

São atitudes que podem ser aplicadas em todo o ciclo de vida de um produto, desde a produção até atitudes simples do consumidor final, escolhendo produtos que gerem menos resíduo, como por exemplo evitando o consumo excessivo de sacolas plásticas, utilizando as retornáveis ou um volume maior por sacola (Tchobanoglous *et al.*, 2002).

Para Leverenz (2001), alguns dos passos para a redução da geração de resíduos são a redução ou eliminação da toxicidade do material utilizado na manufatura e nas embalagens de produtos e o *redesign* dos produtos para que tenham maior tempo de vida, reusabilidade e reparabilidade.

A reutilização de embalagens para guardar outros itens e realização de artesanato são exemplos de formas de reaproveitamento. O exemplo mais comum é a devolução de garrafas de vidro que, após um rígido processo de lavagem e desinfecção, podem ser reutilizadas pelo fabricante de bebidas.

2.2.2 Coleta

A coleta dos resíduos sólidos começa nas residências, segue com encaminhamento destes até uma central de tratamento ou triagem e termina com o transporte dos rejeitos até a disposição final. A gestão da coleta de resíduos sólidos domiciliares é uma das etapas mais complexas do sistema, já que uma grande variedade de resíduos, recicláveis e não recicláveis, são gerados em todas as residências e pontos comerciais (Theisen, 2001). A logística também é importante para a redução do consumo de combustível.

A coleta e o transporte do resíduo domiciliar gerado em imóveis residenciais, em estabelecimentos públicos e no pequeno comércio são de responsabilidade do órgão municipal. Para esses serviços, podem ser usados recursos próprios da

prefeitura, de empresas sob contrato de terceirização ou sistemas mistos. O resíduo dos grandes geradores (cabe ao órgão municipal definir o limite de geração para ser considerado grande gerador) deve ser coletado por empresas particulares, cadastradas e autorizadas pela prefeitura, sendo que a própria prefeitura pode realizar este serviço, mediante pagamento (Monteiro *et al*, 2001; Brasil, 2010).

A NBR 13.463 (ABNT, 1995) dispõe sobre a classificação da Coleta de Resíduos Sólidos, por esta norma, os sistemas de coleta são divididos em: regular (domiciliar, resíduos de feiras, praias e calçadões, coleta de varredura, coleta de serviços da saúde, coleta de resíduos com risco para a saúde); especial; seletiva; e particular (de resíduos industriais, resíduos comerciais e em condomínios).

Os resíduos são divididos em três grupos:

- Seco: composto principalmente por papel, vidro, metal e plástico.
- Úmido: composto por restos de alimentos, cascas de frutas, podas de árvores e grama (praticamente toda matéria susceptível de putrefação).
- Rejeito: materiais que não apresentam, atualmente, condições favoráveis ao reuso e à reciclagem.

Para a coleta regular, é muito comum o uso de caminhões compactadores, que reduzem o volume do resíduo e aumentam a eficiência de coleta no trajeto. Para coleta seletiva é indicado o uso de veículos coletores sem compactação, ou compactação controlada, para não danificar o material (Monteiro *et al*, 2001).

A Figura 9 apresenta um exemplo de caçamba para coleta seletiva, acoplado ao caminhão de coleta regular.



Figura 9. Caçamba para coleta seletiva, acoplado ao caminhão de coleta normal
Fonte: Camargo, 2011

Catadores comumente utilizam carrinhos com tração humana ou animal (cavalos), devido ao baixo custo de manutenção. Recentemente, com a formalização da profissão de catadores e organização em cooperativas, carrinhos de tração a motor elétrico têm sido utilizados (Figura 10). A adaptação de bicicletas a carroças também tem sido realizada, em projeto de Santa Cruz do Sul/RS, conhecido como “cavalo de lata” (G1 RS, 2013), conforme Figura 11.



Figura 10. Carrinho elétrico para coleta seletiva no município de Novo Hamburgo, Rio Grande do Sul
Fonte: Zero Hora, 2013



Figura 11. Adaptação de bicicleta à gaiola para coleta de recicláveis, do projeto "Cavalo de lata"
Fonte: G1 RS, 2013

Além da coleta residencial, porta a porta, o município pode deixar a disposição da população Pontos de Entrega Voluntária (PEV's), onde a população descarta os resíduos separadamente. Para facilitar a identificação, a resolução 275 do CONAMA (CONAMA, 2001) estabelece cores para cada tipo de material, conforme o Quadro 2.

AZUL	Papel/papelão
VERMELHO	Plástico
VERDE	Vidro
AMARELO	Metal
MARROM	Orgânico
PRETO	Madeira
LARANJA	Resíduos perigosos
BRANCO	Resíduos de serviços de saúde

Quadro 2. Cores para segregação por tipo de resíduo
Fonte: CONAMA, 2001 (Elaborado pela autora)

2.2.3 Centrais de Triagem

As centrais de triagem servem como ponto de apoio para recebimento dos materiais recolhidos pela coleta regular ou seletiva, catadores de rua, PEV's e/ou até mesmo resíduos levados pela população. Na central, os resíduos passam por uma triagem fina, sendo separados conforme o interesse de venda. A Figura 12 apresenta o *layout* básico de uma central de triagem, a Figura 13 mostra a disposição dos catadores e uma mesa de triagem.

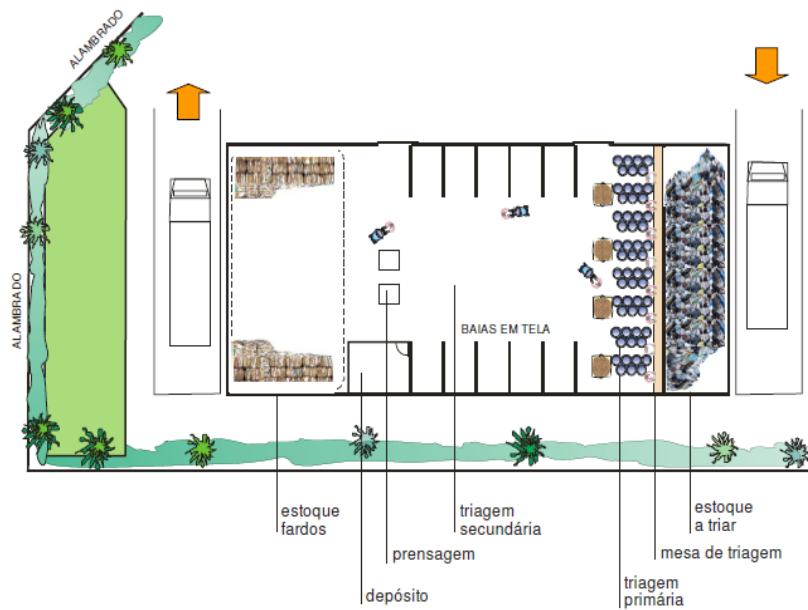


Figura 12. Layout básico de uma central de triagem
Fonte: Pinto, s.d

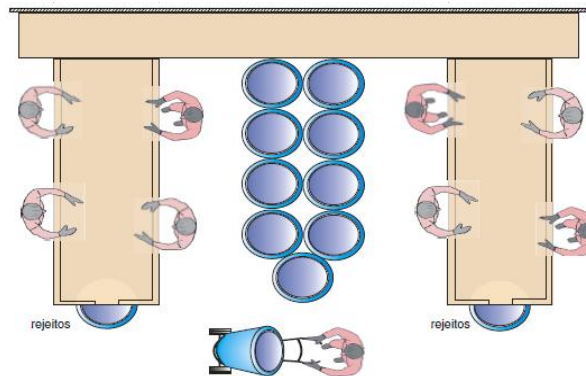


Figura 13. Disposição de catadores em mesas de triagem
Fonte: Pinto, s.d

De acordo com Pinto (s.d), para facilitar a triagem, agregar valor à venda e profissionalizar as atividades na central alguns equipamentos são necessários, tais como: prensa enfardadeira, balança, carrinho plataforma e empilhadeiras.

Segundo Pereira Neto (2007a), as atividades com resíduo urbano não geram receita que garanta sucesso empresarial, o autor atribui os raros casos de sucesso ao fato de serem centrais de triagem que recebem mais de 80 toneladas por dia, ter mercado para os recicláveis, contar com incentivo do ICMS-Ecológico e empregar tecnologia adequada. Assim as principais motivações para o investimento no gerenciamento de resíduos devem ter origens ambientais e sociais, como a melhoria da saúde pública, economia de recursos naturais, dentre outros.

Calderoni (2003) atribui este tipo de opinião ao fato de restringir o olhar somente para partes do processo, considerando somente o balanço preço de coleta/preço de venda, sem considerar fatores como a economia com coleta regular e envio de material para aterro.

2.2.4 Destinação de resíduos sólidos

Entende-se como destinação ambientalmente adequada qualquer forma de uso pós-consumo como a reutilização, reciclagem, compostagem, recuperação e o aproveitamento energético e a disposição final, conforme art. 3º da lei 12.305 (Brasil, 2010b).

Há muitas tecnologias disponíveis para reduzir o volume de resíduos sólidos nos aterros sanitários, desde tecnologias mais simples como a reciclagem e reaproveitamento, até as mais complexas como o tratamento térmico e a recuperação de energia.

Mesmo possuindo legislação que dispõe sobre a gestão dos resíduos sólidos há mais de 20 anos, através da Lei 9.921 de 1993 (Rio Grande Do Sul, 1993), no Rio Grande do Sul somente 50,1% dos resíduos coletados recebem uma destinação ambientalmente adequada (aterro sanitário, unidade triagem e compostagem), 19,5% dos resíduos ainda são destinados para lixões (SNSA, 2013), conforme Figura 14.

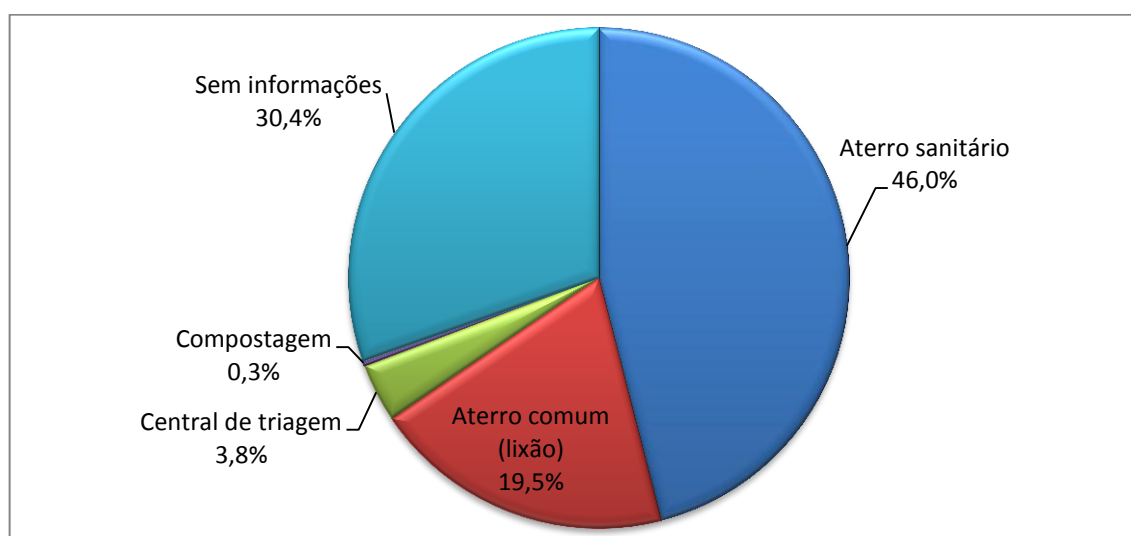


Figura 14. Destinação dos resíduos sólidos domiciliares no estado do Rio Grande do Sul no ano de 2011

Fonte: Adaptado de SNSA, 2013

No cenário nacional, 19,8% dos resíduos são destinados a lixões e 19,4% a aterros controlados. O índice de reciclagem é de somente 1,4% e compostagem somente 0,8%, conforme Figura 15.

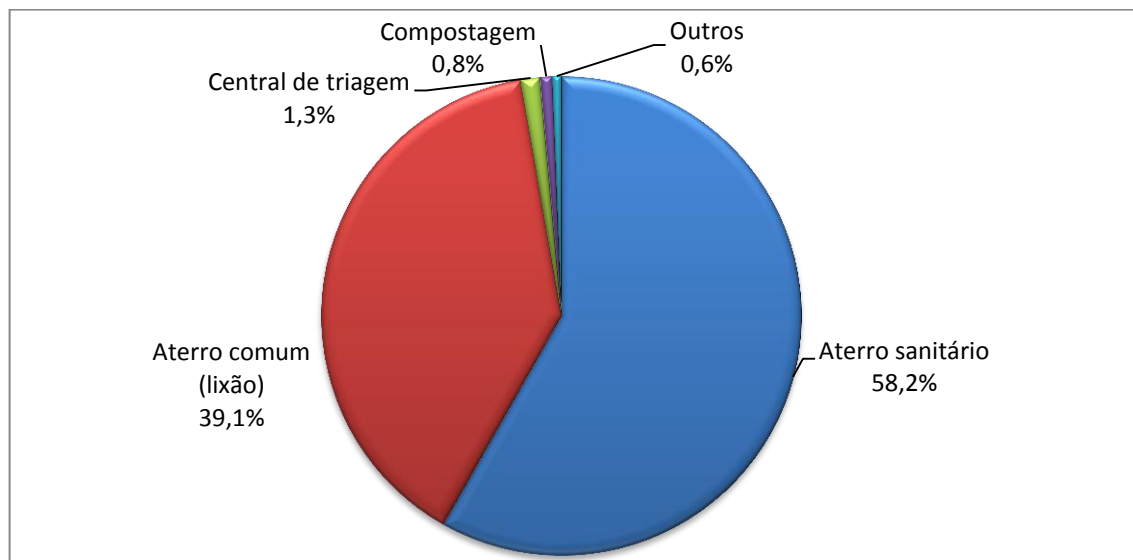


Figura 15. Destinação dos resíduos sólidos domiciliares no Brasil em 2008
Fonte: Adaptado de IPEA, 2012

2.2.4.1 Reciclagem

A reciclagem envolve o retorno do resíduo ao ciclo produtivo como matéria prima. Para Tchobanoglous *et al.* (2001) a reciclagem talvez seja a técnica mais positivamente vista e factível. Os benefícios são muitos, pois há redução no uso de matéria prima virgem (consequente preservação dos recursos naturais) além de reduzir o volume de resíduos no aterro sanitário.

Teixeira e Zanin (1999) consideram a reciclagem uma das etapas essenciais na gestão integrada de resíduos sólidos de uma comunidade.

Tchobanoglous *et al.* (2002) alerta que deve haver sinergia entre as ações do governo e da indústria, para evitar que haja mais produto reciclado que demanda para utilizá-lo. Outro ponto que merece atenção são as usinas de reciclagem ilegais, que podem não ter o devido cuidado ao trabalhar com resíduos que contenham elementos perigosos como óleos, solventes e metais pesados.

Quanto aos materiais encontrados nos resíduos sólidos domiciliares e potencialmente recicláveis estão papéis, vidros, metais, plásticos.

2.2.4.1.1 Reciclagem de papel

A reciclagem de papel ocorre, mesmo que de forma rústica, desde 105 d.c. A reciclagem de 1 tonelada de papel evita o corte de 10 árvores e utiliza 10 a 50 vezes menos água do que na produção de papel a partir da matéria prima virgem (a celulose), além de utilizar metade da energia elétrica (Grippi, 2001). Para venda possui várias subdivisões como papel branco, colorido, papelão, embalagens longa vida e jornal, dentre outras, com diferentes valores. Em 2011, 45,5% do papel disponibilizado no mercado brasileiro foi reciclado (Bracelpa, 2014), porém muito se perde pela disposição indevida junto com matéria orgânica, o que o inutiliza.

Devido a sua origem vegetal, resíduos e papel e papelão podem passar por um processo de solubilização e fermentação e serem transformados em bioetanol. O produto final pode ser utilizado como combustível em automóveis (Wang *et al.*, 2012) .

Wang *et al.* (2012) avaliaram o ciclo de vida para três opções de destinação para o papel: transformação em bioetanol, reciclagem e tratamento térmico com recuperação de energia. No geral, um tratamento térmico de alto nível tecnológico foi a opção mais favorável para o gerenciamento de resíduos de papel de escritório e papelão. Para resíduos de jornal e revista, a opção de reciclagem foi ambientalmente semelhante a opção de tratamento térmico. No entanto, se não houver demanda para o calor gerado, a aplicação desta técnica não se justifica. Os autores concluem que não há uma opção universalmente melhor do que a outra, uma vez que todas as opções possuem pontos positivos e negativos.

2.2.4.1.2 Reciclagem do vidro

Os vidros são reciclados conforme cor e origem e podem ser separados em planos (janelas e espelhos) e curvos (potes e garrafas) (Teixeira e Zanin, 1999). No Brasil, somente 49% do vidro é reciclado (ABIVIDRO, 2008), pois a maioria dos catadores não tem interesse devido ao baixo valor de venda.

O vidro reciclado pode ser utilizado para fabricação de porcelana, material de construção, calçadas e estradas de asfalto. O processo de reciclagem de vidro é composto pelas seguintes etapas: triagem para retirada de impurezas, redução de tamanho, peneiramento, lavagem e secagem. Conforme Chao e Liao (2011), a etapa

mais crítica esta na secagem. O forno é operado continuamente sem ser desligado até o final da sua vida útil, e não há etapa de limpeza entre o processamento de diferentes cores de vidro, podendo haver contaminação e mistura de cores, reduzindo o valor agregado do produto final.

Vellini e Savioli (2009) realizaram um estudo visando comparar o impacto ambiental do uso de embalagens PET e de vidro. O primeiro comparativo entre os dois materiais é quanto a massa utilizada por embalagem: para fabricação de 1 m³ de embalagem, são utilizados 30 kg de PET e 660 kg de vidro. Esta comparação impacta diretamente em todos os demais resultados. Quando os impactos gerados pela produção dos materiais são analisados, o vidro possui um desempenho ambiental muito mais favorável, mas quando considera-se novamente a massa necessária por unidade, o resultado é o contrário. Os resultados dos autores indicam que a produção de recipientes de vidro pode ser mais ambientalmente benigna do que a produção de recipientes em PET, somente se a reutilização e reciclagem atingirem uma taxa de 80%.

2.2.4.1.3 Reciclagem dos metais

O Brasil aparece em quinto lugar na lista de países que mais reciclam alumínio (Figura 16). Quando se fala especificamente de latas de alumínio, o Brasil assume a liderança, reciclando 97,1% das latas comercializadas, ultrapassando países como Japão (92,5%), e EUA (67,0%) (ABAL, 2011).

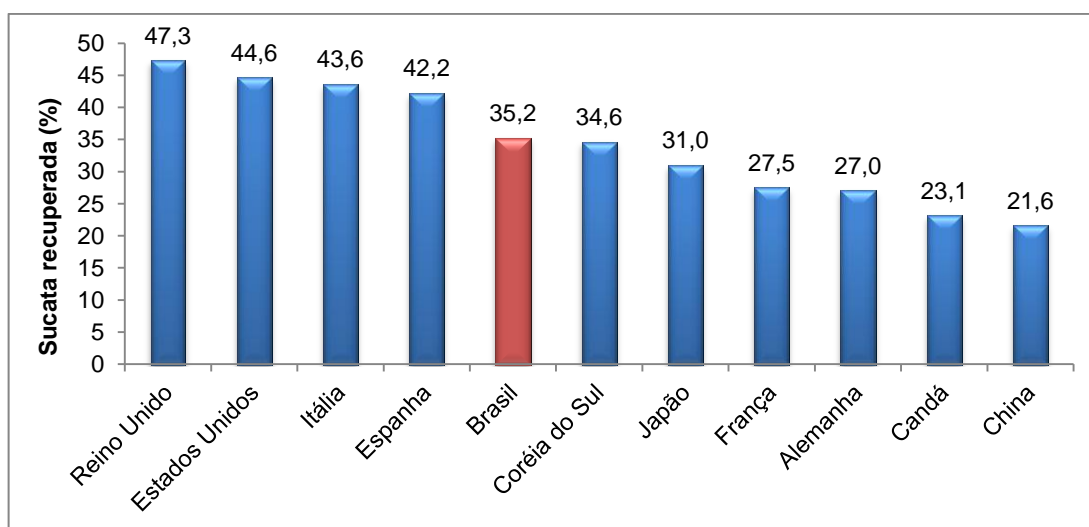


Figura 16. Relação entre sucata de alumínio recuperada e consumo doméstico em 2011
Fonte: ABAL, 2011

Quanto aos resíduos de metais ferrosos, o consumo de sucata no mundo aumentou cerca de 12% entre 1950 e 2008. O Brasil aparece como 7º país que mais produz aço, e o 6º que mais recicla (Yellishetty *et al.*, 2011).

Em muitos casos, os metais de interesse a serem reciclados, estão inseridos em alguma bem que chegou ao final de sua vida útil, como veículos e eletrônicos. O processo de reciclagem dos metais começa então na remoção de contaminantes e recuperação de materiais e peças valiosos. Algumas peças podem ser removidas e reutilizadas mais uma vez antes de seguir para a reciclagem. Após este processo de triagem, o material a ser reciclado passa para etapa de moagem e em seguida para as etapas usuais de fabricação de artigos em metal. Os índices de recuperação de sucata só não são maiores pela pouca disponibilidade, uma vez que muitos dos bens de consumo que fabricados em metal possuem vida útil superior a 10 anos ou podem ser reutilizados várias vezes antes do descarte (Yellishetty *et al.*, 2011).

O principal ganho ambiental na reciclagem de metais esta na eliminação da etapa de refino do minério, etapa que além de remover recursos naturais da natureza, consome muita energia. De acordo com uma estimativa do *World Steel Association* (2010), a reciclagem 1.000 kg de sucata evita a extração de 1.400 kg de minério de ferro, 400 kg de carvão e 55 kg de calcário.

2.2.4.1.4 Reciclagem dos plásticos

O plásticos podem ser reciclados por 4 vias diferentes:

- Reciclagem primária ou mecânica:

Quando a reciclagem é realizada dentro do processo industrial de produção, reutilizando aparas ou materiais com defeito novamente como matéria-prima. A principal característica é o baixo índice de contaminação (Teixeira e Zanin, 1999)

- Reciclagem secundária ou mecânica pós-consumo:

A aplicação da reciclagem secundária no Brasil está em pleno desenvolvimento, mas ainda se encontra em um estágio muito inferior, tanto em termos técnicos quanto efetivos. Os principais entraves são a contaminação pelo descarte não seletivo, a ausência de técnicas que atendam plenamente as características de processamento de materiais pós-consumo, em alguns casos não há ganhos financeiros que justifiquem o uso de material reciclado (Teixeira e Zanin, 1999; Brown, 1993).

A Figura 17 apresenta um fluxograma esquemático do processo de reciclagem mecânica, nota-se que o processo gera um efluente líquido que deve ser tratado e um resíduo que deve ser encaminhado para aterro.

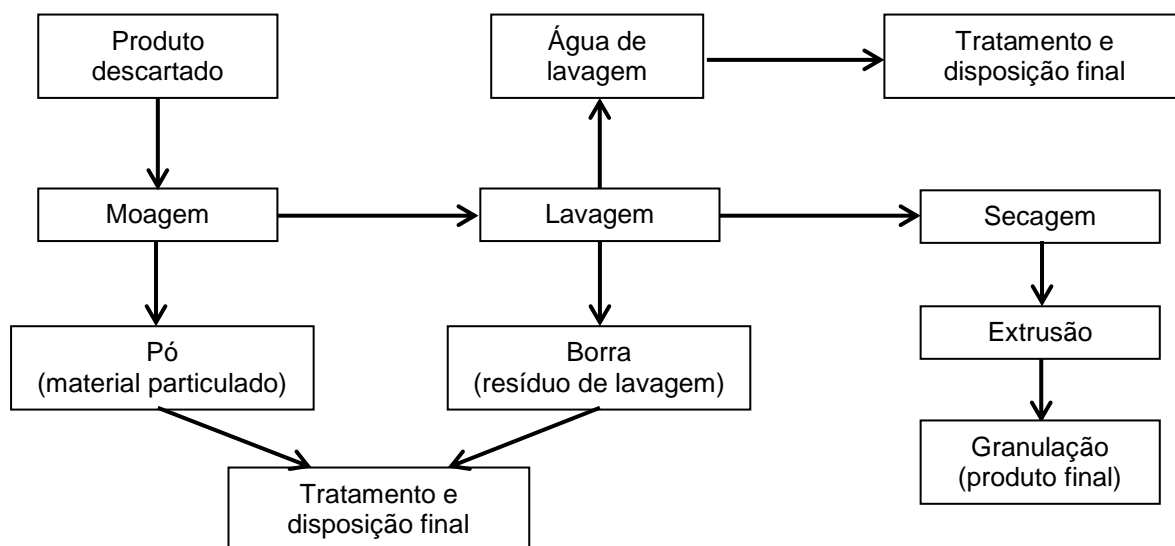


Figura 17. Fluxograma esquemático da reciclagem mecânica para plásticos
 Fonte: Piva e Wiebeck, 2011

- Reciclagem terciária ou química:

A reciclagem química tem sido amplamente estudada, principalmente para a reciclagem de polímeros. O material é aquecido e decomposto novamente em monômeros com auxílio de água (hidrólise), produtos químicos (solvólise) ou gases (gaseificação). O processo pode resultar em uma substância combustível ou em um produto químico a ser utilizado na síntese do polímero que lhe deu origem (Piva e Wiebeck, 2011).

- Reciclagem quaternária ou energética:

Conhecida também como reciclagem energética ou térmica. O processo consiste no tratamento térmico dos resíduos com recuperação de energia. A maior preocupação com relação a esta tecnologia consiste na possível liberação de gases tóxicos (Brown, 1993).

Conforme Brown (1993), uma das dificuldades da reciclagem de termoplásticos está na correta identificação desses, que, por possuírem características diferentes, não podem ser processados juntos sem perdas de propriedades. No caso das embalagens de alimentos, estas não podem ser destinadas novamente para fins alimentícios, sem passar por um rigoroso processo que garanta a sua desinfecção. No Brasil, a RDC 20 de 2008 (ANVISA, 2008) dispõe

sobre o uso de embalagens PET grau alimentício pós-consumo reciclado destinado a entrar em contato com alimentos.

Apesar de serem termoplásticos e serem facilmente reciclados por um processo de reciclagem mecânica, alguns detalhes dificultam esta prática. Os polietilenos de alta e baixa densidade são os mais reciclados, tanto pela grande presença no mercado quanto pela disponibilidade. Frascos de polietileno são amplamente utilizados para o armazenamento de óleos (alimentício e indústria) exigindo um rigoroso processo de limpeza para não comprometer a qualidade do produto final (Piva e Wiebeck, 2011).

Embalagens de polipropileno frequentemente recebem impressão, a tinta é volatilizada pelo calor durante o processo de extrusão, além de precisar de um sistema de degasagem para liberação dos vapores, estes podem danificar o equipamento (Piva e Wiebeck, 2011).

O poliestireno libera gases quando reprocessado, o que exige um sistema de extrusão com degasagem. O poliestireno expandido, mais conhecido pelo nome comercial Isopor®, é pouco procurado por recicladores pelo fato de possuir densidade extremamente baixa, ocupando muito espaço de armazenamento e baixo peso. Alguns recicladores possuem a prática de adicionar um pouco de EPS ao PS durante o processo de moagem (Piva e Wiebeck, 2011).

Objetos feitos com PVC possuem em sua composição muitos aditivos, que podem influenciar negativamente no processo de reciclagem, fazendo com que este tenha suas propriedades mecânicas reduzidas. Outro empecilho para a reciclagem do PVC é a possibilidade liberação de Cloro quando submetido ao calor. O gás Cloro além de tóxico pode danificar o equipamento (Piva e Wiebeck, 2011).

A reciclagem do PVC é extremamente crítica quando realizada pelo método energético. A queima deste material libera ácido clorídrico (HCl) que pode reagir com outros hidrocarbonetos aromáticos formando dioxinas (Brown, 1993).

O PET é higroscópico (absorve água) e deve passar por secagem rigorosa após a lavagem e toda contaminação deve ser eliminada.

Para todos os tipos de plástico, a qualidade do produto reciclado é extremamente dependente da correta separação. Para identificação e separação pode-se utilizar os códigos da norma ABNT 13230:2006, a correlação produto polímero, o aspecto (transparente, translúcido, etc.) comportamento mecânico (rigidez, dureza, etc.), ou pela diferença de densidade (Manrich *et al.*, 1997).

Dentre as contaminações, a maior dificuldade é a separação do PVC, que possui densidade semelhante ao PET, e não pode ser separado pela técnica de diferença de densidade. 1 ppm de PVC no PET pode inutilizar o material. Durante a limpeza do PET não deve ser utilizados materiais detergentes, pois o mínimo resíduo pode degradar o material nas etapas seguintes (Piva e Wiebeck, 2011).

2.2.4.1.5 Benefícios da reciclagem

Especula-se se o processo de reciclagem traz somente benefícios, ou se a energia demandada e os resíduos do processo seriam mais prejudiciais que o aterramento do material. Nestes casos, a avaliação do ciclo de vida (ACV) do produto pode elucidar estas dúvidas. A NBR 14040 (ABNT, 2001) define Avaliação do Ciclo de Vida como a “compilação e avaliação das entradas, das saídas e dos impactos ambientais potenciais de um sistema de produto ao longo do seu ciclo de vida”, sendo que o ciclo de vida compreende os “estágios sucessivos e encadeados de um sistema de produto, desde a aquisição da matéria-prima ou geração de recursos naturais à disposição final”.

A ACV é uma ferramenta que permite avaliar o impacto ambiental potencial de um produto ou atividade durante o seu ciclo de vida, identificando quais estágios do ciclo de vida tem contribuição mais significativa para o impacto ambiental (Coltro, 2007).

No gerenciamento do resíduo sólido urbano, a ACV se mostra uma ferramenta auxiliar na tomada de decisões para avaliar qual opção é menos ambientalmente danosa.

Após avaliação do ciclo de vida de sacolas de polietileno, Queiroz e Garcia (2010) comprovaram que além da geração de renda, a reciclagem traz grandes ganhos ambientais, já que reduz o consumo de recursos naturais (matéria prima e energia), a emissão de poluentes para o ar e a disposição em aterros. Como desvantagem, há um pequeno aumento no consumo de água, devido ao processo de lavagem do material, que utiliza agentes de limpeza e pode liberar sólidos não solúveis.

O IPEA (2010) realizou a Pesquisa Sobre Pagamento por Serviços Ambientais Urbanos para Gestão de Resíduos Sólidos, para subsidiar a elaboração da Política Nacional de Pagamento por Serviços Ambientais Urbanos (Psau). Foi

necessário, primeiramente, estimar quais os benefícios, atuais e potenciais, gerados pela reciclagem dos principais materiais recicláveis, sendo que os benefícios foram definidos como a diferença entre os custos gerados pela produção a partir de matéria-prima virgem e os custos gerados para a produção dos mesmos bens a partir de material reciclável.

Os resultados da primeira parte da pesquisa estão resumidos na Tabela 4. A conclusão apresentada indica que os benefícios potenciais da reciclagem para a sociedade brasileira, caso todo o resíduo reciclável que é encaminhado para aterros e lixões nas cidades brasileiras fosse reciclado, são estimados em R\$ 8 bilhões anuais. Os valores servem apenas como estimativa, pois se deve levar em consideração que foram feitas muitas suposições e adaptações de metodologias.

Tabela 4. Estimativa dos benefícios econômicos e ambientais gerados pela reciclagem

Materiais	Benefícios relacionados ao processo produtivo (R\$/t)		Benefícios (custos) relacionados à gestão de resíduos sólidos (R\$/t)		Benefício por tonelada (R\$/t)	Quantidade disponível nos resíduos coletados (t/ano)	Benefício potencial (R\$ mil/ano)
	Benefícios econômicos	Benefícios ambientais	Coleta	Disposição final			
Aço	127	74			88	1.014	89.232
Alumínio	2.715	339			2.941	166	488.206
Celulose	330	24	136	23	241	6.934	1.671.094
Plástico	1.164	56			1.107	5.263	5.826.141
Vidro	120	11			18	1.110	19.980
TOTAL							8.094.653

Fonte: IPEA, 2010

2.2.4.2 Compostagem

Segundo Pereira Neto (2007b), conceitualmente matéria orgânica é todo produto proveniente de corpos orgânicos contendo basicamente os elementos carbono (C), hidrogênio (H₂) e oxigênio (O₂). Porém, em um sentido mais amplo, o termo relaciona-se a todo composto de carbono suscetível de putrefação. De um modo geral é composto por resíduos animais, vegetais, sobras de alimentos, frutas e legumes, folhas, gramas, etc.

O autor define a degradação ou biodegradação da matéria orgânica como à decomposição desses resíduos por micro-organismos. Quando bem controlado, o processo conhecido como compostagem viabiliza o uso do material resultante como

fertilizante. Quando não bem controlado, pode gerar gases e líquidos com elevado potencial de contaminação do ar, solo e águas, além da atração e proliferação de insetos e roedores.

A compostagem de baixo custo envolve processos simplificados e é realizada em pátios, onde os materiais a serem compostados, a “massa de compostagem”, dependendo do volume diário a ser compostado, podem ser dispostos em montes de forma cônica (as pilhas de compostagem) ou em montes de forma prismática (as leiras de compostagem) (Pereira Neto, 2007b).

Apesar de parecer simples, a compostagem exige o controle de parâmetros como umidade, oxigenação, temperatura, concentração dos nutrientes, tamanho de partículas e pH. A matéria-prima a ser compostada deve estar livre de inertes (metais, pedras, vidros, etc.), ter partículas com diâmetro médio de 25 mm, umidade de aproximadamente 55% e uma relação carbono/nitrogênio (C/N) de 35/1. A mistura de 70% de material palhoso com 30% de resíduo urbano garante uma proporção C/N ideal (Pereira Neto, 2007b).

Na recepção, o caminhão de coleta despeja os resíduos em uma moega de alimentação, em seguida os resíduos não compostáveis, como papel, plásticos e vidros são retirados na etapa de triagem. Depois de triado o resíduo segue para o bioestabilizador, um cilindro metálico rotativo (de diâmetro de até 3,5 metros e de comprimento de 25 a 30 metros), com pontos estratégicos de insuflação de ar, onde ocorre a trituração da matéria orgânica por abrasão sob condições controladas de pH, temperatura e umidade. O bioestabilizador tem por finalidade reduzir o tamanho das partículas e promover a pré-fermentação do material. Devido à temperatura atingida, organismos patogênicos, parasitas, larvas, sementes de vegetais e ervas daninhas são eliminados. Na saída do bioestabilizador tem-se o composto cru, que é levado ao pátio de maturação primária onde fica por no mínimo 60 dias, disposto na forma de leiras com altura de 1,5 a 1,8 metros. Depois deste período é encaminhado ao pátio de maturação secundária, onde fica por mais 30 dias. O bioestabilizador torna o investimento neste método mais caro (Bidone e Povinelli, 1999; Barros, 2012).

Nos processos *Windrow* e de *Leiras Estáticas Aeradas* o material não passa pelo bioestabilizador antes de ir para as leiras, e o composto precisa ser aerado e ter sua temperatura controlada durante todo o processo de estabilização e maturação. No processo por Leiras Estáticas a aeração é forçada, pela insuflamento de ar. No

processo Windrow é realizado reviramento constante para aeração e estabilização da temperatura (que fica mais quente na parte central e mais baixa da leira), o reviramento pode ser manual, com o auxílio de pás, ou com maquinários. Este último processo é mais recomendado para municípios de pequeno e médio porte, por exigir menor investimento financeiro (Bidone & Povinelli, 1999; Diaz *et al.*, 2002).

A minhocultura (ou vermicompostagem) também pode ser utilizada para o tratamento dos resíduos orgânicos. Pode ser realizada em canteiros, o que facilita em termos de organização, ou diretamente no solo, pois, se as condições dos substratos estiverem adequadas às minhocas, elas não irão fugir. Os canteiros devem ter, no máximo, 40 cm de altura, sejam leiras, anéis de concreto e canteiros de alvenaria, bambu etc., de tal forma que aproximadamente 35 cm sejam ocupados por substrato e o restante por cobertura com palha, conforme Figura 18. A cobertura com palha é importante para manter a umidade e proteger as minhocas da incidência de luz (Aquino, 2009).



Figura 18. Minhocultura
Fonte: Aquino, 2009

O comprimento do canteiro pode variar de acordo com a disponibilidade da área. A largura deve ser de no máximo 1 m, para facilitar o manejo do canteiro, que deve ter drenagem, ou seja, escoamento de água suficiente para que a mesma não se acumule no fundo (Aquino, 2009).

Apesar de ser um país com economia fortemente baseada na agricultura, o Brasil não tem a tradição da produção de composto orgânico. Muitas das iniciativas se encerram logo, muitas vezes por falta de recursos financeiros, conhecimento técnico e principalmente planejamento (Lima, 2004).

No estado do Rio Grande do Sul são poucas as unidades de compostagem, dentre elas encontram-se a Ecocitrus em Montenegro (criada por iniciativa da

agroindústria) (Ecocitrus, 2013), e a Cigres (Consórcio Intermunicipal de Gestão de Resíduos Sólidos) em Seberi (Cigres, 2013).

O resíduo proveniente da reciclagem da fração orgânica pode ser utilizado como condicionador de solos e como adubo para plantas em geral. Os principais efeitos da inserção deste composto no solo são: melhoria da estrutura do solo, aumento da capacidade de absorção de água, ativação da vida microbiana, melhor aeração, estabilização do pH e efeito controlador sobre pragas e doenças daninhas (Barros, 2012).

2.2.4.3 Biodigestão

A biodigestão consiste na compostagem de materiais putrescíveis em sistemas fechados, conhecidos como biodigestores, que ocupam menos espaço, permitem um melhor controle dos parâmetros e o aproveitamento dos gases gerados para geração de energia (Diaz *et al.*, 2002).

Os digestores anaeróbios em disponibilidade no mercado mundial apresentam ampla variedade em termos de projeto (cilíndricos, retangulares), de regime de operação (contínuos ou de batelada), de temperatura de processo (mesofílico ou termofílico), de grau de umidade (via úmida ou via seca), entre outros parâmetros. Todos eles, entretanto, têm em comum o fato de que seu produto é sempre um biogás composto por dióxido de carbono (33% a 42%) e metano (55% a 65%) dentre outros gases. O digerido apresenta composição apropriada para uso em agricultura (Via Pública, 2012).

2.2.4.4 Tratamento térmico

O tratamento térmico, também conhecido com incineração, é considerado um dos meios mais eficazes para redução do volume e toxicidade dos resíduos (Bruner, 2002).

Esta é uma prática antiga, na sua forma mais rudimentar consiste em atear fogo a uma pilha de resíduo. A cinza resultante era espalhada sobre o solo ou incorporada como elemento auxiliar na agricultura. Hoje o método foi aperfeiçoado para reduzir os impactos ambientais, e ocorre de forma controlada em equipamentos fechados (Lima, 2004).

O processo de queima do resíduo urbano geralmente libera gases como dióxido de carbono (CO₂), dióxido de enxofre (SO₂), nitrogênio (N₂), oxigênio (O₂), água (H₂O), cinzas e escória compostos por metais ferrosos e inertes como vidros e pedras. Quando a combustão é incompleta pode ocorrer a formação de monóxido de carbono (CO) e a dissociação de nitrogênio, formando monóxido de nitrogênio (NO) e pentóxido de dinitrogênio (N₂O₅) (Lima, 2004).

Para que o tratamento térmico seja economicamente viável, deve-se levar em consideração alguns critérios. Se o teor de umidade do resíduo for alto, e/ou se o seu poder calorífico for baixo, será necessária grande quantidade de combustíveis fósseis para sustentar a queima. Sais inorgânicos não são incineráveis, e se houver grande quantidade deste material no resíduo, poderá haver liberação de particulados para a atmosfera e formação de uma grande quantidade de escória não reaproveitável. A presença de ácidos ou halogenados pode ser danosa para o equipamento e para o meio ambiente (Bruner, 2002).

O tratamento térmico também é conhecido como reciclagem energética devido a possibilidade de aproveitamento do calor gerado durante a queima para a geração de energia.

Os incineradores para a queima de resíduos sólidos urbanos são os mais difíceis de dimensionar e operar principalmente pela natureza diversificada do material. A ampla variedade de características físicas torna os parâmetros de combustão difíceis de prever (Bruner, 2002).

O tratamento térmico está em pauta no Brasil. Durante a 4ª Conferência Nacional do Meio Ambiente foi definido como proposta prioritária no Eixo 2

[...] criar lei federal e/ou mudança na redação da Lei 12.305/2010, que proíba toda e qualquer incineração de resíduos sólidos, desde a incineração de resíduos domésticos até a incineração para geração de energia (termoelétrica), e todo e qualquer tipo de incineração, incentivando a implementação de tecnologias limpas para tratamento dos resíduos sólidos e geração de novos produtos, como a biodigestão (energia limpa) e compostagem para resíduos orgânicos (MMA, 2014).

Esta foi uma demanda muito grande por parte do movimento dos catadores, que visam com esta proposta resguardar maior quantidade de resíduos recicláveis. Mas nota-se o termo “*que proíba toda e qualquer incineração de resíduos sólidos*”, o que reduziria as opções de tratamento para resíduos perigosos não recicláveis, como os compostos orgânicos persistentes.

2.2.5 Disposição final

As consequências da disposição e do tratamento inadequado dos resíduos sólidos se reflete em tópicos não tão visíveis e de consequências a longo prazo. A decomposição de resíduos em aterros sanitários gera dióxido de carbono (CO₂) e metano (CH₄), gases poluentes altamente responsáveis pelo aquecimento global. Segundo cálculos realizados por CEMPRE e CETEA/ITAL (s.d), considerando que um grama de metano gera 25 gramas de dióxido de carbono, no Brasil 158 milhões de toneladas de CO_{2eq} foram emitidas na atmosfera em 2008 pela decomposição do resíduo sólido urbano.

A fração degradável do resíduo domiciliar, quando disposta inadequadamente em aterros sanitários, libera 250 m³ de CO₂ por tonelada, enquanto que em um processo de compostagem libera 100 m³/t. Dependendo do volume de chuvas, a biodegradação da fração orgânica em aterros sanitários libera até 315 litros de chorume por tonelada de resíduo (Bovea e Powell, 2006).

Lima (2004) ressalta que por conter substâncias de alto valor energético, os resíduos dispostos irregularmente se tornam foco de proliferação de organismos, que podem atuar como vetores de doenças respiratórias, epidérmicas, intestinais e outras enfermidades que podem ser fatais, como a cólera, o tifo e a leptospirose. Porém os mais conhecidos são os macrovetores, como ratos, baratas e moscas. Os primeiros registros de epidemias relacionadas ao mau manejo dos resíduos sólidos data da Idade Média, quando a peste bubônica fez 43 milhões de vítimas na Europa. Foi esta crise que fez com os administradores públicos comesçassem a se preocupar mais com a correta disposição final dos resíduos.

2.2.5.1 Aterros sanitários

A prática de aterrar o resíduo é uma técnica antiga, há registros de 2500 anos antes de Cristo na Mesopotâmia, onde os Nabateus enterravam seus resíduos domésticos e agrícolas, após um período desenterravam para usar como composto orgânico na agricultura (Lima, 2004).

Os aterros sanitários são construídos segundo critérios e normas de engenharia, com a devida impermeabilização do solo e cobertura diária do material. Conforme a NBR 13.896 (ABNT, 1997), que estabelece diretrizes para a construção

de aterros para resíduos não perigosos, o planejamento para construção deve levar em consideração itens como a distância dos aglomerados urbanos, distância de recursos hídricos (rios e lençóis freáticos), permeabilidade do solo, localização de jazidas de material de cobertura.

Em aterros sanitários deve haver drenos para liberação controlada de gases da decomposição (como CH_4 e CO_2). Os drenos de gases consistem em tubos verticais de concreto perfurados (Lima, 2004). Falhas no sistema de captação e liberação de gases podem causar explosões espontâneas (Cardilli, 2011), principalmente em lixões desativados (Dantas e Rodrigues, 2010). Aterros sanitários bem estruturados podem aproveitar os gases captados na geração de energia (Lima, 2004), considerando que um aterro emite uma boa quantidade de metano durante 30 anos, conforme Figura 19.

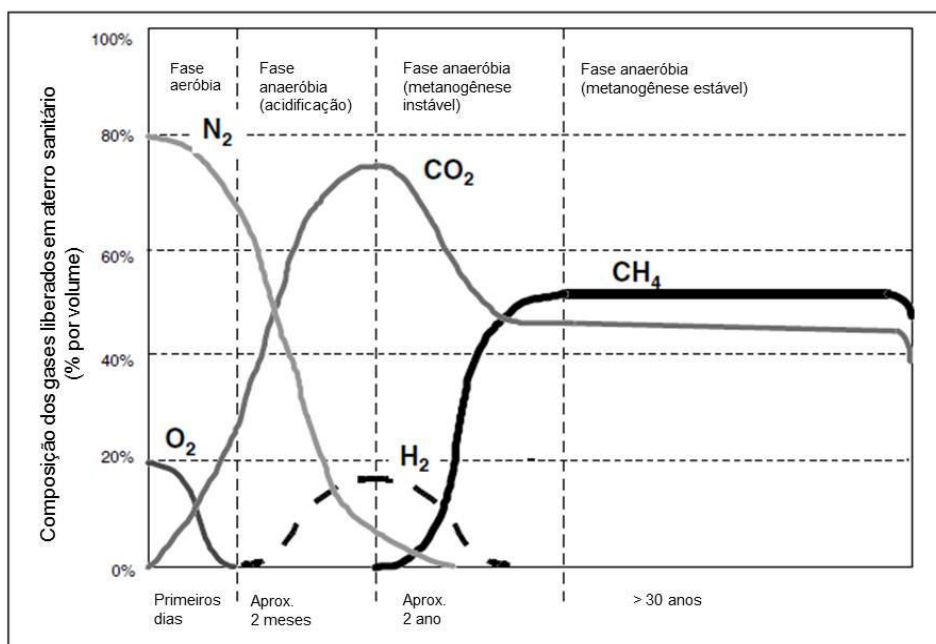


Figura 19. Composição dos gases no aterro sanitário ao longo do tempo
Fonte: Ramke (1991) apud McDougall *et al.* (2001), tradução da Autora

Também deve haver drenos para coleta do lixiviado, líquido proveniente da água da chuva e produtos de degradação dos resíduos. O lixiviado deve ser drenado para lagoas de estabilização (o que facilita a degradação aeróbia) ou ser tratado quimicamente ou com filtros biológicos (Pereira Neto, 2007a).

2.2.6 Logística reversa

O art. 3º da Lei 12.305 (Brasil, 2010b) define logística reversa como

Instrumento de desenvolvimento econômico e social caracterizado por um conjunto de ações, procedimentos e meios destinados a viabilizar a coleta e a restituição dos resíduos sólidos ao setor empresarial, para reaproveitamento, em seu ciclo ou em outros ciclos produtivos, ou outra destinação final ambientalmente adequada;

Segundo a Lei 12.305, a estruturação das cadeias de Logística Reversa é de responsabilidade de fabricantes, importadores, distribuidores e comerciantes (art. 31), sendo que cabe a eles tomar todas as medidas necessárias para assegurar a implementação e operacionalização do sistema de logística reversa sob seu encargo (art. 33). O consumidor tem a responsabilidade de acondicionar adequadamente e de forma diferenciada os resíduos sólidos gerados, disponibilizar adequadamente os resíduos sólidos reutilizáveis e recicláveis para coleta ou devolução (art. 35), dentro do conceito de gestão compartilhada pelo ciclo de vida do produto.

Para Xavier e Corrêa (2013), a Logística Reversa pressupõe uma abordagem mais ampla que a mera atividade de transporte dos resíduos a partir da etapa pós-consumo, assim como na Logística Direta compreende ações de transporte e armazenagem. As várias possibilidades para tratamento e destinação dos materiais pós-consumo incluem, cada vez mais, ações que priorizam o reuso, acondicionamento e reinserção de materiais na cadeia produtiva.

Conforme o art. 33 da Lei 12.305 (Brasil, 2010b), são obrigados a estruturar e implementar sistemas de logística reversa, mediante retorno dos produtos após o uso pelo consumidor, de forma independente do serviço público de limpeza urbana e de manejo dos resíduos sólidos, os fabricantes, importadores, distribuidores e comerciantes de: agrotóxicos, seus resíduos e embalagens (assim como outros produtos cuja embalagem, após o uso, constitua resíduo perigoso); pilhas e baterias; pneus; óleos lubrificantes, seus resíduos e embalagens; lâmpadas fluorescentes, de vapor de sódio e mercúrio e de luz mista; produtos eletroeletrônicos e seus componentes.

A cadeia de logística reversa pode ser firmada através de regulamento ou em acordos setoriais, através de termos de compromisso firmados entre o poder público e o setor empresarial (art. 33). Até o momento, somente os Acordos Setoriais

para agrotóxicos e suas embalagens, pneus e óleos lubrificantes e suas embalagens estão firmados.

- Agrotóxicos e suas embalagens: O sistema de logística reversa é realizado pelo InPev (Instituto Nacional de Processamento de Embalagens Vazias) e conta com a participação de 10 entidades e 98 empresas. Cabe ao agricultor levar as embalagens vazias (após tríplice lavagem) até pontos de coleta instalados estrategicamente conforme regiões de maior consumo, o InPev se responsabiliza pelo transporte das embalagens destes pontos até a destinação final, que pode ser a reciclagem ou o tratamento térmico (Inpev, 2014).

- Pneus inservíveis: A Reciclanip foi criada em março de 2007 pelos fabricantes de pneus novos Bridgestone, Goodyear, Michelin e Pirelli e, em 2010, a Continental juntou-se à entidade. Para ter seus pneus inservíveis recolhidos pela Reciclanip, as prefeituras devem entrar em contato e firmar um Convênio de Cooperação Mútua para abertura de um Ponto de Coleta de Pneus, que deve ser coberto, e para onde serão levados não somente os recolhidos pelo setor de limpeza pública, mas também pela população, borracheiros e outros. A Reciclanip recolhe os pneus do Ponto de Coleta sem custos para o município e destina a locais homologados pelo IBAMA (Instituto Brasileiro do Meio Ambiente e dos Recursos Naturais Renováveis). As principais destinações hoje são o coprocessamento (utilização como combustível alternativo em fornos de cimenteiras, em substituição parcial ao coque de petróleo), fabricação de artefatos (tapetes para automóveis, pisos industriais e pisos para quadras poliesportivas) e fabricação de manta asfáltica (Reciclanip, 2014).

- Óleos lubrificantes e suas embalagens: O sistema foi estruturado e disponibilizado pelos fabricantes, importadores e distribuidores de lubrificantes. Sendo responsabilidade do consumidor devolver no ponto de compra as embalagens vazias. As embalagens são descontaminadas e recicladas. A abrangência deve ser atingir todo o país até o final do ano de 2014 (Jogue Limpo, 2014).

- Eletroeletrônicos e seus componentes: No dia 12 de Junho de 2013, a Abinee (Associação Brasileira da Indústria Elétrica e Eletrônica), em conjunto com a Abradisti (Associação Brasileira dos Distribuidores de Tecnologia da Informação) e o SindiTeleBrasil, entregou ao Ministério do Meio Ambiente (MMA), a Proposta de Acordo Setorial para Logística Reversa de Produtos Eletroeletrônicos e seus

Componentes da Linha Verde (Equipamentos de Informática e seus Acessórios e Celulares) em atendimento ao Edital de Chamamento 01/2013, publicado no Diário Oficial da União em 13 de fevereiro de 2013 (Abinee, 2013). A proposta está sendo analisada e o acordo setorial ainda não foi firmado.

- Pilhas: O Programa ABINEE Recebe Pilhas é uma iniciativa conjunta de fabricantes e importadores de pilhas e baterias portáteis das marcas participantes do programa. O projeto teve início em Novembro de 2010 com a finalidade de implantar os sistemas de logística reversa e destinação final, após o fim da vida útil, das pilhas comuns de zinco-manganês, pilhas alcalinas, pilhas recarregáveis e baterias portáteis. Para pedidos de coletas, o cliente deverá possuir no mínimo 30 kg de pilhas. O Rio Grande do Sul possui 141 pontos de coleta (GM&CLOG, s.d.).

- Lâmpadas: A proposta de acordo setorial foi entregue pela ABilumi (Associação Brasileira de Importadores de Produtos de Iluminação) no dia 1º de Novembro de 2013 atendendo ao Edital de Chamamento nº 01/2012 do Ministério do Meio Ambiente. O ponto chave que determina o sucesso da iniciativa depende que somente seja permitido colocar novas lâmpadas no mercado as empresas que se comprometerem financeiramente com as iniciativas de logística reversa no início do ciclo de vida do produto. Para isso, é essencial a criação por parte do governo de um mecanismo institucional que possa aferir este compromisso na entrada das lâmpadas no mercado, por meio dos sistemas de importação e sistemas de emissão de nota fiscal eletrônica. A proposta está sendo analisada pelo Ministério do Meio Ambiente (Abilumi, 2014).

- Embalagens em geral: Em Dezembro de 2012, em resposta ao Edital de Chamamento 02/2012, a Coalizão Empresarial, grupo de 22 entidades de classe que representam os fabricantes de embalagens, usuários, distribuidores e comerciantes, apresentou uma Proposta de Acordo Setorial para a Implementação do Sistema de Logística Reversa para Embalagens de Produtos Não Perigosos Pós Consumo ao MMA. Em Junho de 2013 o MMA solicitou alguns ajustes, e a nova proposta foi entregue em Agosto de 2013 e esta sendo novamente analisada pelo MMA (Abiplast, 2013).

- Medicamentos: Apesar de não estar dentre os itens listados na PNRS, está em estudo a implementação da logística reversa para medicamentos. Em 08 de Agosto de 2013 foi lançado o edital de chamamento com prazo de 120 dias para apresentação das propostas de acordos setoriais (GEBRIM, 2013), em 30 de

Janeiro de 2014 foi concedido um prazo de mais 60 dias (Ribeiro, 2014). A ANVISA (Agência Nacional de Vigilância Sanitária) está coordenando os estudos para implementação da cadeia de logística reversa em conjunto com as empresas farmacêuticas (ANVISA, 2013).

2.2.7 Inclusão de catadores

O Brasil possui hoje aproximadamente 800 mil catadores, 85 mil organizados no Movimento Nacional dos Catadores (MNCR), destes, 70% são mulheres (MNCR, 2014).

Um relatório de 2008 trás registros da desvalorização do catador, neste ano, na Bahia, o catador vendia o quilograma de garrafas PET pós-consumo por R\$ 0,15 a revendedores, que por sua vez vendiam o quilograma para indústrias de reciclagem por R\$ 0,90. O relatório aponta algumas práticas das indústrias recicladoras como precursoras deste tipo de injustiça, já que priorizam a compra de resíduos de vendedores que possam fornecer grandes quantidades, com entrega regular, em fardos com pagamento para 30 ou 40 dias. Catadores independentes não conseguem cumprir estes requisitos (ANVISA, 2008).

O art. 18 do Decreto 7.404 (Brasil, 2010a) prevê a participação de associações e cooperativas de catadores de materiais recicláveis quando estas forem capazes técnica e operacionalmente de realizar o gerenciamento dos resíduos sólidos, for economicamente viável e não houver conflito com a segurança operacional do empreendimento.

O §1º do art. 18 do Decreto 7.404 (Brasil, 2010a), prevê que na

[...] implementação e operacionalização do sistema de logística reversa 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.

O art. 57 da Lei 11.445 (Brasil, 2007) altera o inciso XXVII do caput do art. 24 da Lei no 8.666, de 21 de junho de 1993 (Brasil, 1993) dispensando de licitação

[...] na contratação da coleta, processamento e comercialização de resíduos sólidos urbanos recicláveis ou reutilizáveis, em áreas com sistema de coleta seletiva de lixo, efetuados por associações ou cooperativas formadas exclusivamente por pessoas físicas de baixa renda reconhecidas pelo poder público como catadores de materiais recicláveis, com o uso de

equipamentos compatíveis com as normas técnicas, ambientais e de saúde pública.

2.3 O MUNICÍPIO DE IMBÉ

O município de Imbé localiza-se no litoral norte do Rio Grande do Sul. Fundado oficialmente em 09 de Maio de 1988, conforme Lei nº 8.600, declarando o Município como emancipado de Tramandaí. Está localizado a 130 km da capital, Porto Alegre, com acesso pela BR 290 (Free-Way), RS-030, RS 389 (Estrada do Mar) e RS-786, o que possibilita receber turistas e veranistas nas quatro estações do ano. Imbé se limita ao nordeste com a divisa política do Município de Osório; ao sudeste com o canal da barra do Rio Tramandaí; ao noroeste com a Lagoa de Tramandaí e o canal de mesmo nome; e ao leste com o Oceano Atlântico, situando-se geograficamente entre os Municípios de Osório e Tramandaí (IBGE, 2010c). A Figura 20 apresenta a localização geográfica do município e um vista aérea do mesmo.



Figura 20. Município de Imbé
Fonte: IBGE, 2013; Litoral em Movimento, 2012

Segundo o último censo do IBGE (2010c), Imbé tem uma área de 40 km², com uma extensão de praia de 17 km, população fixa de 17.610 pessoas, a população rural representa menos de 0,1% do total. No verão (meses de Janeiro e Fevereiro) a população é de aproximadamente 115.000 pessoas.

A estrutura do município compreende rede telefônica DDD, ensino Municipal, Estadual e Federal, abastecimento de água potável pela CORSAN, fornecimento de energia elétrica pela CEEE, postos de saúde e postos da Brigada Militar. No Município, também se encontram Estações Meteorológicas do DEPREC, da

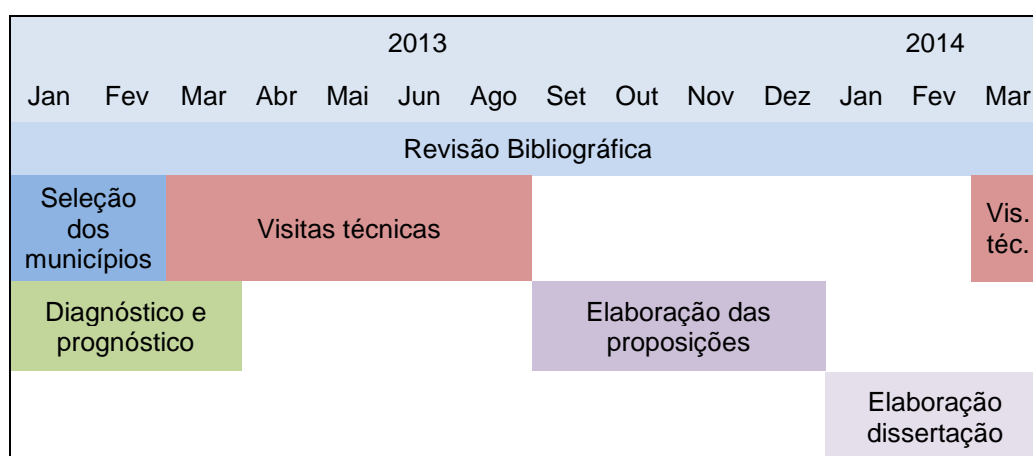
Petrobrás-Tedut e o Centro de Estudos Costeiros, Limnológicos e Marítimos da UFRGS-Ceclimar.

O produto interno bruto do Município em 2010 foi R\$ 227.212. Conforme dados do IBGE de 2009 (IBGE, 2013), os serviços municipais contam com 5 estabelecimentos de saúde, 6 escolas de ensino fundamental, 11 de educação infantil, dois CAPEBS (Centro de Apoio Pedagógico da Educação Básica Sônia Bauer I e II) e um Centro Referencial de Atendimento ao Educando - CRAE. O total de alunos da Rede Municipal é aproximadamente 2.813 e 152 professores.

Imbé é uma planta conhecida como Cipó-Imbé, Guaimbé, Banana-Imbé, daí a origem do nome do então Balneário, hoje Município, pois havia grande quantidade desta espécie na localidade.

3 METODOLOGIA

O Plano Municipal de Gestão Integrada de Resíduos Sólidos do município de Imbé foi elaborado no período de Janeiro a Dezembro de 2013, concomitante a elaboração do Plano, através de pesquisas *in loco* no município e revisão bibliográfica, foram realizadas visitas técnicas em unidades de triagem, para avaliação do sistema técnico operacional. O Quadro 3 apresenta um cronograma simplificado de realização das atividades.



Quadro 3. Cronograma simplificado de realização das atividades

A seguir são descritos os procedimentos para visitas técnicas e etapas de elaboração do plano.

3.1 VISITAS TÉCNICAS

O estudo de caso se mostra uma boa estratégia quando se deseja responder perguntas do tipo “como” e “por que”, quando o pesquisador tem pouco controle sobre os acontecimentos e quando se encontra em fenômenos contemporâneos inseridos em algum contexto da vida real (Yin, 2005). Assim, o estudo de caso através de visitas técnicas a centrais de triagem de referência se mostrou uma forma adequada, simples e viável para o conhecimento prático das atividades praticadas por alguns municípios no que diz respeito à inclusão de catadores, coleta seletiva, triagem e processamento de alguns resíduos poliméricos. Além das visitas técnicas, informações extras para complementação de dados foram

obtidas através de revisão bibliográfica e entrevistas, visando avaliar a postura dos responsáveis frente a gestão integrada.

Foram escolhidos cinco municípios pra visitação: Campo Bom, Dois Irmãos Novo Hamburgo e Três Coroas. Em Janeiro de 2014, a Cooperativa COPCAMATE (Cooperativa de Catadores de Materiais Recicláveis de Canoas) de Viamão entrou em contato com SEMMAP com uma proposta de prestação de serviço na futura Central de Triagem, por considerar uma proposta interessante essa foi adicionada a lista de centrais visitadas, em Março de 2014.

A seguir uma breve explicação sobre a escolha de cada município:

- Campo Bom, por ser uma das pioneiras na inclusão de catadores formais na tarefa de triagem de materiais. As informações foram obtidas por meio de pesquisa bibliográfica e junto a COOLABORE;
- Dois Irmãos, por ser pioneira e possuir coleta seletiva e triagem com inclusão de catadores a mais de 20 anos. As informações foram obtidas por meio de pesquisa bibliográfica e junto a Cooperativa dos Recicladores de Dois Irmãos;
- Novo Hamburgo, por ser referência em gestão social. As informações foram obtidas por meio de pesquisa bibliográfica e junto a:
 - Secretaria de Desenvolvimento Social;
 - Central de Catadores Unidade Centro;
 - Central de Catadores Unidade Roselândia;
- Três Coroas, por possuir serviço terceirizado de coleta seletiva e triagem. As informações foram obtidas junto a Secretaria de Agricultura e Meio Ambiente do município;
- Viamão, devido ao contato realizado pela COOPCAMATE em Janeiro de 2014.

A Figura 21 mostra a localização geográfica dos municípios estudados, a capital do Estado, Porto Alegre, foi destacada como referência.

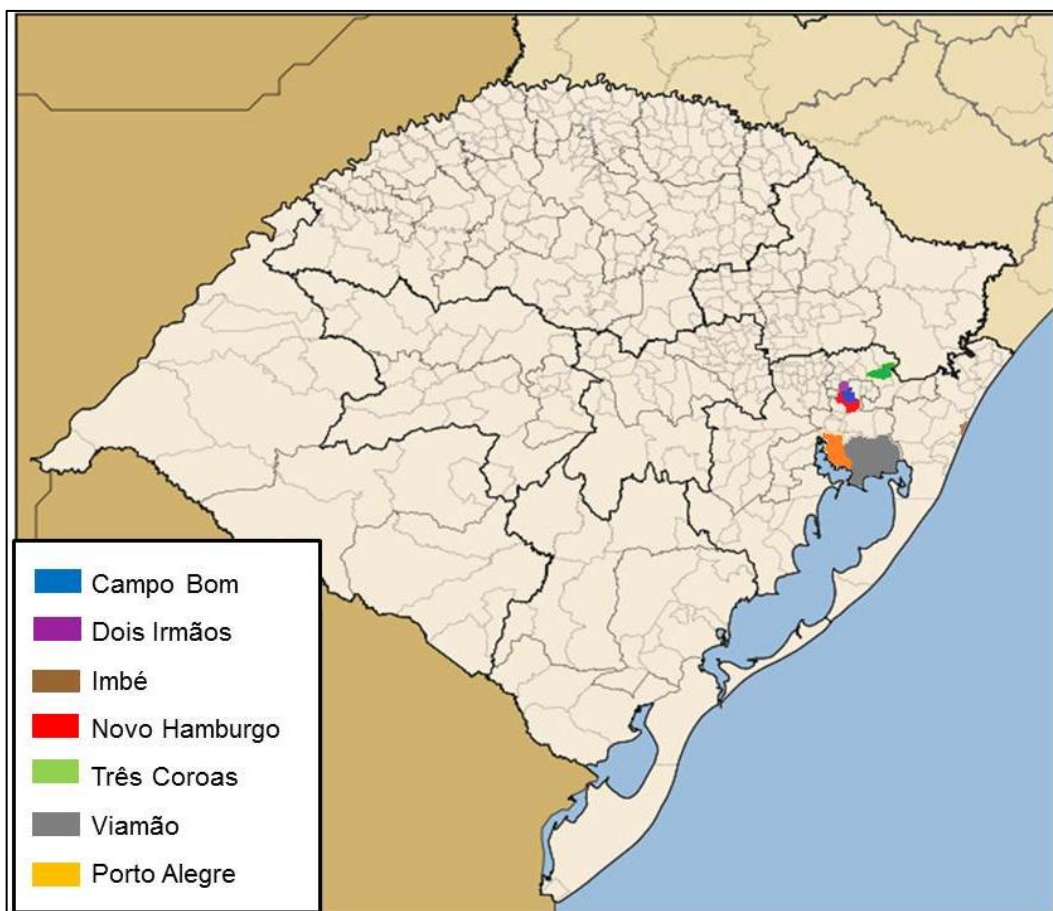


Figura 21. Localização dos municípios estudados

As entrevistas foram realizadas de forma não estruturada, deixando livre, principalmente aos coordenadores das cooperativas, que contassem sobre a história e o sistema de funcionamento das centrais. De modo geral, as entrevistas visavam obter as seguintes informações técnicas:

- Forma de organização;
- Forma de coleta;
- Quantidade recebida;
- Quantidade triada;
- Número de cooperativados;
- Materiais triados;
- Materiais não triados e por quê;
- Se é autossustentável;
- Se a venda é realizada para atravessadores ou diretamente à indústria;

As pesquisas bibliográficas adicionais foram realizadas para levantar dados sobre localização, população, espaço territorial e principal atividade econômica.

3.2 ELABORAÇÃO DO PLANO

O Plano Municipal de Gestão Integrada de Resíduos Sólidos foi elaborado atendendo as exigências do art. 51 do Decreto de Lei 7.404 (BRASIL, 2010a), para municípios com menos de 20.000 habitantes conforme último censo do IBGE, e a Resolução CONSEMA 17 (CONSEMA, 2001). O Plano foi dividido em 4 partes: diagnóstico, prognóstico, proposições e plano de metas.

3.2.1 Diagnóstico

A realização do diagnóstico visou a caracterização do município, juntando dados como população, tipo e quantidade de resíduos gerados bem como a destinação desses, avaliando assim as adequações necessárias para cumprimento da nova legislação e dimensionamento das proposições.

Os dados foram levantados junto à Secretaria de Meio Ambiente e Pesca de Imbé (SEMMAPE), Associação dos Catadores de Materiais Recicláveis do Município de Imbé (ASCAMARI) e IBGE. Para dados complementares buscaram-se informações junto à empresa Brisa Transportes LTDA, responsável pela coleta de resíduo urbano e junto à administração do Aterro Loreno Romeu Schenkel – ME, para onde os resíduos da coleta urbana são levados.

Para caracterização dos resíduos urbanos gerados no município optou-se pelo método de amostragem, caracterizando os resíduos destinados ao aterro. Para avaliar se o perfil dos resíduos gerados é influenciado pela época de veraneio, foram realizadas duas caracterizações, uma no dia 31 de Janeiro de 2013, uma quinta-feira, e outra no dia 18 de Setembro de 2013, uma quarta-feira. A caracterização foi realizada nas dependências do aterro com o caminhão que coleta os resíduos do bairro Centro, o que representa 40% da população segundo estimativas da Prefeitura Municipal (Figura 22). Duas cooperativas ajudaram na separação dos materiais cedendo mão de obra e ferramentas (*bags* e balança). A SEMMAPE forneceu uma lona para despejo dos resíduos. Os resíduos foram separados pelo

interesse de venda, em papel/papelão/jornal, vidro, alumínio, polímeros e suas subdivisões e rejeitos.



(a)



(b)

Figura 22. Resíduos caracterizados (a) dia 31/01/2013 e (b) 18/09/2013

3.2.2 Prognóstico

Esta etapa visa, com base nos dados atuais, estimar o aumento da população e da geração de resíduos. O prognóstico foi realizado seguindo a metodologia utilizada pelo IBGE, que consiste na estimativa da população utilizando-se uma taxa de crescimento geométrico, sendo essa obtida para um período entre dois censos demográficos. A partir desta taxa é possível estimar o crescimento anual da população, aplicando a mesma para cada período. O IBGE aplica esta taxa para calcular as estimativas anuais de crescimento disponibilizadas ano a ano. A expressão que define a taxa geométrica de crescimento da população é dada pela equação (1) (IBGE, 2004):

$$r = \sqrt[t]{\frac{P_t}{P_0}} - 1 \quad (1)$$

Onde:

r = Taxa geométrica de crescimento anual

P_0 = População em 2000 (a saber, 12.242)

P_t = População 2010 (a saber, 17.670)

t = Intervalo de tempo (2010-2000)

A geração *per capita* de resíduos, foi calculada usando a equação (2):

$$GPR = \frac{QTS}{PAT} \quad (2)$$

Onde:

GPR = Geração per capita de resíduos (kg/hab/dia)

QTS = Quantidade de resíduos coletados por dia (kg)

PAT = População com coleta de resíduos (hab)

A equação (1) foi adaptada para o cálculo de incremento de geração de resíduos *per capita*, utilizando-se os dados da média *per capita* da região Sul, fornecidos pelo Diagnóstico de Manejo de Resíduos Sólidos Urbanos dos anos de 2005 e 2011, a saber, 0,74 kg/hab/dia (SNSA, 2007) e 0,81 kg/hab/dia (SNSA, 2013). Optou-se por utilizar a média da região Sul, por estar mais próxima da realidade do município.

3.2.3 Proposições e plano de metas

As proposições foram feitas visando à adaptação do município a PNRS. Para isso buscou-se conhecimento por meio de pesquisa bibliográfica e visitas técnicas a centrais de triagem e processamento de resíduos, adaptando os casos de sucesso à realidade do município.

4 RESULTADOS

4.1 VISITAS TÉCNICAS

4.1.1 Análise do Município de Campo Bom

Segundo o censo nacional de 2010, a cidade de Campo Bom possui área de 61 km² e 60.081 habitantes com estimativa de 63.339 para 2013. Localiza-se a 50 km da capital do Estado, Porto Alegre (IBGE, 2010a). A economia do município se baseia na indústria calçadista. O PMGIRS de Campo Bom foi elaborado até agosto de 2012, através do Consórcio Público de Saneamento Básico da Bacia Do Rio dos Sinos - Pró-Sinos (Keyassociados, 2012a).

O gerenciamento dos resíduos sólidos na cidade de Campo Bom é realizado pela Prefeitura Municipal. A coleta domiciliar e comercial abrange 100% da população, a coleta seletiva é realizada uma vez por semana e somente no bairro Centro, existem 84 PEV's distribuídos pela cidade, o que garante boa qualidade do resíduo coletado (livre de contaminação com material úmido). Estima-se que no total sejam coletados 50 t/dia de resíduos.

A cidade possui central de triagem, operada pela cooperativa COOLABORE, que conta com 39 cooperativados. A COOLABORE começou suas atividades em 1994, com resíduos sólidos da construção civil, mas não obtendo o retorno financeiro esperado, passou a trabalhar com os resíduos domiciliares e comerciais tendo em vista a possibilidade de ganhos maiores pela própria composição destes resíduos. Aos poucos se tornaram referência para outras cooperativas, como exemplo de gestão social e transparência administrativa.

Todo o resíduo recolhido passa por esteira de triagem (Figura 23), não há balança para conferir a quantidade de resíduo que chega à central. Os resíduos são separados em aproximadamente 40 classificações, dentre elas papel branco e colorido, papelão, longa vida, vidro, PEAD e PEBD rígido branco e colorido, PEAD e PEBD flexível branco e colorido, PP branco, transparente e colorido, metais ferrosos e não ferrosos como alumínio e cobre. A devida separação dos materiais por tipos e cores garante um valor agregado maior ao produto no momento da venda.



**Figura 23. Esteira de triagem da COOLABORE em Campo Bom
Data: 27/03/13. Fonte: Acervo autora**

Além da separação, a COOLABORE beneficia alguns polímeros, através da lavagem e trituração do material (Figura 24), o que aumenta ainda mais o valor de venda.



(a)



(b)

**Figura 24. Equipamentos para limpeza e moagem de polímeros flexíveis.
Data: 27/03/13. Fonte: Acervo autora**

Estima-se que 15% dos resíduos despejados na esteira sejam triados e encaminhados para reciclagem. O material considerado rejeito é depositado no aterro sanitário do município, devidamente impermeabilizado e monitorado periodicamente, visando o controle do impacto ambiental (Figura 25a). O lixiviado é coletado e transportado por um sistema de canaletas até duas lagoas de estabilização, diminuindo em 90% a poluição gerada (Figura 25b). Após o tratamento, os resíduos líquidos são lançados sobre o solo, evitando a contaminação de arroios e banhados.



(a)



(b)

Figura 25. (a) Aterro para rejeitos de RSU do município de Campo Bom. (b) Lagoa para estabilização do chorume
Data: 27/03/13. Fonte: Acervo autora

Nas instalações da Central de Triagem municipal também são armazenados os resíduos especiais como lâmpadas, pneus, eletrônicos, pilhas e óleo de cozinha, que são posteriormente destinados a empresas licenciadas para a correta disposição final.

A COOLABORE também realiza um trabalho de recuperação do antigo lixão municipal. O material lá depositado é removido e passado por uma peneira, removendo inertes, deixando apenas um composto orgânico adequado para adubação de jardins (Figura 26).



(a)



(b)

Figura 26. Recuperação da área do antigo lixão (a) Remoção de materiais não degradados por peneiramento e (b) composto orgânico pronto para uso
Data: 27/03/13. Fonte: Acervo autora

4.1.2 Análise do Município de Dois irmãos

Segundo o censo de 2010, Dois Irmãos possui 27.572 habitantes e população estimada para 2013 de 29.528 habitantes, distribuídos em 65,156 km². A economia do município é baseada na indústria calçadista, sendo o 4º produtor no Estado e 5º em exportação no Brasil. A cidade também é conhecida pelas belezas naturais e riquezas históricas provenientes da colonização alemã (IBGE, 2010b). O PMGIRS de Dois Irmãos foi elaborado até agosto de 2012, através do Consórcio Público de Saneamento Básico da Bacia Do Rio dos Sinos - Pró-Sinos (Keyassociados, 2012b).

A Cooperativa de Recicladores de Dois Irmãos atua há 19 anos no município, sendo que nos primeiros 17 anos era estruturada na forma de associação. Hoje possui um espaço amplo e bem organizado, mas que já está ficando pequeno frente ao rápido desenvolvimento. Por meio de contrato com a Prefeitura Municipal, a Cooperativa hoje é responsável pela coleta seletiva e não seletiva de todo o município, sendo que a Prefeitura paga mensalmente um valor e cede dois caminhões (um para cada tipo de coleta), motoristas e combustível, sendo que a cooperativa atua com dois garis por caminhão. A coleta é realizada em dias alternados, com itinerário fixo por bairro e os dois caminhões passam ao mesmo tempo: a coleta seletiva passa na frente coletando o reciclável (que é destinado a Central de Triagem), e o segundo caminhão coleta o restante (que é encaminhado para uma Central de Transbordo no município e, em seguida, para um Aterro Sanitário no município de Minas do Leão, a 147 km de Dois Irmãos). Por mês são coletadas em média 110 toneladas de resíduos seletivos e 440 toneladas de resíduos não seletivos.

Na Central de Triagem há uma rampa que dá acesso para a plataforma de descarregamento do material, nesta plataforma são separados os materiais mais volumosos, como caixas de papelão, sacolas grandes, etc. O material restante é encaminhado para esteira de triagem, conforme Figura 27. Mesmo sendo resíduo proveniente de coleta seletiva, 20 a 30% do material é considerado rejeito, devido ao não comprometimento da população.



Figura 27. Central de triagem de Picada Verão - Dois Irmãos/RS. (a) Rampa e plataforma de descarregamento de material e (b) matérias volumosos previamente removidos e esteira de triagem

Fonte: Acervo da Autora. Data: 08/08/2013

Poucos são os resíduos recicláveis não aproveitados. Mesmo que em pouca quantidade (Figura 28), são vendidos e agregam valor à renda mensal dos catadores.



Figura 28. Exemplos de materiais pouco comuns que são separados: (a) brinquedos de borracha e (b) lonas e brinquedos de PVC

Fonte: Acervo da Autora. Data: 08/08/2013

A Cooperativa possui maquinário para lavagem e moagem de polímeros com densidade abaixo de 1 g/cm^3 . O equipamento foi obtido com verba de projetos junto à Braskem S/A. A Cooperativa conta com o apoio da organização não governamental (ONG) Centro de Assessoria Multiprofissional (CAMP) para elaboração de projetos e prospecção de recursos. O processamento de materiais, além de agregar valor de venda, proporciona a venda de itens como os copos de PP, que são moídos juntamente com filmes de PP, e o EPS, que é moído em pequenas quantidades junto com filmes de PS.

Para os materiais processados, a venda é realizada diretamente, mas materiais como polímeros rígidos, papel/papelão e alumínio, a venda ainda se dá para atravessadores. A venda direta exige altos volumes por mês, o que exige um grande espaço para estoque, e o pagamento ocorre após 30 dias da compra, o que reduziria o capital de giro da cooperativa, já que atravessadores pagam no ato da compra ou poucos dias depois. A formação de consórcios com outras cooperativas para venda conjunta de materiais (com melhor valor) é vista com muito receio pela maioria dos cooperativados.

Quanto à organização da cooperativa, não há treinamento e capacitação, o conhecimento é passado de geração em geração. Todo mês é separado um valor fixo para pagamento de 13º e férias, e todos os encargos trabalhistas são pagos conforme exigido por lei. Todas as decisões são tomadas em conjunto.

4.1.3 Análise do Município de Novo Hamburgo

Segundo o censo de 2010, Novo Hamburgo possui 238.940 habitantes com estimativa de 247.781 para 2013, distribuídos em 223,821 km². A economia do município é baseada na indústria de couro e calçado, sendo reconhecida como capital nacional do calçado (IBGE, 2010d; Novo Hamburgo, 2014). O PMGIRS de Novo Hamburgo foi elaborado até agosto de 2012, através do Consórcio Público de Saneamento Básico da Bacia do Rio dos Sinos - Pró-Sinos (Keyassociados, 2012c).

Em 2011 a Cooperativa COOLABORE de Campo Bom recebeu o convite para criar uma filial e assumir a triagem de resíduos recicláveis na central do bairro Roselândia e a coleta seletiva no Centro de Novo Hamburgo (Figura 29).



Figura 29. Central de Catadores da Unidade Centro de Novo Hamburgo
Data: 25/07/13. Fonte: Acervo autora

Em Novo Hamburgo, a COOLABORE esta inserida dentro do Projeto CataVida, sob gestão da Secretaria Municipal de Desenvolvimento Social.

O projeto CataVida tem quatro objetivos: (1) capacitação dos catadores; (2) ter espaço físico onde os catadores possam desenvolver suas atividades; (3) implantação da coleta seletiva e (4) sensibilização da comunidade em torno da questão da separação dos resíduos. Durante as entrevistas realizadas foi notável que a preocupação maior é o resgate social dos catadores e a importância da tomada de decisões em conjunto para estruturação sólida da cooperativa.

O CataVida está sempre sondando os editais de projetos para prospecção de recursos financeiros e equipamentos para cooperativas de catadores. Sempre que possível os projetos são inscritos em nome da cooperativa para sua capitalização, evitando estar suscetível ao órgão público e não ter problemas com a troca de gestão após eleições. A Cooperativa conta hoje com apoio da Fundação Banco do Brasil, FUNASA (Fundação Nacional de Saúde) e Zero Hora.

Para fazer parte da cooperativa, o candidato deve realizar o curso oferecido pelo CataVida e passar por processo seletivo com entrevistas realizadas pelos próprios cooperativados, que decidem pela aprovação ou não do candidato. Hoje são duas unidades: Centro e Roselândia. O município possui coleta seletiva somente no bairro Centro, mas está sendo planejada a expansão para os demais bairros. Os resíduos da coleta não seletiva, realizada por uma empresa terceirizada, são levados para Central de Triagem e Transbordo na Unidade de Roselândia.

Na Unidade Centro, a cooperativa é responsável pela coleta seletiva (somente do bairro centro). Por se tratar de coleta com carrinho (Figura 30), os catadores catam somente materiais mais rentáveis e durante o curso de capacitação são fortemente orientados para não deixar resíduos que não interessam espalhados pelo chão. Os catadores também recebem instruções sobre como abordar a população para divulgação da coleta. Um caminhão disponibilizado pela Prefeitura, juntamente com motorista e combustível, faz a coleta em grandes geradores e fica de apoio em pontos específicos, aguardando os catadores que fazem a coleta com carrinhos.



Figura 30. Carrinhos de tração humana utilizados para coleta seletiva no bairro Centro
Data: 25/07/13. Fonte: Acervo autora

A cooperativa conta com o apoio do comércio local, que colabora intensamente com a doação de resíduos limpos e de boa qualidade, proveniente principalmente de embalagens. A cooperativa também possui parceria com as escolas. Parte da população ainda não atendida pela coleta seletiva leva resíduos voluntariamente até a Central. Hoje são triados cerca de 40 t/mês.

O forte engajamento da população na coleta seletiva é expressa através dos resultados do orçamento participativo de 2013, onde a coleta seletiva ficou em segundo lugar na lista de prioridades, ficando atrás somente educação, o item saúde ficou em terceiro lugar.

Durante a entrevista como o coordenador da Unidade Centro, este ressaltou que muitos resíduos recicláveis não são coletados e vendidos, pois não há compradores, ou o preço não justifica, como no caso do EPS, onde o comprador exige uma carga de 5 toneladas para efetuar a compra, e a Central não possui espaço para armazenar um volume tão grande. Materiais como pacotes de erva-mate, sacolas de mercado e demais embalagens na forma de filme não possuem comprador. Até pouco tempo embalagens feitas com filme de PP, conhecido no ramo como “estralador”, era vendido juntamente com o PP rígido, mas esta prática não é mais aceita pelos compradores.

O coordenador da unidade ressaltou também a importância da organização dos catadores em cooperativas utilizando exemplos financeiros, como o preço do PET: um catador autônomo vende o quilograma por até R\$ 0,80, mas em cooperativa o valor pode chegar a R\$ 1,70/kg. Desde o início das atividades da Unidade Centro, a renda dos cooperativados aumentou cerca de 5 vezes. Além é

claro, de ganharem transporte e contar com o todos os benefícios exigidos por Lei (férias, 13º salário, INSS e outros).

O entrevistado considera essencial para o sucesso dos sistemas de coleta seletiva a colaboração da população, não somente separando os resíduos em suas residências, mas também escolhendo produtos e marcas pela embalagem, optando por aquelas que sejam facilmente recicladas.

A Unidade Roselândia conta hoje com 60 catadores, divididos em 3 esteiras, conforme Figura 31. A unidade recebe todo o resíduo da coleta não seletiva, aproximadamente 170 t/dia, mas somente 60% do material é passado pelas esteiras, devido ao grande volume de resíduo e falta de estrutura e tempo hábil para triagem de todo o material. Um retroescavadeira auxilia no transporte do material da área de descarregamento até as esteiras (Figura 32). Estima-se que 5% do material passante seja recolhido e encaminhado para a reciclagem. Os rejeitos são encaminhados para o Aterro Sanitário do município de Minas do Leão, a 130 km de Novo Hamburgo.



Figura 31. Esteiras de triagem da Unidade Roselândia
Data: 02/08/13. Fonte: Acervo autora



Figura 32. Área de descarregamento do resíduo e retroescavadeira utilizada para levar o material até a esteira
Data: 02/08/13. Fonte: Acervo autora

Além do valor arrecadado com a venda dos materiais triados, as duas unidades recebem da prefeitura por tonelada triada e vendida, o que estimula a triagem de materiais pesados, mas com pouco valor de venda, como o vidro. As unidades contam com prensas e enfardadeiras para preparação do material para venda que, em sua maioria, é feita por meio de atravessadores. Somente os materiais poliméricos com densidade abaixo de 1 g/cm^3 (em sua maioria polipropileno, polietileno de alta e baixa densidade e o poliestireno) são vendidos diretamente para a filial de Campo Bom, que possui os equipamentos de moagem. O município ainda não atinge um volume de resíduos que faça viável a venda direta para a indústria da reciclagem. A formação de consórcios com outras cooperativas é vista com desconfiança pela maioria dos cooperativados.

O CataVida pretende instalar em breve uma unidade de compostagem, para maior aproveitamento do resíduo orgânico e dos lodos residuais das estações de tratamento de esgoto do município.

4.1.4 Análise do Município de Três Coroas

Segundo o censo nacional de 2010, a cidade de Três Coroas possui área de 185,54 km² e 23.848 habitantes, com estimativa de 25.535 para 2013, localiza-se a 92 km da capital Porto Alegre. A economia do município é baseada na indústria calçadista (IBGE, 2010e). O PMGIRS de Três Coroas foi elaborado até agosto de 2012, através do Consórcio Público de Saneamento Básico da Bacia do Rio dos Sinos - Pró-Sinos (Keyassociados, 2012d).

O gerenciamento dos resíduos sólidos urbanos na cidade de Três Coroas é terceirizado para a empresa CONESUL Soluções Ambientais. A coleta domiciliar atinge 100% da comunidade urbana e 85% da comunidade rural. A coleta seletiva é parcial, abrangendo 97% da população, são coletados em média um total de 12 t/dia.

A cidade possui central de triagem (Figura 33), onde os resíduos urbanos são pesados antes do descarregamento, triados e comercializados pela empresa CONESUL Soluções Ambientais. Todo material recolhido pela coleta urbana passa por esteira, onde seis colaboradores fazem a triagem. Os materiais separados são papelão, embalagens rígidas de PEAD, PP e PET, polímeros flexíveis (filmes), embalagens longa vida, peças de PVC e latas de alumínio. São separados 2 t/dia de resíduo, os rejeitos são dispostos no aterro sanitário do município de Minas do Leão, localizado a 180 km do município.



Figura 33. Imagens da central de triagem do município de Três Coroas
Data: 11/03/13. Fonte: Acervo autora

Não há cooperativa de catadores, porém a Secretária de Meio de Ambiente do município estuda maneiras de unir os catadores autônomos, mas estes não possuem interesse em formar uma cooperativa. A cidade possui PEV's nos colégios e outras entidades, mas a verba arrecadada com a venda dos materiais deixados pela população nestes locais é revertida integralmente para a unidade onde está localizado o PEV.

Quanto aos resíduos especiais como lâmpadas, pneus, eletrônicos, pilhas e óleo de cozinha, os habitantes são instruídos a levá-los até a Secretaria de Meio Ambiente, que armazena os materiais nas instalações da Central de Triagem

municipal, e posteriormente destina a empresas licenciadas para a correta disposição final.

Apesar de não se referir a resíduo sólido urbano, vale mencionar que Três Coroas possui desde 1996 a Central de Triagem de Resíduos Sólidos Industriais e Aterro de Resíduos Industriais Perigosos (ARIP) administrada pelo Sindicato da Indústria de Calçados e Componentes para Calçados de Três Coroas. Isso se dá através do projeto “Amanhã mais Feliz”, que se responsabiliza pela coleta, triagem e destinação final de 180 t/mês de resíduos industriais, gerados no processo produtivo de 92 empresas filiadas à entidade, sendo que em média 68% do resíduo é reaproveitado e o restante é encaminhado para empresas de coprocessamento em São Paulo e Minas Gerais. Esta mesma entidade se responsabilizou pela recuperação do solo do antigo “lixão” municipal que depois de 12 anos de tratamento e monitoramento foi considerado livre de contaminantes e devolvido para a Prefeitura, que pretende plantar árvores de espécies nativas e em extinção no local e utilizar o espaço em campanhas educativas. Além das atividades com resíduo industrial, o projeto “Amanhã Mais Feliz” atua em diversas ações de educação ambiental (Sindicato da Indústria de Calçados e Componentes para calçados, 2012).

4.1.5 Visita ao Aterro Municipal de Viamão

Segundo o censo de 2010, Viamão possui 239.384 habitantes e população estimada para 2013 de 250.028 habitantes, distribuídos em 1.497,017 km² (IBGE, 2010f).

O município de Viamão ainda não possui central de triagem de resíduos sólidos urbanos. A área do antigo lixão está passando pelo processo de remediação e sendo adequado para um sistema de aterro sanitário. Os sistemas de coleta seletiva e triagem estão sendo elaborados. No mesmo espaço há a área de reservação de resíduos da construção civil, gerenciado pela Cooperativa de Materiais Recicláveis de Canoas (COOPMCMATE), onde grandes geradores devem pagar uma taxa para descarregar este tipo de resíduo, que deve ser segregado na fonte, chegando previamente triados. Os materiais são vendidos e recuperados de acordo com as possibilidades e a verba é revertida para a COOPMCMATE.

4.2 ELABORAÇÃO DO PLANO MUNICIPAL DE GERENCIAMENTO INTEGRADO DE RESÍDUOS SÓLIDOS DO MUNICÍPIO DE IMBÉ

4.2.1 Diagnóstico

A seguir serão descritos itens relacionados ao gerenciamento dos RSU no município de Imbé, conforme cenário encontrado em Janeiro de 2013.

4.2.1.1 Questões organizacionais e sociais

A Secretaria Municipal de Meio Ambiente e Pesca de Imbé (SEMMAPE) foi criada em Janeiro de 2013, antes desta data era parte da Secretaria de Planejamento Urbano. O Código Ambiental Municipal, através da Lei 1.421 de 23 de janeiro de 2013 (IMBÉ, 2013), fornece ferramentas legais para que o município possa autuar infrações contra o meio ambiente e está em fase de implementação. O município possui uma política de gestão dos resíduos sólidos, através da Lei 634 de 27 de Abril de 2001 (IMBÉ, 2001), mas esta não possui regulamentação e não é aplicada.

O serviço de recolhimento de resíduo sólido domiciliar e comercial, incluindo o transporte até a destinação final, é terceirizado para a empresa Brisa Transportes LTDA, conforme contrato administrativo 036/2011. A empresa dispõe de 10 caminhões coletores compactadores para uso no verão (meados do mês de Dezembro até final de Fevereiro), sendo que no inverno (período restante do ano) a frota é reduzida para 4 caminhões.

O município não possui central de transbordo e triagem e todo o material recolhido é destinado diretamente ao aterro Loreno Romeu Schenkel – ME, (Licença de Operação FEPAM 6164/2009) localizado no município de Tramandaí, 14 km do Imbé. O local não possui prédio ou estrutura para triagem, duas cooperativas trabalham no local coletando os resíduos recicláveis mais acessíveis.

O município possui um prédio de 600 m² (Figura 34) destinado à instalação de uma central de triagem de resíduos sólidos, mas este se encontra desativado e está sendo utilizado para armazenamento de pneus e sucatas, que aguardam destinação ambientalmente adequada.



Figura 34. Prédio para futuras instalações da central de triagem de Imbé
Fonte: Acervo autora. Data: 30 de Janeiro de 2013

O prédio localiza-se junto ao Aterro para Resíduos Sólidos da Construção Civil, uma área total de 50.270,30 m², localizado na Rua Machado de Assis s/n^o, no bairro Nova Nordeste, conforme Figura 35. Nota-se a proximidade do prédio da área urbana, a 150 metros da escola Martinho Cardoso e, no mínimo, 100 metros de outras edificações.

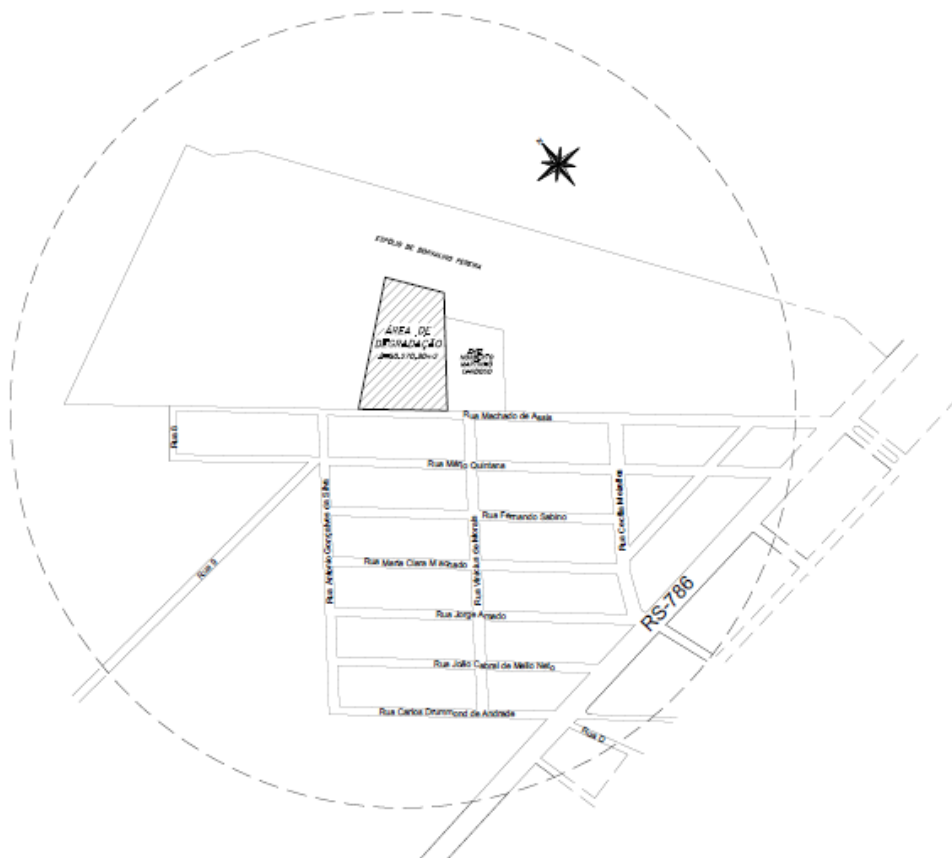


Figura 35. Localização da área onde está situado o prédio destinado à instalação da central de triagem de resíduos urbanos e atual aterro de resíduos da construção civil
Fonte: Gentilmente cedido pela Secretaria Municipal de Obras e Viação

Segundo o plano diretor do município não há área adequada para instalação de aterro sanitário próprio que atenda plenamente a NBR 13.896 (ABNT, 1997).

O município de Imbé possui a Associação dos Catadores de Materiais Recicláveis de Imbé (ASCAMARI), fundada em 27 de Abril de 2005, inscrita no CNPJ 07.685.960/1000-81. A associação conta com 69 inscritos, mas somente 46 estão atuando. Os catadores recolhem papel, jornal, papelão, latas de alumínio e plásticos em geral. Nos meses de janeiro e fevereiro cada um coleta de 200 a 300 kg/mês, conseguindo uma renda de até R\$ 1.000,00, no inverno a renda mensal cai para R\$ 160,00. Cada catador faz a venda dos materiais de forma individual para atravessadores. Há também catadores não associados, que atuam de forma independente.

4.2.1.2 Caracterização e quantificação dos resíduos

4.2.1.2.1 Resíduos sólidos domiciliares

Não há dados precisos sobre a quantidade de resíduo coletado diariamente. Por não possuir balança, a estimativa é feita com base no número de cargas que são despejadas por dia no aterro, 20 cargas de 17 m³ no verão e 8 no inverno. Para conversão de m³ para quilograma, utilizou-se o peso específico médio dos resíduos sólidos urbanos fornecido pelo Instituto Brasileiro de Administração Municipal (IBAM) (Monteiro *et al*, 2001), que é 230 kg/m³.

Como parte dos resíduos é coletado por catadores, somou-se o valor coletado fornecido pela ASCAMARI ao valor fornecido pela administração do aterro.

Tabela 5. Estimativa da quantidade de resíduos sólidos urbanos gerados no município de Imbé

	Inverno	Verão
Destinado ao aterro (kg/dia)	31.280	78.200
Catadores (kg/dia)	40	13.800
TOTAL (kg)	31.320	92.000
População 2013 (hab)	19.338	115.000
Produção per capita (kg/hab/dia)	1,62	0,80

Fonte: Tomacheski *et al.*, 2013

Há uma estranha mudança na geração *per capita*, que quando calculada pelos valores fornecidos cai drasticamente no verão. No momento não há como

conseguir valores mais reais, é provável que uma parcela da população passe mais tempo nas casas de veraneio, mesmo no período de inverno, e não esteja declarada como residente de Imbé. O valor para o período de inverno está muito acima da média nacional, que é de 0,96 kg/hab/dia (SNSA, 2013), e da média para a região Sul, 0,77 kg/hab/dia (SNSA, 2013).

A Tabela 6 mostra o resultado da caracterização realizada no dia 31 de janeiro de 2013. Devido à estrutura disponível, não foi possível mensurar a quantidade de rejeitos e orgânicos.

Tabela 6. Resultado da caracterização realizada no dia 31 de janeiro de 2013

Resíduo sólido	Tipos de materiais	Proporção mássica (%)
Papel	Papel/Papelão/Longa Vida	24
	Jornal	11
	Vidros	22
Metal	Alumínio (latas)	3
Polímero Rígido	PET incolor	13
	PET colorido	3
	PEAD Branco	6
	PEAD Colorido	4
	PP	2
Polímeros Filme	Filmes	11
	Outros	2
	TOTAL	100

Fonte: Tomacheski *et al.*, 2013

A Figura 36 mostra graficamente os resultados da caracterização do dia 31 de Janeiro de 2013.

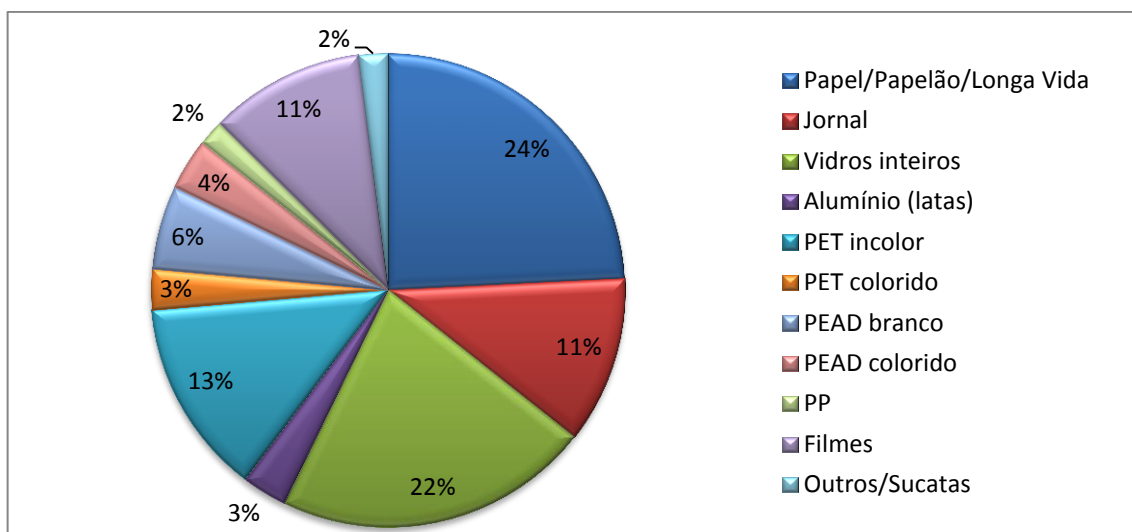


Figura 36. Resultado da caracterização realizada no dia 31 de janeiro de 2013
 Fonte: Tomacheski *et al.*, 2013

A Tabela 7 apresenta o resultado da caracterização realizada em 18 de Setembro de 2013.

Tabela 7. Resultado da caracterização realizada no dia 18 de Setembro de 2013

Resíduo sólido	Tipos de materiais	Proporção mássica (%)
Papel	Papel/Papelão/Longa Vida/Jornal	8,0
	Vidros	2,2
Metal	Aço	0,3
	Aço contaminado	0,7
	Alumínio	0,4
Polímero Rígido	PET branco	0,8
	PET colorido	0,2
	PEAD Branco	1,0
	PEAD Colorido	0,8
	PVC	0,4
	EPS	0,3
	Polímero Filme	7,4
	Tecidos	5,2
	Eletrônicos	0,5
	Rejeitos e Orgânicos	71,2

Fonte: Tomacheski *et al.*, 2013

A Figura 37 demonstra graficamente os resultados da caracterização realizada no dia 18 de Setembro de 2013.

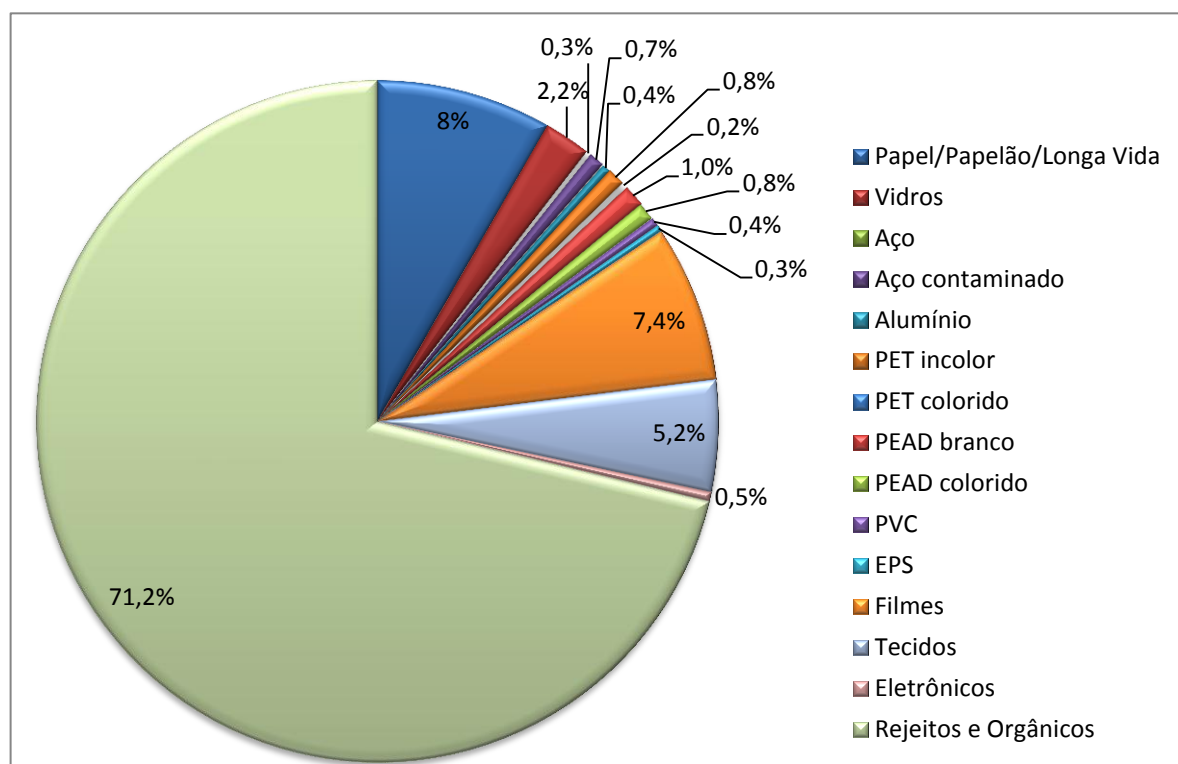


Figura 37. Resultado da caracterização realizada em 18 de Setembro de 2013
Fonte: Tomacheski *et al.* 2013

É difícil encontrar uma referência para comparação, já que o próprio Instituto de Pesquisa Econômica Aplicada (IPEA, 2012) assumiu ter dificuldade em compatibilizar os dados disponibilizados pela Pesquisa Nacional de Saneamento Básico (realizada pelo IBGE), do Sistema Nacional de Informações sobre Saneamento (SNSA) e de outras pesquisas, para elaboração da proposta preliminar do Plano Nacional de Resíduos Sólidos.

Como na primeira caracterização não foi possível mensurar os rejeitos, para efeito de comparação com os valores obtidos pelo Relatório de Resíduos Sólidos Urbanos do IPEA (IPEA, 2012), foi feito um cálculo considerando-se que 32% dos resíduos seriam recicláveis (mesmo valor encontrado pelo IPEA), a Tabela 8 apresenta os resultados.

Tabela 8. Comparativo da composição do RSU municipal de Imbé com a média nacional

Material	Verão (%)	Inverno (%)	Média Nacional* (%)
Papel	11,6	11,9	13,1
Vidro	7,1	3,2	2,4
Metais	1,0	1,0	2,9
Polímero Rígido	8,8	5,3	4,6
Polímero Flexível	3,5	10,6	8,9
TOTAL de Recicláveis	32,0	32,0	32,0

*Fonte: IPEA, 2012

A Figura 38 mostra graficamente os resultados, para melhor visualização. Nota-se que os valores encontrados na caracterização de inverno são mais próximos a da média nacional.

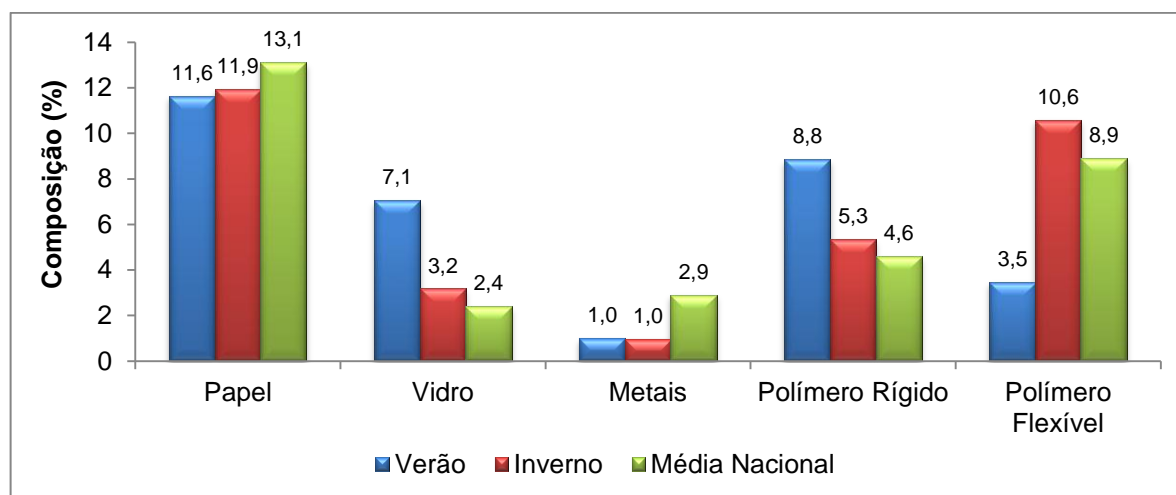


Figura 38. Comparativo da composição mássica do RSU do município de Imbé com a com média nacional
Fonte: Tabela 8

No verão há grande consumo de bebidas alcoólicas em garrafas de vidro do tipo *long-neck*, não retornável, o que justifica o grande aumento de deste tipo de resíduo. A maior presença de polímeros rígidos pode ser explicada pelo maior consumo de bebidas carbonatadas vendidas em garrafa do tipo PET. O baixo índice de metais, representados principalmente por latas de bebidas carbonatadas, pode estar relacionado ao seu grande interesse de venda, o que faz com seja retido pelos consumidores ou logo recolhidas por catadores. A ASCAMARI não possui registro da venda dos materiais por tipo.

4.2.1.2.2 Resíduos sujeitos à logística reversa

Por se tratar de resíduo perigoso, a administração municipal tenta evitar que estes resíduos sejam encaminhados para o aterro sanitário junto com os demais resíduos sólidos. Há pontos de entrega voluntária para pilhas e baterias na sede da prefeitura, e as lâmpadas e pneus, entregues pela população ou recolhidos pelo setor de Limpeza Urbana da Secretaria Municipal de Obras e Viação (SMOV), são armazenadas na sede da SMOV e no prédio existente no aterro para RSCC. No momento da aquisição de dados para este diagnóstico, aproximadamente 40 kg de pilhas e baterias, 50 lâmpadas fluorescentes e 12.000 kg de pneus aguardavam a destinação ambientalmente adequada.

4.2.2 Proposições

Para reduzir a emissão de gases de efeito estufa e outros danos ambientais provenientes do resíduo urbano, Zeng *et al.* (2010) dizem que deve-se converter o tradicional gerenciamento de resíduos sólidos para gerenciamento de recursos. Esta afirmação cabe dentro dos conceitos de desenvolvimento sustentável. Para que o plano se enquadre dentro destas premissas, devem-se avaliar os ganhos sociais, econômicos e ambientais, não levando em conta somente as alternativas mais econômicas, rápidas e de fácil acesso.

Para Beccali *et al.* (2001), o gerenciamento sustentável dos resíduos significa fazer “mais com menos”, recuperando materiais valiosos do resíduo urbano, ocupando o mínimo de energia e espaço necessários.

Seguindo orientação da PNRS deve-se priorizar a não geração, redução, reutilização, reciclagem tratamento dos resíduos sólidos, bem como disposição final ambientalmente adequada dos rejeitos. Segundo McDougall *et al.* (2001) a aplicação rígida desta hierarquização pode trazer sérias limitações, já que ela não leva em consideração, por exemplo, bases científicas que comprovem se a reciclagem de materiais deve ser sempre preferida e não a recuperação de energia. Além disso, ela não leva em consideração os custos e não pode ajudar a avaliar a viabilidade econômica de sistemas de resíduos.

Após minuciosa avaliação do ciclo de vida do gerenciamento de resíduos sólidos no município de Porto Alegre, Reichert (2013) mostra como é possível obter

bons índices de sustentabilidade geral (média dos subíndices de sustentabilidade econômica, social e ambiental) em cenários que priorizam tanto a reciclagem e a compostagem de fração orgânica quanto em sistemas que priorizam o tratamento térmico.

A seguir serão descritas as proposições relacionadas ao RSU apresentadas no PMGIRS de Imbé, bem como a fundamentação teórica utilizada para escolha das mesmas.

Parte das proposições foram elaboradas a partir das demandas apresentadas pela população durante a Conferência Municipal do Meio Ambiente, que ocorreu em Junho de 2013.

4.2.2.1 Sistema de Gestão

Os relatos de experiência de Simões *et al.* (2011) mostram a grande influência que o poder público e iniciativas externas exercem sobre a eficiência da implementação dos sistemas de coleta seletiva, incentivando os catadores com treinamento e recursos materiais, como veículos de coleta, ferramentas para triagem e equipamentos de segurança. O mesmo pode ser notado no estudo sobre as cooperativas dos municípios de Dois Irmãos, Novo Hamburgo e Campo Bom.

Lavee (2007) mostra como a população responde melhor quando nota que a administração municipal esta realmente engajada, reciclando em média 70% dos materiais passíveis de reciclagem.

A SEMMAP e a Secretaria Trabalho Cidadania e da Participação Popular (STCPP) estão trabalhando em sinergia para implementar a gestão integrada de RSU de modo a utilizar o maior número de mão de obra possível proveniente dos catadores já existentes no município. Enquanto a SEMMAP agiliza o processo de licenciamento e reformas da central de triagem, a STCPP articula a absorção dos catadores não associados pela associação já existente, ou a formação de uma nova cooperativa.

A questão mais crítica para a gestão do resíduo domiciliar no município é a sazonalidade. A estrutura montada deve atender plenamente a alta demanda do período de veraneio, mas deve ser sustentável nos demais meses do ano. O contrato deve ser elaborado de modo que permita a atuação da cooperativa em

outras formas de prestação de serviço, garantindo assim que não haverá mão de obra ociosa.

Para estruturação inicial e fortalecimento da associação ou cooperativa, serão buscados recursos de apoio aos catadores oferecidos nos editais do governo.

Para Suocheng *et al.* (2001), deve haver sinergia entre os diversos departamentos do governo, criando regulamentações que facilitem o gerenciamento dos resíduos, tornando-o lucrativo sem a cobrança abusiva de taxas e impostos, por exemplo.

4.2.2.2 Não geração, redução e reuso

Suocheng *et al.* (2001) defendem o uso da ACV como uma ferramenta a ser utilizada na etapa de *design* e seleção de materiais, analisando a combinação que melhor atenderá aos padrões de reuso e tratamento, não somente na escala industrial, pois os consumidores também podem colaborar optando por embalagens que sejam mais facilmente reutilizadas ou recicladas.

Segundo Glew *et al.* (2012) o reuso de materiais antes do envio para reciclagem reduz em até 90% as emissões de CO₂.

Nesta etapa, o fato de possuir uma sede universitária no município pode trazer grande ajuda, auxiliando nas campanhas de educação ambiental. Desde Dezembro de 2013, a SEMMAP promove semanalmente a “Feira Orgânica” que reúne agricultores de produção orgânica da região. Além de frutas e verduras, são comercializados peixes frescos, outros produtos alimentícios e artesanato feito com material reciclado. Esta feira é uma ótima oportunidade para campanhas como:

- Instruções culinárias com profissionais de nutrição, para a correta preparação e armazenamento de alimentos, evitando o desperdício de comida e a redução de fração orgânica no RSU;

- Levar em consideração a embalagem do produto no momento da compra. Ex. Em vez de uma bandeja de iogurte com 6 potes de 90 gramas, levar um frasco único de 1.000g. O frasco maior é mais acessível aos catadores, e não possui a tampa multicamadas de alumínio e PP, difícil de ser reciclada;

- Utilizar sacolas retornáveis nas compras do mercado.

4.2.2.3 Coleta dos resíduos sólidos

Segundo Beccali *et al.* (2001), a estratégia de coleta influencia diretamente na qualidade da valorização do resíduo (reciclagem, reciclagem energética ou compostagem). Simões *et al.* (2011) mostram que a mecanização dos sistemas de coleta, com a utilização de caminhões para transporte, apesar de ter relutância inicial por parte dos catadores, aumenta a eficiência geral, já que transportes mecanizados proporcionam uma jornada diária de trabalho maior, coletando mais material e transferindo mão de obra da etapa de coleta para a triagem.

Apesar de tornar a coleta mais eficiente, segundo análise de Reichert (2013), a etapa de coleta é a que mais contribui para o aumento do impacto ambiental durante o gerenciamento dos resíduos sólidos. Quanto maior a área, os tipos de coleta (seletiva e comum, por exemplo) maior será o consumo de combustível e, conseqüentemente, o impacto ambiental.

Com base nos excelentes resultados atingidos pelo programa CataVida de Novo Hamburgo, no PMGIRS de Imbé sugeriu-se a instalação gradual da coleta seletiva, começando pelo bairro Centro e expansão do programa conforme conhecimento, adaptação e engajamento da população aliado ao fortalecimento e organização da cooperativa.

A coleta seletiva deve ser realizada, inicialmente, pelos carrinhos que os catadores já possuem. Conforme estruturação e fortificação da cooperativa e prospecção de recursos serão adquiridos carrinhos com motor elétrico.

Apesar de contrato entre a prefeitura municipal e a empresa de coleta Brisa transportes prever um caminhão para coleta seletiva, este, se for usado, deverá servir somente como apoio aos catadores em pontos estratégicos, reduzindo os gastos e emissões com o combustível, além de garantir melhor qualidade do resíduo levado até a central de triagem. A coleta seletiva deverá ser realizada antes da coleta normal, sendo que para o estabelecimento de horários deve haver acordo com a empresa Brisa Transportes.

4.2.2.4 Triagem dos resíduos sólidos urbanos

Com base nas visitas técnicas às centrais de triagem da unidade Roselândia em Novo Hamburgo e de Três Coroas, nota-se que a forma de pagamento

estipulado no contrato entre Prefeitura e empresa/cooperativa influencia muito na eficiência da triagem. Enquanto que em Três Coroas os catadores de uma empresa terceirizada recebem um valor fixo mensal, os catadores da Cooperativa em Roselândia recebem por tonelada triada o mesmo valor que seria gasto para envio de materiais para o aterro sanitário (além do valor conseguido com a venda). Este tipo de pagamento incentiva a coleta de materiais como o vidro, um material desprezado por catadores de rua por possuir baixo valor de venda.

Apesar das opiniões dos pesquisadores tais como Pereira Neto (2007a) afirmar que as centrais de triagem não são sustentáveis economicamente, Lavee (2007) mostra que em nível municipal, se realizada de forma organizada e competente, a mudança de cultura de envio de materiais para aterros sanitários para a reciclagem, pode ser economicamente vantajosa para o município, já que os investimentos em coleta seletiva seriam supridos pela economia com o aterro sanitário e os ganhos com a venda de material para a reciclagem.

O uso de esteiras para facilitar a triagem é comum em centrais de triagem mais estruturadas, mas devido ao baixo valor disponível para investimento inicial e à infraestrutura do prédio onde será a central de triagem e visando evitar custos com energia elétrica, a triagem será realizada inicialmente em mesas fixas.

4.2.2.5 Destinação dos resíduos sólidos

4.2.2.5.1 Recicláveis

Weitz *et al.* (1999) e Koroneos e Nanaki (2012) defendem que a avaliação do ciclo de vida encoraja a considerar a performance ambiental como um todo também para a gestão dos resíduos sólidos desde a coleta até a disposição final e não somente na fabricação e disposição do produto em si. Por exemplo, quando considera-se a reciclagem de um resíduo, é importante considerar os benefícios (ou desvantagens) ambientais, com relação à extração de matéria prima e processamento. Do mesmo modo que quando energia é recuperada a partir do gás liberado em um aterro sanitário, há uma compensação.

Arena *et al.* (2003) realizaram um estudo para averiguar a avaliação do ciclo de vida para comparar o ciclo de reciclagem entre PE e PET. Para comparação foram criados 6 cenários: (I) Envio de todo o resíduo para aterro sanitário; (II) Envio

de 50% dos resíduos para aterro sanitário e os demais para reciclagem energética; (III) Envio de 100% do resíduo para reciclagem energética; (IV) Envio de 100% do resíduo para reciclagem mecânica e envio dos resíduos do processo para aterro sanitário; (V) Reciclagem mecânica de 100% do resíduo, enviando 50% do resíduo do processo para aterro sanitário e 50% para reciclagem energética e (VI) Reciclagem mecânica de 100% do resíduo, com reciclagem energética de todo o resíduo de processo. Comparando-se os resultados, os cenários IV, V e VI se mostraram ambientalmente preferíveis, principalmente comparando-se os cenários I e IV, pois há grande economia de recursos naturais e menor produção de resíduos e emissão de gases.

Além dos ganhos ambientais, a reciclagem da fração seca agrega renda ao município. Com base na caracterização dos resíduos destinados ao aterro e nos valores de venda informados pela ASCAMARI, é possível prever a renda da Cooperativa, caso todo o material reciclável fosse triado. Os resultados são apresentados na Tabela 9 e na Tabela 10.

Tabela 9. Projeção da renda esperada com a venda de recicláveis durante o inverno

Material	Fração mássica	Quantidade^(a) (kg/mês)	Preço de venda (R\$/kg)^(b)	Renda esperada (R\$/mês)
Papel/Papelão/Longa Vida	0,083	51.854	0,18	9.333,79
Vidros	0,022	13.784	0,33	4.548,74
Aço	0,003	1.575	Sem informações	0,00
Aço contaminado	0,007	4.595	0,00	0,00
Alumínio	0,004	2.626	2,00	5.251,08
PET branco	0,008	5.251	1,10	5.776,18
PET colorido	0,002	1.510	0,90	1.358,72
PEAD Branco	0,010	6.564	0,20	1.312,77
PEAD Colorido	0,008	5.251	0,20	1.050,22
PVC	0,004	2.626	0,60	1.575,32
EPS	0,003	1.969	Sem informações	0,00
Filmes	0,074	46.603	0,20	9.320,66
Tecidos	0,052	32.819	Sem informações	0,00
Eletrônicos	0,005	2.888	Sem informações	0,00
Rejeitos	0,712	445.685	0	0,00
TOTAL				39.527,47

^(a) 20 dias úteis; ^(b) Valores informados pela ASCAMARI
Fonte: Tomacheski *et al.*, 2013

Tabela 10. Projeção da renda esperada com a venda de recicláveis durante o verão

Material	Fração mássica	Quantidade (kg/mês)^(a)	Preço de venda (R\$/kg)^(b)	Renda esperada (R\$/mês)
Papel/Papelão/Longa Vida	0,356	556.784	0,18	100.221,12
Vidros	0,216	338.087	0,33	111.568,68
Alumínio (latas)	0,031	47.900	2,00	95.800,57
PET branco	0,134	208.868	1,10	229.754,27
PET colorido	0,028	43.444	0,90	39.100,00
PEAD Branco	0,057	89.117	0,20	17.823,36
PEAD Colorido	0,035	55.141	0,20	11.028,21
PP	0,017	27.292	0,20	5.458,40
Filmes	0,106	165.980	0,20	33.196,01
Outros/Sucatas	0,020	31.191	Sem informações	0,00
TOTAL				643.950,62

^(a) 20 dias úteis; ^(b) Valores informados pela ASCAMARI

Fonte: Tomacheski *et al.*, 2013

A projeção de renda apresentada na Tabela 9 e na Tabela 10 são apenas uma estimativa, considerando a recuperação de 100% do material, e desconsiderando os gastos com coleta, triagem, manutenção do prédio e de equipamentos, dentre outros.

4.2.2.5.2 Fração orgânica

Em avaliação completa do ciclo de vida dos resíduos, desde a coleta nas residências até a destinação ou disposição final, Bovea e Powell (2006) compararam os impactos ambientais em dois cenários específicos (1) priorizando a compostagem da fração orgânica e (2) priorizando a reciclagem da fração seca. Os autores concluíram que o cenário (1) tem uma leve vantagem sobre o cenário (2), provocando menos impactos sobre o aquecimento global, depleção abiótica, camada de ozônio, oxidação fotoquímica, acidificação e eutrofização. O trabalho não leva em conta questões sociais e econômicas.

Diaz *et al.* (2001) fornecem equações para dimensionar a área necessária para realizar a compostagem, baseado na quantidade de resíduos a ser compostado diariamente e no tamanho das leiras, conforme descrito a seguir.

A. Volume de matéria prima

$$\text{Vol. matéria prima (m}^3\text{)} = \frac{[\text{Tempo de retenção (dias)} \times \text{carga recebida (kg/dia)}]}{\text{densidade da massa}}$$

B. Área ocupada pelas leiras

Passo 1: Calcular o volume de cada leira (considerando formato cônico)

$$\text{Volume (m}^3\text{)} = \frac{\text{base (m)} \times \text{altura (m)}}{2} \times \text{comprimento (m)}$$

Passo 2: Número de leiras

$$\text{Número de leiras} = \frac{\text{Volume de matéria prima (m}^3\text{)}}{\text{Volume por leira (m}^3\text{)}}$$

Passo 3: Área ocupada por leiras

$$\text{Área total ocupada por leiras} = \text{número de leiras} \times \text{área ocupada (m}^2\text{)}$$

C. Área de trabalho

$$\text{Área de trabalho (m}^2\text{)} = \text{comprimento das leiras (m)} \times \text{espaço entre as leiras (m)}$$

D. Área total

$$\text{Área total} = \text{Área ocupada por leiras (m}^2\text{)} + \text{área de trabalho (m}^2\text{)}$$

Considerando que 50% das 30 t/dia de resíduo gerado no município seja compostável, com um tempo de retenção de 90 dias, para dar conta de compostar todo o resíduo seria necessário uma área de aproximadamente 8000 m², o que envolveria grande quantidade de mão de obra e custos de manutenção. No PMGIRS do município, a autora sugere que, inicialmente, seja adotado um sistema semelhante ao descrito por Maestri (2010) e utilizado pela Universidade Federal de Santa Catarina. A compostagem é realizada somente com resíduo proveniente de bares, restaurantes, cantinas, creches, o que garante boa qualidade do resíduo. A verba para manutenção provém dos gestores destes empreendimentos e o

envolvimento não é obrigatório. Os resíduos de poda também devem ser aproveitados tanto para balanceamento das propriedades quanto para destinação dos 77 m³/mês gerados no município (Tomacheski *et al.*, 2013).

4.2.2.5.3 Resíduos sujeitos à logística reversa

No PMGIRS a autora sugeriu à SEMMAP a articulação para a criação de um acordo setorial municipal para o recolhimento de lâmpadas e eletrônicos por empresas devidamente licenciadas, até que os acordos setoriais nacionais estejam firmados e implantados.

A entrega deste tipo de resíduo nos PEV's, como os pontos de comércio, é de responsabilidade do consumidor.

4.2.2.5.4 Rejeitos

Boa parte do resíduo considerado rejeito é composto por papeis higiênicos, como fraldas e absorventes femininos, e este tipo de resíduo também pode ser reciclado, por meio de um processo de descontaminação e separação dos diferentes materiais. Há uma empresa na Inglaterra que realiza este processo, segundo dados da empresa, a cada tonelada de resíduo reciclado, 626 kg de CO₂ deixam de ser emitidos e 2,2 m³ de aterro sanitário são economizados (Knowaste, 2014). No momento não há tecnologia semelhante no Brasil e o material deve ser encaminhado para o aterro sanitário.

4.2.2.6 Disposição final

A tecnologia ambientalmente correta para disposição final mais difundida no Brasil é o aterro sanitário.

Como mencionado anteriormente, o tratamento térmico tem criado polêmica, pois para muitos representa queima de dinheiro e de matéria prima, gerando impactos ambientais e sociais. Quando analisado do ponto de vista ambiental, o tratamento térmico, ou recuperação energética, possui pontos e contra pontos: conforme Beccali *et al.* (2001), a reciclagem energética consome menos energia em todo o processo, já que não precisa de coleta seletiva e gera sua própria energia de

processamento, precisando somente de um combustível inicial e economizando 70% mais energia que um processo de tratamento biológico. Mas, conforme estudo de Liamsanguan e Gheewala (2007), cujo resultado é apresentado na Tabela 11, o uso de resíduo sólido urbano como combustível através do tratamento térmico contribui mais para o aquecimento global do que as outras opções apresentadas, principalmente pela presença da grande quantidade de plásticos.

Tabela 11. Comparação da emissão entre tratamento térmico, aterro sanitário e plantas convencionais de incineração

Emissões	Quantidade de emissões (kg/MWh _{el})					
	Reciclagem energética	Aterro sanitário	Plantas de incineração convencionais			
			Madeira	Óleo	Gás	Combinado
CO ₂	14.084,946	39,271	1.269,524	812,608	568,878	733,981
CO	11,366	0,198	0,197	0,272	0,197	0,197
N ₂ O	0,001	0,001	0,040	0,041	0,017	0,022
NO ₂	46,662	0,659	5,837	2,858	1,392	2,417
NMVOG	0,298	0,303	0,020	0,047	0,040	0,035
CH ₄	0,201	1.077,676	0,015	0,009	0,024	0,022
SO ₂	8,742	0,081	2,769	1,282	0,0003	0,653

Fonte: Liamsanguan e Gheewala, 2007. Tradução da Autora

Apesar de um aterro sanitário emitir 1.000 vezes mais metano que o processo de tratamento térmico, este gás pode ser coletado e utilizado para geração de energia, entretanto esta opção exige uma quantidade de resíduo suficiente para manter uma geração constante.

Após avaliação de ciclo de vida de dois produtos específicos (colchão de fibras naturais e de espuma sintética), Glew *et al.* (2012) mostram que quando avaliado um período de 10 anos, a reciclagem do material natural emitiria 2 vezes menos kgCO_{2eq}/m² do que a disposição em aterro sanitário e 1,6 menos que o tratamento térmico. Para o material sintético estes valores passam para 2,4 e 1,3, respectivamente, mostrando o aterro sanitário como mais poluente. O fato de os materiais possuírem origens diferentes (natural e sintética) não provocou grande diferença nos níveis de emissões, mas em todos os cenários propostos, são menores para o produto feito com fibras naturais.

Do ponto de vista econômico brasileiro, de acordo com Oliveira *apud* Oliveira e Rosa (2003), a reciclagem energética das 20 milhões de toneladas geradas no

Brasil em 2003 poderiam gerar 50 TWh, equivalente a 17% da demanda nacional, além de gerar um rendimento de USD 6,5 bilhões por converter os gastos com gerenciamento de resíduo em combustível.

Visto as grandes contradições frente às vantagens e desvantagens, tanto econômicas, sociais e principalmente ambientais sobre a reciclagem energética, esta deve ser olhada com atenção. Devido às grandes contradições ambientais e ao elevado custo de implantação e manutenção, a possível destinação dos rejeitos à incineração deve ser rigorosamente estudada e planejada, de modo que os rejeitos continuarão sendo enviados para aterro sanitário.

4.2.3 Indicadores

Para verificar a evolução da implementação da coleta seletiva, avanços na capacidade de triagem e venda de materiais, bem como os ganhos sociais e o envolvimento da população, foram propostos indicadores, como formulários de pesquisas a serem realizadas com a população antes e depois da implementação da coleta seletiva, questionando sobre a ciência da importância de separar os resíduos em casa e se o cidadão sabe quais são os resíduos recicláveis ou não.

Indicadores econômicos, sociais, gerenciais, ambientais e de qualidade foram propostos conforme elaborados por Campani *et al.* (2013).

4.2.4 Programa de implantação e revisão do PMGIRS

A Lei 12.305 (Brasil, 2010b) exige que o plano seja elaborado com um horizonte de 20 anos, e revisão a cada 4 anos. O capítulo final do PMGIRS de Imbé se refere as 3 etapas de implantação do plano, referentes aos primeiros 4 anos. Após este período, deve-se revisar e adequar as metas às necessidades para os próximos 4 anos, verificando o que já foi realizado.

5 SITUAÇÃO DA IMPLANTAÇÃO DO PLANO

O PMGIRS de Imbé foi oficialmente entregue a SEMMAP em Dezembro de 2013 e publicado no site da prefeitura municipal (ver referência Tomacheski *et al.* 2013.)

Por questões burocráticas e legais, as proposições relacionadas aos resíduos sólidos domiciliares ainda não começaram a ser aplicadas no município. O processo de licenciamento do prédio onde será instalada a Central de Triagem ainda não foi encaminhado para o órgão competente, a FEPAM.

As sucatas depositadas no prédio mencionado ainda não foram removidas, o que dificulta o processo de reforma e adequação do prédio.

Apesar de estarem previamente organizados quanto aos roteiros e horários de coleta, os catadores da associação ainda não podem assinar contrato e assumir a coleta seletiva, pois não possuem um local adequado para triagem e armazenamento do material.

Quanto aos resíduos sujeitos à logística reversa, foi firmado acordo com a Associação RECICLANIP, em parceria com a Prefeitura Municipal de Tramandaí, para o recolhimento de pneus, ficando estipulado como Ponto de Coleta de Pneus o prédio destinado à Central de Triagem. A RECICLANIP faz coletas mínimas de 2000 pneus de passeio ou 300 pneus de carga e o convênio não gera custos para o município.

A SEMMAP no momento está articulando a criação de um acordo setorial municipal com o comércio local para o recolhimento de lâmpadas e eletrônicos por empresas devidamente licenciadas, como medida provisória até que os acordos setoriais nacionais sejam firmados.

Quanto às pilhas e baterias, o programa ABINEE (Associação Brasileira da Indústria de Elétrica e Eletrônica) Recebe Pilhas, uma iniciativa conjunta de fabricantes e importadores de pilhas e baterias portáteis das marcas participantes do programa, faz coletas em pontos específicos para cargas de no mínimo 30 kg. Em breve deve haver um ponto de coleta em Imbé.

6 CONCLUSÕES

A PNRS brasileira tem uma concepção muito elogiada, bem elaborada e objetivos bem definidos. A exigência da elaboração de PMGIRS se mostra uma ferramenta eficiente, pois obriga a municipalidade a planejar suas ações. Infelizmente em muitos casos os municípios não possuem infraestrutura técnica necessária para elaboração do Plano dependendo de recursos e equipe externa.

Como membro não participante da Administração pública, as dificuldades de elaboração no Plano consistiram principalmente em conhecer a realidade municipal e as ferramentas (legais e físicas) disponíveis para a elaboração de proposições viáveis.

Diante das visitas técnicas realizadas, nota-se como a Prefeitura Municipal exerce forte influência sobre os sistemas de coleta e triagem dos respectivos municípios.

Para não geração, redução e reaproveitamento dos resíduos deve-se investir maciçamente em campanhas de conscientização da população. Neste aspecto, os municípios precisam de apoio nacional para ampla divulgação na mídia. O município de Imbé possui um ponto crítico relacionado à sazonalidade, onde seriam realizadas campanhas extensivas com a população residente, mas que não atingiriam os veranistas.

Quanto às formas de destinação do resíduo, a reciclagem mecânica da fração seca e a compostagem da fração orgânica são cientificamente comprovadas como essenciais ao desenvolvimento sustentável. A reciclagem reduz o volume disposto em aterro sanitário (aumentando o tempo de vida útil deste) e a toxicidade do material, reduz o consumo de matéria prima virgem, além de incluir mão de obra de baixa escolaridade nos processos de triagem.

Para a disposição final, ainda não há um acordo entre os pesquisadores sobre as questões relacionadas a aterro sanitário e reciclagem energética. Os impactos ambientais relacionados à aplicação destas alternativas têm sido amplamente discutidos no meio acadêmico. No lado social, catadores têm lutado intensamente contra qualquer tipo de incineração, temendo perder parte da sua fonte de renda.

A principal dificuldade para conseguir um melhor aproveitamento do resíduo sólido domiciliar está na correta separação dos materiais. A cadeia de triagem começa nas residências, com o descarte segregativo, a separação simples entre úmidos e secos já evita a contaminação de uma boa parte do material.

O grande problema está na triagem do material coletado. Como foi visto os materiais podem ser separados em mais de 50 classificações diferentes, o que demanda tempo e espaço nas centrais de triagem. Além disso, devido a semelhança física de muitos materiais (como o PET e o PVC) pode haver dificuldade na identificação. A prática da indústria de usar cada vez mais blendas de diferentes materiais para obter propriedades melhores ou reduzir o custo faz com que muitos produtos não tenham uma classificação, ou até mesmo possibilidade de reciclagem comercialmente viável.

Alguns materiais como filmes de PP, PEAD ou PEBD (sacolas de mercado e embalagens) e o EPS poderiam ser reciclados, mas o preço de venda não torna a triagem do mesmo financeiramente atraente.

Estes obstáculos ressaltam a importância da Engenharia no desenvolvimento de novos materiais, para que possam ser facilmente reciclados, que não emitam elementos tóxicos durante sua degradação ou que sejam biodegradáveis.

SUGESTÕES DE TRABALHOS FUTUROS

- Após a implantação da coleta seletiva e central de compostagem acompanhar a rotina e levantar dados como combustível gasto, horas de trabalho, quantidade triada (por tipo de material) para planificação e futura análise de dados, estabelecendo uma planilha de cálculos que permita a tomada de decisões e possíveis previsões com dados do município, e não com dados de municípios maiores e com perfil diferenciado.
- Caracterização e quantificação dos resíduos domiciliares por bairros, utilizando a metodologia apresentada na norma ASTM 5231/92 para caracterização mais precisa dos resíduos gerados.
- Aplicação da ACV para avaliar os impactos sociais, ambientais e econômicos a partir de diferentes cenários possíveis de gerenciamento.

REFERÊNCIAS

- ABAL (Associação Brasileira do Alumínio). Relação entre Sucata Recuperada e Consumo Doméstico. ABAL. 2011. Disponível em: <<http://www.abal.org.br/estatisticas/nacionais/reciclagem/total-aluminio/>>. Acesso em: 30 de janeiro de 2014.
- ABILUMI (Associação Brasileira de Importadores de Produtos de Iluminação). **ABilumi entrega minuta de acordo setorial para logística reversa de lâmpadas.** ABILUMI. Disponível em: <http://www.abilumi.org.br/abilumi/index.php?option=com_content&task=view&id=20296&Itemid=61>. Acesso em: 11 de fevereiro de 2014.
- ABINEE (Associação Brasileira da Indústria Elétrica e Eletrônica). **Abinee entrega proposta de logística reversa para informática e celulares.** ABINEE.2013. Disponível em:<<http://www.abinee.org.br/noticias/com237.htm>>. Acesso em: 11 de fevereiro de 2014.
- ABIPLAST (Associação Brasileira das Indústrias do Plástico). **Acordo Setorial.** ABIPLAST. Disponível em: <<http://www.abiplast.org.br/site/meio-ambiente/acordo-setorial>>. Acesso em 11 de fevereiro de 2014.
- ABIVIDRO (Associação Técnica Brasileira das Indústrias Automáticas de Vidro). **Reciclagem no Brasil - Infográfico.** ABIVIDRO. Disponível em: <<http://www.abividro.org.br/reciclagem-abividro/reciclagem-no-brasil>>. Acesso em 30 de janeiro de 2014.
- ABNT (Associação Brasileira de Normas Técnicas). **NBR 10.004:** Resíduos sólidos – Classificação. Rio de Janeiro: ABNT, 2004. 77 p.
- _____. **NBR 13.896:** Aterros de resíduos não perigosos - Critérios para projeto, implantação e Operação. Rio de Janeiro: ABNT,1997. 12 p.
- _____. **NBR ISO 14.040:** Gestão ambiental - Avaliação do ciclo de vida - Princípios e estrutura. Rio de Janeiro: ABNT, 2001. 10 p.
- ANVISA (Agência Nacional de Vigilância Sanitária). **Resolução RDC nº 20, de 26 de março de 2008.** Dispõe sobre o Regulamento Técnico sobre embalagens de polietileno tereftalato (PET) pós-consumo reciclado grau alimentício (PET-PCR grau alimentício) destinados a entrar em contato com alimentos. 2008. Disponível em: <http://portal.anvisa.gov.br/wps/wcm/connect/beed8180474597599feddf3fbc4c6735/RDC_20.pdf?MOD=AJPERES>. Aceso em 05 de maio de 2014.
- _____. **A Anvisa e a implantação da logística reversa de resíduos de medicamento.** In: I Seminário de Vigilância Sanitária no Congresso Nacional: A Anvisa e o Desenvolvimento Social e Econômico do Brasil. Disponível em: <<http://portal.anvisa.gov.br/wps/wcm/connect/6e3f64004b32b1b3bf7ebfa337ab>>

ae9d/LOGISTICA_REVERSA_SEMANA_VISA+(final)%5B1%5D.ppt?MOD=AJPERES>. Acesso em 11 de Fevereiro de 2014.

ANVINA. **Reciclagem sustentável e solidária**. Disponível em: <<http://avina.net/por/wp-content/uploads/2011/11/rec.pdf>>. Acesso em 05 de Fevereiro de 2014.

AQUINO, Adriana Maria de. **Vermicompostagem**. Circular Técnica 29. Seropédica: EMBRAPA, 2009. Disponível em: <<http://www.cnpab.embrapa.br/system/files/cit029.pdf>>. Acesso em 21 de Abril de 2014.

ARENA, U.; MASTELLONE, M. L.; PERUGINI, F. Life Cycle Assessment of a Plastic Packaging Recycling System. **The International Journal of Life Cycle Assessment**, v. 8 (2), p. 92 – 98, 2003.

ASTM (American Society for Testing and Materials). **D5231-92** (Reapproved 2008): Standard Test Method for Determination of the Composition of Unprocessed Municipal Solid Waste. 4 p. 2008.

BARBIERI, J. C. **Desenvolvimento e meio ambiente: as estratégias de mudanças da agenda 21**. 4a ed., Petrópolis, RJ: Vozes, 1997. 156 p.

BARROS, R. T. V. **Elementos de gestão dos resíduos sólidos**. Belo Horizonte: Tessitura, 2012.

BECCALI, G.; CELLURA, M.; MISTRETTA, M. Managing Municipal Solid Waste: Energetic and Environmental Comparison Among Different Management Options. **The International Journal of Life Cycle Assessment**, v. 6 (4), p. 243 – 249, 2001.

BOVEA, M. D.; POWELL, J. C. Alternative scenarios to meet the demands of sustainable waste management. **Journal of Environmental Management**, v. 79, p. 114-132, 2006.

BRACELPA (Associação Brasileira de Celulose e Papel). **Reciclagem de papel**. BRACELPA. Disponível em: <<http://www.bracelpa.org.br/bra2/?q=node/172>>. Acesso em 15 de Março de 2014.

BRASIL. **Decreto nº 7.404, de 23 de dezembro de 2010**. Regulamenta a Lei nº 12.305, de 2 de agosto de 2010, que institui a Política Nacional de Resíduos Sólidos, cria o Comitê Interministerial da Política Nacional de Resíduos Sólidos e o Comitê Orientador para a Implantação dos Sistemas de Logística Reversa, e dá outras providências. 189^o da Independência e 122^o da República. Diário Oficial [da] República Federativa do Brasil, Brasília, DF, 23 dez. 2010a. Disponível em: <http://www.planalto.gov.br/ccivil_03/_Ato2007-2010/2010/Decreto/D7404.htm>. Acesso em 31 de Janeiro de 2013.

_____. **Lei nº 8.666 de 21 de junho de 1993**. Regulamenta o art. 37, inciso XXI, da Constituição Federal, institui normas para licitações e contratos da

Administração Pública e dá outras providências.172º da Independência e 105º da República. Diário Oficial [da] República Federativa do Brasil, Brasília, DF, 21. jun. 1993. Disponível em: <http://www.planalto.gov.br/ccivil_03/LEIS/L8666cons.htm#art24xxvii.>. Acesso em 05 de maio de 2014.

_____. **Lei nº 9.605, de 12 de fevereiro de 1998.** Dispõe sobre as sanções penais e administrativas derivadas de condutas e atividades lesivas ao meio ambiente, e dá outras providências.177º da Independência e 110º da República. Diário Oficial [da] República Federativa do Brasil, Brasília, DF, 12 fev. 1998. Disponível em: <http://www.planalto.gov.br/ccivil_03/leis/l9605.htm>. Acesso em 03 de dezembro de 2013.

_____. **Lei nº 11.445, de 5 de janeiro 2007.** 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. 186º da Independência e 119º da República. Diário Oficial [da] República Federativa do Brasil, Brasília, DF, 5 jan. 2007. Disponível em: <http://www.planalto.gov.br/ccivil_03/_ato2007-2010/2007/lei/l11445.htm>. Acesso em 31 de Janeiro de 2013.

_____. **Lei nº 12.305, de 2 de agosto de 2010.** Institui a Política Nacional de Resíduos Sólidos; altera a Lei nº 9.605, de 12 de fevereiro de 1998; e dá outras providências. 189º da Independência e 122º da República. Diário Oficial [da] República Federativa do Brasil, Brasília, DF, 2 ago. 2010b; Disponível em: <http://www.planalto.gov.br/ccivil_03/_ato2007-2010/2010/lei/l12305.htm>. Acesso em: 17 de Outubro de 2012.

_____. **Lei nº 12.375, de 30 de dezembro de 2010.** Altera a Lei nº 10.683, de 28 de maio de 2003; transforma Funções Comissionadas Técnicas em cargos em comissão, criadas pela Medida Provisória nº 2.229-43, de 6 de setembro de 2001; altera a Medida Provisória nº 2.228-1, de 6 de setembro de 2001, e as Leis nºs 8.460, de 17 de setembro de 1992, 12.024, de 27 de agosto de 2009, 10.833, de 29 de dezembro de 2003, 11.371, de 28 de novembro de 2006, 12.249, de 11 de junho de 2010, 11.941, de 27 de maio de 2009, 8.685, de 20 de julho de 1993, 10.406, de 10 de janeiro de 2002, 3.890-A, de 25 de abril de 1961, 10.848, de 15 de março de 2004, 12.111, de 9 de dezembro de 2009, e 11.526, de 4 de outubro de 2007; revoga dispositivo da Lei nº 8.162, de 8 de janeiro de 1991; e dá outras providências. 189º da Independência e 122º da República. Diário Oficial [da] República Federativa do Brasil, Brasília, DF, 30 dez.2010c Disponível em: <<http://www.receita.fazenda.gov.br/Legislacao/leis/2010/lei12375.htm>>. Acesso em 06 de fevereiro de 2014.

BROWN, David. Plastics packaging of food products: the environmental dimension. **Trends in Food Science & Technology**, v. 4, p. 294 – 300, Sep, 1993.

- BRUNER, C. R. Waste-to-energy combustion. In: TCHOBANOGLIOUS, G.; KREITH, F. (Org). **Handbook of Solid Waste Management**. 2ª ed. McGraw-Hill, 2002. p. 13.1-13.84.
- CALDERONI, Sabetai. O\$ bilhão\$ perdido\$ no lixo. 4ª ed. São Paulo, SP: Humanitas, 2003. 346 p.
- CAMARGO, Christian. **Projeto de reciclagem do lixo de Tibagi é premiado no Salão Roteiros do Brasil**. Agência de notícias – Estado do Paraná. 05 de dezembro de 2011. Disponível em <<http://www.historico.aen.pr.gov.br/modules/galeria/detalhe.php?foto=125146&evento=25128#menu-galeria>>. Acesso em 05 de dezembro de 2013.
- CAMPANI, D. B.; WARTCHOW, D.; RAMOS, G. G. C. Indicadores socio-ambientais como instrumento de gestão na coleta seletiva de resíduos sólidos urbanos. **Revista AIDIS de Ingeniería y Ciencias Ambientales: Investigación, desarrollo y práctica**, v. 6, n 1, p. 110 – 121, 2013.
- CARDILLI, J. **Vizinhos de aterro que explodiu em SP temem novo deslizamento**. G1. 2011. Disponível em: <<http://g1.globo.com/sao-paulo/noticia/2011/04/moradores-temem-novo-deslizamento-em-lixao-que-explodiu-na-grande-sp.html>>. Acesso em 15 de março de 2014.
- CEMPRE (Compromisso Empresarial para Reciclagem). **Ciclosoft 2012**. Disponível em: <http://www.cempre.org.br/ciclosoft_2012.php>. Acesso em: 30 de Janeiro de 2014.
- _____; CETEA/ITAL (Centro de Tecnologia de Embalagem do Instituto de Tecnologia de Alimentos). **Política Nacional de Resíduos Sólidos - O impacto da nova lei contra o aquecimento global**. s.d. Disponível em <http://www.cempre.org.br/download/pnrs_001.pdf>. Acesso em 16 de Janeiro de 2013.
- CHAO, Chien-Wen; LIAO, Ching-Jong. Approaches to eliminate waste and reduce cost for recycling glass. **Waste Management**, v. 31, p. 2414–2421, 2011.
- CIGRES (Consórcio Intermunicipal de Gestão de Resíduos Sólidos). **Compostagem**. Disponível em <http://www.cigres.com.br/index.php?option=com_content&view=article&id=5&Itemid=6>. Acesso em 02 de Outubro de 2013.
- COLTRO, L. Avaliação do Ciclo de Vida – ACV. In:_____. (Org). **Avaliação do Ciclo de Vida como Instrumento de Gestão**. Campinas: CETEA/ITAL, p. 7-13, 2007.
- CONAMA. **Resolução 275 de 25 de abril de 2001**. Estabelece o código de cores para os diferentes tipos de resíduos, a ser adotado na identificação de coletores e transportadores, bem como nas campanhas informativas para a coleta seletiva. 2001. Disponível em:

<<http://www.mma.gov.br/port/conama/legiabre.cfm?codlegi=273>>. Acesso em 22 de Agosto de 2013.

CONSEMA. **Resolução 017 de 2001**. Diretrizes para elaboração e apresentação de plano de gerenciamento integrado de resíduos sólidos. Disponível em: <http://www.fepam.rs.gov.br/consema/Res_0017-01_An.asp>. Acesso em 31 de Janeiro de 2013.

CRESPO, Samyra. Agenda 21 Brasileira: Avaliações e Resultados. Brasília: Ministério do Meio Ambiente, 2012.

DANTAS, P.; RODRIGUES, A. **Lixo em decomposição teria causado explosão no RJ**. O Estadão. 2010. Disponível em: <<http://www.estadao.com.br/noticias/geral,lixo-em-decomposicao-teria-causado-explosao-no-rj,535601,0.htm>>. acesso em 15 de março de 2014.

DIAZ, L. F.; SAVAGE, G. M.; GOLUEKE, C. G. Composting of Municipal Solid Wastes. In: TCHOBANOGLIOUS, G.; KREITH, F. (Org). **Handbook of Solid Waste Management**. 2ª ed. Ed. McGraw-Hill, 2002. p. 7.1-7.27.

DOIS IRMÃOS. Disponível em: <<http://www.doisirmaos.rs.gov.br/>>. Acesso em 01 de Março de 2014.

ECOCITRUS. **A Ecocitrus recicla 45 mil toneladas de resíduos industriais por ano**. Disponível em: <<http://www.ecocitrus.com.br/cooperativa-usina.htm>>. Acesso em 02 de Outubro de 2014.

FRANKLIN, M. A. Solid Waste Stream Characteristics. In: TCHOBANOGLIOUS, G.; KREITH, F. (Org). **Handbook of Solid Waste Management**. 2ª ed. McGraw-Hill, 2002. p. 5.1-5.30.

G1 PARÁ. **Lixo entope bueiros e temporal causa alagamentos em Belém**. G1. 2013. Disponível em: <<http://g1.globo.com/pa/para/noticia/2013/11/lixo-entope-bueiros-e-temporal-causa-alagamentos-em-belem.html>>. Acesso em 11 de Fevereiro de 2014.

G1 RS. **Projeto 'cavalo de lata' quer reduzir circulação de carroças no RS**. G1. 2013. Disponível em: <<http://g1.globo.com/rs/rio-grande-do-sul/noticia/2013/05/projeto-cavalo-de-lata-quer-reduzir-circulacao-de-carrocas-no-rs.html>>. Acesso em 10 de Março de 2014.

GEBRIM, S. **Setor de medicamentos terá acordo para logística reversa**. Proposta aprovada por consenso ainda pode receber ajustes durante 120 dias. MMA.2013. Disponível em: <<http://www.mma.gov.br/informma/item/9538-setor-de-medicamentos-ter%C3%A1-acordo-para-log%C3%ADstica-reversa>>. Acesso em 11 de fevereiro de 2014.

GLEW, D. et al. How do end of life scenarios influence the environmental impact of product supply chains? Comparing biomaterial and petrochemical products. **Journal of Cleaner Production**, v. 29-30, p. 122-131, 2012.

GM&CLOG. **Projeto abinee recebe pilhas.** s.d. Disponível em: <<http://www.gmcons.com.br/gmclog/admin/VisualizarPostosMapaCliente.aspx>>. Acesso em 11 de fevereiro de 2014.

GRIPPI, S. **Lixo, reciclagem e sua história:** guia para prefeituras brasileiras. Rio de Janeiro: Interciência, 2001.

HENRIQUE, Fábio e FIORIO, Vivian. **Como é fabricado o vidro?** Indústria Hoje. 13 de julho de 2013. Disponível em: <<http://www.industriahoje.com.br/como-e-fabricado-o-vidro>>. Acesso em: 09 de julho de 2014.

IBA (Indústria Brasileira de Árvores). **Papel.** 2014a. Disponível em: <<http://www.bracelpa.org.br/web/pt/nossos-produtos/papel.htm>>. Acesso em 08 de Julho de 2014.

_____. **O setor em números.** 2014b. Disponível em: <<http://www.bracelpa.org.br/shared/2014.07.02.booklet-pt.pdf>>. Acesso em 08 de Julho de 2014.

IBGE (Instituto Brasileiro de Geografia e Estatística). **Pesquisa Nacional de Saneamento Básico 2000.** 2002.

_____. **Pesquisa Nacional de Saneamento Básico 2008.** 2010.

_____. Cidades. **Campo Bom.** 2010a. Disponível em: <<http://www.cidades.ibge.gov.br/xtras/perfil.php?lang=&codmun=430390&search=rio-grande-do-sul|campo-bom>>. Acesso em 3 de Março de 2014.

_____. Cidades. **Dois Irmãos.** 2010b. Disponível em: <<http://www.cidades.ibge.gov.br/xtras/perfil.php?lang=&codmun=430640&search=rio-grande-do-sul|dois-irmaos>>. Acesso em 01 de Março de 2014

_____. Cidades. **Imbé.** 2010c. Disponível em: Disponível em <<http://www.ibge.gov.br/cidadesat/xtras/perfil.php?codmun=431033>>. Acesso em 17 de Janeiro de 2012.

_____. Cidades. **Novo Hamburgo.** 2010d. Disponível em: <<http://www.cidades.ibge.gov.br/xtras/perfil.php?lang=&codmun=431340&search=rio-grande-do-sul|novo-hamburgo>>. Acesso em 01 de Março de 2014.

_____. Cidades. **Três Coroas.** 2010e. Disponível em: <<http://www.cidades.ibge.gov.br/xtras/perfil.php?lang=&codmun=432170&search=rio-grande-do-sul|tres-coroas>>. Acesso em 3 de Março de 2014.

_____. Cidades. **Viamão.** 2010f. Disponível em: <<http://www.cidades.ibge.gov.br/xtras/perfil.php?lang=&codmun=432300&search=rio-grande-do-sul|viamao>>. Acesso em 3 de Março de 2014.

IMBÉ. **Lei nº 634, de 27 de abril de 2001.** Dispõe sobre a Política de Gestão de Resíduos Sólidos do Município e dá outras providências. Gabinete do prefeito municipal de Imbé, Imbé: 2001.

_____. **Lei nº 1.421, de 23 de janeiro de 2013.** Cria o código ambiental do município de Imbé e dá outras providências. Gabinete do prefeito municipal de Imbé, Imbé: 2013.

INPEV (Instituto Nacional de Processamento de Embalagens Vazias). **Logística reversa das embalagens vazias de agrotóxico.** INPEV. Disponível em: <<http://www.inpev.org.br/downloads/apresentacao-institucional/logistica-reversa-embalagens-vazias-agrotoxico.pdf>>. Acesso em 11 de Fevereiro de 2014.

IPEA (Instituto de Pesquisa Econômica Aplicada). **Pesquisa sobre pagamento por Serviços Ambientais Urbanos para Gestão de Resíduos Sólidos:** Relatório de Pesquisa. Brasília: DIRUR, 2010. Disponível em: http://www.mma.gov.br/estruturas/253/_arquivos/estudo_do_ipea_253.pdf, acesso em 15 de Janeiro de 2014.

_____. **Diagnóstico dos Resíduos Sólidos Urbanos:** Relatório de Pesquisa. Brasília: IPEA, 2012. Disponível em: <http://www.ipea.gov.br/agencia/images/stories/PDFs/relatoriopesquisa/121009_relatorio_residuos_solidos_urbanos.pdf>. Acesso em 10 de Setembro de 2013.

JOGUE LIMPO. **O programa.** Disponível em: <<http://www.programajoguelimpo.com.br/index.php>>. Acesso em 11 de Fevereiro de 2014.

JORNAL DA CIDADE. **Entulho: lixo descartado nas ruas entope bueiros e causa enchentes.** Jornal da Cidade. 2010. Disponível em: <<http://www.jornalcidade.net/rioclaro/dia-a-dia/dia-a-dia/55519-ENTULHO:-lixo-descartado-nas-ruas-entope-bueiros-e-causa-enchentes>>. Acesso em 11 de Fevereiro de 2014.

KEYASSOCIADOS. **Plano municipal de gestão integrada de resíduos sólidos no município de Campo Bom.** Campo Bom: Keyassociados, 2012a. Disponível em: <http://www.consorcioprosinos.com.br/downloads/plano_gestao_residuos_solidos_campo_bom_02082012.pdf>. Acesso em: 05 de maio de 2014.

_____. **Plano municipal de gestão integrada de resíduos sólidos no município de Dois Irmãos.** Dois Irmãos: Keyassociados, 2012b. Disponível em: <http://www.consorcioprosinos.com.br/downloads/plano_gestao_residuos_solidos_dois_irmaos_02082012.pdf>. Acesso em: 05 de maio de 2014.

_____. **Plano municipal de gestão integrada de resíduos sólidos do município de Novo Hamburgo.** Novo Hamburgo: Keyassociados, 2012c. Disponível em:

<http://www.consorciosprosinos.com.br/downloads/plano_gestao_residuos_solidos_novo_hamburgo_02082012.pdf>. Acesso em: 05 de maio de 2014.

_____. **Plano municipal de gestão integrada de resíduos sólidos do município de Três Coroas**. Três coroas: Keyassociados, 2012d. Disponível em: <http://www.consorciosprosinos.com.br/downloads/plano_gestao_residuos_solidos_tres_coroas_02082012.pdf>. Acesso em: Dezembro de 2012.

KNOWASTE. **Environmental Benefits**. Knowaste: Recycling specialists for absorbent hygiene waste. Disponível em: <<http://www.knowaste.com/research/environmental-benefits>>. Acesso em 04 de fevereiro de 2014.

KORONEOS, C. J.; NANAKI, E. A. Integrated solid waste management and energy production - a life cycle assessment approach: the case study of the city of Thessaloniki. **Journal of Cleaner Production**, v. 27, p. 141 - 150, 2012.

LAVEE, D.. Is Municipal Solid Waste Recycling Economically Efficient? **Environmental Management**, v. 40, p. 926 – 943, 2007.

LEVERENZ, H. Source Reduction: Quantity and Toxicity: Quantity Reduction. In: TCHOBANOGLIOUS, G.; KREITH, F. (Org). **Handbook of Solid Waste Management**. 2ª ed. McGraw-Hill, 2002. p. 6.1-6.25.

LIAMSANGUAN, C.; GHEEWALA, S. H. Environmental Assessment of Energy Production from Municipal Solid Waste Incineration. **The International Journal of Life Cycle Assessment**, v. 12 (7), p. 529 – 536, 2007.

LIMA, L. M. Q. **Lixo: Tratamento e Biorremediação**. 3ª ed. Ed. Hemus, 2004.

MAESTRI, J. C. **Reciclagem local dos resíduos orgânicos com participação comunitária**. 2010. 56 f.. Trabalho de Conclusão de Curso (Graduação em Engenharia Agrônoma) – Faculdade de Agronomia, Universidade Federal de Santa Catarina, Florianópolis, 2010.

MANRICH, Sati; FRATTINI, Gustavo; ROSALINI, Antonio Carlos. **Identificação de Plásticos: uma ferramenta para reciclagem**. São Carlos: EDUFSCar, 1997.

MCDougall, F. R.; WHITE, P. R.; FRANKE, M.; HINDLE, P. **Integrated Solid Waste Management: a Life Cycle Inventory**. 2 ed. Blackwell Science: 2001.

MMA (Ministério do Meio Ambiente). **Resultado final da 4ª Conferência de Meio Ambiente**. Disponível em: <<http://www.conferenciameioambiente.gov.br/wp-content/uploads/2013/02/RESULTADO-FINAL-4CNMA.pdf>>. Acesso em 16 de Janeiro de 2014.

MNCR (Movimento Nacional dos Catadores de Recicláveis). **Estrutural: o maior lixão da América Latina é um pesadelo da sociedade brasileira**. MNCR. 2014. Disponível em: <http://www.mncr.org.br/box_2/blog-centro-oeste/estrutural-o-

maior-lixao-da-america-latina-e-um-pesadelo-da-sociedade-brasileira>. Acesso em 11 de Fevereiro de 2014.

_____. **MNCR propõe Programa de Reciclagem Popular ao Governo Federal**. 03 de Março de 2014. Disponível em: <http://www.mncr.org.br/box_2/noticias-regionais/mncr-propoe-programa-de-reciclagem-popular-ao-governo-federal>. Acesso em 05 de Fevereiro de 2014.

MONTEIRO, J. H. P.; FIGUEIREDO, C. E. M.; MAGALHÃES, A. F. **Manual de Gerenciamento Integrado de resíduos sólidos**. Rio de Janeiro: IBAM, 2001.

MORENO, B. **Montanhas de lixo entopem bueiros de BH, à espera das chuvas**. 2013. Hoje em dia. Disponível em: <<http://www.hojeemdia.com.br/noticias/politica/montanhas-de-lixo-entopem-bueiros-de-bh-a-espera-das-chuvas-1.170246>>. Acesso em 11 de Fevereiro de 2014.

NOVO HAMBURGO. **Novo Hamburgo: Passado e futuro**. Disponível em: <http://www.novohamburgo.rs.gov.br/modules/catasg/novohamburgo.php?cont_eudo=70>. Acesso em 01 de Março de 2014.

OLIVEIRA, L. B.; ROSA, L. P.. Brazilian waste potential: energy, environmental, social and economic benefits. **Energy Policy**, v. 31, p. 1481–1491, 2003.

PEREIRA NETO, J. T. **Gerenciamento do Lixo Urbano**: aspectos técnicos e operacionais. Viçosa, MG: Ed. UFV, 2007a.

_____. **Manual de Compostagem**: Processo de baixo custo. Viçosa, MG: Ed. UFV, 2007b.

PINTO, T. P.. **Sugestões para o projeto dos galpões e a organização da coleta seletiva**. s.d. Disponível em: <http://www.cidades.gov.br/images/stories/ArquivosSNSA/Arquivos_PDF/ManualColetaSeletiva.pdf>. Acesso em 15 de Março de 2014.

PIVA, A. M. WIEBECK. **Reciclagem do Plástico: Como fazer da reciclagem um negócio lucrativo**. São Paulo: Artliber Editora, 2004.

PORTAL BRASIL. **Curso prepara estados e municípios para elaboração de planos de resíduos sólidos**. Brasil. 2012. Disponível em: <<http://www.brasil.gov.br/meio-ambiente/2012/10/estados-e-municipios-se-preparam-para-plano-nacional-de-residuos-solidos>>. Acesso em 07 de Janeiro de 2013.

QUEIROZ, G. C.; GARCIA, E. E. C. Reciclagem de sacolas plásticas de polietileno em termos de inventário de ciclo de vida. **Polímeros**, v. 20, n. especial, p. 401-406, 2010.

RECICLANIP. Disponível em: <<http://www.reciclanip.org.br/v3/>>. Acesso em 11 de Fevereiro de 2014.

- REICHERT, G. A. **Apoio à tomada de decisão por meio da avaliação do ciclo de vida de sistemas de gerenciamento de resíduos sólidos urbanos: o caso de Porto Alegre**. 2013. Tese (Doutorado em Recursos Hídricos e Saneamento Ambiental) – Instituto de Pesquisas Hidráulicas, Universidade Federal do Rio Grande do Sul, Porto Alegre, 2013.
- RIBEIRO, R. Supermercado sustentável. **LR Medicamentos**: Indústria farmacêutica tem mais 60 dias para adaptar-se às novas regras. 2014 ABRAS. Disponível em <http://www.abras.com.br/supermercadosustentavel/logistica-reversa/industria-farmaceutica-tem-mais-60-dias-para-adaptar-se-as-novas-regras>>. Acesso em 11 de Fevereiro de 2014.
- RIO GRANDE DO SUL. Lei nº 9.921, de 27 de julho de 1993. Dispõe sobre a gestão dos resíduos sólidos, nos termos do artigo 247, parágrafo 3º da Constituição do Estado e dá outras providências. Porto Alegre, 27 jul. 1993. Disponível em: <http://www.proamb.com.br/downloads/mjea3g.pdf>>. acesso em 06 de Fevereiro de 2014.
- SACHS, I. **Desenvolvimento: includente, sustentável, sustentado**. Rio de Janeiro, RJ: Garamond, 2004. 151 p.
- SACHS I. **Caminhos para o desenvolvimento sustentável**. Rio de Janeiro, RJ: Garamond, 2009. 95 p.
- SANTOS, Celênia Pereira; *et al.* Papel: como se fabrica? **Química Nova na Escola**, nº 14, p. 3 – 7, 2001.
- SIMÕES, G. V. B. et al. **Coleta Seletiva como instrumento de políticas públicas**: A experiência do Município de Sorocaba-SP. In: III International Workshop Advances in Cleaner Production, 2011, São Paulo.
- SINDICATO da Indústria de Calçados e Componentes para Calçados de Três Coroas. Disponível em: <http://www.sindicatotrescoroas.com.br>>. Acesso em 23 de Novembro de 2012.
- SNSA (Secretaria Nacional de Saneamento Ambiental). **Diagnóstico do Manejo de Resíduos Sólidos Urbanos - 2005**. Brasília: MCIDADES.SNSA, 2007.
- _____. **Diagnóstico do Manejo de Resíduos Sólidos Urbanos - 2011**. Brasília: MCIDADES.SNSA, 2013.
- SUOCHENG, D.; TONG, K. W.; YUPING, W. Municipal solid waste management in China: using commercial management to solve a growing problem. **Utilities Policy**, v.10 p. 7–11, 2001.
- TCHOBANOGLIOUS, G.; KREITH, F. WILLIAMS, M. E. Introduction. In: TCHOBANOGLIOUS, G.; KREITH, F. (Org). **Handbook of Solid Waste Management**. 2ª ed. Ed. McGraw-Hill, 2002. p. 1.1-1.27.

- TEIXEIRA, B. A. N.; ZANIN, M. Reciclagem e Reutilização de Embalagens. In: BIDONE, Francisco Ricardo Andrade (org.) **Metodologias e técnicas de minimização, reciclagem, e reutilização de resíduos sólidos urbanos**. Rio de Janeiro: ABES – Associação Brasileira de Engenharia Sanitária e Ambiental, 1999. p 31-38.
- THEISEN, H. Collection of Solid Waste. In: TCHOBANOGLIOUS, G.; KREITH, F. (Org). **Handbook of Solid Waste Management**. 2ª ed. McGraw-Hill, 2002. p. 7.1-7.27.
- TOMACHESKI, D. et al. **Plano municipal de gestão integrada de resíduos sólidos do município de Imbé**. Imbé: 2014. 77 p. Disponível em: <http://portal.sysnova.com.br/s_s/243/UserFiles/EditorFiles/Plano%20Imbe.pdf>. Acesso em 05 de maio de 2014.
- VELLINI, Michela; SAVIOLI, Michela. Energy and environmental analysis of glass container production and recycling. *Energy*, v. 34, p. 2137 – 2143, 2009.
- VIA PÚBLICA. **Estudo de alternativas de tratamento de Resíduos sólidos urbanos. Incinerador massburne biodigestor anaeróbio: Subsídios técnicos à elaboração dos Planos Locais de Gestão dos Resíduos Sólidos**. I&T; NRG: 2012. Disponível em: <<http://www.no-burn.org/downloads/BIODIGESTAO%20e%20INCINERACAO.pdf>>. Acesso em 01 de Outubro de 2013.
- WANG, Lei; TEMPLER, Richard; MURPHY, Richard J. A Life Cycle Assessment (LCA) comparison of three management options for waste papers: Bioethanol production, recycling and incineration with energy recovery. **Bioresource Technology**, v. 120, p. 89–98, 2012.
- WEITZ, K. et al. Life Cycle Management of Municipal Solid Waste. **The International Journal of Life Cycle Assessment**, v. 4 (4), p. 193 – 201, 1999.
- WORLD STEEL ASSOCIATION. **The three Rs of sustainable steel**. Disponível em: <https://www.worldsteel.org/dms/internetDocumentList/fact-sheets/Fact-sheet_3Rs/document/Fact%20sheet_3Rs.pdf>. Acesso em 10 de Julho de 2014.
- XAVIER, L. H.; CORRÊA, H. L. Sistemas de Logística Reversa: Criando cadeias de suprimento sustentáveis. São Paulo: Atlas: 2013. 280 p.
- YELLISHETTY, Mohan; et al. Environmental life-cycle comparisons of steel production and recycling: sustainability issues, problems and prospects. **Environmental science & policy**, v. 14, p. 650 – 663, 2011.
- YIN, Robert K. Estudo de caso: planejamento e métodos. 3a ed. Porto Alegre, RS: Bookman, 2005. 212 p.
- YOSHIDA, C. Competência e as diretrizes da PNRS: conflitos e critérios de harmonização entre as demais legislações normas. In: JARDIM, A.; YOSHIDA,

C.; MACHADO FILHO, J. V. (Org.) **Política Nacional, Gestão e Gerenciamento de Resíduos Sólidos**. Barueri: Manole, 2012. p. 3 - 38. (Coleção Ambiental).

ZENG, X. et al. Integrated Solid Waste Management Under Global Warming. **The Open Waste Management Journal**, v. 3, p.13-17, 2010.

ZERO HORA. **Catadores de Novo Hamburgo receberão carrinhos motorizados para coleta seletiva**. Zero Hora. 2013. Disponível em: <http://zerohora.clicrbs.com.br/rs/noticia/2013/12/catadores-de-novo-hamburgo-receberao-carrinhos-motorizados-para-coleta-seletiva-4370448.html?utm_source=Redes+ Sociais&utm_medium=Hootsuite&utm_campaign=Hootsuite>. Acesso em 12 de Fevereiro de 2014.