



Universidade Federal do Rio de Janeiro  
Escola Politécnica  
Programa de Engenharia Urbana

ALICE MAGALHÃES GARCIA SOUZA

**COMPARAÇÃO DE CUSTOS E SUSTENTABILIDADE ENTRE  
DOIS CENÁRIOS DE GESTÃO DE RESÍDUOS SÓLIDOS NO  
MUNICÍPIO DE PARAÍBA DO SUL – RJ**

Rio de Janeiro

2018



UFRJ

Alice Magalhães Garcia Souza

COMPARAÇÃO DE CUSTOS E SUSTENTABILIDADE ENTRE  
DOIS CENÁRIOS DE GESTÃO DE RESÍDUOS SÓLIDOS NO  
MUNICÍPIO DE PARAÍBA DO SUL – RJ

Dissertação de Mestrado apresentada ao Programa de Engenharia Urbana, Escola Politécnica, da Universidade Federal do Rio de Janeiro, como parte dos requisitos necessários à obtenção do título de Mestre em Engenharia Urbana.

Orientadora: Elaine Garrido Vazquez

Rio de Janeiro

2018

Souza, Alice Magalhães Garcia.

Comparação de custos e sustentabilidade entre dois cenários de gestão de resíduos sólidos no município de Paraíba do Sul - RJ / Alice Magalhães Garcia Souza - 2018.

131 f.: il; 29,7 cm.

Dissertação (Mestrado em Engenharia Urbana) – Universidade Federal do Rio de Janeiro, Escola Politécnica, Programa de Engenharia Urbana, Rio de Janeiro, 2018.

Orientadora: Elaine Garrido Vazquez.

1. Resíduos Sólidos Urbanos. 2. Sustentabilidade. 3. Aterro Sanitário. 4. Compostagem. 5. Paraíba do Sul. I. Vazquez, Elaine Garrido (Orient.); II. Universidade Federal do Rio de Janeiro, Escola Politécnica. III. Título.



UFRJ

COMPARAÇÃO DE CUSTOS E SUSTENTABILIDADE ENTRE  
DOIS CENÁRIOS DE GESTÃO DE RESÍDUOS SÓLIDOS NO  
MUNICÍPIO DE PARAÍBA DO SUL – RJ

Alice Magalhães Garcia Souza

Orientadora: Elaine Garrido Vazquez

Dissertação de Mestrado apresentada ao Programa de Engenharia Urbana, Escola Politécnica, da Universidade Federal do Rio de Janeiro, como parte dos requisitos necessários à obtenção do título de Mestre em Engenharia Urbana.

Aprovada pela Banca:

---

Prof. D. Sc. Elaine Garrido Vazquez, PEU/UFRJ

---

Prof. D. Sc. Maria Cristina Moreira Alves

---

Prof. D. Sc. Gisele Barbosa, PEU/UFRJ

Rio de Janeiro

2018

Dedico este trabalho ao meu pai, *Ricardo Garcia Souza*, amorosa inspiração de determinação, disciplina, paciência e luta. Amor e gratidão eternos.

## AGRADECIMENTOS

*Fabício*, pelo amor e parceria carinhosa, e pelo enorme apoio, força e compreensão.

*Hugo*, pela grande amizade e acolhida.

*Sandra e Rita*, pelo carinho e mimos.

Às queridas Elaine, Tina e Gisele, pelo apoio e incentivo. Time de mulheres inspiradoras, não apenas sob o viés acadêmico, mas também pessoal.

Mariani, Patrícia, Iuri, Verônica, Larissa, Ana Carolina, Angélica e Rosângela, amigos queridos do PEU que me apoiaram com sua amizade e auxílios práticos valiosos.

Erika, Ia, Paula, Djalma e Marcus César, pela inspiração e incentivo acadêmico.

Denise e Leila, pelas somas práticas sobre resíduos e circularidade.

Aos professores do PEU, COPPE, IPPUR e PEA, em especial: Maria Gabriella, Claudia, Fernando, Giovanni, Renan Moritz, Hipólita Siqueira e Caio de Teves Inácio.

E também aos professores João Alberto Ferreira, José Henrique Penido e Raphael Tobias Barros.

À Prefeitura Municipal de Paraíba do Sul, em especial: Cláudio Ribeiro, Luiz Rezende e demais funcionários do cadastro de empresas e setor de protocolo.

***O lixo é um erro de design.***

Projeto RSA, 2017 (Thomas, S.)

## RESUMO

O objetivo desta dissertação é avaliar dois cenários simulados de Gestão de Resíduos Sólidos Urbanos no município de Paraíba do Sul – RJ, utilizando indicadores de custos e sustentabilidade. O primeiro cenário avaliado é o modelo para o qual a cidade está se direcionando neste momento: a destinação de todos os seus resíduos a um aterro sanitário privado, no município de Três Rios. E o segundo cenário avaliado é um novo modelo, proposto neste trabalho: tratar a fração orgânica dos resíduos em um processo de compostagem local, enviando o restante ao aterro sanitário. Assim, a metodologia utilizada para atingir este objetivo foi a pesquisa exploratória quantitativa e qualitativa, a partir de quatro indicadores, listados a seguir: estimativa de geração de RSU (total e de orgânicos dos grandes geradores); estimativa de custos de coleta (convencional e seletiva de orgânicos); estimativa de custos para disposição final e tratamento de resíduos (aterro sanitário e Pátio de Compostagem Municipal); e indicadores de sustentabilidade (relacionados às dimensões tecnológica e ambiental). Desta forma, avaliou-se um universo de 10 bairros que fazem parte do núcleo-sede do município, escolhidos intencionalmente, segundo a continuidade do tecido urbano. Os resultados obtidos mostraram uma diferença de menos de R\$ 10.000,00 por mês entre os custos totais estimados para cada cenário, sendo a segunda simulação a mais cara. Apesar disso, a pontuação dos indicadores de sustentabilidade mostrou que o segundo cenário é o melhor sob o ponto de vista ambiental.

**Palavras-chave:** resíduos sólidos urbanos; sustentabilidade; aterro sanitário; compostagem; Paraíba do Sul.

## **ABSTRACT**

The purpose of this dissertation is to evaluate two simulated scenarios of Urban Solid Waste Management at Paraíba do Sul City - State of Rio de Janeiro, using costs and sustainability indicators. The first scenario evaluated is the model how the city is routing nowadays: the disposal of all its solid wastes (SW) on a private landfill, at Três Rios city. The second scenario evaluated is a new model proposed in this work; treating the organic fraction of waste on a local composting process and disposal the remaining waste on the landfill. Therefore, the methodology used to achieve this objective was the quantitative and qualitative exploratory research, based on four indicators listed next: : estimation of municipal SW generation (total and organic of large generators); cost estimation for collection (conventional and selective to organic waste); estimate of costs for final disposal and waste treatment (Landfill and Municipal Composting Courtyard); and sustainability indicators (related to the technological and environmental dimensions). In this way, it was evaluated a number of 10 neighborhoods from the municipal core, chosen intentionally according to the continuity of the urban fabric. The results obtained showed a difference of less than R\$ 10,000.00 per month between the total estimated costs for each scenario, the second simulation being the most expensive. Despite this, the score of the sustainability indicators showed that the second scenario is the best from the environmental point of view.

**Keywords:** urban solid waste; sustainability; landfill; composting; Paraíba do Sul.

## LISTA DE FIGURAS

Figura 1	Evolução quantitativa dos vazadouros a céu aberto no Estado do Rio de Janeiro. ....	13
Figura 2:	Evolução da gestão de RSU, incorporando princípios ambientais. ....	14
Figura 3:	foto do lixão da Barrinha, em Paraíba do Sul. ....	16
Figura 4:	Esquemas ilustrativos de cidades com metabolismo linear e circular. ....	20
Figura 5:	Diagrama de fluxos de entradas e saídas do setor pecuário do município de Feliz, no ano de 2011, em toneladas. ....	23
Figura 6:	Ilustração sobre a diferença entre ecoefetividade e ecoeficiência. ....	26
Figura 7:	disposição inadequada de resíduos em um vazadouro a céu aberto (“lixão”). ....	29
Figura 8:	esquema de aterro sanitário, indicando seus principais elementos. ....	30
Figura 9:	elementos para drenagem de águas pluviais no AS. ....	32
Figura 10:	Gráfico da relação entre custos <i>per capita</i> de coleta e disposição de RSU (R\$/hab/ano) e gestão das empresas, no Brasil. ....	35
Figura 11:	Gráfico da relação entre custos <i>per capita</i> de coleta e disposição de RSU (R\$/hab/ano) e o tamanho da população municipal, no Brasil. ....	35
Figura 12:	Fluxograma com indicação dos materiais que deveriam seguir para aterramento. ....	38
Figura 13:	leiras de compostagem. ....	43
Figura 14:	Leiras de compostagem pelo método UFSC, no município de Alto Paraíso, GO. ....	44
Figura 15:	Nova carga de resíduos sendo misturada ao material existente na leira. ....	45
Figura 16:	Pá-carregadeira leve. ....	45
Figura 17:	Instrumento acoplado a um trator simples, para auxílio na formação das leiras. ....	45
Figura 18:	Funcionários organizando o material das leiras com auxílio de garfos agrícolas. ....	46
Figura 19:	Sistematização das experiências de compostagem de RSU, encontradas no estado de São Paulo. ....	48
Figura 20:	UTC da COMLURB, no Caju, Rio de Janeiro, RJ. ....	50
Figura 21:	Resíduos recicláveis triados na UTC da COMLURB, Caju / Rio de Janeiro, RJ. ....	50
Figura 22:	Esteira de triagem com funcionárias na UTC da COMLURB, Caju / Rio de Janeiro, RJ. ....	51
Figura 23:	Leira de compostagem na UTC da COMLURB, Caju / Rio de Janeiro, RJ. ....	51
Figura 24:	Teste visual para avaliação do desempenho no crescimento da cenoura e beterraba em área sem composto (à esquerda) e área com adição de composto (à direita). ....	55
Figura 25:	gráfico com a estimativa das quantidades de RSU enviadas à compostagem, em países desenvolvidos. ....	57
Figura 26:	Vista do centro urbano de Paraíba do Sul, RJ. ....	59
Figura 27:	Mapa das Mesorregiões do Estado do Rio de Janeiro, indicando a localização da capital e do município de Paraíba do Sul. ....	60
Figura 28:	Mapa de Paraíba do Sul, indicando os municípios limítrofes, os núcleos-sede (distritos) e as áreas de adensamento urbano. ....	61
Figura 29:	Gráfico do Produto Interno Bruto – Valor adicionado, município de Paraíba do Sul, RJ. ....	62
Figura 30:	Escolaridade da população de 25 anos ou mais, no ano de 2010. ....	63
Figura 31:	arborização na sede urbana do município de Paraíba do Sul, RJ. ....	63
Figura 32:	pavimentação na sede urbana do município de Paraíba do Sul, RJ. ....	64
Figura 33:	enchente em uma das ruas da sede urbana do município de Paraíba do Sul, RJ. ....	64
Figura 34:	mancha urbana de Paraíba do Sul, com indicação da localização do vazadouro da Barrinha. ....	67
Figura 35:	resíduos dispersos em locais próximos ao local onde atualmente é o vazadouro da Barrinha. ....	67
Figura 36:	resíduos concentrados no vazadouro da Barrinha. ....	68
Figura 37:	foto do aterro sanitário que está sendo implantado no município de Três Rios. ....	69
Figura 38:	Empresa R-Tec de reciclagem, localizada em Paraíba do Sul. ....	70
Figura 39:	Esquema de indicadores para o cenário simulado 1. ....	71
Figura 40:	Esquema de indicadores para o cenário simulado 2. ....	71
Figura 41:	mapa dos núcleos-sede de Paraíba do Sul, indicando a área urbana em vermelho. ....	72
Figura 42:	mapas das 3 regiões escolhidas no recorte de bairros proposto, para definição de quilometragem das rotas de coletas. ....	77
Figura 43:	diagrama de estratégias, base tecnológica e benefícios do modelo de compostagem proposto nesta dissertação. ....	81
Figura 44:	Massa diária da compostagem. ....	83
Figura 45:	Matriz de indicadores de sustentabilidade para RSU - Dimensão Tecnológica. ....	84
Figura 46:	Matriz de indicadores de sustentabilidade para RSU - Dimensão Ambiental/Ecológica. ....	85
Figura 47:	Fluxograma para o CS1. ....	86
Figura 48:	Fluxograma para o CS2. ....	86
Figura 49:	Mapa das áreas urbanas de Paraíba do Sul, indicando os bairros de maior adensamento. ....	87
Figura 50:	localização da área onde está sendo implantado o AS de Três Rios. ....	92
Figura 51:	Distância de 17,8km, entre o Centro de Paraíba do Sul e o AS de Três Rios. ....	93
Figura 52:	esquema da carroceria do caminhão de coleta seletiva, com capacidade para 96 bombonas de 50L. ....	94

Figura 53: quilometragem entre o Centro de Paraíba do Sul e o terreno escolhido para o PCM. ....	95
Figura 54: Localização do terreno escolhido para o PCM.....	97
Figura 55: Distância de 3,8km entre o bairro Parque Morone e o terreno do PCM. ....	98
Figura 56: Distância de 3,8km entre o bairro Palhas e o terreno do PCM.....	98
Figura 57: Distância de 3 km entre o bairro Bela Vista e o terreno do PCM. ....	98

## LISTA DE TABELAS

Tabela 1: Valores contratuais médios (R\$/t) para disposição de RS em aterro sanitário. ....	34
Tabela 2: Significância dos impactos de diferentes opções de gestão de RS. ....	39
Tabela 3: Destino dos RS (kg/hab/ano) no ano de 2006.....	40
Tabela 4: Fontes de impactos na vizinhança a partir de uma unidade de compostagem com leiras estáticas, de capacidade para 10 t/dia de resíduos orgânicos. ....	46
Tabela 5: Custo da compostagem e do sistema convencional no município de Garopaba/SC, no ano de 2003....	54
Tabela 6: Estimativa de geração <i>per capita</i> de RSU, conforme a população do município. ....	65
Tabela 7: Relação de áreas totais e ocupadas dos bairros e núcleos-sede do município de Paraíba do Sul, destacando os bairros do recorte espacial proposto neste trabalho. ....	73
Tabela 8: funcionários e valores salariais para a coleta. ....	79
Tabela 9: funcionários e valores salariais para o PCM.....	82
Tabela 10: Resumo dos dados de área e população do recorte espacial proposto. ....	88
Tabela 11: categorias escolhidas como grandes geradores de resíduos orgânicos e respectivas quantidades de estabelecimentos no recorte de bairros proposto. ....	88
Tabela 12: Áreas e produção total de resíduos heterogêneos dos estabelecimentos grandes geradores de Paraíba do Sul.....	90
Tabela 13: Conversões realizadas para definição de quantidade total de resíduos produzidos nos grandes geradores do recorte de bairros proposto.....	91
Tabela 14: Resumo dos custos estimados para a coleta convencional .....	94
Tabela 15: Resumo dos custos estimados para a coleta seletiva .....	96
Tabela 16: Estimativas de custo de implantação de uma unidade de compostagem. ....	99
Tabela 17: Custos estimados para a operação do PCM. ....	100
Tabela 18: Resumo dos indicadores de custos .....	101
Tabela 19: Resumo dos indicadores de sustentabilidade.....	104
Tabela 20: Comparação em valores absolutos e percentuais, entre os indicadores de custos para o CS1 e o CS2. ....	105

## LISTA DE SIGLAS

APP – Aterro (s) de Pequeno Porte

AS – Aterro (s) Sanitário (s)

CEIVAP – Comitê para Integração da Bacia Hidrográfica do Rio Paraíba do Sul

C2C – *Cradle to Cradle*

CONAMA – Conselho Nacional do Meio Ambiente

ICMS – Imposto Sobre Circulação de Mercadorias e Serviços

IES – Instituição de Ensino Superior

IGPM – Índice Geral de Preços do Mercado

INPC – Índice Nacional de Preço ao Consumidor

IPCA – Índice de Preços ao Consumidor Amplo

MDL – Mecanismo de Desenvolvimento Limpo

NBR – Norma Brasileira

PCM – Pátio de Compostagem Municipal

PMGIRS – Plano Municipal para Gestão Integrada de Resíduos Sólidos

PMPS – Prefeitura Municipal de Paraíba do Sul

PMSB – Plano Municipal de Saneamento Básico

PNRS – Política Nacional de Resíduos Sólidos

RCC – Resíduo (s) da Construção Civil

RS – Resíduo (s) Sólido (s)

RSD – Resíduo (s) Sólido (s) Domiciliar (es)

RSS – Resíduo (s) de Serviços de Saúde

RSU – Resíduo (s) Sólido (s) Urbano (s)

TMB – Tratamento Mecânico-Biológico

UFSC – Universidade Federal de Santa Catarina

UTC – Usina (s) de Triagem e Compostagem

## SUMÁRIO

1	INTRODUÇÃO.....	13
1.1	Objetivos.....	16
1.2	Justificativa.....	17
1.3	Metodologia.....	17
1.4	Estrutura da Dissertação.....	19
2	REFERENCIAL TEÓRICO: DESENVOLVIMENTO SUSTENTÁVEL E SOLUÇÕES EM RSU.....	20
2.1	Sustentabilidade e a Cidade: Metabolismo Urbano.....	20
2.2	Circularidade de Materiais, Economia Circular e Cradle to Cradle.....	24
2.3	Aterros Sanitários.....	28
2.3.1	Definição.....	28
2.3.2	Implantação e funcionamento.....	30
2.3.3	Fechamento e remediação.....	33
2.3.4	Custos e alternativas (consórcios e aterros de pequeno porte).....	34
2.3.5	Critérios de escolha, pontos positivos e negativos do AS.....	37
2.4	Compostagem Municipal.....	41
2.4.1	Definição.....	41
2.4.2	Funcionamento.....	41
2.4.3	Modelos.....	42
2.4.4	Coleta seletiva e qualidade do composto.....	49
2.4.5	Custos.....	53
2.4.6	Critérios de escolha, vantagens e desvantagens.....	54
3	APRESENTAÇÃO DE PARAÍBA DO SUL, RJ.....	59
3.1	Dados Físicos, Regionais e Demográficos.....	59
3.2	Dados Econômicos, Índices de Desenvolvimento Humano (IDH) e Dados de Escolarização.....	61
3.3	Dados Urbanísticos, Ambientais e Sociais.....	63
3.4	Panorama Municipal de Resíduos Sólidos.....	65
3.4.1	Dados sobre RSU.....	65
3.4.2	Breve histórico da gestão de RSU local.....	66
3.4.3	Situação atual e diretrizes para o futuro.....	68
4	MÉTODO DE AVALIAÇÃO COMPARATIVA.....	71
4.1	Estimativas de Geração de RSU.....	72
4.1.1	Levantamento da área e da população do recorte de bairros proposto.....	72
4.1.2	Identificação e seleção de estabelecimentos grandes geradores do recorte de bairros proposto.....	74
4.2	Estimativas de custos de coleta.....	75
4.2.1	Despesas com transporte.....	76
4.2.1.1	Veículos Coletores.....	76
4.2.1.2	Distâncias a serem percorridas.....	76
4.2.1.3	Combustível: consumo médio e valor.....	78
4.2.2	Despesas com mão de obra.....	78
4.3	Estimativas de custos de disposição final e tratamento de resíduos.....	80
4.3.1	Custos estimados para a disposição final no aterro sanitário privado de Três Rios.....	80
4.3.2	Custos estimados para implantação e operação mensal do Pátio de Compostagem Municipal.....	80

4.3.2.1	Custos de Implantação .....	81
4.3.2.2	Custos de Operação.....	82
4.3.3	Receita estimada para a comercialização do composto orgânico .....	82
4.4	Indicadores de sustentabilidade .....	83
5	APLICAÇÃO, ANÁLISES E DISCUSSÕES.....	86
5.1	Estimativas de Geração de RSU .....	86
5.1.1	Levantamento da área e da população do recorte proposto .....	86
5.1.2	Identificação e seleção de estabelecimentos grandes geradores do recorte de bairros proposto.....	88
5.2	Estimativas de custos de coleta.....	91
5.2.1	Coleta Convencional de RSU .....	91
5.2.2	Coleta Seletiva de resíduos orgânicos dos grandes geradores .....	94
5.3	Estimativas de custos para disposição final e tratamento de resíduos.....	96
5.3.1	Custos estimados para a disposição final no aterro sanitário privado de Três Rios.....	96
5.3.2	Custos estimados para a implantação e operação mensal do Pátio de Compostagem Municipal....	97
5.3.2.1	Custos de Implantação.....	99
5.3.2.2	Custos de Operação .....	100
5.3.3	Receita estimada para a comercialização do composto orgânico .....	101
5.4	Indicadores de Sustentabilidade.....	102
5.4.1	Matriz Tecnológica.....	102
5.4.2	Matriz Ambiental / Ecológica.....	103
5.5	Análise do Cenário Simulado 1 .....	104
5.6	Análise do Cenário Simulado 2 .....	105
5.7	Discussão .....	106
6	CONSIDERAÇÕES FINAIS .....	109
	REFERÊNCIAS BIBLIOGRÁFICAS .....	112
	LEGISLAÇÃO E DOCUMENTOS CONSULTADOS.....	116
	SÍTIOS ONLINE.....	119
	APÊNDICE 1 .....	120
	ANEXO 1 .....	124
	ANEXO 2.....	125
	ANEXO 3.....	126
	ANEXO 4.....	128

## 1 INTRODUÇÃO

A Política Nacional de Resíduos Sólidos (PNRS – lei federal 12.305/2010) instituiu a obrigatoriedade de estabelecer Planos Municipais de Gestão Integrada de Resíduos Sólidos (PMGIRS) em todos os municípios do Brasil com mais de 20 mil habitantes. O município fluminense de Paraíba do Sul, com 42 mil habitantes, ainda não possui tal documento - e sua gestão de resíduos é insatisfatória. A prefeitura municipal estuda a possibilidade de envio dos resíduos coletados na cidade a um novo aterro sanitário privado, que será implantado no município vizinho de Três Rios/RJ. Um dos objetivos deste trabalho é propor uma estratégia complementar a tal solução, dada a escala urbana de Paraíba do Sul e a possibilidade de um tratamento mais sustentável dos resíduos sólidos urbanos (RSU), como, por exemplo, a compostagem de sua fração orgânica – considerando os benefícios ambientais da alternativa proposta.

O estado do Rio de Janeiro possui 92 municípios. Dados de 2014 informavam que destes, 53 destinavam seus resíduos a Aterros Sanitários, 20 a Aterros Controlados, e 19 enviavam seus RSU a vazadouros a céu aberto, conhecidos como “lixões” (Observatório da PNRS, 2014). Tais dados foram atualizados, conforme a figura 1 a seguir, que mostra – apesar das diretrizes da PNRS – o aumento na quantidade de vazadouros nos municípios entre 2015 e 2017, de 17 para 29, dentre os quais se inclui Paraíba do Sul (INSTITUTO TRATA BRASIL, 2017).

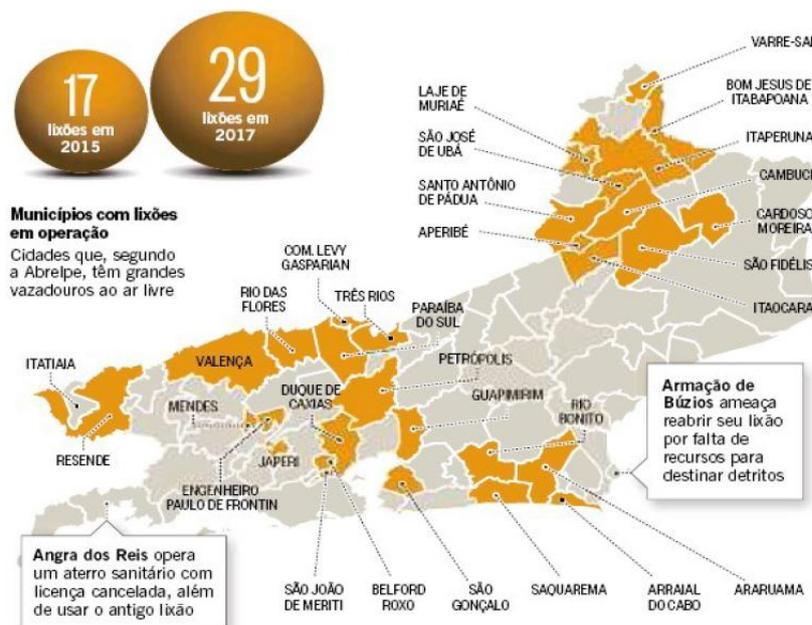


Figura 1 Evolução quantitativa dos vazadouros a céu aberto no Estado do Rio de Janeiro.

Fonte: Instituto Trata Brasil, 2017 (a partir de informações da Associação Brasileira de Empresas de Limpeza Pública e Resíduos Especiais - Abrelpe).

Os custos com serviços de limpeza urbana são altos. A incidência da despesa com manejo de RSU na despesa corrente total das prefeituras pode chegar a 13,3% (MCIDADES, 2017, p. 117). E sabe-se que municípios menores não possuem investimentos suficientes para uma boa Gestão de Resíduos Sólidos, muitos deles tendo ainda como principal destinação final os vazadouros irregulares e nocivos ao meio ambiente (FRANCA, 2013). Tal fato exige maior atenção em relação às estratégias de Gestão dos Resíduos Sólidos, e o direcionamento de suas políticas ao incentivo da redução, reutilização e reciclagem, fomentando práticas de sustentabilidade no setor.

Barros (2012) comenta a predominância da opção pelo aterramento dos resíduos na maior parte dos municípios brasileiros, ainda que países desenvolvidos a contraindiquem:

Tendo sido indicada a possibilidade de disposição final através de aterro sanitário, suas exigências técnicas (de concepção e operação) e financeiras os tornam praticamente inviáveis, do ponto de vista econômico, para cidades sem recursos. Mesmo que as leis e as decisões de países mais avançados contraindiquem, há vários anos, a preferência e o recurso aos aterros sanitários, no Brasil ainda são uma alternativa atraente e comparativamente vantajosa. (BARROS, 2012, p. 231)

A figura 2 a seguir mostra a evolução da gestão de RSU, incorporando princípios ambientais. Na situação I - mais antiga -, tem-se que 100% dos resíduos sólidos (RS) eram enviados a *vazadouros a céu aberto*. Então, evoluiu-se à situação II, na qual a forma de disposição final é muito mais controlada e menos impactante ao meio-ambiente, na forma de *aterros sanitários* (AS); mas ainda sendo enviada 100% da produção de RS para a disposição final – sem alternativas de retorno à cadeia de produção, nem de tratamentos para redução de volume dos resíduos.

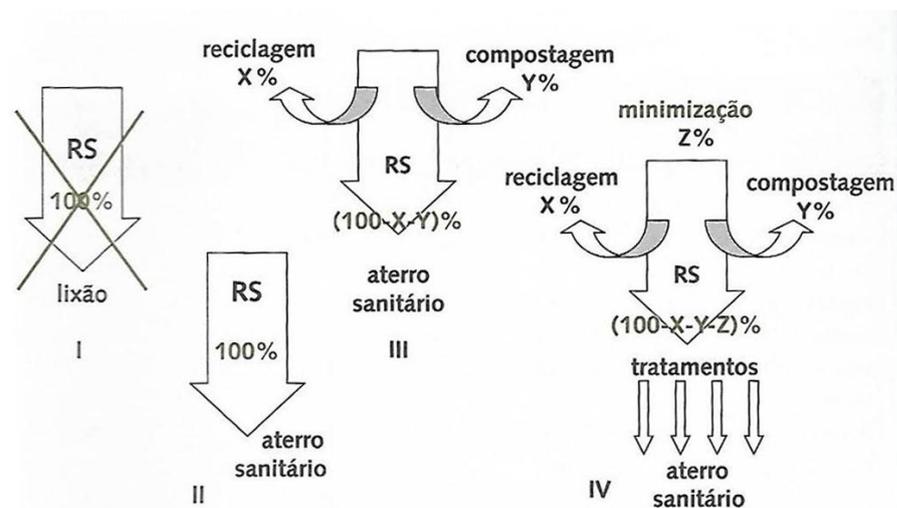


Figura 2: Evolução da gestão de RSU, incorporando princípios ambientais.  
Fonte: BARROS, 2012

Na situação III, já são contempladas as práticas de *reciclagem e compostagem*, reduzindo a quantidade a ser disposta no AS, e reinserindo os materiais na cadeia de produção. Por fim, na situação IV, além da reciclagem e compostagem, consideram-se também as *alternativas de tratamento dos resíduos* antes da disposição final, reduzindo mais ainda a quantidade de material a ser destinado ao aterro, e aumentando assim sua vida útil.

Ressalta-se a importância de considerar outras soluções antes da disposição final em aterros:

Nunca é demais recordar que os aterros [...] são parte de estratégias mais amplas de gestão de RS, que devem considerar as formas de sua produção e de sua minimização, de transporte, seus componentes e quantidades. Deve-se esperar que uma parte dos resíduos destas localidades seja constituída de matéria orgânica, que recomenda e favorece a compostagem. Aparecem pequenas proporções de outros materiais (metais, vidros, plástico, papel), cuja viabilidade econômica de reciclagem e/ou reaproveitamento precisa ser avaliada. Aqui a alternativa de constituição de um consórcio intermunicipal também pode ser considerada, numa perspectiva regional de reciclagem. (BARROS, 2012, p.242)

Neste sentido, Massukado (2008, p.22) também defende a compostagem como uma das técnicas mais vantajosas para a valorização de resíduos e para seu desvio dos aterros sanitários - sobretudo pelo fato de gerar o composto orgânico, que é um excelente condicionador de solos. A autora comenta que, em algumas regiões da Itália, o governo subsidia os agricultores que utilizam o composto para uso em solos empobrecidos.

Paraíba do Sul possui uma área rural significativa, que demanda condicionadores e fertilizantes em suas culturas e pastos, pois boa parte do solo foi erodida devido ao cultivo extensivo de café, no século XIX. Sendo assim, a escolha da Compostagem para a fração orgânica do RSU é uma alternativa que poderá promover o fechamento do ciclo de resíduos orgânicos de forma local, por meio da comercialização do composto aos agricultores da região.

A principal motivação deste trabalho foi a observação, pela autora, do vazadouro a céu aberto para onde a cidade envia seus resíduos. O “lixão da Barrinha”, como é conhecido, não possui controle de lixiviado nem recobrimento diário, causando impactos ambientais e paisagísticos no local (ver figura 3).



Figura 3: foto do lixão da Barrinha, em Paraíba do Sul.

Fonte: a autora, 2017.

A situação da gestão de resíduos no município traz à tona a falta de eficiência na aplicação das leis ambientais, sobretudo em contextos de cidades menores. Todavia, pelo mesmo fato de ser um município pequeno, as estratégias para o desenvolvimento sustentável na gestão de RSU podem ser mais simples e baratas do que em metrópoles e municípios maiores.

### 1.1 OBJETIVOS

O objetivo desta pesquisa é *avaliar comparativamente dois cenários simulados para a gestão de RSU* no município fluminense de Paraíba do Sul, sob indicadores de custos (para coleta, tratamento e disposição final) e sustentabilidade (geração de emprego, soluções locais, recuperação de resíduos, entre outros).

O primeiro cenário avaliado, nomeado *Cenário Simulado 1 (CS1)*, será o modelo para o qual a gestão municipal está se direcionando neste momento: o envio de todo o RSU coletado na cidade ao novo aterro sanitário privado, que está sendo construído no município vizinho de Três Rios. Esta situação prevê o fechamento do vazadouro a céu aberto local, para onde os resíduos são enviados atualmente.

O segundo cenário avaliado, nomeado *Cenário Simulado 2 (CS2)*, será um modelo proposto neste trabalho, no qual será simulado o envio de resíduos orgânicos, segregados na fonte geradora, a um pátio de compostagem que seria implantado no município. Tais resíduos seriam coletados apenas em grandes geradores, tais como restaurantes, feiras, mercados e hortifrúteis, além de incluir também os resíduos da poda municipal. Os demais RSU seriam

enviados ao novo aterro privado de Três Rios.

Como objetivo secundário pretende-se discutir a predominância do Aterro Sanitário como a melhor solução, em face de seus custos e dos conceitos de sustentabilidade relacionados a RSU que serão apresentados ao longo do trabalho, a saber: Economia Circular e *Cradle to Cradle*.

## 1.2 JUSTIFICATIVA

Observa-se, no contexto nacional, extrema desinformação e até mesmo descaso e negligência a respeito da administração dos Resíduos Sólidos, sendo necessária uma visão integrada que contemple a sustentabilidade social, econômica e ambiental nos programas relacionados ao setor. A maioria dos municípios brasileiros de pequeno porte são despreparados tecnicamente e não possuem recursos suficientes para uma boa Gestão de RSU (BARROS, 2012, p.25).

Neste sentido, ressalta-se a importância de trabalhos que possam auxiliar as prefeituras em seus processos de decisão, de maneira adequada ao seu contexto local. Cita-se a seguir trecho pertinente do documento sobre Licenciamento Ambiental de Aterros Sanitários, do Ministério do Meio Ambiente (2009), comentando sobre os serviços de limpeza pública:

Uma característica importante é que esses serviços são de titularidade do Município, ou seja, a participação do Município é decisiva para que tais serviços sejam adequadamente prestados à população.

Entre os principais problemas ambientais relacionados ao saneamento básico, temos a falta de tratamento de esgoto e a ausência de destinação final adequada de resíduos sólidos urbanos. (MMA, 2009)

Destaca-se então a necessidade de fornecimento de dados para esclarecer as municipalidades a respeito da eficácia e integração de suas diretrizes e ações na gestão do RSU. Por fim, a pesquisa se justifica por oferecer visão crítica a respeito das prioridades financeiras dos municípios e de suas escolhas em relação ao manejo do RSU, enfocando aspectos de sustentabilidade do setor.

## 1.3 METODOLOGIA

Este trabalho é fruto de uma pesquisa exploratória quantitativa e qualitativa. Foi feita a análise da bibliografia referente ao tema, seguida do levantamento de dados pertinentes, e da avaliação quantitativa (aspectos de custos) e qualitativa (estratégias relacionadas ao desenvolvimento sustentável) dos mesmos.

A amostra utilizada na pesquisa foi composta de dez bairros da sede municipal, escolhidos intencionalmente, de forma não-aleatória, conforme um recorte espacial que levou em consideração a continuidade do tecido urbano. Ou seja, a amostra é não-probabilística

(BARROS & LEHFELD, 1986, p.107), mas representativa do universo de estudo, pois na sede municipal estão presentes a maior parte dos habitantes e, por conseguinte, é onde se gera a maior parcela do RSU.

Parte do levantamento de dados foi realizada por meio de entrevista não-estruturada do tipo “focalizada”. Ou seja, houve um roteiro prévio de perguntas que foi alterado durante a conversação, de modo a focar os aspectos mais relevantes do tema pesquisado (BARROS & LEHFELD, 1986, p.110).

Para avaliar os cenários propostos no objetivo desta pesquisa (CS1 e CS2), será apresentada inicialmente uma apresentação do objeto de estudo - o município de Paraíba do Sul – RJ -, seguida da aplicação da metodologia, conforme os indicadores listados a seguir.

a) Estimativas de geração de RSU, em t/mês

Serão duas as estimativas de geração de resíduos: RSU total (heterogêneo) e resíduos orgânicos de grandes geradores. Para definir tais quantidades, serão realizados dois levantamentos, a saber: Levantamento da área e da população do recorte de bairros proposto; Identificação e seleção de estabelecimentos “grandes geradores” do recorte de bairros proposto.

b) Estimativas de custos de coleta, em R\$/mês

Serão duas as estimativas de custos de coleta: Custos para a coleta convencional; Custos para a coleta seletiva de orgânicos dos grandes geradores.

c) Estimativas de custos de disposição final e tratamento de resíduos, em R\$/mês

Os custos de disposição final e tratamento serão estimados a partir das definições a seguir: Custos estimados para disposição final de resíduos no AS privado de Três Rios; Custos estimados para implantação e operação mensal de um Pátio de Compostagem Municipal, a ser construído em Paraíba do Sul; Receita estimada para a comercialização do composto orgânico.

d) Indicadores de Sustentabilidade

Serão utilizados indicadores relacionados às dimensões tecnológica e ambiental.

A partir de todas estas definições e estimativas, serão simulados e avaliados os dois cenários descritos no Objetivo deste trabalho.

#### 1.4 ESTRUTURA DA DISSERTAÇÃO

Este trabalho está dividido em seis capítulos. O presente Capítulo 1 introduz o tema da dissertação, seus objetivos, a justificativa da escolha do tema, e o método que será aplicado.

O Capítulo 2 traz a revisão da literatura sobre quatro assuntos pertinentes aos cenários de gestão de resíduos que se pretende avaliar: Sustentabilidade e a Cidade (Metabolismo Urbano), Circularidade de Materiais (Economia Circular e *Cradle to Cradle*); Aterro Sanitário; e Compostagem Municipal. Os dois últimos itens são subdivididos basicamente em: definição, funcionamento, critérios de escolha, custos, vantagens e desvantagens. E os conceitos de sustentabilidade e circularidade são sucintamente apresentados, para que sejam analisados os itens seguintes a partir deles.

No Capítulo 3 é feita uma apresentação do objeto de estudo: o município fluminense de Paraíba do Sul. Apresentam-se dados físicos, urbanísticos, ambientais, sociais e, ao final, um panorama da gestão de resíduos local.

O Capítulo 4 apresenta a metodologia de forma pormenorizada, descrevendo-se cada indicador utilizado na pesquisa.

No Capítulo 5 desenvolve-se o tema da dissertação, com a aplicação do método proposto. Este será o capítulo de apresentação, análise e discussão dos resultados da pesquisa.

No Capítulo 6 apresentam-se as considerações finais do trabalho e as recomendações para novas pesquisas.

Por fim, serão apresentadas as referências bibliográficas, os apêndices e anexos.

## 2 REFERENCIAL TEÓRICO: DESENVOLVIMENTO SUSTENTÁVEL E SOLUÇÕES EM RSU

Neste capítulo serão apresentados conceitos sustentáveis relacionados às cidades (*Metabolismo Urbano*), e à circularidade de materiais (*Economia Circular* e *C2C*). Em seguida, à luz de tais conceitos, serão apresentadas e analisadas as vantagens e desvantagens das duas alternativas propostas para a gestão do RSU de Paraíba do Sul: o *Aterro Sanitário (AS)* e a *Compostagem Municipal*.

### 2.1 SUSTENTABILIDADE E A CIDADE: METABOLISMO URBANO

Conforme Rogers (2001<sup>1</sup>, p.27), o futuro da humanidade será nas cidades: dentro delas e determinado por elas. Contudo, o modelo atual de cidade, de produção, consumo e descarte *linear*, está obsoleto; a cidade do futuro deve contemplar o modelo *circular* (figura 4). Isto porque o modelo linear é o responsável pela busca de recursos e pela transferência dos impactos ambientais para fora dos limites físicos das cidades (GIRADET, 2007).

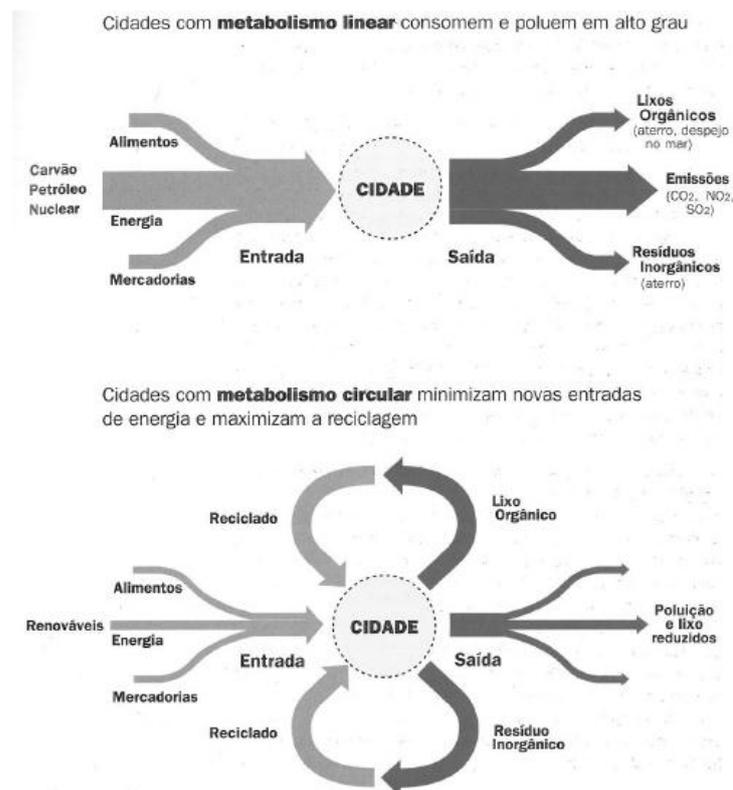


Figura 4: Esquemas ilustrativos de cidades com metabolismo linear e circular.  
Fonte: ROGERS, 2011, p.31.

A partir deste raciocínio nasceu o conceito de “pegada ecológica” das cidades, ou seja: a área física que determinada cidade demanda em sua busca por recursos, e por espaço para

<sup>1</sup> O tema apresentado neste subcapítulo teve suas fontes originais na década de 1960 (a primeira obra de

depositar seus resíduos. Virtualmente, as pegadas das cidades existentes já cobrem todo o planeta, como afirmou Rogers (2001, p.30).

Os conceitos de linearidade e circularidade na cidade se relacionam com os insumos de que necessitam (água, energia, alimentos), e com os subprodutos que geram (poluição, resíduos sólidos, esgotos). Rogers (2001, p.28) explica que o planeta Terra é um sistema quase fechado, sendo a energia solar o único recurso externo a este sistema, que interage com a biosfera (e com as cidades) propiciando condições para o desenvolvimento da vida.

Sendo assim, os demais recursos que as cidades utilizam para se desenvolver, além deste único recurso externo, são os recursos planetários (água, combustíveis fósseis etc). Por outro lado, se as cidades geram resíduos e poluição, tais “produtos” também permanecerão no globo, causando impactos às próprias cidades e ao seu entorno (imediate ou não) – não sendo possível aloca-los fora do planeta, pelo menos por enquanto.

O conceito de Metabolismo Urbano propõe o entendimento da cidade tal qual um ecossistema natural:

Devemos reciclar materiais, reduzir o lixo, conservar os recursos não-renováveis e insistir no consumo dos renováveis. Uma vez que grande parte da produção e do consumo ocorre nas cidades, os atuais processos lineares de produção, causadores de poluição, devem ser substituídos por aqueles que objetivem um sistema circular de uso e reutilização. Estes processos aumentam a eficiência global do núcleo urbano e reduzem seu impacto no meio ambiente. Para atingir este ponto [...] precisamos desenvolver uma nova forma de planejamento urbano, holístico e abrangente. (ROGERS, 2011, p. 30)

Capra (2002) observa que em um ecossistema natural, os resíduos de uma espécie são alimento para outra, então a matéria e a energia circulam continuamente. O autor leva este entendimento para o ambiente urbano: se conseguirmos transformar os resíduos em recursos, teremos um metabolismo urbano circular, fechando o ciclo da água, da matéria e da energia, e promovendo comunidades sustentáveis.

Neste sentido, Wolman (*apud* Bettini, 1998) explica que existem diversos fluxos de entradas e saídas nas cidades, mas os mais expressivos são os *fluxos de entrada (ou inputs)* de água, energia e alimentos, e os *fluxos de saída (ou outputs)* de águas residuais, resíduos sólidos e contaminantes atmosféricos.

Kuhn, Sattler e Magnus (2016) apresentam os motivos pelo qual este ir e vir de fluxos foi intensificado após a Revolução Industrial e o processo de globalização:

O encurtamento das distâncias, possibilitado pelos meios de transporte contemporâneos, o crescimento dos mercados globalizados, bem como a transferência da lógica industrial para as atividades primárias, tem aumentado a complexidade das relações das cidades entre si, das cidades com suas áreas rurais circundantes e das cidades com os processos ambientais que, local, regional e globalmente lhe dão suporte. (KUHN, SATTLER & MAGNUS, 2016, p.6)

Especificamente sobre o fluxo de saída de resíduos sólidos domésticos, Kennedy (2007) observa uma redução em cidades que implementaram a reciclagem. Contudo, o autor comenta que a saída de resíduos industriais e comerciais segue aumentando.

White (2002) propõe a absorção dos RS pela cidade como solução para o problema do fluxo de resíduos, indicando a compostagem urbana (individual e comunitária), a regulamentação de embalagens e o fomento ao mercado de recicláveis, como meios para atingir tal proposta.

Sobre o mesmo tema, Gomes (2009) observa: “Os caminhos possíveis para inverter a tendência do aumento da produção de resíduos são limitar o uso de materiais virgens e predispor à sua recuperação, reutilização e reciclagem [...]”

Sob o viés prático do metabolismo urbano, Kuhn (2014) executou o estudo de caso do município de Feliz, RS, exemplificado na figura 5 (que demonstra apenas seu setor de pecuária). A autora investigou a entrada e saída de fluxos formais, de origem humana, no município, por meio de fontes de dados oficiais e estatísticas. As entradas são caracterizadas por extração local e importações de outros municípios, regiões e países; e as saídas se dão por meio de resíduos, efluentes, emissões atmosféricas e exportações para outros municípios, regiões e países. Tal levantamento pode dar suporte a decisões da gestão municipal, inclusive – e destacadamente – as relacionadas ao gerenciamento de RSU, já que estes fluxos estão diretamente relacionados à infraestrutura urbana e aos procedimentos administrativos das prefeituras.

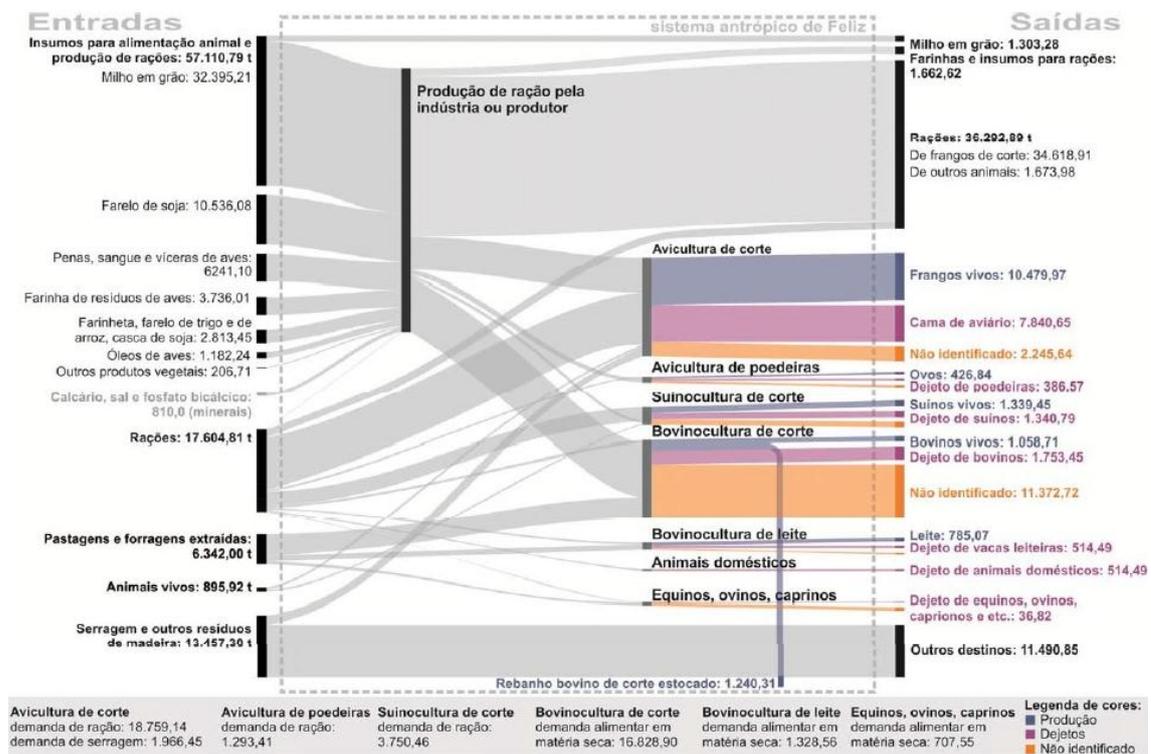


Figura 5: Diagrama de fluxos de entradas e saídas do setor pecuário do município de Feliz, no ano de 2011, em toneladas.

Fonte: KUHN, 2014, p.218.

Análises de fluxos como esta podem contribuir para a tomada de decisão, além da gestão municipal, também nas áreas de planejamento e projeto urbanos. Quanto ao *planejamento*, os estudos de metabolismo podem fomentar políticas ambientais e de desenvolvimento, ao permitir comparar municípios entre si, e compreender seu papel nas regiões e nacionalmente, no que compete ao consumo e suprimento de recursos. Já em relação ao *projeto urbano*, a escolha de materiais e processos construtivos influencia sobremaneira os fluxos relacionados à construção civil, que são extremamente impactantes nas cidades – fluxos de entrada de recursos e energia, e saída de resíduos de construção e demolição. (KUHN, SATTLER & MAGNUS, 2016)

Tais contribuições relacionam o metabolismo urbano diretamente com a problemática de resíduos, objeto de estudo deste trabalho.

Por fim, é importante destacar a necessidade de repensar o tratamento dos resíduos ao fechar seu ciclo. É recomendado: eliminar a toxicidade dos compostos utilizados na produção dos bens de consumo (GOMES, 2009, p.54); e reduzir a carga orgânica presente nos RS biodegradáveis - que também “envenenam” o meio-ambiente, por serem despejados em altas quantidades e de forma concentrada (ROGERS, 2001, p.50). Estas recomendações antecipam os assuntos que serão abordados a seguir, notadamente o conceito de *Cradle to Cradle* e a Compostagem.

## 2.2 CIRCULARIDADE DE MATERIAIS, ECONOMIA CIRCULAR E CRADLE TO CRADLE

Conforme o Capítulo 21 da Agenda 21, em seu item 21.4, sobre resíduos sólidos:

O manejo ambientalmente saudável desses resíduos deve ir além do simples depósito ou aproveitamento por métodos seguros dos resíduos gerados e buscar resolver a causa fundamental do problema, procurando mudar os padrões não sustentáveis de produção e consumo. (Agenda 21, 1992)

A concepção tradicional de “lixo” é algo sujo, sem serventia, o que está fora de ordem, sem classificação (DOUGLAS *apud* CARREGAL, 1992). Esta noção vem progressivamente sendo substituída por outra, na qual o “lixo” é visto como resíduo ou nutriente, como um material que pode ser utilizado para outros fins.

Na realidade, esta “nova” concepção sempre existiu, sobretudo em períodos antes da Revolução Industrial, quando o acesso a bens e produtos não era tão fácil e barato como atualmente. Restos de embalagens plásticas, por exemplo, só começaram a aparecer no RSU a partir da segunda metade do século XX, e resíduos eletrônicos, apenas a partir da década de 1980 (MAHLER, 2012). Antes dessa revolução nos hábitos de consumo, era comum reutilizar recipientes como garrafas, latas e potes, bem como usar sobras de alimentos como “adubo” em plantações, além da prática de consertar objetos e itens com defeito, ao invés de simplesmente descartá-los.

Tais práticas afirmam a ideia de não-desperdício e da circularidade de materiais: tomando como exemplo uma planta qualquer, sabe-se que ela cresce, se reproduz através de sementes e, ao morrer, integra-se novamente ao solo, nutrindo-o para que novas plantas cresçam. Tal concepção também pode se aplicar a determinados materiais desenvolvidos pelo homem, como nos processos de reciclagem de alumínio, papel etc.

A seguir apresenta-se uma definição de Economia Circular, como sendo um modelo que “se afasta do modelo atual da economia linear (fabricar – usar – dispor), em direção a um no qual os produtos, e os materiais que o compõem, são valorados de forma diferenciada, criando uma economia mais robusta” (House of Commons, 2014, p.5).

Segundo pesquisa de Santiago (2015), o conceito de Economia Circular teve sua origem a partir do debate sobre novas formas de pensar o sistema de produção e consumo e a noção vigente de progresso, que direcionam a economia. Tal debate foi norteado, inicialmente, por conceitos como *ecodesenvolvimento* (SACHS, 1986) e *ecoeficiência* (Relatório Brundtland “Nosso Futuro Comum” - CCMAD, 1988). A autora explica que estes conceitos sofreram evolução a partir de narrativas que questionaram a noção de crescimento econômico ilimitado, focando o debate na redução de tal crescimento como solução para os problemas ambientais (ACSELRAD, 2010; CHARONIS, 2012).

Santiago (2015) comenta que é no contexto de crise econômica mundial, que surge então a noção de Economia Circular, que propõe *dissociar o uso de recursos naturais do mecanismo de produção e consumo, garantindo o progresso e o bem-estar*. Destaca-se ainda a evolução do conceito na China e na Europa, descrita em sua pesquisa:

No início do século XXI, o termo economia circular tem suas primeiras aplicações oficiais através de políticas de desenvolvimento sustentável na China. Naquele momento, a noção de economia circular muito se assemelhava à visão da ecologia e simbiose industrial e determinou no país uma base para desenvolver parques ecológicos industriais aplicando fortemente a noção de que os resíduos de uma indústria são alimento para outra, reduzindo, com isso, os graves impactos ambientais que o país então experimentava em decorrência da trajetória de acelerado crescimento econômico que recém se estabelecia. É ampla a literatura a respeito desse movimento na China [...]

A inícios da segunda década do século XXI, por esforços de instituições independentes e de diferentes setores, uma nova noção de economia circular começou a se desenvolver na Europa e vem ganhando projeção no debate internacional. Esse novo modelo tem como princípio básico a noção de que a economia deve ser regenerativa e restaurativa ao planeta em termos dos fluxos de materiais e energia, que são considerados os nutrientes técnicos e biológicos que compõem a economia. [...] A literatura gerada sobre a economia circular até o presente momento é ainda restrita ao conhecimento gerado por essas instituições e é escasso o número de fontes acadêmicas, embora já existam iniciativas de universidades e acadêmicos em todo o mundo para incorporar novos conceitos à literatura. [...]

[...] Em pouco tempo, a noção da economia circular ganhou projeção no debate internacional, sendo atualmente considerada por diferentes iniciativas globais (como a Organização das Nações Unidas, o Fórum Econômico Mundial, a União Europeia e outros organismos internacionais) um modelo relevante para a promoção de uma economia de baixo carbono e diversificada, capaz de reduzir as pressões relativas ao intenso uso de recursos naturais na economia. (SANTIAGO, 2015)

Ao pensar em um contexto ótimo da temática de Resíduos Sólidos, em consonância com a Economia Circular, o foco de atenção das políticas para o setor seria não apenas a Gestão dos Resíduos em si, mas também – e principalmente – a Produção e o Consumo. A lógica predominante de produção e consumo atualmente possui um enfoque equivocado: são descartados materiais de tecnologia extremamente complexa, que consumiram anos de pesquisa, como se não valessem mais nada após seu uso. Se faz necessária uma mudança de entendimento e de comportamento em relação a tais resíduos sólidos.

Neste sentido, o conceito *Cradle to Cradle* (McDonough e Braungart, 2013), vem ao encontro da necessidade de repensar a produção como um todo, visando obter substâncias e objetos desenhados para a reciclagem ou para nutrir o meio onde irá se decompor, ao invés de gerar rejeitos e degradação. O conceito pode ser traduzido como “do berço ao berço”, por propor que os materiais retornem infinitamente à cadeia de produção, sem descartes.

O *Cradle to Cradle* (C2C) propõe que, analogamente aos processos da natureza, os processos tecnológicos também possam ser cíclicos, aproveitando os materiais descartados na produção de novos itens. (MCDONOUGH e BRAUNGART, 2013). A Economia Circular

prevê dois ciclos de materiais: o ciclo biológico (materiais orgânicos) e o ciclo tecnológico (materiais sintéticos). Para ambos é possível manter a circularidade dos materiais. No ciclo biológico é fácil entender isso, pois a natureza se encarrega de fechar este ciclo. Já no ciclo técnico ou tecnológico, este processo de circularidade é um pouco mais complexo, pois precisa haver um esforço em pesquisa e inovação tecnológica para desenvolver materiais que possam ser reutilizados ou reciclados na cadeia produtiva. Estes materiais não devem possuir características nocivas ao meio-ambiente nem aos seres humanos e animais.

Desta forma aplica-se o conceito do C2C nas empresas, com o objetivo final de oferecer produtos que, além de não poluírem o meio-ambiente, possam beneficiá-lo de alguma forma, quando descartados – o que os autores chamam de “ecoefetividade” (MCDONOUGH e BRAUNGART, 2013). Como defendem a seguir: “[...] a nosso ver, os produtos que não são projetados especificamente para a saúde humana e a ecológica, são desprovidos de inteligência e deselegantes - o que chamamos de *produtos brutos*.” (grifo dos autores)

Existe uma diferença entre ecoeficiência e ecoefetividade, conforme mostra a figura 6. Enquanto a *ecoeficiência* busca reduzir as agressões ao meio ambiente até atingir o menor impacto possível, a *ecoefetividade* tem por objetivo não causar nenhum dano ao mesmo e, se possível, trazer melhorias.

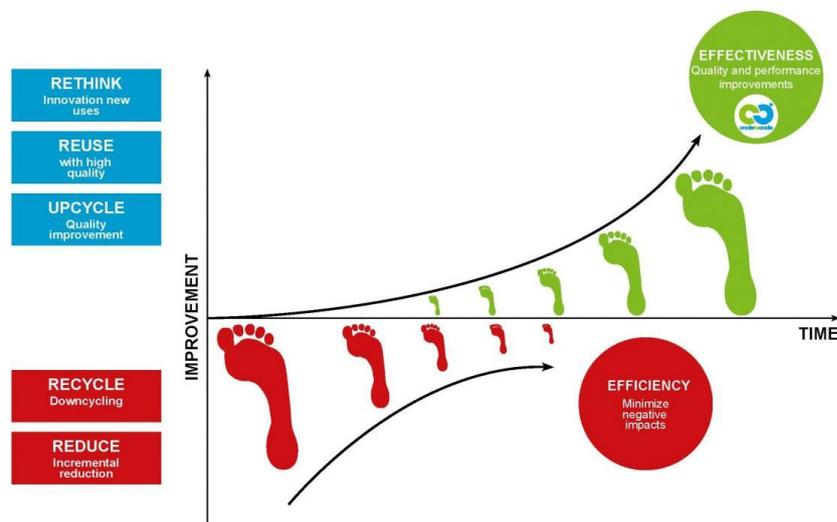


Figura 6: Ilustração sobre a diferença entre ecoefetividade e ecoeficiência.

Fonte: EPEA, 2017.

É interessante notar que, sob o ponto de vista de evitar componentes nocivos à biota terrestre, pode-se imaginar que regredir os processos tecnológicos seria uma boa ideia. Voltar ao passado, antes da Revolução Industrial, para obter materiais feitos com componentes orgânicos, que possam ser descartados simplesmente sobre o solo, e decompor-se sobre ele sem maiores danos. Mas esta é uma visão ingênua, se considerarmos a impossibilidade de

atender às demandas da população atual a partir deste modelo. Não há como produzir, por exemplo, tantas calças *jeans* fabricadas apenas com fibras naturais que atendam à toda a demanda existente. (MCDONOUGH e BRAUNGART, 2013)

Outro ponto criticado pelos autores é a *durabilidade* de certos materiais, sobretudo os utilizados para embalagens. Citam-se como exemplo frascos de xampu e tubos de pasta de dente, que demoram um tempo muito maior do que deveriam - e poderiam - durar para se decompor. Não há necessidade de tais materiais serem tão duráveis, já que o consumo dos produtos que protegem é rápido e cotidiano.

Um conceito pertinente proposto pelos autores é o de *downcycle*, que seria uma “reciclagem ruim”, que piora as características de determinado produto, ao invés de beneficiá-las. Como exemplo, cita-se o tecido feito a partir de garrafas PET: este material não foi desenvolvido para a fabricação de roupas, então as peças de vestuário feitas a partir dele não são agradáveis de vestir como outras, feitas de algodão, por exemplo, pois tal material impede que a pele troque calor com o meio externo por meio da transpiração. O contrário do conceito de *downcycle* é o *upcycle*: a manutenção ou melhoria da qualidade de determinado componente, durante o processo de reciclagem. Como exemplo, McDonough e Braungart (2013) descrevem o “metabolismo tecnológico” de uma televisão:

“Um *nutriente técnico* é um material ou produto projetado para retornar ao ciclo técnico, ao metabolismo industrial do qual provém. Por exemplo, a televisão [...] era feita de 4.360 produtos químicos. Alguns deles são tóxicos, mas outros são nutrientes valiosos para a indústria, desperdiçados quando a televisão termina em um aterro sanitário. Isolá-los de nutrientes biológicos possibilita que sejam *upcycled* em vez de reciclados, fazendo com que conservem sua alta qualidade em um ciclo industrial de circuito fechado.” [grifos dos autores] (MCDONOUGH e BRAUNGART, 2013)

Por fim, destaca-se uma das ideias centrais do C2C: a *venda de serviços ou recargas, ao invés de produtos*. Neste modelo, as empresas não trabalhariam mais com produtos que, após a venda, são entregues ao consumidor e perdem-se na cadeia técnica de produção e descarte. Em vez disso, os clientes pagariam por um serviço, ou por algo como um aluguel temporário de determinado item, que seria recarregado com os insumos necessários em determinada frequência – algo parecido com as máquinas de café que são alugadas em alguns escritórios e recarregadas mensalmente ou semanalmente. Da mesma forma, poderia haver o aluguel de uma máquina de lavar e a venda de recargas de sabão - tantas lavagens quanto fossem necessárias à rotina de determinado consumidor. Quando não fosse mais de interesse do consumidor continuar utilizando a máquina de lavar, ou no caso de algum defeito, a empresa iria até ele e recolheria a máquina para reparo ou descarte / reciclagem. (MCDONOUGH e BRAUNGART, 2013)

A partir dos conceitos apresentados, reitera-se a necessidade de repensar o padrão de produção e consumo predominante, no qual os materiais seguem “do berço ao túmulo”, para uma nova concepção “do berço ao berço”, contemplando as teorias sobre a Economia Circular e adequando progressivamente os processos à lógica sustentável de produção. Como conclusão sobre o tema da sustentabilidade aplicada aos desafios da gestão de RS, cita-se El Hagggar (2007) ao afirmar que o *tratamento sustentável de resíduos* seria um tipo de tratamento - ou uma combinação de tratamentos -, “capaz de recuperar a matéria-prima, com o objetivo de conservar os recursos naturais, e sob a condição de que haja utilização total do resíduo ou a reciclagem de todos os efluentes gerados no tratamento” (livre tradução).

## 2.3 ATERROS SANITÁRIOS

### 2.3.1 Definição

Apresentam-se a seguir dois conceitos de Aterro Sanitário (AS). Conforme a Norma Brasileira (NBR) 8.419:

Técnica de disposição de resíduos sólidos urbanos no solo, sem causar danos à saúde pública e à sua segurança, minimizando os impactos ambientais, método este que utiliza princípios de engenharia para confinar os resíduos sólidos à menor área possível e reduzi-los ao menor volume permissível, cobrindo-os com uma camada de terra na conclusão de cada jornada de trabalho, ou a intervalos menores, se necessário. (ABNT, 1996)

E conforme documento produzido pelo Instituto Brasileiro de Administração Municipal (IBAM):

O aterro sanitário é uma obra de engenharia projetada sob critérios técnicos, cuja finalidade é garantir a disposição dos resíduos sólidos urbanos sem causar danos à saúde pública e ao meio ambiente.

É considerado uma das técnicas mais eficientes e seguras de destinação de resíduos sólidos [...]. Pode receber e acomodar vários tipos de resíduos, em diferentes quantidades, e é adaptável a qualquer tipo de comunidade, independentemente do tamanho.

O aterro sanitário comporta-se como um reator dinâmico porque produz, através de reações químicas e biológicas, emissões como o biogás de aterro, efluentes líquidos, como os lixiviados, e resíduos mineralizados (húmus) a partir da decomposição da matéria orgânica. (ELK, 2007)

A partir das definições descritas, infere-se que um Aterro Sanitário quase nada tem a ver com um vazadouro a céu aberto (“lixão” – ver figura 7), exceto pelo fato de que recebe diariamente volumes de RSU coletados pela municipalidade. A principal diferença entre eles é a de que o vazadouro não possui nenhum tipo de controle ambiental dos impactos inevitáveis da disposição de resíduos no solo, tais como: impermeabilização do fundo, cobrimento do maciço, recolhimento e tratamento de gases e lixiviado, cadastramento e controle de entrada e saída de caminhões de coleta, células separadas por tipo de resíduos etc. (BARROS, 2012)

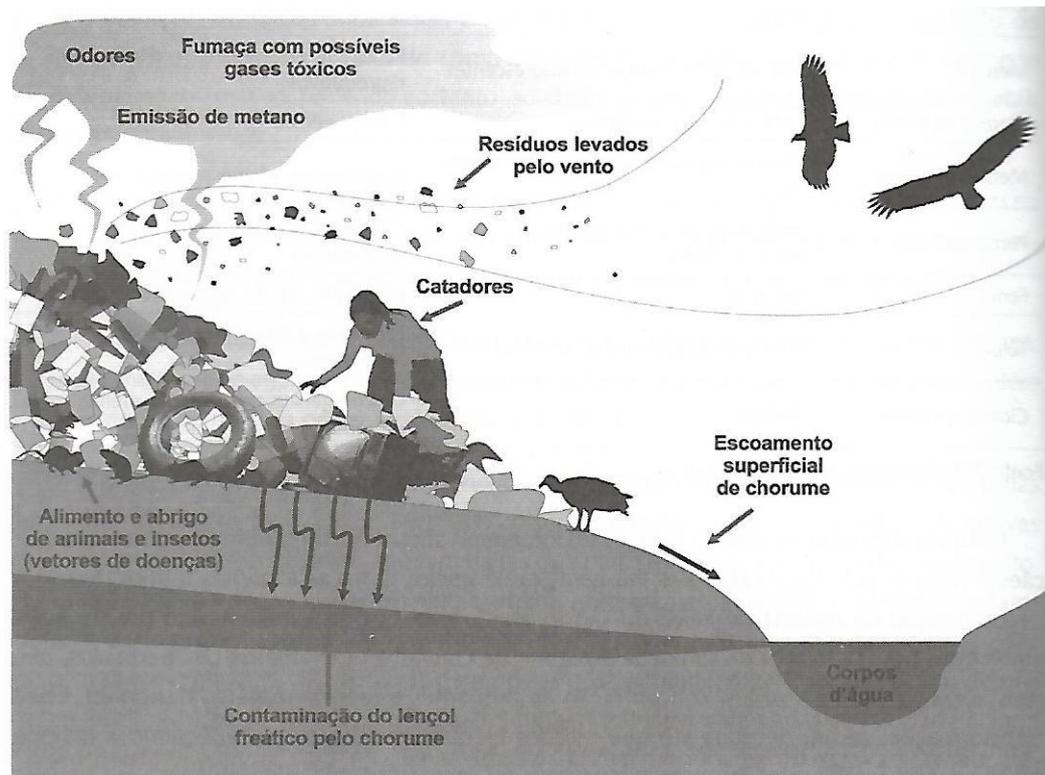


Figura 7: disposição inadequada de resíduos em um vazadouro a céu aberto (“lixão”).  
Fonte: BARROS, 2012.

Uma situação intermediária entre um e outro é o chamado Aterro Controlado, que seria algo como um “vazadouro remediado”, um “lixão” que passou por procedimentos mínimos de controle, tais como: instalação de cerca e guarita, drenagem de águas pluviais, gases e lixiviado, entre outros. Mas esta solução está longe de ser um AS, e nem poderá se tornar um no futuro, já que a área de implantação não foi preparada previamente para recebimento dos resíduos, com impermeabilização etc. (BARROS, 2012; MMA, 2009)

Conforme a Pesquisa Nacional de Saneamento Básico do ano de 2008 (IBGE, 2010), o aterramento é a forma mais utilizada de disposição final de resíduos no Brasil, apesar de a maioria dos municípios não contar com AS de fato, mas sim vazadouros a céu aberto. Neste sentido, Mahler (2002) comenta que apenas 10% dos RS coletados no Brasil são dispostos em aterros dotados de impermeabilização de base e sistemas de tratamento do lixiviado e recobrimento diário.

Algumas das normas que regulamentam os projetos de AS são: a NBR 8.419 (ABNT, 1992) - Apresentação de projetos de aterros sanitários de RSU; e a NBR 13.896 (ABNT, 1997) - Projetos de Aterros de resíduos não perigosos – critérios de projeto, construção e operação.

### 2.3.2 Implantação e funcionamento

O Aterro Sanitário, enquanto obra de engenharia, prevê, dentre outros itens: a escolha adequada do terreno; o dimensionamento da capacidade de atendimento (recebimento e disposição de resíduos); projetos para vias de acesso; estudos sobre as condições geológicas e hidrológicas locais (tipo, permeabilidade e capacidade de suporte do solo, proximidade de corpos d'água, profundidade do lençol freático etc); levantamento da disponibilidade e proximidade do material para recobrimento; projeto para implantação e operação (com indicação das estruturas físicas como guarita, administração, banheiros e cercas, bem como o detalhamento dos níveis e células, e os procedimentos de disposição dos RS); especificação do material impermeabilizante a ser utilizado (argila, membrana geossintética, geotêxtil etc); projetos de drenagem de águas pluviais, lixiviado e gases produzidos; e manuais de operação. (FEAM, 2006). A figura 8 a seguir mostra os principais elementos de um AS.

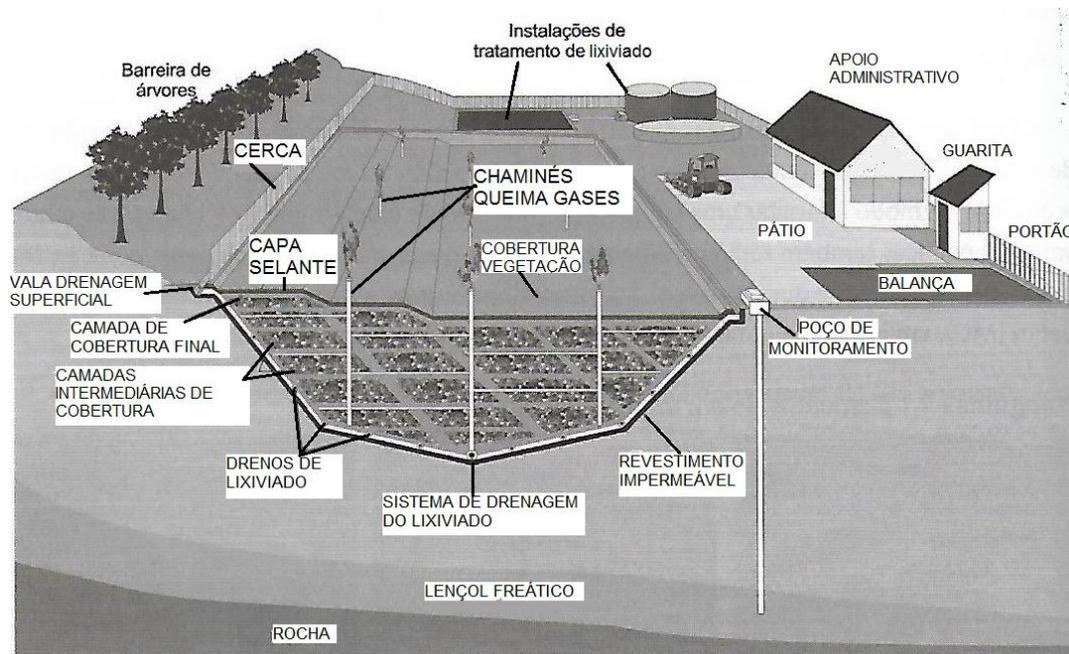


Figura 8: esquema de aterro sanitário, indicando seus principais elementos.

Fonte: Matsufuji (1994) adaptado *apud* Barros, 2012

Segundo Barros (2012), as quantidades de lixiviado e gases nocivos ao meio ambiente produzidas no aterro podem ser enormes, dependendo de seu tamanho e capacidade. É necessário que o projeto do aterro preveja área e equipamentos para tratamento destes produtos antes de serem lançados na água e no ar. O autor comenta que o volume de lixiviado gerado em um AS e suas características químicas “representam um dos principais potenciais de impacto ambiental, dada sua carga poluidora”, e que a contaminação do solo e do lençol freático por este produto da decomposição de RS “talvez seja o principal risco ambiental de um aterro”.

A *escolha do terreno* para a implantação de um AS deve ser feita observando critérios como profundidade do lençol freático, a distância de corpos d'água e núcleos habitacionais e a possibilidade de usar espaços com condições prévias de adequação ao uso como AS – como, por exemplo, um local já degradado, ou com declividade que facilite as condições de funcionamento do AS. Em geral, a *operação* do aterro consiste basicamente nos seguintes procedimentos: controle de acesso e pesagem dos caminhões de coleta, deposição dos resíduos no local, espalhamento e compactação do material, e a finalização com o recobrimento - que deve ser, no mínimo, diário. (MMA, 2009)

Conforme Barros (2012), os principais *equipamentos* utilizados em um AS são retroescavadeiras, compactadores, tratores e niveladores. O autor ressalta, em relação aos municípios menores e com menos recursos:

A disponibilidade de equipamentos adequados para as operações de um aterro sanitário é um problema crucial nas regiões mais pobres. A vida útil destes equipamentos é relativamente curta – de 5 a 10 anos – devido às condições severas de trabalho [...] (BARROS, 2012, p. 226)

Tais equipamentos, junto aos caminhões de coleta, produzem ruídos comuns às atividades de operação do aterro: manobras para descarga de resíduos, movimentação de terra para recobrimento, fechamento de células de operação etc. Alguns AS funcionam até mesmo à noite - notadamente os de grandes cidades -, e em qualquer caso é necessária uma *barreira vegetal*, para que estes ruídos sejam minimizados na vizinhança. Além disso, esta barreira impede que resíduos soltos escapem para fora do aterro, levados pelo vento, e possui também a função estética, ao reduzir a vista do aterro pela vizinhança. (FEAM, 2006)

Os três principais produtos do AS são: gás carbônico (CO<sub>2</sub>), gás metano (CH<sub>4</sub>) e o lixiviado. A *impermeabilização* da base do AS objetiva evitar que o lixiviado produzido se infiltre no solo, e contamine o lençol freático. Deve ser feita por meio de uma espessa camada de argila (com 1m ou mais), ou com membranas geossintéticas, instaladas no local onde serão dispostos os resíduos, de forma que estes não entrem em contato direto com o solo. É muito importante que seja feito também o controle da erosão e a *drenagem das águas pluviais* do aterro, pois elas poderão aumentar a quantidade de lixiviado gerado, caso se infiltrem em grande volume no maciço de resíduos. Esta drenagem é feita por meio de valas e drenos flexíveis. Para o devido escoamento, o recobrimento do maciço deve prever o caimento mínimo de 2%, conforme mostra a figura 9. (ELK, 2007; MMA,2009; FEAM, 2006)

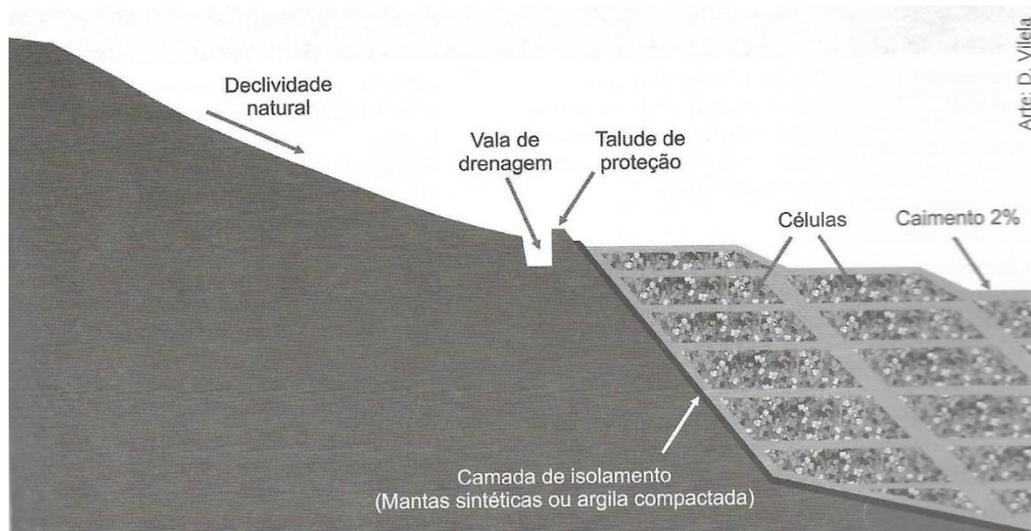


Figura 9: elementos para drenagem de águas pluviais no AS.  
Fonte: Barros, 2012.

Também deve ser realizada a *drenagem dos gases* gerados no AS, por meio de drenos verticais, instalados em diversos pontos do aterro, que funcionam como chaminés para que os gases subam e sejam queimados simplesmente, ou separados e reaproveitados em sua carga energética. Os gases gerados pela decomposição dos RS podem causar danos em espaços confinados, como tubulações de esgoto e poços próximos ao aterro. O gás metano pode formar uma mistura explosiva junto com o oxigênio. Em algumas cidades brasileiras já existe a captura do metano para geração de energia. (ELK, 2007)

O projeto de um Aterro Sanitário deve definir sua vida útil, ou seja, seu período de operação, e sua previsão de fechamento – preferencialmente, no mínimo após 15 ou 20 anos de utilização. Deve também prever sistemas de *monitoramento operacional, ambiental e geotécnico* - sendo os 2 últimos realizados tanto durante sua operação, quanto após o seu fechamento (BARROS, 2012). Tais procedimentos são obrigatórios em um AS, pois fazem parte de seu processo de licenciamento ambiental, e seu objetivo é avaliar os impactos gerados pelo AS no período que compreende desde a sua implantação, até 50 anos ou mais, garantindo “a preservação do meio ambiente, a salubridade da população do entorno e a segurança da obra, bem como [...] a integridade dos sistemas de drenagem de lixiviados e gases” (MMA, 2009).

Quanto à *operação*, o monitoramento objetiva garantir boas condições de funcionamento e salubridade aos funcionários e ao entorno, bem como o atendimento às exigências legais e de segurança; é realizado por meio de inspeções, definição de rotinas e acompanhamento da evolução temporal do AS, bem como sua comparação com outros semelhantes. *Ambientalmente*, monitora-se principalmente os mananciais de água, que são os mais impactados pela implantação do AS; o monitoramento ambiental é feito através de

análises físico-químicas e microbiológicas realizadas em amostras de lixiviados e de água superficiais e subterrâneas, além de observações com instrumentos em campo e das condições do ar e dos solos do local. Por fim, sob o prisma *geotécnico*, são monitoradas sobretudo as movimentações e estabilidade do maciço (previamente calculadas e avaliadas, junto às pressões internas), pois seus riscos tem consequências potencialmente negativas. Alguns de seus parâmetros são inspeções de campo, medidas de recalque e permeabilidade, e de movimentações internas, que geram análises geotécnicas da estabilidade do maciço. (BARROS, 2012)

### 2.3.3 Fechamento e remediação

Após atingir seu limite de utilização, e a altura máxima projetada para os RS, o AS deverá ser desativado, e continuará sendo monitorado durante 20 anos, em média. Antes da desativação do AS, seus gestores devem divulgar amplamente o fato e abrir o debate com a população do entorno, para que sejam discutidos os termos do fechamento e da futura utilização do espaço. Conforme orienta Barros (2012), deve ser realizada a cobertura final com argila, solo e vegetação, além da dedetização no local para remoção de vetores. O autor recomenda também a revisão do sistema de drenagem de águas pluviais, considerando o novo uso da área (para evitar infiltração em excesso), e que as cercas devem ser mantidas. Segundo ele, as áreas que foram utilizadas como vazadouros sem controle também podem ser utilizadas após serem desativadas e remediadas. É necessário, igualmente aos AS, que se impermeabilize o material (resíduos), aplicando cobertura de argila e vegetação. Após isso, pode-se utilizar a área com atividades leves, tais como: parques, estacionamentos etc. O autor comenta ainda sobre possibilidades posteriores à etapa de fechamento do AS:

Ao final de sua vida útil, a área do aterro poderá estar cercada por zonas habitadas, que se aproximaram durante seu funcionamento [...] Normalmente esta área recomposta é aproveitada para criar zonas de preservação, parques, estacionamentos, estruturas leves, uma vez que continuam ocorrendo recalques diferenciais devido à degradação dos RS orgânicos aterrados. Outra possibilidade é usar parte desta área para outras etapas de gestão dos resíduos: por exemplo, pode-se ter uma estação de transbordo, uma instalação para compostagem ou uma unidade de recuperação de materiais (inclusive entulho) [...] (BARROS, 2012, p. 227)

É imprescindível que o poder municipal mantenha intenso controle do local, de modo a evitar usos indevidos e futuros desastres, como o ocorrido na comunidade de Viçoso Jardim, situada na periferia de Niterói/RJ - região conhecida como “Morro do Bumba” -, no ano de 2010. A região foi utilizada como vazadouro a céu aberto entre os anos de 1970 e 1986, sendo considerada o maior “lixão” de Niterói. Após seu fechamento, pessoas desfavorecidas começaram a construir habitações sobre o morro, e a prefeitura municipal, além de não ter

coibido tal ação, ainda estimulou a ocupação, investindo em infraestrutura viária, de energia elétrica e abastecimento de água. O resultado foi o desabamento de várias casas, causando a morte de quase 50 pessoas e deixando muitas famílias desabrigadas. (FILGUEIRA *et al*, 2013; LOGUERCIO e ZAMBONI, 2012)

### 2.3.4 Custos e alternativas (consórcios e aterros de pequeno porte)

Os custos de um AS podem variar muito conforme seu tamanho, capacidade de operação, previsão de vida útil, tipo de gestão (pública ou privada) e conforme sua escala de geração de RS (larga ou pequena escala de geração). Segundo Barros (2012), os custos de um sistema de disposição final de RS variam entre 10 e 20% dos custos das atividades de limpeza, em geral. O autor afirma que, no Brasil, a resistência pela cobrança de tais custos à população é um grande empecilho a possíveis melhorias na Gestão de RSU. A tabela 1 mostra valores médios para disposição de RS em AS, informando que os aterros de gestão privada, na maior parte dos anos pesquisados, custaram mais caro<sup>2</sup>.

Tabela 1: Valores contratuais médios (R\$/t) para disposição de RS em aterro sanitário.

Agentes	Anos					
	2003	2004	2005	2006	2007	2008
Empresa privada	21,06	21,83	26,34	32,11	29,59	43,60
Prefeitura	16,63	s.i.	8,47	23,04	42,27	20,02
Consórcio	s.i.	s.i.	15,85	17,25	37,27	46,16
Outro	s.i.	s.i.	s.i.	s.i.	37,01	39,60

s.i. = sem informação.

Fonte: Plano Nacional de Resíduos Sólidos (2012, p.17-18), adaptado pela autora.

O estudo de Rodrigues (2016) contribui para tal ponto de vista, ao afirmar que a disposição de RSU em aterros de gestão privada costuma sair mais caro para a municipalidade, quando comparada à disposição em aterros públicos – figura 10. Entretanto, o autor pondera que a gestão pública dos aterros nem sempre é eficiente, devido sobretudo à ausência de um agente regulador independente.

<sup>2</sup> O Plano Nacional de Resíduos Sólidos (2012, p.18) cita duas hipóteses para a aparente contradição deste resultado: “A primeira é hipótese de que as Prefeituras têm dificuldade para quantificar claramente o custo de determinado serviço e, a outra é que a operação do aterro realizado por uma empresa privada pode ser mais rigorosa e atenta às exigências ambientais do que aqueles operados pela Prefeitura.”

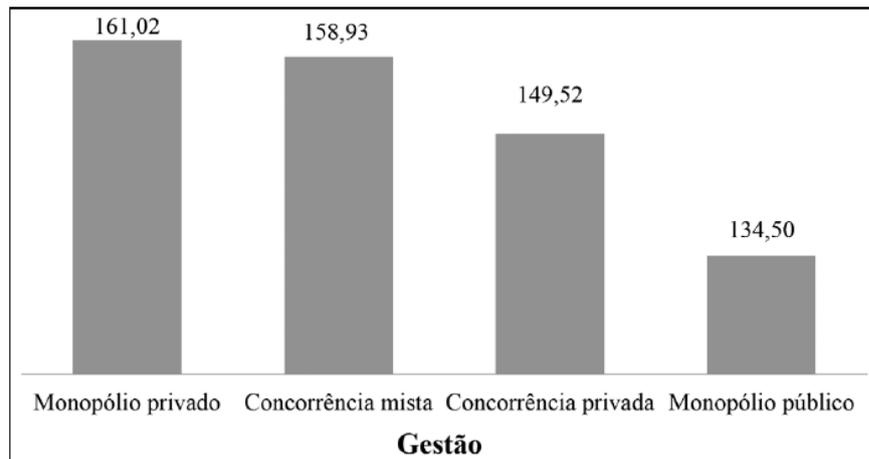


Figura 10: Gráfico da relação entre custos *per capita* de coleta e disposição de RSU (R\$/hab/ano) e gestão das empresas, no Brasil.

Fonte: Rodrigues, 2016 (elaborado pelo autor a partir de IBGE, 2013)

O mesmo estudo (RODRIGUES, 2016) indica que municípios menores pagam mais caro pelos serviços de RSU, comparado a cidades médias, conforme exposto na figura 11.

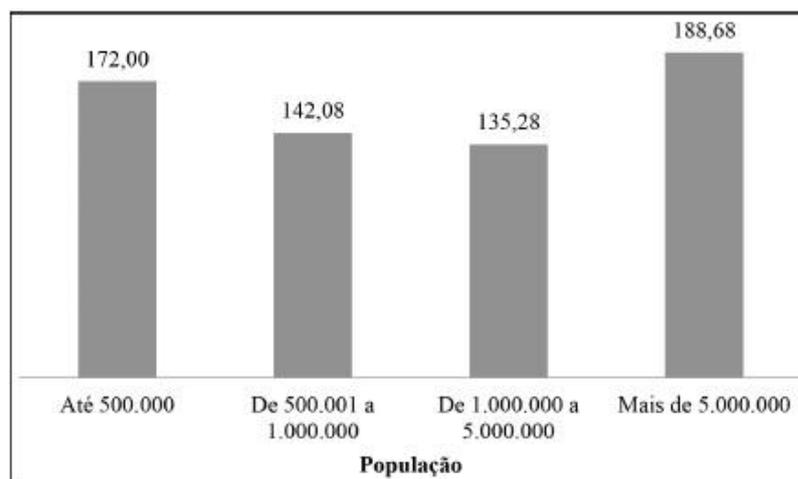


Figura 11: Gráfico da relação entre custos *per capita* de coleta e disposição de RSU (R\$/hab/ano) e o tamanho da população municipal, no Brasil.

Fonte: Rodrigues, 2016 (elaborado pelo autor a partir de IBGE, 2013)

Uma opção para municípios menores, que não possuem renda e equipe técnica para os estudos e a implantação de um AS, são os *Consórcios*. Neste modelo de gestão ocorre a associação entre vários municípios, e um deles é escolhido como sede, onde é instalado o aterro que receberá os RS de todos os municípios. Desta forma, os custos são rateados entre os municípios participantes e viabilizam-se soluções mais adequadas à gestão integrada de RS. (SEA, 2013)

O Plano Nacional de Resíduos Sólidos (2012, p.17) destaca a implementação dos consórcios como forma de equacionar a questão da grande quantidade de lixões, sobretudo nos municípios de pequeno porte. O documento cita o Art. 45 da PNRS, que estabelece a prioridade dos consórcios na área de RSU na obtenção de incentivos federais.

Outra opção interessante a municípios menores é a implantação de *Aterros de Pequeno Porte ou Manuais*. Conforme observação de Barros (2012):

“Para cidades pequenas e/ou desprovidas de recursos humanos e financeiros, os aterros sanitários continuam irrealis e assim aparecem intenções de concessões técnicas que sejam adequadas às limitações destas populações.”

De acordo com o Ministério do Meio Ambiente (2009, p. 44) tal solução é indicada a municípios com geração de RS até 20 t/dia - valor que pode ser associado a cidades de até 40 mil habitantes no Brasil, já que a geração de RSU em tais municípios fica entre 0,5 e 0,8 kg/hab/dia. O documento destaca a Resolução CONAMA nº 404/2008, que revogou a Resolução CONAMA nº 308/2002 e estabeleceu critérios e diretrizes para o licenciamento ambiental de aterros de pequeno porte, “com o intuito de simplificar o procedimento de licenciamento ambiental para aterros sanitários com disposição diária de até 20t (vinte toneladas) de resíduos sólidos urbanos”. A NBR 15.849 define diretrizes para localização, projeto, implantação, operação e encerramento de aterros de pequeno porte.

O aterro de pequeno porte (APP) não é considerado um AS, por não possuir determinadas características como o tratamento de lixiviado e gases. Contudo, o modelo deve prever sistemas mínimos de qualidade e controle da operação, tais como: cercamento, instalações de apoio aos trabalhadores, recobrimento diário com inclinação mínima a 2%, controle de vetores, drenagem de águas pluviais e gases e coleta de lixiviado, bem como a previsão adequada de estudos para seu projeto (estimativas de população a ser atendida, geração e composição dos RS, dimensões do aterro, previsão e projeto de fechamento etc). É importante também garantir as boas condições das vias de acesso ao aterro manual, para que o mesmo não fique inacessível em períodos de chuvas fortes. (PROSAB 3, 2003)

As principais vantagens do APP referem-se aos custos e à simplificação de forma geral. Os instrumentos e ferramentas são bem mais simples e baratos do que em um AS, podendo ser produzidos localmente. São utilizados bem menos equipamentos também – apenas para o nivelamento e grandes movimentações de terra –, e estes podem ser compartilhados para outras demandas da municipalidade, otimizando seu uso e reduzindo investimentos. A demanda por mão de obra é baixa e não é necessária alta qualificação da mesma. Processa-se, em média, 7 a 15 t/dia por funcionário trabalhando no aterro, o que corresponde ao atendimento a uma população entre 10.000 e 30.000 habitantes. Também os catadores de antigos vazadouros locais podem ser treinados e incluídos como funcionários do novo aterro manual, havendo desta forma a geração de emprego formal e o fomento à dignidade destes trabalhadores. (BARROS, 2012)

Por fim, ressalta-se a importância de uma administração eficiente, que realize registros constantes e confiáveis das operações. Deve ser prevista ainda a possibilidade de recebimento permanente de outros tipos de resíduos, misturados aos domésticos (de saúde, industriais etc), avaliando possíveis riscos desta situação e definindo alternativa para minimização dos impactos ambientais decorrentes. Sempre que possível, é recomendável que a gestão monitore, ao menos, a qualidade da água. (PROSAB 3, 2003)

A seguir, algumas observações sobre a importância da apropriação do aterro pela municipalidade, e à evolução da Gestão de RSU local, a partir da implantação e operação do APP:

Como é muito comum que os projetos sejam feitos por terceiros, por consultores externos e especialistas que não vivenciam a realidade local, o município precisa atentar para o fato de que a operação é de sua competência, sendo fundamental a preparação de funcionários (técnicos) preferencialmente da própria comunidade que assumam esta função. A sustentabilidade do aterro manual [ou APP – n.a.] – e da gestão dos serviços, como um todo – passa pela sua apropriação pela municipalidade e pelos munícipes, de modo a tentar garantir seu bom funcionamento independentemente de intervenções externas. O uso de tecnologias simplificadas é obrigatório.

[...]

Os aterros manuais [ou APP – n.a.] podem se constituir num elemento inicial de uma estratégia local de melhoria progressiva da condição de disposição final dos RS: a partir da experiência advinda de sua operação, pode-se imaginar que os responsáveis pelo serviço de limpeza pública queiram avançar em direção a um aterro sanitário. A adoção de tecnologias simplificadas, apropriadas às condições locais, promove um aprendizado que, de forma gradual, incorpora melhorias nos processos e na operação do aterro. (BARROS, 2012, p. 242)

### **2.3.5 Critérios de escolha, pontos positivos e negativos do AS**

Espera-se que, no futuro, os objetos e materiais sejam projetados de modo a produzir o mínimo de rejeitos, e que todos os seus resíduos possam ser reaproveitados ou reciclados em algum processo – como prevê a tecnologia C2C, apresentada neste trabalho. Mas enquanto não houver tecnologia suficiente para que os materiais retornem infinitamente às cadeias de produção, haverá a necessidade de solucionar a disposição final dos materiais que não são passíveis de reaproveitamento nem reciclagem, ou que já perderam qualidade em tantos ciclos, que não podem mais ser reciclados/reaproveitados.

Apesar de o AS não ser a única solução para a Gestão de RSU – conforme a visão predominante no Brasil -, qualquer forma de tratamento de RSU precisa, em última instância, de uma solução para disposição final dos rejeitos gerados no processo – e, conforme já exposto neste trabalho, o AS é a mais adequada ambientalmente.

Neste sentido, é interessante notar que o aterro é apenas um elemento que está na ponta do processo de gestão de RSU:

[...] todas as etapas anteriores [prevenir/evitar, minimizar, reciclar (com coleta seletiva), compostar, tratar] precisam ser ajustadas [...] Preocupar somente com o aterro é como se, para resolver o problema da saúde, bastasse construir hospitais. (BARROS, 2012, p. 172)

A figura 12 apresenta um fluxograma do ciclo dos materiais que deveriam ser destinados ao AS, em uma situação ideal, após passar pelas formas de tratamento mais adequadas: apenas rejeitos. A seta grossa com linha pontilhada indica o que acontece na maior parte dos casos atualmente: os resíduos de consumo seguem direto para aterramento, sem passar por nenhum tipo de reaproveitamento, reciclagem ou tratamento.

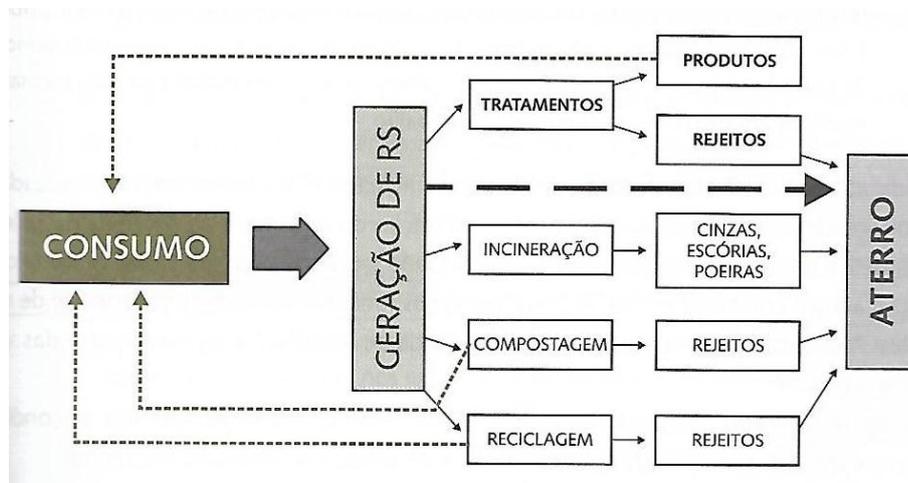


Figura 12: Fluxograma com indicação dos materiais que deveriam seguir para aterramento.  
Fonte: BARROS, 2012.

Dentre as *vantagens* da disposição final em um AS pode-se citar: a capacidade de absorver RS de diferentes tipos em grandes quantidades; a eliminação da presença de catadores; o controle da proliferação de vetores (por conta do cobrimento diário); a drenagem dos lixiviados (evitando que se infiltrem e contaminem o lençol freático); a possibilidade de aproveitamento do biogás para geração de energia; e ainda, após o seu fechamento, a possibilidade de recuperação de áreas degradadas e desvalorizadas economicamente para fins de lazer público. Tais vantagens têm como benefício maior a preservação do meio ambiente, e a melhora da qualidade de vida no meio urbano.

Em contrapartida, os *inconvenientes* do AS seriam: a demanda por uma extensa área para sua implantação (nem tão perto nem tão longe dos centros geradores, para que não inviabilize a logística – o que é difícil conseguir em áreas intensamente urbanizadas); sua vulnerabilidade às condições pluviométricas locais; a necessidade de grandes quantidades de material para recobrimento (de preferência disponível em áreas adjacentes); a produção de

ruídos, decorrentes de sua operação (muitas vezes também durante a noite); e a desvalorização de áreas em seu entorno, entre outros.

Além de tais desvantagens, existem também riscos de operação do AS, tais como: explosões geradas pela geração/acumulação de biogás, e o contato do metano com o oxigênio; acidentes causados por recalques diferenciais não previstos no projeto do AS; contaminação do solo e das águas superficiais e subterrâneas, por conta de vazamentos do lixiviado; poluição atmosférica, pelo escapamento dos gases; e o transporte dos resíduos pelo vento, causado por falta ou inadequação do recobrimento. Estes riscos ocorrem por falhas na operação, ou pela falta de controle e monitoramento adequados dos processos e rotinas do AS - que podem ser ocasionados por falta de verbas suficientes, má-gestão, entre outros problemas.

A tabela 2 a seguir compara diferentes tipos de gestão de RSU (tratamento e disposição final) em relação a seus impactos.

Tabela 2: Significância dos impactos de diferentes opções de gestão de RS.

Efeitos	Opções				
	<i>Instalações de recuperação de materiais</i>	<i>Compostagem centralizada</i>	<i>Digestão anaeróbia</i>	<i>Energia recuperada dos resíduos</i>	<i>Aterramentos</i>
Odor	●●●	●●●●	●●●●	●●●	●●●●
Gás	●	●	●	●	●●●●
Lixiviado	●	●●●	●●●	●	●●●●
Tráfego	●●●●●	●●●●	●●	●●●●	●●●●
Ruído	●●●●	●●●	●●●	●●●●	●●●●
Efeito visual	●●●	●●●	●●●	●●●●●	●●●●
Poeira, lixo solto	●●●	●●	●●	●●	●●●●
Acidentes	●	●●	●●	●● (●)	●●●

● sem ou com pouca significância; ●● → ●●●●● significância crescente.

Fonte: ETSU (1998) *apud* Barros (2012), adaptado pela autora.

Pode-se inferir, a partir da tabela 2, que o aterramento de RSU é a solução que tem a maior significância de impactos, comparada às demais alternativas.

Por conta disso, no contexto internacional - sobretudo na Europa -, as formas de tratamento de resíduos são amplamente incentivadas, sendo o encaminhamento para um AS, de fato, a última instância de um material, em grande parte dos casos – conforme mostra a tabela 3.

Conforme Hogland *et al.* (2011), no futuro, os aterros de países da União Europeia não receberão mais material orgânico, e serão apenas de três tipos: i) para resíduos inertes; ii) para resíduos não-perigosos; e iii) para resíduos perigosos. Tal direcionamento orienta a gestão de RSU para sistemas de valorização dos resíduos orgânicos.

Tabela 3: Destino dos RS (kg/hab/ano) no ano de 2006.

País	Alternativas		
	<i>Aterro Sanitário ou vazadouro a céu aberto</i>	<i>Incineração com recuperação de energia</i>	<i>Compostagem + Reciclagem</i>
Alemanha	4	179	383
Bélgica	24	155	296
<b>Brasil</b>	<b>251</b>	<b>-</b>	<b>33</b>
França	192	183	178
Suécia	25	233	239

Fonte: Cempre (2008) *apud* Barros (2012), adaptado pela autora.

Além disso, em tais países a questão da disposição final é tratada de forma mais restrita do que no Brasil, o que se traduziu na drástica redução na quantidade de vazadouros a céu aberto, e no aumento de aterros implantando sistemas de captação do biogás para geração de energia.

O gerenciamento de resíduos no Brasil ainda está “engatinhando” no que se refere à disposição final adequada e erradicação dos vazadouros a céu aberto. Neste sentido é pertinente observar a análise expressa no estudo do Ministério do Meio Ambiente (2009), em relação a eficácia da implantação de aterros sanitários no Brasil:

A simples construção das instalações de tratamento infelizmente não tem garantido que o serviço seja prestado à população. É preocupante a quantidade de aterros sanitários financiados pelo Governo Federal que, depois de implantados, transformam-se em lixões ou são abandonados, resultando em desperdício de recursos e prejuízos sociais e ambientais.

O documento afirma ainda que os custos em 3 anos de operação do AS equivalem ao investimento total de sua implantação, o que explica o expressivo abandono dos AS pela municipalidade após a sua implantação.

Em tal contexto se faz necessário avaliar o cenário brasileiro caso a caso, dada a diversidade de realidades regionais e municipais do país. As soluções mais refinadas tecnologicamente – e conseqüentemente mais onerosas -, como a coleta de biogás, precisam ser analisadas conforme a escala municipal, o objetivo da gestão, e os recursos disponíveis.

## 2.4 COMPOSTAGEM MUNICIPAL

### 2.4.1 Definição

A fração orgânica dos RS é responsável por grandes impactos ambientais nas formas de disposição final por aterramento, pois sua decomposição produz os dois componentes mais nocivos neste caso: o gás metano e o lixiviado. Conforme já exposto, estes dois elementos, se não forem adequadamente tratados, podem poluir o ar, o solo e a água.

A compostagem é um processo controlado de transformação dos resíduos sólidos orgânicos em um *composto condicionador orgânico* (“fertilizante”) para o solo, com o auxílio de micro-organismos, por meio do monitoramento da temperatura e oxigenação do material (NBR 13591/96; BARROS, 2012, p. 301). Este processo de estabilização dos RS orgânicos pode acontecer de forma aeróbia ou anaeróbia, sendo que na forma aeróbia, a oxigenação pode acontecer com ou sem o auxílio de minhocas – quando há minhocas, chama-se *vermicompostagem* (AQUINO *et al.*, 1992). Também é possível uma maior ou menor mecanização do processo, conforme o modelo escolhido, os recursos disponíveis (financeiros e tecnológicos), e o objetivo desejado.

Os resíduos sólidos passíveis de compostagem são os orgânicos biodegradáveis. Dentre os materiais que podem ser compostados estão: os subprodutos de matérias-primas de origem vegetal ou animal da agroindústria; os lodos provenientes das indústrias alimentícia, e de papel e celulose; as sobras da indústria madeireira; entre outros. No âmbito de gestão municipal, foco deste trabalho, tem-se: a fração orgânica do RSU (por exemplo: restos de comida das habitações, sobras de feiras, mercados e restaurantes); os lodos gerados pelo tratamento de esgotos; os dejetos de animais recolhidos nas habitações e nas vias públicas; os resíduos de podas urbanas; e, nas áreas rurais, os restos de culturas agrícolas (INACIO e MILLER, 2009). Apesar disso, estima-se que apenas 1,6% dos resíduos sejam aproveitados dessa maneira no Brasil (Ipea, 2012).

### 2.4.2 Funcionamento

O processo de compostagem possui duas grandes etapas: a etapa de degradação ativa e a etapa de maturação (NBR 13591/96), que serão esmiuçadas a seguir.

A *Degradação Ativa* subdivide-se nas fases: inicial, termófila e mesófila. Na *fase inicial* os resíduos orgânicos entram em decomposição, a partir da ação dos micro-organismos, o que provoca a rápida subida da temperatura a cerca de 45°C, em um processo que pode durar de 15 a 36 horas, tendo uma média de 24 horas. Em seguida ocorre a *fase termófila* (dominada pela ação das bactérias), onde a temperatura do material sobe mais ainda, ficando entre 50 e 65 graus Celsius, intensificando a decomposição e gerando vapor d’água.

Após isto, ocorre a *fase mesófila* (com predominância dos fungos), onde as substâncias orgânicas mais resistentes entram em degradação e as temperaturas caem. Ressalta-se que é durante a etapa de degradação ativa que os agentes patogênicos são eliminados, graças às altas temperaturas; os ovos de moscas, por exemplo, são destruídos a cerca de 43°C, o que impede a disseminação das larvas. (INACIO e MILLER, 2009; MMA, 2017)

Após esta primeira grande etapa, ocorre a etapa de *Maturação*, onde a atividade biológica é bem mais baixa. Nesta fase o composto perde a capacidade de autoaquecimento e adquire propriedades químicas fertilizantes. (INACIO e MILLER, 2009; MMA, 2017)

### 2.4.3 Modelos

O processo de compostagem pode acontecer por meio de diferentes modelos e métodos. Existem também outros processos que trabalham a biodegradação, mas que não se tratam de compostagem em si, como o Tratamento Mecânico-Biológico (TMB). Tal modelo tem por objetivo a redução da carga orgânica potencialmente poluidora dos resíduos, bem como de seu volume total a ser disposto em aterros, aumentando a vida útil destes. Desta forma, o TMB não se trata de compostagem porque não gera o composto fertilizante como produto final, mas apenas um material inerte sem as propriedades químicas do adubo. Este material possui um volume muito menor do que os resíduos que deram origem a ele, portanto sua disposição final é de menor impacto ambiental. (PRATES *et al*, 2016; DEFRA, 2013)

É importante ressaltar a diferença entre as diversas técnicas de tratamento de resíduos orgânicos, para que seja escolhida a melhor opção conforme o objetivo da municipalidade. O grau de mecanização e a tecnologia aplicada ao modelo também irão interferir nesta escolha, não apenas por causa dos custos, mas também por conta da aplicabilidade local: especialização técnica da mão de obra, espaço físico disponível, demanda local por composto orgânico (relacionada a atividade agropecuária) e disponibilidade do aterro sanitário. Tais fatores devem ser analisados caso a caso antes da escolha de qualquer modelo de gerenciamento de RSU. (BRANDÃO, 2006)

Os modelos para Compostagem Municipal variam tanto no que se refere à técnica em si, quanto aos seus moldes de aplicação em um determinado contexto, conforme apresentam Inácio e Miller (2009):

Os métodos de compostagem podem ser separados em grupos conforme o tipo de aeração, grau de revolvimento das leiras, ou se é realizado em leiras ou de forma confinada (por ex. biorreatores). [...] um método confinado pode ter uma fase em leiras, com ou sem revolvimento. Ou mesmo métodos de leiras estáticas podem ter práticas de montagem [...] que influenciam totalmente no processo de compostagem. Podemos classificar os seguintes grupos em: (1) Leiras Estáticas com

Aeração Natural, (2) Leiras Estáticas com Aeração Forçada, (3) Compostagem com Revolvimento de Leiras, e (4) Compostagem em Reatores (confinada). Para cada grupo destes, podemos ter métodos diferentes, variações e uso de tecnologias específicas (e patenteadas), conforme o caso. (p.56)

Não será apresentado o modelo de compostagem que utiliza *Reatores* (modelo confinado), apenas os modelos que se utilizam de pátios com leiras, dando ênfase ao tipo de compostagem em Leiras Estáticas com Aeração Passiva.

Em determinados modelos de compostagem aeróbia, o material é organizado em leiras, que são montes com forma, altura e largura predefinidas – conforme a figura 13.



Figura 13: leiras de compostagem.

Fonte: <[alicercevivo.com.br](http://alicercevivo.com.br)>. Acesso em agosto de 2017.

As leiras precisam estar oxigenadas adequadamente, para que o processo de compostagem ocorra de forma eficiente, sem gerar excesso de lixiviado e maus odores (BARROS, 2012, p. 305). Para tal oxigenação promove-se o revolvimento das leiras, ou o insuflamento forçado de ar em seu interior, sendo também possível aerar estaticamente, como será visto mais à frente neste trabalho.

A compostagem com *Revolvimento de Leiras* é bastante difundida no Brasil e nos Estados Unidos, por conta de sua aparente simplicidade e baixo custo de implantação: as leiras são dispostas em um pátio e são revolvidas a determinada frequência, para promover a aeração. Porém, devido à alta produção de lixiviado e à ineficiência do controle de odores, muitos projetos com tal sistema foram abandonados – mesmo motivo da redução no número de projetos com reatores anaeróbios. Em geral, não é o modelo mais indicado para projetos de compostagem municipal, pois além dos problemas citados, demanda grandes espaços para a disposição das leiras. (INÁCIO e MILLER, 2009, p. 56-57, 69)

O modelo de compostagem em *Leiras Estáticas com Aeração Forçada* não contempla o revolvimento do material. A aeração ocorre pelo insuflamento ou aspiração de ar no interior da leira, sendo um método mais eficiente do que o revolvimento, e mais adequado aos resíduos urbanos. Este processo permite aumentar o tamanho das leiras, economizando espaço

– porém é um método mais oneroso que o revolvimento. Neste modelo é utilizada uma rede de tubos perfurados, disposta abaixo ou dentro das leiras, interligada a compressores ou ventiladores. Em alguns projetos, usam-se sensores para a temperatura, que comandam a ativação ou desligamento da ventilação/aspiração. (EPSTEIN, 1997; INÁCIO e MILLER, 2009, p. 57-58)

Também conhecida como “*Método UFSC*”, a compostagem em *Leiras Estáticas com Aeração Natural ou Passiva* se trata de um modelo parecido com o último descrito, mas com a diferença de que não há tubos nem equipamentos para ventilação das leiras. Neste processo, o material se mantém aerado por conta de sua própria composição – 1/3 de material seco (serragem, aparas de madeira e restos de poda municipal) misturado aos demais resíduos orgânicos segregados na fonte -, bem como pela estrutura retangular e “montagem” das leiras, que propiciam maior superfície de contato com o ar. As paredes devem ser quase retas, autossustentadas pelo material seco de que são compostas (palha, aparas de grama etc.), conforme mostra a figura 14. (MMA, 2017, p.27-31; INÁCIO e MILLER, 2009, p. 61-67)



Figura 14: Leiras de compostagem pelo método UFSC, no município de Alto Paraíso, GO.  
Fonte: MMA, 2017, p. 27 (acervo pessoal Lúcio C. Proença)

Neste método é importante a *cobertura* de todo o composto com material vegetal, para que os resíduos alimentares não fiquem expostos em nenhum momento. Os *pátios são semimecanizados* e funcionam de forma artesanal: os funcionários medem a temperatura e abrem as leiras diariamente para retirar amostras, objetivando verificar o processo de decomposição do material, sua umidade e a presença de odores fortes. As leiras recebem *carga contínua* de resíduos orgânicos (de 2 a 3 vezes por semana), que são misturados ao material antigo, com o auxílio de garfos agrícolas, conforme a figura 15. Ao final da fase termófila o material passa por um ou dois revolvimentos, com o intuito de homogeneizá-lo para a maturação. O processo completo pode levar de 3 a 6 meses de duração. (MMA, 2017, p.27-31; INÁCIO e MILLER, 2009, p. 61-67)



Figura 15: Nova carga de resíduos sendo misturada ao material existente na leira.  
 Fonte: <naturezaeconservacao.eco.br> Acesso em agosto de 2017.

Os *equipamentos* necessários ao processo de compostagem municipal variam muito conforme o modelo a ser adotado, podendo ser utilizada maior tecnologia – como no caso dos reatores -, ou métodos mais simples – como em sistemas de leiras. A escolha da tecnologia influenciará diretamente nos custos do projeto.

Os equipamentos utilizados em pátios de compostagem menos mecanizados (como os que utilizam o modelo de Compostagem com Leiras Estáticas e Aeração Natural), são simples e de baixo custo, tais como pás carregadeiras leves e instrumentos que se acoplam a tratores simples, além de ferramentas como pás e garfos agrícolas, conforme as figuras 16, 17 e 18.



Figura 16: Pá-carregadeira leve.  
 Fonte: site de venda - <transolom.com.br> Acesso em agosto de 2017.



Figura 17: Instrumento acoplado a um trator simples, para auxílio na formação das leiras.  
 Fonte: <barauna.agr.br> Acesso em agosto de 2017.



Figura 18: Funcionários organizando o material das leiras com auxílio de garfos agrícolas.  
Fonte: <educares.mma.gov.br> Acesso em agosto de 2017.

Pátios e usinas de compostagem de resíduos orgânicos geram alguns impactos no entorno, tais como odores, ruídos e poeira. A título de exemplo da frequência e intensidade destes impactos, observa-se a tabela 4, que contempla as atividades de um pátio de compostagem com capacidade de recebimento de 10 t/dia de resíduos orgânicos.

Tabela 4: Fontes de impactos na vizinhança a partir de uma unidade de compostagem com leiras estáticas, de capacidade para 10 t/dia de resíduos orgânicos.

Atividades previstas	Fator			
		<i>Ruído</i>	<i>Odor</i>	<i>Poeira</i>
Recebimento dos resíduos – caminhão de coleta	F	Diária	Eventual	Diária
	I	Moderada	Fraca	Moderada
Compostagem – montagem manual das leiras	F	Ausente	Ausente	Diária
	I	--	--	Fraca
Revolvimento mecânico para maturação e transporte do composto	F	Eventual	Eventual	Eventual
	I	Moderada	Fraca	Fraca
Recirculação do percolato – bomba 2vc	F	Diária	Ausente	Ausente
	I	Fraca	--	--
Beneficiamento do composto - peneiramento	F	Ausente	Ausente	Eventual
	I	--	--	Fraca

F = frequência; I = intensidade.

Fonte: INÁCIO e MILLER (2009, p. 130), adaptado pela autora.

Inácio e Miller (2009) comentam sobre os diversos aspectos que devem ser levados em consideração na escolha do método mais adequado de compostagem: Tal qual os aterros, devem ser considerados o local de implantação do projeto, os recursos financeiros disponíveis e a quantidade de resíduos que será processada. Para além disso, os autores ressaltam a importância de conhecer qual tipo de material será introduzido no processo: para materiais mais secos (como resíduos de poda municipal, por exemplo), é indicado o método de leiras com revolvimento - por conta de seu baixo custo e pouca necessidade de especialização da mão de obra. No entanto, se o material possuir resíduos de alimentação (restos de origem animal, ou alimentos mais ácidos, processados e gordurosos – que caracterizam a fração orgânica do RSD), afirmam que o método por revolvimento não é eficiente, além de ser necessário maior conhecimento das técnicas de compostagem para que funcione de forma satisfatória (sem gerar odores desagradáveis e atrair vetores, principalmente). Os autores comentam ainda, sobre projetos baseados no método de Leiras Estáticas com Aeração Natural:

A baixa necessidade de capital investido, o custo baixo de operação e manutenção, a disponibilidade de mão de obra e a disponibilidade de área são características que tornam a compostagem em leiras estáticas uma tecnologia com alto potencial de replicabilidade e sustentabilidade para as condições brasileiras. (INÁCIO & MILLER, 2009, p.70)

Ainda em relação a modelos de compostagem, deve ser analisado o sistema de implantação e gestão da unidade: centralizada, descentralizada, comunitária, institucional etc. Massukado (2008) estudou diversas opções dentre tais modelos, e nomeou de “*Unidade Descentralizada de Compostagem*” (UDC) “qualquer instalação física destinada a receber e tratar os resíduos compostáveis provenientes de coleta separada” (p.45).

Siqueira e Assad (2015) também pesquisaram diversos modelos de implantação/gestão no estado de São Paulo, tendo feito uma sistematização conforme a figura 19 a seguir.

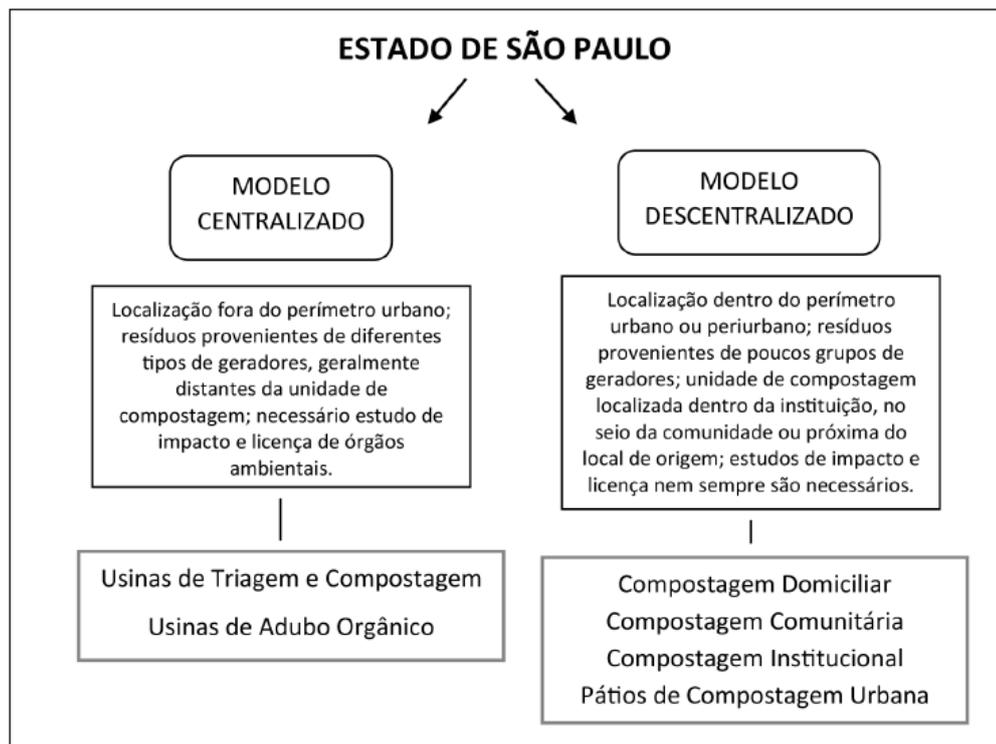


Figura 19: Sistematização das experiências de compostagem de RSU, encontradas no estado de São Paulo.  
Fonte: Siqueira e Assad (2015, p.246)

Em seu estudo, Siqueira e Assad (2015, p.248) identificaram 115 experiências, das quais 49 eram centralizadas e 66, descentralizadas. Neste universo, 18% das centralizadas e 73% das descentralizadas ainda se encontravam em funcionamento, à época da pesquisa. Dentre as experiências descentralizadas, as autoras apresentaram 14 unidades do tipo que convencionaram nomear de “*Pátio Urbano de Compostagem*” (PUC), sendo 8 geridas por prefeituras ou subprefeituras, e 5 por empresas privadas ou arranjos entre estas e o poder público. Entre as 8 experiências geridas por prefeituras ou subprefeituras apenas 2 haviam encerrado suas atividades à época do estudo, contra 3 dos demais arranjos. Estes dados parecem apontar o sucesso da implantação descentralizada com gestão pública.

Um dos motivos para o insucesso das experiências centralizadas parece ser o fato de que trata-se de um sistema mais oneroso e que, frequentemente, produz composto de baixa qualidade (SIQUEIRA & ASSAD, 2015). Além disso, o modelo requer uma longa curva de aprendizado para se estabelecer (ANDRADE, 2010).

Contudo, Massukado (2008, p.46) ressalta também alguns obstáculos às opções descentralizadas: podem haver restrições de orçamento, devido ao fato de que as prefeituras destinam poucos recursos a programas ambientais; e o sistema pode se tornar gerencialmente complexo em municípios maiores, que teriam que implantar várias unidades – principalmente quando existir a necessidade de licenciamento.

Em contrapartida, a autora destaca como vantagens das opções descentralizadas gerenciadas pelo poder público: tais unidades tendem a focar na redução do material a ser disposto em aterros e na economia com o transporte de resíduos, além de fornecerem composto para utilização em áreas verdes municipais (MASSUKADO, 2008, p.47). Também Siqueira e Assad (2015, p.255) citam como vantagem o fato de que as experiências descentralizadas podem ter papel disseminador, auxiliando a gestão de resíduos; e ressaltam a importância do apoio governamental ao sistema:

O poder público é fundamental para promover a sustentabilidade de programas de compostagem, estimular novos parceiros, adequar os planos municipais para abrigar sistemas alternativos de compostagem e criar mecanismos que incentivem, orientem, fortaleçam e protejam atividades que desviem resíduos orgânicos da disposição final, tal qual previsto na PNRS, e os direcionem para agroecossistemas. (SIQUEIRA & ASSAD, 2015, p.257).

Neste sentido, Fehr (2006) observou a implantação de unidades descentralizadas em diversos países do mundo, verificando, inclusive, casos de sucesso em países em desenvolvimento, como Índia e Brasil. Siqueira e Assad (2015, p.258) apontam o fato de tal modelo se basear “mais em mudança de paradigmas e tecnologia social e menos em obras de engenharia” como principal causa de sua eficiência, em detrimento do modelo centralizado.

Desta forma, a unidade de compostagem simulada nesta dissertação terá implantação descentralizada – o que significa que a unidade atenderá apenas alguns bairros do município, conforme um recorte intencional que será descrito no capítulo 4 - e será gerida pela Prefeitura Municipal de Paraíba do Sul (PMPS). Neste trabalho, a unidade citada será nomeada “*Pátio de Compostagem Municipal*” (PCM).

#### **2.4.4 Coleta seletiva e qualidade do composto**

Durante muitos anos foi aplicado no Brasil o modelo de Usinas de Triagem e Compostagem (UTC), onde os resíduos orgânicos chegavam misturados aos recicláveis e aos rejeitos, e era realizada a triagem do material de interesse à compostagem, em geral destinando-se os recicláveis à comercialização (figuras 20 e 21). Tal modelo possui estrutura mais onerosa, com esteiras de triagem, e funcionários para realizar esta tarefa (figura 22). Sendo assim, seja qual for a técnica empregada, é importante destacar a prioridade da coleta seletiva na eficiência do processo, o que está diretamente ligado à qualidade final do composto. (LEITE, 1995)



Figura 20: UTC da COMLURB, no Caju, Rio de Janeiro, RJ.  
Fonte: a autora, 2014.



Figura 21: Resíduos recicláveis triados na UTC da COMLURB, Caju / Rio de Janeiro, RJ.  
Fonte: a autora, 2014.

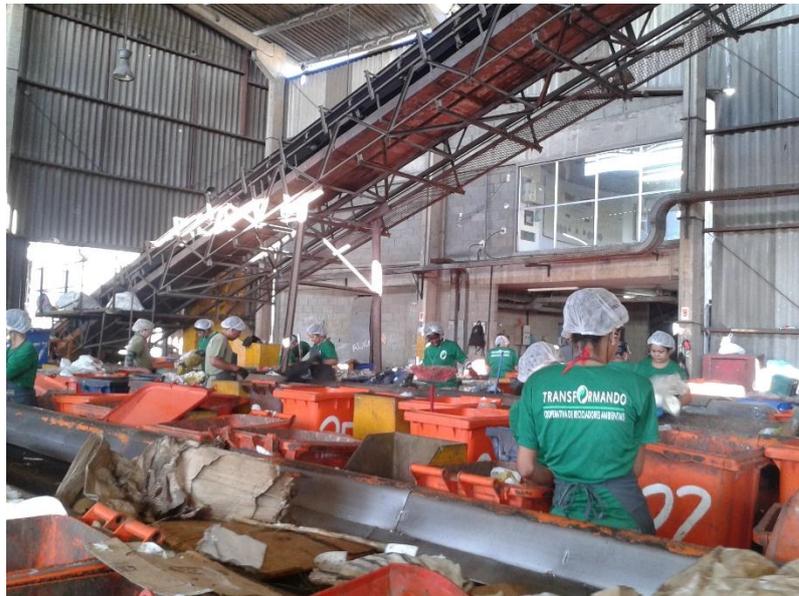


Figura 22: Esteira de triagem com funcionárias na UTC da COMLURB, Caju / Rio de Janeiro, RJ.  
Fonte: a autora, 2014.

Conforme se observa na figura 23, a leira formada por resíduos não segregados na fonte possui diversos materiais recicláveis, o que irá prejudicar a qualidade do composto final.



Figura 23: Leira de compostagem na UTC da COMLURB, Caju / Rio de Janeiro, RJ.  
Fonte: a autora, 2014.

Sobre a qualidade e riscos de contaminação do composto de má-qualidade, Barros (2012) comenta que sua utilização pode atrair vetores ao local onde for empregado, gerar danos à vegetação - por conta da amônia e das toxinas liberadas -, provocar a redução bioquímica do nitrogênio no solo, produzir mau cheiro e poluição da água. O autor alerta:

Apesar de tantas vantagens, é imprescindível o controle cuidadoso em todas as etapas do processo, cuja falta leva a um produto final de má qualidade [...]. Ademais dos riscos de contaminação por metais pesados e por patógenos, [...] há a presença de materiais não compostáveis (cacos de vidros, pedaços de plásticos etc). (p.311)

Ressalta-se que existe regulamentação oficial, no Brasil, para o controle de qualidade dos compostos orgânicos. A Instrução Normativa nº 27, de 2006 (MAPA, 2006), dispõe sobre a produção, comercialização e importação de fertilizantes, corretivos, inoculantes e biofertilizantes. Define limites máximos para componentes tóxicos (como metais pesados) e contaminantes admitidos em tais produtos.

Além desta, o Decreto 4.954/2004, que regulamenta a Lei 6894/1980, estabelece, entre outras, as normas gerais sobre registro e padronização, “da produção e do comércio de fertilizantes, corretivos, inoculantes, biofertilizantes, remineralizadores e substratos para plantas destinados à agricultura” (MAPA, 2004).

Apesar disso, Massukado (2008, p.158) comenta que, em relação aos países europeus, os padrões de qualidade brasileiros ainda são bastante permissivos, sobretudo no que se refere à concentração de metais pesados no composto orgânico. A autora recomenda uma classificação em relação às possibilidades de uso para cada tipo de composto, conforme sua qualidade:

Seria interessante criar classes para o uso do composto de acordo com seu padrão de qualidade. Sugerem-se três classes: o composto com menor exigência seria utilizado somente para cobertura em aterros; uma segunda classe permitiria o uso do composto em projetos de paisagismo e, a terceira classe, com limites mais restritivos, seria destinada para a agricultura.

É necessário destacar ainda a importância do *grande gerador de resíduos orgânicos* na eficácia da coleta seletiva deste material. No caso de os resíduos serem recolhidos previamente segregados nestes estabelecimentos, será obtido um composto de qualidade muito superior ao das usinas citadas no início deste capítulo (onde o material recebido é heterogêneo).

MMA (2010) informa que a definição de grande gerador “não decorre do tipo de atividade, mas da quantidade gerada”, e apresenta alguns pormenores institucionais e de coleta:

Em última instância, o que a Política Nacional de Resíduos Sólidos diz é que os municípios terão que definir o que consideram como “grande gerador”, passível de plano de gerenciamento próprio – quem não pode ser equiparado ao gerador domiciliar.

Normalmente os municípios de maior porte populacional estabelecem limite de quantidade para coleta de resíduos em estabelecimentos comerciais e de serviços – acima de determinados volumes ou massas a coleta deve ser feita pelo responsável pelo estabelecimento e a prefeitura apenas acompanha o manejo a que são submetidos os resíduos. Em outros casos, geradores de orgânicos em grandes quantidades têm seus resíduos coletados pela prefeitura para a compostagem junto com resíduos de poda e remoção de árvores. (MMA, 2010, p.13)

Cabe ressaltar que, em municípios menores, nem sempre as prefeituras obrigam os grandes geradores a pagar a coleta de uma empresa privada, sendo a coleta realizada pela gestão pública – como acontece no estudo de caso deste trabalho.

A respeito do sucesso da implantação de projetos de compostagem, o mesmo documento informa ainda:

O Projeto de Compostagem Natural de Grandes Geradores apresenta maior facilidade de implantação, pois são resíduos de feiras, quitandas, supermercados e sacolões, grandes restaurantes e cantinas, predominantemente orgânicos, e que podem ser segregados mais facilmente. (MMA, 2010, p.22)

Por fim, apresentam-se dados sobre desperdício de alimentos em restaurantes, que vão ao encontro das informações acima. O documento WRAP (2014) destaca as porcentagens de perda de alimentos nas três principais áreas de um restaurante: 45% no preparo, 34% nos pratos servidos, e 21% na armazenagem.

#### **2.4.5 Custos**

A inclusão da coleta seletiva e de modelos de valorização de resíduos (como a Compostagem) na gestão de RSU, obviamente aumenta os custos gerais das atividades relacionadas aos resíduos, nos municípios. Isto ocorre porque é necessário construir as instalações, contratar funcionários e comprar equipamentos, além dos custos de manutenção dos novos itens do sistema, que se somam aos custos do sistema convencional (coleta convencional com disposição em aterros). Apesar disso, quando os processos alternativos são comparados aos convencionais (avaliados separadamente), alguns autores observaram custos menores, conforme exposto a seguir.

Estudos de Matusaki (1995) e Zambonim (1997) sobre projetos de coleta seletiva de orgânicos e compostagem de pequena escala, na região Sul do Brasil, indicam que a implantação e manutenção destes modelos apresentou redução de custos em relação ao modelo de coleta convencional e disposição em aterros. Matusaki (1995) calculou uma redução aproximada de 47%, enquanto Zambonim (1997) chegou ao índice de 36,2% no modelo mais eficiente apresentado. Tais estudos podem ser extrapolados para projetos maiores, funcionando como um padrão de custos.

A tabela 5 a seguir apresenta os custos de duas situações de gerenciamento de RSU no município de Garopaba, SC: i) a compostagem/reciclagem da fração orgânica; e ii) o sistema convencional, com a disposição dos resíduos no aterro sanitário. O município analisado neste estudo de caso possui intensa atividade turística no verão; por este motivo, os custos da compostagem são apresentados em relação à baixa e à alta temporadas, além da média anual.

Tabela 5: Custo da compostagem e do sistema convencional no município de Garopaba/SC, no ano de 2003.

Descrição	Quantidade coletada (t/dia)	Custo (R\$/t)
<b>Sistema de Compostagem</b> – média da baixa temporada	2	183,33 (coleta + compostagem)
<b>Sistema de Compostagem</b> – média anual	2,7	<b>133,33</b> (coleta + compostagem)
<b>Sistema de Compostagem</b> – média da alta temporada	5	73,33 (coleta + compostagem)
<b>Sistema Convencional</b> - média anual	9,0 – 13,0	<b>164,00</b> (coleta + aterro)

Fonte: Inácio e König (2004), adaptado pela autora.

É importante destacar que, neste estudo de caso, apresentado por Inácio e König (2004), havia uma empresa contratada para realizar a compostagem, por um valor mensal fixo de R\$ 11.000,00. Por isso, o custo na alta temporada é menos de 50% do valor da baixa temporada: o contrato não previa a associação do valor à quantidade de resíduo coletada.

Ainda assim, é interessante observar, no estudo de caso, que o custo médio anual da Compostagem, em R\$/t de resíduo, é quase o mesmo do sistema convencional (R\$ 133,33 e R\$ 164,00, respectivamente). Considerando-se que os resíduos que seguem para a compostagem não serão enviados ao aterro, o custo total do sistema estaria, então, praticamente inalterado.

Por fim, apresentam-se os dados da Prefeitura Municipal de São Carlos, SP (*apud* Aquino, 2012). Os custos para coleta dos resíduos orgânicos (segregados na fonte) e tratamento dos mesmos no sistema de compostagem de sua horta municipal, foi de R\$ 84,00/t, contra R\$ 104,33/t da coleta e disposição convencionais.

#### 2.4.6 Critérios de escolha, vantagens e desvantagens

Conforme já exposto neste trabalho, preferencialmente apenas rejeitos devem seguir para a disposição final em aterros. Sendo o AS um dispositivo que, além de custar caro

(sobretudo para os pequenos municípios), possui curta vida útil (20 anos, em média), a compostagem aparece como uma boa estratégia para reduzir a quantidade de RSU enviada à disposição final (INÁCIO e MILLER, 2009, p. 18).

Além disso, no Brasil, em torno de 50% do RSU é de orgânicos (MMA, 2017). Então teríamos uma redução em cerca de metade da quantidade de resíduos encaminhada à disposição final, caso fosse possível compostar toda a fração orgânica do RSU.

Desta forma, a compostagem é duplamente recomendada no gerenciamento integrado de RSU: além de reduzir a carga orgânica a ser enviada aos aterros, gera o composto para nutrir o solo – podendo ser utilizado no paisagismo urbano, auxiliando na arborização e em jardins e parques públicos. (BARROS, 2012)

A compostagem de resíduos orgânicos gera um benefício como produto final, o composto orgânico para uso agrícola, constituindo-se num processo que possibilita o cumprimento dos itens considerados fundamentais no conceito de desenvolvimento sustentável para o eficiente tratamento e disposição de resíduos sólidos: (a) Minimização de impactos ambientais; (b) Minimização de rejeitos; (c) Maximização da reciclagem. (INACIO e MILLER, 2009, p.15)

Diversos nutrientes são retirados do solo nas colheitas agrícolas, como Nitrogênio, Fósforo, Potássio, Ferro, Manganês, Zinco etc. Quando o material gerado pelo processo de compostagem é utilizado como fertilizante nas culturas, tais nutrientes são devolvidos ao solo, caracterizando um modelo de *reciclagem orgânica*, que promove também a aeração e a drenagem do solo, como vantagens diretas (INÁCIO & MILLER, 2009, p.15-16, 21).

Massukado (2008), em seu experimento, comparou visualmente a diferença, no cultivo de cenoura e beterraba, com e sem utilização de composto orgânico – conforme mostra a figura 24. Pode-se observar nitidamente as vantagens do uso do composto para o cultivo.



Figura 24: Teste visual para avaliação do desempenho no crescimento da cenoura e beterraba em área sem composto (à esquerda) e área com adição de composto (à direita).

Fonte: Massukado, 2008, p.72.

Neste sentido, destaca-se também o papel dos biofertilizantes no contexto de segurança alimentar e de esgotamento de fontes de fertilizantes minerais:

O retorno da biomassa e dos nutrientes descartados nos grandes centros urbanos para os solos agrícolas está vinculado à segurança alimentar e nutricional em contextos de populações urbanas em contínua expansão (FUREDY; CHOWDHURRY, 1996; DRECHSEL; KUNSE, 2001 *apud* SIQUEIRA & ASSAD, 2015, p.257)

Tem-se, ainda, benefícios ambientais indiretos proporcionados pelo processo de compostagem, tais como a mitigação das emissões de metano gerado pela decomposição de RSU sem controle, e a redução da poluição dos recursos hídricos (INÁCIO & MILLER, 2009, p.15-16, 21).

Cita-se também a maior conscientização da população, como um benefício social indireto: por conta da necessidade de segregação dos RSU para a coleta seletiva, e do reconhecimento da divisão de responsabilidades pela poluição urbana, a compostagem funciona como um potencial de integração entre os setores da sociedade na gestão de RSU (SANTOS & BARROS, 2005).

Ressalta-se que os métodos de Compostagem se alinham diretamente com os princípios de metabolismo urbano e circularidade de materiais, sobretudo por mitigar emissões de metano e transformar resíduos orgânicos em composto condicionador para o solo. Conforme El-Haggar (2007), no âmbito de resíduos orgânicos, este é um dos tratamentos sustentáveis de que se dispõe para promover o fechamento do ciclo dos materiais biológicos.

Neste sentido, Barton *et al.* (2007) comentam que alguns projetos que reduzem a participação dos aterros na gestão de resíduos têm surgido nas submissões relativas ao Mecanismo de Desenvolvimento Limpo (MDL). Tais projetos priorizam outras alternativas no gerenciamento de RSU, o que permite deixar o AS como última instância, apenas para rejeitos – aumentando assim sua vida útil e seus impactos ambientais -, conforme preconiza a PNRS. Assim como os demais, estes autores também indicam a compostagem como uma das melhores opções para valorização de RSU, além de comentar suas vantagens em relação à redução da pegada de carbono do setor. Os autores comentam, por fim, que priorizar outros tipos de tratamento de resíduos na gestão de RSU seria uma diretriz mais inteligente para os países em desenvolvimento - como o Brasil -, já que estes ainda não conseguiram, de fato, implantar os aterros sanitários, na maior parte de suas unidades federativas.

Apesar de tantas vantagens, é preciso destacar que a compostagem pode gerar impactos negativos na vizinhança, quando mal gerenciada. A tabela 2 (item 2.3.5) destaca a emissão de odores no processo, que é o fator de maior preocupação dos gestores, sendo o

principal motivo de abandono do processo e fechamento das unidades (SIQUEIRA & ASSAD, 2015, p.256; INACIO & MILLER, 2009, p.129). Para evitar tal desequilíbrio é necessária a fiscalização constante das leiras por profissional capacitado, e rápida correção dos problemas.

Além disso, outra desvantagem é que a compostagem sozinha não soluciona o gerenciamento municipal de RSU, pelo fato de contemplar apenas os resíduos orgânicos, - deixando de fora os recicláveis e rejeitos. Porém, a gestão de RSU deve integrar as soluções mais adequadas aos diversos tipos de resíduos presentes na coleta municipal, conforme seu contexto urbano, ambiental e econômico.

Diversos países desenvolvidos vêm utilizando sistemas de compostagem em sua gestão de RSU, conforme mostra a figura 25 a seguir.

**Total Compostado: 18 milhões de toneladas / ano**  
(toneladas x 1000)

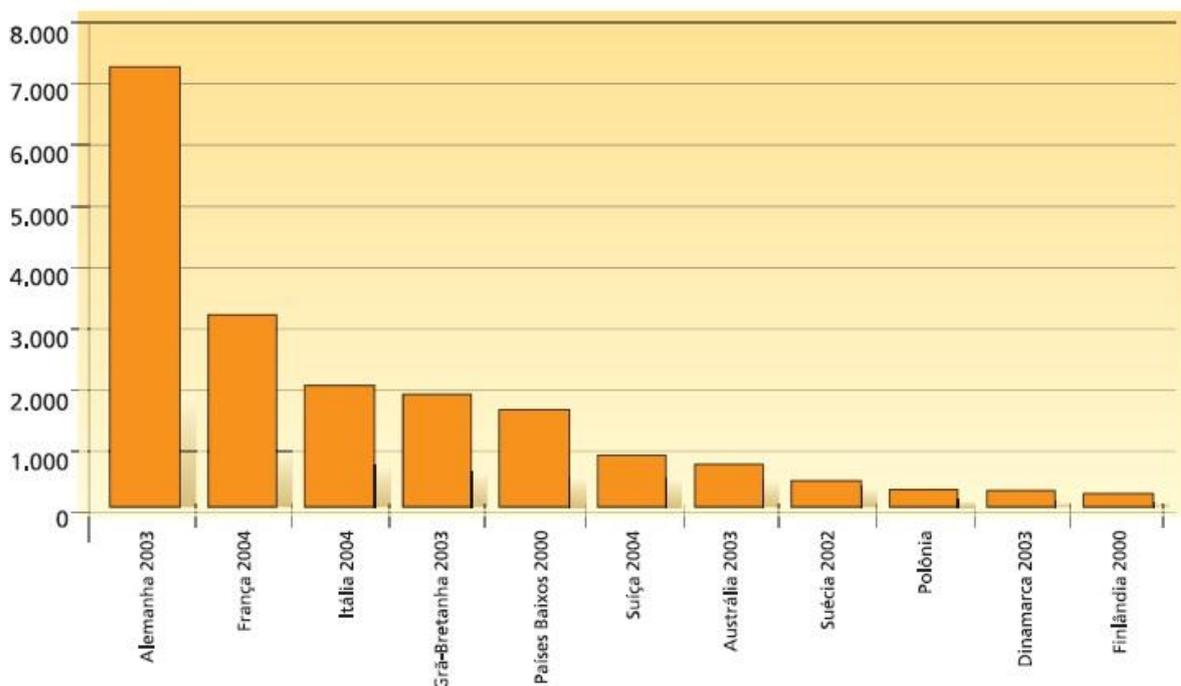


Figura 25: gráfico com a estimativa das quantidades de RSU enviadas à compostagem, em países desenvolvidos.  
Fonte: ABRELPE, 2008 (utilizando dados de Agências Nacionais Ambientais e *European Compost Network*)

Em relação ao contexto brasileiro, destaca-se que o Plano Nacional de Resíduos Sólidos incentiva a implantação de unidades de compostagem. Siqueira e Assad (2015) comentam sobre este tema:

*[o plano]* cita estratégias descentralizadas e locais, como incentivo ao tratamento por compostagem domiciliar e suas modalidades (minhocários e composteiras) e incentivo aos grandes geradores para que destinem áreas específicas em seus estabelecimentos para a prática da compostagem; sugere também a implantação de hortas escolares e utilização do composto na agricultura urbana. (SIQUEIRA & ASSAD, 2015, p. 244)

Por fim, observa-se que a Compostagem é uma alternativa altamente indicada para sistemas de gerenciamento de RSU mais sustentáveis e circulares. Ainda que não possa ser utilizada para todos os tipos de resíduos, é duplamente recomendada para os resíduos orgânicos, por evitar seu envio aos AS e por recompor os solos.

### 3 APRESENTAÇÃO DE PARAÍBA DO SUL, RJ

Paraíba do Sul é um município fluminense com cerca de 40 mil habitantes, que fica a 138 km da capital. A cidade ocupa uma região que foi habitada, antes do ano de 1500, pelos índios Coroados e Barrigudos, que viviam às margens dos rios Paraibuna e Paraíba do Sul. Após a chegada dos portugueses, já na fase das sesmarias, começa a ser aberto o “Caminho Novo”, visando interligar Minas Gerais ao Rio de Janeiro, que foi concluído no ano de 1725. (IBGE, 2010)

[...] “consta que um dos desbravadores de suas terras foi Garcia Rodrigues Paes Leme, filho de Fernão Dias Paes Leme, que viera abrindo o 'Caminho Novo', concluído em 1725 pelo sesmaria Bernardo Soares Proença, desde as Minas Gerais até às margens do Paraíba, buscando atingir a Cidade do Rio de Janeiro e que ali resolveu fixar residência provisoriamente, até que se provesse de abastecimento e novos recursos para poder prosseguir viagem.

“A localidade, nos primeiros tempos, foi conhecida como 'Meio da Jornada' não só devido a interrupção aí feita pelo bandeirante como também por estar a meio caminho entre a província das Minas Gerais e o atual Estado do Rio de Janeiro.

“Em 1833, a localidade foi elevada à categoria de Vila, com a denominação de Paraíba do Sul, tendo trinta e oito anos depois adquirido foros de Cidade. O município é constituído de 4 distritos: Paraíba do Sul, Inconfidência, Salutaris e Werneck, assim permanecendo em divisão territorial datada de 2007.” (IBGE, 2010)



Figura 26: Vista do centro urbano de Paraíba do Sul, RJ.  
Fonte: a autora, 2016.

#### 3.1 DADOS FÍSICOS, REGIONAIS E DEMOGRÁFICOS

A cidade localiza-se na divisa do Estado do Rio de Janeiro com o Estado de Minas Gerais, fazendo parte da mesorregião Centro Fluminense - conforme a figura 27 - e da microrregião Três Rios. Possui clima tropical de altitude e fica a cerca de 300 m acima do nível do mar.

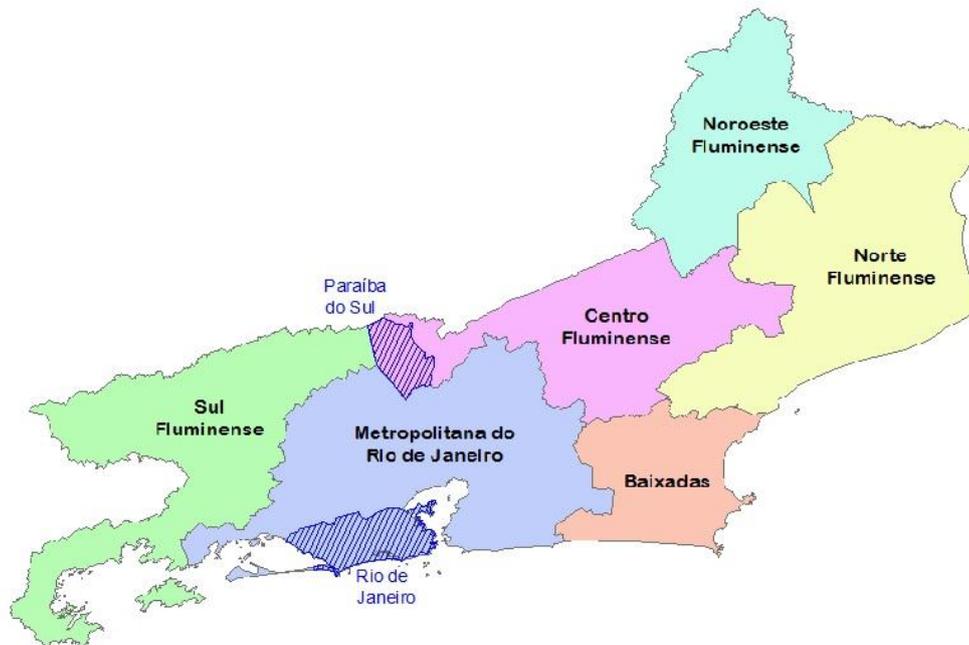


Figura 27: Mapa das Mesorregiões do Estado do Rio de Janeiro, indicando a localização da capital e do município de Paraíba do Sul.

Fonte: elaboração própria, a partir de IBGE e <mapasdigitais.com> Acesso em junho de 2017.

O município faz divisa com outros oito: os fluminenses Comendador Levy Gasparian, Três Rios, Areal, Petrópolis, Paty do Alferes, Vassouras e Rio das Flores; e o mineiro Belmiro Braga. Sua interação regional com Três Rios e Juiz de Fora é intensa, e em segundo plano estariam Vassouras, Petrópolis, Areal, Rio de Janeiro, Volta Redonda e Miguel Pereira. Os municípios vizinhos são procurados pelos moradores de Paraíba do Sul, na maior parte das vezes, para atendimento médico e acesso a Instituições de Ensino Superior (IES). A cidade possui apenas um hospital para urgências e emergências, e uma IES particular, que começou a funcionar no início do ano de 2017. No passado, Paraíba do Sul já abrigou outras instituições, mas permaneceu por mais de 30 anos sem ensino superior local.

O município de Juiz de Fora fica a cerca de 77 km (1h de viagem) de Paraíba do Sul, e possui universidades (uma federal e diversas particulares), hospitais, clínicas, serviços em geral e comércio. Três Rios pode ser acessado em 15 minutos a partir do município, e abriga um campus da Universidade Federal Rural do Rio de Janeiro, algumas faculdades particulares e serviços / comércio também - assim como Petrópolis, Vassouras e Volta Redonda, cidades um pouco mais distantes.

A área total de Paraíba do Sul é de 587,68 km<sup>2</sup> e a população estimada em 2016 era de 42.737 pessoas, o que gera a densidade demográfica média de cerca de 70 hab/km<sup>2</sup> (IBGE Cidades, 2017). O município possui extensa área rural, mas é em seu trecho urbanizado (cerca de 10 km<sup>2</sup> apenas) que se concentra cerca de 88% da população, conforme observa-se na figura 28.

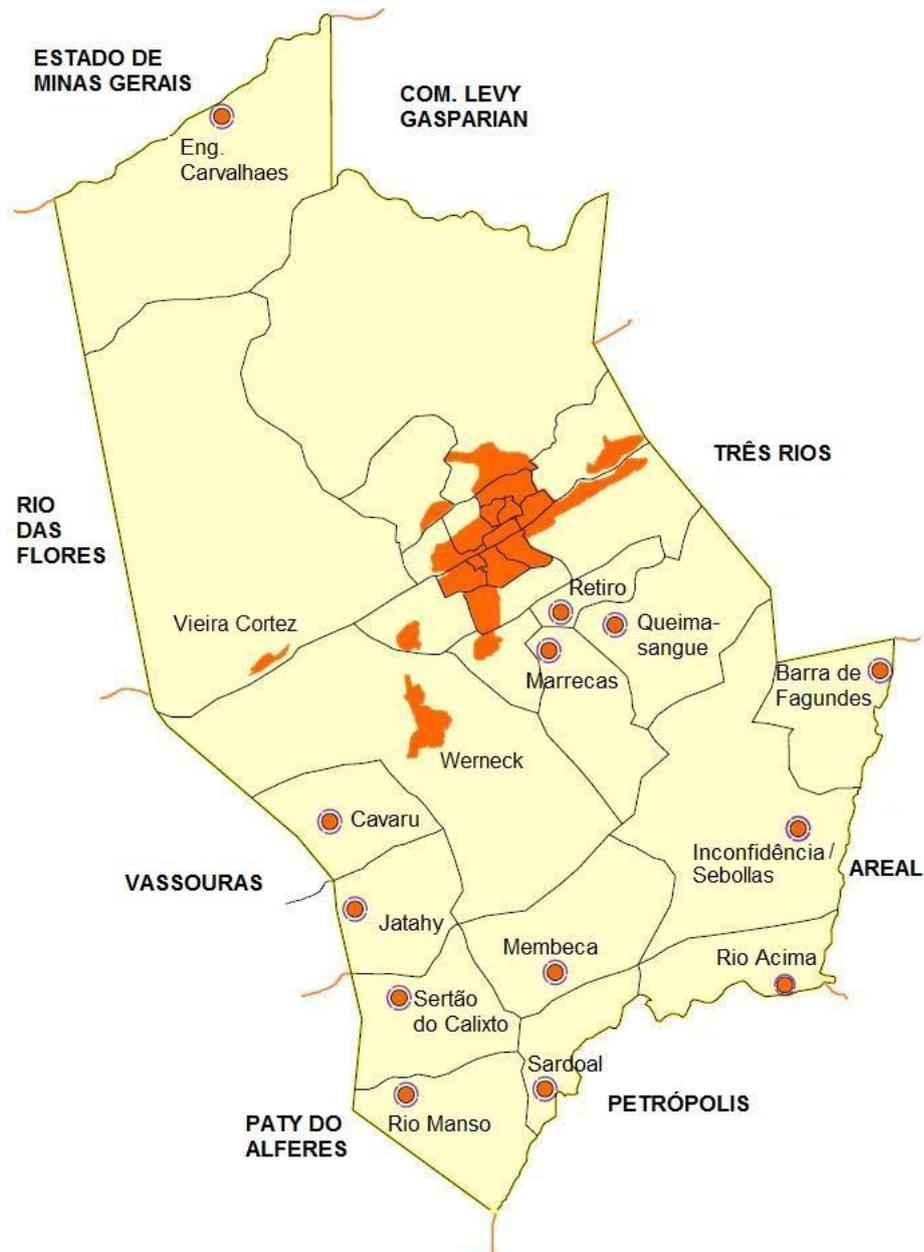


Figura 28: Mapa de Paraíba do Sul, indicando os municípios limítrofes, os núcleos-sede (distritos) e as áreas de adensamento urbano.

Fonte: Plano Diretor de Desenvolvimento Territorial de Paraíba do Sul, adaptado pela autora.

### 3.2 DADOS ECONÔMICOS, ÍNDICES DE DESENVOLVIMENTO HUMANO (IDH) E DADOS DE ESCOLARIZAÇÃO

O setor de Serviços é o que mais contribui para o PIB municipal, seguido da Indústria e da Agropecuária – conforme a figura 29. O PIB *per capita* local, no ano de 2014, era de R\$ 19.207,24. No mesmo ano o salário médio mensal do trabalhador sul-paraibano era de 2 salários mínimos, e a proporção de pessoas ocupadas em relação à população total era de 22.3%. (IBGE, 2017)

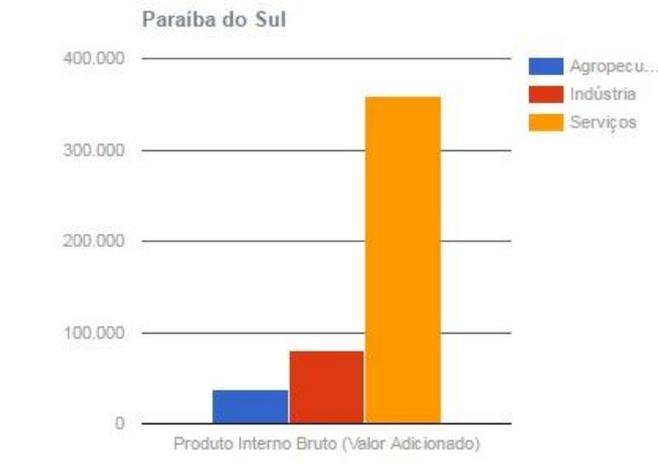


Figura 29: Gráfico do Produto Interno Bruto – Valor adicionado, município de Paraíba do Sul, RJ.  
Fonte: IBGE - parceria com os Órgãos Estaduais de Estatística, Secretarias Estaduais de Governo (2010).

Apresentam-se ainda outros dados extraídos do Plano Municipal de Saneamento Básico:

Atualmente, o Município conta com 937 empresas, além do setor terciário, empregando 7.915 pessoas com rendimento médio igual a 1,7 salários mínimos.

Destaca-se a forte presença da instalação de pequenas e médias indústrias de produtos alimentícios, metalurgia, confecção, embalagens, materiais de construção, com ênfase para a indústria relacionada à construção de edifícios. Entretanto, o Município se resente do baixo nível de preparo profissional da grande massa de sua população economicamente ativa.

A arrecadação Municipal não é expressiva. O orçamento do Município, segundo dados publicados pelo Ministério da Fazenda referentes ao ano de 2012, foi de R\$ 80.492.366,86. Assim, os setores de transformação possuem um papel importante na dinâmica urbana.

O Município, assim como a região, tem atraído indústrias, sendo a área mais propícia ao longo da BR-393 nas proximidades do Município vizinho, Três Rios. Além disto, a busca por áreas para implantação de indústrias se deve ao atrativo econômico adquirido pelo Município, com a redução do ICMS para 2%, conforme a Lei 5.636 de 06 de janeiro de 2010 do Estado do Rio de Janeiro. (PMPS, 2014)

O IDH geral do município é de 0,702, considerado alto na escala do PNUD - que possui os seguintes intervalos: muito baixo (entre 0 e 0,499), baixo (entre 0,5 e 0,599), médio (entre 0,6 e 0,699), alto (entre 0,7 e 0,799) e muito alto (0,8 a 1). Os indicadores municipais de renda e escolaridade são, respectivamente: IDHM Renda = 0.697 e IDHM Educação = 0.61, ambos do ano de 2010. (PNUD, Ipea e FPJ, 2013)

A instrução e escolaridade da população é um fator relevante para o desenho de políticas na área de RSU. A figura 30, mostra informações sobre a escolaridade da população sul-paraibana acima de 25 anos, demonstrando que a maior parte desta faixa da população (cerca de 43%) é alfabetizada, mas possui o Nível Fundamental incompleto. Em seguida aparece a parcela que possui o Fundamental completo e o Médio incompleto (25,6%). Destaca-se ainda que a parcela da população acima de 25 anos que não foi alfabetizada é de 7,3 %.

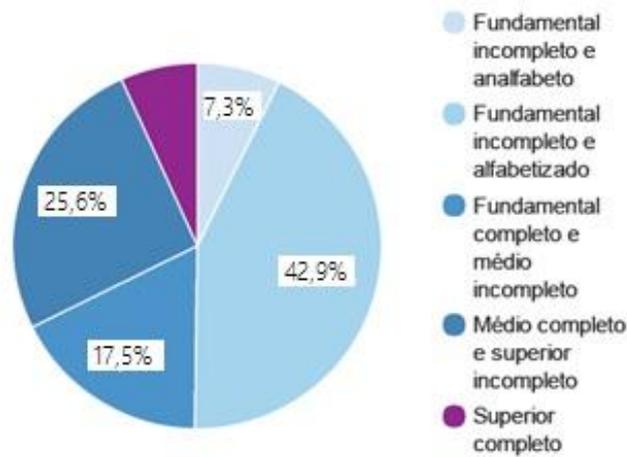


Figura 30: Escolaridade da população de 25 anos ou mais, no ano de 2010.  
Fonte: Atlas do Desenvolvimento Humano no Brasil - PNUD, Ipea e FPJ, 2013.

Segundo o Censo de 2010 a taxa de escolarização entre pessoas de 6 a 14 anos de idade era de 98,6% naquele ano (IBGE, 2010). Analisando tais informações, junto à evolução dos dados referentes aos censos dos anos 1991 (18,1% não-alfabetizados, 53% fundamental incompleto) e 2000 (13,1% não-alfabetizados, 50,5% fundamental incompleto), observa-se a progressiva melhora dos índices. Assim, pode-se prever a continuidade deste processo, até por conta da instalação de uma nova IES na cidade.

### 3.3 DADOS URBANÍSTICOS, AMBIENTAIS E SOCIAIS

A sede urbana do município é bem pavimentada e arborizada, e a limpeza urbana é satisfatória no centro comercial e nos bairros de habitação regular (figuras 31 e 32). Segundo o IBGE Cidades (2010), o município possui 46,7% de vias públicas urbanizadas (presença de bueiro, calçada, pavimentação e meio-fio), 72,8% vias públicas arborizadas, e 81,6% de esgotamento sanitário adequado.



Figura 31: arborização na sede urbana do município de Paraíba do Sul, RJ.  
Fonte: a autora, 2016.



Figura 32: pavimentação na sede urbana do município de Paraíba do Sul, RJ.  
Fonte: a autora, 2016.

O bioma da região é Mata Atlântica, e o município possui 2 Áreas de Proteção Ambiental (APAs): Fonseca Almeida, e Grotão, com 2.248 m<sup>2</sup> e 11.343 m<sup>2</sup>, respectivamente. Apesar disso, restam apenas 7,23% de vegetação nativa remanescente (SOS Mata Atlântica *apud* PMPS, 2014)

Paraíba do Sul surgiu e se desenvolveu ao longo de um trecho do rio de mesmo nome, e é considerada uma estância hidromineral. O rio Paraíba do Sul é também o principal manancial de abastecimento da cidade, segundo o Observatório SIGA-CEIVAP (2017). O município faz parte de 2 comitês de bacia hidrográfica, a saber: Comitê Piabanha e Comitê Médio-Paraíba.

O fato de ser localizado junto ao rio é a causa de enchentes anuais em alguns trechos do município. O antigo sistema de drenagem em conjunto com a disposição de diversos tipos de resíduos em córregos e logradouros, contribui para a baixa resiliência da cidade às inundações causadas pelas cheias do rio e pelas fortes chuvas que ocorrem no verão (figura 33). Em determinados trechos, onde as enchentes são mais severas, os imóveis são desvalorizados.



Figura 33: enchente em uma das ruas da sede urbana do município de Paraíba do Sul, RJ.  
Fonte: a autora, 2015.

Ainda em relação ao trecho do rio onde se instalou o centro urbano, o limite de 30 metros *non aedificandi* para cada lado não foi respeitado no passado, havendo construções como casas e clubes junto às margens – que em tal trecho foram aterradas, criando uma “parede” e deixando a cidade em um nível mais alto do que o espelho d’água. Apesar disso, a mata ciliar não foi completamente erodida, e para evitar novas construções, depósito de resíduos e outros problemas, foi construída no ano de 2015, em um pequeno trecho da margem, uma área de lazer pública, com ciclovia, parques infantis, bancos e jardins.

O município possui características urbanas de segregação social, da mesma forma que seus pares de população no Brasil. Alguns bairros periféricos da sede urbana apresentam morfologia de comunidades de baixa renda (“favelas”), tendo também outros fatores característicos, como presença do tráfico de drogas, e violência urbana em maior grau do que em outros pontos da cidade. A população mais pobre se concentra nestas periferias da sede e em alguns núcleos-sede (distritos) distantes da mesma; e o recorte racial é marcante, devido à herança escravocrata da atividade cafeeira nas fazendas da região.

Dados do IBGE (2010) sobre saúde, relacionam-se com fatores sociais e com a abrangência do Saneamento Básico na cidade: “A taxa de mortalidade infantil média no município é de 8.82 para 1.000 nascidos vivos. As internações devido a diarreias são de 0.3 para cada 1.000 habitantes.”

### 3.4 PANORAMA MUNICIPAL DE RESÍDUOS SÓLIDOS

#### 3.4.1 Dados sobre RSU

A quantidade diária de RSU coletado no município é de 23,5 t/dia (SEA, 2013, p.21), valor que está de acordo com as estimativas indicadas pelo Ministério do Meio Ambiente (2009, p.44), na tabela 6, para municípios de mesmo porte. É importante cruzar informações sobre resíduos por que alguns dados não são confiáveis, sobretudo quando apresentados diretamente pela gestão municipal ou estadual.

Tabela 6: Estimativa de geração *per capita* de RSU, conforme a população do município.

População urbana da cidade (hab.)	Geração per capita (kg/hab/dia)
Até 30 mil	0,50
De 30 mil a 500 mil	0,50 a 0,80
De 500 mil a 5 milhões	0,80 a 1,00
Acima de 5 milhões	Acima de 1,00

Fonte: MMA (2009, p.44), adaptado pela autora.

Conforme já citado, a população de Paraíba do Sul conta com 42.737 habitantes, então o cálculo deve multiplicar a quantidade de habitantes por 0,65 (média referente à população urbana entre 20 e 500 mil habitantes), que gera o resultado de cerca de 28 t/dia – cabendo ressaltar que “a geração *per capita* não está relacionada somente ao lixo domiciliar (doméstico + comercial), mas, sim, a todos os resíduos urbanos (domiciliar + público + entulho, podendo até incluir os resíduos de serviços de saúde)” (MMA, 2009, p.44). Sendo assim, a geração diária indicada pela SEA parece confiável, e tal dado desdobra-se em 0,55 kg/hab/dia.

A porcentagem da população em domicílios com coleta de lixo, em 2010, era de 97,79%, segundo o Atlas de Desenvolvimento Humano (PNUD, Ipea e FPJ, 2013). De acordo com os dados do Censo 2010 sobre o destino do lixo no município, existiam naquele ano: 12.090 domicílios com lixo destinado à coleta; 672 domicílios onde foi informada a queima de lixo na propriedade; 38 domicílios com a prática de jogar o lixo em terrenos baldios ou nos logradouros; 15 com a prática de enterrar o lixo; 11 com outros destinos; e ainda 1 domicílio onde informava-se a disposição do lixo no rio (IBGE, 2010).

É importante salientar que os *estabelecimentos grandes geradores de resíduos orgânicos do município (restaurantes, mercados etc)* são atendidos pela coleta municipal pública, diferentemente de cidades como o Rio de Janeiro, onde tais estabelecimentos precisam contratar coleta privada (“lixo extraordinário”) para seus resíduos. Este é um dado importante para a gestão de resíduos proposta neste trabalho.

### **3.4.2 Breve histórico da gestão de RSU local**

Segundo o secretário de meio ambiente de Paraíba do Sul (em entrevista para este trabalho, em março de 2017), a destinação ambientalmente correta do RSU sempre foi um problema para os gestores municipais. Ele informou que o RSU coletado no município já foi disposto em um terreno no bairro do Inema, antes de começar a ser enviado aos arredores da Estrada da Barrinha, onde se localiza o vazadouro atual, conforme a figura 34. Em um outro momento, os resíduos de Paraíba do Sul foram enviados ao AS do município de Sapucaia, construído por meio de recursos oriundos de um projeto de compensação ambiental da empresa de energia Furnas. Mas há anos a disposição final é feita de forma inadequada, no vazadouro citado.

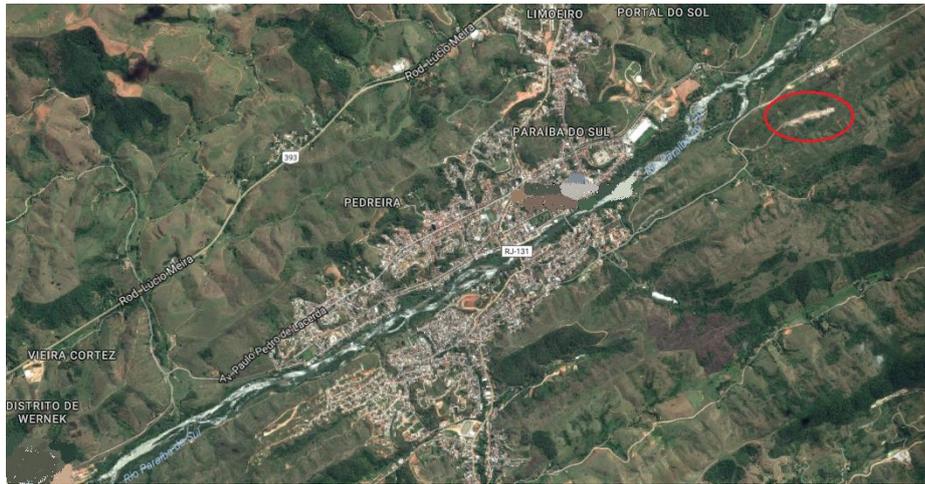


Figura 34: mancha urbana de Paraíba do Sul, com indicação da localização do vazadouro da Barrinha.  
 Fonte: *Google Maps*, 2017, com indicação da autora.

A Estrada da Barrinha liga o município ao vizinho Três Rios, sendo uma alternativa à BR-040 para tal percurso. O secretário explicou que quando os resíduos começaram a ser enviados aos arredores da estrada, ficavam em locais dispersos – figura 35 -, inclusive em um terreno próximo à margem do rio Paraíba do Sul. Até que, no ano de 2016 foi contratada uma empresa para recolher, e concentrar todos os resíduos dispersos, no local do vazadouro atual (conhecido como “lixão da Barrinha”), que fica em um trecho da estrada longe do rio, no alto de uma encosta – figura 36.



Figura 35: resíduos dispersos em locais próximos ao local onde atualmente é o vazadouro da Barrinha.  
 Fonte: *Google Earth*, 2013.



Figura 36: resíduos concentrados no vazadouro da Barrinha.

Fonte: *Google Earth*, 2017.

Nas eleições municipais de outubro de 2016, o município trocou de prefeito e partido. Segundo informações da gestão passada - por meio de divulgação oficial da prefeitura, em maio de 2016 -, existia a previsão de fechamento do vazadouro da Barrinha até dezembro de 2015, o que não aconteceu. Estudava-se também a possibilidade de disposição dos resíduos da cidade no AS do município de Vassouras (a 55 km de Paraíba do Sul), tendo sido enviada uma proposta à Secretaria de Estado do Ambiente (SEA), que previa o custeamento de 50% da operação por meio de recursos da PMPS, e os outros 50% pelo Governo do Estado. Mas este modelo também não foi aplicado.

### 3.4.3 Situação atual e diretrizes para o futuro

O município participa do *Consórcio Serrana 2*, para gerenciamento dos resíduos sólidos, juntamente com os municípios de Três Rios, Areal, Vassouras, Petrópolis, Com. Levy Gasparian e Sapucaia.

Segue-se uma breve apresentação do Consórcio:

O Consórcio Serrana 2 prevê a implantação de um CTR contendo um aterro sanitário e unidades de tratamento de [Resíduos de Serviço de Saúde] RSS (autoclave) e de beneficiamento de [Resíduos da Construção Civil] RCC, localizado no Município de Três Rios, Cidade Sede desse consorciamento. Além disto, o município de Sapucaia, integrante deste Consórcio, já possui um aterro sanitário em operação, localizado na sede municipal, e deverá levar seus resíduos para o CTR Três Rios quando esgotada a capacidade de seu aterro.

Vale o reparo que o Município de Petrópolis embora estando localizado a uma distância superior a 45 km (quarenta e cinco quilômetros) da Cidade Sede do consorciamento faz parte deste, por não dispor de local adequado para a instalação de um centro de destinação final de resíduos sólidos, uma vez que o município está constituído quase que em sua totalidade por áreas de proteção ambiental - APAs.

Assim sendo, recomenda-se a instalação de 1 (uma) Estação de Transferência no Município de Petrópolis, para otimizar o transporte dos resíduos gerados neste município para o CTR Três Rios. (SEA, 2013)

Conforme exposto, o consórcio previa a construção de um AS em Três Rios, com recursos estaduais, até o ano de 2014. Mas, segundo informações veiculadas na imprensa, tais

recursos não tinham sido liberados até junho do ano de 2017. Desta forma, está sendo construído um aterro privado, que espera vencer licitação no mesmo município para possível recebimento dos resíduos das cidades do consórcio.

Na entrevista concedida a este trabalho, o secretário de meio ambiente informou que a PMPS estuda o possível envio do RSU coletado em Paraíba do Sul ao novo aterro privado de Três Rios – figura 37. O empreendimento já possui Estudo de Impacto Ambiental (EIA) e Relatório de Impacto Ambiental (RIMA) e as obras foram iniciadas no ano de 2017. Em material de divulgação da União Norte Engenharia, que é a empresa responsável, informa-se que o aterro terá capacidade de recebimento de 10 mil toneladas por mês, autoclave para RSS, e sistema de drenagem e tratamento do lixiviado.



Figura 37: foto do aterro sanitário que está sendo implantado no município de Três Rios. Fonte: *site* da Prefeitura de Petrópolis <[petropolis.rj.gov.br](http://petropolis.rj.gov.br)>. Acesso em outubro de 2017.

O secretário informou ainda que a empresa *PDCA Ambiental* é contratada da prefeitura para executar os seguintes serviços: coleta e logística do RSU ao lixão da Barrinha, e varrição dos logradouros e praças municipais. Comentou-se também que o vazadouro da Barrinha possui péssimas condições sanitárias, sendo frequentemente acometido pela combustão espontânea dos resíduos, devido ao gás metano. Então foi citado que existe um termo de referência para remediação do vazadouro, mas esta ação continua aguardando a definição de um novo local para disposição do RSU do município, para ser executada.

Paraíba do Sul ainda não possui Plano Municipal para Gestão Integrada de Resíduos Sólidos (PMGIRS); o processo para execução do estudo está em fase de licitação através do Comitê Médio Paraíba do Sul. O município tem concluído apenas o Plano Municipal de Saneamento Básico (PMSB), mas, pelo fato de possuir mais de 20.000 habitantes, precisa ter o PMGIRS independente do PMSB.

Com a conclusão e regulamentação do PMGIRS e o envio do RSU ao novo AS de Três Rios, a prefeitura pretende requerer o remanejamento tributário do Imposto Sobre Circulação de Mercadorias e Serviços – conhecido como “ICMS Verde” –, recurso que auxiliaria no financiamento da própria gestão de RSU e em melhorias para o sistema. Segundo simulação da SEA para os critérios acima, os recursos municipais provenientes do ICMS Verde seriam da ordem de R\$ 449.522,91 anuais (SEA, 2013, p. 98). Além disso, oficialmente, a gestão municipal de resíduos sólidos está a cargo da Secretaria de Obras e Serviços Públicos, mas a PMPS visa sua realocação na Secretaria de Meio Ambiente, também com o objetivo de preencher mais requisitos para o requerimento do ICMS Verde.

Em relação ao mercado de recicláveis local, o secretário informou que o município conta com uma Cooperativa de Catadores de Material Reciclável, associada à empresa R-Tec (figura 38), que funciona como agente intermediário (“atravessador”) de recicláveis para a indústria. A cooperativa funciona na Estrada da Barrinha, e sabe-se que existem outros trabalhadores de catação dispersos na região. A empresa R-Tec, localizada no bairro Liberdade, em Paraíba do Sul, recebe também resíduos recicláveis provenientes do município de Petrópolis, e os revende às indústrias (FRANCA, 2013).



Figura 38: Empresa R-Tec de reciclagem, localizada em Paraíba do Sul.  
Fonte: a autora, 2014.

O município participa de dois programas de coleta seletiva do Governo Estadual / SEA: a Coleta Seletiva Solidária, para capacitação de gestores municipais e catadores de recicláveis; e o Programa de Reaproveitamento de Óleos Vegetais - PROVE, para estimular cooperativas e comércio local ao reaproveitamento do óleo.

#### 4 MÉTODO DE AVALIAÇÃO COMPARATIVA

Após a apresentação do objeto de estudo dessa dissertação, será descrito detalhadamente o método proposto para atingir o objetivo da mesma: a avaliação comparativa dos cenários simulados 1 e 2 (CS1 e CS2) para a gestão de resíduos de Paraíba do Sul. Assim, neste capítulo serão apresentados os instrumentos, as fontes e os parâmetros do método de pesquisa para cada um dos indicadores escolhidos.

A figura 39 esquematiza os indicadores propostos para o CS1.



Figura 39: Esquema de indicadores para o cenário simulado 1.  
Fonte: Elaboração própria, 2017.

E a figura 40 esquematiza os indicadores propostos para o CS2.

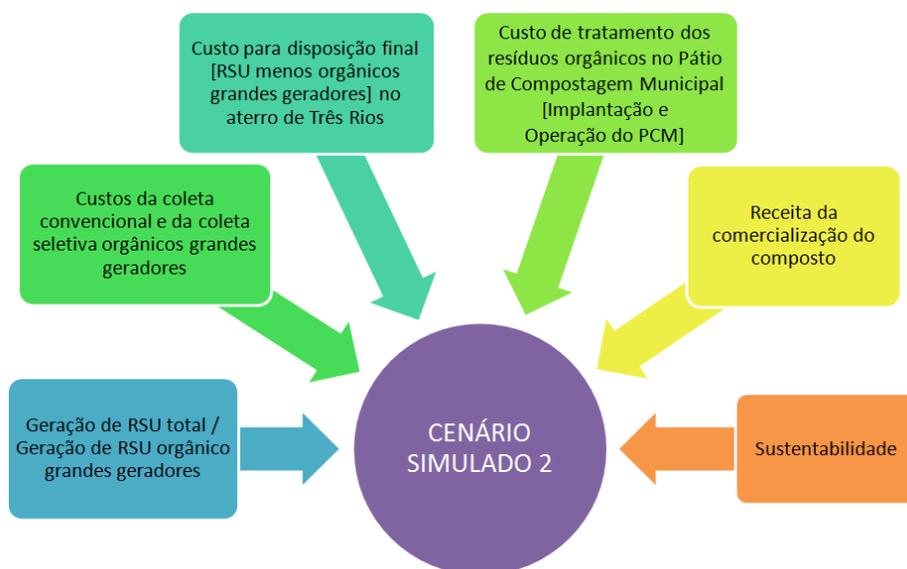


Figura 40: Esquema de indicadores para o cenário simulado 2.  
Fonte: Elaboração própria, 2017.

#### 4.1 ESTIMATIVAS DE GERAÇÃO DE RSU

Para definição deste indicador será necessário levantar dados de área e população do recorte proposto nesta dissertação, além de identificar e selecionar os grandes geradores deste mesmo recorte, conforme o método descrito a seguir.

##### 4.1.1 Levantamento da área e da população do recorte de bairros proposto

A seguir apresenta-se o recorte espacial proposto para esta dissertação. Foram dez os bairros contemplados, a saber: *Bela Vista, Brocotó, Centro, Cerâmica D'Ángelo, Grama, Jatobá, Lavapés, Niágara, Palhas e Parque Morone*. Tal recorte engloba os bairros que compõem o *tecido urbano contínuo* do município, deixando de fora os núcleos-sede de Werneck, Cavarú, Inconfidência, Vieira Cortez, e Barão de Angra, entre outros - ver figura 41.



Figura 41: mapa dos núcleos-sede de Paraíba do Sul, indicando a área urbana em vermelho.

Fonte: blog do vereador Maninho Magdalena <[maninhomagdalena.blogspot.com.br](http://maninhomagdalena.blogspot.com.br)> .

Acesso em agosto de 2017, adaptado pela autora.

Também não foram contemplados os bairros de Vila Salutaris, Limoeiro, Santo Antônio e Fernandó, por se destacarem do tecido urbano, ainda que façam parte dos setores mais densos e urbanizados do município. Entende-se que, para o modelo de Compostagem proposto, a implantação mais adequada é a descentralizada, conforme descrito no item 2.4.3. Desta forma, para o atendimento eficaz de toda a área urbana do município, seriam necessários outros pátios nas demais localidades.

Para definição da *área deste recorte de bairros* serão utilizados dados de áreas dos bairros do município, presentes no Plano Diretor de Desenvolvimento Territorial de Paraíba do Sul.

Para estimar a *população residente nos bairros do recorte* proposto, serão utilizados dados de ocupação demográfica de cada bairro, presentes também no Plano Diretor, conforme a tabela 7. Tais dados, em conjunto com o dado apresentando no capítulo 3, que estabelece que 88% da população municipal de Paraíba do Sul concentra-se nas áreas urbanas adensadas, resultará na estimativa da população residente nos bairros do recorte proposto.

Tabela 7: Relação de áreas totais e ocupadas dos bairros e núcleos-sede do município de Paraíba do Sul, destacando os bairros do recorte espacial proposto neste trabalho.

<b>BAIRRO</b>	<b>ÁREA TOTAL (km<sup>2</sup>)</b>	<b>ÁREA OCUPADA (km<sup>2</sup>)</b>
Barão de Angra	8,57	0,51
Barrinha	14,75	0,14
Brocotó	0,49	0,23
Bela Vista	1,28	0,85
Centro	0,63	0,57
Cerâmica D'Ângelo	0,87	0,11
Fernandó	6,16	0,61
Grama	1,23	0,46
Inema	6,61	0,37
Jatobá	1,32	0,48
Lavapés	0,45	0,36
Liberdade	2,77	0,57
Limoeiro	93,71	0,72
Niágara	0,21	0,16
Palhas	2,02	0,69
Parque Morone	1,5	0,7
Santo Antônio	4,25	0,81
Veraneio Salutaris	9,94	0,14
Vieira Cortez	90,17	0,13
Werneck	67,86	1,07
<b>TOTAIS</b>	<b>314,79</b>	<b>9,68</b>

Fonte: elaboração própria, utilizando dados do Plano Diretor de Paraíba do Sul, 2017.

#### **4.1.2 Identificação e seleção de estabelecimentos grandes geradores do recorte de bairros proposto**

Será feita uma pesquisa no cadastro municipal de empresas, para identificar e quantificar os grandes geradores de resíduos orgânicos, localizados no recorte de bairros proposto, conforme as definições de MMA (2010) e Buttenbender (2004), a saber: restaurantes, lanchonetes, casas de suco, hortifrúteis, mercados, produtores de alimentos para entrega, e hotéis.

Conforme já mencionado, tais estabelecimentos são considerados grandes geradores por conta da alta quantidade diária de resíduos gerados.

Os principais tipos de estabelecimento comerciais e de serviços que geram percentuais de resíduos orgânicos significativos são: feiras, sacolões, supermercados, quitandas, entrepostos de hortifrutigranjeiros, restaurantes e produtores de alimentos para entrega a domicílio, bares e lanchonetes, cantinas escolares e de empresas, floriculturas, shopping centers, hospitais, barracas de frutas, e carrinhos de venda de alimentos preparados na hora.

[...] deve-se levantar as seguintes informações neste cadastro: quem é o gerador, qual a sua localização exata, que tipo de atividade desenvolve, quais as características dos resíduos gerados (se são restos de alimentos, se são exclusivamente restos de frutas verduras, floricultura, etc. [...]) (MMA, 2010, p. 15)

Será também verificado o endereço de cada estabelecimento, conforme o recorte de bairros. Por fim, será realizado o levantamento das áreas (m<sup>2</sup>) de cada estabelecimento, cruzando informações do cadastro municipal com dados do IPTU, a serem pesquisados junto ao Setor de Protocolo da PMPS.

Após a definição dos dados relativos ao recorte espacial proposto (área, população e grandes geradores), será realizada a estimativa da quantidade total de RSU recolhida neste universo, em toneladas por dia, a serem convertidas em toneladas por mês (t/mês). Tal estimativa será definida a partir de dados colhidos na empresa PDCA Ambiental (contratada da PMPS para a coleta do RSU), ou na própria PMPS (caso hajam), comparados ao dado de 23,5 t/dia (SEA, 2013, p.21), e às estimativas indicadas na tabela 06 (MMA, 2009, p.44) – ambos apresentados no item 3.4.1 deste trabalho.

Caso não hajam dados municipais oficiais, serão utilizadas diretamente as quantidades de resíduos definidas em tais documentos, contemplando apenas a população do recorte de bairros proposto.

Após isso, será estimada a quantidade de resíduos orgânicos gerada diariamente nos estabelecimentos selecionados, a partir de COMLURB (2004, p.20). Tal documento apresenta

tabela – reproduzida no anexo 1 deste trabalho – com estimativas da produção diária de resíduos por tipo de edificação e sua área (m<sup>2</sup>), indicando:

- e) 0,70 litros/dia/m<sup>2</sup> para lojas em geral, hotéis e pousadas;
- f) 1,00 litro/dia/m<sup>2</sup> para restaurantes, lanchonetes e similares.

As quantidades encontradas serão convertidas de volume para peso (litros/dia para m<sup>3</sup>/dia, e então para kg/dia), utilizando o índice de PROSAB (2003, p. 69), que define entre 250 e 350kg/m<sup>3</sup> para densidade do RSU recém-coletado ou compactado manualmente. Desta forma, será utilizada a densidade média de 300 kg/m<sup>3</sup> nos cálculos.

Assim teremos as quantidades de RSU heterogêneo produzidas nos grandes geradores. Para definir as quantidades compostáveis, as quantidades heterogêneas serão multiplicadas por 0,50, já que a fração orgânica corresponde à cerca de metade do total de resíduos gerados, em peso (e não em volume).

Desta forma serão estimados três dados de geração de resíduos, em t/dia, no recorte proposto: a *geração total de RSU*, a *geração de RS orgânicos* a serem enviados à compostagem, e a *porcentagem heterogênea a ser enviada ao AS no CS2*. Todas estas quantidades serão convertidas para t/mês.

#### 4.2 ESTIMATIVAS DE CUSTOS DE COLETA

As estimativas de custos para as coletas convencional e seletiva serão compostas de: *despesas com transporte* (consumo de combustível dos veículos) e *despesas com mão de obra* (salários dos funcionários). A partir das orientações de MMA (2010), serão estimados os custos com os dois tipos de coleta descritos.

[...] sabemos que praticamente não existe um processo de apropriação de custos dos serviços de manejo de resíduos sólidos na maioria dos municípios. Entretanto, esforço neste sentido deverá ser feito a partir de custos unitários, buscando verificar a carga horária de funcionários, equipamentos utilizados, etc. ou dos valores de contratos, quando houver. (MMA, 2010, p. 18)

O documento orienta, ainda, a produção de mapas com as rotas da coleta, alertando para a dificuldade de encontrar tais documentos em municípios menores - como foi o caso deste estudo:

[...] poderão ser utilizados mapas em papel e as informações devem ser armazenadas em programas indicados pela escolha do sistema de georreferenciamento. É provável que os municípios menores não disponham de mapa próprio da Prefeitura; mas é possível obter mapas de fontes oficiais para os diversos municípios, (como o IBGE, por exemplo). Nestes mapas deve-se identificar em cada município do consórcio quem são e onde estão os geradores orgânicos não domiciliares [...] (MMA, 2010)

Nesta dissertação foram utilizados os sistemas digitais *Google Maps* e *Google Earth*, e suas funcionalidades (rotas e marcadores), para identificação dos mapas e locais relevantes, e também para a definição da extensão dos trajetos estudados.

Não serão contemplados os custos com: aquisição, depreciação, manutenção, taxas de seguro e licenciamento dos veículos coletores; bem como encargos e benefícios dos funcionários; despesas com uniformes e EPIs para o serviço de coleta; e impostos.

#### 4.2.1 Despesas com transporte

Para a definição dos custos de coleta referentes às *despesas com transportes*, foram definidos os veículos coletores, as distâncias a serem percorridas em ambos os tipos de coleta, o consumo médio e valor do combustível.

##### 4.2.1.1 Veículos Coletores

Realizou-se uma breve pesquisa sobre os veículos utilizados na coleta municipal de resíduos. Lino (2009, p.18) apresenta alguns, sendo um deles o tipo *caminhão coletor compactador*, conforme trecho a seguir:

\* Coletor compactador (NBR n° 12980). Veículo com carroceria fechada, contendo dispositivo mecânico ou hidráulico que possibilita a distribuição e compressão do resíduo no seu interior. O sistema de compactação pode ser contínuo ou intermitente e o carregamento pode ser traseiro, lateral ou frontal. Sua capacidade volumétrica varia entre 5 m<sup>3</sup> a 25 m<sup>3</sup>.

Neste estudo de caso é simulada a utilização, para a coleta convencional, do *caminhão compactador com capacidade para 19m<sup>3</sup>*, que corresponde ao peso de 5,7 toneladas de resíduos (peso definido seguindo a mesma metodologia das estimativas descritas no item 4.1.2 – PROSAB, 2003, p. 69). Tal modelo de caminhão é, de fato, utilizado atualmente na cidade para a coleta convencional de resíduos.

Já para a coleta seletiva de resíduos orgânicos será simulada a utilização de um *caminhão com carroceria aberta simples* – de forma similar ao estudo de caso de Compostagem, apresentado em Inácio & Miller (2009). O modelo escolhido para a coleta seletiva foi o Ford F-4000; sua carroceria pode variar de 4,5m a 8,5m de comprimento, por 2,3m a 2,5m de largura.

##### 4.2.1.2 Distâncias a serem percorridas

Serão definidos dois tipos de distâncias, em km/mês, para cada tipo de coleta: a *distância D1*, referente à *logística dos resíduos já coletados*; e a *distância D2* - referente à *coleta em si*.

A distância D1 será diferente para cada tipo de coleta: na coleta convencional, D1 é a distância entre o centro urbano de Paraíba do Sul e o AS de Três Rios; na coleta seletiva D1 é a distância entre o centro urbano de Paraíba do Sul e o terreno escolhido para o PCM.

A distância D2 será a mesma em ambas as coletas. Para defini-la estimou-se a quilometragem das distâncias a serem percorridas pelos veículos coletores da seguinte forma: mapeou-se 3 regiões distintas do recorte de bairros proposto, e mediu-se a quilometragem de suas ruas através do *software AutoCAD*, conforme a figura 42.

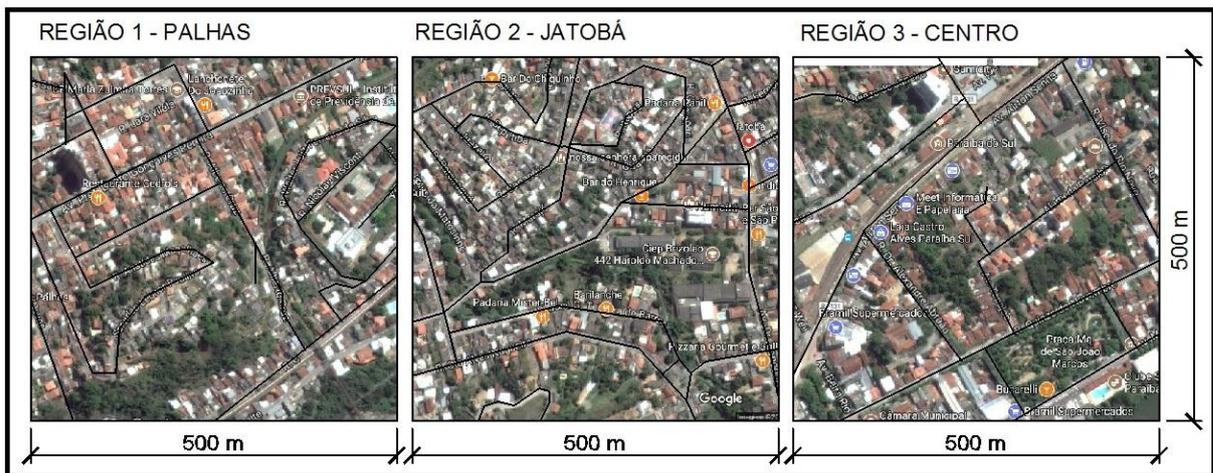


Figura 42: mapas das 3 regiões escolhidas no recorte de bairros proposto, para definição de quilometragem das rotas de coletas.

Fonte: elaboração própria, a partir de *Google Maps e AutoCAD*, 2017.

Cada região mapeada possui área de 250.000 m<sup>2</sup>, ou 0,25 km<sup>2</sup> (conforme quadrados com 500m de lado), e foram escolhidas regiões que possuíssem padrões de ocupação e aruamento diferenciados entre si - de forma que se chegasse a uma média representativa do recorte espacial estudado.

A *Região 1 – Palhas* possui 4 km de ruas; a *Região 2 – Jatobá* possui 1,7 km de ruas; e a *Região 3 – Centro* possui 3 km de ruas. Portanto, a média entre as quilometragens das 3 regiões foi de 2,9 km.

Desta forma chegou-se à estimativa de que 0,25 km<sup>2</sup> equivale à média 2,9 km lineares de ruas a serem percorridas. Então, por meio de regra de 3, tem-se que 1 km<sup>2</sup> equivale a 11,6 km lineares de ruas a serem percorridas.

A partir destas 3 regiões mapeadas minuciosamente, estimou-se as demais regiões pela área total de cada bairro, em km<sup>2</sup> (conforme a coluna “Área Total”, da tabela 7, apresentada no item 4.1.1). Assim, tem-se:

- a) Palhas (2,02 km<sup>2</sup>) – total estimado de 23 km de ruas
- b) Brocotó (0,49 km<sup>2</sup>) - total estimado de 6 km de ruas
- c) Centro (0,63 km<sup>2</sup>) - total estimado de 7 km de ruas

- d) Lavapés (0,45 km<sup>2</sup>) - total estimado de 5 km de ruas
- e) Parque Morone (1,50 km<sup>2</sup>) - total estimado de 17 km de ruas
- f) Cerâmica D'Ângelo (0,87 km<sup>2</sup>) - total estimado de 10 km de ruas
- g) Grama (1,23 km<sup>2</sup>) - total estimado de 14 km de ruas
- h) Jatobá (1,32 km<sup>2</sup>) – total estimado de 15 km de ruas
- i) Niágara (0,21 km<sup>2</sup>) - total estimado de 2 km de ruas
- j) Bela Vista (1,28 km<sup>2</sup>) - total estimado de 14 km de ruas

O total estimado para todos os bairros do recorte ficou em *113 km de ruas a serem percorridos pelos caminhões das coletas convencional e seletiva – referente à distância D2.*

#### 4.2.1.3 Combustível: consumo médio e valor

Para o cálculo do consumo de combustível será utilizada a estimativa de Lino (2009, p.20): 0,433 litros por quilômetro percorrido. Para determinar esta média, a autora comparou diversos estudos de consumo de combustível em caminhões de carga comum e de resíduos sólidos. Tais estudos levaram em conta variáveis como: tipo de caminhão, tempo de acionamento do dispositivo mecânico de coleta, distância percorrida, número de paradas, situação do tráfego, limite de velocidade e habilidade da equipe.

O combustível utilizado em caminhões é o óleo diesel, que, na região de Paraíba do Sul, custa atualmente cerca de R\$ 3,254/L. Este valor foi definido a partir da média entre os valores pesquisados nas cidades do Rio de Janeiro, Sapucaia e Teresópolis, que se encontravam disponíveis no site da Agência Nacional do Petróleo (ANP, 2017), conforme tabela disponível no anexo 2 (coluna “Preço Médio” dentro do item “Preço ao Consumidor”).

#### 4.2.2 Despesas com mão de obra

Os custos referentes aos salários dos funcionários da coleta (motoristas e coletores) serão estimados por meio de Borges & Ferreira (2008). Os autores realizaram pesquisa na cidade de Aparecida de Goiânia/GO, e sua base de dados é do ano de 2006. Então, para a correção monetária será utilizado o Índice Nacional de Preço ao Consumidor (INPC), que é comumente utilizado para o reajuste de salários; ou, para o caso de valores corrigidos que fiquem abaixo do salário mínimo, será utilizado o valor do salário mínimo corrente no ano de 2017 (R\$ 937,00). Os salários dos funcionários citados, conforme Borges & Ferreira (2008, p.13), apresentam-se na tabela 08 a seguir.

Tabela 8: funcionários e valores salariais para a coleta.

<b>Funcionário</b>	<b>Valor salarial, em R\$</b>
Coletor	478,73
Motorista	500,00

Fonte: elaboração própria a partir de Borges & Ferreira (2008, p.13), 2017.

Desta forma serão definidos os custos com transportes e mão de obra para encaminhar os resíduos heterogêneos ao AS de Três Rios (coleta convencional), e os resíduos orgânicos de grandes geradores ao PCM de Paraíba do Sul (coleta seletiva). A seguir a descrição resumida de cada cenário proposto nesta pesquisa.

Para o CS1 será feito levantamento de dados sobre a coleta na empresa *PDCA Ambiental*, responsável pela coleta municipal de resíduos. Caso os dados oficiais não estejam disponíveis ou acessíveis, será simulada a coleta convencional uma vez ao dia, exceto aos domingos (totalizando a média de 28 dias por mês), realizada por quatro funcionários em cada caminhão compactador, percorrendo todas as ruas do recorte de bairros proposto (conforme observação pessoal da autora no município). Os custos com transporte consideram o combustível necessário mensalmente para a coleta e logística dos resíduos até o AS de Três Rios. Os custos totais da coleta (em R\$/mês) englobam, além destes, os salários dos funcionários.

No CS2 será simulada, além da coleta convencional (da mesma forma descrita no parágrafo anterior), também a coleta seletiva de orgânicos, e o transporte dos restos de poda municipal ao PCM. A coleta seletiva será simulada uma vez ao dia, exceto aos domingos (totalizando a média de 28 dias por mês), por dois funcionários em cada caminhonete aberta tipo carreta, percorrendo todas as ruas do recorte de bairros proposto. Assim, os custos com transporte consideram o combustível necessário mensalmente para a coleta e logística dos resíduos até o PCM. Os custos totais da coleta (em R\$/mês) englobam, além destes, os salários dos funcionários.

Ressalta-se que, no CS2 será simulado o uso de bombonas plásticas com capacidade para 50 litros, onde serão depositados os resíduos orgânicos nas fontes geradoras (restaurantes, hortifrúteis e mercados), e acondicionados com tampa, para proteção dos resíduos. As bombonas cheias serão ofertadas à coleta diária pelos geradores, e esvaziadas no PCM pelos funcionários da coleta. No momento da coleta, bombonas vazias serão entregues aos geradores pelos funcionários da coleta, para que encham e novamente entreguem no dia seguinte, configurando um ciclo de recipientes cheios e vazios, que não são descartáveis. Tais recipientes deverão ser adquiridos pelos geradores, não compondo custos para a gestão de RSU municipal.

### 4.3 ESTIMATIVAS DE CUSTOS DE DISPOSIÇÃO FINAL E TRATAMENTO DE RESÍDUOS

Este indicador é composto dos custos mensais estimados para a disposição final dos resíduos heterogêneos no AS de Três Rios, e para o tratamento dos resíduos orgânicos dos grandes geradores através da compostagem. Além disso, considera também os custos de implantação do PCM em Paraíba do Sul, e a receita estimada para a comercialização do composto. O método utilizado para cada um desses itens é descrito a seguir.

#### 4.3.1 Custos estimados para a disposição final no aterro sanitário privado de Três Rios

Será realizada pesquisa na PMPS e na empresa União Norte Engenharia, responsável pela construção do aterro, com o objetivo de descobrir se já existe uma estimativa de valor por tonelada recebida (R\$/t), proposta pela gestão do AS. Caso ainda não haja, este custo será estimado conforme a correção monetária do valor de R\$ 54,25/t, descrito no Plano Nacional de Resíduos Sólidos (BRASIL, 2012, p.18). Para esta correção será utilizado o Índice de Preços ao Consumidor Amplo (IPCA).

A partir deste valor, e do cálculo mensal de geração de resíduos no município, será estimado o custo mensal da prefeitura (R\$/mês) para destinação dos RSU coletados em Paraíba do Sul ao AS de Três Rios, para o CS1. Para o CS2, no cálculo mensal da geração de resíduos será subtraída a geração de orgânicos dos grandes geradores.

#### 4.3.2 Custos estimados para implantação e operação mensal do Pátio de Compostagem Municipal

Para estimar os custos de implantação e operação mensal do PCM, é necessário definir o sistema que será utilizado, conforme sua adequação ao estudo de caso proposto. Assim, foi escolhido para a simulação do cenário 2 o *Sistema de Leiras Estáticas com Aeração Passiva (Método UFSC)*, sob o *Modelo Descentralizado* de implantação/gestão. O diagrama do sistema proposto, com suas estratégias e benefícios, pode ser visualizado na figura 43 a seguir.



Figura 43: diagrama de estratégias, base tecnológica e benefícios do modelo de compostagem proposto nesta dissertação.

Fonte: Inácio e Miller (2009, p.21)

Conforme descrito no item 2.4.3, o modelo descentralizado de implantação/gestão obteve mais sucesso onde foi aplicado (SIQUEIRA & ASSAD, 2015). Além disso, o Método UFSC para compostagem possui alto potencial de replicabilidade, sobretudo em contextos onde não se dispõe de muitos recursos financeiros, como é o caso do município de pequeno porte analisado neste trabalho. Tal fator se deve às características simples de operação e baixo custo do maquinário necessário aos pátios com este sistema (INÁCIO & MILLER 2009). Por estes motivos, considerou-se este modelo o mais adequado ao estudo de caso.

#### 4.3.2.1 Custos de Implantação

Os custos de implantação do PCM serão *estimados de forma global*, em reais (R\$), por meio de manuais e de estudos de casos similares presentes em: MMA, 2010; Funasa, 2013; e Jardim *et al*, 1995. Tais custos irão contemplar as obras de instalação do PCM, e a aquisição de maquinário, desconsiderando a compra do terreno e as obras de terraplanagem.

Não foi encontrada, na literatura pesquisada, outras fontes mais recentes, que pudessem balizar os custos de implantação do PCM nesta dissertação. Portanto, os valores encontrados serão corrigidos conforme o Índice de Preços ao Consumidor Amplo (IPCA).

É importante ressaltar que os custos de implantação não serão considerados nos cálculos mensais de gestão de resíduos simulados para os cenários 1 e 2. O objetivo da definição de tais custos é auxiliar nas análises e discussões finais desta dissertação, ao lado dos dados estimados para recebimento de ICMS Verde (descritos no item 3.4.3) e das receitas a partir da comercialização do composto.

#### 4.3.2.2 Custos de Operação

Os custos de operação mensal do PCM serão *estimados de forma unitária*, contemplando a *mão de obra* e os *custos operacionais fixos*.

Para a mão de obra serão estimados os *valores dos salários dos funcionários do PCM*, por meio de MMA (2010, p.34-38). O documento indica a necessidade de apenas um funcionário designado Revirador de Leira, conforme seu parâmetro demográfico de atendimento a 5.000 habitantes – referente ao processamento de 1t/dia de resíduos orgânicos. Desta forma, como a quantidade de resíduos orgânicos estipulada neste trabalho é de 1,9t/dia, utilizou-se tal demografia como referencial (pois a seguinte, de 15.000 habitantes, estipulava o processamento de 3t/dia, mais distante deste estudo de caso). Porém, considerou-se a necessidade de mais dois funcionários no PCM simulado nesta dissertação, a saber: Auxiliar Administrativo e Auxiliar de Pátio.

Assim, os salários dos funcionários citados, conforme MMA (2010, p.34-38), apresentam-se na tabela 09 a seguir. Para sua correção monetária será utilizado o Índice Nacional de Preço ao Consumidor (INPC), que é comumente utilizado para reajustes salariais.

Tabela 9: funcionários e valores salariais para o PCM.

<b>Funcionário</b>	<b>Valor salarial</b>
Revirador de leira	1.041,01
Auxiliar Administrativo	1.163,71
Aux. de pátio	612,00

Fonte: elaboração própria a partir de MMA (2010, p. 34-38), 2017.

Para os custos operacionais fixos, serão estimados os *valores de consumo de água e energia do PCM*, conforme CAOPMA (2012, p.33) - a saber: R\$ 150,00 mensais, referente ao somatório de ambos. Para sua correção monetária será utilizado o Índice Geral de Preços do Mercado (IGPM), que é comumente utilizado para reajustes de energia elétrica, entre outros.

Desta forma, serão obtidos, em R\$/mês, os custos de operação do PCM. Os valores referentes a impostos, aos encargos e benefícios dos funcionários, à manutenção e depreciação dos equipamentos, bem como compra de insumos e utensílios para operação do PCM, não serão contemplados neste estudo de caso.

#### 4.3.3 Receita estimada para a comercialização do composto orgânico

Para determinar a receita, primeiro será estimada a produção de composto no PCM. Conforme MMA (2010, p.35), “para cada quilo de resíduos entregues na unidade, [a

*produção é de] meio quilo de composto”*. Delgado (2009) corrobora para este dado, conforme mostra a figura 44 a seguir, com dados de seu estudo de caso.

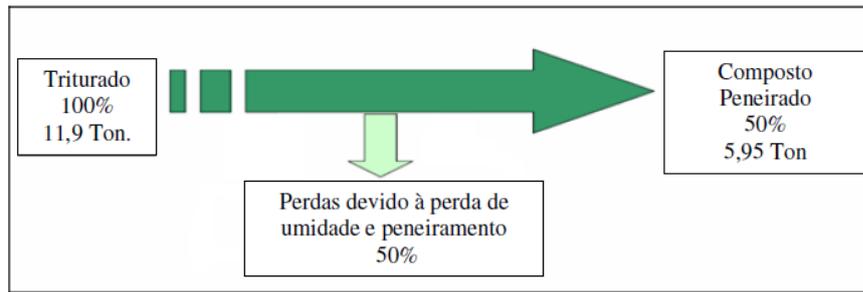


Figura 44: Massa diária da compostagem  
Fonte: Delgado (2009, p.53)

Assim, a estimativa calculada de resíduos orgânicos recebida no PCM será multiplicada por 0.5 e dará origem à quantidade de composto gerado, em toneladas por mês.

A partir deste dado, será estimada a receita com a comercialização do composto, em R\$/mês. Será realizado um levantamento local em mercados e floriculturas da cidade, para saber o preço médio do composto, e estimar a receita.

#### 4.4 INDICADORES DE SUSTENTABILIDADE

Para a análise qualitativa dos cenários propostos serão aplicados alguns *indicadores de sustentabilidade*, relacionados principalmente: à circularidade de materiais, à geração de emprego e renda, ao aumento da vida útil do aterro, e à priorização de soluções locais. Tais indicadores foram obtidos no trabalho de Santiago e Dias (2012) e serão apresentados a seguir.

As autoras sistematizaram uma matriz de indicadores em seis dimensões de sustentabilidade, a saber: política; tecnológica; econômica / financeira; ambiental / ecológica; dimensão do conhecimento (educação ambiental e mobilização social); e dimensão da inclusão social.

Pelo fato de se tratar da avaliação de dois cenários *simulados* para a gestão de resíduos de um município, não há aplicabilidade dos indicadores das dimensões Política e Econômica. Também os indicadores propostos nas dimensões de Conhecimento e Inclusão Social não se aplicam a esta pesquisa, por se relacionarem com especificidades dentro do tema de RSU que não estão sendo contempladas neste estudo - como aspectos relativos a educação ambiental e inclusão de catadores de materiais recicláveis.

A presente pesquisa utilizará alguns indicadores das dimensões *Tecnológica e Ambiental / Ecológica*, conforme figuras 45 e 46 a seguir.

Dimensão	Pergunta-chave	Indicador	Descritor	Nota
2 – Tecnológica	Observa os princípios da tecnologia apropriada?	(I2a) Utiliza mão de obra local <sup>1</sup>	Em todas as fases do gerenciamento de resíduos sólidos	5
			Coleta e administração	3
			Apenas na coleta	1
		(I2b) Manutenção dos equipamentos realizada localmente <sup>2</sup>	Em todas as fases do gestão de resíduos sólidos	5
			Apenas transporte	2
			Manutenção externa	1
		(I2c) Tecnologia de reaproveitamento com baixo consumo de energia, não atrelado a pagamento de patentes e royalties; fácil manuseio; emprega mão de obra local	Contempla todos os itens	5
			Somente baixo consumo de energia e não atrelado a pagamento de royalties e patentes	3
			Ausência	0
		(I2d) Veículo coletor específico e apropriado em termos de capacidade, tamanho para as necessidades de geração local	Sim (apenas para esta função)	5
			Sim (também utilizado em outras funções municipais)	2
			Ausência	0
		SUBTOTAL MÁXIMO		

Figura 45: Matriz de indicadores de sustentabilidade para RSU - Dimensão Tecnológica.

Fonte: Santiago & Dias, 2012.

Na dimensão tecnológica serão utilizados todos os indicadores: *I2a*, *I2b*, *I2c* e *I2d*.

Dimensão	Perguntas-chave	Indicador	Descritor	Nota
4 – Ambiental/ecológica	Exerce impacto ambiental mínimo?	(I4a) Eficiência de coleta <sup>1</sup>	91 a 100%	5
			31 a 90%	2
			<30%	1
		(I4b) Satisfação da população em relação à coleta pública (periodicidade/frequência/horário) <sup>2</sup>	>70%	5
			30 a 70%	3
			<30%	1
		(I4c) Existência de lixeiras públicas <sup>3</sup>	Em toda área urbana instaladas em locais de circulação de pessoas	5
			Somente no centro da cidade sede	2
			Não possui lixeira	0
		(I4d) Existência de coleta seletiva no município	Sim	5
			Em fase de implantação	3
			Não existe	0
		(I4e) Abrangência da coleta seletiva no município <sup>4</sup>	Todo o município	5
			Toda área urbana do município	4
	Exclusivamente em alguns bairros da área urbana		1	
	(I4f) Existência de pontos para entrega voluntária dos resíduos segregados <sup>5</sup>	Atende mais de 50% da população	5	
		Atende menos de 50% da população	3	
		Não possui	0	
	(I4g) Índice de recuperação de materiais recicláveis <sup>6</sup>	Acima de 10,1%	5	
		Entre 5,1% e 10%	3	
		Até 5%	1	
	(I4h) Recuperação de resíduo orgânico <sup>7</sup>	Acima de 30%	5	
		Entre 5,1% e 30%	3	
		Até 5%	1	
	(I4i) Geração de resíduos sólidos urbanos <i>per capita</i> (kg.habitante <sup>-1</sup> .ano <sup>-1</sup> ) <sup>8</sup>	<307	5	
		Entre 307 e 376	3	
		>376	1	
	(I4j) Aterro sanitário/controlado licenciado <sup>9</sup>	Sim	5	
Em processo de licenciamento		2		
Não licenciado ou lixão		0		
(I4l) Existência de aterro para resíduos inertes (resíduos de construção e demolição)	Sim e com reaproveitamento	5		
	Sim e apenas para disposição	2		
	Não possui	0		
(I4m) Número de pontos de resíduos clandestinos/extensão total das vias em km <sup>10</sup>	Nenhum	5		
	0,1 a 0,4	3		
	≥0,4	1		
(I4n) Há recuperação de áreas degradadas por resíduos? <sup>11</sup>	Totalmente	5		
	Parcialmente	3		
	Ausente	0		
SUBTOTAL MÁXIMO				65

Figura 46: Matriz de indicadores de sustentabilidade para RSU - Dimensão Ambiental/Ecológica.  
Fonte: Santiago & Dias, 2012.

Na dimensão ambiental/ecológica, serão empregados apenas os indicadores descritos a seguir: *I4d*, *I4e*, *I4f*, *I4g*, *I4h* e *I4j*.

## 5 APLICAÇÃO, ANÁLISES E DISCUSSÕES

A seguir será apresentado o levantamento de dados e a aplicação para cada indicador deste trabalho. Após isso será realizada a análise de cada cenário proposto: CS1 e CS2.

Convém lembrar que o CS1 trata-se do modelo para o qual a gestão municipal se dirige neste momento: o envio de todo o RSU ao AS privado que está sendo implantado em Três Rios. A figura 47 a seguir apresenta o fluxograma para este cenário.



Figura 47: Fluxograma para o CS1.  
Fonte: elaboração própria, 2017.

Já o CS2 trata-se de um modelo proposto neste trabalho, no qual a fração orgânica dos grandes geradores seria encaminhada a um pátio de compostagem municipal (PCM), e os demais RSU continuariam sendo enviados ao AS de Três Rios, conforme a figura 48.



Figura 48 Fluxograma para o CS2.  
Fonte: elaboração própria, 2017.

Apresenta-se seguir o levantamento de dados realizado para os indicadores de custos.

### 5.1 ESTIMATIVAS DE GERAÇÃO DE RSU

#### 5.1.1 Levantamento da área e da população do recorte proposto

Os dez bairros contemplados no recorte espacial proposto nesta dissertação são: *Bela Vista, Brocotó, Centro, Cerâmica D'Ángelo, Grama, Jatobá, Lavapés, Niágara, Palhas e Parque Morone*. Conforme, já citado, este recorte engloba os bairros que compõem o *tecido urbano contínuo* do município de Paraíba do Sul, conforme mostra a figura 49. Ressalta-se

que os bairros Limoeiro, Liberdade, Santo Antônio e Fernandó, apesar de estarem na mesma mancha urbana dos demais citados, possuem características morfológicas e/ou limites que os fazem se destacar dos demais, como por exemplo a presença de uma rodovia (entre Limoeiro e Parque Morone), e relevo acentuado (Liberdade, Santo Antônio e Fernandó).

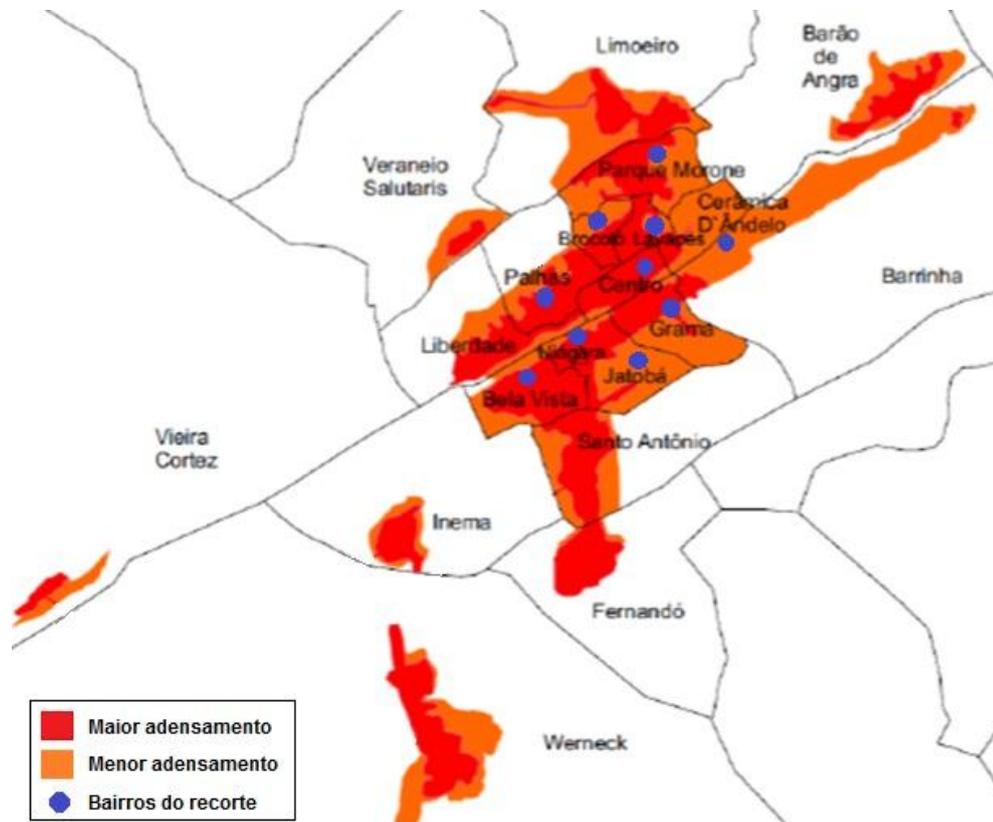


Figura 49: Mapa das áreas urbanas de Paraíba do Sul, indicando os bairros de maior adensamento.  
Fonte: Plano Diretor de Desenvolvimento Territorial de Paraíba do Sul, adaptado pela autora.

Conforme já descrito, 88% da população municipal de Paraíba do Sul concentra-se nas áreas urbanas adensadas. Sendo a população total (100%) do município de 42.737 habitantes, a porcentagem de 88% resulta em 37.608 habitantes. A partir deste dado demográfico, e do somatório de todas as áreas descritas na coluna “Ocupação Urbana” da tabela 7 (item 4.1.1), tem-se que 37.608 pessoas vivem em 9.68 km<sup>2</sup>.

Para os bairros do recorte, o somatório das áreas ocupadas é 4,61 km<sup>2</sup> (ver linhas destacadas na tabela 7 – item 4.1.1). A partir deste dado e do dado anterior (37.608 pessoas vivem em 9.68 km<sup>2</sup>), utilizou-se regra de três para definir a população dos bairros do recorte, obtendo-se a população de 17.910 habitantes nos bairros do recorte. A tabela 10 a seguir mostra um resumo dos dados de área e população levantados.

Tabela 10: Resumo dos dados de área e população do recorte espacial proposto.

<i>Descrição</i>	<i>Dado</i>
População total do município	42.737 habitantes
População que habita a área urbana (88% do total)	37.608 habitantes
Somatório de todas as áreas ocupadas do município, segundo a tabela 7	9,68 km <sup>2</sup>
Somatório das áreas ocupadas dos 10 bairros do recorte (Palhas, Brocotó, Centro, Lavapés, Parque Morone, Cerâmica D'Ângelo, Grama, Jatobá, Niágara e Bela Vista)	<b>4,61 km<sup>2</sup></b>
População que habita a área do recorte (4,61 km <sup>2</sup> )	<b>17.910 habitantes</b>

Fonte: elaboração própria, 2017.

Assim, a área estudada nesta dissertação possui 4,61 km<sup>2</sup>, e sua respectiva população é de 17.910 habitantes.

### 5.1.2 Identificação e seleção de estabelecimentos grandes geradores do recorte de bairros proposto

O levantamento dos estabelecimentos grandes geradores de resíduos orgânicos foi feito por meio de pesquisa no Cadastro Municipal de Empresas, da PMPS. O documento fornecido pelo órgão foi emitido em 23 de março de 2017, e organiza as empresas por categorias de atividade, além de disponibilizar seus endereços.

As 12 categorias/atividades escolhidas como grandes geradores neste trabalho estão listadas na tabela 11 a seguir. Ao lado de cada uma são informadas as respectivas quantidades de estabelecimentos com endereço na sede urbana, conforme o recorte de bairros já descrito neste trabalho. Para a relação completa, fornecida pela PMPS, ver o anexo 3.

Tabela 11: categorias escolhidas como grandes geradores de resíduos orgânicos e respectivas quantidades de estabelecimentos no recorte de bairros proposto.

<b>Num.</b>	<b>Categoria / atividade</b>	<b>Quant. estabelecimentos (un.)</b>
<b>1</b>	Comércio Varejista de Hortifrutigranjeiros (2 categorias iguais)	07
<b>2</b>	Comércio Varejista de Hortaliças	01
<b>3</b>	Comércio Varejista de Mercadorias em Geral predom. Alimentos	04
<b>4</b>	Fornecimento de Alimentos Preparados para Empresas	01
<b>5</b>	Hotel	07
<b>6</b>	Lanchonete	19
<b>7</b>	Lanchonetes, Casas de Chá, de Sucos e similares	30
<b>8</b>	Minimercados	01
<b>9</b>	Pensão Alimentícia	02
<b>10</b>	Pizzaria	02
<b>11</b>	Restaurantes e similares	19
<b>12</b>	Supermercado	02
<b>Quantidade total de estabelecimentos</b>		<b>95</b>

Fonte: elaboração própria, 2017.

Portanto, a partir do somatório de estabelecimentos descritos acima, tem-se que o *total de grandes geradores de RS orgânicos contemplados nesta pesquisa é de 95 estabelecimentos*.

Assim, procede-se à definição das três quantidades de RSU a serem utilizadas nos cenários simulados neste estudo.

A estimativa da *quantidade total de RSU* recolhida no recorte de bairros proposto, em toneladas por dia (t/dia), foi feita a partir do valor fornecido por SEA (2013, p.21) – 23 t/dia -, já que não foi possível obter dados oficiais junto à PMPS. Conforme citado no item 3.4.1, o valor citado se desdobra na média de 0,55 kg/hab/dia para o município.

Sendo assim, a partir do dado de 0,55 kg/hab/dia, e da população total do recorte espacial proposto (17.910 habitantes), tem-se uma produção de 9,85 t/dia de RSU nos bairros analisados, que se converte em *305,4 t/mês*, ao ser multiplicada por 31 dias.

Convém lembrar que, no CS1, toda esta produção será disposta no AS de Três Rios. Já no CS2, este valor será menor, ao subtrair a fração orgânica dos grandes geradores.

Para estimar a *produção de resíduos orgânicos a ser encaminhada ao PCM*, foi realizado o procedimento descrito no capítulo 4, que relaciona a geração de resíduos às áreas e funções dos estabelecimentos - conforme COMLURB (2004, p.20). A tabela 12 a seguir demonstra o somatório das áreas dos estabelecimentos por categoria, seguida da produção total de resíduos da categoria, e por fim o total de geração de RSU de todas as categorias. Para a tabela completa, ver apêndice 1.

Tabela 12: Áreas e produção total de resíduos heterogêneos dos estabelecimentos grandes geradores de Paraíba do Sul.

CATEGORIA DO ESTABELECIMENTO		ÁREA (m <sup>2</sup> )	PRODUÇÃO DE RSU (litros / dia)
1	COM. VAREJ. DE HORTIFRUTIGRANJEIROS		
	SOMATÓRIO DE ÁREAS DA CATEGORIA	734	
	PRODUÇÃO TOTAL DIÁRIA DE RS DA CATEGORIA (ÁREA x .7L)		513,80
2	COM. VAREJ. HORTALICAS		
	SOMATÓRIO DE ÁREAS DA CATEGORIA	86	
	PRODUÇÃO TOTAL DIÁRIA DE RS DA CATEGORIA (ÁREA x .7L)		60,20
3	COM. VAREJ. MERC. EM GERAL COM PREDOM. ALIMENTOS		
	SOMATÓRIO DE ÁREAS DA CATEGORIA	668	
	PRODUÇÃO TOTAL DIÁRIA DE RS DA CATEGORIA (ÁREA x .7L)		467,60
4	FORNEC. DE ALIMENTOS PREPARADOS PARA EMPRESAS		
	SOMATÓRIO DE ÁREAS DA CATEGORIA	72	
	PRODUÇÃO TOTAL DIÁRIA DE RS DA CATEGORIA (ÁREA x 1 L)		72,00
5	HOTEL		
	SOMATÓRIO DE ÁREAS DA CATEGORIA	4.166	
	PRODUÇÃO TOTAL DIÁRIA DE RS DA CATEGORIA (ÁREA x .7L)		2.916,20
6	LANCHONETE		
	SOMATÓRIO DE ÁREAS DA CATEGORIA	1.686	
	PRODUÇÃO TOTAL DIÁRIA DE RS DA CATEGORIA (ÁREA x 1 L)		1.686,00
7	LANCHONETES, CASAS DE CHÁ, DE SUCOS E SIMILARES		
	SOMATÓRIO DE ÁREAS DA CATEGORIA	2.323	
	PRODUÇÃO TOTAL DIÁRIA DE RS DA CATEGORIA (ÁREA x 1 L)		2.323,00
8	MINIMERCADO		
	SOMATÓRIO DE ÁREAS DA CATEGORIA	342	
	PRODUÇÃO TOTAL DIÁRIA DE RS DA CATEGORIA (ÁREA x .7L)		239,40
9	PENSAO ALIMENTICIA		
	SOMATÓRIO DE ÁREAS DA CATEGORIA	262	
	PRODUÇÃO TOTAL DIÁRIA DE RS DA CATEGORIA (ÁREA x 1 L)		262,00
10	PIZZARIA		
	SOMATÓRIO DE ÁREAS DA CATEGORIA	401	
	PRODUÇÃO TOTAL DIÁRIA DE RS DA CATEGORIA (ÁREA x 1 L)		401,00
11	RESTAURANTES E SIMILARES		
	SOMATÓRIO DE ÁREAS DA CATEGORIA	2.346	
	PRODUÇÃO TOTAL DIÁRIA DE RS DA CATEGORIA (ÁREA x 1 L)		2.346,00
12	SUPERMERCADO		
	SOMATÓRIO DE ÁREAS DA CATEGORIA	1.947	
	PRODUÇÃO TOTAL DIÁRIA DE RS DA CATEGORIA (ÁREA x .7L)		1.362,90
<b>TOTAL DE RSU HETEROGÊNICO DE TODAS AS CATEGORIAS (litros/dia)</b>			<b>12.650,10</b>

Fonte: elaboração própria, 2017.

A quantidade calculada foi encontrada em volume (litros/dia), pelo fato de ser esta a unidade utilizada em COMLURB (2004, p.20). Para chegar à quantidade em peso (t/dia), utilizou-se a média de 300kg/m<sup>3</sup> (PROSAB, 2003, p. 69). Assim, procedeu-se aos cálculos de conversão de volume para peso, conforme a tabela 13.

Tabela 13: Conversões realizadas para definição de quantidade total de resíduos produzidos nos grandes geradores do recorte de bairros proposto.

<b>Tipo de conversão</b>	<b>Dado inicial</b>	<b>Dado convertido</b>
Litros para metros cúbicos (1 m <sup>3</sup> = 1.000 litros)	12.650,10 L	12,65 m <sup>3</sup>
Metros cúbicos para quilos (densidade RSU = 300 kg/m <sup>3</sup> )	12,65 m <sup>3</sup>	3.795 kg

Fonte: elaboração própria, 2017.

Então, foi definida a fração orgânica dentro da quantidade total heterogênea calculada, multiplicando-a por 0,50, conforme descrito no Método. Desta forma chegou-se à produção estimada de 1.897,5kg/dia, ou 1,9 t/dia de resíduos orgânicos nos grandes geradores do recorte de bairros proposto, que se converte em 58,9 t/mês, ao ser multiplicada por 31 dias. Esta quantidade de resíduos orgânicos será enviada ao PCM, no CS2.

Após isso, foi definida a *quantidade de resíduos heterogêneos a ser enviada ao AS de Três Rios no CS2*, diminuindo-se a fração orgânica dos grandes geradores (1,9t/dia) do total encontrado para o CS1 (9,85t/dia), obtendo-se a quantidade de 7,95 t/dia, que se converte em 246,5 t/mês, ao ser multiplicada por 31 dias.

## 5.2 ESTIMATIVAS DE CUSTOS DE COLETA

Conforme descrito no capítulo 4, as estimativas de custos das coletas convencional e seletiva serão definidas considerando: os custos de consumo de combustível para os veículos coletores, e os custos com os salários dos funcionários da coleta (coletores e motoristas).

Reitera-se que não foram considerados os custos com: aquisição, depreciação, manutenção, taxas de seguro e licenciamento dos veículos coletores; bem como encargos e benefícios dos funcionários, e despesas com uniformes e EPIs para o serviço de coleta.

### 5.2.1 Coleta Convencional de RSU

Para estimar as *despesas com transportes*, primeiro foi definida a quantidade de veículos coletores necessária à coleta no recorte de bairros proposto. Conforme dados da empresa PDCA Ambiental (responsável pela coleta municipal de resíduos em Paraíba do Sul),

a mesma possui 5 veículos para o atendimento a todo o município. Destes 5 veículos, 3 são de uso exclusivo em alguns núcleos-sede mais distantes da sede urbana: Membeca, Vieira Cortez, Sardoal etc. Assim, na área urbana, a PDCA dispõe de 2 caminhões coletores compactadores. Mas o funcionário entrevistado não soube informar a capacidade dos caminhões.

Cruzando tal informação com a estimativa de geração de RSU total no recorte espacial proposto nesta dissertação (9,85t/dia), tem-se a necessidade de 2 caminhões com capacidade para 19m<sup>3</sup> para a coleta nos bairros escolhidos (já que cada caminhão deste suporta 5,7t de RSU).

A partir da definição acima, prosseguiu-se às estimativas das distâncias D1 e D2, conforme descrito no capítulo 4.

Para a definição de D1, buscou-se a localização do AS de Três Rios, conforme a figura 50 a seguir.



Figura 50: localização da área onde está sendo implantado o AS de Três Rios.

Fonte: Relatório de Impacto Ambiental do empreendimento CTDRS-TR (2015, p.12 – imagem do Google Earth e perímetro objeto do levantamento planialtimétrico contratado pelo empreendedor)

Então, a distância D1 foi definida por meio da funcionalidade Rotas da ferramenta *Google Maps* - conforme figura 51 a seguir -, que gerou o dado de 17,8km por viagem. Esta quilometragem foi multiplicada por 4, considerando ida e volta da garagem da empresa de limpeza pública - que fica na sede urbana de Paraíba do Sul (dentro da área do recorte analisado, no bairro Parque Morone) – e os dois caminhões necessários para recolher todo o RSU produzido no recorte de bairros.

Assim, tem-se 71,2 km/dia no total. Ao multiplicar este valor pela média de 28 dias de coleta do mês (31 dias menos 3 domingos, quando a coleta não funciona), tem-se que  $D1 = 1.994 \text{ km/mês}$ .



Figura 51: Distância de 17,8km, entre o Centro de Paraíba do Sul e o AS de Três Rios.  
Fonte: Google Maps, 2017, funcionalidade “Rotas”.

Para a definição das distâncias D2 utilizou-se a metodologia descrita no capítulo 4, a qual estima a média de distâncias percorridas diariamente pelos caminhões da coleta convencional em 113 km/dia (abarcando os 10 bairros do recorte espacial proposto). Ao multiplicar esta quilometragem diária por 28 dias (31 dias do mês menos 3 domingos, quando a coleta não funciona), tem-se que  $D2 = 3.164 \text{ km/mês}$ . Cada caminhão percorrerá metade dessa distância.

Por fim, somando D1 e D2, *estimou-se a distância total a ser percorrida em 5.158 km/mês*.

Assim, utilizando o índice de consumo de 0,433 L/km (LINO, 2009), tem-se o *consumo médio de 2.233 L/mês de óleo diesel para a coleta convencional*, que será dividido entre os 2 caminhões compactadores da simulação.

Então, multiplicando-se o valor do diesel por litro (R\$ 3,254/L) pela quantidade de litros estimada por mês (2.233 L/mês), tem-se que: o custo mensal médio estimado para o consumo de combustível da coleta convencional será de R\$ 7.266,18, que pode ser arredondado para R\$ 7.500,00/mês.

A seguir, serão descritos os *custos dos salários dos funcionários*.

Para a estimativa deste trabalho tem-se 3 coletores e 1 motorista por caminhão, totalizando 6 coletores e 2 motoristas. Corrigindo-se os valores de Borges & Ferreira (2008, p.13) segundo o INPC, tem-se: R\$ 914,60 para coletores, e R\$ 955,23 para motoristas. Como o salário dos coletores corrigido ficou abaixo do salário mínimo corrente no ano de 2017, será utilizado o valor do mesmo, que é de R\$ 937,00. Desta forma, o custo total com os salários dos 8 funcionários será de R\$ 7.532,46/mês.

Por fim, calculou-se o custo mensal com a coleta convencional somando os custos do consumo de combustível com os salários dos funcionários, conforme descrito na tabela 14 a seguir:

Tabela 14: Resumo dos custos estimados para a coleta convencional

<b>CUSTOS DA COLETA CONVENCIONAL</b>	
<b>TRANSPORTE</b>	<b>R\$ / mês</b>
Consumo de combustível	7.500,00
<b>MÃO DE OBRA</b>	
Salários	7.532,46
<b>TOTAL</b>	<b>15.032,46</b>

Fonte: elaboração própria, 2017.

### 5.2.2 Coleta Seletiva de resíduos orgânicos dos grandes geradores

Para estimar as *despesas com transportes*, primeiro foi definida a quantidade de caminhões que serão necessários à coleta seletiva de orgânicos nos grandes geradores do recorte de bairros proposto. O universo deste estudo de caso compreende 95 estabelecimentos grandes geradores, gerando diariamente 1,9t de resíduos orgânicos por dia - conforme já foi citado.

Assim, definiu-se a utilização de 2 caminhões modelo Ford F-4000 com carroceria aberta de medidas 6,5m x 2,5m, onde cabem 96 bombonas de 50L por viagem. Conforme descrito, os resíduos orgânicos serão ofertados à coleta seletiva em tais recipientes, que possuem base com diâmetro de 40,5cm. Desta forma, definiu-se a quantidade de bombonas a serem transportadas em cada viagem, conforme a figura 52 a seguir.

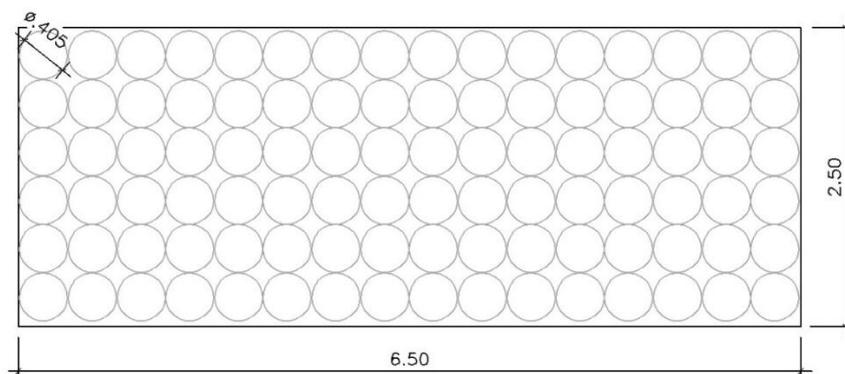


Figura 52: esquema da carroceria do caminhão de coleta seletiva, com capacidade para 96 bombonas de 50L.

Fonte: elaboração própria por meio do *software AutoCAD*, 2017.

A partir da quantidade de bombonas definida acima, e utilizando o valor médio de  $300\text{kg/m}^3$  para a densidade do RSU (PROSAB, 2003, p.69), obteve-se a capacidade de 1,44t de resíduos por viagem no caminhão Ford F-4000. Como a geração de resíduos orgânicos deste estudo é de 1,9t/dia, serão necessários 2 caminhões para a coleta seletiva.

Para definição do custo de consumo de combustível serão definidas as distâncias D1 e D2, da mesma forma que na coleta convencional.

A distância D1, entre o centro urbano de Paraíba do Sul e o terreno escolhido para o PCM, é de 3km, conforme mostra a figura 53 a seguir. Da mesma forma que na coleta convencional, este dado será multiplicado por 4, resultando em 12 km/dia. Então, será multiplicado pelos 28 dias de coleta (excetuando-se 3 domingos, quando a coleta não funciona). Desta forma, tem-se  $D1 = 336 \text{ km/mês}$ .

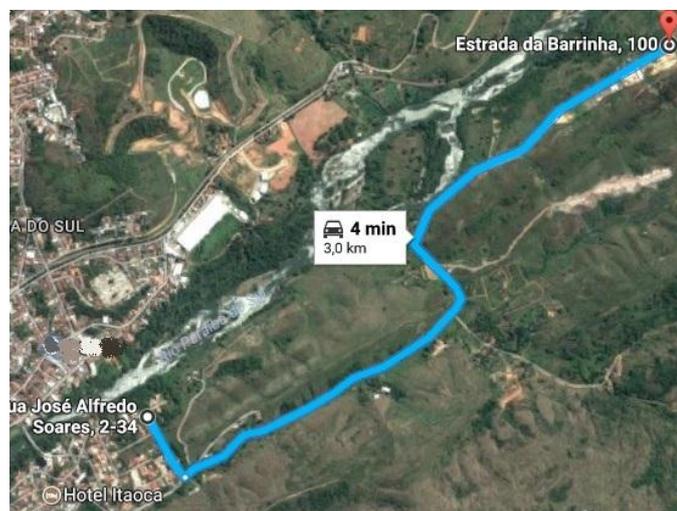


Figura 53: quilometragem entre o Centro de Paraíba do Sul e o terreno escolhido para o PCM.  
Fonte: Google Maps, funcionalidade “Rotas”, 2017.

Para a distância D2, pode-se utilizar o mesmo dado da coleta convencional, já que os caminhões da coleta seletiva irão percorrer praticamente as mesmas ruas da coleta convencional. Desta forma,  $D2 = 3.164 \text{ km/mês}$ .

Por fim, somando D1 e D2, *estimou-se a distância total a ser percorrida em 3.500 km/mês*.

Assim, utilizando o índice de consumo de 0,433 L/km (LINO, 2009), tem-se o *consumo médio de 1.515 L/mês de óleo diesel para a coleta seletiva*, que será dividida entre os 2 caminhões Ford F-4000 da simulação.

Então, da mesma forma descrita para a coleta convencional, multiplicando-se o valor do diesel por litro (R\$ 3,254/L) pela quantidade de litros estimada por mês (1.515 L/mês), tem-se que: o custo mensal médio estimado para o consumo de combustível da coleta seletiva será de R\$ 4.929,81, que pode ser arredondado para R\$ 5.000,00/mês.

A seguir, serão descritos os *custos dos salários dos funcionários*, conforme as mesmas médias salariais corrigidas, apresentadas na coleta convencional, a saber: R\$ 937,00 para coletores, e R\$ 955,23 para motoristas. Para a estimativa deste trabalho tem-se 1 coletor e 1 motorista por caminhão, totalizando 2 coletores e 2 motoristas. Desta forma, o custo total com os salários dos 4 funcionários será de *R\$ 3.784,46/mês*.

Por fim, calculou-se o custo mensal com a coleta seletiva somando os custos do consumo de combustível com os salários dos funcionários, conforme descrito na tabela 15 a seguir:

Tabela 15: Resumo dos custos estimados para a coleta seletiva

<b>CUSTOS DA COLETA SELETIVA</b>	
	R\$ / mês
<b>TRANSPORTE</b>	
Consumo de combustível	5.000,00
<b>MÃO DE OBRA</b>	
Salários	3.784,46
<b>TOTAL</b>	<b>8.784,46</b>

Fonte: elaboração própria, 2017.

### 5.3 ESTIMATIVAS DE CUSTOS PARA DISPOSIÇÃO FINAL E TRATAMENTO DE RESÍDUOS

A seguir serão estimados os custos mensais para a disposição final dos resíduos heterogêneos no AS de Três Rios, e para o tratamento dos resíduos orgânicos dos grandes geradores através da compostagem, no PCM. Serão considerados também os custos de implantação do PCM em Paraíba do Sul, e a receita estimada para a comercialização do composto produzido, para fins de análise.

#### 5.3.1 Custos estimados para a disposição final no aterro sanitário privado de Três Rios

O custo por tonelada para recebimento dos resíduos no AS de Três Rios não foi divulgado pela empresa União Norte Engenharia, responsável pela construção do aterro. A PMPS também não possuía tal dado à época da coleta de dados para esta pesquisa.

Sendo assim, este custo foi estimado a partir do valor informado no Plano Nacional de Resíduos Sólidos (BRASIL, 2012, p.18): “[...] o custo de disposição final em aterro sanitário para os municípios de pequeno porte, em 2008, foi de R\$ 54,25/t [...]”

Este valor corrigido conforme a inflação do período (2008 – 2017), de acordo com o IPCA (ver anexo 4), ficou em R\$ 92,15/t. Tal resultado está dentro dos padrões comumente aceitos na área de resíduos sólidos (entre R\$ 80,00/t e R\$ 110,00/t) – padrões estes que não estão disponíveis na literatura, assim como vários outros referentes a este tema.

Assim, ao multiplicar a quantidade total de RSU (305,4 t/mês) pelo valor estimado por tonelada (R\$ 92,15), obtém-se R\$ 28.142,61 / mês para a disposição final de resíduos no aterro, no CS1. Este valor pode ser arredondado para R\$ 28.500,00 / mês.

Da mesma forma, ao multiplicar a quantidade de RSU heterogêneo (246,5 t/mês) pelo valor estimado por tonelada (R\$ 92,15), obtém-se R\$ 22.714,97 / mês para a disposição final de resíduos no aterro, no CS2. Este valor pode ser arredondado para R\$ 23.000,00 / mês.

### 5.3.2 Custos estimados para a implantação e operação mensal do Pátio de Compostagem Municipal

Conforme descrito no capítulo 4, o modelo de compostagem proposto neste trabalho será o *Método UFSC* (leiras estáticas com aeração passiva) com *implantação descentralizada*.

Primeiro, foi definido o local para a instalação do PCM. O terreno escolhido situa-se na Estrada da Barrinha, um pouco antes da entrada para o lixão da Barrinha, conforme a figura 54.



Figura 54: Localização do terreno escolhido para o PCM.  
Fonte: Google Maps, 2017, adaptado pela autora.

A escolha do terreno levou em consideração a proximidade com os bairros do recorte proposto, com o objetivo de não onerar a logística dos resíduos até o PCM. Porém, guardou-se uma distância adequada das habitações, de forma que sejam evitados impactos como ruídos e odores na vizinhança. A distância do PCM até os bairros mais periféricos do recorte é de cerca de 3,8km, conforme descrito a seguir.

A figura 55 mostra a distância entre o bairro Parque Morone e o terreno do PCM.



Figura 55: Distância de 3,8km entre o bairro Parque Morone e o terreno do PCM.  
Fonte: Google Maps, 2017, funcionalidade “Rotas”.

A figura 56 mostra a distância entre o bairro Palhas e o terreno do PCM.



Figura 56: Distância de 3,8km entre o bairro Palhas e o terreno do PCM.  
Fonte: Google Maps, 2017, funcionalidade “Rotas”.

Por fim, a figura 57 mostra a distância entre o bairro Bela Vista e o terreno do PCM.



Figura 57: Distância de 3 km entre o bairro Bela Vista e o terreno do PCM.  
Fonte: Google Maps, 2017, funcionalidade “Rotas”.

### 5.3.2.1 Custos de Implantação

Para a definição dos *custos de implantação* do PCM, utilizou-se as estimativas apresentadas nos trabalhos citados no capítulo 4 (MMA, 2010; Funasa, 2013; e Jardim *et al*, 1995), corrigindo-se os valores conforme o IPCA.

A tabela 16 informa os valores de Funasa (2013) e Jardim *et al* (1995) e suas respectivas correções monetárias. Utilizou-se MMA (2010) para o cruzamento de dados com as estimativas para o presente estudo de caso.

Tabela 16: Estimativas de custo de implantação de uma unidade de compostagem.

Fonte bibliográfica	Valor no ano da pesquisa	Correção para o ano de 2017	Método da fonte bibliográfica	Aplicação no estudo de caso
Funasa, 2013	R\$ 7.422,00	R\$ 9.648,95	valor global ref. ~5.000 hab. (correspondente a ~1t/dia), sem custos maquinário	(x 1,9, arredond.) <b>R\$ 18.340,00</b>
Jardim <i>et al</i> , 1995	R\$ 11.000,00	R\$ 44.910,82	valor por t/dia de capacidade instalada, incluindo maquinário	(x 1,9, arredond.) <b>R\$ 85.340,00</b>

Fonte: elaboração própria, 2017.

É necessário esclarecer que o valor apresentado no estudo de Jardim *et al* (1995), corresponde ao custo médio de investimento por tonelada diária de capacidade instalada, para unidades com processamento manual, desconsiderando os custos de aquisição e terraplanagem do terreno. Tal valor (US\$ 11.000,00 por tonelada) foi convertido de dólares para reais utilizando a relação de 1:1, já que o Plano Real havia entrado em vigor há apenas alguns meses à época do estudo (1995). Desta forma, o valor correspondia a R\$ 11.000,00 por tonelada. Na coluna “Aplicação no estudo de caso”, o valor foi multiplicado pela quantidade de 1,9t/dia.

Cabe ressaltar, ainda, que o valor de R\$ 7.422,00 (corrigido para R\$ 9.650,00) também desconsidera a aquisição e terraplanagem do terreno. Além disso, tal valor refere-se a uma unidade de compostagem que atende a um recorte espacial com 4 comunidades de pequeno porte do município de Alagoinhas/BA, totalizando 4.685 habitantes. Conforme MMA (2010), tal população está relacionada a média de geração de cerca de 1t/dia de resíduos orgânicos, dado que vai ao encontro das estimativas de geração de RS orgânicos deste trabalho (1,9t/dia). Multiplicando-se este dado pelo valor corrigido, obtém-se R\$ 18.340,00 para a implantação do PCM simulado nesta dissertação.

Este valor também está de acordo com a média estimada reconhecida usualmente pelo mercado, para implantação de unidade de compostagem, que é de cerca de R\$ 10.000,00 por

cada tonelada/dia de capacidade do pátio (1,9t/dia - R\$ 19.000,00), desconsiderando os custos de aquisição e terraplanagem do terreno.

Contudo, *tais estimativas não contemplam os custos de aquisição de maquinário*, os quais podem onerar sobremaneira a implantação do PCM. Portanto, para o presente estudo de caso será utilizado o valor corrigido de Jardim (1995): R\$ 85.340,00, que inclui estes custos.

O *valor estimado de cerca de R\$ 90.000,00* para a implantação do PCM parece aceitável, tendo em vista que o Método UFSC para compostagem não precisa de grande mecanização. Desta forma, acredita-se que esta diferença, de cerca de R\$ 66.000,00, entre as estimativas apresentadas, possa abarcar a compra do maquinário básico para a operação do pátio. Os equipamentos utilizados no modelo são relativamente simples, sendo comumente encontrados nas prefeituras (pertencentes em geral às secretarias de obras), tais como pá-carregadeira leve e trator - conforme descrito no item 2.4.3 -, e motosserras, trituradoras e balanças – segundo MMA (2010) -, utilizadas para reduzir resíduos de poda.

Em relação à *aquisição do terreno e as movimentações de terraplanagem*, tais custos *não serão considerados neste estudo de caso*. A simulação prevê que o terreno escolhido esteja planejado e seja de propriedade da prefeitura (o que é inclusive provável, por fazer parte de uma área orientada à instalação de indústrias), sendo necessárias apenas as obras das instalações do PCM (cercamento, portaria, vestiários, copa, um pequeno escritório, e depósito de estoque do composto), e das valas para drenagem do percolado.

### 5.3.2.2 Custos de Operação

Conforme descrito no capítulo 4, foram utilizados os parâmetros de MMA (2010, p. 34-38) para definição dos custos de mão de obra, e de CAOPMA (2012, p.33) para definição dos custos de operação fixos do PCM.

A tabela 17 a seguir apresenta os valores referenciais e corrigidos para a operação do PCM. Para salários, o índice de correção utilizado foi o INPC; para o consumo de água e energia, foi utilizado o IGMP.

Tabela 17: Custos estimados para a operação do PCM.

	ITENS	VALOR DE REFERENCIA (R\$)	VALOR CORRIGIDO (R\$)
	Contas de água e energia	150,00	222,53
FUNCION.	Revirador de leira	1.041,01	1.619,68
	Aux. administrativo	1.163,71	1.810,59
	Aux. de pátio	612,00	952,20
<b>TOTAL CORRIGIDO</b>			<b>4.605,00</b>

Fonte: elaboração própria a partir de MMA (2010, p. 34-38) e CAOPMA (2012, p.33), 2017.

A partir da tabela 17, obtém-se o *custo mensal estimado de aproximadamente R\$ 5.000,00 para o PCM* com capacidade para processamento de 1,9t/dia. Não foram considerados os custos com a manutenção e depreciação dos equipamentos, nem de insumos e utensílios necessários à operação do PCM; bem como encargos e benefícios dos funcionários.

### 5.3.3 Receita estimada para a comercialização do composto orgânico

Conforme o dado apresentado no método, de que “para cada quilo de resíduos entregues na unidade, [é produzido] meio quilo de composto” (MMA, 2010, p. 35), multiplicou-se o total de resíduos orgânicos recebidos do PCM por 0.5. Assim, para a quantidade estimada de resíduos orgânicos recebida no PCM (58,9 t/mês) tem-se a *produção estimada de 29,4 t/mês de composto*.

Conforme levantamento nos mercados e floriculturas locais, obteve-se a média de preço do saco com 1kg de composto orgânico de R\$15,00 – dado de novembro de 2017. Porém, para a simulação proposta nesta dissertação, optou-se por usar um preço abaixo do valor de mercado, até por que o composto seria vendido aos pequenos agricultores da região, como forma de incentivar negócios locais e o fechamento do ciclo de resíduos orgânicos também local. Desta forma, estipulou-se o *valor de R\$ 2,00 para a comercialização do saco de 1kg de composto orgânico produzido no PCM*.

Então, a partir da quantidade total estimada para o mês e do valor estipulado para sua comercialização, tem-se a receita mensal estimada de R\$ 58.800,00, que pode ser arredondada para *R\$ 55.000,00/mês*.

Por fim, apresenta-se, na tabela 18, um resumo de todos os indicadores de custos.

Tabela 18: Resumo dos indicadores de custos

<b>RESUMO DOS INDICADORES DE CUSTOS</b>			
	<b>Descrição</b>	<b>Quant. / Ordem Grandeza</b>	<b>Unidade</b>
	Estimativa quantidade RSU total	305,4	t/mês
<b>1</b>	Estimativa quantidade fração orgânica GG	58,9	t/mês
	Estimativa quantidade RSU (-) fração orgânica GG	246,5	t/mês
<b>2</b>	Custo coleta convencional	15.032,46 (15.500,00)	R\$/mês
	Custo coleta seletiva orgânicos gdes.ger.	8.784,46 (9.000,00)	R\$/mês
	Custo disposição final AS para o CS1 (todo o RSU)	28.142,61 (28.500,00)	R\$/mês
	Custo disposição final AS para o CS2 (RSU exceto orgânicos GG)	22.714,97 (23.000,00)	R\$/mês
<b>3</b>	Custo implantação PCM	85.340,00 (90.000,00)	R\$
	Custo operação mensal PCM	4.605 (5.000,00)	R\$/mês
	Estimativa de receita com a comercialização do composto	58.800,00 (55.000,00)	R\$/mês

Fonte: elaboração própria, 2017.

## 5.4 INDICADORES DE SUSTENTABILIDADE

Conforme descrito no capítulo 4, utilizaram-se os indicadores propostos no estudo de Santiago e Dias (2012) para avaliar os cenários simulados nesta dissertação – ver figuras do item 4.4. A seguir apresenta-se a explicação sobre como foi determinada a pontuação de cada item, para as matrizes Tecnológica e Ambiental/Ecológica.

### 5.4.1 Matriz Tecnológica

Para o indicador I2a, “*Utiliza mão de obra local*”, ambos os cenários marcaram 3 pontos, pois simulou-se que a mão de obra local esteja presente, pelo menos, na coleta e na administração. Como as demais fases do gerenciamento de RSU podem necessitar de mão de obra especializada – que nem sempre é encontrada na cidade – optou-se por marcar apenas coleta e administração.

Para a gestão técnica do PCM, por exemplo, é importante ter um profissional ou consultor especializado em solos e técnicas de compostagem. Também o envio dos resíduos a um AS fora do município, por si só, já caracteriza agentes externos no processo de gestão. É importante ressaltar que atualmente a administração da coleta é realizada por uma empresa terceirizada, mas em ambos os cenários simula-se que a prefeitura assuma este serviço.

O segundo indicador desta matriz, I2b, “*Manutenção dos equipamentos realizada localmente*”, também pontuou igualmente para ambos os cenários. A pontuação foi 5, referente a todas as fases da gestão, já que os equipamentos utilizados são simples e sua manutenção é encontrada na cidade facilmente - tanto no CS1 quanto no CS2.

O indicador I2c, “*Tecnologia de reaproveitamento com baixo consumo de energia, não atrelado a pagamento de patentes e royalties; fácil manuseio; emprega mão de obra local*”, não marcou nenhum ponto para o CS1, pois este não prevê nenhuma tecnologia de reaproveitamento. Para o CS2, este indicador marcou 5 pontos, pois o modelo de aproveitamento proposto na simulação (Método UFSC de Compostagem) contempla todos os itens descritos.

Por último, o indicador I2d, “*Veículo coletor específico e apropriado em termos de capacidade, tamanho para as necessidades de geração local*”, marcou 5 pontos para o CS1, já que o caminhão da coleta convencional (compactador) é de uso exclusivo da gestão de RSU. Para o CS2 o indicador marcou 2 pontos, pois o caminhão da coleta seletiva de orgânicos (carroceria aberta) poderá ser utilizado para outras funções municipais.

Desta forma, a pontuação total da Matriz Tecnológica foi de 13 e 15, respectivamente para o CS1 e o CS2.

#### 5.4.2 Matriz Ambiental / Ecológica

Os indicadores I4a, I4b, I4c, I4i, I4l, I4m e I4n não se aplicam aos cenários simulados nesta dissertação, a saber: “*Eficiência de coleta*”; “*Satisfação da população em relação à coleta*”; “*Existência de lixeiras públicas*”; “*Geração de RSU per capita*”; “*Existência de aterro para resíduos inertes*”; “*Número de pontos de resíduos clandestinos*”; e “*Há recuperação de áreas degradadas por resíduos*”, respectivamente.

Para o indicador I4d, “*Existência de coleta seletiva no município*”, o CS1 não marcou pontos, pois este cenário não prevê esta solução. O CS2 marcou 5 pontos, referente à existência plena da coleta seletiva.

O indicador I4e, “*Abrangência da coleta seletiva no município*”, também não pontuou para o CS1, pois não se aplica. Em relação ao CS2, marcou 1 ponto, já que a coleta de orgânicos atende apenas alguns bairros da área urbana.

Para os indicadores I4f, “*Existência de pontos para entrega voluntária dos resíduos segregados*”, e I4g, “*Índice de recuperação de materiais recicláveis*”, nenhum dos cenários pontuou, pois estas soluções não foram previstas em nenhuma das duas simulações.

No indicador I4h, “*Recuperação de resíduo orgânico*”, não houve pontuação para o CS1. Para o CS2 marcou-se 3 pontos, referente à alternativa “*Entre 5,1% e 30%*” de recuperação. Estima-se que o total de resíduos orgânicos gerados no município seja de 11,7 t/dia, já que o total geral (RSU heterogêneo) é de 23,5 t/dia (SEA, 2013, p. 21) e a fração orgânica representa em média 50% do total.

Assim, a quantidade de resíduos orgânicos definida no estudo de caso para ser encaminhada à compostagem no PCM (1,9 t/dia – referente aos grandes geradores dos bairros do recorte) representa 16,2% do total de 11,7 t/dia.

Por fim, o indicador I4j, “*Aterro sanitário/controlado licenciado*”, marcou 5 pontos em ambos os cenários, já que as duas simulações preveem a utilização do AS de Três Rios.

Desta forma, a pontuação total da Matriz Ambiental/Ecológica foi de 5 e 14, respectivamente para o CS1 e o CS2.

A seguir apresenta-se a tabela 19, com o resumo dos indicadores de sustentabilidade.

Tabela 19: Resumo dos indicadores de sustentabilidade

<b>RESUMO DOS INDICADORES DE SUSTENTABILIDADE</b>				
<b>DIM.</b>	<b>Item</b>	<b>Descrição</b>	<b>Pont. CS1</b>	<b>Pont. CS2</b>
<b>DIMENSÃO TECNOLOGICA</b>	<b>I2a</b>	Mão de obra local	3	3
	<b>I2b</b>	Manutenção equipamentos realizada localmente	5	5
	<b>I2c</b>	Tecnologia reaproveitamento c/ baixo consumo energia, não-atrelado royalties; fácil manuseio; emprega mão de obra local	0	5
	<b>I2d</b>	Veículo coletor específico e apropriado	5	2
<b>DIMENSÃO AMBIENTAL/ ECOLÓGICA</b>	<b>I4d</b>	Existência de coleta seletiva no município	0	5
	<b>I4e</b>	Abrangência da coleta seletiva no município	-	1
	<b>I4f</b>	Existência de pontos para entrega voluntária	0	0
	<b>I4g</b>	Índice de recuperação de materiais recicláveis	-	-
	<b>I4h</b>	Índice de recuperação de resíduo orgânico	-	3
	<b>I4j</b>	Aterro sanitário/controlado licenciado	5	5
<b>TOTAIS</b>			<b>18</b>	<b>29</b>

Fonte: elaboração própria, 2017.

## 5.5 ANÁLISE DO CENÁRIO SIMULADO 1

Conforme os dados levantados e os resultados obtidos, descritos nos itens 5.1 a 5.4, pode-se estabelecer o resumo a seguir, para o CS1:

- O total mensal de RSU recolhido a ser enviado ao AS de Três Rios é de 305,4 t;
- A coleta convencional, acrescida do trajeto dos caminhões até o AS, custaria aproximadamente R\$ 15.500,00/mês à PMPS;
- O aterro, por ser privado, cobra R\$ 92,15 / t para a disposição final, sendo o valor total para a disposição final de todo o RSU coletado no recorte proposto de aproximadamente R\$ 28.500,00/mês;
- A partir dos indicadores acima, tem-se que *o custo mensal da PMPS para coleta e disposição final de seus resíduos é de aproximadamente R\$ 44.000,00 para o CS1;*
- *A pontuação total dos indicadores sustentáveis foi 18.*

## 5.6 ANÁLISE DO CENÁRIO SIMULADO 2

Conforme os dados levantados e os resultados obtidos, descritos nos itens 5.1 a 5.4, pode-se estabelecer o resumo a seguir, para o CS2:

- Existe um total de 95 estabelecimentos considerados grandes geradores de RS orgânicos na sede municipal de Paraíba do Sul, dentre mercados, hortifrúteis e restaurantes;
- Tais estabelecimentos geram a quantidade de 58,9 t/mês de resíduos orgânicos, a serem recolhidos pela PMPS e enviados ao PCM simulado neste trabalho;
- Diminuindo a quantidade de orgânicos dos grandes geradores da sede municipal da quantidade total de RSU coletado no município, tem-se a quantidade a ser enviada ao AS de Três Rios, no CS2: 246,5 t/mês;
- A coleta convencional, acrescida do trajeto dos caminhões até o AS, custaria aproximadamente R\$ 15.500,00/mês à PMPS. E a coleta seletiva de orgânicos (com trajeto até o PCM já incluso) custaria aproximadamente R\$ 9.000,00/mês à PMPS. Sendo assim, os custos totais de coleta, para o CS2 seriam de cerca de R\$ 24.500,00/mês para a PMPS, contra R\$15.500 do CS1;
- O aterro, por ser privado, cobra R\$ 92,15 / t para a disposição final. Então o valor total para a disposição final da quantidade de RSU a ser disposta no AS no CS2 é de aproximadamente R\$ 23.000,00/mês, contra R\$ 28.500,00 do CS1;
- A operação do PCM custaria aproximadamente R\$ 5.000,00/mês;
- A partir dos indicadores acima, tem-se que *o custo mensal da PMPS para coleta e disposição final de seus resíduos é de aproximadamente R\$ 52.500,00 para o CS2, contra R\$44.000 do CS1;*
- A receita que possivelmente seria obtida com a comercialização do composto produzido no PCM é de R\$ 55.000,00/mês;
- *A pontuação total dos indicadores sustentáveis foi 29.*

Tabela 20: Comparação em valores absolutos e percentuais, entre os indicadores de custos para o CS1 e o CS2.

<b>Indicadores de Custo</b>	<b>Valores CS1 (R\$)</b>	<b>Valores CS2 (R\$)</b>	<b>Observações percentuais</b>
Coleta (s)	15.500,00	24.500,00	CS2 58% mais caro que CS1
Disposição Final no Aterro - RS heterogêneos	28.500,00	23.000,00	CS2 19% mais barato que CS1
Tratamento PCM - RS orgânicos GG	--	5.000,00	--
<b>TOTAIS</b>	<b>44.000,00</b>	<b>52.500,00</b>	<b>CS2 19% mais caro que CS1</b>

Fonte: elaboração própria, 2017.

## 5.7 DISCUSSÃO

A partir da simulação dos cenários 1 e 2, procede-se à análise comparativa entre eles.

A diferença entre os custos mensais para o CS1 e para o CS2 foi de apenas R\$ 8.500,00, ou cerca de 19%, sendo o CS2 o mais caro. Este valor é considerado baixo no âmbito da gestão municipal de RSU, porém Paraíba do Sul é um município de pequeno porte, que dispõe de poucos recursos. Assim, tal investimento poderia ser requerido em algum programa de fomento a iniciativas de desenvolvimento sustentável, ou mesmo em projetos de MDL – já que o CS2 contempla o sistema de compostagem.

Cabe ressaltar que o PCM proposto neste trabalho custaria aproximadamente R\$ 90.000,00 para ser implantado em Paraíba do Sul. Tal custo é cerca de apenas um quinto do valor estimado para remanejamento anual de ICMS Verde na cidade: R\$ 449.522,91 (SEA, 2013, p. 98). Este recurso poderia ser requerido pela PMPS no primeiro ano de destinação dos resíduos da cidade ao AS de Três Rios, conforme comentou o secretário de meio-ambiente na entrevista concedida a este trabalho.

Assim, o PCM poderia ser implantado e começar a funcionar no ano seguinte, gerando economia de cerca de R\$ 5.500,00 / mês na disposição final de resíduos no aterro de Três Rios. Tal valor poderia, inclusive, ser utilizado para financiar a operação mensal do próprio PCM (custo estimado em R\$ 5.000,00 mensais) - havendo também a possibilidade de ser investido na terceirização de suas operações, de forma similar ao estudo de caso na cidade de Garopaba, apresentado nesta dissertação.

Ainda sobre o PCM, ressalta-se que as soluções mais eficazes e baratas são as descentralizadas - que tratam os resíduos próximo ao seu local de geração -, já que o custo da coleta seletiva onera sobremaneira a gestão municipal de RSU. Neste sentido, indica-se a instalação de mais 2 ou 3 pátios de compostagem distribuídos nos núcleos-sede de Paraíba do Sul (Werneck, Queima-Sangue, Limoeiro etc). Assim, reduziriam-se ainda mais as quantidades de resíduos destinadas ao AS de Três Rios.

A respeito do CS1, convém relembrar que aterros privados costumam cobrar mais caro pela disposição final, do que os geridos pelo poder público. Contudo, a prefeitura de Paraíba do Sul certamente não dispõe de recursos suficientes para implantar e gerir um AS próprio. Também o aterro que seria implantado no âmbito do Consórcio Serrana II não obteve, até o momento, a verba prevista para sua construção. Assim, uma possibilidade interessante para a cidade seria a instalação de um aterro de pequeno porte (APP), já que sua escala demográfica (cerca de 40.000 habitantes) permite este tipo de solução.

Destaca-se, no CS2, a quantidade de 58,9 t/mês de resíduos desviados do AS de Três Rios, por conta de sua destinação ao PCM. Esta quantidade não é significativa em um aterro que foi projetado para receber resíduos de vários municípios, e possuirá capacidade para cerca de 10 mil t/mês. Contudo, ao longo dos anos, esta redução de material enviado ao aterro poderá contribuir para o aumento de sua vida útil, já que a prática de compostagem em Paraíba do Sul pode ser difundida a outros municípios, que também reduziriam suas quantidades de resíduos enviados ao mesmo AS.

Além disso, a venda de composto orgânico poderia gerar uma receita média mensal de R\$ 55.000,00, valor onze vezes maior que o custo mensal de operação do PCM. Esta receita poderia cobrir a totalidade de custos de gerenciamento dos resíduos municipais no CS2 (R\$ 52.500,00), caso fosse possível a comercialização de toda a quantidade de composto produzida, ao valor estipulado de R\$ 2,00/kg. Lembrando que este total de R\$ 52.500,00 desconsidera custos significativos, relativos à depreciação de equipamentos, impostos, encargos e benefícios de funcionários. Acredita-se que um estudo de viabilidade estabeleceria um valor final cerca de 30 a 40% mais alto do que este. Ainda assim, a venda do composto traria uma receita relevante a ser considerada no financiamento do sistema.

Neste sentido, acredita-se que o mercado local teria condições de absorver a quantidade de composto produzida no PCM, já que há grande demanda agrícola na região e grande parte do solo encontra-se erodido por conta da monocultura de café no século XIX. Contudo, seria necessário um estudo mais aprofundado para a definição desta demanda.

De toda forma, caso não houvesse a comercialização esperada, o composto poderia ser utilizado para jardinagem municipal e recobrimento de encostas, entre outras funções. Em última instância, a parte sobressalente poderia também ser descartada no AS de Três Rios, reduzindo o peso em pelo menos metade do que seria descartado na forma de resíduos – promovendo, ainda assim, economia ao orçamento da PMPS para a disposição final.

Sobre os indicadores sustentáveis aplicados neste estudo, a diferença de 11 pontos a mais para o CS2 não deixa dúvidas de qual é o melhor cenário no contexto ambiental. Destacam-se a simplicidade tecnológica e o baixo custo do método indicado para a compostagem, bem como a existência de coleta seletiva e o aproveitamento dos resíduos orgânicos, como as maiores vantagens do CS2 neste sentido.

Ressalta-se ainda, a economia de carbono contemplada pela prática local da compostagem - sobretudo se a comercialização do composto puder ser realizada também localmente. O benefício do uso do composto orgânico na agricultura local, em detrimento de fertilizantes sintéticos, poderá fomentar o cultivo de alimentos orgânicos na região, fechando o ciclo de materiais orgânicos (“nutrientes biológicos”) de forma sustentável e local.

Por fim, é importante comentar que os custos não-contemplados nos cálculos deste trabalho - a saber: depreciação de equipamentos e caminhões, taxas, impostos, encargos e benefícios de funcionários – não fariam diferença significativa na comparação entre os cenários. Isto ocorre porque, caso fossem incluídos, seriam apenas *somados* a ambos os cenários, de forma que a diferença final permaneceria praticamente inalterada. Como este trabalho não se trata de um estudo de viabilidade, não se considerou oportuno detalhar tais custos.

## 6 CONSIDERAÇÕES FINAIS

Conforme exposto ao longo deste trabalho, a situação ideal para a gestão de RSU seria o fechamento completo dos ciclos de materiais, sem que os mesmos precisassem de um aterro sanitário para a disposição final de seus resíduos. Ou ainda, que apenas rejeitos fossem dispostos em aterros, conforme preconiza a PNRS.

Contudo, os municípios brasileiros ainda não possuem condições de abrir mão dos aterros, até porque muitos deles dispõem seus resíduos em lixões sem nenhum tipo de controle nem proteção ambiental. Por isto, a implantação de aterros sanitários ainda é tida como uma alternativa melhor do que a situação atual, em muitas cidades – como é o caso de Paraíba do Sul.

Buscou-se, nesta dissertação, oferecer subsídios a uma alternativa complementar aos aterros, que foi validada sob os pontos de vista técnico e econômico, com enormes ganhos ambientais: a compostagem da fração orgânica do RSU. Pretendeu-se destacar a importância de se considerar outras soluções antes da disposição dos resíduos em aterros, por parte da municipalidade.

No âmbito das estratégias de sustentabilidade relacionadas à gestão municipal, é necessário transformar a visão predominante de que soluções e atividades menos impactantes e mais sustentáveis sempre custam mais caro. Ou que o custo de tais soluções é demasiadamente maior do que o custo das soluções tradicionais. Entende-se que ainda é necessária uma adaptação do mercado às práticas sustentáveis em resíduos sólidos, no sentido de adquirir capacidade técnica para responder aos novos desafios do setor. Contudo, este fator não pode se tornar impeditivo para a aplicação de tais práticas nos municípios – sobretudo os de pequeno porte, que têm muito a ganhar adotando estratégias de desenvolvimento sustentável. Não só ambientalmente, mas em termos de aquisição de saberes e técnicas que podem alterar profundamente as relações dos gestores com suas cidades.

No âmbito técnico, convém destacar que o foco da coleta seletiva apenas nos resíduos recicláveis pode estar equivocado, já que os resíduos orgânicos representam, em média, 50% do total de RSU na maioria das cidades brasileiras. A reciclagem dos “nutrientes técnicos” é importante; mas, se considerarmos o novo direcionamento proposto por conceitos como a Economia Circular (EC) e o C2C, para o desenho de produtos e serviços, pode-se prever uma queda significativa na quantidade de embalagens e descartáveis em geral. Conforme citado neste trabalho, o setor industrial dos países desenvolvidos já está assimilando tais conceitos em seus processos.

Neste sentido, destaca-se o imenso trabalho (homem/hora) e os altos investimentos que a segregação entre “nutrientes técnicos” e “biológicos” demanda em usinas de triagem.

Considera-se importante a reflexão sobre a cadeia de produção em si, como propõem a EC e o C2C, com o objetivo de evitar que esta demanda de trabalho e custos recaia sobre a gestão dos resíduos.

Ressalta-se ainda, no âmbito técnico, o fato de que muitos tipos de resíduos ainda precisam de aterramento, no Brasil. Este fato ocorre por não haver mercado de reciclagem consolidado para determinados tipos de materiais, ou alternativas de tratamento adequadas a eles, na maior parte das cidades brasileiras.

Além disso, conforme exposto no início deste capítulo, em um cenário no qual grande parte dos municípios brasileiros ainda utilizam “lixões” para dispor seus resíduos, pode-se vislumbrar um longo caminho até a implantação de alternativas menos impactantes ao meio-ambiente (integradas aos AS exclusivos para rejeitos).

Contudo, este raciocínio pode ser inverso: já que os municípios terão de se adequar às regras da PNRS em algum momento, não seria mais interessante “pular etapas”, indo direto para iniciativas ambientalmente melhores (e, em alguns casos, mais baratas) do que começar a dispor *todos os resíduos* nos onerosos AS, para *só depois* integrar soluções complementares? Acredita-se que esta é uma provocação pertinente no contexto, não só do Brasil, mas dos países em desenvolvimento, em geral.

Neste sentido, entende-se que esta dissertação atingiu seu objetivo secundário de contribuir para a discussão sobre a predominância dos aterros sanitários, comparando dois cenários de gestão municipal de resíduos de forma crítica. Questionou-se a predominância do Aterro Sanitário como a melhor solução para a gestão de todo o RSU dos municípios brasileiros, já que seus custos não são baixos e seus impactos ambientais são grandes.

A análise de novas possibilidades de gestão de RSU no contexto de pequenos municípios é a principal contribuição deste trabalho. A avaliação comparativa entre dois cenários de gestão – um mais tradicional e outro mais alternativo - ofereceu subsídios técnicos de custos e benefícios ambientais estimados para cada um.

Foi observado que já se dispõe de conhecimento e tecnologias de baixo custo para um tratamento eficaz e ambientalmente adequado de resíduos - como é o caso do Método UFSC de compostagem, com implantação descentralizada. Esta nova alternativa ainda apresenta a vantagem de estar muito mais alinhada com os conceitos de sustentabilidade apresentados ao longo deste trabalho. Ao validar a possibilidade de implantação e operação de um pátio de compostagem (com baixa tecnologia, para recebimento de resíduos orgânicos segregados na fonte) em um município de pequeno porte, espera-se que alternativas como esta possam ser consideradas pelos gestores municipais, futuramente.

Acredita-se que o trabalho colaborou, também, no sentido de demonstrar que os ganhos sustentáveis do cenário simulado que contemplou a compostagem, foram incontestáveis. Ademais, seus custos não foram tão superiores aos do cenário que desconsiderou tal solução, como poderia supor o senso comum. Este resultado fundamenta o raciocínio de considerar alternativas sustentáveis em projetos de RSU, ainda que hajam poucos recursos financeiros disponíveis.

Destaca-se ainda, a relevância da compostagem para a sociedade em geral, no sentido de fomentar a agricultura local e orgânica, e de fechar o ciclo de materiais orgânicos. Tais materiais, de outra forma, seriam enviados a um aterro ou vazadouro, onde promoveriam impactos ao meio ambiente, ao invés de beneficia-lo. Além de serem valorizados por meio da compostagem, podem ainda gerar receita com a venda do composto.

No que se refere às limitações deste estudo, a falta de dados disponíveis e organizados e a defasagem das informações e experiências a respeito do tema de compostagem foram as mais significativas. As dificuldades para acesso aos dados sobre RSU e sua confiabilidade são constantes em qualquer pesquisa sobre o tema, sobretudo na área de gestão, por conta do forte interesse financeiro e dos impasses em relação às leis ambientais que a pressionam.

Para estudos futuros, indicam-se avaliações sobre a possibilidade de delegar a gestão de pátios de compostagem a empresas privadas. Conforme exposto ao longo deste trabalho, AS geridos pela iniciativa privada geram custo elevado para a Gestão de RSU. Então esta análise poderia se estender aos equipamentos de compostagem, abordando se o modelo privado traria benefícios ou não à gestão municipal de RSU - tanto economicamente, quanto qualitativamente. Incluindo a avaliação das possibilidades de redução de falhas ocasionadas por escolhas equivocadas na direção técnica da unidade de compostagem - sobretudo quando das trocas de gestão municipal.

Outra indicação para novos trabalhos seria a investigação sobre a existência de demanda por composto orgânico na região centro-fluminense, para avaliação da real possibilidade de fechamento local do ciclo de resíduos orgânicos.

Por fim, indicam-se também pesquisas a respeito da eficiência dos sistemas municipais de RSU e sua relação com as pressões políticas, corporativas e sociais sobre o ambiente urbano. Especialmente porque as tomadas de decisão nem sempre consideram apenas os aspectos técnicos, ou as práticas mais eficazes e ambientalmente corretas para determinada situação. Portanto, pesquisas neste sentido podem auxiliar no entendimento sistêmico dos diversos contextos urbanos e seus desafios.

## REFERÊNCIAS BIBLIOGRÁFICAS

ANDRADE, J. M. F. **A importância da usina de compostagem de São José do Rio Preto.** 2010.

AQUINO, Adriana Maria *et al.* **Utilização de minhocas na estabilização de resíduos orgânicos: Vermicompostagem.** Embrapa – Comunicado técnico. Ministério da Agricultura, do Abastecimento e da Reforma Agrária; Empresa Brasileira de Pesquisa Agropecuária-EMBRAPA; Centro Nacional de Pesquisa de Agrobiologia-CNPAB, 1992.

AQUINO, Lucilene de. **Subsídios para Implantação do Processo de Compostagem em Município de Pequeno Porte:** Estudo de Caso em Corumbataí, SP. Dissertação de Mestrado. Programa de Pós-graduação em Engenharia Urbana – Universidade Federal de São Carlos. São Carlos, 2012.

ACSELRAD, H. **Ambientalização das lutas sociais – o caso do movimento por justiça ambiental.** Estudos Avançados USP, 101-119. São Paulo, 2010.

BARROS, A. J. P.; LEHFELD, N. A. S. **Fundamentos de Metodologia:** Um guia para a iniciação científica. São Paulo: McGraw-Hill, 1986.

BARROS, Raphael Tobias de Vasconcelos. **Elementos de Gestão de Resíduos Sólidos.** Belo Horizonte: Tessitura, 2012.

BARROS, Raphael Tobias de Vasconcelos; SILVA, Denise Felício. **ICMS “Ecológico em Minas Gerais: O caso das usinas de compostagem.** 23º Congresso Brasileiro de Engenharia Sanitária e Ambiental. Campo Grande, MS – 18 a 23 de setembro, 2005.

BARTON, J. R.; ISSAIAS, I.; STENTIFORD, E.I. **Carbon – Making the right choice for waste management in developing countries.** *Waste Management* 28, 690–698. Elsevier, 2007.

BETTINI, Virginio. **Elementos de Ecologia Urbana.** ISBN 8481642614. Trotta, 1996.

BORGES, M. R. P.; FERREIRA, O. M. **Limpeza Urbana – Análise dos custos dos serviços realizados em Aparecida de Goiânia.** Universidade Católica de Goiás – Departamento de Engenharia – Engenharia Ambiental. Goiânia, 2008

BRANDÃO, José Ricardo. **Análise de Sistemas de Valorização de Resíduos via Compostagem e Reciclagem e sua aplicabilidade nos municípios mineiros de pequeno porte.** Dissertação de Mestrado. Programa de Pós-graduação em Saneamento, Meio Ambiente e Recursos Hídricos – Universidade Federal de Minas Gerais. Belo Horizonte, 2006.

BRAUNGART, M., McDONOUGH, W., & BOLLINGER, A. **Cradle-to-cradle design: creating healthy emissions – a strategy for eco-effective product and system design.** *Journal of Cleaner Production*, 1337-1348. 2007.

BUTTENBENDER, Sandro Edésio. **Avaliação da Compostagem da Fração Orgânica dos Resíduos Sólidos Urbanos Provenientes da Coleta Seletiva Realizada no Município de Angelina / SC.** Dissertação de Mestrado - UFSC, Programa de Pós-graduação em Engenharia Ambiental. Florianópolis, 2004.

CAPRA, Fritjof. **As Conexões Ocultas** - Ciência para uma Vida Sustentável. Ed. Cultrix. São Paulo, 2002.

CARREGAL, Lúcia Thereza Lessa (org.). **Falas em torno do lixo**. Rio de Janeiro: Nova, Iser e Polis, 1992.

CHARONIS, G. K. *Degrowth, steady state economics and the circular economy: three distinct yet increasingly converging alternative discourses to economic growth for achieving environmental sustainability and social equity*. World Economics Association (WEA), *Conferences, 2012, Sustainability – Missing Points in the Development Dialogue*, n. 2. WEA, 2012

DELGADO, A.P.B. **Análise da Viabilidade de Implantação de uma Usina de Triagem e Compostagem na Ilha de São Vicente – Cabo Verde**. Trabalho de Conclusão de Curso de Graduação - Bacharelado em Administração. Universidade Federal do Rio Grande do Sul. Escola de Administração – Departamento de Ciências Administrativas. Porto Alegre, 2009.

EL-HAGGAR, Salah. *Sustainable Industrial Design and Waste Management: Cradle-to-Cradle for Sustainable Development*. London: Elsevier, 2007.

ELK, Ana Ghislane Henriques Pereira van. **Mecanismo de desenvolvimento limpo aplicado a resíduos sólidos: Redução de emissões na disposição final**. Karin Segala (coord.) – Rio de Janeiro: IBAM, 2007.

EPSTEIN, E. *The science of composting*. Lancaster: Technomic Publishing, 1997.

FEHR, M. *A successful pilot project of decentralized household waste management in Brazil*. *The Environmentalist*, v. 26, p. 21-29, 2006.

FILGUEIRA, Hamilcar José Almeida *et al.* Deposição final dos resíduos sólidos: Proposta de desenvolvimento metodológico para mitigação de risco de desastres. *Hacia un sistema de gestión integral de los residuos sólidos*. VSIIR, REDISA, 2013.

FRANCA, Luíza Santana. **Uma proposta para a gestão dos resíduos sólidos urbanos na Região Serrana II, considerando as práticas de reciclagem e compostagem**. Trabalho de Conclusão de Curso – graduação do Programa de Engenharia Ambiental – PEA/UFRJ. Rio de Janeiro, 2013.

GIRARDET, Herbert. **Criar Cidades Sustentáveis**. Coleção Cadernos Schumacher para a Sustentabilidade, Ed. Sempre em Pé. Lisboa, 2007.

GOMES, Rogério Paulo A. M. S. **Ecobairro, um conceito para o desenho urbano**. Dissertação de Mestrado – Universidade de Aveiro, Portugal. Aveiro, 2009. Disponível em: < <https://ria.ua.pt> >. Acesso em agosto de 2017.

HOGLAND, William; HOGLAND, Marika; MARQUES, Marcia. *Enhanced Landfill Mining: Material recovery, energy utilisation and economics in the EU (Directive) perspective*. 2011.

Disponível em < <https://www.researchgate.net/publication/267711055> > Acesso em junho de 2017.

HOUSE OF COMMONS. *Growing a circular economy: Ending the throwaway society*. HC-214. London: House of Commons/ Environmental Audit Committee, 2014.

INACIO, Caio de Teves; KONIG JUNIOR, G. **Reciclagem Orgânica: a fração orgânica como alvo da coleta seletiva**. Seminário Nacional de Resíduos Sólidos. São Paulo: ABES, 2004.

INACIO, Caio de Teves; MILLER, Paul R. M. **Compostagem: Ciência e prática para a gestão de resíduos orgânicos**. Embrapa e Universidade Federal de Santa Catarina. Rio de Janeiro: Embrapa Solos, 2009.

JARDIM, N.S. (coord) *et al.* Segregação de materiais. In: **Lixo municipal - manual de gerenciamento integrado**. São Paulo: IPT/CEMPRE, 1995.

KENNEDY, Christopher; CUDDIHY, John; ENGEL-YAN, Joshua. *The Changing Metabolism of Cities*. *Journal of Industrial Ecology*, Vol. 11, Issue 2, pp. 43-59, Wiley InterScience. 2007.

Disponível em: < <http://onlinelibrary.wiley.com/doi/10.1162/jie.2007.1107/full> > Acesso em setembro de 2017.

KUHN, Eugênia A. **Metabolismo de um município brasileiro de pequeno porte: o caso de Feliz, RS**. Tese de Doutorado – Programa de Pós-graduação em Engenharia Civil, UFRGS. Porto Alegre, 2014.

KUHN, Eugênia A.; SATTTLER, Miguel A.; MAGNUS, Lucas D. **Contribuições do Conceito e da Abordagem de Metabolismo Urbano para Avaliação do Custo das Decisões Ambientais**. IV ENANPARQ - Encontro da Associação Nacional de Pesquisa e Pós-Graduação em Arquitetura e Urbanismo. Porto Alegre, 2016.

LEITE, W. C. de A. **Resíduos Sólidos Urbanos: contribuição para o gerenciamento**. Rio Claro, SP: UNESP, 1995.

LINO, Fátima A. M. **Consumo de energia no transporte da coleta seletiva de resíduo sólido domiciliar no município de Campinas (SP)**. Dissertação de Mestrado – Pós-Graduação em Engenharia Mecânica - UNIVERSIDADE ESTADUAL DE CAMPINAS. 2009

LOGUERCIO, João Francisco Canto João Francisco Canto; ZAMBONI, Vanessa. **Estudo de Caso do Bairro Viçoso Jardim em Niterói-RJ**. VI Encontro Nacional da Anppas. Belém, PA – Brasil, 2012.

MAHLER, Claudio F. (org.) **Lixo Urbano: o que você precisa saber sobre o assunto**. Rio de Janeiro: Revan: Faperj, 2012.

\_\_\_\_\_ **Poluição: poluição aquática e resíduos sólidos**. Rio de Janeiro: Aquarius, 2002.

MASSUKADO, L. M. **Desenvolvimento do processo de compostagem em unidade descentralizada e proposta de software livre para o gerenciamento municipal dos resíduos sólidos domiciliares**. Tese (Doutorado) – Universidade de São Paulo, São Carlos, 2008.

MATUSAKI, Silvia. **Proposta de implantação do projeto piloto de Compostagem**. Universidade Federal de Santa Catarina – UFSC. Florianópolis, 1995.

MCDONOUGH, William; BRAUNGART, Michael. **Cradle to Cradle: criar e reciclar ilimitadamente**. São Paulo: Editora G. Gili, 2013.

PRATES, Luisa F. S. *et al.* **Experiência Alemã com Tratamento Mecânico Biológico de Resíduos Sólidos Urbanos**. 7º Fórum Internacional de Resíduos Sólidos. Porto Alegre, 2016.

RODRIGUES, Waldecy; MAGALHÃES FILHO, Luiz N.L.; PEREIRA, Regiane dos Santos. **Análise dos Determinantes dos custos de resíduos sólidos urbanos nas capitais estaduais brasileiras**. Urbe. Revista Brasileira de Gestão Urbana (Brazilian Journal of Urban Management), 2016.

ROGERS, Richard. **Cidades para um pequeno planeta**. G. Gilli. Barcelona, 2001.

SACHS, Ignacy. **Ecodesenvolvimento: crescer sem destruir**. São Paulo: Vértice, 1986.

SANTIAGO, Leila Santos; DIAS, Sandra Maria Furiam. **Matriz de indicadores de sustentabilidade para a gestão de resíduos sólidos urbanos**. Engenharia Sanitária e Ambiental, v.17 - n.2 - 203-212. abr/jun, 2012.

SANTIAGO, Luísa Santos Pinto. **Transição para a Economia Circular: possibilidades de aplicação no setor de metais**. Dissertação de Mestrado. Programa de Pós-graduação em Práticas em Desenvolvimento Sustentável – Instituto de Florestas, UFRRJ. Rio de Janeiro, 2015.

SANTOS, Fabiana Lucia Costa; BARROS, Rafael Tobias de Vasconcelos. **Metodologia para Mobilização de Pequenas Comunidades visando a Coleta Seletiva de Resíduos Sólidos**. 23º Congresso Brasileiro de Engenharia Sanitária e Ambiental - Campo Grande/MS, 2005.

SIQUEIRA, T.M.O.; ASSAD, M.L.R.C.L. **Compostagem de Resíduos Sólidos Urbanos no Estado de São Paulo (Brasil)**. Revista Ambiente & Sociedade. São Paulo v. XVIII, n. 4, p. 243-264. out.-dez. 2015.

WHITE, Rodney R. **Building the Ecological City**. Woodhead Publication. Cambridge, 2002.

WOLMAN, Abel. **The Metabolism of Cities**. *Scientific American* 213: 179–90, 1965.  
Disponível em: < <http://dx.doi.org/10.1038/scientificamerican0965-178> >. Acesso em setembro de 2017.

ZAMBONIM, F. M. **Análise econômica de dois processos de tratamento de lixo: a compostagem termofílica e a disposição final em aterros sanitários**. Relatório de Conclusão de Curso – graduação em Agronomia – Universidade Federal de Santa Catarina – UFSC. Florianópolis, 1997.

## LEGISLAÇÃO E DOCUMENTOS CONSULTADOS

ABNT - Associação Brasileira de Normas Técnicas. Norma Brasileira nº 8.419 - Apresentação de projetos de aterros sanitários de resíduos sólidos urbanos. 1992.

\_\_\_\_\_ Norma Brasileira nº 13.896 - Aterros de resíduos não perigosos - Critérios para projeto, implantação e operação. Associação Brasileira de Normas Técnicas, 1997.

\_\_\_\_\_ Norma Brasileira nº 13591 – Compostagem. Associação Brasileira de Normas Técnicas, 1996.

ABRELPE – Associação Brasileira de Empresas de Limpeza Pública e Resíduos Especiais. **Panorama dos Resíduos Sólidos no Brasil 2007**. São Paulo, 2008.

Agenda 21. *Summit, Earth: The United Nations programme for action from Rio*. Rio de Janeiro, 1992.

BRASIL, Ministério do Meio Ambiente. **Plano Nacional de Resíduos Sólidos**. Brasília, agosto de 2012. Disponível em < <http://www.sinir.gov.br/web/guest/plano-nacional-de-residuos-solidos> > Acesso em setembro de 2017.

BRASIL, Ministério do Meio Ambiente. **Política Nacional de Resíduos Sólidos** - Lei n. 12.305, de 2 de agosto de 2010.

CAOPMA - Centro de Apoio Operacional às Promotorias de Proteção ao Meio Ambiente. **Unidades de Triagem e Compostagem de Resíduos Sólidos Urbanos**. Apostila para a gestão de municipal de resíduos sólidos urbanos. Ministério Público do Paraná. Curitiba, outubro de 2012.

CEMPRE - Compromisso Empresarial para Reciclagem. **Reciclagem: ontem, hoje e sempre** (coordenação editorial: Sérgio Adeodato), São Paulo, 2008.

CMMAD – Comissão Mundial sobre Meio Ambiente e Desenvolvimento. **Nosso futuro comum**. Rio de Janeiro: Ed. Fundação Getúlio Vargas, 1988.

COMLURB. SISTEMA DE DOCUMENTAÇÃO COMLURB – SÉRIE "DOCUMENTAÇÃO TÉCNICA". **SISTEMA DE MANUSEIO DO LIXO DOMICILIAR EM EDIFICAÇÕES**. Maio de 2004 – atualizado em janeiro de 2012.

CONSELHO NACIONAL DO MEIO AMBIENTE - CONAMA. Resolução nº 404/2008. **Estabelece critérios e diretrizes para o licenciamento ambiental de aterro sanitário de pequeno porte de resíduos sólidos urbanos**. Brasília, 2008.

\_\_\_\_\_ Resolução nº 308/2002. **Licenciamento Ambiental de sistemas de disposição final dos resíduos sólidos urbanos gerados em municípios de pequeno porte..** Brasília, 2002.

DEFRA - DEPARTMENT FOR ENVIRONMENT, FOOD AND RURAL AFFAIRS. *Mechanical biological treatment of municipal solid waste*. London, 2013.

FEAM – Fundação Estadual do Meio Ambiente, MG. **Orientações Básicas para Operação de Aterro Sanitário**. Secretaria de Estado de Meio Ambiente e Desenvolvimento Sustentável; Fundação Estadual do Meio Ambiente; Diretoria de Licenciamento de Infraestrutura; Divisão de Saneamento. Belo Horizonte, 2006.

FUNASA - Fundação Nacional de Saúde, Ministério da Saúde. **4º Caderno de pesquisa de engenharia de saúde pública**. Fundação Nacional de Saúde. Brasília: Funasa, 2013.

IBGE - INSTITUTO BRASILEIRO DE GEOGRAFIA E ESTATÍSTICA. **Censo Demográfico 2010**.

\_\_\_\_\_ **Pesquisa Nacional de Saneamento Básico - 2008**. Rio de Janeiro, 2010.

IPEA – Instituto de Pesquisa Econômica Aplicada. **Diagnóstico dos resíduos sólidos urbanos**. Relatório de pesquisa. Brasília, 2012.

MAPA - Ministério da Agricultura, Pecuária e Abastecimento. **Instrução Normativa SDA nº 27, 05 de junho de 2006**. Disponível em: <<http://www.agricultura.gov.br/assuntos/insumos-agropecuarios>>. Brasília, 2006.  
Acesso em setembro de 2017.

\_\_\_\_\_ **Decreto 4.954, 14 de janeiro de 2004**.  
Disponível em: <[http://www.planalto.gov.br/ccivil\\_03/\\_ato2004-2006/2004/decreto](http://www.planalto.gov.br/ccivil_03/_ato2004-2006/2004/decreto)>. Brasília, 2004.  
Acesso em outubro de 2017.

MCIDADES - Ministério das Cidades. **Diagnóstico do Manejo de Resíduos Sólidos Urbanos – 2015**. Secretaria Nacional de Saneamento Ambiental; Sistema Nacional de Informações sobre Saneamento – SNSA. Brasília: 2017.

MMA - MINISTÉRIO DO MEIO AMBIENTE. **Compostagem Doméstica, Comunitária e Institucional de Resíduos Orgânicos – Manual de Orientação**. Centro de Estudos e Promoção da Agricultura de Grupo - Cepagro; Serviço Social do Comércio – Departamento Regional de Santa Catarina - SESC/SC. Brasília: 2017.

\_\_\_\_\_ **Programa Nacional de Capacitação de Gestores Ambientais. Módulo Específico: Licenciamento Ambiental de Estações de Tratamento de Esgoto e Aterros Sanitários**. Departamento de Coordenação do Sistema Nacional de Meio Ambiente; Programa Nacional de Capacitação de Gestores Ambientais; Departamento de Licenciamento e Avaliação Ambiental; Secretaria de Mudanças Climáticas e Qualidade Ambiental; Departamento de Ambiente Urbano; Secretaria de Recursos Hídricos e Ambiente Urbano do Ministério do Meio Ambiente. Brasília: 2009.

\_\_\_\_\_ **Manual para Implantação de Compostagem e de Coleta Seletiva no Âmbito de Consórcios Públicos**. Projeto Internacional de Cooperação Técnica para a

Melhoria da Gestão Ambiental no Brasil – BRA/OEA/08/001. Secretaria de Recursos Hídricos e Ambiente Urbano do Ministério do Meio Ambiente. Brasília, 2010.

PMPS - PREFEITURA MUNICIPAL DE PARAÍBA DO SUL. **Plano Diretor de Ordenamento Territorial de Paraíba do Sul, RJ.**

\_\_\_\_\_ **Plano Municipal de Saneamento Básico de Paraíba do Sul, RJ.**  
Prefeitura Municipal de Paraíba do Sul; Associação Pró-Gestão das Águas da Bacia Hidrográfica do Rio Paraíba do Sul - AGEVAP; Vallenge Consultoria, Projetos e Obras Ltda. 2014.

PROSAB 3. **Resíduos Sólidos Urbanos: aterro sustentável para municípios de pequeno porte.** Armando Castilho Jr. (coord.). Florianópolis, SC, 2003.

**Relatório de Impacto Ambiental – RIMA. Central de Tratamento de Resíduos Sólidos de Três Rios - CTDRS-TR.** União Norte Engenharia; Ecologic Inteligência Ambiental. Junho de 2015.

Disponível no portal institucional para ampliação do acesso à informação “Rede Ambiente Participativo” - iniciativa do Ministério Público: <[https://www.google.com/url?hl=pt-BR&q=http://rj.rap.gov.br/central-de-tratamento-e-destinacao-de-residuos-solidos-de-tres-rios/&source=gmail&ust=1509812150336000&usg=AFQjCNGS6thia\\_1P\\_7HcFJrD-MM9j4\\_y8Q](https://www.google.com/url?hl=pt-BR&q=http://rj.rap.gov.br/central-de-tratamento-e-destinacao-de-residuos-solidos-de-tres-rios/&source=gmail&ust=1509812150336000&usg=AFQjCNGS6thia_1P_7HcFJrD-MM9j4_y8Q)>. Acesso em outubro de 2017.

SEA - SECRETARIA DE ESTADO DO AMBIENTE. GOVERNO DO ESTADO DO RIO DE JANEIRO. **Consultoria e Assessoria Técnica de Engenharia à SEA para Elaboração do Plano Estadual de Resíduos Sólidos (PERS) - Volume 3: Arranjo Regional.** SEA Secretaria do Ambiente e Ecologos Engenharia Consultiva. Agosto, 2013.

WRAP - *Waste & Resources Action Programme. Hospitality and Food Service - Reducing Food Waste: Starting Off. United Kingdom, 2014.*

## SÍTIOS ONLINE

### **Agencia Nacional do Petróleo – ANP**

Pesquisa de Valor dos Combustíveis

<anp.gov.br>

Acesso em novembro de 2017.

### **Banco Central do Brasil**

Calculadora do Cidadão – Correção Monetária por índice

<www3.bcb.gov.br/CALCIDADA0/publico/corrigerPorIndice>

Acesso em outubro de 2017.

### **Comitês de Bacia Hidrográfica**

Médio-Paraíba: <www.cbhmedioparaiba.org.br>

Piabanha: <www.comitepiabanha.org.br>

Acesso em junho de 2017.

EPEA: <www.epea.com>

**Environmental Protection Encouragement Agency.** Acesso em junho de 2017.

IBGE: <www.ibge.gov.br>

**Instituto Brasileiro de Geografia e Estatística.** Acesso em junho de 2017.

IBGE Cidades: <idades.ibge.gov.br>

Acesso em junho de 2017.

IBGE Mapas: <portaldemapas.ibge.gov.br>

Acesso em junho de 2017.

**Instituto Trata Brasil:** <www.tratabrasil.org.br>

Acesso em junho de 2017.

Observatório da PNRS. **Tabela com dados sobre a Destinação do RSU no Estado do Rio de Janeiro** – Instituto de Pesquisa Econômica Aplicada, 2014

Disponível em: <https://observatoriopnrs.org/publicacoes/diagnostico-de-rsu/>

Acesso em junho de 2017.

Observatório SIGA-CEIVAP: <sigaceivap.org.br/observatorioMunicipio>

**Comitê de Integração da Bacia Hidrográfica do Rio Paraíba do Sul.**

Acesso em junho de 2017.

PNUD; Ipea; FPJ. **Atlas do Desenvolvimento Humano no Brasil.** Programa das Nações Unidas para o Desenvolvimento, Instituto de Pesquisa Econômica Aplicada, Fundação João Pinheiro – Governo do Estado de Minas Gerais. 2013.

Disponível em : <atlasbrasil.org.br/2013/>

Acesso em junho de 2017.

**Projeto RSA/The Great Recovery** (THOMAS, Sophie)

<http://www.greatrecovery.org.uk>

Acesso em dezembro de 2017.

## APÊNDICE 1

Tabela completa da relação de áreas e produção total de resíduos heterogêneos dos estabelecimentos grandes geradores de Paraíba do Sul.

Fonte: elaboração própria, 2017.

	<b>CATEGORIA E IDENTIFICAÇÃO DO ESTABELECIMENTO</b>	<b>ÁREA (m<sup>2</sup>)</b>	<b>PRODUÇÃO DE RESÍDUOS (litros / dia)</b>
<b>1</b>	<b>COM. VAREJ. DE HORTIFRUTIGRANJEIROS</b>		
1	68221 CASA THAYNA FRUTAS E LEGUMES LTDA. PRC GARCIA 105 CENTRO	86	
2	71902 OLDEMAR DA COSTA CARVALHO COM. DE HORTIFRUTIGRANJE PRC GARCIA 3 CENTRO	86	
3	80710 E. DOS SANTOS COMERCIO DE HORTIFRUTIGRANJEIROS AVN PREF BENTO G PEREIRA 684 DAS PALHAS	102	
4	232017 RODRIGO CAVADAS MUNDSTEIN 10013142712 RANDOLFO PENNA 683 GRAMA	54	
5	221135 MARIA LEOCADIA PATO DO AMARAL ME MARECHAL CASTELO BRANCO 41 CENTRO	147	
6	231464 TAISA BITENCUR SOARES 13097123792 PREFEITO BENTO GONÇALVES PEREIRA 365 DAS PALHAS	103	
7	235267 LUIS PAULO PEDRA GUEDES 09615209732 MARECHAL CASTELO BRANCO 120 CENTRO	156	
	<b>SOMATÓRIO DE ÁREAS DA CATEGORIA</b>	<b>734</b>	
	<b>PRODUÇÃO TOTAL DIÁRIA DE RESÍDUOS DA CATEGORIA (ÁREA x 0.70 Litros)</b>		<b>513,80</b>
<b>2</b>	<b>COM. VAREJ. HORTALICAS</b>		
8	8391 COMERCIO DE PRODUTOS HORTIGRANJEIROS SACOLAO TUDO PRC GARCIA 28 CENTRO	86	
	<b>PRODUÇÃO TOTAL DIÁRIA DE RESÍDUOS DA CATEGORIA (ÁREA x 0.70 Litros)</b>		<b>60,20</b>
<b>3</b>	<b>COM. VAREJ. MERC. EM GERAL COM PREDOM. ALIMENTOS</b>		
9	3467 JOSE ROBERTO DOS SANTOS RUA RIO DE JANEIRO 46 PARQUE MORONE	237	
10	221309 AECIO VIEIRA DE ARAUJO - MEI GUARAPARI 60 JATOBA	212	
11	225755 LUCAS DA SILVA LOPES 16459088799 BRENO NAZARIO TEIXEIRA 99 BELA VISTA	94	
12	225870 JOAO MARCOS DE SOUZA ARANTES 14685932773 JOSE MIRANDA BASTOS 47 LOJA A DAS PALHAS	125	
	<b>SOMATÓRIO DE ÁREAS DA CATEGORIA</b>	<b>668</b>	
	<b>PRODUÇÃO TOTAL DIÁRIA DE RESÍDUOS DA CATEGORIA (ÁREA x 0.70 Litros)</b>		<b>467,60</b>
<b>4</b>	<b>FORNECIMENTO DE ALIMENTOS PREPARADOS PARA EMPRESAS</b>		
13	223883 DANILO PANOEIRO TEMPONE PREFEITO BENTO GONÇALVES PEREIRA 918 CASA CENTRO	72	
	<b>PRODUÇÃO TOTAL DIÁRIA DE RESÍDUOS DA CATEGORIA (ÁREA x 1.00 Litro)</b>		<b>72,00</b>
<b>5</b>	<b>HOTEL</b>		
14	6668 R. L. DA COSTA ME AVN AYRTON SENNA 516 CENTRO	248	
15	7468 DIJOR NILCLASS BOUTIQUE E LANCHONETE LTDA RUA MAL FLORIANO PEIXOTO 303 CENTRO	640	
16	12559 HOTEL SALUTARIS LTDA AVN JUVENIR F. DE OLIVEIRA 997 GRAMA	609	
17	63842 C. S. P. GOMES HOTEL E Pousada LTDA. ALA PARAIBA 38 CENTRO (POUS. SOSSEGO)	396	
18	68239 CESAR LUIZ RODRIGUES PINTO - ME. PRC GARCIA CENTRO	412	

19	86160 ESTALAGEM DOS GIRASSOIS ARTE E BELEZA LTDA RUA SALDANHA MARINHO 137 LAVA PES	614	
20	92372 L. M. WANG HOTELARIA AVN JUVENIR F. DE OLIVEIRA 176 GRAMA (HOTEL ITAOCA)	1.247	
	<b>SOMATÓRIO DE ÁREAS DA CATEGORIA</b>	<b>4166</b>	
	<b>PRODUÇÃO TOTAL DIÁRIA DE RESÍDUOS DA CATEGORIA (ÁREA x 0.70 Litros)</b>		<b>2916,20</b>
<b>6</b>	<b>LANCHONETE</b>		
21	4374 BELLE'S LANCHONETE E MERCEARIA LTDA ME AVN PREF BENTO G PEREIRA 706 DAS PALHAS	56	
22	5983 R. C. COSTA DOMITH LANCHONETE ME RUA ALFREDO DA C.MATTOS JR. 89 CENTRO	44	
23	6338 LANCHONETE SALGADO E XISTO LTDA RUA HEINZ G G WEIL LOJA 5 CENTRO	72	
24	8581 LAUGIL VITAMINAS E LATICINIOS LTDA PRC GARCIA 16 CENTRO	86	
25	12591 PADARIA E CONFEITARIA BRAGA LEAL RUA TIRADENTES 226 CENTRO	122	
26	63875 ERNANDE CASAIS DA SILVA BAR E MERCEARIA ME. AVN AYRTON SENNA 8 L/01 E 03 CENTRO	114	
27	64006 S. M. P. JR. LANCHES LTDA. PRC GARCIA 105 CENTRO	86	
28	68171 BENDITO DE SOUZA RAMOS PRC GARCIA 200 CENTRO	86	
29	69302 LUIZ EDUARDO DE OLIVEIRA ELMOR. PRC GARCIA 140 CENTRO	86	
30	69971 PAULO ROBERTO FERREIRA. AVN PROV RANDOLFO PENA JR CENTRO	25	
31	71829 ZE COLMEIA DE PARAIBA DO SUL LANCHONETE E RESTAURA AVN AYRTON SENNA 828 LOJA 03 CENTRO	132	
32	72702 TERCILIA S. TRIGUEIRO LANCHONETE ME. AVN MAL. CASTELO BRANCO 129 L/224 CENTRO	55	
33	73395 LUIS ROBERTO BARBOSA DA SILVA ME. PRC MQ DE SAO JOAO MARCOS 175 CENTRO	98	
34	73882 GRONOMICA LANCHONETE LTDA. RUA JOAQUIM A DE OLIVEIRA 11 BELA VISTA	102	
35	74922 JOSE LUIZ DA COSTA BAR E MERCEARIA CANAL AVN JUVENIR F. DE OLIVEIRA 436 L/A GRAMA	214	
36	85852 H. F. WEAGELE SORVETERIA ME RUA ALFREDO DA C.MATTOS JR. 45 LOJA 01 CENTRO	63	
37	85910 MIRIAN CAMPOS FELICIO AVN PREF BENTO G PEREIRA 1179 DAS PALHAS	38	
38	98581 SORVETERIA E LANCHONETE SAO PEDRO E SAO PAULO RUA HEINZ G G WEIL 7 CENTRO	42	
39	98641 C. ROGERIO DIAS CHOPERIA E LANCHONETE ME. PRC MQ DE SAO JOAO MARCOS 245 CENTRO	165	
	<b>SOMATÓRIO DE ÁREAS DA CATEGORIA</b>	<b>1686</b>	
	<b>PRODUÇÃO TOTAL DIÁRIA DE RESÍDUOS DA CATEGORIA (ÁREA x 1.00 Litro)</b>		<b>1686,00</b>
<b>7</b>	<b>LANCHONETES, CASAS DE CHÁ, DE SUCOS E SIMILARES</b>		
40	77644 ACADEMIA G MAIA LTDA - ME RUA LELIO GARCIA 18 CENTRO	48	
41	212647 ALEXSANDRO SILVA DE SOUZA - MEI RUA HUMAITA 155 JATOBA	32	
42	214064 JOSE BITTENCOURT DA SILVA RUA ARISTIDES MAGALHAES 332 AREA B CASA 02 DAS PALHAS	121	
43	220665 ODECIO JOSE DA SILVA JOAQUIM AVELINO DE OLIVEIRA 78 BELA VISTA	76	
44	220939 JOSIANI DE ABREU BARBOZA - MEI MARECHAL CASTELO BRANCO 129 CENTRO	53	
45	221077 ROSILENE MARTINS FRANCO BAPTISTA. - MEI JOAQUIM AVELINO DE OLIVEIRA 10 LOJA 1 BELA VISTA	87	
46	221531 MARILDA LOURENÇO DA SILVA - MEI MARQUES DE SÃO JOÃO MARCOS 175 CENTRO	59	
47	223347 V S DE ARAUJO CASTRO - ME GARCIA 139 CENTRO	86	
48	223479 J. P. COMERCIO DE ALIMENTOS LTDA - ME AYRTON SENNA 664 CENTRO	278	
49	224832 BIANCA GUEDES DA SILVA 13980247759 DO ROSARIO 37 CENTRO	74	

5 0	225904 JOSINETE DOS SANTOS SILVA 50110985591 BARÃO DO PIABANHA 173 CENTRO	90	
5 1	226837 MARCIO DIAS DA SILVA 07981518709 RAN 2 LOJA 01 GRAMA	55	
5 2	227173 APARECIDA DAS GRAÇAS DOS SANTOS SOUZA 02337074765 CHILE 18 PARQUE MORONE	39	
5 3	227850 VANILDA DE ALMEIDA CHRISPIM 06850436732 GARCIA 139 CENTRO	86	
5 4	228296 CHARLES ARAUJO DE SA 00208741704 PROVEDOR RANDOLFO PENA JUNIOR 54 CENTRO	72	
5 5	229658 ALAN CLAUDIO DO VALE GUIMARAES 10837332737 MARQUES DE SAO JOAO MARCOS 239 CASA 1 CENTRO	45	
5 6	229898 AF 10 COMERCIO DE ALIMENTOS FAST FOOD LTDA EPP HERBERT DE SOUZA 5 CENTRO (SUBWAY)	115	
5 7	230045 MONICA BASTOS MELLO ROSA 14466697850 SÃO PEDRO E SÃO PAULO 15 QUIOSQUE CENTRO (CALDO)	58	
5 8	230797 ANDERSON DE AQUINO BARBOSA 14232285709 JOAQUIM CUNHA 730 DAS PALHAS	32	
5 9	231142 MICHELLE SANTANA MAQUINE 10403195721 GARCIA 96 LOJA 04 CENTRO	38	
6 0	232231 MANOELA GONCALVES MONTEIRO 14009756705 RANDOLFO PENNA 584 JATOBA	60	
6 1	232280 ANA PAULA GOMES MATIAS 11622168755 JAGUARI 197 JATOBA	42	
6 2	233270 DAMARIS DA ROCHA CARVALHO E SILVA 07194060728 ALFREDO DA C MATTOS JUNIOR 110 D CENTRO	35	
6 3	233676 VALCEMIR FERNANDES SANTOS 13731310716 LUIZ AZEVEDO 47 GRAMA	56	
6 4	233841 ROSANA BANDEIRA DOS SANTOS REZENDE 13135860728 ALEXANDRE ABRAHAO 29 CENTRO	34	
6 5	233957 LAURA CELLY NOBREGA DAVID 04824975484 JOSE MORONE 59 LAVA PES	78	
6 6	234088 J. L. BAPTISTA LANCHONETE - ME MARECHAL CASTELO BRANCO 280 CENTRO	34	
6 7	234435 FRANCISCO PEDRO DE ARAUJO FILHO 67864775772 GARCIA 126 GALPÃO CENTRO	237	
6 8	235358 JOAO CARLOS PIFANIO COUTO 08321062750 JOAQUIM CUNHA 29 DAS PALHAS	78	
6 9	236778 MARCO ANTONIO DE ARAUJO 07759021798 CURUPAITI 389 DAS PALHAS	125	
	<b>SOMATÓRIO DE ÁREAS DA CATEGORIA</b>	<b>2323</b>	
	<b>PRODUÇÃO TOTAL DIÁRIA DE RESÍDUOS DA CATEGORIA (ÁREA x 1.00 Litro)</b>		<b>2323,00</b>
<b>8</b>	<b>MINIMERCADO</b>		
7 0	69344 MERCADINHO NICODEM'OS LTDA. AVN AYRTON SENNA 674 CENTRO	342	
	<b>PRODUÇÃO TOTAL DIÁRIA DE RESÍDUOS DA CATEGORIA (ÁREA x 0.70 Litros)</b>		<b>239,40</b>
<b>9</b>	<b>PENSAO ALIMENTICIA</b>		
7 1	89928 MONICA DE LIMA CORDEIRO BASTOS AVN AYRTON SENNA 420 CENTRO (PAVE & CUME)	147	
7 2	90130 EDUARDO DA FONSECA BARROS COMERCIO E REPRESENTACAO - ME PRC HERBERT DE SOUZA 10 BOX 03 CENTRO (PENSÃO CAYANA)	115	
	<b>SOMATÓRIO DE ÁREAS DA CATEGORIA</b>	<b>262</b>	
	<b>PRODUÇÃO TOTAL DIÁRIA DE RESÍDUOS DA CATEGORIA (ÁREA x 1.00 Litro)</b>		<b>262,00</b>
<b>1 0</b>	<b>PIZZARIA</b>		
7 3	72496 SERGIO AMERICO SILVA PIZZARIA E RESTAURANTE ME. PRC GARCIA 29 CENTRO	205	
7 4	92427 PIZZARIA E LANCHONETE JAMELAO LTDA. AVN MAL. CASTELO BRANCO 354 CENTRO	196	
	<b>SOMATÓRIO DE ÁREAS DA CATEGORIA</b>	<b>401</b>	
	<b>PRODUÇÃO TOTAL DIÁRIA DE RESÍDUOS DA CATEGORIA (ÁREA x 1.00 Litro)</b>		<b>401,00</b>

1 1	<b>RESTAURANTES E SIMILARES</b>		
7 5	67207 BRASAL EMPRESA BRASILEIRA DE ALIMENTACAO LTDA TRV GUIMARAES 15 DAS PALHAS	134	
7 6	68130 BARRAKASA BAR E RESTAURANTE LTDA ME. AVN PREF BENTO G PEREIRA 572 DAS PALHAS (CEDRUS)	255	
7 7	80762 MARIA E PAULA DE PARAIBA DO SUL LANCHES LTDA ME PRC GARCIA 125 LOJA 01 CENTRO	86	
7 8	80791 RESTAURANTE CHOPERIA E PIZZARIA NAVARRETE AVN AYRTON SENNA 384 CENTRO	193	
7 9	86123 RESTAURANTE DOM MIGUEL DE PARAIBA DO SUL LTDA PRC HERBERT DE SOUZA 5 QUIOSQUE CENTRO	115	
8 0	90770 RESTAURANTE, CHOPERIA E PIZZARIA COZART LTDA ME AVN AYRTON SENNA 348 CENTRO	145	
8 1	91220 LANCHONETE PRIMEIRO PISO LTDA ME. AVN MAL. CASTELO BRANCO 129 LOJA 115 CENTRO	46	
8 2	98082 MORAES E FURTADO RESTAURANTE LTDA. PRC GARCIA 13 CENTRO	86	
8 3	98650 PIZZALAR BAR E RESTAURANTE LTDA ME. PRC HERBERT DE SOUZA 5 QUIOSQUE CENTRO	115	
8 4	220913 CARLOS HENRIQUE PAULINO 61976881749 RUA MARECHAL CASTELO BRANCO 164 CENTRO	67	
8 5	222745 PIZZARIA GOURMET E GRIL LTDA - ME RANDOLFO PENNA 1038 JATOBA	78	
8 6	229609 RESTAURANTE DELICIAS DA TIA NANINHA LTDA - M PREFEITO BENTO GONCALVES PEREIRA 201 CENTRO	210	
8 7	230151 COMERCIAL OASIS ENTERPRISE LTDA - ME MARECHAL CASTELO BRANCO 720 CENTRO	187	
8 8	230482 IVAN SOARES VAZ - ME TIRADENTES 8 CENTRO	63	
8 9	230706 ROMEU CASA DE MASSAS LTDA ME DAS OLIVEIRAS 18 GRAMA	267	
9 0	231399 NATI RESTAURANTE LTDA ME AYRTON SENNA 604 CENTRO	134	
9 1	232405 VITORIA MARIA DA FONSECA FIGUEIRA 01483503720 AUGUSTO DA SILVA PINTO 205 LOJA BROCOTO	76	
9 2	234591 ARIANE ARAGAO MACHADO 13185709721 SEPETIBA 85 NIAGARA	39	
9 3	234740 JOSE EDUARDO NOVAES ANDRADE 00599300710 CHILE 36 LOJA PARQUE MORONE	50	
	<b>SOMATÓRIO DE ÁREAS DA CATEGORIA</b>	<b>2346</b>	
	<b>PRODUÇÃO TOTAL DIÁRIA DE RESÍDUOS DA CATEGORIA (ÁREA x 1.00 Litro)</b>		<b>2346,00</b>
1 2	<b>SUPERMERCADO</b>		
9 4	1545 ELPIDIO & FILHOS LTDA AVN RANDOLFO PENNA-SETOR A 765 GRAMA (SUL-PARAIBANO)	1.035	
9 5	6254 CEREAIS BRAMIL LTDA - PV 05 PRC MQ DE SAO JOAO MARCOS 86 CENTRO	912	
	<b>SOMATÓRIO DE ÁREAS DA CATEGORIA</b>	<b>1.947</b>	
	<b>PRODUÇÃO TOTAL DIÁRIA DE RESÍDUOS DA CATEGORIA (ÁREA x 0.70 Litros)</b>		<b>1362,90</b>
	<b>TOTAL DE RESÍDUOS HETEROGÊNEOS DE TODAS AS CATEGORIAS (litros/dia)</b>		<b>12650,10</b>

## ANEXO 1

Reprodução de COMLURB (2004, p.20).

Tabela constante no Anexo 2 da norma “Sistema de Manuseio do Lixo Domiciliar em Edificações – Especificações Técnicas”, da COMLURB, indicando a geração de resíduos (em litros/m<sup>2</sup>) para cada tipo de construção.

<b>Tipo de Construção</b>	<b>Classe de Geração</b>	<b>Geração de Lixo (litros / m<sup>2</sup>)</b>
<b>UNIDADES RESIDENCIAIS</b>		
Residências de Alto Luxo	Baixa	0,10
Residências de Padrão Médio e Populares	Normal	0,30
<b>UNIDADES COMERCIAIS</b>		
Escritórios Administrativos	Normal	0,30
Lojas em Geral	Alta	0,70
Confecções de Roupas e Artesanatos	Muito Alta	1,00
Copiadoras e Gráficas	Muito Alta	1,00
<b>HOTELARIA</b>		
Motéis, Hospedagens, Pousadas e Estalagens	Alta	0,70
Apart-hotéis	Alta	0,70
Hotéis e Pensões	Muito Alta	1,00
<b>BARES E RESTAURANTES</b>		
Bares, Restaurantes, Lanchonetes e Similares	Muito Alta	1,00
<b>ESTABELECIMENTOS DE ENSINO</b>		
Colégios e Escolas	Normal	0,30
Cursos	Normal	0,30
Faculdades e Universidades	Normal	0,30
Creches, Maternais e Jardins de Infância	Alta	0,70
<b>UNIDADES DE TRATO DE SAÚDE</b>		
Consultórios, Ambulatórios e Enfermarias	Normal	0,30
Asilos e Casas de Repouso	Normal	0,30
Farmácias	Alta	0,70
Clínicas Médicas e Veterinárias	Alta	0,70
Prontos Socorros e Postos de Assistência Médica	Alta	0,70
Hospitais e Maternidades	Muito Alta	1,00
<b>LAZER E DIVERSÃO</b>		
Jardins, Parques, Gramados e Áreas de Lazer	Baixa	0,10
Bibliotecas, Museus e Galerias de Arte	Baixa	0,10
Quadras Poliesportivas sem Arquibancadas	Baixa	0,10
Quadras Poliesportivas com Arquibancadas	Alta	0,70
Academias de Ginástica e Esportivas	Alta	0,70
Cinemas e Teatros	Muito Alta	1,00
Estádios e Ginásios Esportivos	Muito Alta	1,00
Parques Aquáticos, Temáticos e de Diversão	Muito Alta	1,00
Pavilhões e Centros de Exposição	Muito Alta	1,00
<b>UNIDADES FABRIS</b>		
Fábricas e Indústrias em Geral	Muito Alta	1,00
<b>PARQUEAMENTOS E CONGÊNERES</b>		
Garagens Fechadas e Estacionamentos	Baixa	0,10
Oficinas e Postos de Gasolina	Alta	0,70
<b>OUTRAS EDIFICAÇÕES</b>		
Auditórios	Baixa	0,10
Templos Religiosos	Baixa	0,10

AGÊNCIA NACIONAL DO PETRÓLEO, GÁS NATURAL E BIOCOMBUSTÍVEIS - ANP  
 COORDENADORIA DE DEFESA DA CONCORRÊNCIA  
 SISTEMA DE LEVANTAMENTO DE PREÇOS  
 Síntese dos Preços Praticados - RIO DE JANEIRO  
 Resumo II - Diesel RS/l  
 Período: De 22/10/2017 a 28/10/2017

MUNICÍPIO	Nº DE POSTOS PESQUISADOS	DADOS MUNICÍPIO											
		Preço ao Consumidor						Preço Distribuidora					
		PREÇO MÉDIO	DESVIO PADRÃO	PREÇO MÍNIMO	PREÇO MÁXIMO	MARGEM MÉDIA	PREÇO MÉDIO	DESVIO PADRÃO	PREÇO MÍNIMO	PREÇO MÁXIMO	PREÇO MÉDIO	DESVIO PADRÃO	PREÇO MÍNIMO
ARARUAMA	6	3,376	0,038	3,299	3,398	0,38	2,996	0	2,996	2,996	0	2,996	2,996
BARRA MANSA	9	3,416	0,129	3,199	3,599	0,485	2,931	0,06	2,862	2,973	0,06	2,862	2,973
CABO FRIO	3	3,521	0,07	3,465	3,599	0,561	2,96	0	2,96	2,96	0	2,96	2,96
DUQUE DE CAXIAS	16	3,305	0,089	3,199	3,419	0,375	2,93	0,093	2,826	3,076	0,093	2,826	3,076
ITAGUAI	5	3,271	0,12	3,189	3,479	0,401	2,87	0,052	2,824	2,943	0,052	2,824	2,943
MACAE	6	3,443	0,12	3,29	3,549	0,478	2,965	0	2,965	2,965	0	2,965	2,965
MARICA	5	3,217	0,184	3,019	3,499	0,26	2,957	0,13	2,829	3,089	0,13	2,829	3,089
NITEROI	3	3,432	0,058	3,398	3,499	0,487	2,946	0,025	2,917	2,961	0,025	2,917	2,961
NOVA IGUAÇU	10	3,32	0,087	3,179	3,399	0,378	2,942	0,098	2,777	3,047	0,098	2,777	3,047
RESENDE	2	3,347	0,074	3,295	3,399	-	-	-	-	-	-	-	-
RIO DE JANEIRO	15	3,305	0,133	3,099	3,499	0,367	2,938	0,061	2,828	3,039	0,061	2,828	3,039
SANTO ANTONIO DE PADUA	5	3,243	0,177	3,09	3,449	0,398	2,845	0,107	2,769	2,921	0,107	2,769	2,921
SAO GONCALO	13	3,383	0,082	3,295	3,599	0,386	2,996	0,1	2,862	3,182	0,1	2,862	3,182
SAPUCAIA	10	3,193	0,061	3,149	3,349	0,304	2,889	0,071	2,822	3,004	0,071	2,822	3,004
TERESOPOLIS	6	3,264	0,08	3,199	3,397	0,32	2,944	0,107	2,834	3,08	0,107	2,834	3,08
VALENCA	6	3,508	0,171	3,299	3,789	0,58	2,928	0	2,928	2,928	0	2,928	2,928

Data de Emissão: 04/11/2017

## ANEXO 3

Relatório de empresas por atividade, obtido junto ao Cadastro Municipal de Empresas (endereços) e ao Cadastro de IPTU (metragens) - Prefeitura Municipal de Paraíba do Sul.

### PREFEITURA MUNICIPAL DE PARAÍBA DO SUL ESTADO DO RIO DE JANEIRO

#### RELATÓRIO DE EMPRESAS POR ATIVIDADE

##### COM. VAREJ. DE HORTIFRUTIGRANJEIROS

68221 CASA THAYNA FRUTAS E LEGUMES LTDA. PRC GARCIA 105 CENTRO	86 M2
71902 OLDEMAR DA COSTA CARVALHO COM. DE HORTIFRUTIGRANJE PRC GARCIA 3 CENTRO	86 M2
80710 E. DOS SANTOS COMERCIO DE HORTIFRUTIGRANJEIROS AVN PREF BENTO G PEREIRA 684 DAS PALHAS	102 M2
232017 RODRIGO CAVADAS MUNDSTEIN 10013142712 RANDOLFO PENNA 683 GRAMA	54 M2

##### COMERCIO VAREJISTA DE HORTIFRUTIGRANGEIROS

221135 MARIA LEOCADIA PATO DO AMARAL ME MARECHAL CASTELO BRANCO 41 CENTRO	147 M2
231464 TAIASA BITENCUR SOARES 13097123792 PREFEITO BENTO GONÇALVES PEREIRA 365 DAS PALHAS	103 M2
235267 LUIS PAULO PEDRA GUEDES 09615209732 MARECHAL CASTELO BRANCO 120 CENTRO	156 M2

##### COM. VAREJ. HORTALICAS

8391 COMERCIO DE PRODUTOS HORTIGRANJEIROS SACOLAO TUDO PRC GARCIA 28 CENTRO	86 M2
---	-------

##### COM. VAREJ. MERC. EM GERAL COM PREDOM. ALIMENTOS

3467 JOSE ROBERTO DOS SANTOS RUA RIO DE JANEIRO 46 PARQUE MORONE	237 M2
221309 AECIO VIEIRA DE ARAUJO - MEI GUARAPARI 60 JATOBA	212 M2
225755 LUCAS DA SILVA LOPES 16459088799 BRENO NAZARIO TEIXEIRA 99 BELA VISTA	94 M2
225870 JOAO MARCOS DE SOUZA ARANTES 14685932773 JOSE MIRANDA BASTOS 47 LOJA A DAS PALHAS	125 M2

##### FORNECIMENTO DE ALIMENTOS PREPARADOS PARA EMPRESAS

223883 DANILO PANOIRO TEMPONE PREFEITO BENTO GONÇALVES PEREIRA 918 CASA CENTRO	72 M2
--	-------

##### HOTEL

6668 R. L. DA COSTA ME AVN AYRTON SENNA 516 CENTRO	248 M2
7468 DIJOR NILCLASS BOUTIQUE E LANCHONETE LTDA RUA MAL FLORIANO PEIXOTO 303 CENTRO	640 M2
12559 HOTEL SALUTARIS LTDA AVN JUVENIR F. DE OLIVEIRA 997 GRAMA	609 M2
63842 C. S. P. GOMES HOTEL E Pousada LTDA. ALA PARAIBA 38 CENTRO (POUS. SOSSEGO)	396 M2
68239 CESAR LUIZ RODRIGUES PINTO - ME. PRC GARCIA CENTRO	412 M2
86160 ESTALAGEM DOS GIRASSOIS ARTE E BELEZA LTDA RUA SALDANHA MARINHO 137 LAVA PES	614 M2
92372 L. M. WANG HOTELARIA AVN JUVENIR F. DE OLIVEIRA 176 GRAMA (HOTEL ITAOCA)	1.247 M2

##### LANCHONETE

4374 BELLE'S LANCHONETE E MERCEARIA LTDA ME AVN PREF BENTO G PEREIRA 706 DAS PALHAS	56 M2
5983 R. C. COSTA DOMITH LANCHONETE ME RUA ALFREDO DA C.MATTOS JR. 89 CENTRO	44 M2
6338 LANCHONETE SALGADO E XISTO LTDA RUA HEINZ G G WEIL LOJA 5 CENTRO	72 M2
8581 LAUGIL VITAMINAS E LATICINIOS LTDA PRC GARCIA 16 CENTRO	86 M2
12591 PADARIA E CONFEITARIA BRAGA LEAL RUA TIRADENTES 226 CENTRO	122 M2
63875 ERNANDE CASAIS DA SILVA BAR E MERCEARIA ME. AVN AYRTON SENNA 8 L/01 E 03 CENTRO	114 M2
64006 S. M. P. JR. LANCHES LTDA. PRC GARCIA 105 CENTRO	86 M2
68171 BENDITO DE SOUZA RAMOS PRC GARCIA 200 CENTRO	86 M2
69302 LUIZ EDUARDO DE OLIVEIRA ELMOR. PRC GARCIA 140 CENTRO	86 M2
69971 PAULO ROBERTO FERREIRA. AVN PROV RANDOLFO PENA JR CENTRO	25 M2
71829 ZE COLMEIA DE PARAIBA DO SUL LANCHONETE E RESTAURA AVN AYRTON SENNA 828 LOJA 03 CENTRO	132 M2
72702 TERCILIA S. TRIGUEIRO LANCHONETE ME. AVN MAL. CASTELO BRANCO 129 L/224 CENTRO	55 M2
73395 LUIS ROBERTO BARBOSA DA SILVA ME. PRC MQ DE SAO JOAO MARCOS 175 CENTRO	98 M2
73882 GRONOMICA LANCHONETE LTDA. RUA JOAQUIM A DE OLIVEIRA 11 BELA VISTA	102 M2
74922 JOSE LUIZ DA COSTA BAR E MERCEARIA CANAL AVN JUVENIR F. DE OLIVEIRA 436 L/A GRAMA	214 M2
85852 H. F. WEAGLE SORVETERIA ME RUA ALFREDO DA C.MATTOS JR. 45 LOJA 01 CENTRO	63 M2
85910 MIRIAN CAMPOS FELICIO AVN PREF BENTO G PEREIRA 1179 DAS PALHAS	38 M2
98581 SORVETERIA E LANCHONETE SAO PEDRO E SAO PAULO RUA HEINZ G G WEIL 7 CENTRO	42 M2
98641 C. ROGERIO DIAS CHOPERIA E LANCHONETE ME. PRC MQ DE SAO JOAO MARCOS 245 CENTRO	165 M2

##### LANCHONETES, CASAS DE CHÁ, DE SUCOS E SIMILARES

77644 ACADEMIA G MAIA LTDA - ME RUA LELIO GARCIA 18 CENTRO	48 M2
212647 ALEXSANDRO SILVA DE SOUZA - MEI RUA HUMAITA 155 JATOBA	32 M2
214064 JOSE BITTENCOURT DA SILVA RUA ARISTIDES MAGALHAES 332 AREA B CASA 02 DAS PALHAS	121 M2
220665 ODECIO JOSE DA SILVA JOAQUIM AVELINO DE OLIVEIRA 78 BELA VISTA	76 M2
220939 JOSIANI DE ABREU BARBOZA - MEI MARECHAL CASTELO BRANCO 129 CENTRO	53 M2
221077 ROSILENE MARTINS FRANCO BAPTISTA. - MEI JOAQUIM AVELINO DE OLIVEIRA 10 LOJA 1 BELA VISTA	87 M2
221531 MARILDA LOURENÇO DA SILVA - MEI MARQUES DE SÃO JOÃO MARCOS 175 CENTRO	59 M2
223347 V S DE ARAUJO CASTRO - ME GARCIA 139 CENTRO	86 M2
223479 J. P. COMERCIO DE ALIMENTOS LTDA - ME AYRTON SENNA 664 CENTRO	278 M2
224832 BIANCA GUEDES DA SILVA 13980247759 DO ROSARIO 37 CENTRO	74 M2

225904 JOSINETE DOS SANTOS SILVA 50110985591 BARÃO DO PIABANHA 173 CENTRO	90 M2
226837 MARCIO DIAS DA SILVA 07981518709 RAN 2 LOJA 01 GRAMA	55 M2
227173 APARECIDA DAS GRAÇAS DOS SANTOS SOUZA 02337074765 CHILE 18 PARQUE MORONE	39 M2
227850 VANILDA DE ALMEIDA CHRISPIM 06850436732 GARCIA 139 CENTRO	86 M2
228296 CHARLES ARAUJO DE SA 00208741704 PROVEDOR RANDOLFO PENA JUNIOR 54 CENTRO	72 M2
229658 ALAN CLAUDIO DO VALE GUIMARAES 10837332737 MARQUES DE SAO JOAO MARCOS 239 CASA 1 CENTRO	45 M2
229898 AF 10 COMERCIO DE ALIMENTOS FAST FOOD LTDA EPP HERBERT DE SOUZA 5 CENTRO (SUBWAY)	115 M2
230045 MONICA BASTOS MELLO ROSA 14466697850 SÃO PEDRO E SÃO PAULO 15 QUIOSQUE CENTRO (CALDO)	58 M2
230797 ANDERSON DE AQUINO BARBOSA 14232285709 JOAQUIM CUNHA 730 DAS PALHAS	32 M2
231142 MICHELLE SANTANA MAQUINE 10403195721 GARCIA 96 LOJA 04 CENTRO	38 M2
232231 MANOELA GONCALVES MONTEIRO 14009756705 RANDOLFO PENNA 584 JATOBA	60 M2
232280 ANA PAULA GOMES MATIAS 11622168755 JAGUARI 197 JATOBA	42 M2
233270 DAMARIS DA ROCHA CARVALHO E SILVA 07194060728 ALFREDO DA C MATTOS JUNIOR 110 D CENTRO	35 M2
233676 VALCEMIR FERNANDES SANTOS 13731310716 LUIZ AZEVEDO 47 GRAMA	56 M2
233841 ROSANA BANDEIRA DOS SANTOS REZENDE 13135860728 ALEXANDRE ABRAHAO 29 CENTRO	34 M2
233957 LAURA CELLY NOBREGA DAVID 04824975484 JOSE MORONE 59 LAVA PES	78 M2
234088 J. L. BAPTISTA LANCHONETE - ME MARECHAL CASTELO BRANCO 280 CENTRO	34 M2
234435 FRANCISCO PEDRO DE ARAUJO FILHO 67864775772 GARCIA 126 GALPÃO CENTRO	237 M2
235358 JOAO CARLOS PIFANIO COUTO 08321062750 JOAQUIM CUNHA 29 DAS PALHAS	78 M2
236778 MARCO ANTONIO DE ARAUJO 07759021798 CURUPAITI 389 DAS PALHAS	125 M2

**MINIMERCADO**

69344 MERCADINHO NICODEM'OS LTDA. AVN AYRTON SENNA 674 CENTRO	342 M2
---	--------

**PENSAO ALIMENTICIA**

89928 MONICA DE LIMA CORDEIRO BASTOS AVN AYRTON SENNA 420 CENTRO (PAVE & CUME)	147 M2
90130 EDUARDO DA FONSECA BARROS COMERCIO E REPRESENTACAO - ME PRC HERBERT DE SOUZA 10 BOX 03 CENTRO (PENSÃO CAYANA)	115 M2

**PIZZARIA**

72496 SERGIO AMERICO SILVA PIZZARIA E RESTAURANTE ME. PRC GARCIA 29 CENTRO	205 M2
92427 PIZZARIA E LANCHONETE JAMELÃO LTDA. AVN MAL. CASTELO BRANCO 354 CENTRO	196 M2

**RESTAURANTES E SIMILARES**

67207 BRASAL EMPRESA BRASILEIRA DE ALIMENTACAO LTDA TRV GUIMARAES 15 DAS PALHAS	134 M2
68130 BARRAKASA BAR E RESTAURANTE LTDA ME. AVN PREF BENTO G PEREIRA 572 DAS PALHAS (CEDRUS)	255 M2
80762 MARIA E PAULA DE PARAIBA DO SUL LANCHES LTDA ME PRC GARCIA 125 LOJA 01 CENTRO	86 M2
80791 RESTAURANTE CHOPERIA E PIZZARIA NAVARRETE AVN AYRTON SENNA 384 CENTRO	193 M2
86123 RESTAURANTE DOM MIGUEL DE PARAIBA DO SUL LTDA PRC HERBERT DE SOUZA 5 QUIOSQUE CENTRO	115 M2
90770 RESTAURANTE, CHOPERIA E PIZZARIA COZART LTDA ME AVN AYRTON SENNA 348 CENTRO	145 M2
91220 LANCHONETE PRIMEIRO PISO LTDA ME. AVN MAL. CASTELO BRANCO 129 LOJA 115 CENTRO	46 M2
98082 MORAES E FURTADO RESTAURANTE LTDA. PRC GARCIA 13 CENTRO	86 M2
98650 PIZZALAR BAR E RESTAURANTE LTDA ME. PRC HERBERT DE SOUZA 5 QUIOSQUE CENTRO	115 M2
220913 CARLOS HENRIQUE PAULINO 61976881749 RUA MARECHAL CASTELO BRANCO 164 CENTRO	67 M2
222745 PIZZARIA GOURMET E GRIL LTDA - ME RANDOLFO PENNA 1038 JATOBA	78 M2
229609 RESTAURANTE DELICIAS DA TIA NANINHA LTDA - M PREFEITO BENTO GONCALVES PEREIRA 201 CENTRO	210 M2
230151 COMERCIAL OASIS ENTERPRISE LTDA - ME MARECHAL CASTELO BRANCO 720 CENTRO	187 M2
230482 IVAN SOARES VAZ - ME TIRADENTES 8 CENTRO	63 M2
230706 ROMEO CASA DE MASSAS LTDA ME DAS OLIVEIRAS 18 GRAMA	267 M2
231399 NATI RESTAURANTE LTDA ME AYRTON SENNA 604 CENTRO	134 M2
232405 VITORIA MARIA DA FONSECA FIGUEIRA 01483503720 AUGUSTO DA SILVA PINTO 205 LOJA BROCCOTO	76 M2
234591 ARIANE ARAGAO MACHADO 13185709721 SEPETIBA 85 NIAGARA	39 M2
234740 JOSE EDUARDO NOVAES ANDRADE 00599300710 CHILE 36 LOJA PARQUE MORONE	50 M2

**SUPERMERCADO**

1545 ELPIDIO & FILHOS LTDA AVN RANDOLFO PENNA-SETOR A 765 GRAMA (SUL-PARAIBANO)	1.035 M2
6254 CEREAIS BRAMIL LTDA - PV 05 PRC MQ DE SAO JOAO MARCOS 86 CENTRO	912 M2

---

*Sistema Tributário*  
Emissão: 23/03/2017 as 08:44:21

---

Observação: Esta lista foi produzida com informações do cadastro municipal de empresas do município de Paraiba do Sul (emitido em 23/03/2017), e também dados das metragens provenientes do IPTU municipal (consulta pessoal durante o mês de outubro de 2017). Os nomes-fantasia de alguns estabelecimentos foram incluídos em pela autora, para facilitar a busca e conferência de dados.

## ANEXO 4

Correção monetária do valor para disposição final de resíduos em aterro, por tonelada.

Período: 2008 a 2017.

Índice de Preços ao Consumidor Amplo (IPCA/IBGE).

26/10/2017

BCB - Calculadora do cidadão



Calculadora do cidadão

Acesso público  
26/10/2017 - 19:30

Início → Calculadora do cidadão → Correção de valores

[CALFW0302]

### Resultado da Correção pelo IPC-A (IBGE)

#### Dados básicos da correção pelo IPC-A (IBGE)

##### Dados informados

Data inicial	10/2008
Data final	09/2017
Valor nominal	R\$ 54,25 ( REAL )

##### Dados calculados

Índice de correção no período	1,6986886
Valor percentual correspondente	69,8688600 %
Valor corrigido na data final	R\$ 92,15 ( REAL )