



**UNIVERSIDADE FEDERAL DO PARÁ  
CENTRO TECNOLÓGICO  
PROGRAMA DE PÓS-GRADUAÇÃO EM ENGENHARIA CIVIL**

**Paulo Fernando Norat Carneiro**

**CARACTERIZAÇÃO E AVALIAÇÃO DA  
POTENCIALIDADE ECONÔMICA DA COLETA  
SELETIVA E RECICLAGEM DOS RESÍDUOS SÓLIDOS  
DOMICILIARES GERADOS NOS MUNICÍPIOS DE  
BELÉM E ANANINDEUA - PA**

**Belém**

**2006**

**PAULO FERNANDO NORAT CARNEIRO**

**CARACTERIZAÇÃO E AVALIAÇÃO DA  
POTENCIALIDADE ECONÔMICA DA COLETA  
SELETIVA E RECICLAGEM DOS RESÍDUOS SÓLIDOS  
DOMICILIARES GERADOS NOS MUNICÍPIOS DE  
BELÉM E ANANINDEUA - PA**

Dissertação apresentada para a  
obtenção do grau de Mestre em  
Engenharia Civil, Centro  
Tecnológico, Universidade Federal  
do Pará.

Área de concentração: Hidráulica e  
Saneamento.

Orientador: Prof. Dr. José Almir  
Rodrigues Pereira

**Belém**

**2006**

Dados internacionais de catalogação-na-publicação (CIP),  
Biblioteca do Núcleo de Meio Ambiente/ UFPA, Belém – PA.

---

Carneiro, Paulo Fernando Norat

Caracterização e avaliação da potencialidade econômica da coleta seletiva e reciclagem dos resíduos sólidos domiciliares gerados nos municípios de Belém e Ananindeua - PA./ Paulo Fernando Norat Carneiro; orientador: José Almir Rodrigues Pereira. \_\_ Belém, 2006.

Dissertação (Mestrado em Engenharia Civil) – Centro Tecnológico,  
Universidade Federal do Pará, Belém, 2006.

1. Lixo – Eliminação – Belém (PA). 2. Lixo – Eliminação – Ananindeua (PA). 3. Limpeza pública – Belém (PA). 4. Limpeza pública – Ananindeua (PA). 4. Resíduos sólidos. I. Título.

CDD 21. ed. 363728098115

---

**Paulo Fernando Norat Carneiro**

**CARACTERIZAÇÃO E AVALIAÇÃO DA  
POTENCIALIDADE ECONÔMICA DA COLETA  
SELETIVA E RECICLAGEM DOS RESÍDUOS SÓLIDOS  
DOMICILIARES GERADOS NOS MUNICÍPIOS DE  
BELÉM E ANANINDEUA - PA**

Dissertação apresentada para a  
obtenção do grau de Mestre em  
Engenharia Civil, Centro  
Tecnológico, Universidade Federal  
do Pará.  
Área de concentração: Hidráulica e  
Saneamento.

Data de aprovação: 21/12/2006

Banca Examinadora

\_\_\_\_\_ - Orientador

José Almir Rodrigues Pereira  
Doutor em Hidráulica e Saneamento  
Universidade Federal do Pará

\_\_\_\_\_

Alan Cavalcanti da Cunha  
Doutor em Hidráulica e Saneamento  
Universidade Federal do Amapá e Instituto de Pesquisas Científicas e Tecnológicas do Amapá

\_\_\_\_\_

Lindenberg Lima Fernandes  
Doutor em Desenvolvimento Sócio-Ambiental  
Universidade Federal do Pará

Para minha querida esposa **Mary Lia**, minhas  
mães **Laura Carneiro** e **Laura Santos** e  
meus filhos **Paulo Fernando** e **Ricardo  
Augusto**.

## AGRADECIMENTOS

Primeiro ao DEUS TRINO (PAI, FILHO E ESPÍRITO SANTO), por ter me criado, ter me redimido e que me anima constantemente.

Aos meus queridos e saudosos Pai Bianor e Mãe Laura que me conceberam e me criaram dentro de uma retidão de caráter.

Aos meus irmãos Bianor, Laura e Roberto, pelo eterno convívio harmonioso e de compreensão mútua.

À minha querida esposa Mary Lia pelo constante incentivo e amor que me dedica.

Aos meus filhos Paulo e Ricardo que me ajudam, no dia a dia, a crescer em sabedoria.

Ao meu orientador Prof. Dr. José Almir Rodrigues Pereira, pelas sábias orientações que sem elas não seria possível a realização e conclusão deste trabalho.

Aos meus colegas professores e engenheiros, pelo constante aprendizado que recebo.

Aos meus alunos pelo carinho e colaboração neste trabalho, em especial à Andréa Braga, Maria Beatriz Rijo, Carlos Alberto da Silva Jr., Ana Carolina Ferreira, Dennis de Aquino, Elisângela Gomes, Francisco Pessoa, Leandro dos Santos e Rejane Costa.

À Profa. e amiga Maria de Valdivia C. N. Gomes, pela ajuda com a língua inglesa.

À Profa. e colega Marise Condurú, pela revisão das normas técnicas.

À Profa. Maria de Lourdes Souza Santos, pela ajuda na revisão estatística dos dados deste trabalho.

À aluna Ellen Karla da Silva Pereira, pela grande ajuda com os mapas.

Ao Engenheiro e colega Valdinei Mendes da Silva, pela grande ajuda na formatação deste trabalho.

Ao Engenheiro e colega Gilberto Caldeira Barreto, pela grande ajuda na elaboração dos gráficos deste trabalho.

O Gerenciamento Integrado de Resíduos Sólidos Urbanos deve levar em consideração as características das fontes de produção, o volume e os tipos de resíduos.(José H. Penido Monteiro)

## SUMÁRIO

<b>RESUMO</b>	<b>09</b>
<b>ABSTRACT</b>	<b>10</b>
<b>LISTA DE ILUSTRAÇÕES</b>	<b>11</b>
<b>LISTA DE TABELAS</b>	<b>15</b>
<b>LISTA DE ABREVIATURAS, SIGLAS E SÍMBOLOS</b>	<b>18</b>
<b>1 INTRODUÇÃO</b>	<b>19</b>
<b>2 OBJETIVOS</b>	<b>21</b>
2.1 OBJETIVO GERAL	21
2.2 OBJETIVOS ESPECÍFICOS	21
<b>3 REVISÃO DA LITERATURA</b>	<b>22</b>
3.1 CONSIDERAÇÕES GERAIS SOBRE RESÍDUOS SÓLIDOS	22
3.2 CARACTERÍSTICAS DOS RESÍDUOS SÓLIDOS	26
3.3 CLASSIFICAÇÃO DE RESÍDUOS SÓLIDOS	29
3.4 GERENCIAMENTO DE RESÍDUOS SÓLIDOS	32
<b>3.4.1 Geração de resíduos sólidos</b>	<b>32</b>
<b>3.4.2 Acondicionamento de resíduos sólidos</b>	<b>32</b>
<b>3.4.3 Coleta e transporte de resíduos sólidos</b>	<b>35</b>
3.4.3.1 Coleta e transporte de resíduos domiciliares	36
3.4.3.2 Coleta e transporte de resíduos públicos	39
3.4.3.3 Coleta e transporte de resíduos de serviços de saúde	39
<b>3.4.4 Veículos para coleta de resíduos sólidos</b>	<b>40</b>
<b>3.4.5 Estação de transbordo ou transferência</b>	<b>42</b>
<b>3.4.6 Tratamento e destino final</b>	<b>44</b>
3.4.6.1 Tratamento térmico	44
3.4.6.2 Tratamento biológico	46
3.4.6.3 Aterros comuns ou vazadouros	47
3.4.6.4 Aterro controlado	48
3.4.6.5 Aterro sanitário	48
3.5 SISTEMAS DE RESÍDUOS SÓLIDOS UTILIZADOS NO BRASIL	52
3.6 COLETA SELETIVA E RECICLAGEM	56
3.7 IMPORTÂNCIA DA CARACTERIZAÇÃO FÍSICA DOS RSD	59
3.8 VALORES MÉDIOS, NO BRASIL, DOS COMPONENTES RECICLÁVEIS DOS RESÍDUOS SÓLIDOS DOMICILIARES, EM REAIS	63
<b>4 MATERIAIS E MÉTODOS</b>	<b>64</b>
4.1 ÁREA DE ESTUDO	64
4.2 PROCEDIMENTOS EXPERIMENTAIS	69
<b>4.2.1 Etapas da pesquisa</b>	<b>69</b>
<b>5 RESULTADOS E DISCUSSÃO</b>	<b>86</b>
5.1 DETERMINAÇÃO E RELAÇÃO DAS CARACTERÍSTICAS FÍSICAS	

DOS RSD COM AS REALIDADES SOCIOECONÔMICAS DE CADA MUNICÍPIO	86
<b>5.1.1 Belém</b>	<b>86</b>
<b>5.1.2 Ananindeua</b>	<b>103</b>
5.2 ESTIMATIVA DA EVOLUÇÃO DAS CARACTERÍSTICAS FÍSICAS DO TOTAL DE RSD DOS MUNICÍPIOS ESTUDADOS NOS ANOS DE 2000 E 2006.	113
5.3 ESTIMATIVA DE CUSTO COM A COLETA CONVENCIONAL DOS RSD	120
<b>5.3.1 Município de Belém</b>	<b>120</b>
<b>5.3.2 Município de Ananindeua</b>	<b>120</b>
5.4 ESTIMATIVA DOS VALORES FINANCEIROS QUE PODEM SER AUFERIDOS COM A RECICLAGEM DOS RSD	122
<b>5.4.1 Valores com 100 % de reciclagem</b>	<b>122</b>
<b>5.4.2 Valores com a média brasileira de reciclagem</b>	<b>125</b>
5.5 ESTIMATIVA DOS VALORES FINANCEIROS COM A COLETA SELETIVA E RECICLAGEM RELIZADAS POR TERCEIROS	128
<b>5.5.1 Caso 1:Valores com índice de reciclagem de 100 %</b>	<b>128</b>
<b>5.5.2 Caso 2:Valores com índice de reciclagem igual a média brasileira</b>	<b>131</b>
5.6 ESTIMATIVA DOS VALORES FINANCEIROS COM A COLETA SELETIVA E RECICLAGEM REALIZADA PELO PODER PÚBLICO	136
<b>5.6.1 Caso 1:Valores com índice de reciclagem de 100 %</b>	<b>136</b>
<b>5.6.2 Caso 2:Valores com índice de reciclagem igual a média brasileira</b>	<b>140</b>
5.7 ANÁLISE COMPARATIVA FINAL DOS CUSTOS PARA A COLETA DOS RSD EM BELÉM E ANANINDEUA	144
<b>6 CONCLUSÃO</b>	<b>147</b>
<b>7 RECOMENDAÇÕES</b>	<b>150</b>
<b>REFERÊNCIAS</b>	<b>152</b>

## RESUMO

Estudo da caracterização física dos resíduos sólidos domiciliares dos municípios de Belém e Ananindeua da Região Metropolitana de Belém, relacionada com a situação socioeconômica, sua evolução temporal, sua potencialidade de reciclagem e com a redução de custos com a limpeza urbana. Inicialmente, foram identificados os roteiros de coleta praticados em cada um dos setores a serem amostrados. Em seguida, iniciou-se a caracterização no Complexo de Destino Final do Aurá onde as amostras dos roteiros selecionados foram analisadas. Após processo de homogeneização, foi retirado um metro cúbico de resíduos sólidos das viagens de cada roteiro, onde, realizou-se a caracterização e seleção dos componentes dos resíduos. Ao final desta etapa, os resultados obtidos foram tratados estatisticamente, tendo os seguintes valores médios para os municípios de Belém e Ananindeua, respectivamente: Peso Específico Aparente Úmido 202,03 e 180,09 kg/m<sup>3</sup>; plástico 14,98 % e 16,27 %; papel e papelão 17,06 % e 17,36 %; metais 2,64 % e 3,87 %; vidro 1,52 % e 2,96 %; matéria orgânica putrescível (compostável) 45,89 % e 42,34 %; e outros 17,91 % e 17,20 %. Os resultados obtidos chamam atenção especialmente na variação do Peso Específico Aparente Úmido, sendo o de Ananindeua de menor valor em função do maior teor de plásticos, vidros e metais; e de um menor teor de matéria orgânica. Essas diferenças basicamente se devem a dois fatores que são: Ananindeua é cidade dormitório de Belém e em Belém a coleta seletiva é mais eficiente devido a existência de uma cooperativa de catadores incentivada pelo poder público. Os valores mensais agregados somente com a reciclagem são: Belém (I<sub>r</sub> = 100 %) R\$ 11.089.740,90; Belém (I<sub>r</sub> = média brasileira) R\$ 3.256.155,60; Ananindeua (I<sub>r</sub> = 100 %) R\$ 2.228.510,40; Ananindeua (I<sub>r</sub> = média brasileira) R\$ 1.160.136,90. Valores Totais com a Reciclagem sem Coleta Seletiva pelo poder público são: Belém (I<sub>r</sub> = 100 %) R\$ 1.080.547,50; Belém (I<sub>r</sub> = média brasileira) R\$ 402.165,60; Ananindeua (I<sub>r</sub> = 100 %) R\$ 532.353,60; Ananindeua (I<sub>r</sub> = média brasileira) R\$ 125.676,00. Os resultados alcançados satisfazem o objetivo deste trabalho, traçando, dessa forma, o perfil de produção dos resíduos sólidos dos municípios de Belém e Ananindeua com os valores agregados pela reciclagem, no ano de 2006.

Palavras-Chave: Resíduos Sólidos, Limpeza Pública, Caracterização Física.

## ABSTRACT

The physical characterization of the domiciliary solid wastes of the cities of Belém and Ananindeua of the Belém Metropolitan Region, related with the social and economic situation, its secular evolution, its recycling potentiality and with the reduction of costs with the urban cleanness. Initially, there were identified the collect routes practiced in each one of the sectors to be sampled. After that, it was initiated characterization in the Aurá Final Destiny Complex, where the samples of the selected routes had been analyzed. After homogenization process, there was removed a cubical meter of solid wastes of the trips of each route, where it was realized the characterization and selection of the components of the wastes. At the end of this stage the gotten results had been statistically treated, having the following average values respectively for the cities of Belém and Ananindeua: Specific Apparent Humid Weight 202,03 and 180,09 kg/m<sup>3</sup>; plastic 14,98 % and 16,27 %; paper and cardboard 17,06 % and 17,36 %; metals 2,64 % and 3,87 %; glass 1,52 % and 2,96 %; decomposable organic matter (compostable) 45,89 % and 42,34 %; and others 17,91 % and 17,20 %. The gotten results call the special attention in the variation in the Specific Apparent Humid Weight, being the Ananindeua's of lesser value in function of the biggest content of plastics, glasses and metals; and of an organic matter lesser content. These differences basically must be function of two factors that are: Ananindeua is a dormitory city of Belém and in Belém the selective collect is more efficient because of the existence of a selectors cooperative stimulated by the government. The monthly values only added with the recycling are: Belém (Ir = 100 %) R\$ 11.089.740,90; Belém (Ir = brazilian average) R\$ 3.256.155,60; Ananindeua (Ir = 100 %) R\$ 2.228.510,40; Ananindeua (Ir = brazilian average) R\$ 1.160.136,90. Total Values with the Recycling without Selective Collect by the government are: Belém (Ir = 100 %) R\$ 1.080.547,50; Belém (Ir = brazilian average) R\$ 402.165,60; Ananindeua (Ir = 100 %) R\$ 532.353,60; Ananindeua (Ir = brazilian average) R\$ 125.676,00. The reached results satisfy the work objective, tracing of this form, the solid wastes production profile of the cities of Belém and Ananindeua in the year of 2006.

Key Words: Solid Wastes, Public Cleanness, Physical Characterization.

## LISTA DE ILUSTRAÇÕES

Fotografia 1 – Aurá registrando os valores encontrados em 2000 e as perguntas a serem respondidas nesta pesquisa	20
Desenho 1-Os resíduos sólidos afetam significativamente a Terra	22
Fotografia 2 – Exemplo de lixão: cidade de Belém (2006)	23
Quadro 1- Tempo de sobrevivência de microorganismos patogênicos nos RSU (em dias)	28
Quadro 2- Enfermidades relacionadas com os resíduos sólidos, transmitidas por macro vetores e reservatórios	28
Fotografia 3-Resíduos de serviços de saúde	30
Fotografia 4-Tipos de recipientes para RSU	33
Fotografia 5-Recipientes para RSS	33
Quadro 3-Vantagens e desvantagens de diferentes freqüências de coletas de RSU	36
Fotografia 6 -Carro compactador	37
Fotografia 7 -Veículo coletor para RSS	40
Fotografia 8 -Veículo coletor sem compactação	41
Fotografia 9-Veículo coletor com elevador	42
Fotografia 10 -Incinerador do Aurá ao fundo	45
Fotografia 11-Usina de compostagem de Belo Horizonte	47
Fotografia 12-Aterro sanitário	49
Fotografia 13-Tratamento de chorume	50
Fluxograma 1-Sistema de resíduos sólidos I	52
Fluxograma 2-Sistema de resíduos sólidos II	53
Fluxograma 3-Sistema de resíduos sólidos III	54
Fluxograma 4-Sistema de resíduos sólidos IV	55
Fotografia 14- Coletor seletivo para reciclagem	56
Gráfico 1 – Composição gravimétrica de Belém ( Norte)	60
Gráfico 2 – Composição gravimétrica de Ananindeua (Norte)	61
Mapa 1 – Região Metropolitana de Belém	64
Mapa 2 – Município de Belém	66
Mapa 3 – Município de Ananindeua – Proposta de bairros	68
Quadro 4 – Classificação Sócio – Econômica dos bairros de Belém	70

Mapa 4 – Setores de coleta de RSD de Belém	71
Fluxograma 5 – 1ª etapa da pesquisa	72
Quadro 5 – Roteiros selecionados de Belém	73
Quadro 6 – Roteiros selecionados de Ananindeua	74
Mapa 5 – Setores de coleta de RSD de Ananindeua	75
Fluxograma 6 – 2ª etapa da pesquisa	76
Quadro 7 – Especificação da amostragem	76
Fotografia 15 – Retirada da amostra de 1m <sup>3</sup>	77
Fotografia 16 – Lona para seleção	77
Desenho 2 – Equipamento de Proteção Individual	78
Fluxograma 7– 3ª etapa da pesquisa	78
Fotografia 17- Equipamento de pesagem: Balança de Pesos	79
Fotografia 18 – Processo de pesagem da amostra de RSD	79
Fotografia 19 – Pesagem da amostra de papel e papelão	80
Fotografia 20 – Pesagem da amostra de plástico	80
Fotografia 21 – Pesagem da amostra de vidro	81
Fotografia 22 – Pesagem da amostra de metais	81
Fotografia 23 – Pesagem da amostra de matéria orgânica compostável	82
Fluxograma 8– 4ª etapa da pesquisa	83
Fluxograma 9 – 5ª etapa da pesquisa	85
Gráfico 3 – Gravimetria plástico (comparação por classes)	99
Gráfico 4 – Gravimetria papel/papelão (comparação por classes)	100
Gráfico 5 – Gravimetria metal (comparação por classes)	100
Gráfico 6 – Gravimetria vidro (comparação por classes)	101
Gráfico 7 – Gravimetria MOC (comparação por classes)	101
Gráfico 8 – Gravimetria outros (Comparação por classes)	102
Gráfico 9 – Peso específico aparente úmido (comparação por classes)	102
Gráfico 10 - Evolução da composição gravimetrica de Belém nos anos de 2000 e 2006	103
Gráfico 11 – Gravimetria plástico (comparação por classes)	108
Gráfico 12 – Gravimetria papel e papelão (comparação por classes)	109
Gráfico 13 – Gravimetria metal (comparação por classes)	109
Gráfico 14 – Gravimetria vidro (comparação por classes)	110

Gráfico 15 – Gravimetria matéria orgânica compostável (comparação por classes)	110
Gráfico 16 – Gravimetria outros (comparação por classes)	111
Gráfico 17 - Evolução da composição gravimétrica de Ananindeua nos anos de 2000 e 2006	112
Gráfico 18 – Evolução na geração de plástico	114
Gráfico 19 – Evolução na geração de papel e papelão	114
Gráfico 20 - Evolução na geração de metal	115
Gráfico 21 – Evolução na geração de vidro	116
Gráfico 22 – Evolução da geração de MOC	116
Gráfico 23 – Evolução do componente Outros	117
Gráfico 24 – Evolução do peso específico aparente úmido	118
Gráfico 25 – Evolução do peso total	118
Gráfico 26 – Evolução do Volume Total	119
Esquema 1 – Síntese dos custos da coleta convencional em Belém e Ananindeua	121
Esquema 2 – Síntese dos custos com 100 % de reciclagem em Belém e Ananindeua	124
Esquema 3 – Síntese dos custos com reciclagem média em Belém e Ananindeua	127
Esquema 4 – Valores diários auferidos em Belém (Ir=100 %)	128
Esquema 5 – Síntese dos custos da coleta seletiva na fonte por terceiros e 100 % de reciclagem em Belém	129
Esquema 6 – Valores diários auferidos em Ananindeua (Ir=100 %)	130
Esquema 7 – Síntese dos custos da coleta seletiva na fonte por terceiros e 100 % de reciclagem em Ananindeua	131
Esquema 8 – Valores diários auferidos em Belém (Ir = média brasileira)	132
Esquema 9 – Síntese dos custos da coleta seletiva na fonte por terceiros e reciclagem média em Belém	133
Esquema 10 – Valores diários auferidos em Ananindeua (Ir = média brasileira)	134
Esquema 11 – Síntese dos custos da coleta seletiva na fonte por terceiros e reciclagem média em Ananindeua	135
Esquema 12 – Valores diários auferidos em Belém (Ir=100 %)	136

Esquema 13 – Síntese dos custos da coleta seletiva na fonte pelo poder público com 100 % de reciclagem em Belém	137
Esquema 14 – Valores diários auferidos em Ananindeua (Ir=100%)	138
Esquema 15 – Síntese dos custos da coleta seletiva na fonte pelo poder público com 100 % de reciclagem em Ananindeua	139
Esquema 16 – Valores diários auferidos em Belém (Ir= média brasileira)	140
Esquema 17 – Síntese dos custos da coleta seletiva na fonte pelo poder público com reciclagem média em Belém	141
Esquema 18 – Valores diários auferidos em Ananindeua ( Ir = média brasileira)	142
Esquema 19 – Síntese dos custos da coleta seletiva na fonte pelo poder público com reciclagem média em Ananindeua	143

## LISTA DE TABELAS

Tabela 1 – Composição gravimétrica de vários países	59
Tabela 2 – Composição gravimétrica de várias cidades brasileiras	59
Tabela 3-Variação na composição dos RSU de São Paulo (%)	61
Tabela 4-Peso Específico Aparente Úmido e Per capita dia	62
Tabela 5 – Custo do material reciclado por tonelada	63
Tabela 6 – Área e População da RMB	65
Tabela 7 – Detalhamento da Amostragem de Belém	82
Tabela 8- Detalhamento da Amostragem de Ananindeua	83
Tabela 9 – 1ª amostragem do roteiro 1104/2 T de Belém	87
Tabela 10 – 2ª amostragem do roteiro 1104/2 T de Belém	87
Tabela 11 – 1ª amostragem do roteiro 1102 T de Belém	87
Tabela 12 – 2ª amostragem do roteiro 1102 T de Belém	88
Tabela 13 – 3ª amostragem do roteiro 1102 T de Belém	88
Tabela 14 – 1ª amostragem do roteiro 1405 T de Belém	88
Tabela 15 – 2ª amostragem do roteiro 1405 T de Belém	89
Tabela 16 – 3ª amostragem do roteiro 1405 T de Belém	89
Tabela 17 – 1ª amostragem do roteiro 1203 T de Belém	89
Tabela 18 – 2ª amostragem do roteiro 1203 T de Belém	90
Tabela 19 – 1ª amostragem do roteiro CD-DP-06 C de Belém	90
Tabela 20 – 2ª amostragem do roteiro CD-DP-06 C de Belém	90
Tabela 21 – 1ª amostragem do roteiro 1805 T de Belém	91
Tabela 22 – 2ª amostragem do roteiro 1805 T de Belém	91
Tabela 23 – 1ª amostragem do roteiro CD-DI-02 C de Belém	91
Tabela 24 – 2ª amostragem do roteiro CD-DI-02 C de Belém	92
Tabela 25 – 3ª amostragem do roteiro CD-DI-02 C de Belém	92
Tabela 26 – 1ª amostragem do roteiro 1905 T de Belém	92
Tabela 27 – 2ª amostragem do roteiro 1905 T de Belém	93
Tabela 28 – 1ª amostragem do roteiro CD-NI-02 de Belém	93
Tabela 29 – 2ª amostragem do roteiro CD-NI-02 de Belém	93
Tabela 30 – 3ª amostragem do roteiro CD-NI-02 de Belém	94
Tabela 31 – 1ª amostragem do roteiro 1402 T de Belém	94
Tabela 32 – 2ª amostragem do roteiro 1402 T de Belém	94

Tabela 33 – 3ª amostragem do roteiro 1402 T de Belém	95
Tabela 34 – Percentual de plástico de Belém	95
Tabela 35 – Percentual de papel e papelão de Belém	96
Tabela 36 – Percentual de metal de Belém	96
Tabela 37 – Percentual de vidro de Belém	97
Tabela 38 – Percentual de matéria orgânica compostável de Belém	97
Tabela 39 – Percentual de outros (trapo, couro, borracha, terra, pedra, madeira, isopor etc.) de Belém	98
Tabela 40 – Parâmetros físicos segundo as classes socioeconômicas (2006)	98
Tabela 41 – 1ª amostragem do roteiro 101 A de Ananindeua	104
Tabela 42 – 2ª amostragem do roteiro 101 A de Ananindeua	104
Tabela 43 – 1ª amostragem do roteiro 305 A de Ananindeua	104
Tabela 44 – 2ª amostragem do roteiro 305 A de Ananindeua	105
Tabela 45 – 1ª amostragem do roteiro 401 A de Ananindeua	105
Tabela 46 – 2ª amostragem do roteiro 401 A de Ananindeua	105
Tabela 47 – 1ª amostragem do roteiro 1201 B de Ananindeua	106
Tabela 48 – 2ª amostragem do roteiro 1201 B de Ananindeua	106
Tabela 49 – Percentual de plástico de Ananindeua	106
Tabela 50 – Percentual de papel e papelão de Ananindeua	107
Tabela 51 – Percentual de metal de Ananindeua	107
Tabela 52 – Percentual de vidros de Ananindeua	107
Tabela 53 – Percentual de matéria orgânica compostável de Ananindeua	107
Tabela 54 – Percentual de outros (trapo, couro, borracha, terra, pedra, madeira, isopor etc.) de Ananindeua	107
Tabela 55 – Parâmetros Físicos segundo as classes socioeconômicas (2006)	108
Tabela 56 – Resumo da RMB (Belém e Ananindeua)	113
Tabela 57 – Peso total e volume total de Belém e Ananindeua	113
Tabela 58 – Valor provável com a reciclagem em Belém (Ir = 100%)	122
Tabela 59 - Valor provável com a reciclagem em Ananindeua (Ir=100 %)	123
Tabela 60 – Valor provável com a reciclagem em Belém ( Ir = média brasileira)	125

Tabela 61 – Valor provável com a reciclagem em Ananindeua (Ir = média brasileira)	126
Tabela 62 – Comparativo entre Belém e Ananindeua (Ir = 100%)	131
Tabela 63 – Comparativo entre Belém e Ananindeua (Ir = média brasileira)	132
Tabela 64 – Comparativo entre Belém e Ananindeua (Ir = 100%)	139
Tabela 65 – Comparativo entre Belém e Ananindeua (Ir = média brasileira)	143
Tabela 66 - Comparativo dos valores em reais em cada cenário estudado	144
Tabela 67 – Aumento da vida útil dos aterros sanitários em função dos vários cenários estudados	146

## **LISTA DE ABREVIATURAS, SIGLAS E SÍMBOLOS**

3R's – Três R

ABES – Associação Brasileira de Engenharia Sanitária e Ambiental

ABNT – Associação Brasileira de Normas Técnicas

AS – Aterro sanitário

CEF – Caixa Econômica Federal

CT – Centro Tecnológico

DBO – Demanda bioquímica de oxigênio

DESA – Departamento de Engenharia Sanitária e Ambiental

DLU – Departamento de Limpeza Urbana

DQO – Demanda química de oxigênio

DRES – Departamento de Resíduos Sólidos

EPI's – Equipamentos de Proteção Individual

FUNASA – Fundação Nacional de Saúde

IBGE – Fundação Instituto Brasileiro de Geografia e Estatística

IPTU – Imposto Predial e Territorial Urbano

MO – Matéria orgânica

MOC – Matéria orgânica compostável

PEAD – Polietileno de alta densidade

PEBD – Polietileno de baixa densidade

PP – Polipropileno

PS – Poliestireno

PUC-PR – Pontifícia Universidade Católica do Paraná

RMB – Região Metropolitana de Belém

RS – Resíduos sólidos

RSD – Resíduos sólidos domiciliares

RSS – Resíduos de serviços de saúde

RSU – Resíduos sólidos urbanos

SESAN – Secretaria de Saneamento do Município de Belém

SSA – Secretaria de Saneamento Ambiental do Município de Ananindeua

UFPA – Universidade Federal do Pará

UFRS – Universidade Federal do Rio Grande do Sul

## 1 INTRODUÇÃO

Das cidades mais populosas até as menores comunidades mais carentes, um número crescente de cidadãos e de administrações municipais estão se esforçando para encontrar as melhores soluções para as questões dos resíduos sólidos urbanos (RSU).

Esses problemas são relativamente novos e, infelizmente, de resolução complexa, e com diferenças de município para município. Porém, pode-se garantir que, frente aos recursos humanos e materiais de cada administração, as dificuldades serão sempre grandes.

De maneira diferente, os problemas dos RSU vêm incomodando, hoje, as diversas cidades brasileiras e, dessa forma, afligindo mais fortemente algumas prefeituras do que outras. Isto, porém, não significa que os problemas sejam menores ou mais fáceis nos locais onde parece que incomodam menos. Problemas atualmente invisíveis podem, em pouco tempo, causar grandes dificuldades para a coletividade.

Não há qualquer vantagem em deixar a solução para mais tarde. Um município pode não estar registrando, ainda, conseqüências mais graves da poluição ambiental, como, na saúde da população, mas podendo apresentar futuramente problemas no aspecto epidemiológico, afetando o comprometimento do meio ambiente, principalmente a poluição do solo, do ar e dos recursos hídricos, colocando em risco a vida do homem e dos ecossistemas.

Nos últimos vinte anos, o Brasil mudou muito e os seus resíduos também. O crescimento acelerado das cidades e, ao mesmo tempo, as mudanças nos hábitos dos cidadãos também são fatores comuns a esses municípios, que vêm gerando resíduos muito diferentes daqueles que as cidades produziam há trinta anos. O resíduo sólido atual é diferente em peso e composição e em volume.

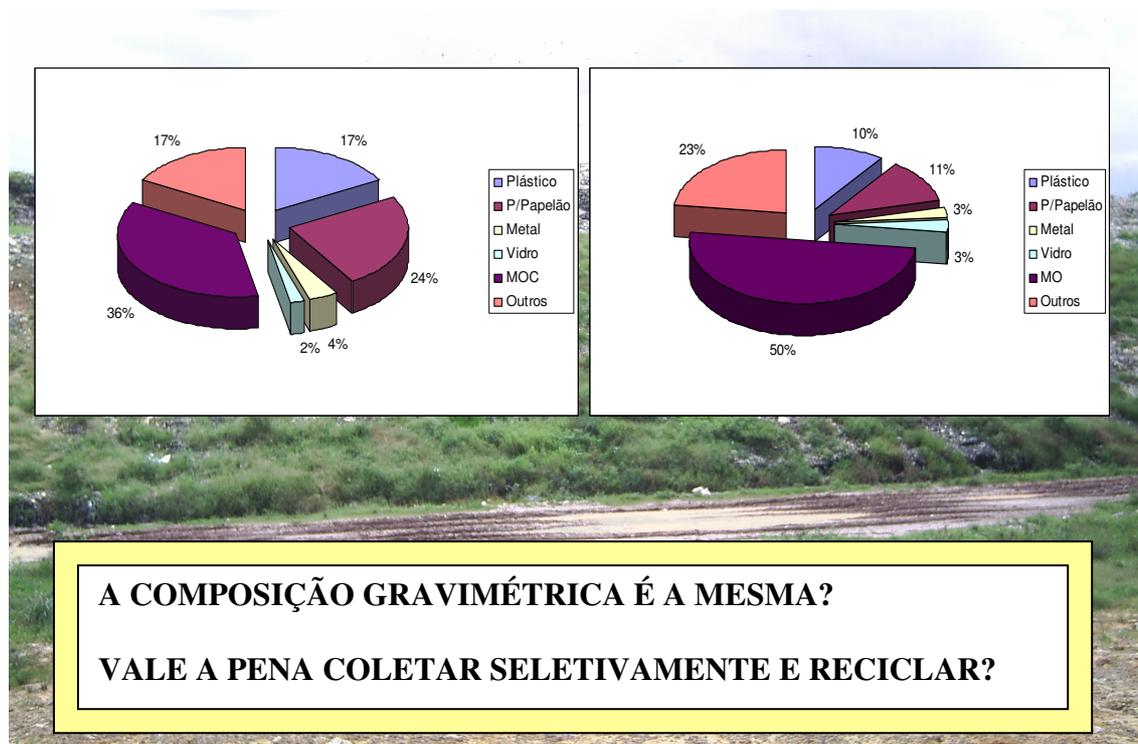
Hoje, cada vez mais, as populações dos municípios brasileiros concentram-se nas cidades. Assim, é quase impossível encontrar uma cidade que já não tenha, por exemplo, uma grande quantidade de embalagens em seus RSU, cada vez mais volumosas. Muitos municípios pequenos fazem parte de regiões metropolitanas e vivem os mesmos problemas que as grandes

capitais. Os municípios da Região Metropolitana de Belém (RMB) também se enquadram na problemática situação da maioria dos municípios do Brasil. A maioria apresenta, atualmente, coleta deficiente, bem como os locais de destino final são depósitos de RSU localizados na área urbana dos municípios, facilitando, desta forma, um grande incremento de pessoas que, trabalhando como catadores, encontram nos mesmos a sua fonte de sobrevivência, ocasionando problemas ambientais e sociais.

Nesse sentido, o referido trabalho tem por objetivo final caracterizar os resíduos sólidos domiciliares (RSD) gerados na RMB, especificamente, nos dois grandes municípios Belém e Ananindeua, os quais detêm 80% da população.

O trabalho foi dividido da seguinte forma: no capítulo 1 apresenta-se generalidades sobre os resíduos sólidos; no capítulo 2 os objetivos; no capítulo 3 a revisão da literatura; no capítulo 4 os materiais e métodos; no capítulo 5 os resultados e discussão; no capítulo 6 as considerações finais e no capítulo 7 as recomendações.

Enfim este trabalho se propõe a responder as perguntas registradas na Fotografia1.



Fotografia 1 – Aurá registrando os valores encontrados em 2000 e as perguntas a serem respondidas nesta pesquisa.

## 2 OBJETIVOS

### 2.1 OBJETIVO GERAL

Caracterizar os componentes físicos dos resíduos sólidos domiciliares (RSD) gerados nos municípios de Belém e Ananindeua, com a avaliação da potencialidade econômica da coleta seletiva e da reciclagem.

### 2.2 OBJETIVOS ESPECÍFICOS

Pretende-se alcançar os seguintes objetivos específicos para cada um dos municípios estudados:

- a) Determinar e relacionar as características físicas (composição gravimétrica, peso específico aparente úmido, peso total diário e volume total diário) dos RSD de cada município estudado, com suas respectivas realidades socioeconômicas;
- b) Demonstrar a variação dos percentuais dos RSD gerados nos municípios estudados, nos anos de 2000 e 2006;
- c) Estudar o potencial econômico dos vários cenários de coleta e reciclagem para os RSD.

### 3 REVISÃO DA LITERATURA

#### 3.1 CONSIDERAÇÕES GERAIS SOBRE RESÍDUOS SÓLIDOS

Não é tarefa fácil caracterizar os resíduos sólidos urbanos, pois sua origem e formação estão ligadas a inúmeros fatores, tais como: número de habitantes do município, variações sazonais, condições climáticas predominantes, hábitos e costumes da população, poder aquisitivo da população, nível educacional, influências regionais, processos migratórios, turismo etc, que se modificam, em cada local do planeta, e que já importam, significativamente, na poluição ambiental, como representada no Desenho 1.



Desenho 1- Os resíduos sólidos afetam significativamente a Terra  
Fonte: Adegagaliza (2005)

A identificação desses fatores é muito complexa e somente com intenso estudo, ao longo de muitos anos, é possível a obtenção de informações mais precisas, no que se refere à origem e formação dos resíduos sólidos no meio urbano.

É comum definir como resíduos sólidos todo e qualquer resíduo que resulte das atividades diárias do homem na sociedade (LIMA, L, 2001). Schneider et al. (2004) amplia o conceito de resíduo a tudo que é gerado como consequência não desejada de uma atividade humana e, em geral, de qualquer ser vivo. Esta definição pode ser simplificada como lixo sendo o conjunto de resíduos resultantes das atividades humanas e dos animais domésticos.

A Organização Mundial de Saúde (OMS) caracteriza os resíduos sólidos como qualquer coisa que o proprietário não quer mais, em certo local e em um certo momento, e que não apresenta valor comercial, corrente ou percebido. Ao tratar os resíduos sólidos de maneira correta, por meio de modelos tecnológicos, a Associação Brasileira de Normas Técnicas (2004) define resíduos sólidos domiciliares (RSD) na NBR 10004/2004 como os resíduos nos estados sólido e semi-sólido, que resultam de atividades de origem industrial, doméstica, hospitalar, comercial, agrícola, de serviços e de varrição que ocorre na disposição em lixões, conforme exemplo da Fotografia 2 na cidade de Belém.



Fotografia 2 – Exemplo de lixão: cidade de Belém (2006).

Ficam incluídos nesta definição os lodos provenientes de sistemas de tratamento de água, aqueles gerados em equipamentos e instalações de

controle de poluição, bem como determinados líquidos cujas particularidades tornam inviável o seu lançamento na rede pública de esgotos ou corpos de água, ou exijam, para isso, soluções técnicas e economicamente inviáveis em face à melhor tecnologia disponível.

Os resíduos sólidos constituem hoje uma das grandes preocupações ambientais do mundo moderno. As sociedades de consumo avançam destruindo os recursos naturais e os bens, os quais em geral têm vida útil limitada e são transformados cedo ou tarde em resíduos, com quantidades crescentes que não se sabe o que fazer.

Os resíduos sólidos constituem problemas sanitário, econômico e, principalmente, estético (LIMA, L, 2001).

A geração de resíduos sólidos é fortemente influenciada por fatores sazonais. É fácil imaginar que em épocas de chuvas fortes, o teor de umidade nos resíduos sólidos tenda a crescer, o mesmo acontece com o percentual de latinhas de cerveja durante o Carnaval bem como o aumento de folhas recolhidas no outono (LIMA, L, 2001).

Os impactos ecológicos não eram considerados nas sociedades primitivas, porque a produção de lixo era reduzida e a possibilidade de assimilação ambiental era grande. Após o desenvolvimento tecnológico na revolução industrial registrada no mundo, passaram a exigir considerações capazes de limitar esses impactos. É dentro desse tipo de sociedade que, em nossos dias, o problema deve ser considerado, a fim de que esse sistema possa ser devidamente planejado, tornando-se adequado e eficiente (LIMA, L, 2001).

Os resíduos sólidos são materiais heterogêneos (inertes, minerais e orgânicos) resultantes das atividades humanas e da natureza, os quais podem ser parcialmente utilizados, gerando, entre outros aspectos, proteção à saúde pública e economia de recursos naturais.

A falta de informações atualizadas dos resíduos sólidos no Brasil tem representado um empecilho para o conhecimento mais amplo da situação, de forma a permitir o estabelecimento de políticas públicas para o setor.

Segundo o Ministério das Cidades, as primeiras iniciativas em produzir dados no País sobre este assunto ocorreram com o Diagnóstico de Resíduos Sólidos, elaborado pela Associação Brasileira de Engenharia Sanitária e Ambiental (ABES) em 1982, e com as publicações do Instituto Brasileiro de

Geografia e Estatística (IBGE), nas quais o tema Resíduos Sólidos figura como um dos componentes, como a Pesquisa Nacional de Saneamento Básico de 1989, o Censo Demográfico de 1991, a Pesquisa Nacional de Amostra por Domicílios de 1997, o Censo Demográfico de 2000 e o Plano Nacional de Saneamento Básico do Ministério das Cidades de 2002 e 2004 (BRASIL,2004).

Nesse período (1982 a 2004), o Governo Federal, por intermédio da extinta Secretaria Especial de Desenvolvimento Urbano da Presidência da República, da Fundação Nacional de Saúde (FUNASA) e da Caixa Econômica Federal (CEF), apoiou o Instituto Brasileiro de Geografia e Estatística (IBGE) na elaboração do Plano Nacional de Saneamento Básico de 1989, lançado em março de 2002, onde são apresentadas informações sobre abastecimento de água, esgotamento sanitário, coleta e destinação final de resíduos sólidos e drenagem urbana.

Ainda em 2000, o Governo Federal, por intermédio da Universidade Federal do Rio Grande do Sul (UFRS) e da Pontifícia Universidade Católica do Paraná (PUC Paraná), elaborou dois importantes diagnósticos sobre resíduos sólidos no País, intitulados, respectivamente: “Diagnóstico da Prestação de Serviços de Limpeza Pública do Brasil” e “Diagnóstico de Sistemas de Coleta Seletiva de Resíduos Sólidos Urbanos no País”.

No estado do Pará, os estudos vêm se desenvolvendo há algum tempo em pesquisas, orientações de trabalhos científicos e prestações de serviços realizados pelo Departamento de Engenharia Sanitária e Ambiental (DESA) do Centro Tecnológico (CT) da Universidade Federal do Pará (UFPA), orientados pelo Prof. Paulo Fernando Norat Carneiro nos municípios de Belém, Ananindeua, Marituba, Benevides, Santa Bárbara do Pará, Santa Izabel do Pará, Castanhal, Augusto Correa, Capitão Poço, Rio Maria, Curuçá, dentre outros. Em alguns desses municípios, os levantamentos já foram realizados mais de uma vez, na tentativa de formar um banco de dados.

### 3.2 CARACTERÍSTICAS DOS RESÍDUOS SÓLIDOS

As características dos resíduos sólidos variam ao longo do seu ciclo de vida, ou seja, da geração até o destino final. Em função da diminuição do ciclo de vida dos produtos, entre outros motivos, a quantidade dos RS vem aumentando consideravelmente. A diminuição dos ciclos de vida dos produtos e ciclos de produção obrigam que os produtos sejam consumidos cada vez mais rápidos. Tudo isso associado às constantes melhoras da legislação ambiental tornam a logística um tema de importância fundamental.

No caso dos RS temos que considerar a logística reversa que é de extrema importância no processo de reciclagem dos componentes dos RS.

Segundo Lima, J, (2005) a análise do ciclo de vida de um produto se torna uma ferramenta fundamental para que se possa esclarecer determinados assuntos, principalmente os relacionados à reciclagem.

Para que tudo isso possa ser melhor abordado nos dias de hoje é necessária a caracterização dos RSU. A fase inicial da caracterização dos resíduos de um município deve ser o estudo das condições da zona urbana, visando encontrar a metodologia adequada a ser aplicada, além disso, deve ser muito bem definido o objetivo da caracterização, pois, para cada necessidade, variam os tipos de análises a serem realizadas e, conseqüentemente, a metodologia de amostragem.

Para um procedimento correto na análise dos resíduos, deve-se levar em conta, além das variações sazonais, três fatores fundamentais influentes, que são: as oscilações do número de habitantes de um centro produtor de resíduos, a expansão física da área urbana e o incremento da taxa de produção *per capita*.

Também devem ser pesquisados dados referentes ao sistema de limpeza urbana, tais como: número de setores de coleta; frequência de coleta; características dos veículos coletores (tipo, quantidades etc.); distância dos locais de tratamento e disposição final; e quantidade de resíduos gerados.

Quando a amostragem se torna onerosa em todos os setores de coleta existentes, procura-se agrupá-los, utilizando-se fatores como: tipo das edificações; densidade populacional; poder aquisitivo; costumes da população

e forma de acondicionamento dos resíduos, sempre acompanhados de verificação *in loco*.

Também é importante o conhecimento das características físicas, químicas e biológicas dos RSU. Entre as características físicas dos RSU que devem ser observadas, segundo Brasil (1999), estão:

- a) **Composição gravimétrica:** determina a porcentagem de cada constituinte da massa de resíduos sólidos, proporcionalmente ao seu peso;
- b) **Per capita:** é a massa de resíduos sólidos produzida por uma pessoa em um dia (kg/hab/dia);
- c) **Peso específico aparente úmido:** é o peso dos resíduos sólidos em relação ao seu volume;
- d) **Quantidade total:** peso em toneladas de RSU produzidos pela população total;
- e) **Volume total:** quantidade em m<sup>3</sup> de RSU produzidos pela população.

Das características químicas dos RSU que devem ser observadas, segundo Brasil (1999), listadas abaixo:

- a) **Poder calorífico:** indica a quantidade de calor desprendida durante a combustão de 1 kg de resíduos sólidos;
- b) **Teor de matéria orgânica:** é o percentual de matéria orgânica na amostra, ou seja, da matéria que volatiliza quando submetida a elevadas temperaturas (cinzas, gorduras, macronutrientes, micronutrientes, resíduo mineral etc.);
- c) **Relação carbono/nitrogênio (C/N):** determina o grau de degradação da matéria orgânica;
- d) **Potencial de hidrogênio (pH):** é o teor de alcalinidade ou acidez da massa de resíduos sólidos.

Misturados nos componentes dos resíduos sólidos estão diversos microorganismos. Muitos desses são considerados patogênicos e podem ser prejudiciais à saúde humana. No Quadro 1 são apresentados o tempo de sobrevivência (em dias) de alguns microorganismos

patogênicos presentes nos resíduos sólidos, enquanto no Quadro 2 são listadas doenças relacionadas com vetores presentes nos resíduos sólidos.

Microorganismos	Doenças	Tempo sobrevivência (dias)
Bactérias	-	-
<i>Salmonella typhi</i>	Febre Tifóide	29 – 70
<i>Salmonella paratyphi</i>	Febre Paratifóide	29 – 70
<i>Salmonella sp.</i>	Salmoneloses	29 – 70
<i>Shigella</i>	Desintéria Barcilar	02 – 07
Coliformes fecais	Gastroenterites	35
Leptospira	Lepitospirose	15 – 43
<i>Mycrobacterium tuberculosis</i>	Tuberculose	150 – 180
<i>Vibrio cholerae</i>	Cólera	01 – 13
Vírus	-	-
Enterovírus	Poliomielite (Polivírus)	20 – 70
Helmintos	-	-
<i>Ascaris lumbricoides</i>	Ascaridíase	2000 – 2500
<i>Trichuris trichiura</i>	Trichiuriase	1800
Larvas de ancilóstomos	Ancilostomose	35
Outras larvas de vermes	-	25 – 40
Protozoários	-	-
<i>Entamoeba histolytica</i>	Amebíase	08 – 12

Quadro 1- Tempo de sobrevivência de microorganismos patogênicos nos RSU (em dias).  
Fonte: Suberkropp (apud LIMA, 2001).

Vetores	Forma de Transmissão	Enfermidades
Rato e pulga	Mordida, urina, fezes e picada	Leptospirose Peste Bubônica Tifo murino
Mosca	Asas, patas, corpo, fezes e salivas	Febre tifóide Cólera Amebíase Disenteria e Giardíase Ascaridíase
Mosquito	Picada	Malária e Dengue Febre amarela Leishmaniose Febre tifóide e Cólera
Barata	Asas, patas, corpos e fezes	Giardíases
Gado e Porco	Ingestão de carne contaminada	Teníase e Cisticercose
Cão e Gato	Urina e fezes	Toxoplasmose

Quadro 2: Enfermidades relacionadas com os resíduos sólidos, transmitidas por macro vetores e reservatórios.

Fonte: Barros (apud LIMA, 2001).

Portanto, para a Saúde Pública é importante o adequado conhecimento e gerenciamento dos RSU.

### 3.3 CLASSIFICAÇÃO DE RESÍDUOS SÓLIDOS

A classificação dos resíduos sólidos pode ser feita de várias maneiras, as principais são: quanto à fonte de geração e quanto à classe.

Um determinado resíduo pode ser enquadrado em mais de uma forma de classificação.

Segundo Mota (2000), os RS podem ser classificados quanto a sua fonte de geração em:

**a) Resíduo sólido domiciliar:** é gerado das atividades diárias nas residências, constituído de restos de alimentação, embalagens, plásticos, vidros, latas, material de varredura, folhagens, lodo de fossas sépticas etc.;

**b) Resíduo sólido comercial:** é produzido em estabelecimentos comerciais e suas características dependem das atividades ali desenvolvidas. Por exemplo, no caso de restaurantes predominam os resíduos orgânicos; já nos escritórios verifica-se grande quantidade de papéis;

**c) Resíduo sólido institucional:** é produzido em instituições públicas e privadas, sendo que suas características podem permitir sua classificação como lixo de tipo comercial;

**d) Resíduos sólido público:** é constituído por resíduos da varrição, capina, raspagem etc., provenientes dos logradouros públicos (ruas, praças etc.), bem como animais mortos, entulhos de obra, móveis velhos, galhos grandes e outros materiais deixados pela população indevidamente nas ruas ou retirados das residências pelo serviço de remoção especial;

**e) Resíduo sólido especial:** é aquele que, em função de características peculiares que apresenta, necessita de cuidados especiais em seu acondicionamento, transporte, manipulação e disposição final. Pode

compreender lixo industrial, hospitalar e radioativo, e lodo proveniente de estações de tratamento de água e de esgotos. Além destes, o lixo proveniente de portos, aeroportos, terminais ferroviários e rodoviários, pode requerer cuidados especiais em situações de emergências, principalmente visando à prevenção e ao controle de epidemias;

**f) Resíduo de serviço de saúde (RSS):** é constituído de resíduos provenientes de hospitais, postos de saúde, farmácias, drogarias, laboratórios, clínicas médicas e odontológicas e assemelhados, conforme observamos nos sacos plásticos com o símbolo de infectante na Fotografia 3.



Fotografia 3 – Resíduos de serviços de saúde.

**g) Resíduo séptico ou resíduo infectante:** é parcela do lixo hospitalar que compreende os resíduos contagiosos ou suspeitos de contaminação e os materiais biológicos (sangue, animais usados em experimentação, excreções, secreções, meios de cultura, órgãos, agulhas de seringas, resíduos de unidades de atendimento ambulatorial, de laboratórios de análises clínicas e de sanitários de unidades de internação de enfermaria etc.);

**h) Resíduo industrial:** é originário das diferentes atividades industriais, com uma composição variada que depende do processo industrial. Os resíduos de alguns tipos de indústrias (como padaria e confecções) podem ser classificados como domiciliares ou comerciais;

**i) Resíduo sólido urbano:** é composto por resíduos sólidos gerados num aglomerado urbano, excetuados os resíduos industriais perigosos, hospitalares, sépticos e de aeroportos e portos.

Quanto à classe os resíduos são, de acordo com a Associação Brasileira de Normas Técnicas (2004), NBR 10004/2004:

**a) Classe I – perigosos:** são aqueles que, em função de suas propriedades físicas, químicas ou infecto-contagiosas, podem apresentar riscos à saúde pública ou ao meio ambiente, ou ainda os inflamáveis, corrosivos, reativos, tóxicos ou patogênicos;

**b) Classe II A – não-inertes:** são aqueles que não se enquadram nas classes I e IIB, e que podem ser combustíveis, biodegradáveis ou solúveis em água;

**c) Classe II B – inertes:** são aqueles que, ensaiados segundo teste de solubilização da NBR 10006/2004 da Associação Brasileira de Normas Técnicas (ABNT), não apresentam qualquer de seus constituintes solubilizados em concentrações superiores aos padrões de potabilidade da água, excetuando-se os padrões de cor, turbidez e aspectos.

### 3.4 GERENCIAMENTO DE RESÍDUOS SÓLIDOS

O sistema de resíduos sólidos apresenta diversas etapas que vão da geração até a disposição final dos mesmos. Neste capítulo, são estabelecidas relações entre as diversas etapas de um sistema de resíduos sólidos, de acordo com o que é usual nas diversas cidades do Brasil, com o percentual de ocorrência segundo o Ministério das Cidades, conforme levantamento realizado em 2004 (BRASIL, 2004).

#### 3.4.1 Geração de resíduos sólidos

A etapa chamada de geração ocorre nos locais de produção dos mais diversos tipos de resíduos, os quais são responsabilidade do próprio gerador. O poder público muito pouco pode interferir, pois os fatores intervenientes nesta etapa (status sócio-econômico, hábitos, costumes, estações do ano, cultura, clima etc.) são diversos e variam de local para local.

Para que sejam estabelecidos projetos à ação nas diversas fases da geração, é preciso caracterizar os resíduos gerados em cada município ou setor pré-estabelecido para a coleta. Cada etapa subsequente à geração depende em alto grau desta.

#### 3.4.2 Acondicionamento de resíduos sólidos

Acondicionamento é a etapa na qual os resíduos sólidos são preparados para serem mais facilmente manuseados nas etapas que vão da coleta até o destino final. Acondicionar significa dar aos resíduos sólidos "embalagem" adequada, conforme exemplo nas Fotografias 4 e 5, cujos tipos dependem das características e da forma de remoção dos resíduos, aumentando, assim, a segurança e a eficiência do serviço de coleta.



Fotografia 4 – Tipos de recipientes para RSU.  
Fonte: CITEC Meio Ambiente Ltda. (2006).



Fotografia 5 – Recipientes para RSS.

Segundo a Associação Brasileira de Normas Técnicas (1993<sup>a</sup>), na NBR 12980/1993, acondicionamento é o ato de embalar os resíduos sólidos para

seu transporte. O acondicionamento dos resíduos sólidos é de responsabilidade do gerador, que deve utilizar recipientes apropriados para coleta e transporte de forma sanitariamente adequada.

De acordo com a sua origem, existem vários tipos de recipientes para acondicionamento dos resíduos sólidos, segundo Brasil (1999), que são:

**a) Resíduos sólidos domiciliares – comerciais** - são acondicionados em recipientes metálicos ou plásticos (latas e containers), sacos plásticos padronizados e sacos plásticos utilizados como embalagens de supermercados e lojas;

**b) Resíduos de varrição** - são acondicionados em sacos plásticos padronizados, containeres estacionários, tambores ou bombonas de 100 litros e 200 litros e cestos coletores de calçadas;

**c) Resíduos de feiras livres e eventos** - são acondicionados em sacos plásticos apropriados, recipientes basculantes (cestos) e containeres estacionários;

**d) Resíduos conhecidos como entulhos** - são acondicionados em containeres estacionários;

**e) Resíduos de serviços de saúde** - devem ter seu acondicionamento no momento da sua geração, no local de origem ou próximo a ele. Para isso, devem ser empregados recipientes adequados a cada tipo, quantidade e características de RS, para melhor manuseio e proteção do pessoal encarregado da coleta e remoção dos resíduos. Isso evita a exposição, bem como permite a identificação dos resíduos que requerem cuidados especiais, diminuindo os riscos de contaminação.

O uso de sacos plásticos para resíduos sólidos de serviços de saúde, exceto para perfuro-cortantes, oferece muitas vantagens sobre outros tipos de recipientes, tais como eficiência, praticidade, redução da exposição do manipulador ao contato direto com os resíduos, melhoria nas condições higiênicas (SCHNEIDER et al., 2004).

Os limites máximos aceitáveis de peso e de volume dos RSU para coleta regular são estabelecidos por normas municipais, as quais devem refletir as peculiaridades locais, bem como orientar e educar a população, cuja colaboração é fundamental para a boa execução das atividades.

O mal acondicionamento retarda o serviço e o encarece. Além disso, recipientes inadequados ou improvisados (pouco resistentes, mal fechados ou muito pesados), com materiais sem a devida proteção, aumentam o risco de acidentes de trabalho.

Os materiais agressivos ou perigosos devem ser separados e acondicionados isoladamente, para possibilitar distinção na coleta e transporte. Os líquidos devem ser previamente retirados, os vidros quebrados e as superfícies cortantes embrulhadas em jornais.

Os recipientes padronizados de plásticos ou de metal (recipiente padrão) devem ter capacidade inferior a 100 litros. Os sacos plásticos mais utilizados têm capacidade para 20, 30, 40, 60 ou 100 litros. Os containeres utilizados em locais de grande produção possuem capacidade de 1,0 a 1,5 m<sup>3</sup> e geralmente são basculáveis nos caminhões compactadores. As caçambas estacionárias são grandes depósitos com capacidade de até 7 m<sup>3</sup>, havendo necessidade de caminhões com poliguindastes para a sua remoção.

A caracterização física dos resíduos é primordial para a escolha do recipiente para o seu devido acondicionamento.

### **3.4.3 Coleta e transporte de resíduos sólidos**

Segundo a Associação Brasileira de Normas Técnicas (1993<sup>a</sup>), na NBR 12980/1993, na coleta e no transporte são recolhidos e transportados os resíduos sólidos de qualquer natureza. Para isso, são utilizados veículos e equipamentos apropriados. A coleta dos resíduos deve ser feita em toda a cidade, de acordo com as características de cada região, tendo as alternativas mostradas no Quadro 3.

Alternativas de coletas	Vantagens potenciais	Desvantagens potenciais	Condições que favorecem a alternativa
Uma vez por semana (ou menos)	- mais econômica - necessita menos combustível	- lixo inadequadamente armazenado cria problemas de odor e vetores	- provisões adequadas de armazenamento - Clima temperado ou frio
Duas vezes por semana	- reduz lixo - reduz necessidade de armazenamento	mais cara necessita de mais combustível	- a qualidade do serviço é mais importante que economia - clima quente
Mais de duas vezes por semana	- reduz lixo - reduz necessidade de armazenamento	mais cara necessita de mais combustível	- espaço seriamente restrito para armazenamento - população densa

Quadro 3: Vantagens e desvantagens de diferentes freqüências de coletas de RSU.  
Fonte: Brasil, 1999.

Com relação a freqüência de coleta, é comum adotar coleta diária em áreas centrais ou comerciais, onde a produção de lixo é grande (geralmente noturna nas cidades maiores); a coleta em dias alternados ocorre em áreas residenciais, menos adensadas, enquanto a coleta especial, realizada em favela, áreas de topografia acidentada, de urbanização desordenada e precária, ocorre por escala. É importante atentar para os riscos advindos da existência de resíduos espalhados (entupimentos de galerias de drenagem, atração de vetores etc.).

#### 3.4.3.1 Coleta e transporte de resíduos domiciliares

A coleta e o transporte dos resíduos domiciliares produzidos em imóveis residenciais, em estabelecimento público e no pequeno comércio são, em geral, efetuados pelo órgão municipal encarregado da limpeza pública. Na Fotografia 6 é mostrado veículo de coleta e transporte com sistema de compactação.



Fotografia 6 – Carro compactador.  
Fonte: Usimeca, 2006.

Para esses serviços, podem ser usados recursos próprios da prefeitura, de empresas sob contrato de terceirização ou sistemas mistos, como o aluguel de viaturas e utilização de mão-de-obra da prefeitura.

Segundo a Associação Brasileira de Normas Técnicas (1993<sup>a</sup>), na NBR 12980/1993 coleta domiciliar é a coleta regular dos resíduos domiciliares, formados por resíduos gerados em residência, estabelecimento comerciais, industriais públicos e de prestação de serviços, cujos volumes e características sejam compatíveis com a legislação municipal vigente.

De acordo com IPT/CEMPRE (2000) existem alguns fatores importantes para que um sistema de coleta funcione:

**a) Freqüência da coleta** – as cidades brasileiras que adotam freqüência diária para toda a coleta de lixo domiciliar normalmente apresentam alto custo operacional, despendendo consideráveis recursos com equipamentos, pessoal e combustível. Esses poderiam ser melhor aplicados em outros serviços de limpeza pública, caso houvesse coleta

de resíduos mista, ou seja, parte diária, parte alternada ou mesmo periódica, o que depende de um bom planejamento operacional.

A coleta domiciliar diária somente é necessária em vias públicas com grande produção de resíduos sólidos, por exemplo:

- área central da cidade (centro comercial a residencial);
- ruas de intenso comércio (mesmo àquelas situadas em bairros) e vias de intenso tráfego e acesso ao centro da cidade.

Em locais de pouca geração de resíduos sólidos, geralmente em áreas muito afastadas dos centros das cidades, pode-se pensar em uma coleta periódica. Essa periodicidade pode ser de 3 vezes por semana, ou seja, nas segundas, quartas e sextas feiras ou terças, quintas feiras e sábados. Melhor esclarecendo, um único caminhão e a equipe coletora pode atender três bairros ou áreas diferentes de uma cidade em uma semana e na frequência acima estipulada;

**b) Horário da coleta** – no que se refere ao horário da coleta, vários aspectos devem ser observados, tais como: intervalos amplos entre os turnos diurno e noturno para que problemas surgidos em um turno não interfiram no outro; entrada e saída do pessoal em horário em que haja condução disponível e coleta noturna em área onde o movimento é muito intenso durante o dia.

Em regiões com clima muito quente (acima de 30°C), os serviços devem ser executados em horários que evitem o excesso de calor, aumentando, assim, a produtividade;

**c) Regularidade da coleta domiciliar** – a coleta domiciliar deve ser efetuada em cada imóvel, sempre nos mesmos dias e horário, regularmente, a critério do projeto de coleta. Somente assim os cidadãos habituar-se-ão e serão condicionados a colocar os recipientes ou embalagens nas calçadas, em frente aos imóveis, sempre nos dias e horários em que o veículo coletor irá passar.

### 3.4.3.2 Coleta e transporte de resíduos públicos

Os resíduos de varrição podem ser transportados em carrinhos revestidos internamente com sacos plásticos ou em containeres intercambiáveis. Em logradouros íngremes podem ser empregados carrinhos de mão. Resíduos públicos acondicionados em sacos plásticos podem ser removidos por caminhões coletores compactadores, com carregamento traseiro ou lateral. Já os containeres podem permanecer estacionados em terrenos ou nos estabelecimentos comerciais, aguardando sua descarga nos caminhões coletores compactadores, providos ou não de dispositivos de basculamento mecânico, para reduzir o esforço humano para içá-lo até a boca de alimentação de lixo do carro.

Em logradouros públicos com média e baixa produção de resíduos, por razões econômicas, a coleta alternada é mais aconselhável (LIMA, J, 2005).

### 3.4.3.3 Coleta e transporte de resíduos de serviços de saúde

A coleta e transporte dos RSS são divididas em:

**a) Coleta interna** - é aquela realizada dentro da unidade geradora, e consiste no recolhimento dos resíduos das lixeiras no fechamento do saco e no seu transporte até a sala de resíduo ou expurgo. Os sacos e as lixeiras devem ter capacidade de acordo com a demanda e o número previsto da coleta. A definição da frequência e do horário da coleta dos resíduos sólidos de serviços de saúde, junto às unidades geradoras transportando-os para o local apropriado, deve ser feita em função das características do serviço e da quantidade de resíduos gerada. O horário de coleta deve ser programado para minimizar o tempo de permanência dos resíduos na unidade geradora. A coleta deve observar as normas de segregação (SCHNEIDER et al, 2004);

**b) Coleta externa** - a coleta externa consiste no recolhimento dos resíduos sólidos de serviços de saúde armazenados nas unidades. Os resíduos infectantes ou especiais podem ser transportados junto com o

lixo comum, desde que identificado. Todo o resíduo transportado para fora da unidade deverá circular sempre em carro fechado, com caçamba estanque que não permita vazamentos. O transporte de quantidades de resíduos superiores a 20 quilos deve ser feito por carrinho específico para transporte de resíduos seguindo as especificações da Associação Brasileira de Normas Técnicas (1993b), na NBR 12810/1993. A higienização dos carrinhos é obrigatória após a sua utilização. Tubos de queda de lixo são proibidos (SCHNEIDER et al, 2004). Na Fotografia 7 mostramos o tipo de veículo utilizado para a coleta externa dos RSS.



Fotografia 7 – Veículo coletor para RSS.  
Fonte: CIMEL – Indústria Mecânica Ltda. (2006).

#### **3.4.4 Veículos para coleta de resíduos sólidos**

Os veículos mais empregados para a coleta e transporte de resíduos são:

- Carrinho coletor manual: a sua capacidade é de 0,50 m<sup>3</sup> e a sua velocidade de locomoção quando não se encontra em coleta é em média 4 km/h. É de fácil manutenção e operação, sendo necessário por veículo 2 funcionários;
- Carroça de tração animal: a sua capacidade é de 2,50 m<sup>3</sup>, também utiliza para operação 2 funcionários e sua velocidade é em média 6 km/h;
- Veículo a motor sem sistema de compactação: são caçambas convencionais, com cobertura abaulada e corrediça. A capacidade é normalmente de 4 a 15 m<sup>3</sup>, sendo necessário de 4 a 6 funcionários por veículo, conforme Fotografia 8;



Fotografia 8 – Veículo coletor sem compactação.  
Fonte: CIMEL – Indústria Mecânica Ltda. (2006).

- Veículo a motor com sistema de compactação: é o equipamento mais indicado para o sistema de coleta dos resíduos sólidos de cidades grandes devido às vantagens de custo e velocidade operacional, ou seja, apresenta um custo 34 % menor por tonelada/km e uma

velocidade de 32 % maior km/h. A sua capacidade é de 15 a 50 m<sup>3</sup> e utiliza de 4 a 8 funcionários por veículo. Atualmente, a coleta já é feita de maneira mecanizada, nos locais em que os recipientes são recolhidos por basculamento por meio de elevadores acoplados nos veículos, conforme a Fotografia 9.



Fotografia 9 – Veículo coletor com elevador.  
Fonte: CITEC Meio Ambiente Ltda. (2006).

O conhecimento das características físicas dos resíduos é importante para dimensionar a capacidade, o tipo e o grau de compactação da frota de veículos.

### **3.4.5 Estação de Transbordo ou Transferência**

A Estação de Transferência é a unidade intermediária entre a zona de coleta e o local de tratamento e/ou destino final.

Nas cidades de médio e grande porte, aumentam as exigências ambientais, bem como a resistência da população para a implantação, de empreendimento ligados à disposição final dos resíduos sólidos, mais próximos das residências.

Como os terrenos urbanos são muito valorizados, os aterros sanitários, que, em geral, demandam áreas de grandes extensões, estão sendo localizados cada vez mais distantes dos centros de massa da geração de resíduos.

O aumento na distância entre o ponto de coleta e o de destinação dos resíduos ocasiona os seguintes problemas:

- atraso dos roteiros de coleta, alongando a exposição do lixo na rua;
- aumento do tempo improdutivo dos trabalhadores, que ficam parados à espera do retorno do veículo que foi descarregar sua carga no destino final;
- aumento do custo do transporte;
- redução da produtividade dos veículos de coleta.

Como solução para esses problemas, alguns municípios optam pela implantação de estações de transferência próximo à zona urbana, para que os carros coletores façam a descarga e retornem imediatamente para realizar uma nova viagem. Os resíduos sólidos deixados na estação são enviados para o local de destino final, imediatamente por veículos de maior capacidade de carga.

Normalmente, as estações de transferências têm indicativo de implantação quando a distância do centro de massa ao local de destino final for maior ou igual a 25 km (outrora foi 20 km e até 15 km). O que define na realidade a sua implantação é o custo. Portanto, a estação tem como objetivo a viabilização dos custos da coleta e podem ser sem ou com compactação dos RS.

Estação de transferência sem compactação apresenta pisos em cota diferente para permitir que os veículos coletores descarreguem os resíduos diretamente em veículo de maior capacidade, sem nenhum tipo de compactação.

Já a estação de transferência com compactação tem como principal objetivo aumentar o peso específico dos resíduos, para reduzir o custo de

transporte. Para isso, a transferência dos resíduos dos caminhões coletores é realizada por prensas de compactação até os veículos de maior capacidade.

Assim, a caracterização física dos resíduos se torna necessária para esta etapa, pois permite definir e dimensionar o tipo de estação, o tipo de prensa transferidora (quando existir), o grau de compactação da prensa e o tipo de veículo de maior capacidade.

### **3.4.6 Tratamento e destino final**

Os tratamentos são agrupados de acordo com o princípio fundamental dos mesmos. Os térmicos exigem elevadas temperaturas com a presença ou não de oxigênio livre, os biológicos necessitam de microorganismos aeróbios ou anaeróbios e o destino final que é o local de colocação dos resíduos últimos.

#### **3.4.6.1. Tratamento térmico**

Podem ser dos seguintes tipos:

##### **a) Incineração**

É a queima de materiais em alta temperatura (200°C a 1200°C) em mistura com uma quantidade de ar adequada durante um determinado intervalo de tempo. No caso específico de resíduos sólidos, os compostos orgânicos são reduzidos a seus constituintes minerais, principalmente, dióxido de carbono gasoso (CO<sub>2</sub>) e vapor de água e cinzas (LIMA, J., 2005). Na Fotografia 10 mostramos o incinerador do Aurá.



Fotografia 10 – Incinerador do Aurá ao fundo.

O Aurá e o local onde hoje ocorre a disposição final dos RSD gerados nos municípios de Belém e Ananindeua, localizados no limite entre os municípios, na área de Belém.

O volume dos resíduos pode ser diminuído em 80 ou 90% por um incinerador convencional, de baixa temperatura, ou em 97% por um incinerador convencional de alta temperatura. Assim, o custo de transporte pode ser reduzido drasticamente se os resíduos forem incinerados próximo à área de coleta, levando-se apenas as cinzas para fora da cidade (São Paulo, 1993).

A incineração é uma alternativa indicada para o caso de grande quantidade de resíduos sépticos e/ou perigosos ou quando existem grandes distâncias a serem percorridas entre a coleta e a disposição final, e o lixo é rico em materiais secos comburentes. Outra circunstância que recomenda a incineração é a dificuldade de encontrar áreas para aterro. Um grande inconveniente deste processo é a liberação de gases tóxicos que precisam ser tratados. Além disto, as cinzas e demais materiais remanescentes do processo de incineração precisam ser convenientemente dispostos.

## b) Pirólise

A pirólise pode ser genericamente definida como um processo de decomposição química por calor na ausência de oxigênio.. Através da pirólise a matéria orgânica pode ser convertida em diversos subprodutos e o material pirolisado pode ser dividido em três grupos:

- gases, compostos por hidrogênio, metano e monóxido de carbono;
- combustível líquido, compostos por hidrocarbonetos, álcoois e ácidos orgânicos de elevada densidade e baixo teor de enxofre;
- um resíduo sólido, constituído por carbono quase puro (char) e ainda, por vidros, metais e outros materiais inertes (escória) (MANTELL, 2001).

Teoricamente, a pirólise possui as vantagens da incineração mais o potencial de controlar quase todos os gases emitidos. Na prática, a pirólise apresenta vários problemas. Se os resíduos se encharcarem de águas, grandes quantidades de calor são necessárias para secar os resíduos antes que a pirólise possa ser feita com eficiência. Os materiais precisam ser finalmente triturados para que o calor penetre por igual, e o aquecimento pode ser um processo demorado. Além disso, algumas unidades se mostraram sensíveis a mudanças repentinas na composição do material que entra. Todas exigem operários qualificados, experientes (São Paulo, 1993).

### 3.4.6.2 Tratamento biológico

A compostagem é segundo Mota, (2001), o:

processo biológico de decomposição da matéria orgânica contida em restos de origem animal e vegetal. Este processo tem como resultado final um produto que pode ser aplicado ao solo para melhorar suas características, sem ocasionar riscos ao meio ambiente. Na Fotografia 11 é apresentada uma usina de compostagem.



Fotografia 11 – Usina de compostagem de Belo Horizonte.  
Fonte: Instituto de Pesquisas Tecnológicas / Compromisso Empresarial para a Reciclagem (2006).

A compostagem pode acontecer na presença (aeróbia) ou na ausência (anaeróbia) de oxigênio. Para o tratamento de lixo, é comum se usar o processo aeróbio devido à facilidade técnica, facilidade na obtenção de oxigênio (ar) e baixos custos (PEREIRA NETO, 1996).

#### 3.4.6.3 Aterros comuns ou vazadouros

É o tipo de aterro caracterizado pela simples descarga de resíduos sólidos sem qualquer tratamento, também denominados lixões, lixeiras, vazadouros etc. Este método de disposição é o mais prejudicial ao homem e ao meio ambiente; todavia ainda é o mais usado no Brasil e nos países em desenvolvimento.

#### 3.4.6.4 Aterro controlado

O aterro controlado é uma maneira técnica e simples de se aterrar os resíduos.

É uma variável da prática anterior em que o lixo recebe uma cobertura diária de material inerte. Esta cobertura diária, entretanto, é realizada de forma aleatória não resolvendo satisfatoriamente os problemas de poluição gerados pelo lixo, uma vez que os mecanismos de formação de líquidos e gases não são levados a termo (LIMA, J, 2005).

O aterro controlado é uma técnica de disposição de resíduos sólidos urbanos no solo, que utiliza princípios de engenharia para confinar os resíduos sólidos, cobrindo-os com uma camada de material inerte na conclusão de cada jornada de trabalho, diminuindo os impactos ambientais ( IPT/CEMPRE, 2000).

Esta forma de disposição produz, em geral, poluição localizada, pois similarmente ao aterro sanitário, a extensão da área de disposição é minimizada. Porém, geralmente não dispõem de impermeabilização de base (comprometendo a qualidade das águas subterrâneas), nem sistemas de coletas e tratamento de chorume ou de dispersão dos gases gerados (LIMA, L, 2001).

#### 3.4.6.5 Aterro sanitário

Aterro sanitário é o método mais correto e mais viável financeiramente.

Segundo a Associação Brasileira de Normas Técnicas (1992), na NBR 8419/1992 Aterro Sanitário é a técnica de disposição de resíduos sólidos urbanos no solo, sem causar danos a 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. Na Fotografia 12 é mostrado um aterro sanitário.



Fotografia 12 – Aterro sanitário.  
Fonte: SANTEC Resíduos (2006).

O aterro sanitário é uma forma de disposição final de resíduos sólidos urbanos no solo, considerando critérios de engenharia e norma operacionais específicas, proporcionando o confinamento seguro dos resíduos (normalmente, recobrimo com argila selecionada e compactada em níveis satisfatórios), evitando os danos ou riscos à saúde pública e minimizando os impactos ambientais. Os critérios de engenharia mencionados materializam-se no projeto de sistemas de drenagem periférica e superficial para afastamento de águas de chuva, de drenagem de fundo para a coleta do lixiviado, de tratamento para o lixiviado drenado e de drenagem e queima dos gases gerados durante o processo de bioestabilização da matéria orgânica. É, sem dúvida, uma interessante alternativa de disposição final de resíduos sólidos para os países em desenvolvimento, como o Brasil. Atualmente, cerca de 10% das comunidades brasileiras solucionaram seu problema de disposição de lixo adotando a técnica do aterro sanitário.

## Segundo NBR 8419/1996:

É a técnica de disposição de resíduos sólidos, urbanos no solo, sem causar danos ou riscos a Saúde Pública e a sua segurança, minimizando os impactos ambientais, método este que utiliza princípios de engenharia para confinar os r.s. a 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.

Os aterros também servem para recuperar áreas deterioradas, tais como: pedreiras abandonadas, grotas, escavações oriundas de extração de argila e areia e regiões alagadiças (Mota, 2000). Na Fotografia 13 observa-se um sistema de tratamento de chorume.



Fotografia 13 – Tratamento de chorume.

Fonte: Instituto de Pesquisa Tecnológica / Compromisso Empresarial para a Reciclagem (2006).

O chorume, também chamado sumeiro ou purina é um líquido produzido pela decomposição de substâncias orgânicas contidas nos resíduos sólidos, que tem como característica a cor escura, o mau cheiro e o elevado nível de contaminação, muitas vezes indicado pela Demanda Bioquímica de Oxigênio (DBO), Demanda Química de Oxigênio (DQO), presença de metais pesados

etc. O percolado é definido como o líquido que passa através de um meio poroso.

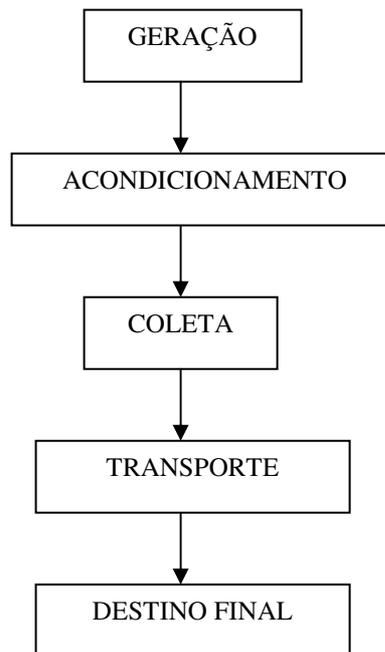
No caso de aterros de resíduos, o percolado é formado pela mistura de águas de infiltração com chorume e pode migrar superficialmente para as águas de superfície situadas em costas inferiores e/ou infiltrar-se no solo acabando por contaminar o subsolo e as águas subterrâneas de menor profundidades, que são utilizadas através de poços rasos por populações pobres que vivem na periferia dos grandes entros urbanos (SCHALCH, 1991).

A caracterização física dos RSU é decisiva para a seleção e dimensionamento do tipo de tratamento e destinação final. Como exemplo pode-se citar que grande percentual de matéria orgânica compostável (MOC) indica a estação de tratamento como uma usina de compostagem, enquanto grande percentual de material seco recomenda que a estação de tratamento seja do tipo usina de incineração ou outro.

### 3.5 SISTEMAS DE RESÍDUOS SÓLIDOS UTILIZADOS NO BRASIL

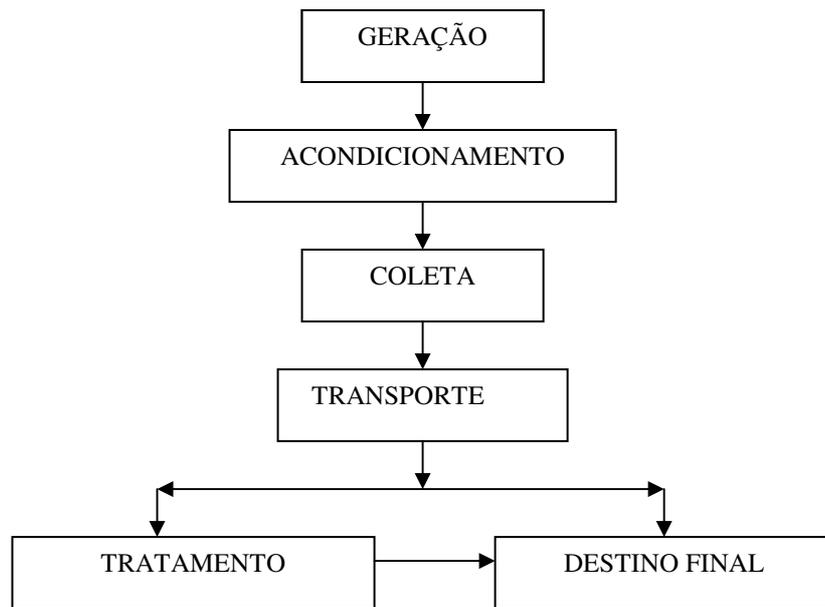
Nos municípios brasileiros são empregados 4 diferentes configurações de sistemas de resíduos sólidos.

A maioria das áreas urbanas dos municípios brasileiros (61,19 %) é caracterizada pelo menor *status* socioeconômico, pelo menor poder aquisitivo e apresenta apenas geração, acondicionamento, coleta, transporte e destino final dos resíduos sólidos, conforme mostrado no Fluxograma 1.



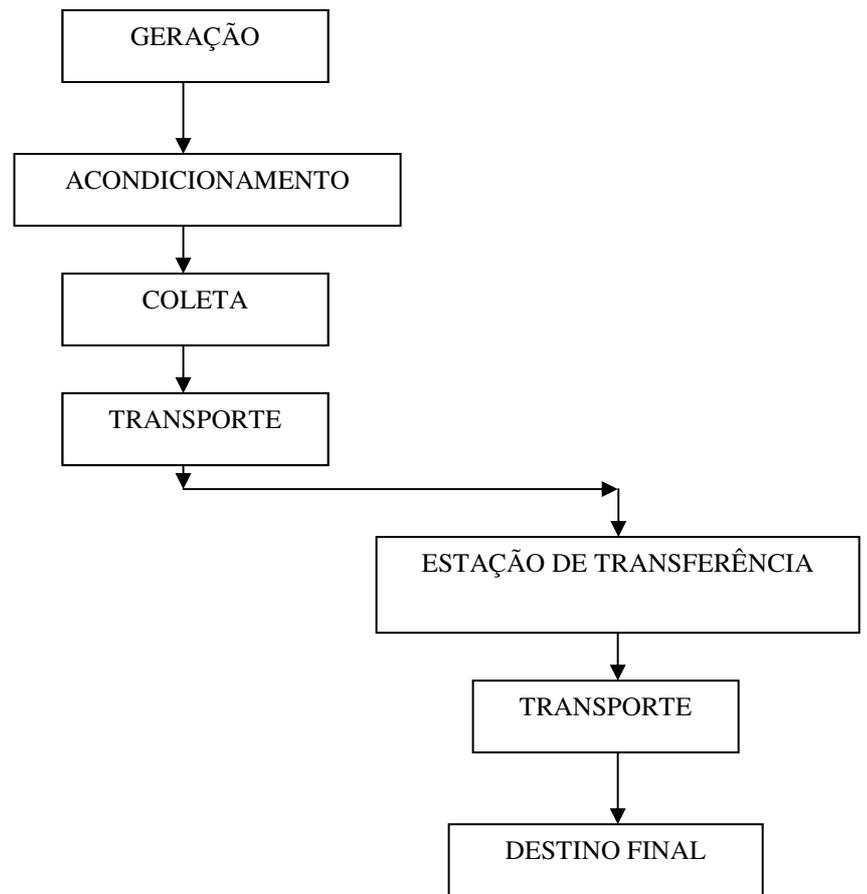
Fluxograma 1 – Sistema de resíduos sólidos I.

No fluxograma 2, é apresentado o sistema de resíduos sólidos característico de municípios com crescimento considerável na área do saneamento, atingindo 37,21 % da totalidade. Uma outra característica deste modelo é que mesmo em função das dificuldades financeiras que rotineiramente ocorrem com as prefeituras municipais, preferencialmente em finais ou início de administrações diferenciadas politicamente, resulta no abandono da etapa de tratamento, portanto, revertendo para o Fluxograma 1. que é o atualmente praticado nas cidades de Belém e Ananindeua.



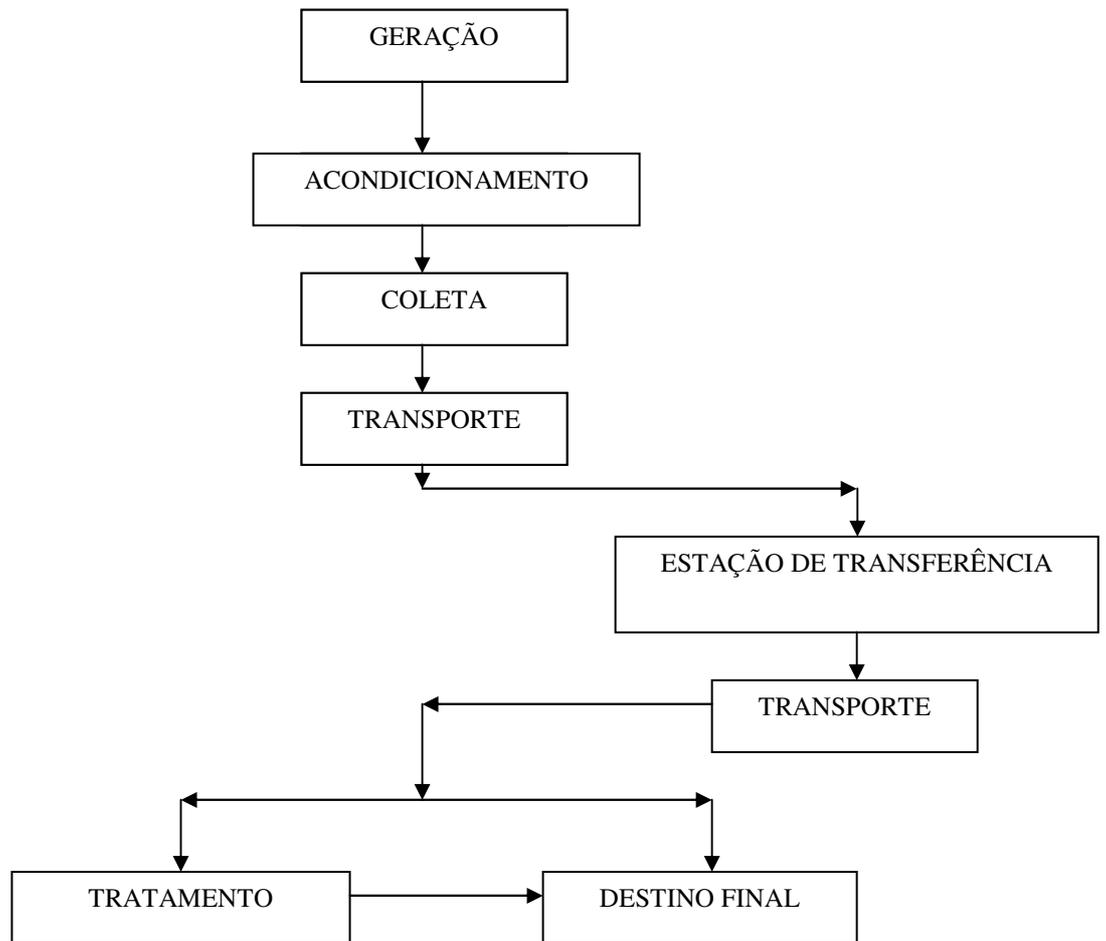
Fluxograma 2 – Sistema de resíduos sólidos II.

O modelo do Fluxograma 3 é caracterizado pela inclusão da estação de transferência. É de difícil ocorrência em município brasileiro.



Fluxograma 3 – Sistemas de resíduos sólidos III.

O modelo do Fluxograma 4 tem como característica fundamental retratar os municípios de melhor índice de desenvolvimento tecnológico, e também aqueles que ocupam uma maior extensão territorial da zona urbana, assim como uma maior população e ocorre em apenas 1,6 % dos municípios brasileiros.



Fluxograma 4 – Sistema de resíduos sólidos IV

### 3.6 COLETA SELETIVA E RECICLAGEM

A coleta seletiva iniciou-se no Brasil provavelmente partir da década de 80 do século XX, inicialmente como um fim em si mesma, voltada para questões ambientais e sociais, como a geração de empregos. Não se inseria numa perspectiva de gestão integrada de resíduos sólidos.

A coleta seletiva foi implantada no Brasil sob o aspecto dos três Rs, onde a reciclagem foi sempre privilegiada entre os três aspectos.

Atualmente vivemos um novo momento, discute-se intensamente a questão da gestão integrada onde a coleta seletiva é parte decisiva dela.

Nessa nova abordagem o que importa para a composição dos resíduos, no sentido de sua caracterização e conseqüentemente do seu reaproveitamento, é a participação de substâncias e objetos que representem, além da preservação ambiental, o retorno em termos financeiros.

A prática da reciclagem demonstra uma maior preocupação ambiental, já que significa fazer retornar ao ciclo de produção materiais que foram usados e descartados. Hoje já dispomos no mercado de veículo de coleta especial, conforme Fotografia 14.



Fotografia 14 – Coletor seletivo para reciclagem.  
Fonte: Usimeca (2006).

As principais vantagens da implantação de um programa de reciclagem dos resíduos são:

- A redução dos custos da coleta;
- O aumento da vida útil dos aterros, pois se reduz a quantidade de lixo a eles encaminhada, inclusive dos materiais não degradáveis;
- A reutilização de bens que são normalmente descartados;
- A redução do consumo de energia;
- A diminuição dos custos de produção, em decorrência do aproveitamento de recicláveis pelas indústrias;
- A dinamização da economia local, com a criação de empregos e, até mesmo, com o surgimento de empresas recicladoras;
- A economia para o país na importação de matérias-primas e na exploração de recursos naturais.

Apenas a reciclagem, porém, não soluciona o problema dos resíduos sólidos. É necessário que ela seja inserida em um programa amplo de gestão de resíduos.

Com o privilégio da reciclagem a coleta seletiva, em muitos casos, tornou-se apenas uma atividade auxiliar com participação comunitária dos mecanismos tradicionais de recuperação de materiais recicláveis. Segundo Grippi (2001), todos os caminhos que devem ser seguidos dentro de um programa de reciclagem, o mais importante deve ser o da educação ambiental sobre os resíduos sólidos, voltado para o conceito dos três "R" enfocados a seguir:

**a) Reduzir:** todo o cidadão deve aprender a reduzir a quantidade dos resíduos que gera, sempre que possível, entendendo que redução não implica padrão de vida menos agradável. É simplesmente uma questão de reordenar os materiais que menos usamos no dia-a-dia.

Uma das formas de tentar reduzir a quantidade dos resíduos sólidos gerada é combatendo o desperdício de produtos e alimentos consumidos. Menos resíduos gerados implicam em estrutura de coleta menor, e também, em redução de custo de disposição final.

Assim, o poder público deve estimular o cidadão a reduzir a quantidade de resíduos que gera, pelo reordenamento dos materiais usados no dia-a-dia, combatendo o desperdício que resulta em ônus para o poder público, e, conseqüentemente, para o contribuinte, com isso favorecendo a preservação dos recursos naturais;

**b) Reutilizar:** existem inúmeras formas de reutilizar os mesmos objetos, até motivos econômicos. Escrever nos dois lados da folha de papel, usar embalagens retornáveis e reaproveitar embalagens descartáveis para outros fins são apenas alguns exemplos. Uma parcela do comércio formal já contribuiu para essa prática, na medida em que os "sebos" trabalham basicamente com livros usados, assim como os "brechós" comercializam desde roupas até móveis usados;

**c) Reciclar:** a reciclagem forma o terceiro ponto do tripé, sendo a alternativa de quando não é mais possível reduzir nem reutilizar. Contribuir com os programas de coleta seletiva separando e entregando os materiais recicláveis e quando não for possível devemos reduzi-los ou reutilizá-los. Tudo isso faz parte do renascer do cidadão, da natureza e da humanidade.

### 3.7 IMPORTÂNCIA DA CARACTERIZAÇÃO FÍSICA DOS RSD

Á caracterização física do RSD pressupõe a identificação e a contagem dos diversos componentes que apresentem características importantes ao seu controle inclusive no que diz respeito a reciclagem.

Á caracterização periódica dos RSD é necessária, pois eles variam ao longo das etapas de gerenciamento e do tempo. Inicialmente, deve ser identificado no município estudado o sistema de coleta utilizado, para estabelecer a metodologia e determinar as características do RSD.

Para efeito de comparação com as características levantadas neste estudo, na Tabela 1 apresenta-se exemplos de características físicas de outros países e na Tabela 2 de cidades do Brasil.

Tabela 1 – Composição gravimétrica de vários países

Componentes (%)	EUA	Suécia	Japão	India	Peru	Brasil
Plástico	10	6	7	1	3,2	4
Papel e Papelão	44	30	40	2	10	25
Metal	7	5	2,5	0,2	2,1	4
Vidro	5	7	1	0,1	1,3	3
MO	-	33	-	78	54,1	59
Outros	34	19	49,5	18,7	32	5

Fonte: Brasil, 2003.

Tabela 2 – Composição gravimétrica de várias cidades brasileiras

Componentes (%)	Rio de Janeiro	Porto Alegre	Fortaleza	Distrito federal
Plástico	16,8	9	8,2	2,4
Papel e Papelão	22,2	22,1	22,6	26,2
Metal	2,8	4,7	7,3	3,2
Vidro	3,7	9,2	3,3	2,8
MO	-	-	-	-
Outros	54,6	55	58,6	65,4

Fonte: Brasil, 2000.

Em Belém, uma das cidades brasileiras escolhidas, como amostragem da região norte e, principalmente, por ser uma das cidades estudadas nesta pesquisa, no ano 2000, foi registrado naquela pesquisa um alto valor da MOC assim como um crescente valor do componente outros, que espelha o baixo status socioeconômico da maioria da população. Os valores de papel e papelão, plásticos nos parece elevado em função do baixo nível da coleta seletiva desses componentes, enquanto o valor do vidro consegue retratar a pouca geração do mesmo e no caso do metal a crescente prática da coleta seletiva, conforme Gráfico 1.

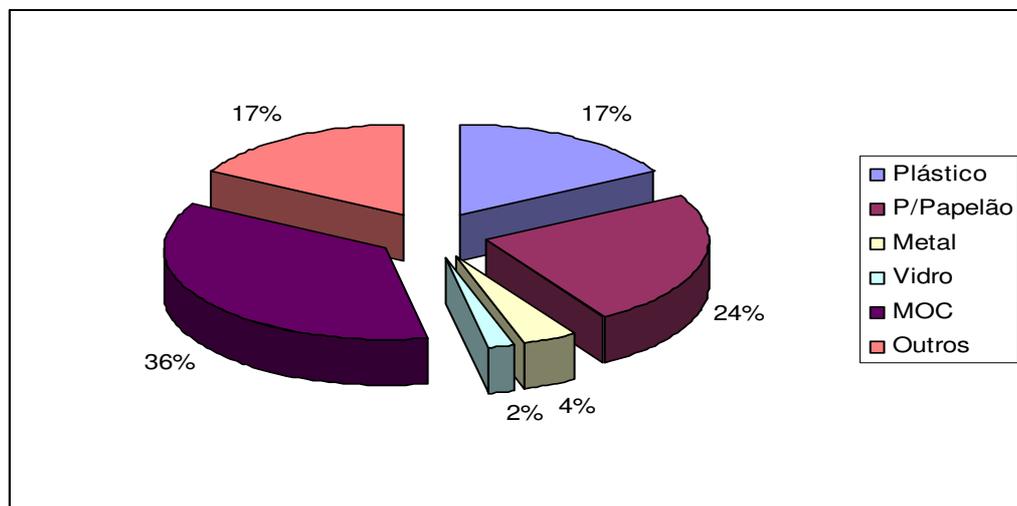


Gráfico 1 – Composição gravimétrica de Belém (Norte).  
Fonte: Carneiro (2000).

Vale ressaltar que o estudo realizado no ano 2000 obedeceu uma metodologia semelhante a que está sendo empregada no estudo atual, registra-se apenas uma diferença em favor da atual que é uma maior abrangência da área estudada.

Em Ananindeua, outra cidade brasileira da região norte escolhida como amostragem, além de ser uma das cidades analisadas neste estudo, no ano 2000, foi registrado um alto valor da MOC, assim como um crescente valor do componente outros, que espelha o baixo *status* socioeconômico da maioria da população. Os valores de papel e papelão e plásticos nos parece elevado em função do baixo nível da coleta seletiva desses componentes, enquanto o valor do vidro consegue retratar a pouca geração do mesmo e no caso do metal, a crescente prática da coleta seletiva. Outro fator de extrema relevância é que

em 2000 já se observava o início do processo de conurbação entre Belém e Ananindeua, conforme Gráfico 2.

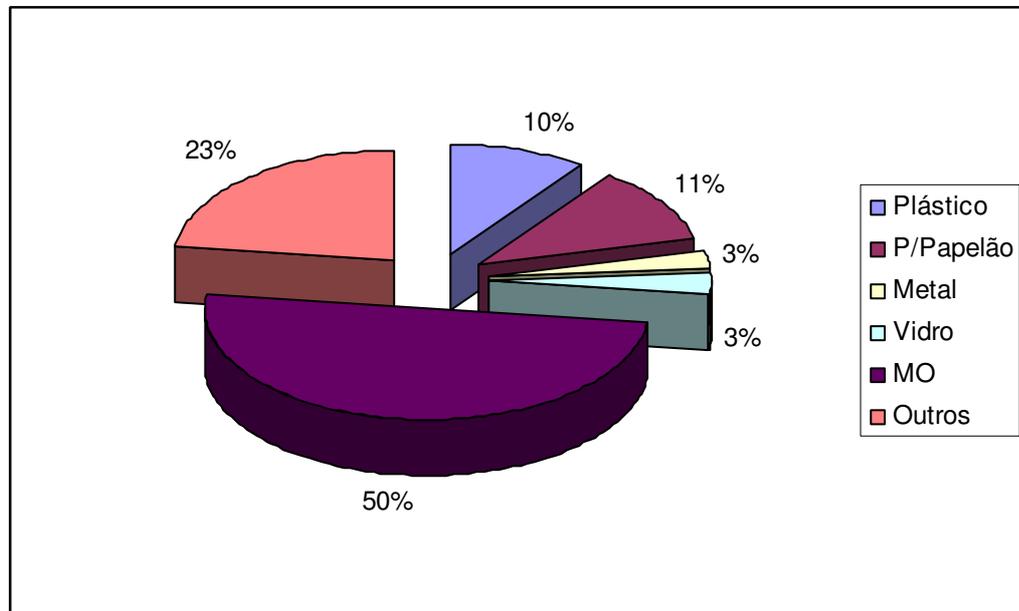


Gráfico 2 – Composição gravimétrica de Ananindeua (Norte).  
Fonte: Carneiro, 2000.

Vale ressaltar que o estudo realizado no ano 2000 obedeceu uma metodologia semelhante a que está sendo empregada no estudo atual, apresentando uma única diferença que é enfoque da outra cidade pesquisada simultaneamente, Ananindeua, pois ambas representam mais de 80 % dos RSD produzidos na RMB

Além da variação de local para local, os RSD também variam segundo o tempo. Como exemplo apresenta-se na Tabela 3 a variação temporal das características da cidade de São Paulo.

Tabela 3 – Variação na composição dos RSD de São Paulo (%)

Tipo de Material	1927	1947	1965	1969	1972	1989	1990	1993	1998
Papel e Papelão	13,4	16,7	16,8	29,2	25,9	17,0	29,6	14,43	18,8
Trapo e Couro	1,5	2,7	3,1	3,8	4,3	-	3,0	4,52	3,0
Plástico	-	-	-	1,9	4,3	7,5	9,0	12,08	22,9
Vidro	0,9	1,4	1,5	6,0	21,0	1,5	4,2	1,1	1,5
Metal	1,7	2,2	2,2	7,8	4,2	3,25	5,3	3,24	3,0
Matéria Orgânica	82,5	76,0	76,0	52,2	47,6	55,0	47,4	64,43	69,5

Fonte: Compromisso Empresarial para a Reciclagem (2000).

Observamos que no caso do plástico o mesmo passou a ser caracterizado a partir de 1969, no percentual de 1,9 %, variando até 1998 para 22,9 %, caracterizando a grande variação deste componente dos RSD.

O valor de produção de RSD por habitante/dia, também apresenta variação de acordo com o local. Na Tabela 4 são apresentados exemplos da produção do *per capita* e do peso específico do RSD em alguns locais.

Tabela 4 – Peso específico aparente úmido e *per capita* dia

Características Físicas	América Latina	Cidade Brasileira até 500.00 hab	Cidade Brasileira acima de 500.000 hab	Belém, 2000 ***	Ananindeua, 2000 ***
Peso Específico Aparente Úmido (kg/m <sup>3</sup> ) *	174,00	Menor que 240,00	Maior que 160,00	218,03	-
Per capita dia (kg/hab/dia) **	0,9	0,6	0,7	0,73	0,6

Fonte: \* Brasil (2003); \*\* Brasil (1999); \*\*\* Carneiro (2000).

Os valores correspondentes ao ano de 2000, em Belém, relativos a quantidade diária e ao volume diário são 882.288,22 kg e 4.046,64 m<sup>3</sup>, respectivamente. No caso de Ananindeua, a quantidade diária é de 236.141, 40 kg, já com respeito ao volume diário, o mesmo não foi determinado.

### 3.8 VALORES MÉDIOS, NO BRASIL, DOS COMPONENTES RECICLÁVEIS DOS RESÍDUOS SÓLIDOS DOMICILIARES EM REAIS

A Tabela 5 apresenta os valores médios praticados por tonelada, no Brasil, para os materiais reciclados dos componentes dos RSD, segundo o Compromisso Empresarial para a Reciclagem (CEMPRE) em outubro de 2006.

Tabela 5 – Custo do material reciclado por tonelada

Componentes	R\$ / ton
Papel e Papelão	309,43
Plástico	525,71
Metal	2.954,29
Vidro	100,83
Matéria Orgânica Compostavel	0,325

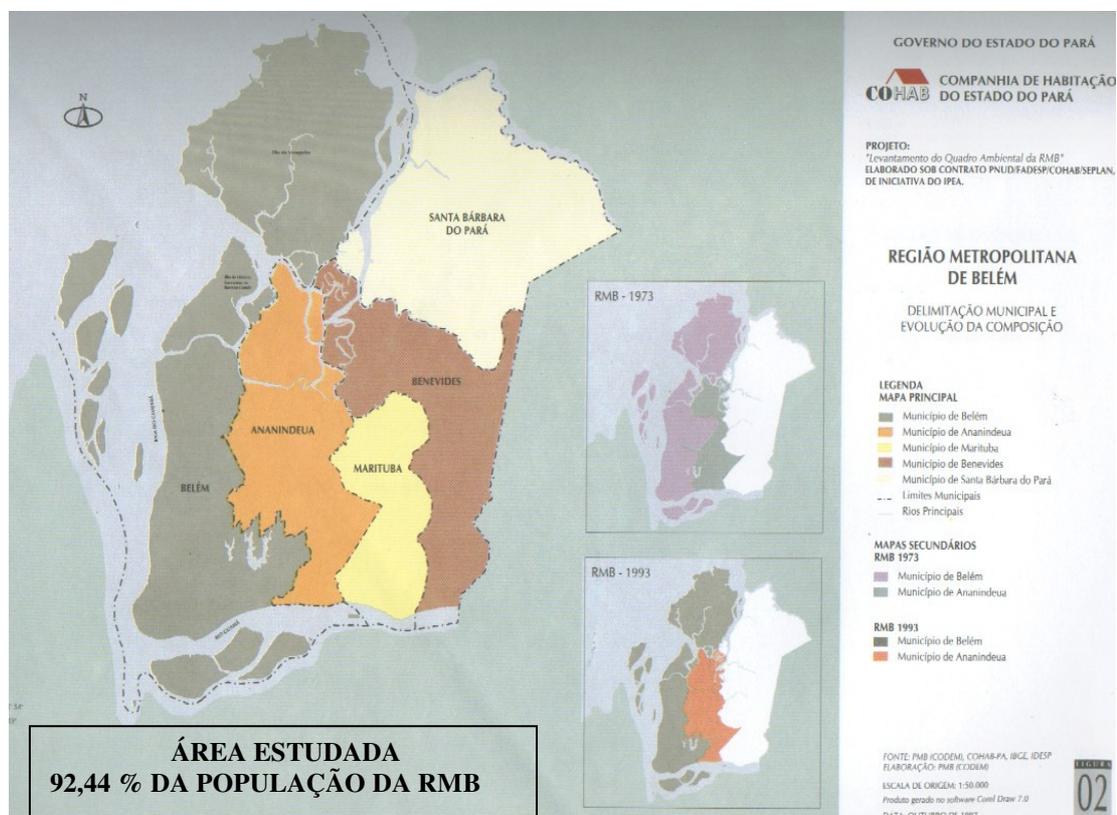
Fonte: Compromisso Empresarial para a Reciclagem, 2006.

## 4 MATERIAIS E MÉTODOS

A metodologia utilizada para o desenvolvimento desta pesquisa constou da caracterização da área de abrangência e dos seguintes procedimentos experimentais por etapa da pesquisa: identificação dos setores de coleta dos RSD; definição dos roteiros de coleta a serem amostrados; coleta e preparação da amostra; caracterização da amostra e estudo dos resultados obtidos com a apresentação de cenários das diversas alternativas financeiras com a coleta seletiva e reciclagem.

### 4.1 ÁREA DE ESTUDO

A pesquisa foi desenvolvida no período de 01/08/2005 a 05/11/2006, tendo como área de estudo os municípios de Belém e Ananindeua, os quais, juntamente com os municípios de Benevides, Marituba e Santa Bárbara do Pará, formam a Região Metropolitana de Belém, conforme mostrado no Mapa 1



Mapa 1 – Região Metropolitana de Belém.  
 Fonte: Das Mercês (1997).

De acordo com o Instituto Brasileiro de Geografia e Estatística (2005), a RMB apresentava 2.042.530 habitantes no ano de 2005, distribuída em 5 municípios, numa área de 1.819 km<sup>2</sup>, conforme mostrado na Tabela 6.

Tabela 6 – Área e População da RMB

Município	Área (km <sup>2</sup> )	População (hab)
Belém	1.065	1.405.871
Ananindeua	185	482.171
Marituba	103	97.254
Benevides	188	44.216
Santa Bárbara do Pará	278	13.018
RMB	1.819	2.042.530

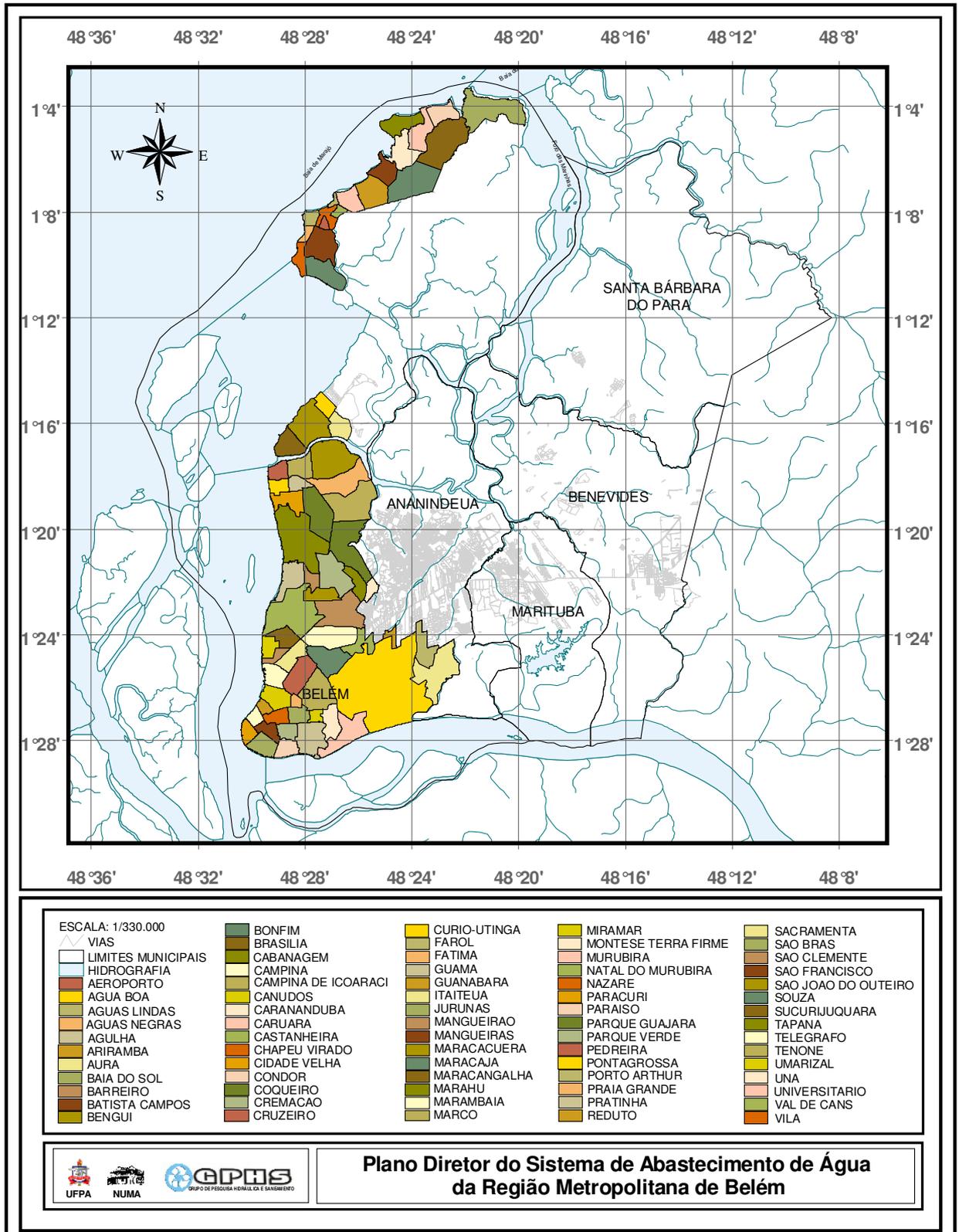
Fonte: Instituto Brasileiro de Geografia e Estatística (2005).

A maior concentração populacional nos municípios de Belém e Ananindeua, que corresponde a 92,44 % da população da RMB, foi utilizada como justificativa para a realização do presente estudo.

O município de Belém, situado na região norte do Brasil, sendo a capital do estado do Pará e sua maior cidade, tem como área aproximada de 1.065 km<sup>2</sup>, com uma altitude média de 10 m, situada nas coordenadas de 1<sup>o</sup> 28' de latitude sul e 48<sup>o</sup> 29' de longitude oeste, com população estimada em julho de 2005, de 1.405.871 habitantes (Instituto Brasileiro de Geografia e Estatística, 2005). No mapa 2 é indicada a divisão em bairros, sendo Belém também considerada a Metrópole da Amazônia, por ser a maior e a mais importante cidade da Amazônia brasileira.

O controle dos resíduos sólidos é executado pela Secretaria de Saneamento do Município de Belém (SESAN), através do Departamento de Resíduos Sólidos (DRES). O serviço de coleta dos RSD é executado pela terceirização em dois grandes setores operados por duas empresas distintas.

O destino final é feito na localidade denominada de Santana do Aurá, em uma área que abrange um aterro controlado, em operação, um incinerador de resíduos perigosos, desativado a mais de 10 anos, e uma área com vários leitos de secagem para deságüe do lodo proveniente dos veículos “limpa fossa” que atuam na Região Metropolitana de Belém.



Mapa 2 – Município de Belém.  
 Fonte: Pereira (2006).

O município de Ananindeua, pertencente a Mesorregião Metropolitana de Belém e à Microregião Belém, tem sede numa área de, aproximadamente, 185 km<sup>2</sup>, nas coordenadas geográficas: 01°21'58" de latitude Sul e 48°22'22" de longitude Oeste de Greenwich, com população estimada em julho de 2005, de 482.171 habitantes (Instituto Brasileiro de Geografia e Estatística, 2005). O Município limita-se ao Norte pelo município de Belém, ao Sul pelo rio Guamá, a leste pelo município de Benevides e a Oeste pelo município de Belém, conforme Mapa 3 que também indica recente proposta de divisão em bairros de Pereira (2006).

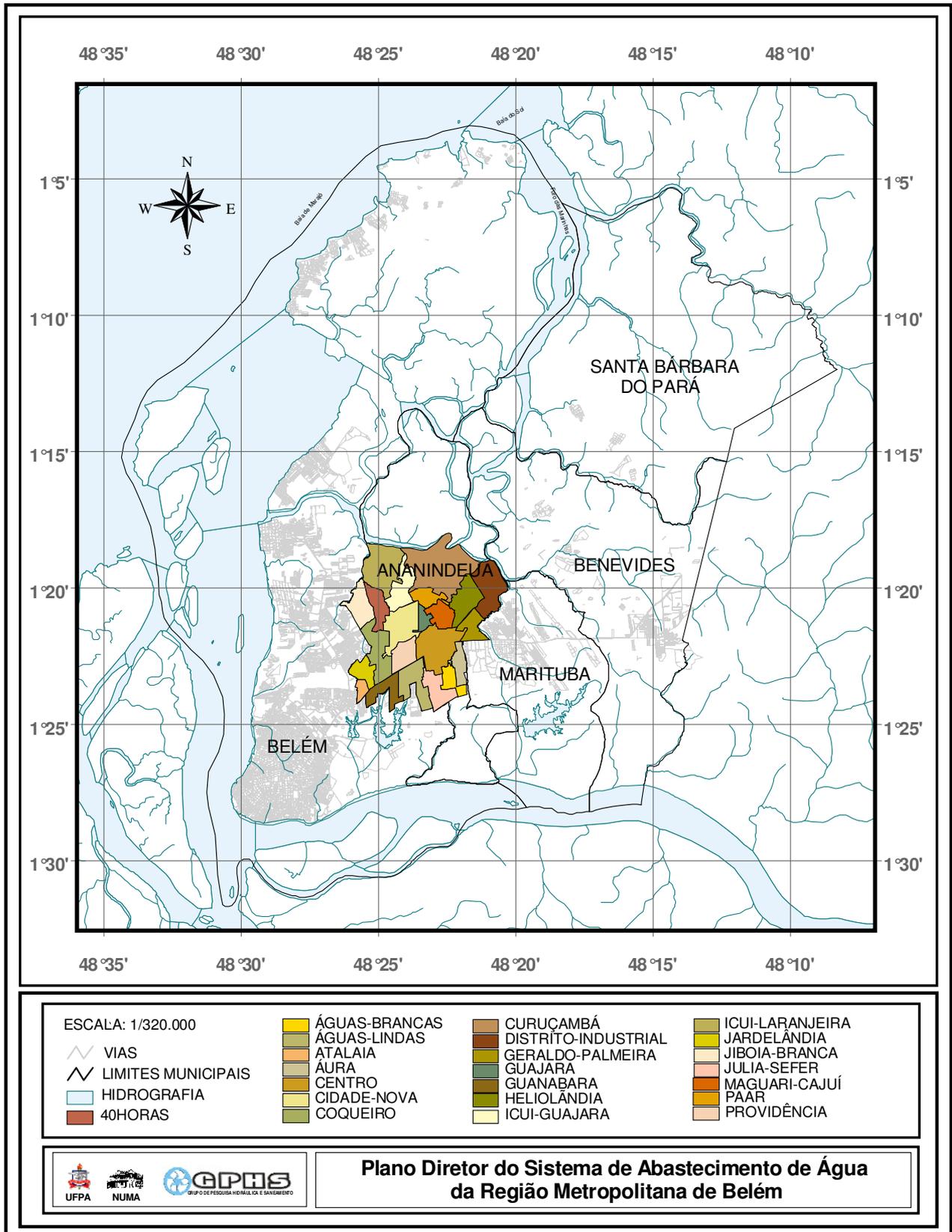
O município de Ananindeua é atendido por 35 roteiros de coleta de lixo, com frequência de 3 dias alternados durante a semana, sendo esses roteiros executados em sistemas de uma, duas e três viagens, com predominância a ser acentuada com roteiros de duas viagens, distribuídas por duas firmas coletoras de lixo. Os roteiros se distribuem pelas firmas A e B, com 23 roteiros (72 %) e 12 roteiros (28 %) respectivamente.

No caso da empresa B, os serviços são executados em uma área socioeconômica média - baixa e baixa, enquanto que, a empresa A cobre uma área com maior estratificação social.

As empresas responsáveis coletam todos os tipos de resíduos sólidos (lixo domiciliar, lixo hospitalar, coleta de entulho e limpeza urbana), sendo levados ao aterro sanitário do Aurá que ocupa uma área de 140 hectares, localizada a 19 km do centro de Belém e recebe diariamente 1,2 mil toneladas de lixo.

A taxa de limpeza pública é cobrada junto ao Imposto sobre a Propriedade Predial e Territorial Urbana (IPTU).

O controle dos resíduos sólidos é feito pela Secretaria de Saneamento Ambiental do Município de Ananindeua (SSA), por meio do Departamento de Limpeza Urbana (DLU).



Mapa 3 – Município de Ananindeua – Proposta de bairros.  
Fonte: Pereira (2006).

## 4.2 PROCEDIMENTOS EXPERIMENTAIS

Os procedimentos usados para atingir o objetivo desta pesquisa foram os seguintes: inicialmente foram realizadas várias consultas em referências como livros, normas técnicas, textos, documentos eletrônicos etc. É conveniente comentar que no Brasil, a exemplo de outros países, não existe nenhuma metodologia normatizada, tornando-se com isto prática bastante usual a utilização de metodologia *ad hoc* (espontânea). Como os municípios de Belém e Ananindeua detêm importância relevante na configuração da composição da maioria dos RSD produzidos na RMB, tem o seu destino final no mesmo local (Complexo de Destino Final do Aurá). Assim, optamos pela caracterização utilizando o Método do Destino Final adaptado para esta situação; após a escolha do método passamos a descrever como foi a sua adaptação etapa por etapa.

### 4.2.1 Etapas da Pesquisa

A Pesquisa foi realizada nas seguintes etapas.

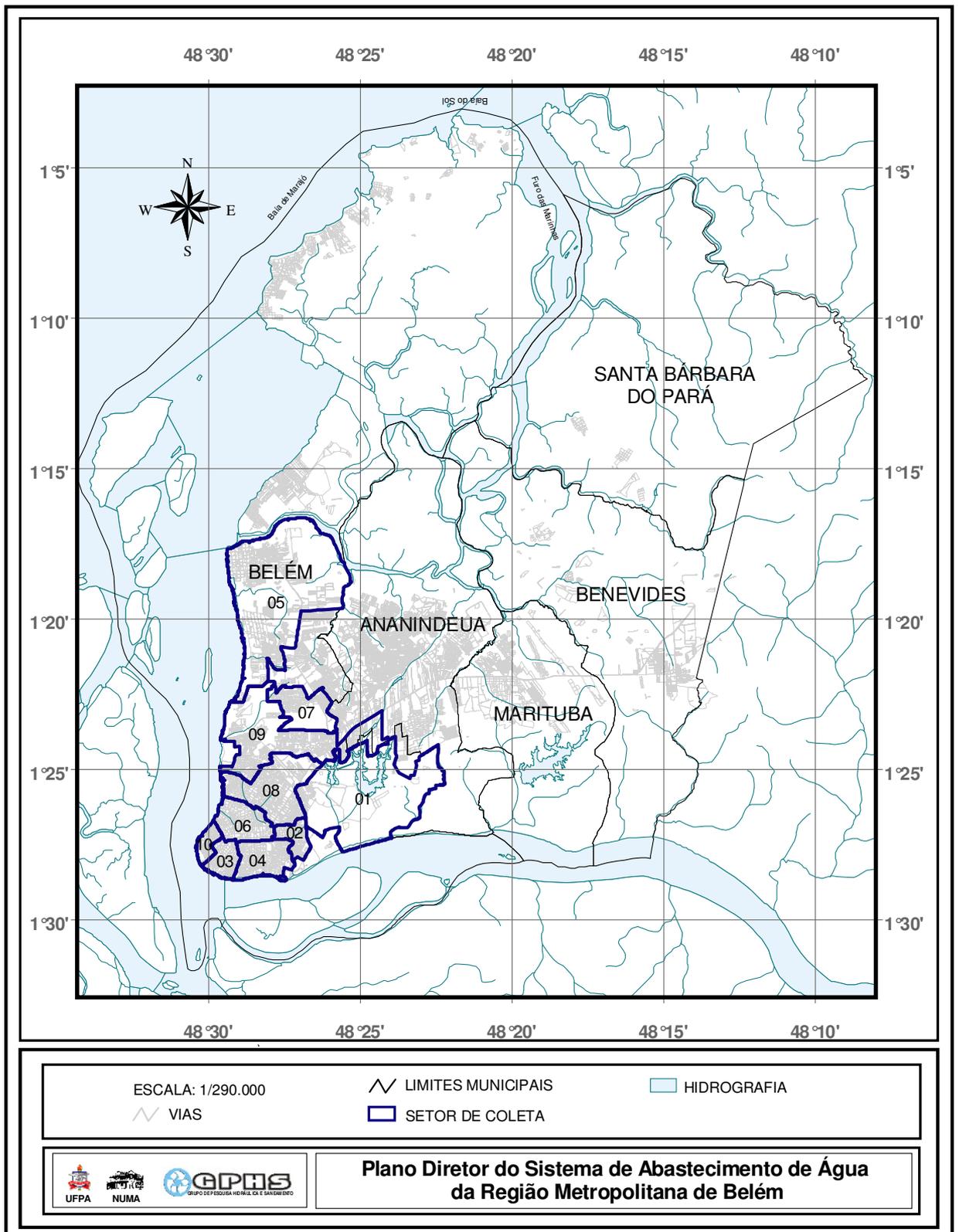
a) Etapa 1 – Divisão em setores de coleta de RSD os municípios de Belém e Ananindeua:

- O município de Belém foi dividido em 10 (dez) setores de coleta, utilizando como base para o estudo, a classificação socioeconômica dos bairros de Belém (BELÉM, 1997), conforme mostrado no Quadro 4;
- Posteriormente foram escolhidos 10 (dez) roteiros para representar cada setor. Na RMB existem 88 (oitenta e oito) roteiros de coleta distribuídos nos 10 (dez) setores mostrados no Mapa 4;
- O estudo no município de Ananindeua teve cuidados adicionais devido à inexistência de qualquer estudo dos padrões socioeconômicos do Município. Isso obrigou a divisão do

Município em setores de coleta com base na observação direta no local, para individualizar a situação socioeconômica da cidade por áreas. As áreas macro escolhidas foram: os conjuntos Cidade Nova; a área de ocupação (invasão) conhecida como PAAR; a área conhecida como Distrito Industrial e a área que fica a margem esquerda da BR 316;

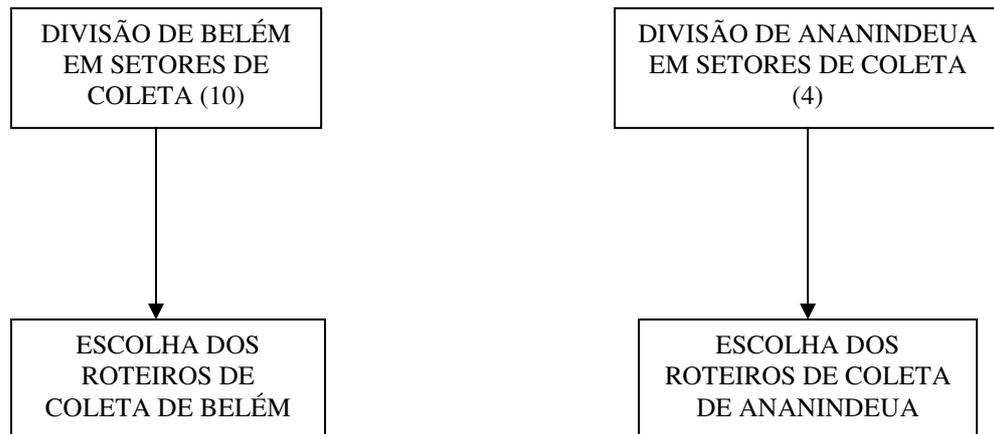
Setor de Coleta	Bairros	Classes
01	Cúrio-Utinga-Aurá	Média Baixa
02	Terra Firme - Canudos	Baixa
03	Jurunas – Batista Campos	Media Alta-Média Baixa
04	Guamá-Condor-Cremação	Média Baixa
05	Icoaraci-Tapanã-Pratinha	Média
06	Nazaré-Umarizal-Fátima-São Braz-Reduto	Média Alta-Alta
07	Benguí-Mangueirão	Baixa
08	Pedreira-Marco-Souza-Telégrafo	Média Baixa
09	Marambaia-Sacramenta-Val de Cans-Maracangalha-Barreiro-Castanheira-Guanabara	Média Baixa-Baixa
10	Campina-Centro-Cidade Velha	Centro Comercial

Quadro 4 – Classificação Sócio – Econômica dos bairros de Belém.  
Fonte: Belém (1997).



Mapa 4 – Setores de coleta de RSD de Belém.  
Fonte: Pereira (2006).

- Concomitantemente, foi realizado o levantamento dos roteiros de coleta da cidade de Ananindeua que totalizam 37 (trinta e sete) roteiros. Foi utilizado, ainda, um mapa geográfico da cidade, para locação dos roteiros, segundo os critérios determinados de acordo com a divisão macro do Município em 4 (quatro) áreas. No Fluxograma 5 são detalhados os passos da 1ª etapa da pesquisa;



Fluxograma 5 – 1ª etapa da pesquisa.

b) Etapa 2 – Escolha dos roteiros de coleta em que seriam coletadas as amostras:

- Tomando para Belém como universo os 88 (oitenta e oito) roteiros existentes na cidade, estabelecemos o tamanho da amostra em 10 (dez) roteiros que correspondem a 11,36 % (onze inteiros e trinta e seis centésimos por cento) que possui valor estatístico representativo;
- Os dez roteiros de Belém foram escolhidos aleatoriamente (por meio de sorteio) dentro da classificação socioeconômica dos bairros de Belém, segundo critério de BELÉM (1997) (Quadro 5);

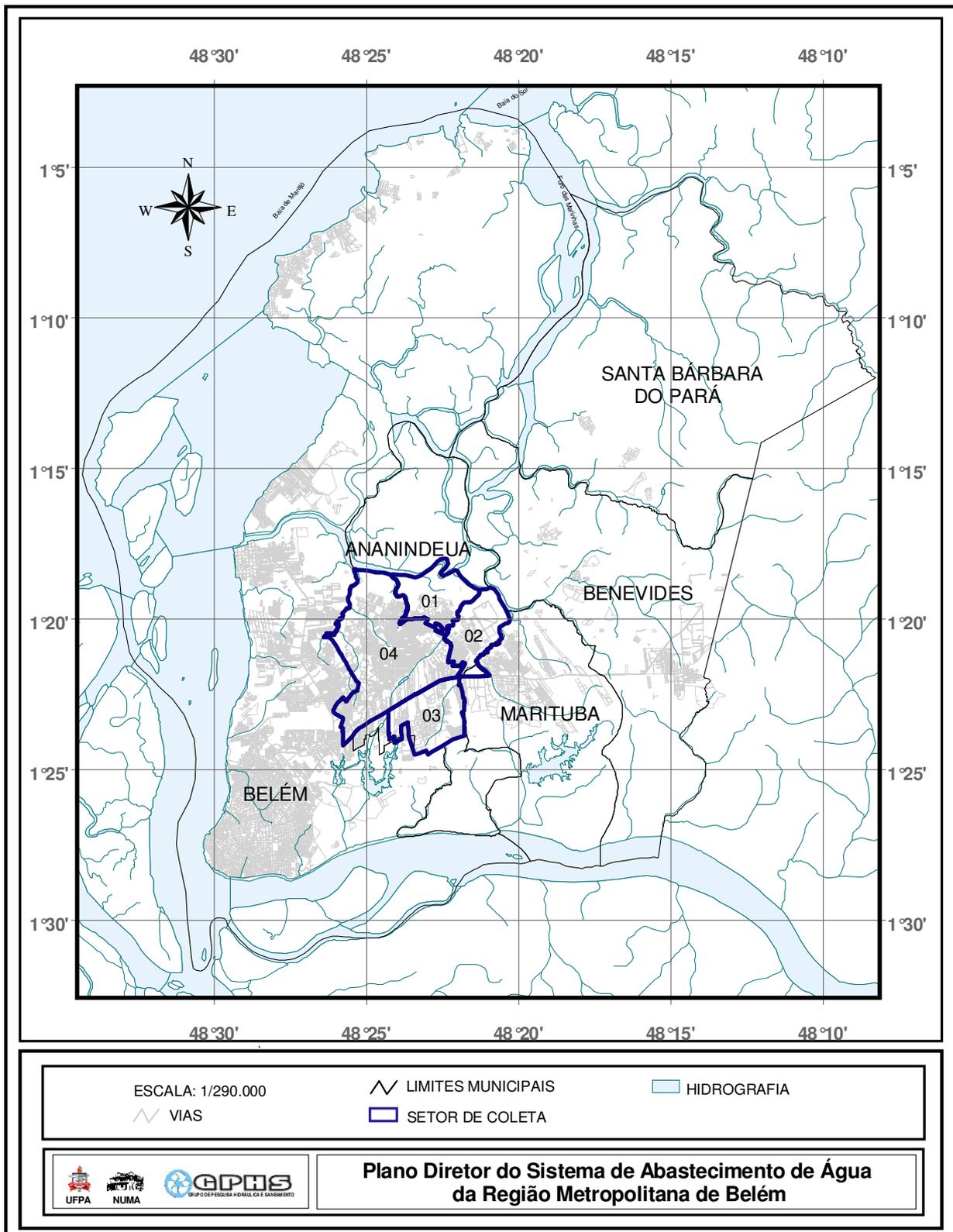
Setor de Coleta	Bairros	Classe	Roteiros
01	Curió-Utinga-Aurá	Média Baixa	1104 T
02	Terra Firme-Canudos	Baixa	1102 T
03	Jurunas-Batista Campos	Média Baixa- Média Alta	1405 T
04	Guamá-Condor- Cremação	Média Baixa	1203 T
05	Icoaraci-Tapanã-Pratinha	Média	CD-DP-06 C
06	Nazaré-Umarizal-Fátima- São Braz-Reduto	Média Alta-Alta	1805 T
07	Benguí-Mangueirão	Baixa	CD-DI-02 C
08	Pedreira-Marco-Souza- Telegrafo	Média Baixa	1905 T
09	Marambaia-Sacramenta- Maracangalha-Barreiro- Castanheira-Guanabara- Val de Cans	Média Baixa- Média	CD-NI-02 C
10	Campina-Centro-Cidade Velha	Centro Comercial	1402 T

Quadro 5 – Roteiros selecionados de Belém.

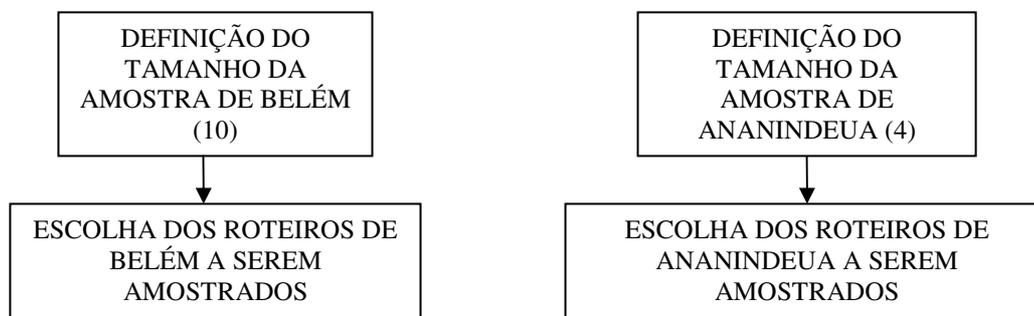
- Tomando para Ananindeua como universo os 37 (trinta e sete) roteiros existentes na cidade, estabelecemos o tamanho da amostra em 04 (quatro) roteiros que correspondem a 10,81 % (dez inteiros e oitenta e um centésimos por cento) com valor estatístico representativo;
- Para Ananindeua, os 4 (quatro) roteiros foram escolhidos aleatoriamente (por meio de sorteio) dentro dos critérios da classificação socioeconômica dos bairros de Ananindeua, estabelecido anteriormente segundo mostrado no Quadro 6 e no Mapa 5;

SETOR DE COLETA	CLASSE	ROTEIROS
01	Baixa (PAAR)	101 A
02	Mista (Distrito Industrial)	305 A
03	M.Baixa-M.Alta (Cidade Nova)	401 A
04	Baixa (Margem direita da BR 316)	1201 B

Quadro 6 – Roteiros selecionados de Ananindeua.



No Fluxograma 6 são detalhados os passos da 2ª etapa da pesquisa;



Fluxograma 6– 2ª etapa da pesquisa.

c) Etapa 3 – Coleta e preparação das amostras;

- Após a escolha dos roteiros a serem amostrados, passou-se a etapa de caracterização propriamente dita obedecendo o estabelecido no Quadro 7;

Municípios	Setores	Roteiro	Dias	Amostras	Total
Belém	10	10	25	2	50
Ananindeua	4	4	8	2	16
Total	14	14	33	2	66

Quadro 7 – Especificação da amostragem.

- Cada amostra foi retirada da carga do caminhão, correspondente a 1 m<sup>3</sup>, que equivale a 10 % do total (10 m<sup>3</sup>), após a homogeneização da carga total. Amostra retirada em 27.01.2006, conforme Fotografia 15;



Fotografia 15 – Retirada da amostra de 1m<sup>3</sup>.

- A amostra de 1 m<sup>3</sup> foi colocada em cima de uma lona, para ser separada de tal forma que não se misturasse com o solo e mantivesse a sua característica inicial, conforme Fotografia 16



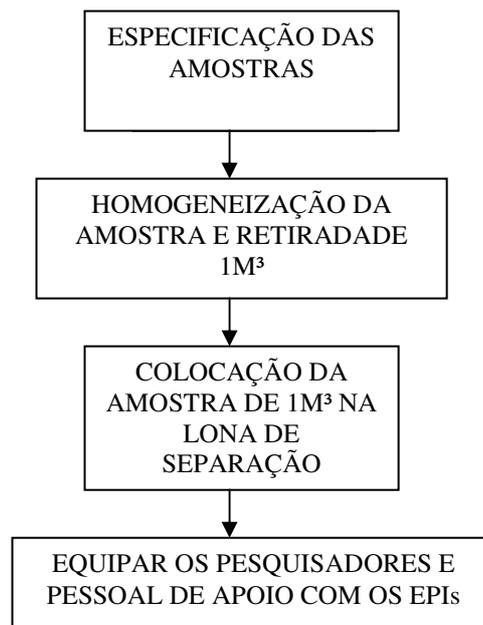
Fotografia 16 – Lona para seleção.

- Os pesquisadores e pessoal de apoio utilizaram equipamentos de proteção individual (EPIs), conforme Desenho 2.



Desenho 2 – Equipamento de Proteção Individual.

No Fluxograma 7 são detalhados os passos da 3ª etapa da pesquisa;



Fluxograma 7– 3ª etapa da pesquisa.

d) Etapa 4 – Caracterização das amostras

- A separação foi feita após a pesagem inicial na balança de peso de 150 kg (cento e cinqüenta quilos), conforme Fotografia 17 e18;



Fotografia 17- Equipamento de pesagem: Balança de Pesos.



Fotografia 18 – Processo de pesagem da amostra de RSD.

- A amostra foi separada obedecendo os seguintes grupos: papel e papelão; plástico; vidro, metal, matéria orgânica e outros, conforme Fotografias 19 a 23;



Fotografia 19 – Pesagem da amostra de papel e papelão.



Fotografia 20 – Pesagem da amostra de plástico.



Fotografia 21 – Pesagem da amostra de vidro.



Fotografia 22 – Pesagem da amostra de metais.



Fotografia 23 – Pesagem da amostra de matéria orgânica compostável.

- Cada elemento foi pesado separadamente segundo cada grupo;
- Após a obtenção dos valores de campo, obteve-se, a partir dos mesmos, o peso total, o volume total, o peso específico aparente úmido e a composição gravimétrica. Detalhamos como exemplificação a relação entre roteiro, classe socioeconômico, dias de amostragem e peso específico da cidade de Belém na Tabela 7 e de Ananindeua na Tabela 8;

Tabela 7 – Detalhamento da Amostragem de Belém

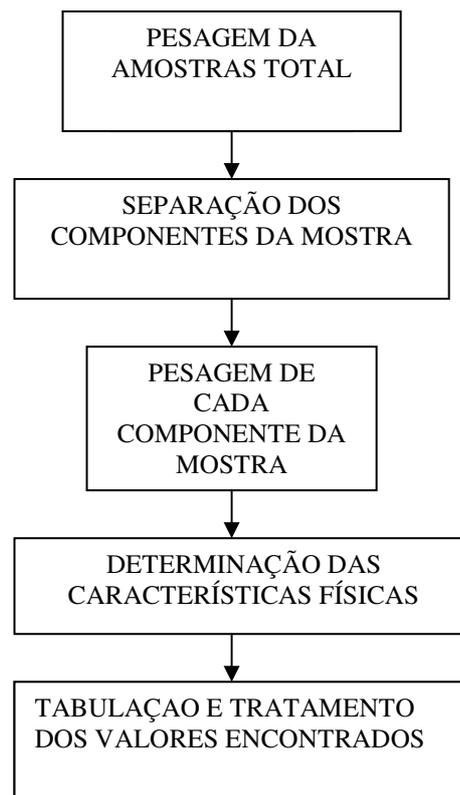
Roteiro	Classe	2ª	3ª	4ª	5ª	6ª	Sábado
1104/2T	M. Baixa	-	-	-	205,20	-	220,40
1102 T	Baixa	-	-	-	163,20/236,70	-	201,40
1405 T	M.Baixa a M. Alta	175,70	123,90	-	-	174,00	-
1203 T	M. Baixa	226,00	-	229,30	-	-	-
CD-DP 06C	Média	-	-	254,30/232,80	-	-	-
1805 T	M. Alta a Alta	-	-	187,30	-	-	160,50
CD-DI 02C	Baixa	-	219,90/259,90	-	229,20	-	-
1905 T	M. Baixa	-	-	-	159,40	-	250,40
CD-NI 02C	M. Baixa a Média	-	231,10	-	153,00/252,30	-	-
1402 T	Centro Comercial	-	213,40/125,20	-	155,60	-	-

Tabela 8 – Detalhamento da Amostragem de Ananindeua

Roteiro	Classe	2ª	3ª	4ª	5ª	6ª	Sábado
101 A	Baixa	-	-	114,50	-	-	184,20
305 A	Mista	-	191,70	-	217,40	-	-
401A	M.Baixa a M. Alta	180,60	-	-	-	-	141,85
1201 B	Baixa	213,88	-	-	-	196,55	-

- Todos os dados foram tabulados e tratados estatisticamente para a apresentação da caracterização final.

No Fluxograma 8 é detalhado os passos da 4ª etapa da pesquisa;

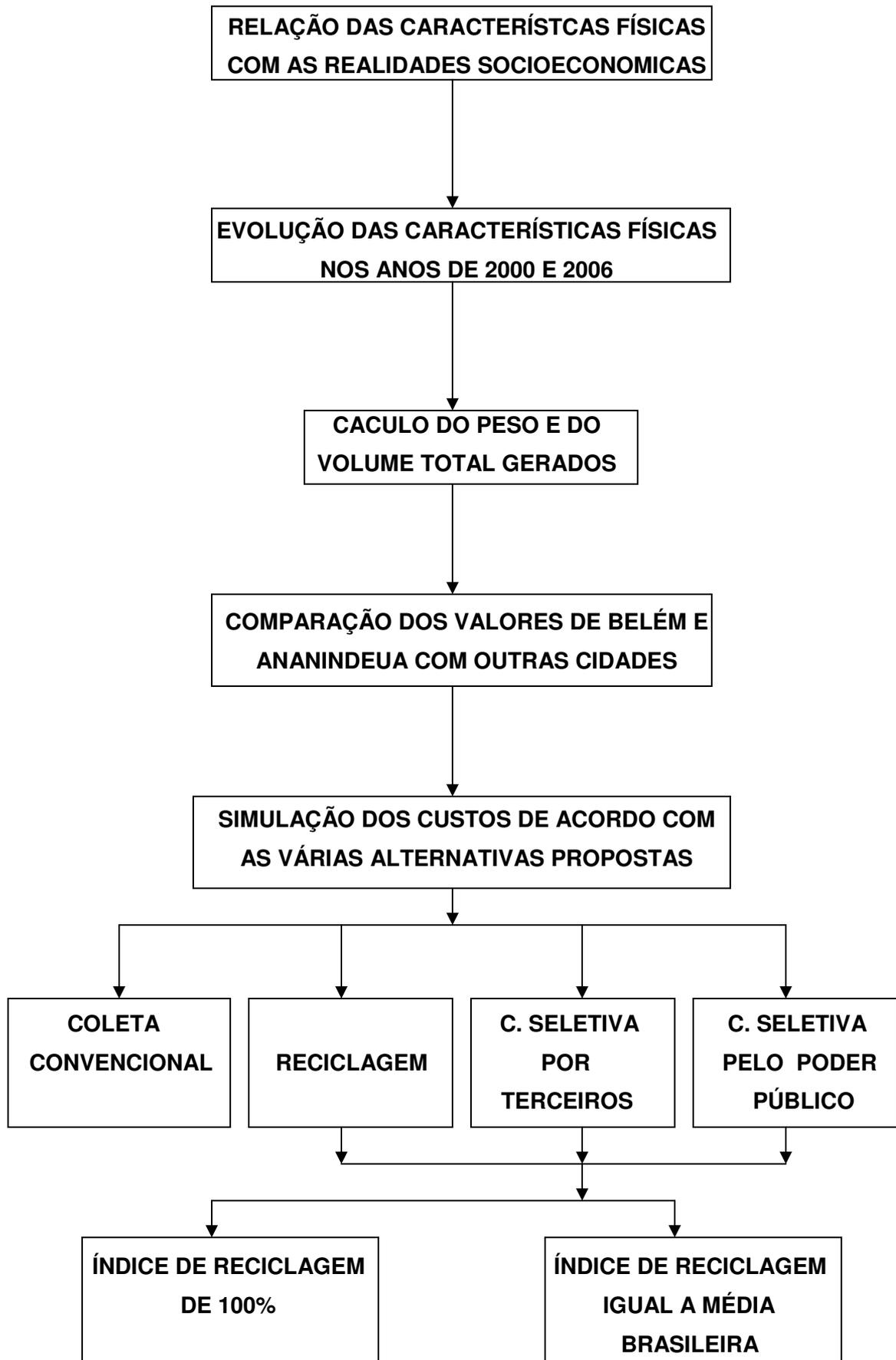


Fluxograma 8– 4ª etapa da pesquisa.

e) Etapa 5 – Estudo dos resultados encontrados e simulação das alternativas financeiras para o controle dos RSD:

- Determinação da relação das características físicas determinadas com a realidade sócioeconômica de cada área estudada;
- Determinação da evolução das características físicas nos anos de 2000 e 2006;
- Cálculo do peso total e do volume total gerados em Belém e Ananindeua;
- Comparação das características físicas dos RSD de Belém e Ananindeua com outras cidades do Brasil e do mundo;
- Estimar os custos com a Coleta Convencional dos RSD gerados em Belém e Ananindeua;
- Estimar os valores financeiros que podem ser auferidos com a reciclagem dos RSD de Belém e Ananindeua com índice de 100 % e com índice igual a média brasileira;
- Estimar os valores financeiros com a coleta seletiva realizada por terceiros com índice de reciclagem de 100 % e igual a média brasileira;
- Estimar os valores financeiros com a coleta seletiva realizada pelo poder público com índice de reciclagem de 100 % e igual a média brasileira;
- Comparar os valores finais entre as diversas alternativas propostas de coleta e reciclagem.

No Fluxograma 9 são detalhados os passos da 5ª etapa da pesquisa



Fluxograma 9 – 5ª etapa da pesquisa.

## 5 RESULTADOS E DISCUSSÃO

### 5.1. DETERMINAÇÃO E RELAÇÃO DAS CARACTERÍSTICAS FÍSICAS DOS RSD COM AS REALIDADES SOCIOECONÔMICAS DE CADA MUNICÍPIO

#### 5.1.1 Belém

Os 10 (dez) roteiros analisados foram distribuídos com base no padrão socioeconômico da população da seguinte forma:

- 02 (dois) do padrão classe baixa, roteiros 1102 T e CD-DI-02 C (Terra Firme, Canudos e Benguí);
- 03 (três) do padrão classe média baixa, roteiros 1104/2 T, 1203 T e 1905 T (Curió Utinga, Aurá, Guamá, Condor, Pedreira, Marco e Souza );
- 01 (um) do padrão classe média baixa – média, roteiro CD-NI-02 C (Marambaia, Sacramento e Val-de-Cans);
- 01 (um) do padrão classe média – média, roteiro CD-DP-06 C (Distrito de Icoaraci);
- 01 (um) do padrão classe média baixa – média alta, roteiro 1405 T (Jurunas e Batista Campos);
- 01 (um) do padrão classe média alta – alta, roteiro 1805 T (Nazaré, Umarizal e Fátima);
- 01 (um) do centro comercial, roteiro 1402 T (Campina, Centro e Cidade Velha).

Nas tabelas de 9 a 33 estão relacionadas as características físicas que foram determinadas nas amostragem realizadas no Complexo do destino final do Aurá para o município de Belém.

Tabela 9 – 1ª amostragem do roteiro 1104/2 T de Belém

1ª Amostragem		LOCAL: Aterro Sanitário do Aura							
ROTEIRO: 1104/2 T		BAIRROS: Curió Utinga – Aura		DATA: 16/03/06 (5ª – FEIRA)		HORÁRIO: 08:00			
ESPECIFICAÇÃO	1ª VIAGEM		2ª VIAGEM		SOMATÓRIA		MÉDIA DIÁRIA		
	kg	%	Kg	%	Kg	%	kg	%	
PLÁSTICO	39,00	18,16	36,00	18,40	75,00	18,27	37,50	18,27	
PAPEL / PAPELÃO	21,00	9,78	22,00	11,24	43,00	10,48	21,50	10,48	
METAL	6,40	2,98	3,00	1,53	9,40	2,29	4,70	2,29	
VIDRO	2,70	1,26	1,70	0,87	4,40	1,07	2,20	1,07	
M. O. P.	102,60	47,79	95,00	48,54	197,60	48,15	98,80	48,15	
OUTROS	43,00	20,03	38,00	19,42	81,00	19,74	40,50	19,74	
TOTAL	214,70	100	195,70	100	410,40	100	205,20	100	
VOLUME=1 m³	P*=205,20 kg/m³								

Tabela 10 – 2ª amostragem do roteiro 1104/2 T de Belém

2ª Amostragem		LOCAL: Aterro Sanitário do Aura							
ROTEIRO: 1104/2 T		BAIRROS: Curió Utinga – Aura		DATA: 18/03/06 (SABADO)		HORÁRIO: 08:00			
ESPECIFICAÇÃO	1ª VIAGEM		2ª VIAGEM		SOMATÓRIA		MÉDIA DIÁRIA		
	kg	%	Kg	%	Kg	%	kg	%	
PLÁSTICO	39,80	19,00	40,00	17,29	79,80	18,10	39,90	18,10	
PAPEL / PAPELÃO	49,70	23,72	48,50	20,97	98,20	22,28	49,10	22,28	
METAL	4,20	2,00	6,00	2,60	10,20	2,31	5,10	2,31	
VIDRO	2,90	1,39	3,50	1,51	6,40	1,45	3,20	1,45	
M. O. P.	82,30	39,28	100,30	43,36	182,60	41,42	91,30	41,42	
OUTROS	30,60	14,61	33,00	14,27	63,60	14,44	31,80	14,44	
TOTAL	209,50	100	231,30	100	440,80	100,00	220,40	100	
VOLUME = 1 m³	P*=220,40 kg/m³								

Tabela 11 – 1ª amostragem do roteiro 1102 T de Belém

1ª Amostragem		LOCAL: Aterro Sanitário do Aura							
ROTEIRO: 1102 T		BAIRROS: Terra Firme – Canudos		DATA: 09/03/06 (5ª – FEIRA)		HORÁRIO: 08:00			
ESPECIFICAÇÃO	1ª VIAGEM		2ª VIAGEM		SOMATÓRIA		MÉDIA DIÁRIA		
	kg	%	kg	%	Kg	%	kg	%	
PLÁSTICO	44,60	17,22	35,00	16,32	79,60	16,81	39,80	16,82	
PAPEL / PAPELÃO	36,60	14,13	32,40	15,11	69,00	14,58	34,50	14,58	
METAL	7,80	3,01	3,00	1,40	10,80	2,28	5,40	2,28	
VIDRO	7,50	2,90	3,50	1,63	11,00	2,32	5,50	2,32	
M. O. P.	111,00	42,86	100,00	46,64	211,00	44,57	105,50	44,57	
OUTROS	51,50	19,88	40,50	18,90	92,00	19,44	46,00	19,43	
TOTAL	259,00	100	214,40	100	473,40	100	236,70	100	
VOLUME = 1 m³	P*=236,70 kg/m³								

Tabela 12 – 2ª amostragem do roteiro 1102 T de Belém

2ª Amostragem		LOCAL: Aterro Sanitário do Aura							
ROTEIRO: 1102 T		BAIRROS: Terra Firme - Canudos			DATA: 16/03/06 (5ª - FEIRA)		HORÁRIO: 08:00		
ESPECIFICAÇÃO	1ª VIAGEM		2ª VIAGEM		SOMATÓRIA		MÉDIA DIÁRIA		
	kg	%	Kg	%	Kg	%	kg	%	
PLÁSTICO	29,40	16,20	20,00	13,78	49,40	15,13	24,70	15,12	
PAPEL / PAPELÃO	21,80	12,01	19,00	13,09	40,80	12,49	20,40	12,49	
METAL	2,80	1,54	1,80	1,24	4,60	1,41	2,30	1,41	
VIDRO	2,00	1,10	1,00	0,69	3,00	0,92	1,50	0,92	
M. O. P.	91,10	50,19	75,30	51,90	166,40	50,95	83,20	50,95	
OUTROS	34,40	18,96	28,00	19,30	62,40	19,10	31,20	19,11	
<b>TOTAL</b>	<b>181,50</b>	<b>100</b>	<b>145,10</b>	<b>100</b>	<b>326,60</b>	<b>100</b>	<b>163,30</b>	<b>100</b>	
VOLUME = 1 m³	P*=163,30 kg/m³								

Tabela 13 – 3ª amostragem do roteiro 1102 T de Belém

3ª Amostragem		LOCAL: Aterro Sanitário do Aura							
ROTEIRO: 1102 T		BAIRROS: Terra Firme - Canudos			DATA: 17/03/06 (Sábado)		HORÁRIO: 08:00		
ESPECIFICAÇÃO	1ª VIAGEM		2ª VIAGEM		SOMATÓRIA		MÉDIA DIÁRIA		
	kg	%	kg	%	Kg	%	kg	%	
PLÁSTICO	37,00	16,88	32,00	17,43	69,00	17,13	34,50	17,13	
PAPEL / PAPELÃO	34,50	15,74	31,50	17,16	66,00	16,39	33,00	16,39	
METAL	8,00	3,65	3,80	2,07	11,80	2,93	5,90	2,93	
VIDRO	4,90	2,24	2,50	1,36	7,40	1,84	3,70	1,84	
M. O. P.	89,80	40,97	79,80	43,46	169,60	42,11	84,80	42,10	
OUTROS	45,00	20,52	34,00	18,52	79,00	19,60	39,50	19,16	
<b>TOTAL</b>	<b>219,20</b>	<b>100</b>	<b>183,60</b>	<b>100</b>	<b>402,80</b>	<b>100</b>	<b>201,40</b>	<b>100</b>	
VOLUME = 1 m³	P*=201,40 kg/m³								

Tabela 14 – 1ª amostragem do roteiro 1405 T de Belém

1ª Amostragem		Local: Aterro Sanitário do Aura							
ROTEIRO: 1405 T		BAIRROS: Jurunas - Batista Campos			DATA: 27/01/06 (6ª - FEIRA)		HORÁRIO: 08:00		
ESPECIFICAÇÃO	1ª VIAGEM		2ª VIAGEM		SOMATÓRIA		MÉDIA DIÁRIA		
	kg	%	kg	%	Kg	%	kg	%	
PLÁSTICO	23,00	15,28	27,00	13,67	50,00	14,37	25,00	14,36	
PAPEL / PAPELÃO	31,00	20,59	34,00	17,22	65,00	18,68	32,50	18,68	
METAL	2,50	1,67	5,50	2,78	8,00	2,30	4,00	2,30	
VIDRO	5,00	3,32	6,00	3,04	11,00	3,16	5,50	3,16	
M. O. P.	72,00	47,84	105,00	53,16	177,00	50,86	88,50	50,86	
OUTROS	17,00	11,30	20,00	10,13	37,00	10,63	18,50	10,63	
<b>TOTAL</b>	<b>150,50</b>	<b>100</b>	<b>197,50</b>	<b>100</b>	<b>348,00</b>	<b>100</b>	<b>174,00</b>	<b>100</b>	
VOLUME = 1 m³	P*=174,00 kg/m³								

Tabela 15 – 2ª amostragem do roteiro 1405 T de Belém

2ª Amostragem		LOCAL: Aterro Sanitário do Aura							
ROTEIRO: 1405 T		BAIRROS: Jurunas - Batista Campos		DATA: 30/01/06 (2ª – FEIRA)		HORÁRIO: 08:00			
ESPECIFICAÇÃO	1ª VIAGEM		2ª VIAGEM		SOMATÓRIA		MÉDIA DIÁRIA		
	kg	%	kg	%	Kg	%	kg	%	
PLÁSTICO	26,90	16,40	28,30	15,11	55,20	15,71	27,60	15,71	
PAPEL / PAPELÃO	32,00	19,51	37,00	19,75	69,00	19,64	34,50	19,64	
METAL	3,60	2,19	4,80	2,56	8,40	2,39	4,20	2,39	
VIDRO	5,45	3,32	5,95	3,18	11,40	3,24	5,70	3,24	
M. O. P.	57,10	34,81	62,30	33,25	119,40	33,98	59,70	33,98	
OUTROS	39,00	23,77	49,00	26,15	88,00	25,04	44,00	25,04	
TOTAL	164,05	100	187,35	100	351,40	100	175,70	100	
VOLUME: 1 m³	P*=175,70 kg/m³								

Tabela 16 – 3ª amostragem do roteiro 1405 T de Belém

3ª Amostragem		LOCAL: Aterro Sanitário do Aura							
ROTEIRO: 1405 T		BAIRROS: Jurunas - Batista Campos		DATA: 31/01/06 (3ª – FEIRA)		HORÁRIO: 08:00			
ESPECIFICAÇÃO	1ª VIAGEM		2ª VIAGEM		SOMATÓRIA		MÉDIA DIÁRIA		
	kg	%	kg	%	Kg	%	kg	%	
PLÁSTICO	20,80	17,58	22,60	17,46	43,40	17,51	21,70	17,51	
PAPEL / PAPELÃO	34,10	28,81	35,50	27,42	69,60	28,09	34,80	28,09	
METAL	1,70	1,44	2,50	1,93	4,20	1,70	2,10	1,69	
VIDRO	0,25	0,21	0,35	0,27	0,60	0,24	0,30	0,25	
M. O. P.	33,60	28,39	37,20	28,74	70,80	28,57	35,40	28,57	
OUTROS	27,90	23,57	31,30	24,18	59,20	23,89	29,60	23,89	
TOTAL	118,35	100	129,45	100	247,80	100	123,90	100	
VOLUME= 1 m³	P*=123,90 kg/m³								

Tabela 17 – 1ª amostragem do roteiro 1203 T de Belém

1ª Amostragem		LOCAL: Aterro Sanitário do Aura							
ROTEIRO: 1203 T		BAIRROS: Guamá - Condor		DATA: 06/02/06 (2ª – FEIRA)		HORÁRIO: 08:00			
ESPECIFICAÇÃO	1ª VIAGEM		2ª VIAGEM		SOMATÓRIA		MÉDIA DIÁRIA		
	kg	%	kg	%	Kg	%	kg	%	
PLÁSTICO	38,70	16,00	35,80	16,90	74,50	16,42	37,00	16,37	
PAPEL / PAPELÃO	41,60	17,20	47,70	22,52	89,30	19,69	27,00	11,95	
METAL	9,70	4,01	8,20	3,87	17,90	3,95	5,50	2,44	
VIDRO	4,10	1,70	5,30	2,50	9,400	2,07	0,50	0,22	
M. O. P.	92,20	38,13	71,50	33,76	163,70	36,09	146,00	64,60	
OUTROS	55,50	22,95	43,30	20,44	98,80	21,78	10,00	4,42	
TOTAL	241,80	100,00	211,80	100,00	453,60	100,00	226,00	100	
VOLUME = 1 m³	P*=226,00 kg/m³								

Tabela 18 – 2ª amostragem do roteiro 1203 T de Belém

2ª Amostragem		LOCAL: Aterro Sanitário do Aura							
ROTEIRO: 1203 T		BAIRROS: Guamá - Condor		DATA: 15/03/06 (4ª - FEIRA)		HORÁRIO: 08:00			
ESPECIFICAÇÃO	1ª VIAGEM		2ª VIAGEM		SOMATÓRIA		MÉDIA DIÁRIA		
	kg	%	Kg	%	Kg	%	kg	%	
PLÁSTICO	43,00	17,23	35,00	16,75	78,00	17,01	39,00	17,01	
PAPEL / PAPELÃO	44,80	17,94	42,40	20,30	87,20	19,01	43,60	19,01	
METAL	9,70	3,88	6,30	3,02	16,00	3,49	8,00	3,90	
VIDRO	4,70	1,88	2,50	1,20	7,20	1,57	3,60	1,57	
M. O. P.	104,60	41,89	89,00	42,60	193,60	42,22	96,80	42,22	
OUTROS	42,90	17,18	33,70	16,13	76,60	16,70	38,30	16,70	
<b>TOTAL</b>	<b>249,70</b>	<b>100</b>	<b>208,90</b>	<b>100</b>	<b>458,60</b>	<b>100</b>	<b>229,30</b>	<b>100</b>	
VOLUME = 1 m³		P*=229,30 kg/m³							

Tabela 19 – 1ª amostragem do roteiro CD-DP-06 C de Belém

1ª Amostragem		LOCAL: Aterro Sanitário do Aura							
ROTEIRO: CD-DP-06 C		BAIRROS: Icoaraci		DATA: 15/03/06 (4ª - FEIRA)		HORÁRIO: 08:00			
ESPECIFICAÇÃO	1ª VIAGEM		2ª VIAGEM		SOMATÓRIA		MÉDIA DIÁRIA		
	kg	%	Kg	%	Kg	%	kg	%	
PLÁSTICO	43,00	15,67	38,00	16,23	81,00	15,93	40,50	15,93	
PAPEL / PAPELÃO	39,10	14,25	32,50	13,88	71,60	14,08	35,80	14,08	
METAL	6,80	2,48	3,20	1,37	10,00	1,97	5,00	1,97	
VIDRO	1,80	0,66	2,20	0,94	4,00	0,79	2,00	0,79	
M. O. P.	133,40	48,62	115,00	49,10	248,40	48,84	124,20	48,84	
OUTROS	50,30	18,32	43,30	18,48	93,60	18,39	46,80	18,39	
<b>TOTAL</b>	<b>274,40</b>	<b>100</b>	<b>234,20</b>	<b>100</b>	<b>508,60</b>	<b>100</b>	<b>254,30</b>	<b>100</b>	
VOLUME = 1 m³		P*=254,30 kg/m³							

Tabela 20 – 2ª amostragem do roteiro CD-DP-06 C de Belém

2ª Amostragem		LOCAL: Aterro Sanitário do Aura							
ROTEIRO: CD-DP-06 C		BAIRROS: Icoaraci		DATA: 22/03/06 (4ª - FEIRA)		HORÁRIO: 08:00			
ESPECIFICAÇÃO	1ª VIAGEM		2ª VIAGEM		SOMATÓRIA		MÉDIA DIÁRIA		
	kg	%	Kg	%	Kg	%	kg	%	
PLÁSTICO	38,10	15,01	29,00	13,70	67,10	14,41	33,55	14,41	
PAPEL / PAPELÃO	46,66	18,39	41,80	19,73	88,46	19,00	44,23	19,00	
METAL	11,28	4,45	4,50	2,12	15,78	3,39	7,89	3,39	
VIDRO	8,04	3,17	2,20	1,04	10,24	2,20	5,12	2,20	
M. O. P.	100,68	39,67	93,00	43,90	193,68	41,60	96,84	41,60	
OUTROS	49,00	19,31	41,34	19,51	90,34	19,40	45,17	19,40	
<b>TOTAL</b>	<b>253,76</b>	<b>100</b>	<b>211,84</b>	<b>100</b>	<b>465,60</b>	<b>100,00</b>	<b>232,80</b>	<b>100</b>	
VOLUME = 1 m³		P*=232,80 kg/m³							

Tabela 21 – 1ª amostragem do roteiro 1805 T de Belém

1ª Amostragem		LOCAL: Aterro Sanitário do Aura							
ROTEIRO: 1805 T		BAIRROS: Nazaré – Umarizal – Fátima				DATA: 08/02/06 (4ª - FEIRA)		HORÁRIO: 08:00	
ESPECIFICAÇÃO	1ª VIAGEM		2ª VIAGEM		SOMATÓRIA		MÉDIA DIÁRIA		
	kg	%	kg	%	Kg	%	kg	%	
PLÁSTICO	33,80	16,91	27,60	15,80	61,40	16,39	30,70	16,39	
PAPEL / PAPELÃO	46,80	23,41	36,60	20,95	83,40	22,26	41,70	22,26	
METAL	4,80	2,40	5,00	2,86	9,80	2,62	4,90	2,62	
VIDRO	2,70	1,35	1,50	0,86	4,20	1,12	2,10	1,12	
M. O. P.	85,00	42,52	74,00	42,36	159,00	42,45	79,50	42,45	
OUTROS	26,80	13,41	30,00	17,17	56,80	15,16	28,40	15,16	
TOTAL	199,90	100	174,70	100	374,60	100	187,30	100	
VOLUME = 1 m³		P*=187,30 kg/m³							

Tabela 22 – 2ª amostragem do roteiro 1805 T de Belém

2ª Amostragem		LOCAL: Aterro Sanitário do Aura							
ROTEIRO: 1805 T		BAIRROS: Nazaré – Umarizal - Fátima				DATA: 10/02/06 (6ª - FEIRA)		HORÁRIO: 08:00	
ESPECIFICAÇÃO	1ª VIAGEM		2ª VIAGEM		SOMATÓRIA		MÉDIA DIÁRIA		
	kg	%	Kg	%	Kg	%	kg	%	
PLÁSTICO	26,50	15,55	19,50	12,95	46,00	14,33	23,00	14,33	
PAPEL / PAPELÃO	51,80	30,40	38,80	25,76	90,60	28,23	45,30	28,23	
METAL	12,10	7,10	13,50	8,96	25,60	7,98	12,80	7,98	
VIDRO	3,60	2,11	2,80	1,86	6,40	1,99	3,20	1,99	
M. O. P.	64,40	37,80	60,00	39,84	124,40	38,75	62,20	38,75	
OUTROS	12,00	7,04	16,00	10,63	28,00	8,72	14,00	8,72	
TOTAL	170,40	100	150,60	100	321,00	100	160,50	100	
VOLUME = 1 m³		P*=160,50 Kg/m³							

Tabela 23 – 1ª amostragem do roteiro CD-DI-02 C de Belém

1ª Amostragem		LOCAL: Aterro Sanitário do Aura							
ROTEIRO: CD-DI-02 C		BAIRROS: Bengui				DATA: 07/02/06 (3ª - FEIRA)		HORÁRIO: 08:00	
ESPECIFICAÇÃO	1ª VIAGEM		2ª VIAGEM		SOMATÓRIA		MÉDIA DIÁRIA		
	kg	%	Kg	%	Kg	%	Kg	%	
PLÁSTICO	32,50	14,32	29,50	13,86	62,00	14,10	31,00	14,10	
PAPEL / PAPELÃO	33,60	14,80	26,00	12,22	59,60	13,55	29,80	13,55	
METAL	3,80	1,68	1,80	0,85	5,60	1,27	2,80	1,27	
VIDRO	6,20	2,73	4,00	1,88	10,20	2,32	5,10	2,32	
M. O. P.	118,80	52,33	115,20	54,14	234,00	53,21	117,00	53,21	
OUTROS	32,10	14,14	36,30	17,05	68,40	15,55	34,20	15,55	
TOTAL	227,00	100	212,80	100	439,80	100	219,90	100	
VOLUME = 1 m³		P*=219,90 kg/m³							

Tabela 24 – 2ª amostragem do roteiro CD-DI-02 C de Belém

2ª Amostragem		LOCAL: Aterro Sanitário do Aura							
ROTEIRO: CD-DI-02 C		BAIRROS: Benguí		DATA: 02/03/06 (5ª - FEIRA)		HORÁRIO: 08:00			
ESPECIFICAÇÃO	1ª VIAGEM		2ª VIAGEM		SOMATÓRIA		MÉDIA DIÁRIA		
	kg	%	Kg	%	Kg	%	Kg	%	
PLÁSTICO	27,00	8,60	20,00	7,03	47,00	7,85	23,50	7,85	
PAPEL / PAPELÃO	40,50	12,90	35,50	12,48	76,00	12,70	38,00	12,70	
METAL	8,40	2,68	4,80	1,69	13,20	2,20	6,60	2,20	
VIDRO	3,80	1,21	1,80	0,63	5,60	0,94	2,80	0,94	
M. O. P.	99,60	31,73	92,40	32,48	192,00	32,09	96,00	32,09	
OUTROS	134,60	42,88	130,00	45,69	264,60	44,22	132,30	44,22	
TOTAL	313,90	100	284,50	100	598,40	100	299,20	100	
VOLUME = 1 m³		P*=229,20 kg/m³							

Tabela 25 – 3ª amostragem do roteiro CD-DI-02 C de Belém

3ª Amostragem		LOCAL: Aterro Sanitário do Aura							
ROTEIRO: CD-DI-02 C		BAIRROS: Benguí		DATA: 07/03/06 (3ª - FEIRA)		HORÁRIO: 08:00			
ESPECIFICAÇÃO	1ª VIAGEM		2ª VIAGEM		SOMATÓRIA		MÉDIA DIÁRIA		
	kg	%	kg	%	Kg	%	kg	%	
PLÁSTICO	36,70	13,46	32,50	13,15	69,20	13,31	34,60	13,31	
PAPEL / PAPELÃO	44,40	16,28	40,00	16,19	84,40	16,24	42,20	16,24	
METAL	8,20	3,01	5,40	2,19	13,60	2,62	6,80	2,62	
VIDRO	6,20	2,27	1,20	0,49	7,40	1,42	3,70	1,42	
M. O. P.	103,00	37,77	99,80	40,38	202,80	39,01	101,40	39,02	
OUTROS	74,20	27,21	68,20	27,60	142,40	27,40	71,20	27,39	
TOTAL	272,70	100	247,10	100	519,80	100	259,90	100	
VOLUME = 1 m³		P*=259,90 kg/m³							

Tabela 26 – 1ª amostragem do roteiro 1905 T de Belém

1ª Amostragem		LOCAL: Aterro Sanitário do Aura							
ROTEIRO: 1905 T		BAIRROS: Pedreira - Marco - Souza		DATA: 09/03/06 (5ª - FEIRA)		HORÁRIO: 08:00			
ESPECIFICAÇÃO	1ª VIAGEM		2ª VIAGEM		SOMATÓRIA		MÉDIA DIÁRIA		
	kg	%	kg	%	Kg	%	kg	%	
PLÁSTICO	30,60	18,39	33,40	21,92	64,00	20,08	32,00	20,08	
PAPEL / PAPELÃO	27,70	16,65	22,30	14,63	50,00	15,68	25,00	15,68	
METAL	3,00	1,80	4,00	2,62	7,00	2,20	3,50	2,20	
VIDRO	3,80	2,28	3,40	2,23	7,20	2,26	3,60	2,26	
M. O. P.	66,80	40,14	59,20	38,85	126,00	39,52	63,00	39,52	
OUTROS	34,50	20,74	30,10	19,75	64,60	20,26	32,30	20,26	
TOTAL	166,40	100	152,40	100	318,80	100	159,40	100	
VOLUME = 1 m³		P*=159,40 kg/m³							

Tabela 27 – 2ª amostragem do roteiro 1905 T de Belém

2ª Amostragem		LOCAL: Aterro Sanitário do Aura							
ROTEIRO: 1905 T		BAIRROS: Pedreira - Marco – Souza				DATA: 11/03/06 (SABADO)		HORÁRIO: 08:00	
ESPECIFICAÇÃO	1ª VIAGEM		2ª VIAGEM		SOMATÓRIA		MÉDIA DIÁRIA		
	kg	%	kg	%	Kg	%	kg	%	
PLÁSTICO	20,60	7,62	8,60	3,49	29,20	5,65	14,60	5,65	
PAPEL / PAPELÃO	17,10	6,32	25,70	10,43	42,80	8,28	21,40	8,28	
METAL	5,60	2,07	5,00	2,03	10,60	2,05	5,30	2,05	
VIDRO	0,50	0,18	2,50	1,02	3,00	0,68	1,50	0,58	
M. O. P.	162,40	60,04	146,80	59,60	309,20	59,83	154,60	59,83	
OUTROS	64,30	23,77	57,70	23,43	122,00	23,61	61,00	23,61	
<b>TOTAL</b>	<b>270,50</b>	<b>100</b>	<b>246,30</b>	<b>100</b>	<b>516,80</b>	<b>100</b>	<b>258,40</b>	<b>100</b>	
VOLUME = 1 m <sup>3</sup>	P*=258,40 kg/m <sup>3</sup>								

Tabela 28 – 1ª amostragem do roteiro CD-NI-02 de Belém

1ª Amostragem		LOCAL: Aterro Sanitário do Aura							
ROTEIRO: CD-NI-02		BAIRROS: Marambaia – Sacramento				DATA: 23/02/06 (5ª - FEIRA)		HORÁRIO: 08:00	
ESPECIFICAÇÃO	1ª VIAGEM		2ª VIAGEM		SOMATÓRIA		MÉDIA DIÁRIA		
	kg	%	Kg	%	Kg	%	kg	%	
PLÁSTICO	28,70	16,73	24,30	17,55	53,00	17,10	26,50	17,10	
PAPEL / PAPELÃO	41,60	24,26	34,00	24,55	75,60	24,39	37,80	24,39	
METAL	8,10	4,72	4,50	3,25	12,60	4,06	6,30	4,06	
VIDRO	1,00	0,58	2,00	1,44	3,00	0,97	1,50	0,97	
M. O. P.	85,00	49,57	70,00	50,54	155,00	50,00	77,50	50,00	
OUTROS	7,10	4,14	3,70	2,67	10,80	3,48	5,40	3,48	
<b>TOTAL</b>	<b>171,50</b>	<b>100</b>	<b>138,50</b>	<b>100</b>	<b>310,00</b>	<b>100</b>	<b>155,00</b>	<b>100</b>	
VOLUME = 1 m <sup>3</sup>	P*=155,00 kg/m <sup>3</sup>								

Tabela 29 – 2ª amostragem do roteiro CD-NI-02 de Belém

2ª Amostragem		LOCAL: Aterro Sanitário do Aura							
ROTEIRO: CD-NI-02		BAIRROS: Marambaia – Sacramento				DATA: 02/03/06 (5ª - FEIRA)		HORÁRIO: 08:00	
ESPECIFICAÇÃO	1ª VIAGEM		2ª VIAGEM		SOMATÓRIA		MÉDIA DIÁRIA		
	kg	%	kg	%	Kg	%	kg	%	
PLÁSTICO	15,60	5,66	12,00	5,21	27,60	5,46	13,80	5,46	
PAPEL / PAPELÃO	32,80	11,91	25,40	11,03	58,20	11,51	29,10	11,51	
METAL	11,80	4,28	3,40	1,48	15,20	3,00	7,60	3,00	
VIDRO	5,60	2,03	1,80	0,78	7,40	1,46	3,70	1,46	
M. O. P.	149,60	54,30	135,00	58,62	284,60	56,27	142,30	56,27	
OUTROS	60,10	21,82	52,70	22,88	112,80	22,30	56,40	22,30	
<b>TOTAL</b>	<b>275,50</b>	<b>100</b>	<b>230,30</b>	<b>100</b>	<b>505,80</b>	<b>100</b>	<b>252,90</b>	<b>100</b>	
VOLUME = 1m <sup>3</sup>	P*=252,90 kg/m <sup>3</sup>								

Tabela 30 – 3ª amostragem do roteiro CD-NI-02 de Belém

3ª Amostragem LOCAL: Aterro Sanitário do Aura								
ROTEIRO: CD-NI-02		BAIRROS: Marambaia – Sacramenta			DATA: 07/03/06 (3ª - FEIRA)		HORÁRIO: 08:00	
ESPECIFICAÇÃO	1ª VIAGEM		2ª VIAGEM		SOMATÓRIA		MÉDIA DIÁRIA	
	kg	%	kg	%	Kg	%	kg	%
PLÁSTICO	29,00	12,07	27,40	12,35	56,40	12,20	28,20	12,20
PAPEL / PAPELÃO	52,90	22,01	39,50	17,80	92,40	20,03	46,20	20,03
METAL	8,20	3,41	7,60	3,42	15,80	3,42	7,90	3,42
VIDRO	2,90	1,21	5,70	2,57	8,60	1,86	4,30	1,86
M. O. P.	102,90	42,82	108,90	49,08	211,80	45,80	105,90	45,80
OUTROS	44,40	18,48	32,80	14,78	77,20	16,69	38,60	16,69
<b>TOTAL</b>	<b>240,30</b>	<b>100</b>	<b>221,90</b>	<b>100</b>	<b>462,20</b>	<b>100</b>	<b>231,10</b>	<b>100</b>
VOLUME = 1m <sup>3</sup>	P*=231,10 kg/m <sup>3</sup>							

Tabela 31 – 1ª amostragem do roteiro 1402 T de Belém

1ª Amostragem LOCAL: Aterro Sanitário do Aura								
ROTEIRO: 1402 T		BAIRROS: Campinas – Cidade Velha			DATA: 04/02/06 (3ª – FEIRA)		HORÁRIO: 08:00	
ESPECIFICAÇÃO	1ª VIAGEM		2ª VIAGEM		SOMATÓRIA		MÉDIA DIÁRIA	
	kg	%	kg	%	Kg	%	kg	%
PLÁSTICO	34,00	15,72	36,00	17,10	70,00	16,37	35,00	16,37
PAPEL / PAPELÃO	28,00	12,94	24,00	11,40	52,00	12,35	26,00	12,35
METAL	3,00	1,39	3,80	1,81	6,80	1,59	3,40	1,59
VIDRO	2,70	1,25	3,70	1,76	6,40	1,50	3,20	1,50
M. O. P.	113,60	52,52	106,00	50,36	219,60	51,36	109,80	51,36
OUTROS	35,00	16,18	37,00	17,57	72,00	16,83	36,00	16,83
<b>TOTAL</b>	<b>216,30</b>	<b>100</b>	<b>210,50</b>	<b>100</b>	<b>426,80</b>	<b>100</b>	<b>213,40</b>	<b>100</b>
VOLUME = 1m <sup>3</sup>	P*=213,40 kg/m <sup>3</sup>							

Tabela 32 – 2ª amostragem do roteiro 1402 T de Belém

2ª Amostragem LOCAL: Aterro Sanitário do Aura								
ROTEIRO: 1402 T		BAIRROS: Campinas – Cidade Velha			DATA: 07/02/06 (3ª – FEIRA)		HORÁRIO: 08:00	
ESPECIFICAÇÃO	1ª VIAGEM		2ª VIAGEM		SOMATÓRIA		MÉDIA DIÁRIA	
	kg	%	kg	%	Kg	%	kg	%
PLÁSTICO	27,20	19,11	19,80	18,32	47,00	18,77	23,50	18,77
PAPEL / PAPELÃO	20,40	14,34	13,60	12,58	34,00	13,58	17,00	13,58
METAL	3,00	2,11	0,60	0,56	3,60	1,44	1,80	1,44
VIDRO	2,00	1,41	1,00	0,93	3,00	1,20	1,50	1,20
M. O. P.	73,20	51,44	59,60	55,13	132,80	53,03	66,40	53,03
OUTROS	16,50	11,59	13,50	12,48	30,00	11,98	15,00	11,98
<b>TOTAL</b>	<b>142,30</b>	<b>100</b>	<b>108,10</b>	<b>100</b>	<b>250,40</b>	<b>100</b>	<b>125,20</b>	<b>100</b>
VOLUME = 1m <sup>3</sup>	P*=125,20 kg/m <sup>3</sup>							

Tabela 33 – 3ª amostragem do roteiro 1402 T de Belém

3ª Amostragem		LOCAL: Aterro Sanitário do Aura							
ROTEIRO: 1402 T		BAIRROS: Campinas – Cidade Velha				DATA: 09/02/06 (5ª – FEIRA)		HORÁRIO: 08:00	
ESPECIFICAÇÃO	1ª VIAGEM		2ª VIAGEM		SOMATÓRIA		MÉDIA DIÁRIA		
	kg	%	kg	%	Kg	%	kg	%	
PLÁSTICO	25,90	15,74	24,30	16,58	50,20	16,13	25,10	16,13	
PAPEL / PAPELÃO	30,50	18,53	34,50	23,53	65,00	20,89	32,50	20,89	
METAL	4,80	2,92	1,80	1,23	6,60	2,12	3,30	2,12	
VIDRO	3,50	2,13	0,50	0,34	4,00	1,29	2,00	1,29	
M. O. P.	78,10	47,44	71,50	48,77	149,60	48,07	74,80	48,07	
OUTROS	21,80	13,24	14,00	9,55	35,80	11,50	17,90	11,50	
TOTAL	164,60	100	146,60	100	311,20	100	155,60	100	
VOLUME = 1m³	P*=155,60 kg/m³								

Nas tabelas de 34 a 39 estão relacionadas o resumo da gravimetria de Belém.

Tabela 34 – Percentual de plástico de Belém

SETOR	BAIRROS	1ª		2ª		3ª	
		AMOSTRAGEM	AMOSTRAGEM	AMOSTRAGEM	AMOSTRAGEM		
		(kg)	%	(kg)	%	(kg)	%
01	CURIÓ UTINGA-AURÁ	37,50	18,27	39,90	18,10	-	-
02	TERRA FIRME-CANUDOS	39,80	16,82	24,70	15,12	34,50	17,13
	JURUNAS - B. CAMPOS	25,00	14,36	27,60	15,71	21,70	17,51
04	GUAMÁ-CONDOR	37,00	16,37	39,00	17,01	-	-
05	ICOARACI	40,50	15,93	33,55	14,41	-	-
06	NAZARÉ-FÁTIMA-UMARIZAL	30,70	16,39	23,00	14,33	-	-
07	BENGUI	31,00	14,10	23,50	7,85	34,60	13,31
08	PEDREIRA-MARCO-SOUZA	32,00	20,08	14,60	5,65	-	-
09	MARAMBAIA-SACRAMENTA	26,50	17,10	13,80	5,46	28,20	12,20
10	CAMPINA-CIDADE VELHA	35,00	16,37	23,50	18,77	25,10	16,13
MÉDIA	14,98 %						

Tabela 35 – Percentual de papel e papelão de Belém

SETOR	BAIRROS	1ª		2ª		3ª	
		AMOSTRAGEM		AMOSTRAGEM		AMOSTRAGEM	
		(kg)	%	(kg)	%	(kg)	%
01	CURIÓ UTINGA-AURÁ	21,50	10,48	49,10	22,28	-	
02	TERRA FIRME-CANUDOS	34,50	14,58	20,40	12,49	33,00	16,39
03	JURUNAS - B. CAMPOS	32,50	18,68	34,50	19,64	34,80	28,09
04	GUAMÁ-CONDOR	27,00	11,95	43,60	19,01	-	
05	ICOARACI	35,80	14,08	44,23	19,00	-	
06	NAZARÉ-FÁTIMA-UMARIZAL	41,70	22,26	45,30	28,23	-	
07	BENGUI	29,80	13,55	38,00	12,70	42,20	16,24
08	PEDREIRA-MARCO-SOUZA	25,00	15,68	21,40	8,28	-	
09	MARAMBAIA-SACRAMENTA	37,80	24,39	29,10	11,51	46,20	20,03
10	CAMPINA-CIDADE VELHA	26,00	12,35	17,00	13,58	32,50	20,89
MÉDIA	17,06 %						

Tabela 36 – Percentual de metais de Belém

SETOR	BAIRROS	1ª		2ª		3ª	
		AMOSTRAGEM		AMOSTRAGEM		AMOSTRAGEM	
		(kg)	%	(kg)	%	(kg)	%
01	CURIÓ UTINGA-AURÁ	4,70	2,29	5,10	2,31	-	
02	TERRA FIRME-CANUDOS	5,40	2,28	2,30	1,41	5,90	2,93
03	JURUNAS - B. CAMPOS	4,00	2,30	4,20	2,39	2,10	1,69
04	GUAMÁ-CONDOR	5,50	2,44	8,00	3,90	-	
05	ICOARACI	5,00	1,97	7,89	3,39	-	
06	NAZARÉ-FÁTIMA-UMARIZAL	4,90	2,62	12,80	7,98	-	
07	BENGUI	2,80	1,27	6,60	2,20	6,80	2,62
08	PEDREIRA-MARCO-SOUZA	3,50	2,20	5,30	2,05	-	
09	MARAMBAIA-SACRAMENTA	6,30	4,06	7,60	3,00	7,90	3,42
10	CAMPINA-CIDADE VELHA	3,40	1,59	1,80	1,44	3,30	2,12
MÉDIA	2,64 %						

Tabela 37 – Percentual de vidros de Belém

SETOR	BAIRROS	1ª		2ª		3ª	
		AMOSTRAGEM		AMOSTRAGEM		AMOSTRAGEM	
		(kg)	%	(kg)	%	(kg)	%
01	CURIÓ UTINGA-AURÁ	2,20	1,07	3,20	1,45	-	
02	TERRA FIRME-CANUDOS	5,50	2,32	1,50	0,92	3,70	1,84
03	JURUNAS – B.CAMPOS	5,50	3,16	5,70	3,24	0,30	0,25
04	GUAMÁ-CONDOR	0,50	0,22	3,60	1,57	-	
05	ICOARACI	2,00	0,79	5,12	2,20	-	
06	NAZARÉ-FÁTIMA-UMARIZAL	2,10	1,12	3,20	1,99	-	
07	BENGUI	5,10	2,32	2,80	0,94	3,70	1,42
08	PEDREIRA-MARCO-SOUZA	3,60	2,26	1,50	0,58	-	
09	MARAMBAIA-SACRAMENTA	1,50	0,97	3,70	1,46	4,30	1,86
10	CAMPINA-CIDADE VELHA	3,20	1,50	1,50	1,20	2,00	1,29
MÉDIA	1,52 %						

Tabela 38 – Percentual de matéria orgânica compostável de Belém

SETOR	BAIRROS	1ª		2ª		3ª	
		AMOSTRAGEM		AMOSTRAGEM		AMOSTRAGEM	
		(kg)	%	(kg)	%	(kg)	%
01	CURIÓ UTINGA-AURÁ	98,80	48,15	91,30	41,42	-	
02	TERRA FIRME-CANUDOS	105,50	44,57	83,20	50,95	84,80	42,10
03	JURUNAS - B. CAMPOS	88,50	50,86	59,70	33,98	35,40	28,57
04	GUAMÁ-CONDOR	146,00	64,60	96,80	42,22	-	
05	ICOARACI	124,20	48,84	96,84	41,60	-	
06	NAZARÉ-FÁTIMA-UMARIZAL	79,50	42,45	62,20	38,75	-	
07	BENGUI	117,00	53,21	96,00	32,09	101,40	39,02
08	PEDREIRA-MARCO-SOUZA	63,00	39,52	154,60	59,83	-	
09	MARAMBAIA-SACRAMENTA	77,50	50,00	142,30	56,27	105,90	45,80
10	CAMPINA-CIDADE VELHA	109,80	51,36	66,40	53,03	74,80	48,07
MÉDIA	45,89 %						

Tabela 39 – Percentual de outros (trapo, couro, borracha, terra, pedra, madeira, isopor etc.) de Belém

SETOR	BAIRROS	1ª		2ª		3ª	
		AMOSTRAGEM		AMOSTRAGEM		AMOSTRAGEM	
		(kg)	%	(kg)	%	(kg)	%
01	CURIÓ UTINGA-AURÁ	40,50	19,74	31,80	14,44	-	
02	TERRA FIRME-CANUDOS	46,00	19,43	31,20	19,11	39,50	19,16
03	JURUNAS - B. CAMPOS	18,50	10,63	44,00	25,04	29,60	23,89
04	GUAMÁ-CONDOR	10,00	4,42	38,30	16,17	-	
05	ICOARACI	46,08	18,39	45,17	19,40	-	
06	NAZARÉ-FÁTIMA-UMARIZAL	28,40	15,16	14,00	8,72	-	
07	BENGUI	34,20	15,55	132,30	44,22	71,20	27,39
08	PEDREIRA-MARCO-SOUZA	32,30	20,26	61,00	23,61	-	
09	MARAMBAIA-SACRAMENTA	5,40	3,48	56,40	22,30	38,60	16,69
10	CAMPINA-CIDADE VELHA	36,00	16,83	15,00	11,98	17,90	11,50
<b>MÉDIA</b>	17,91 %						

Partindo dos valores encontrados nas amostras, os mesmos foram tratados estatisticamente, determinando-se a média aritmética agrupados segundo as classes socioeconômicas. Na Tabela 40 são relacionadas os valores médios das características físicas dos RSD de Belém.

Tabela 40 – Parâmetros Físicos segundo as classes socioeconômicas (2006)

ESPECIFICAÇÃO	Baixa	Media Baixa	Média Baixa a Média	Média a Média	Média Baixa a Média Alta	Média Alta a Média Alta	Área Comercial
Plásticos (%)	14,07	15,84	11,59	15,17	15,86	15,36	17,09
Papel e Papelão (%)	14,34	14,52	18,64	16,54	22,14	25,25	15,61
Metais (%)	2,13	2,75	3,49	2,68	2,13	5,30	1,72
Vidros (%)	1,64	1,12	1,43	1,49	2,22	1,55	1,33
Mat. Orgânica Compostável (%)	43,67	49,23	50,69	45,22	37,80	40,60	50,82
Outros (%)	24,15	16,54	14,16	18,90	19,85	11,94	13,43
Peso Espec. Apar. Úmi (kg/m³)	218,40	216,45	213,00	243,55	157,87	173,90	164,73

Nas amostras analisadas teve predominância a matéria orgânica compostável, com valores que variaram de 37,80 % a 50,82 %. Esse maior valor nos RSD do município de Belém pode ser atribuído diretamente a situação socioeconômica, que é semelhante a qualquer país do terceiro mundo.

É interessante observar que o menor valor 37,80 % ocorreu na área correspondente ao Setor 3 formado pelos bairros do Jurunas e Batista Campos, pertencentes as classes média baixa a média alta, que teve o maior valor percentual de papel e papelão (22,14 %)

Também é oportuno observar as alterações em relação aos valores monitorados em Belém no ano 2000, quando Carneiro (2000) obteve a seguinte composição: 17 % de plástico, 24 % de papel e papelão, 4 % de metais, 2 % de vidros, 36 % de MOC, 17 % de outros e peso específico de 218,03 kg/m<sup>3</sup>.

No Gráfico 3 é comparada a produção de plásticos das classes socioeconômicas, no ano 2006, com os valores médios obtidos por Carneiro (2000).

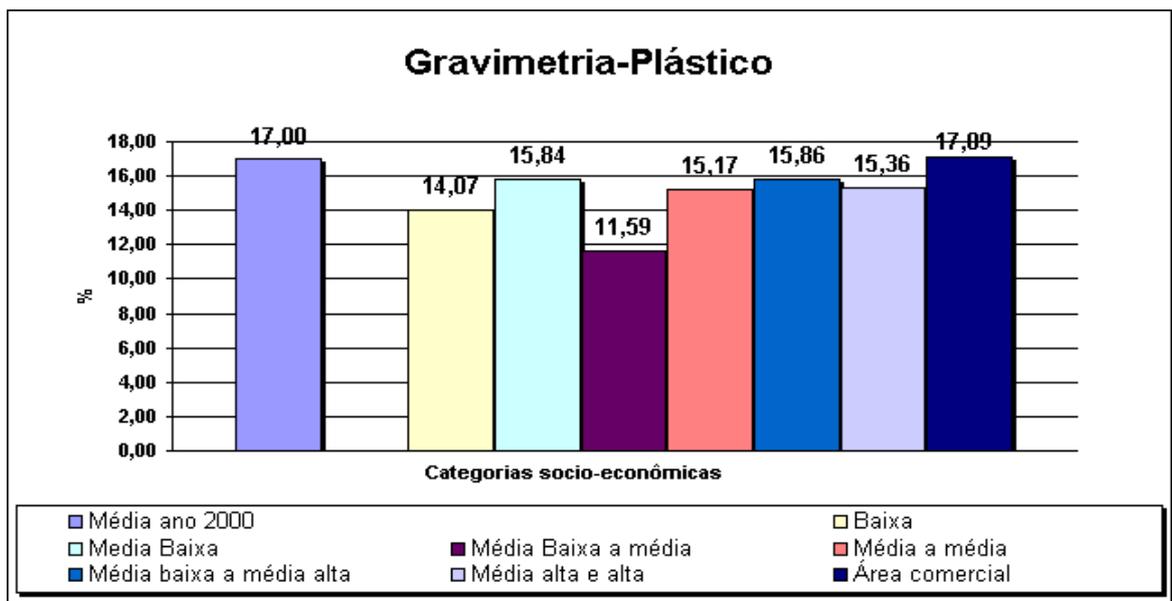


Gráfico 3 – Gravimetria plástico (comparação por classes).  
Fonte: Carneiro (2000).

O valor da produção de plástico dos RSD da área comercial foi o mais próximo do valor médio da cidade no ano 2000. Isto pode ser explicado pela ocorrência da coleta seletiva nas áreas das outras classes, em função da coleta de plástico por catadores autônomos e por cooperativas e associações de catadores terem ampliado suas ações no centro comercial, que já existem antes de 2000.

No Gráfico 4 é comparada a produção de papel/papelão das classes socioeconômicas no ano 2006 com os valores médios obtidos no trabalho de Carneiro (2000).

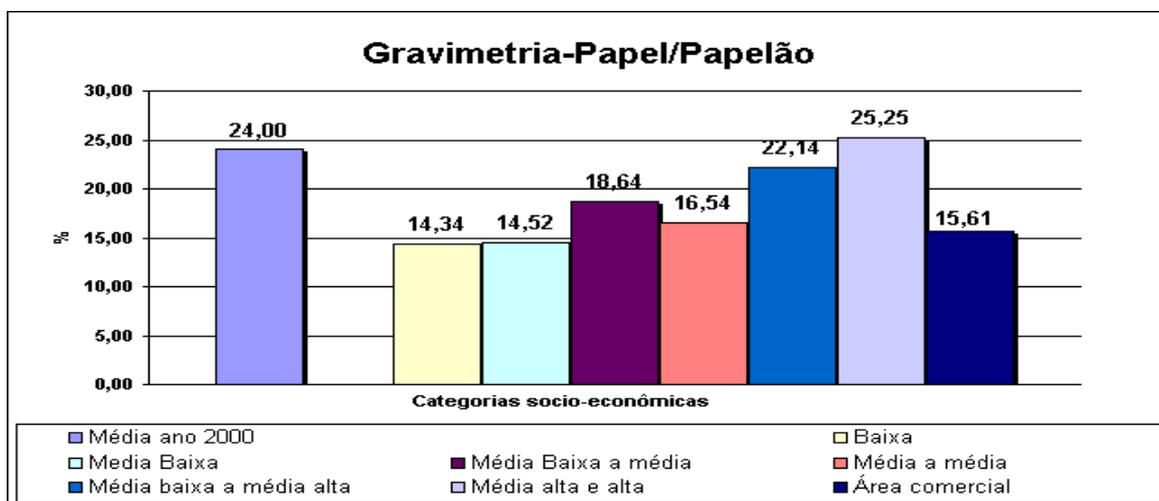


Gráfico 4 – Gravimetria papel/papelão (comparação por classes).  
Fonte: Carneiro (2000).

Observa-se que apenas a produção da classe média alta a alta é superior a média da cidade no ano 2000. Provavelmente, esta ocorrência pode ter como explicação a ação de catadores.

No Gráfico 5 é comparada a produção de metal das classes socioeconômicas, no ano 2006, com a média do ano 2000.

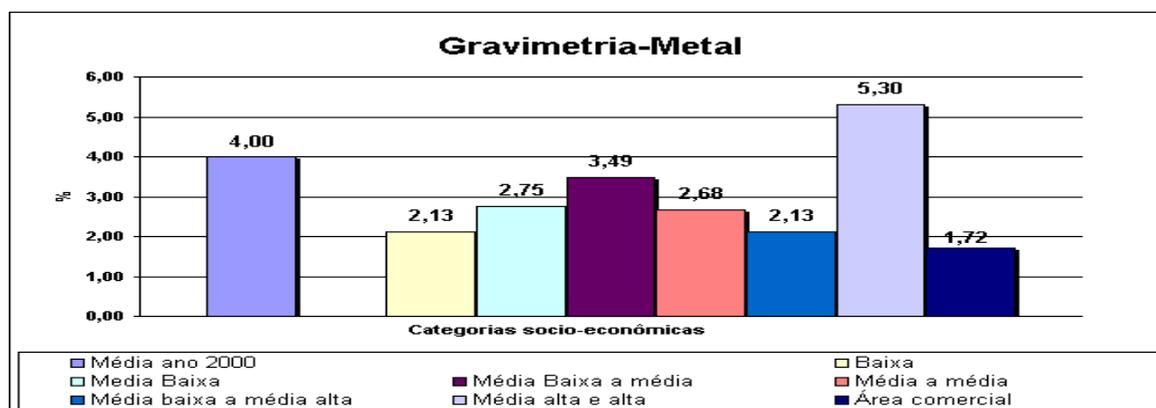


Gráfico 5 – Gravimetria metal (comparação por classes).  
Fonte: Carneiro (2000).

Observa-se que apenas a produção da classe média alta a alta é superior a média da cidade no ano 2000. Esta ocorrência se dá pelo fato da melhora da coleta seletiva feita por catadores autônomos nas diversas outras classes.

No Gráfico 6 é comparada a produção de vidro das diversas classes socioeconômicas, no ano 2006, com a média do ano 2000.

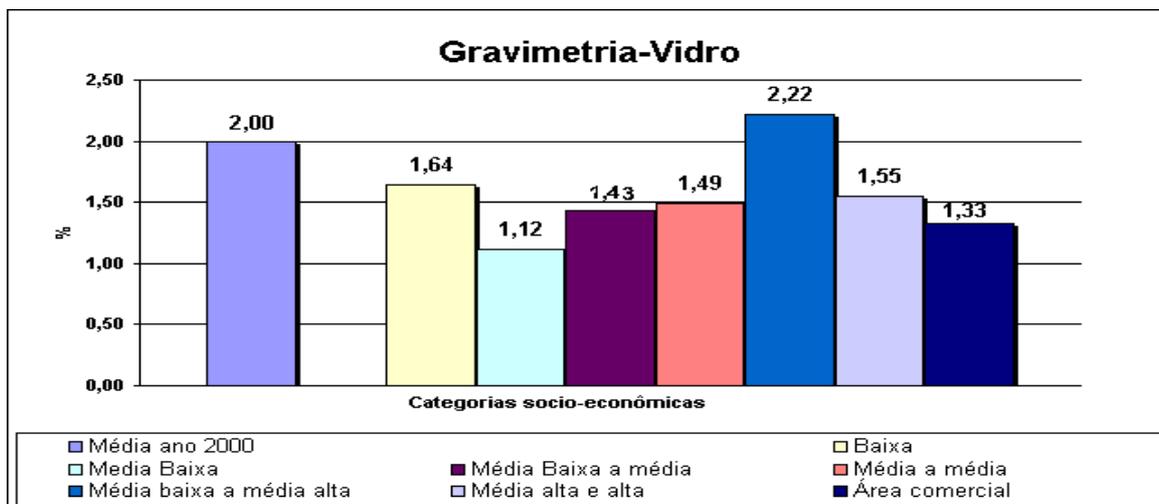


Gráfico 6 – Gravimetria vidro (comparação por classes).  
Fonte: Carneiro (2000).

Observa-se que apenas a produção da classe média baixa a média alta é superior a média da cidade no ano 2000. Esta ocorrência apresenta como causa principal a melhora da coleta seletiva por catadores autônomos nas diversas outras classes.

No Gráfico 7 é comparada a produção de matéria orgânica compostável nas diversas classes socioeconômicas, no ano 2006, com a média do ano 2000.

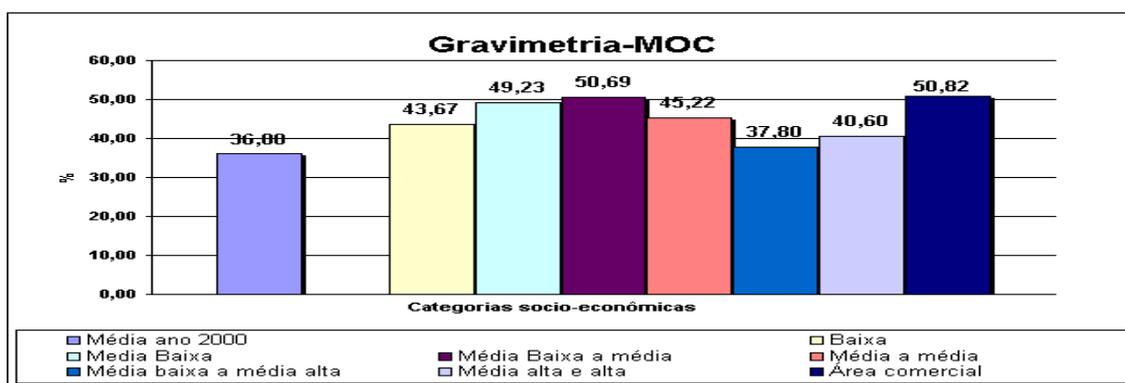


Gráfico 7 – Gravimetria MOC (comparação por classes).  
Fonte: Carneiro (2000).

Observa-se que em todas as classes a produção é superior à média da cidade no ano 2000. Esta ocorrência apresenta como causa principal a melhora da coleta seletiva por catadores autônomos em todas as classes.

No Gráfico 8 é comparada a produção de outros das diversas classes socioeconômicas, no ano 2006, com a média do ano 2000.

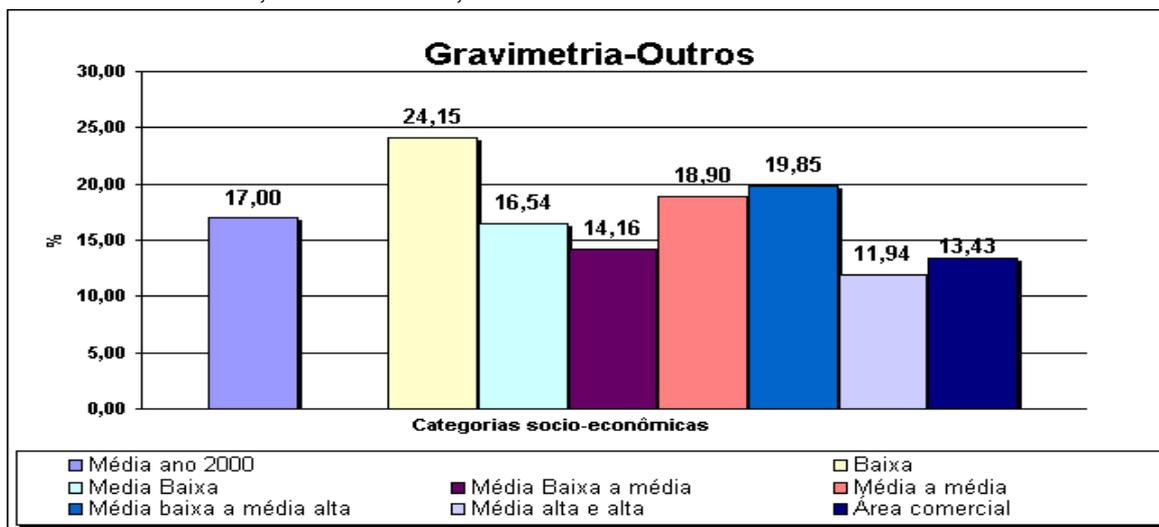


Gráfico 8 – Gravimetria outros (Comparação por classes).  
Fonte: Carneiro (2000).

Observa-se que a produção nas classes baixa, média e média baixa a média alta é superior a média da cidade no ano 2000. Isto significa a melhora da coleta seletiva por catadores autônomos nas diversas outras classes.

No Gráfico 9 é comparado o valor dos pesos específicos aparente úmido das classes socioeconômicas, no ano 2006, com a média do ano 2000.

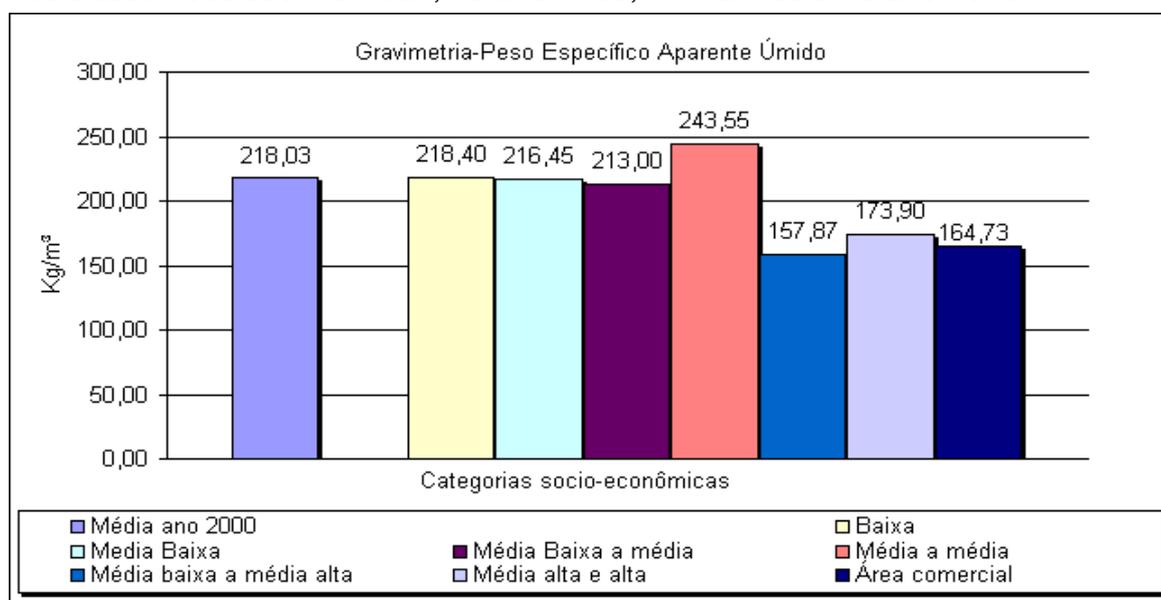


Gráfico 9 – Peso específico aparente úmido (comparação por classes).  
Fonte:Carneiro (2000).

Observa-se que apenas na classe média o valor é superior a média da cidade do ano 2000. Esta ocorrência tem como causa principal a melhora da coleta seletiva nas diversas outras classes.

Após a discussão comparativa dos valores determinados nas análises dos RSD em 2006, levando em conta a classes socioeconômicas, com o valor médio determinado em 2000, foi determinado o valor do peso específico aparente úmido de Belém, no ano 2006, que é de 202,03 kg/m<sup>3</sup> e apresenta-se no Gráfico 10 a análise gravimétrica média dos dados de 2006 comparada com 2000.

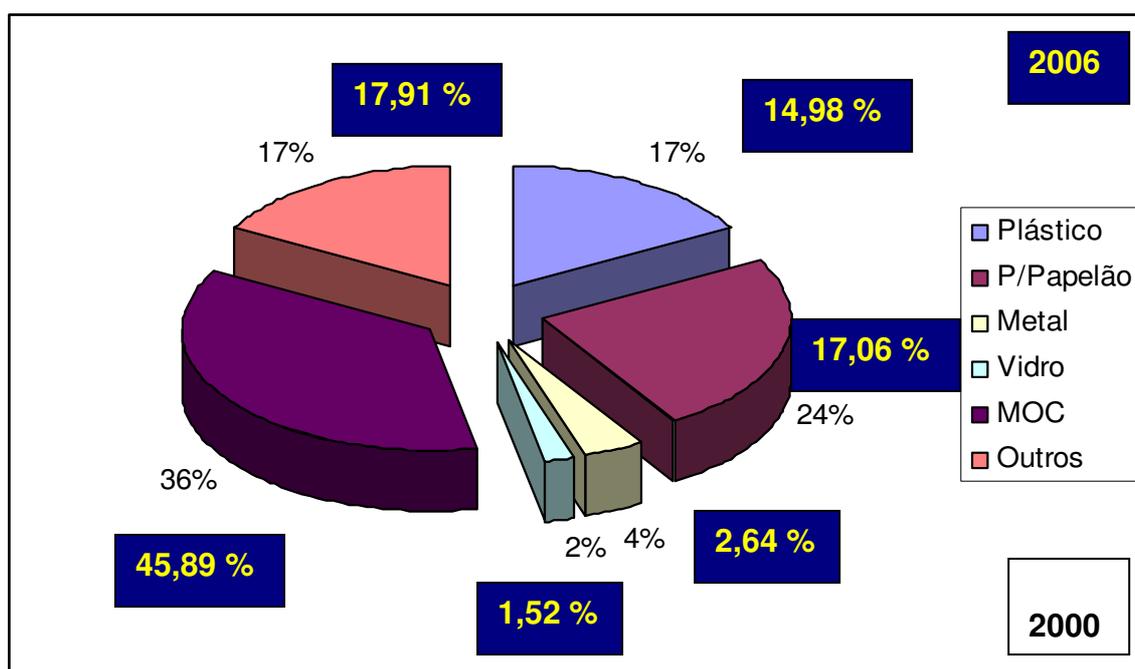


Gráfico 10 - Evolução da composição gravimétrica de Belém nos anos de 2000 e 2006.  
Fonte: Carneiro (2000).

### 5.1.2 Ananindeua

Os 4 (quatro) roteiros analisados foram distribuídos de acordo com o padrão socioeconômico da população da seguinte forma:

- 02 (dois) do padrão classe baixa, roteiros 101 A e 1201 B (PAAR e Região a margem direita da BR-316, sentido Belém – Ananindeua);
- 01 (um) do padrão classe média baixa – média alta, roteiro 401 A (Cidade Nova);
- 01 (um) da área Mista, roteiro 305 A ( Distrito Industrial).

Nas tabelas de 41 a 48 estão relacionadas as características físicas que foram determinadas nas amostragem realizadas no Complexo do destino final do Aurá para o município de Ananindeua.

Tabela 41 – 1ª amostragem do roteiro 101 A de Ananindeua

1ª Amostragem LOCAL: Aterro Sanitário do Aura								
ROTEIRO: 101 A			SETOR: PAAR		DATA: 29 / 01 / 06 (Sábado)		HORÁRIO: 08:00	
ESPECIFICAÇÃO	1ª VIAGEM		2ª VIAGEM		SOMATÓRIA		MÉDIA DIÁRIA	
	Kg	%	kg	%	Kg	%	Kg	%
PLÁSTICO	27,60	13,39	25,00	15,41	52,60	14,28	26,30	14,28
PAPEL / PAPELÃO	32,70	15,86	24,50	15,10	57,20	15,53	28,60	15,53
METAL	7,50	3,64	6,50	4,00	14,00	3,80	7,00	3,80
VIDRO	4,76	2,31	1,24	0,76	6,00	1,63	3,00	1,63
M. O. P.	99,20	48,13	80,00	49,32	179,20	48,64	89,60	48,64
OUTROS	34,40	16,67	25,00	15,41	59,40	16,12	29,70	16,12
<b>TOTAL</b>	<b>206,16</b>	<b>100</b>	<b>162,24</b>	<b>100</b>	<b>368,40</b>	<b>100</b>	<b>184,20</b>	<b>100</b>
VOLUME = 1m <sup>3</sup>	P*=184,20 kg/m <sup>3</sup>							

Tabela 42 – 2ª amostragem do roteiro 101 A de Ananindeua

2ª Amostragem LOCAL: Aterro Sanitário do Aura								
ROTEIRO: 101 A			SETOR: PAAR		DATA: 09 / 02 / 06 (QUARTA- FEIRA)		HORÁRIO: 08:00	
ESPECIFICAÇÃO	1ª VIAGEM		2ª VIAGEM		SOMATÓRIA		MÉDIA DIÁRIA	
	Kg	%	kg	%	Kg	%	kg	%
PLÁSTICO	17,40	13,19	12,00	12,36	29,40	12,84	14,70	12,84
PAPEL / PAPELÃO	26,50	20,09	21,30	21,93	47,80	20,87	23,90	20,87
METAL	11,20	8,49	7,80	8,03	19,00	8,30	9,50	8,30
VIDRO	5,10	3,87	2,50	2,58	7,60	3,32	3,80	3,32
M. O. P.	57,70	43,75	49,50	50,98	107,20	46,81	53,60	46,81
OUTROS	14,00	10,61	4,00	4,12	18,00	7,86	9,00	7,86
<b>TOTAL</b>	<b>131,90</b>	<b>100</b>	<b>97,10</b>	<b>100</b>	<b>229,00</b>	<b>100</b>	<b>114,50</b>	<b>100</b>
VOLUME = 1m <sup>3</sup>	P*=114,50 kg/m <sup>3</sup>							

Tabela 43 – 1ª amostragem do roteiro 305 A de Ananindeua

1ª Amostragem LOCAL: Aterro Sanitário do Aura								
ROTEIRO: 305 A			SETOR: Distrito Industrial		DATA: 01 / 02 / 06 (3ª FEIRA)		HORÁRIO: 08:00	
ESPECIFICAÇÃO	1ª VIAGEM		2ª VIAGEM		SOMATÓRIA		MÉDIA DIÁRIA	
	Kg	%	kg	%	Kg	%	kg	%
PLÁSTICO	33,70	15,35	29,30	17,89	63,00	16,43	31,50	16,43
PAPEL / PAPELÃO	41,40	18,85	37,00	22,59	78,40	20,45	39,20	20,45
METAL	8,10	3,69	4,30	2,63	12,40	3,23	6,20	3,23
VIDRO	6,60	3,01	3,20	1,95	9,80	2,56	4,90	2,56
M. O. P.	79,20	36,06	75,00	45,78	154,20	40,22	77,10	40,22
OUTROS	50,60	23,04	15,00	9,16	65,60	17,11	32,80	17,11
<b>TOTAL</b>	<b>219,60</b>	<b>100</b>	<b>163,80</b>	<b>100</b>	<b>383,40</b>	<b>100</b>	<b>191,70</b>	<b>100</b>
VOLUME = 1 m <sup>3</sup>	P*=191,70 kg/m <sup>3</sup>							

Tabela 44 – 2ª amostragem do roteiro 305 A de Ananindeua

2ª Amostragem		LOCAL: Aterro Sanitário do Aura							
ROTEIRO: 305 A		SETOR: Distrito Industrial		DATA: 19/02/06 (5ª FEIRA)		HORÁRIO: 08:00			
ESPECIFICAÇÃO	1ª VIAGEM		2ª VIAGEM		SOMATÓRIA		MÉDIA DIÁRIA		
	Kg	%	kg	%	Kg	%	kg	%	
PLÁSTICO	32,90	14,53	29,50	14,16	62,40	14,35	31,20	14,35	
PAPEL / PAPELÃO	52,80	23,32	48,00	23,03	100,80	23,18	50,40	23,18	
METAL	10,00	4,42	7,80	3,74	17,80	4,10	8,90	4,10	
VIDRO	7,30	3,22	5,50	2,64	12,80	2,94	6,40	2,94	
M. O. P.	72,00	31,81	68,00	32,63	140,00	32,20	70,00	32,20	
OUTROS	51,40	22,70	49,60	23,80	101,00	23,23	50,50	23,23	
TOTAL	226,40	100	208,40	100	434,80	100	217,40	100	
VOLUME = 1m³	P*=217,40 kg/m³								

Tabela 45 – 1ª amostragem do roteiro 401 A de Ananindeua

1ª Amostragem		LOCAL: Aterro Sanitário do Aura							
ROTEIRO: 401 A		SETOR: Cidade Nova		DATA: 08 / 02/ 06 (2ª FEIRA)		HORÁRIO: 08:00			
ESPECIFICAÇÃO	1ª VIAGEM		2ª VIAGEM		SOMATÓRIA		MÉDIA DIÁRIA		
	Kg	%	kg	%	Kg	%	kg	%	
PLÁSTICO	37,70	19,30	34,50	20,80	72,20	19,99	36,10	19,99	
PAPEL / PAPELÃO	28,80	14,75	20,00	12,06	48,80	13,51	24,40	13,51	
METAL	7,60	3,89	5,40	3,25	13,00	3,60	6,50	3,60	
VIDRO	10,10	5,17	3,50	2,11	13,60	3,77	6,80	3,77	
M. O. P.	80,30	41,12	75,50	45,51	155,80	43,13	77,90	43,13	
OUTROS	30,80	15,77	27,00	16,27	57,80	16,00	28,90	16,00	
TOTAL	195,30	100	165,90	100	361,20	100	180,60	100	
VOLUME = 1m³	P*=180,60 kg/m³								

Tabela 46 – 2ª amostragem do roteiro 401 A de Ananindeua

2ª Amostragem		LOCAL: Aterro Sanitário do Aura							
ROTEIRO: 401 A		SETOR: Cidade Nova		DATA: 11 / 02/ 06 (SÁBADO)		HORÁRIO: 08:00			
ESPECIFICAÇÃO	1ª VIAGEM		2ª VIAGEM		SOMATÓRIA		MÉDIA DIÁRIA		
	Kg	%	kg	%	Kg	%	kg	%	
PLÁSTICO	31,00	19,91	28,00	21,88	59,00	20,80	29,50	20,80	
PAPEL / PAPELÃO	6,20	3,98	4,50	3,52	10,70	3,77	5,35	3,77	
METAL	5,00	3,21	2,00	1,56	7,00	2,47	3,50	2,47	
VIDRO	7,00	4,50	3,00	2,34	10,00	3,52	5,00	3,52	
M. O. P.	77,00	49,45	65,00	50,78	142,00	50,05	71,00	50,05	
OUTROS	29,50	18,95	25,50	19,92	55,00	19,39	27,50	19,39	
TOTAL	155,70	100,00	128,00	100,00	283,70	100	141,85	100	
VOLUME = 1m³	P*=141,85 kg/m³								

Tabela 47 – 1ª amostragem do roteiro 1201 B de Ananindeua

1ª Amostragem		LOCAL: Aterro Sanitário do Aura						
ROTEIRO: 1201 B		SETOR: Margem direita da BR 316		DATA: 30/01/06 (2ª FEIRA)		HORÁRIO: 08:00		
ESPECIFICAÇÃO	1ª VIAGEM		2ª VIAGEM		SOMATÓRIA		MÉDIA DIÁRIA	
	Kg	%	kg	%	Kg	%	kg	%
PLÁSTICO	31,20	13,46	29,00	14,80	60,20	14,07	30,10	14,07
PAPEL / PAPELÃO	40,70	17,56	37,50	19,13	78,20	18,28	39,10	18,28
METAL	9,40	4,06	5,00	2,55	14,40	3,37	7,20	3,37
VIDRO	9,00	3,88	4,20	2,14	13,20	3,09	6,60	3,09
M. O. P.	94,78	40,90	79,80	40,72	174,58	40,81	87,29	40,81
OUTROS	46,68	20,14	40,50	20,66	87,18	20,38	43,59	20,38
<b>TOTAL</b>	<b>231,76</b>	<b>100</b>	<b>196,00</b>	<b>100</b>	<b>427,76</b>	<b>100</b>	<b>213,88</b>	<b>100</b>
VOLUME = 1m³	P*=213,88 kg/m³							

Tabela 48 – 2ª amostragem do roteiro 1201 B de Ananindeua

2ª Amostragem		LOCAL: Aterro Sanitário do Aura						
ROTEIRO: 1201 B		SETOR: Margem direita da BR 316		DATA: 03/02/06 (6ª FEIRA)		HORÁRIO: 08:00		
ESPECIFICAÇÃO	1ª VIAGEM		2ª VIAGEM		SOMATÓRIA		MÉDIA DIÁRIA	
	kg	%	kg	%	Kg	%	kg	%
PLÁSTICO	36,40	17,26	32,00	17,56	68,40	17,41	34,20	17,41
PAPEL / PAPELÃO	48,04	22,78	43,44	23,84	91,48	23,27	45,74	23,27
METAL	4,40	2,09	3,80	2,09	8,20	2,09	4,10	2,09
VIDRO	7,28	3,45	4,00	2,19	11,28	2,87	5,64	2,87
M. O. P.	76,14	36,11	68,80	37,75	144,94	36,86	72,47	36,86
OUTROS	38,60	18,31	30,20	16,57	68,80	17,50	34,40	17,50
<b>TOTAL</b>	<b>210,86</b>	<b>100</b>	<b>182,24</b>	<b>100</b>	<b>393,10</b>	<b>100</b>	<b>196,55</b>	<b>100</b>
VOLUME = 1m³	P*=196,55 kg/m³							

Nas tabelas de 49 a 53 estão relacionadas o resumo da gravimetria de Ananindeua

Tabela 49 – Percentual de plástico de Ananindeua

ROTEIRO	SETOR	1ª		2ª	
		AMOSTRAGEM	AMOSTRAGEM	AMOSTRAGEM	AMOSTRAGEM
		(kg)	%	(kg)	%
01	PAAR	26,30	14,28	14,70	12,84
02	Distrito Industrial	31,50	16,43	31,20	14,35
03	Cidade Nova	36,10	19,99	29,50	20,80
04	Margem direita da BR 316	30,10	14,07	34,20	17,41
<b>MÉDIA</b>	<b>16,27 %</b>				

Tabela 50 – Percentual de papel e papelão de Ananindeua

ROTEIRO	SETOR	1ª		2ª	
		AMOSTRAGEM (kg)	%	AMOSTRAGEM (kg)	%
01	PAAR	28,60	15,53	23,90	20,87
02	Distrito Industrial	39,20	20,45	50,40	23,18
03	Cidade Nova	24,40	13,51	5,35	3,77
04	Margem direita da BR 316	39,10	18,28	45,74	23,27
MÉDIA	17,36 %				

Tabela 51 – Percentual de metal de Ananindeua

ROTEIRO	SETOR	1ª		2ª	
		AMOSTRAGEM (kg)	%	AMOSTRAGEM (kg)	%
01	PAAR	7,00	3,80	9,50	8,30
02	Distrito Industrial	6,20	3,23	8,90	4,10
03	Cidade Nova	6,50	3,60	3,50	2,47
04	Margem direita da BR 316	7,20	3,37	4,10	2,09
MÉDIA	3,87 %				

Tabela 52 – Percentual de vidro de Ananindeua

ROTEIRO	SETOR	1ª		2ª	
		AMOSTRAGEM (kg)	%	AMOSTRAGEM (kg)	%
01	PAAR	3,00	1,63	3,80	3,32
02	Distrito Industrial	4,90	2,56	6,40	2,94
03	Cidade Nova	6,80	3,77	5,00	3,52
04	Margem direita da BR 316	6,60	3,09	5,64	2,87
MÉDIA	2,96 %				

Tabela 53 – Percentual de matéria orgânica compostável de Ananindeua

ROTEIRO	SETOR	1ª		2ª	
		AMOSTRAGEM (kg)	%	AMOSTRAGEM (kg)	%
01	PAAR	89,60	48,64	53,60	46,81
02	Distrito Industrial	77,10	40,22	70,00	32,20
03	Cidade Nova	77,90	43,13	71,00	50,05
04	Margem direita da BR 316	87,29	40,81	72,47	36,86
MÉDIA	42,34 %				

Tabela 54 – Percentual de outros (trapo, couro, borracha, terra, pedra, madeira, isopor etc.) de Ananindeua

ROTEIRO	SETOR	1ª		2ª	
		AMOSTRAGEM (kg)	%	AMOSTRAGEM (kg)	%
01	PAAR	29,70	16,12	9,00	7,86
02	Distrito Industrial	32,80	17,11	50,50	23,23
03	Cidade Nova	28,90	16,00	27,50	19,39
04	Margem direita da BR 316	43,59	20,38	34,40	17,50
MÉDIA	17,20 %				

Partindo dos valores encontrados nas amostras, os mesmos foram tratados estatisticamente, determinando-se a média aritmética e agrupados segundo as classes socioeconômicas. Na Tabela 55 são relacionadas os valores médios das características físicas dos RSD de Ananindeua.

Tabela 55 – Parâmetros físicos segundo as classes socioeconômicas (2006)

ESPECIFICAÇÃO	Baixa	Media Baixa a Média Alta	Área Mista (Dist. Industrial)
Plásticos (%)	14,65	20,4	15,39
Papel e Papelão (%)	19,49	8,64	21,81
Metais (%)	4,39	3,03	3,67
Vidros (%)	2,73	3,64	2,75
Mat. Orgânica Compostável (%)	43,28	46,59	36,21
Outros (%)	15,46	17,7	20,17
Peso Específico Aparente Úmido (kg/m <sup>3</sup> )	177,28	161,23	204,55

Também é oportuno observar as alterações em relação aos valores monitorados em Ananindeua no ano de 2000, quando Carneiro (2000) obteve a seguinte composição: 10 % de plásticos, 11 % de papel e papelão, 3 % de metais, 3 % de vidros, 50 % de MOC e 23 % de outros.

No Gráfico 11 é comparada a produção de plásticos das diversas classes socioeconômicas, no ano 2006, com a média do ano 2000

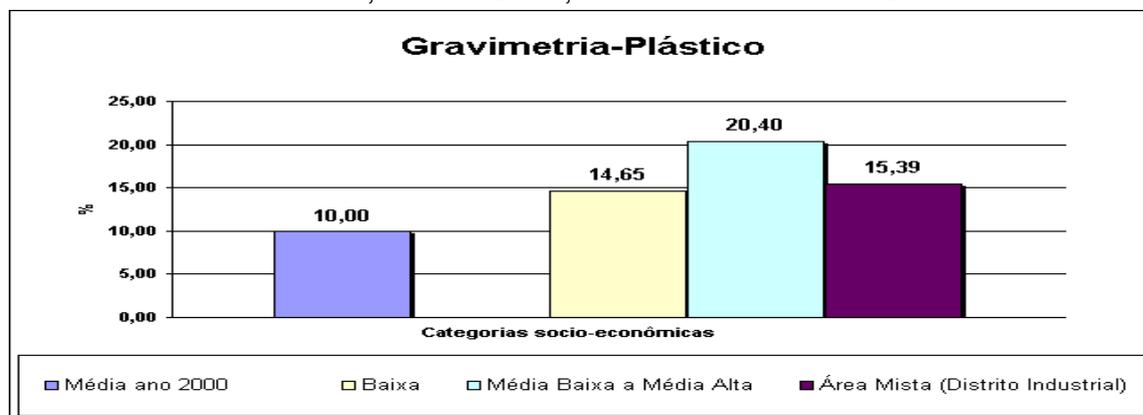


Gráfico 11 – Gravimetria plástica (comparação por classes).  
Fonte: Carneiro (2000).

Observa-se que a produção de todas as áreas é superior a média da cidade no ano 2000. Esta ocorrência apresenta como causa principal o intenso crescimento populacional aliado a melhora da qualidade de vida no Município.

No Gráfico 12 é comparada a produção de papel/papelão das diversas classes socioeconômicas, no ano 2006, com a média do ano 2000.

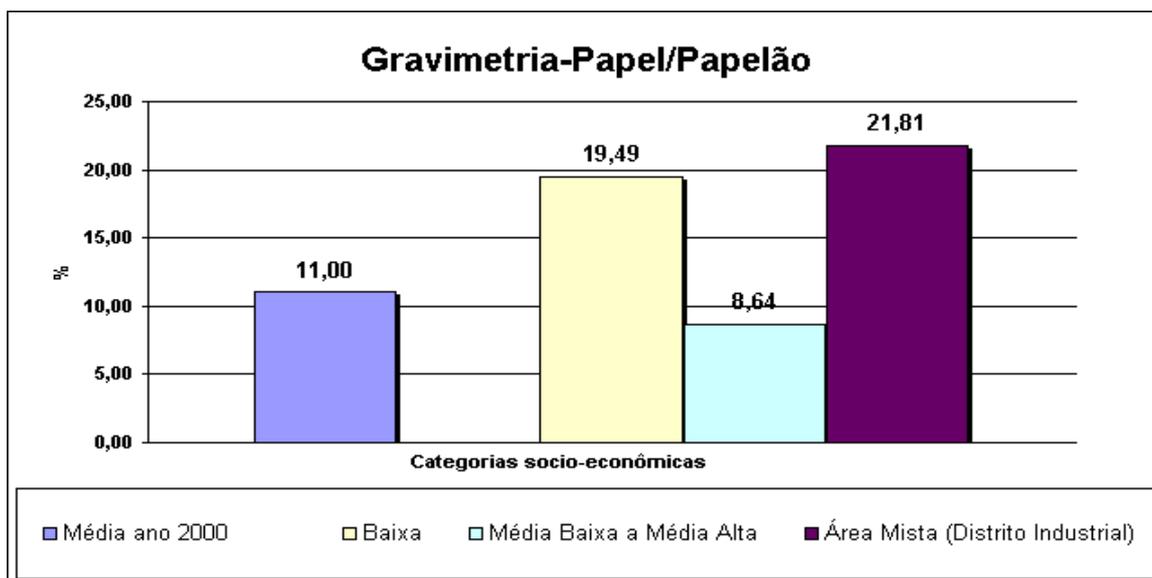


Gráfico 12 – Gravimetria papel e papelão (comparação por classes).  
Fonte: Carneiro (2000).

Observa-se que todas as classes apresentam valores inferiores a média da cidade no ano 2000. Esta ocorrência apresenta como causa principal a melhora da coleta seletiva nas diversas classes.

No Gráfico 13 é comparada a produção de metal das classes socioeconômicas, no ano 2006, com a média do ano 2000.

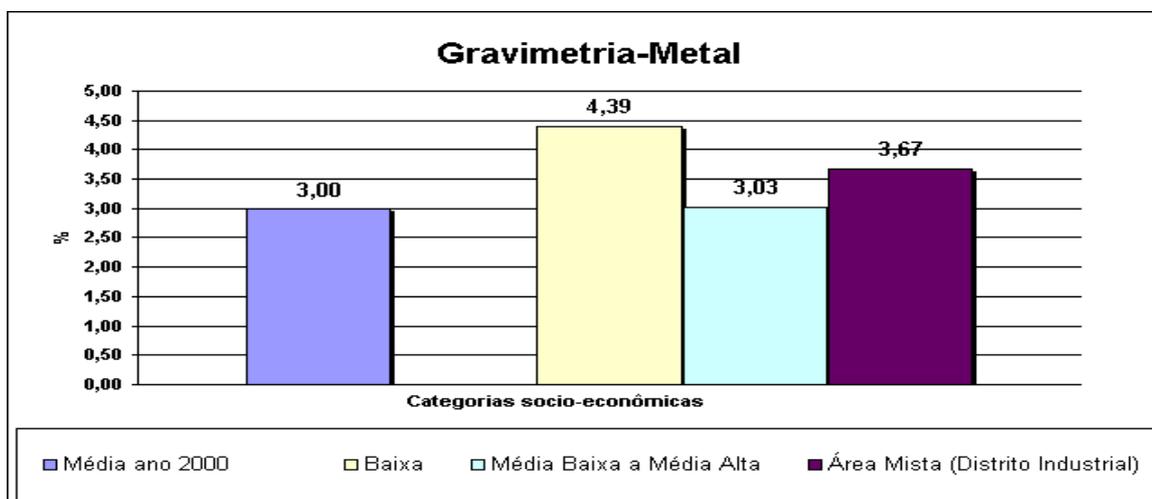


Gráfico 13 – Gravimetria metal (comparação por classes).  
Fonte: Carneiro (2000).

Observa-se que a produção de todas as classes é superior a média da cidade no ano 2000. Esta ocorrência nos representa um quadro de baixo nível da coleta seletiva.

No Gráfico 14 é comparada a produção de vidro das diversas classes socioeconômicas, no ano 2006, com a média do ano 2000.

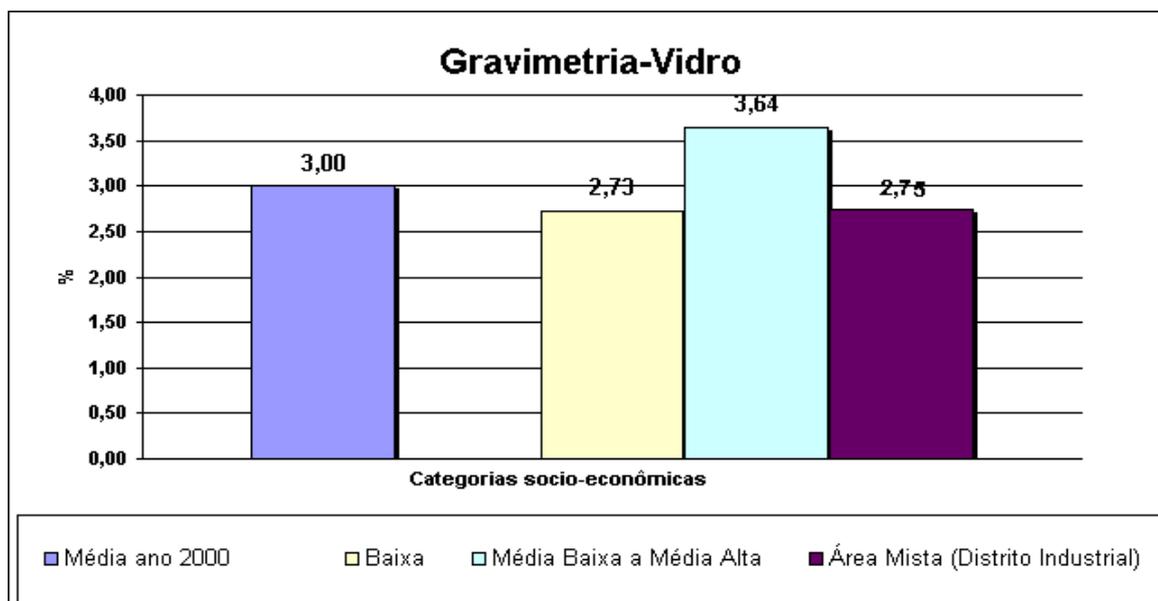


Gráfico 14 – Gravimetria vidro (comparação por classes).  
Fonte: Carneiro (2000).

Observa-se que apenas a produção da classe média baixa a média alta é superior a média da cidade no ano 2000. Esta ocorrência apresenta como causa principal a melhora da coleta seletiva nas diversas outras classes.

No Gráfico 15 é comparada a produção de matéria orgânica compostável nas classes socioeconômicas, no ano 2006, com a média do ano 2000.

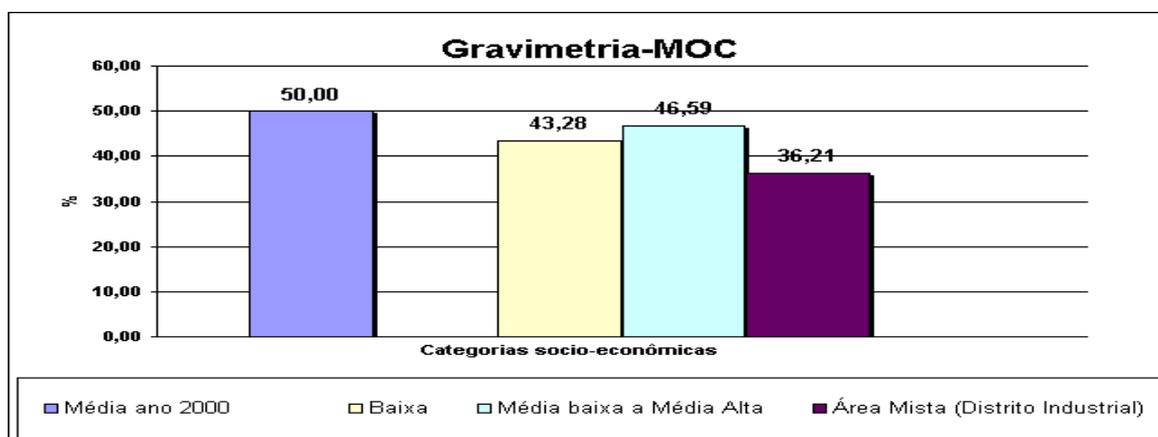


Gráfico 15 – Gravimetria matéria orgânica compostável (comparação por classes).  
Fonte: Carneiro (2000).

Observa-se que a produção em todas as classes é inferior a média da cidade no ano 2000. Esta ocorrência apresenta como causa principal a melhora da qualidade de vida no Município, principalmente na área mista.

No Gráfico 16 é comparada a produção de outros nas classes socioeconômicas, no ano 2006, com a média do ano 2000.

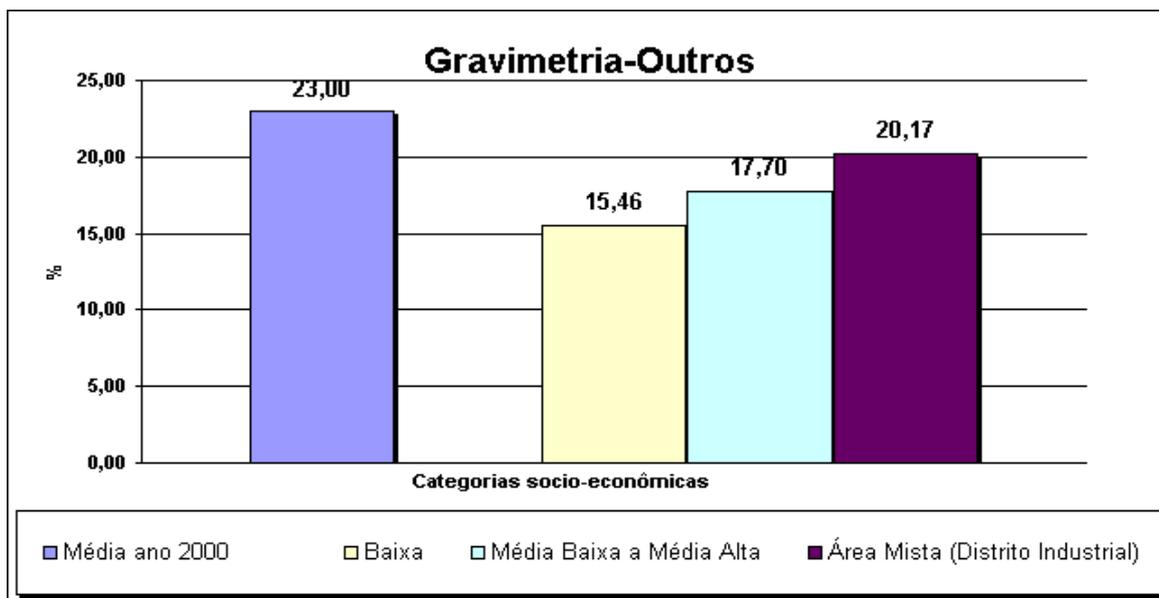


Gráfico 16 – Gravimetria outros (comparação por classes).  
Fonte: Carneiro (2000).

Observa-se que a produção em todas as classes é inferior a média da cidade no ano 2000. Esta ocorrência apresenta como causa principal a melhora da coleta seletiva, principalmente no que diz respeito a separação da matéria orgânica.

Após a discussão comparativa dos valores determinados nas análises dos RSD em 2006, levando em conta as classes socioeconômicas, com o valor médio determinado em 2000, determinamos o valor do peso específico aparente úmido de Ananindeua no ano 2006, que é de 180,09 kg/m<sup>3</sup> e apresenta-se no Gráfico 17 a composição gravimétrica média dos dados de 2006 comparado com os de Carneiro (2000)

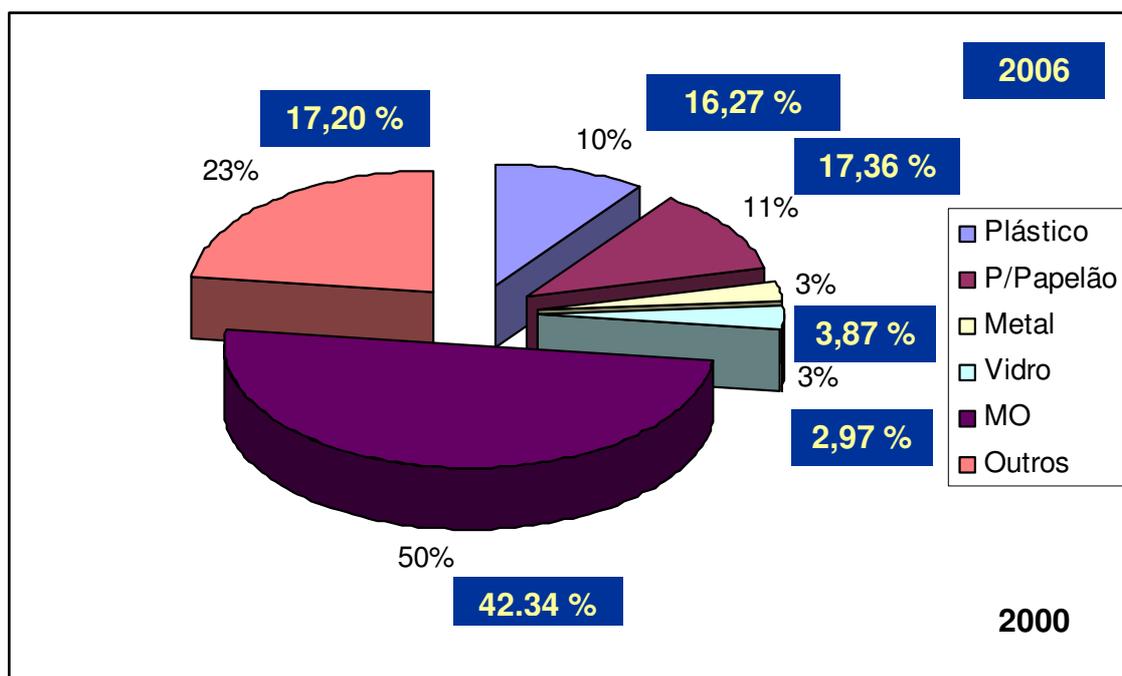


Gráfico 17 - Evolução da composição gravimétrica de Ananindeua nos anos de 2000 e 2006.  
 Fonte: Carneiro (2000).

## 5.2 ESTIMATIVA DA EVOLUÇÃO DAS CARACTERÍSTICAS FÍSICAS DO TOTAL DE RSD DOS MUNICÍPIOS ESTUDADOS NOS ANOS DE 2000 E 2006

Na Tabela 56 apresenta-se o resumo dos dados apurados nesta pesquisa nos dois maiores municípios da RMB, e que, provavelmente, em estudos relativos aos 3 (três) outros municípios integrantes da mesma área metropolitana, representem em termos de valores médios, a realidade de toda a RMB.

Tabela 56 – Resumo da RMB (Belém e Ananindeua)

Municípios / Parâmetros Físicos	Belém	Ananindeua	Média
<i>Per capita</i> / dia (kg)	0,73 *	0,60 *	0,67
Peso Específico Aparente Úmido (kg/m <sup>3</sup> )	202,03	180,09	191,06
Plástico (%)	14,98	16,27	15,62
Papel e Papelão (%)	17,06	17,36	17,21
Metais (%)	2,64	3,87	3,25
Vidros (%)	1,52	2,96	2,24
Matéria Orgânica Compostável (%)	45,89	42,34	44,12
Outros (%)	17,91	17,20	17,56

Fonte: \* Carneiro (2000).

Fonte: \*\* Instituto Brasileiro de Geografia e Estatística (2005).

Vale ressaltar que dos valores da Tabela 56, o *per capita* dia de Belém e Ananindeua, foi pesquisado por Carneiro (2000) e a população é do Anuário Estatístico (Instituto Brasileiro de Geografia e Estatística, 2005).

A partir dos dados de Carneiro (2000) e Instituto Brasileiro de Geografia e Estatística (2005) determinam-se as demais características dos RSD como o peso total e o volume total de Belém e Ananindeua, indicados na Tabela 57.

Tabela 57 – Peso total e volume total de Belém e Ananindeua.

Municípios / Características	Peso total (kg)	Volume total (m <sup>3</sup> )
Belém	1.026.285,83	5.079,87
Ananindeua	289.302,60	1.606,43

A seguir apresentamos os gráficos de evolução da geração de cada componente dos RSD nos anos de 2000 e 2006.

No Gráfico 18 apresenta-se a evolução ocorrida entre os anos de 2000 e 2006 na geração de plástico.

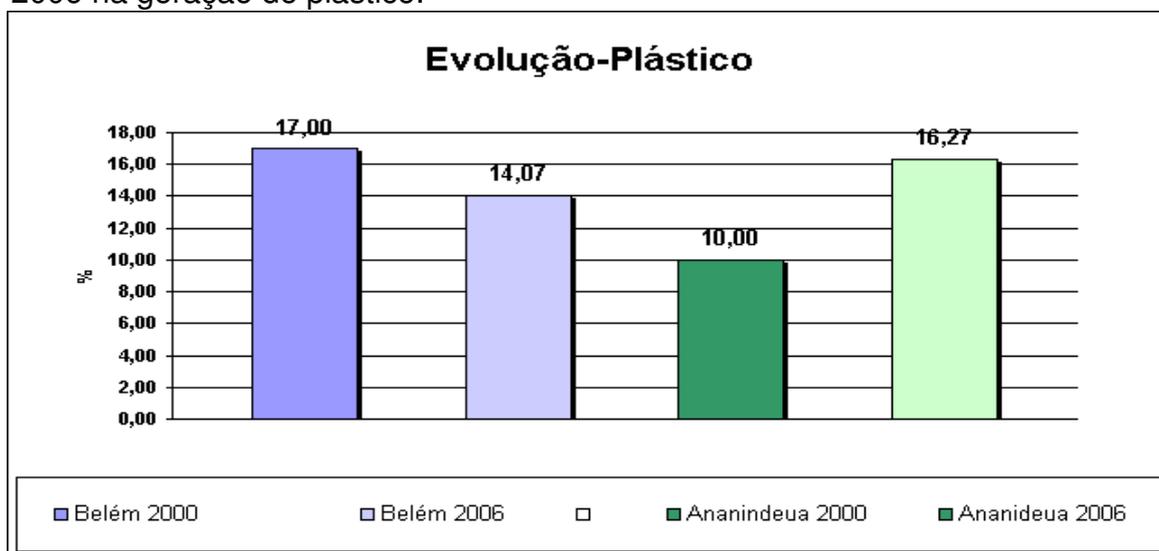


Gráfico 18 – Evolução na geração de plástico.  
Fonte: Carneiro (2000).

Observa-se que em Belém ocorreu um decréscimo provavelmente em função da melhora da coleta seletiva informal aliada a coleta seletiva realizada pela cooperativa de catadores do Áura.

Observa-se que em Ananindeua ocorreu um crescimento, provavelmente em função da incipiente coleta seletiva informal.

No Gráfico 19 apresenta-se a evolução ocorrida entre os anos de 2000 e 2006 na geração de papel e papelão.

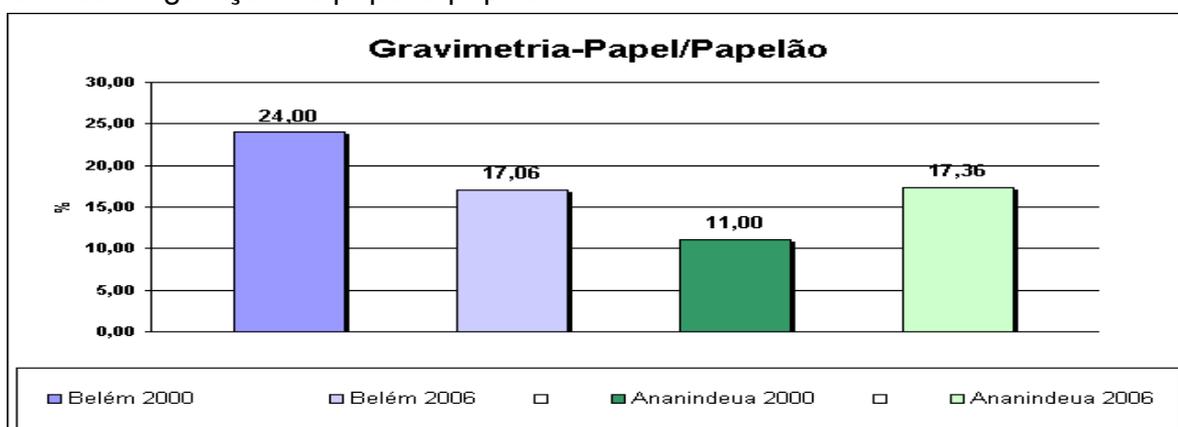


Gráfico 19 – Evolução na geração de papel e papelão.  
Fonte: Carneiro (2000).

Observa-se que em Belém ocorreu um decréscimo provavelmente em função da melhora da coleta seletiva informal aliada a coleta seletiva realizada pela cooperativa de catadores do Aurá.

Observa-se que em Ananindeua ocorreu um crescimento, provavelmente em função da incipiente coleta seletiva informal.

No Gráfico 20 apresenta-se a evolução ocorrida entre os anos de 2000 e 2006, na geração de metal.

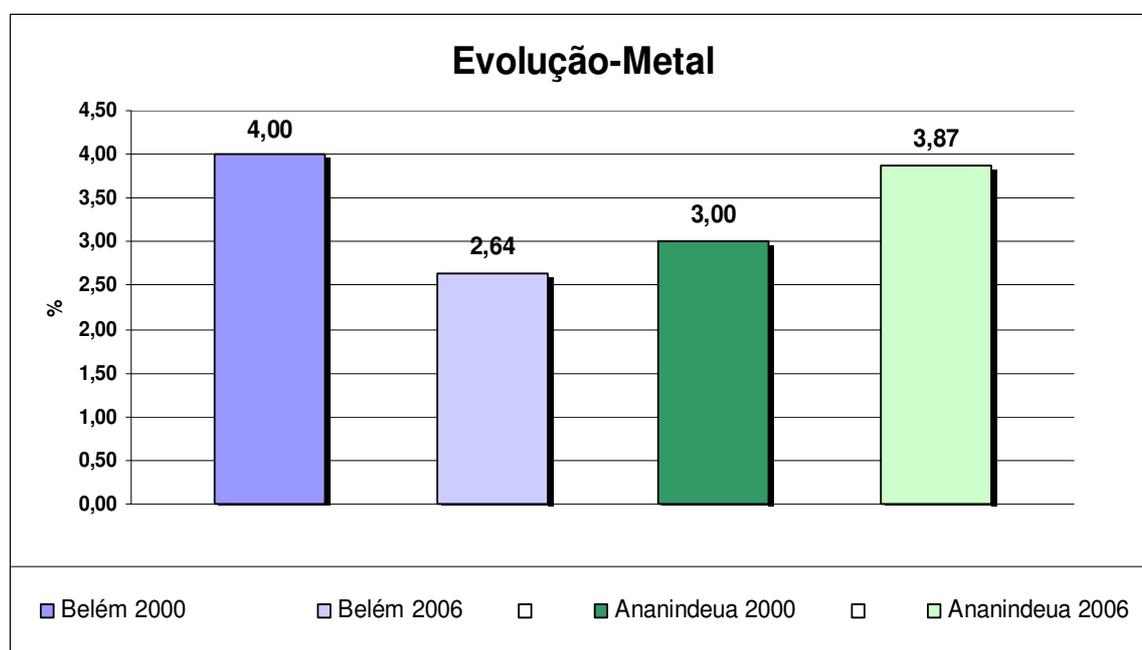


Gráfico 20 – Evolução na geração de metal.  
Fonte: Carneiro (2000).

Observa-se que em Belém ocorreu um decréscimo provavelmente em função da melhora da coleta seletiva informal aliada a coleta seletiva realizada pela cooperativa de catadores do Aurá.

Observa-se que em Ananindeua ocorreu um crescimento, provavelmente em função da incipiente coleta seletiva informal.

No Gráfico 21 apresenta-se a evolução ocorrida entre os anos de 2000 e 2006 na geração de vidro.

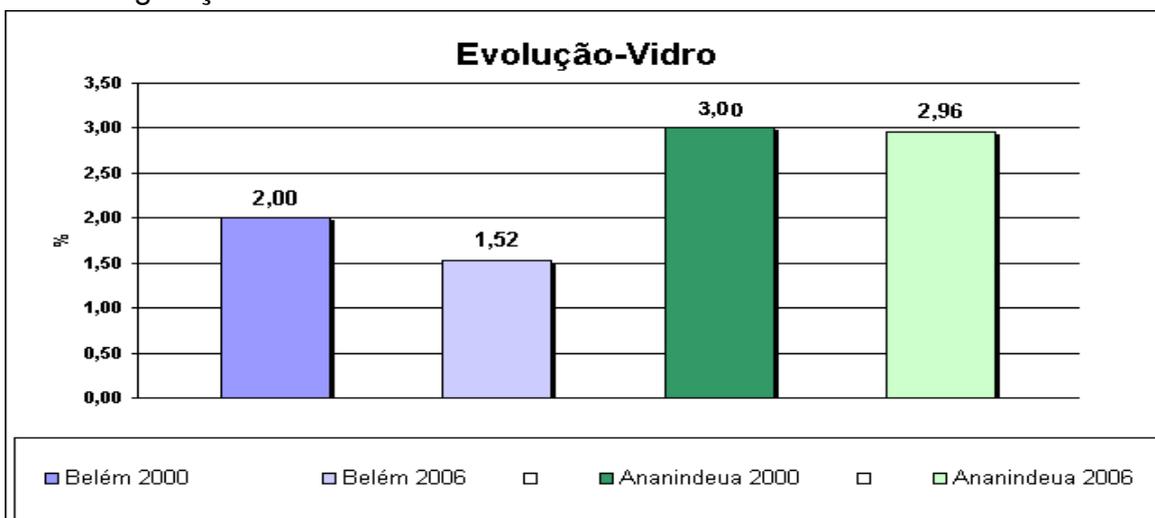


Gráfico 21 – Evolução na geração de vidro.  
Fonte: Carneiro (2000).

Observa-se que em Belém ocorreu um decréscimo muito pequeno provavelmente em função da crescente substituição do vidro pelo plástico.

Observa-se que em Ananindeua praticamente não houve evolução provavelmente em função da crescente substituição do vidro pelo plástico.

No Gráfico 22 apresenta-se a evolução ocorrida entre os anos de 2000 e 2006, na geração da matéria orgânica.

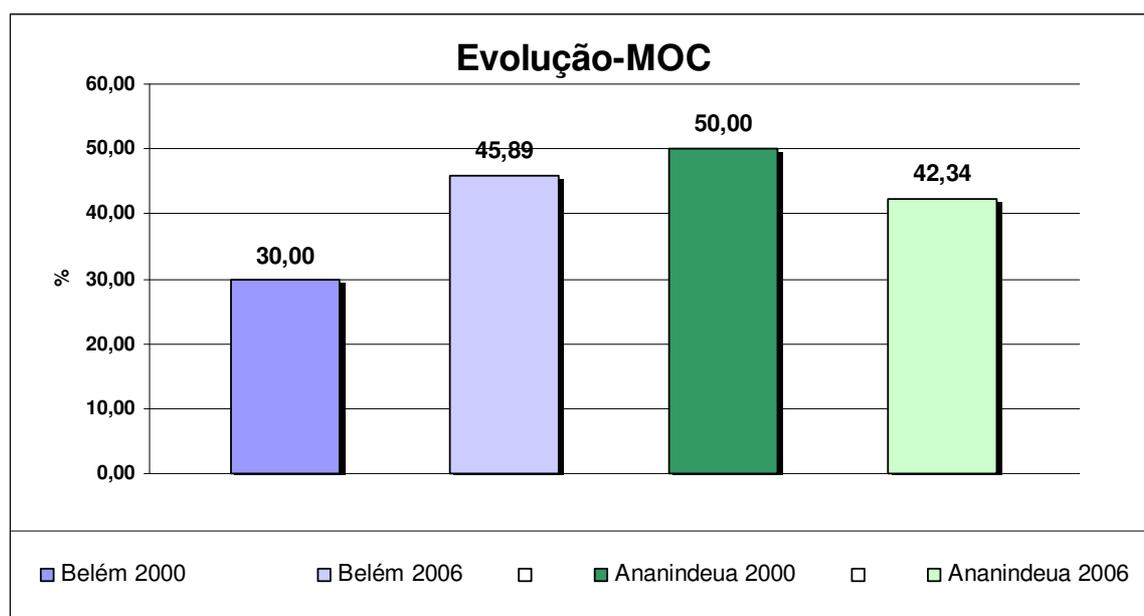


Gráfico 22 – Evolução da geração de MOC.  
Fonte: Carneiro (2000).

Observa-se que em Belém ocorreu um crescimento, provavelmente em função do crescimento da população de baixa renda e também pelo crescimento das áreas de ocupação (invasão).

Observa-se que em Ananindeua houve um decréscimo. É necessário ressaltar que o estudo no ano de 2000 foi feito para matéria orgânica total e em 2006 para matéria orgânica compostável, em função disso não temos condição de determinar qual foi o tipo de matéria orgânica que decresceu.

No Gráfico 23 apresenta-se a evolução ocorrida entre os anos de 2000 e 2006, na geração do componente outros.

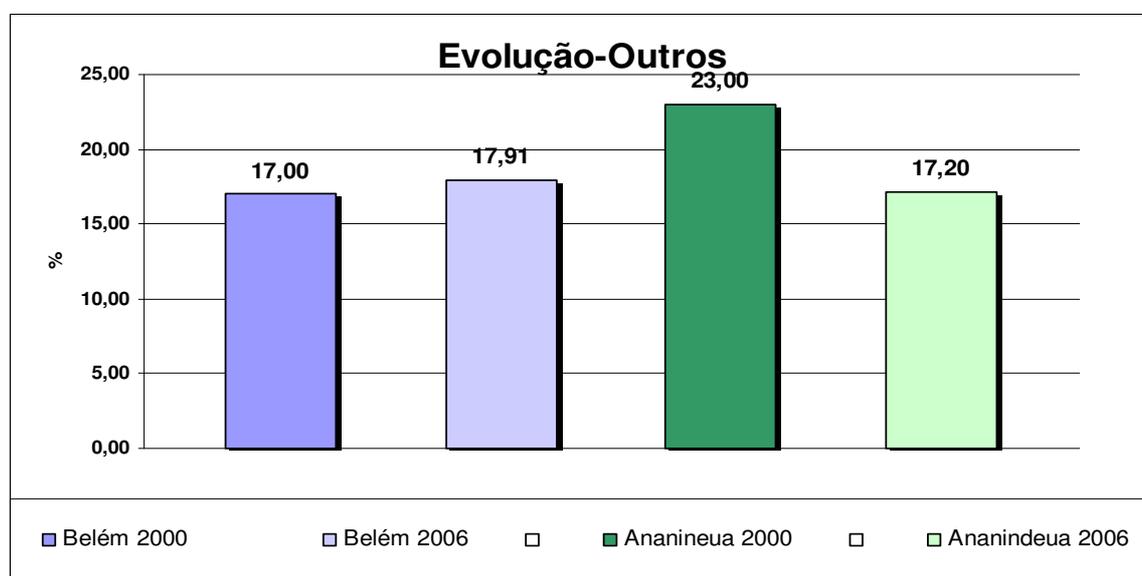


Gráfico 23 – Evolução do componente Outros.  
Fonte: Carneiro (2000).

Observa-se que em Belém ocorreu um pequeno crescimento, provavelmente em função da pouca evolução tecnológica do Município e da crescente geração de componentes como fraldas descartáveis e embalagens longa-vida.

Observa-se que em Ananindeua houve um decréscimo provavelmente em função da incipiente coleta seletiva.

No Gráfico 24 apresenta-se a evolução do peso específico aparente úmido entre os anos de 2000 e 2006.

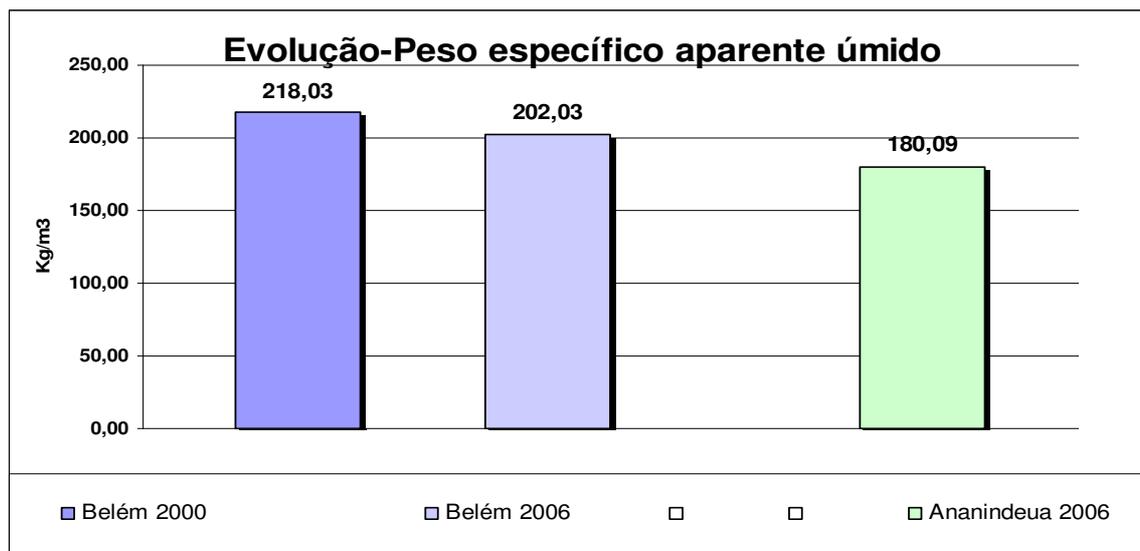


Gráfico 24 – Evolução do peso específico aparente úmido.  
Fonte: Carneiro (2000).

Observa-se que em Belém ocorreu um pequeno decréscimo provavelmente em função da melhoria socioeconômica do Município.

Observa-se que no caso de Ananindeua não podemos comparar, pois não dispomos de valores em anos anteriores. No Gráfico 25 apresenta-se a evolução do peso total ocorrida nos anos de 2000 e 2006.

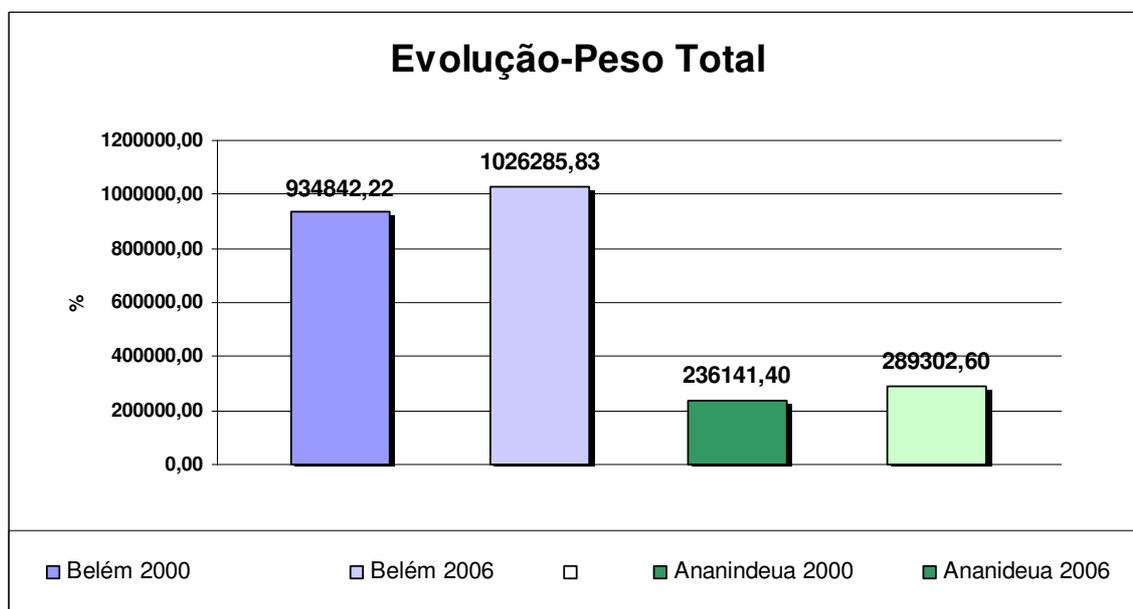


Gráfico 25 – Evolução do peso total.  
Fonte: Carneiro (2000).

Observa-se que tanto em Belém como Ananindeua ocorreu um crescimento em função do aumento da população e do aumento do consumo de bens industrializados. No Gráfico 26 apresenta-se a variação do volume nos anos 2000 e 2006

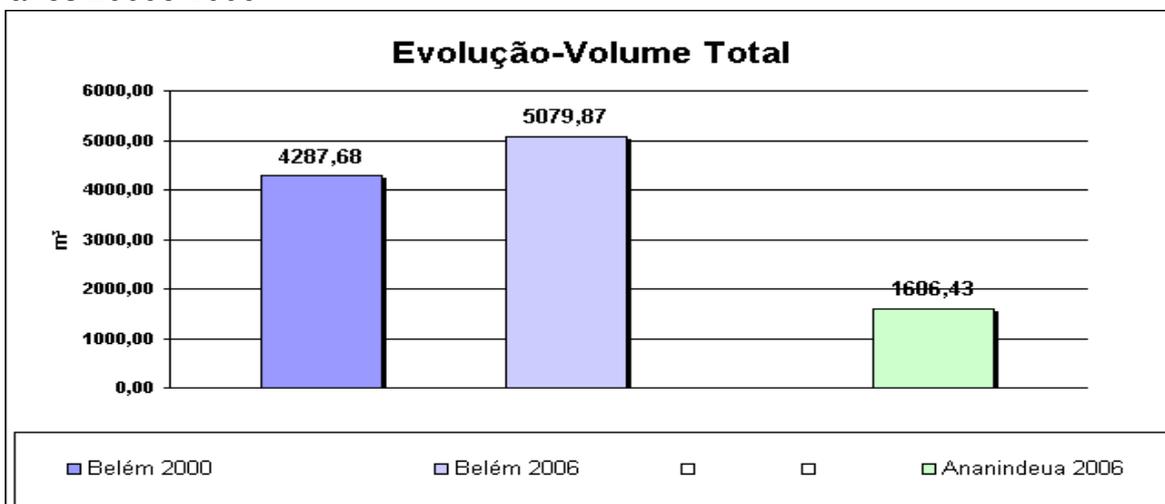


Gráfico 26 – Evolução do Volume Total.  
Fonte: Carneiro (2000).

Observa-se que em Belém o volume cresceu pelos mesmos motivos do crescimento do peso total, já em Ananindeua não temos como comparar, pois não dispomos do volume do ano 2000.

### 5.3 ESTIMATIVA DE CUSTO COM A COLETA CONVENCIONAL DOS RSD

Partindo das amostragens realizadas e dos valores calculados para o total dos RSD gerados já citados na Tabela 57 (página 113) e dos valores em reais para a coleta segundo Lima, J, (2005) e para a reciclagem segundo o Compromisso Empresarial para Reciclagem (2006), estima-se os custos com a coleta convencional para Belém e Ananindeua.

#### 5.3.1 Município de Belém

O cálculo do custo total da coleta convencional para 1.026,29 toneladas de RSD gerados diariamente em Belém é:

$$\text{Custo Total} = \text{Valor Médio/ton} \times \text{Peso Total Gerado}$$

$$\text{Custo Total} = \text{R\$ } 65,08 \times 1.026,29$$

$$\text{Custo Total} = \text{R\$ } 66.790,95 / \text{dia}$$

Utilizando o valor diário encontrado, calculamos o valor mensal igual a R\$ 2.003.728,50 e o valor anual igual a R\$ 24.044.742,00 / ano.

#### 5.3.2 Município de Ananindeua

O cálculo do custo total da coleta convencional para 289,30 toneladas de RSD gerados diariamente em Ananindeua é:

$$\text{Custo Total} = \text{Valor Médio/ton} \times \text{Peso Total Gerado}$$

$$\text{Custo Total} = \text{R\$ } 65,08 \times 289,30$$

$$\text{Custo Total} = \text{R\$ } 18.827,64 / \text{dia}$$

Utilizando o valor diário encontrado, calculamos o valor mensal igual a R\$ 564.829,20 e o valor anual igual a R\$ 6.777.950,40 / ano.

No Esquema 1 apresenta-se a síntese dos custos da coleta convencional em Belém e Ananindeua.

<b>ESTIMATIVA DO CUSTO DA COLETA CONVENCIONAL DOS RSD – SITUAÇÃO ATUAL</b>			
<b>Municípios</b>	<b>R\$ / dia</b>	<b>R\$ / mês</b>	<b>R\$ / ano</b>
<b>Belém</b>	<b>66.790,95</b>	<b>2.003.728,50</b>	<b>24.044.742,00</b>
<b>Ananindeua</b>	<b>18.827,64</b>	<b>564.829,20</b>	<b>6.777.950,40</b>
<b>DESPESA</b>			
<b>R\$ 17,10 / hab. ano Belém</b>		<b>R\$ 14,06 / hab. ano Ananindeua</b>	

Esquema 1 – Síntese dos custos da coleta convencional em Belém e Ananindeua.

## 5.4 ESTIMATIVA DOS VALORES FINANCEIROS QUE PODEM SER AUFERIDOS COM A RECICLAGEM DOS RSD

Partindo das amostragens realizadas e dos valores calculados para o total dos RSD gerados já citados na Tabela 57 (página 113) e tendo como pressuposto que haja reciclagem, pode-se simular custos com a coleta seletiva efetuada por terceiros e com a coleta seletiva efetuada pelo poder público.

### 5.4.1 Valores com 100% de reciclagem

Apresenta-se nas Tabelas 58 e 59 os valores do peso de resíduos com potencial de reciclagem encontrados para Belém e Ananindeua, com índice de reciclagem de 100 % e sua economia em Reais e nas Tabelas 60 e 61, os valores do peso de resíduos com potencial de reciclagem encontrados nas amostras de Belém e Ananindeua, com o índice médio de reciclagem do Brasil.

Tabela 58 – Valor provável com a reciclagem em Belém (Ir = 100%)

COMPONENTES	% * (1)	Peso Gerado ton * (2)	ECONOMIA (R\$) ** (3)	ECONOMIA BELÉM (R\$) (4)=(2) x (3)
PAPEL/PAPELÃO	17,06	175,08	309,43	54.175,00
PLÁSTICO	14,98	153,73	525,71	80.817,39
METAL	2,64	27,09	2954,29	80.031,71
VIDRO	1,52	15,59	100,83	1571,93
MOC	45,89	470,96	0,325	153.062,00
OUTROS	17,91	183,80	-	-
TOTAL DIARIO	100	1.026,29	-	369.658,03
TOTAL MENSAL	-	-	-	11.089.740,90
TOTAL ANUAL				133.076.890,80

Fonte: \*Carneiro (2006); \*\* Compromisso Empresarial para Reciclagem (2006).

Utilizando os valores, em peso, encontrados para cada componente dos RSD da cidade de Belém, juntamente com o valor médio do material reciclado no Brasil, encontramos uma economia provável diária com a reciclagem no valor de R\$ 369.658,03 (trezentos e sessenta e nove mil, seiscentos e cinquenta e oito reais e três centavos), correspondendo a uma economia

mensal de R\$ 11.089.740,90 (onze milhões, oitenta e nove mil, setecentos e quarenta reais e noventa centavos) e anual de R\$ 133.076.890,80 (cento e trinta e três milhões, setenta e seis mil, oitocentos e noventa reais e oitenta centavos).

Tabela 59 - Valor provável com a reciclagem em Ananindeua (Ir=100 %)

COMPONENTES	% * (1)	ton * (2)	ECONOMIA (R\$) ** (3)	ECONOMIA (R\$) (4)= (2) x (3)
PAPEL/PAPELÃO	17,36	50,22	309,43	15.539,57
PLÁSTICO	16,27	47,06	525,71	24.739,91
METAL	3,87	11,19	2.954,29	33.058,50
VIDRO	2,96	8,56	105,83	905,90
MOC	42,34	122,49	0,325	39,80
OUTROS	17,20	49,76	-	-
TOTAL DIARIO	100	289,30	-	74.283,68
TOTAL MENSAL	-	-	-	2.228.510,40
TOTAL ANUAL	-	-	-	26.742.124,80

Fonte: \* Carneiro (2006); \*\* Compromisso Empresarial para Reciclagem (2006)

Utilizando os valores, em peso, encontrados para cada componente dos RSD da cidade de Ananindeua, juntamente com o valor médio do material reciclado no Brasil, encontramos uma economia provável diária com a reciclagem no valor de R\$ 74.283,68 (setenta e quatro mil, duzentos e oitenta e três reais e sessenta e oito centavos), correspondendo a uma economia mensal de R\$ 2.228.510,40 (dois milhões, duzentos e vinte e oito mil, quinhentos e dez reais e quarenta centavos) e anual de R\$ 26.742.124,80 (vinte e seis milhões, setecentos e quarenta e dois mil, cento e vinte e quatro reais e oitenta centavos).

No Esquema 2 apresenta-se a síntese dos custos com 100 % de reciclagem em Belém e Ananindeua.

<b>ESTIMATIVA 100% DE RECICLAGEM</b>			
<b>Municípios</b>	<b>R\$ / dia</b>	<b>R\$ / mês</b>	<b>R\$ / ano</b>
<b>Belém</b>	369.658,03	11.089.740,90	133.076.890,80
<b>Ananindeua</b>	74.283,68	2.228.510,40	26.742.124,80

<b>RECEITA</b>	
+ R\$ 94,66 / hab. ano Belém	+ R\$ 55,46 / hab. ano Ananindeua

Esquema 2 – Síntese dos custos com 100 % de reciclagem em Belém e Ananindeua.

#### 5.4.2 Valores com a média brasileira de reciclagem

Na Tabela 60 apresenta-se o valor provável com a reciclagem em Belém segundo a média brasileira.

Tabela 60 – Valor provável com a reciclagem em Belém (lr= média brasileira)

COMPONENTES	% * (1)	Peso Gerado (ton) * (2)	INDICE DE RECICLAGEM % ** (3)	INDICE ton (4)=(2) x (3)	ECONOMIA (R\$) ** (5)	ECONOMIA BELÉM (R\$) (6)=(4) x (5)
PAPEL/PAPELÃO	17,06	175,08	56,00	98,04	309,43	30.336,52
PLÁSTICO	14,98	153,74	28,50	43,82	525,71	23.036,61
METAL	2,64	27,09	68,00	18,42	2.954,29	54.418,02
VIDRO	1,52	15,60	45,00	7,02	105,83	742,93
MOC	45,89	470,96	2,90	13,66	0,325	4,44
OUTROS	17,91	183,81	-	-	-	-
TOTAL DIÁRIO	100	1.026,28	-	-	-	108.538,52
TOTAL MENSAL	-	-	-	-	-	3.256.155,60
TOTAL ANUAL	-	-	-	-	-	39.073.867,72

Fonte: \* Carneiro (2006); \*\* Compromisso Empresarial para Reciclagem (2006)

Utilizando os valores, em peso, encontrados para cada componente dos RSD da cidade de Belém, juntamente com o índice médio de reciclagem no Brasil e o valor médio do material reciclado no Brasil, encontramos uma economia provável diária com a reciclagem no valor de R\$ 108.538,52 (cento e oito mil, quinhentos e trinta e oito reais e cinquenta e dois centavos), correspondendo a uma economia mensal de R\$ 3.256.155,60 (três milhões, duzentos e cinquenta e seis mil, cento e cinquenta e cinco reais e sessenta centavos) e anual de R\$ 39.073.867,72 (trinta e nove milhões, setenta e três mil, oitocentos e sessenta e sete reais e setenta e dois centavos). Na Tabela 61 apresenta-se o valor provável com a reciclagem em Ananindeua segundo a média brasileira.

Tabela 61 - Valor provável com a reciclagem em Ananindeua (I= média brasileira)

COMPONENTE	% * (1)	Peso Gerado ton* (2)	INDICE DE RECIC. % ** (3)	INDICE ton (4)= (2) x (3)	ECONOMIA (R\$) ** (5)	ECONOMIA BELÈM (R\$) (6)= (4) x (5)
PAPÉL/PAPE LÃO	17,36	50,22	56,00	28,12	309,43	8.701,17
PLÁSTICO	16,27	47,07	28,50	13,41	525,71	7.049,77
METAL	3,87	11,20	68,00	7,62	2.954,29	22.511,69
VIDRO	2,96	8,56	45,00	3,85	105,83	407,45
MOC	42,34	122,49	2,90	3,55	0,325	1,15
OUTROS	17,20	49,76	-	-	-	-
TOTAL DIÁRIO	100	289,30	-	-	-	38.671,23
TOTAL MENSAL	-	-	-	-	-	1.160.136,90
TOTAL ANUAL	-	-	-	-	-	13.921.642,80

Fonte: \* Carneiro (2006); \*\* Compromisso Empresarial para reciclagem (2006).

Utilizando os valores, em peso, encontrados para cada componente dos RSD da cidade de Ananindeua, juntamente com o índice médio de reciclagem no Brasil e o valor médio do material reciclado no Brasil, encontramos uma economia provável diária com a reciclagem no valor de R\$ 38.671,23 (trinta e oito mil, seiscentos e setenta e um reais e vinte e três centavos), correspondendo a uma economia mensal de R\$ 1.160.136,90 (um milhão, cento e sessenta mil, cento e trinta e seis reais e noventa centavos) e anual de R\$ 13.921.642,80 (treze milhões, novecentos e vinte e um mil, seiscentos e quarenta e dois reais e oitenta centavos).

No Esquema 3 apresenta-se a síntese dos custos com reciclagem média em Belém e Ananindeua.

<b>ESTIMATIVA % MÉDIO DE RECICLAGEM NO BRASIL</b>			
56% papel e papelão, 28,50% plástico, 68,0% metal, 45,0% vidro, 2,90% MOC (CEMPRE, 2006)			
<b>Municípios</b>	<b>R\$ / dia</b>	<b>R\$ / mês</b>	<b>R\$ / ano</b>
<b>Belém</b>	108.538,52	3.256.155,60	39.073.867,20
<b>Ananindeua</b>	38.671,23	1.160.136,90	13.921.642,80
<b>RECEITA</b>			
+ R\$ 27,79 / hab. ano Belém		+ R\$ 28,87 / hab. ano Ananindeua	

Esquema 3 – Síntese dos custos com reciclagem média em Belém e Ananindeua. .

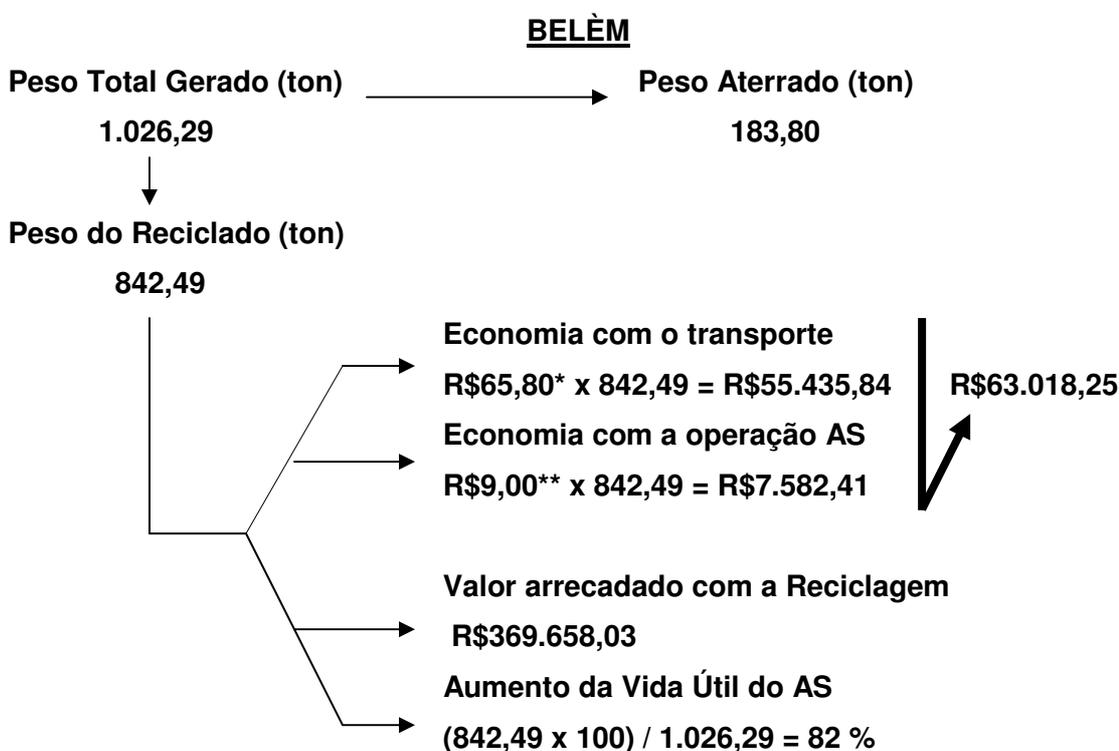
## 5.5 ESTIMATIVA DOS VALORES FINANCEIROS COM A COLETA SELETIVA E RECICLAGEM REALIZADAS POR TERCEIROS

Neste item, apresenta-se a estimativa de retorno financeiro com a reciclagem de RSD nos municípios de Belém e Ananindeua, partindo de uma coleta seletiva na própria fonte, sem que haja transporte dos RSD pelo poder público. Para uma melhor compreensão simulamos dois casos: Caso 1 baseado na eficiência de 100 % de reciclagem e Caso 2 baseado nos índices de eficiência média no Brasil, segundo o Compromisso Empresarial para Reciclagem (2006).

### 5.5.1 Caso 1: Valores com índice de reciclagem de 100 %

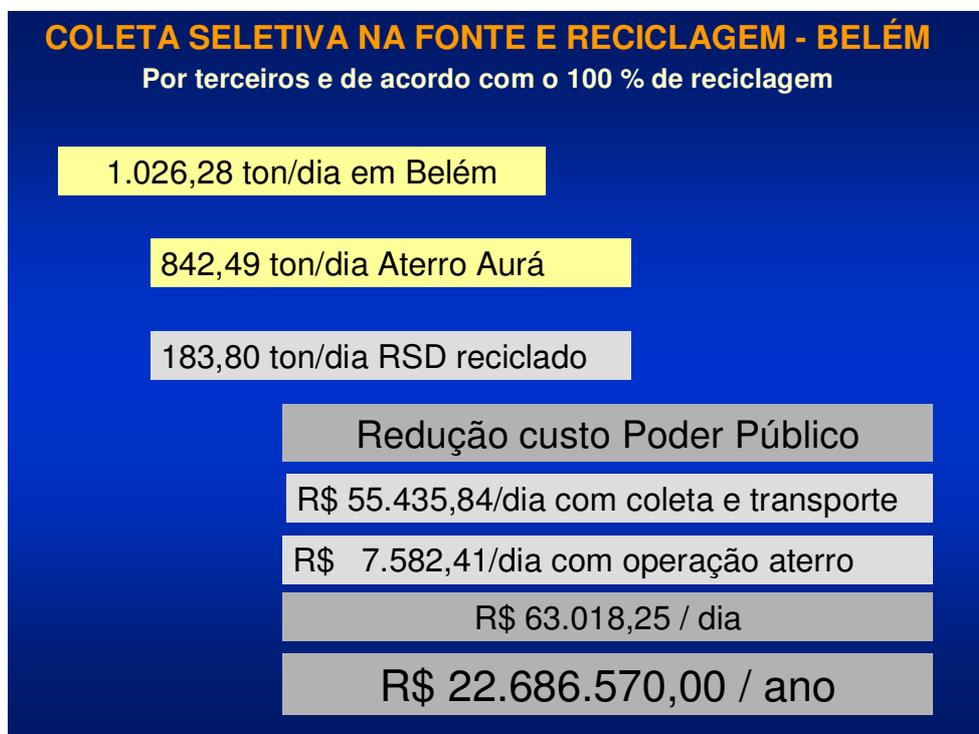
Considerando uma eficiência de 100 % na reciclagem dos componentes dos RSD, chegamos aos seguintes valores agregados na reciclagem de Belém, conforme mostrado no Esquema 4.

A simulação a seguir é feita utilizando valores por tonelada de RSD da operação de aterro sanitário (AS), segundo Lima (2005) e de coleta e transporte por tonelada de RSD segundo o Compromisso Empresarial para Reciclagem (2006).



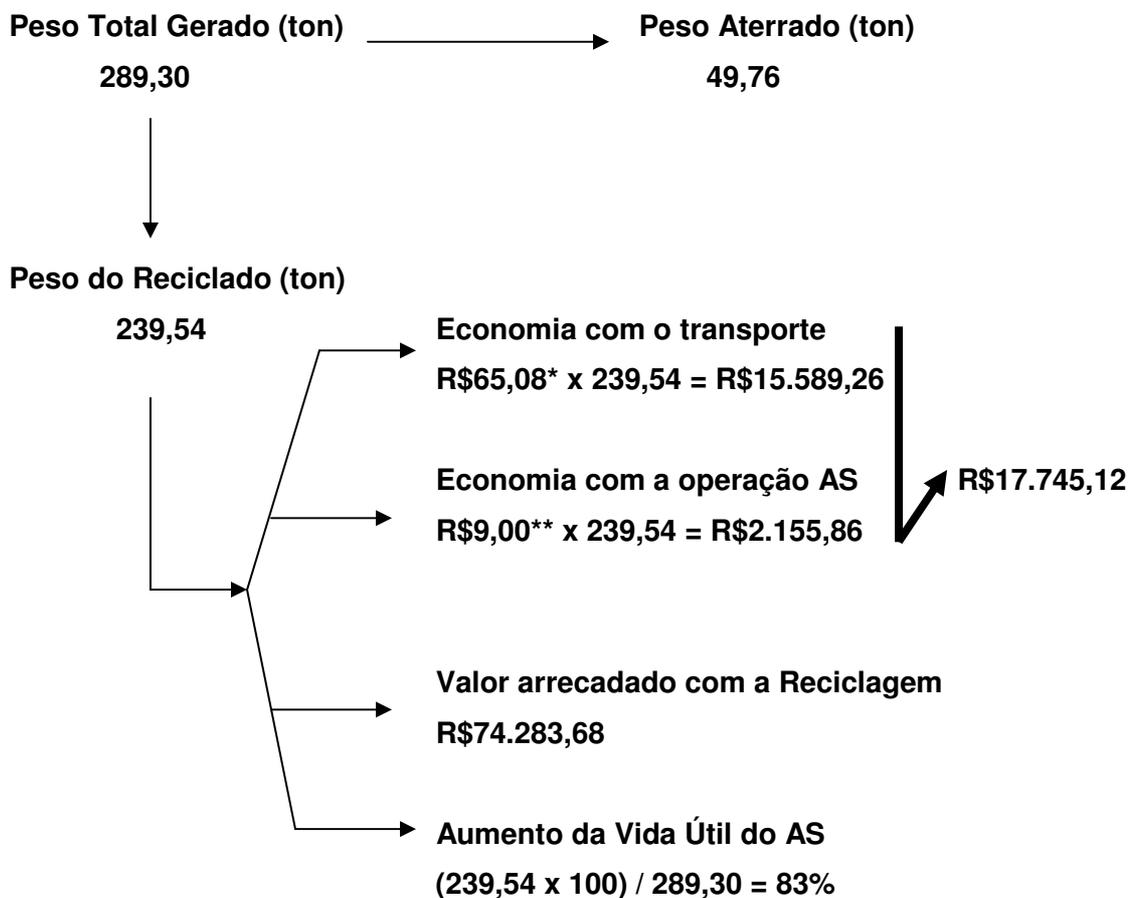
Esquema 4 – Valores diários auferidos em Belém (Ir =100 %).  
 Fonte: \* Carneiro (2006); \*\* Compromisso Empresarial para Reciclagem.

No esquema 5 apresenta-se a síntese dos custos da coleta seletiva na fonte por terceiros e 100 % de reciclagem em Belém.



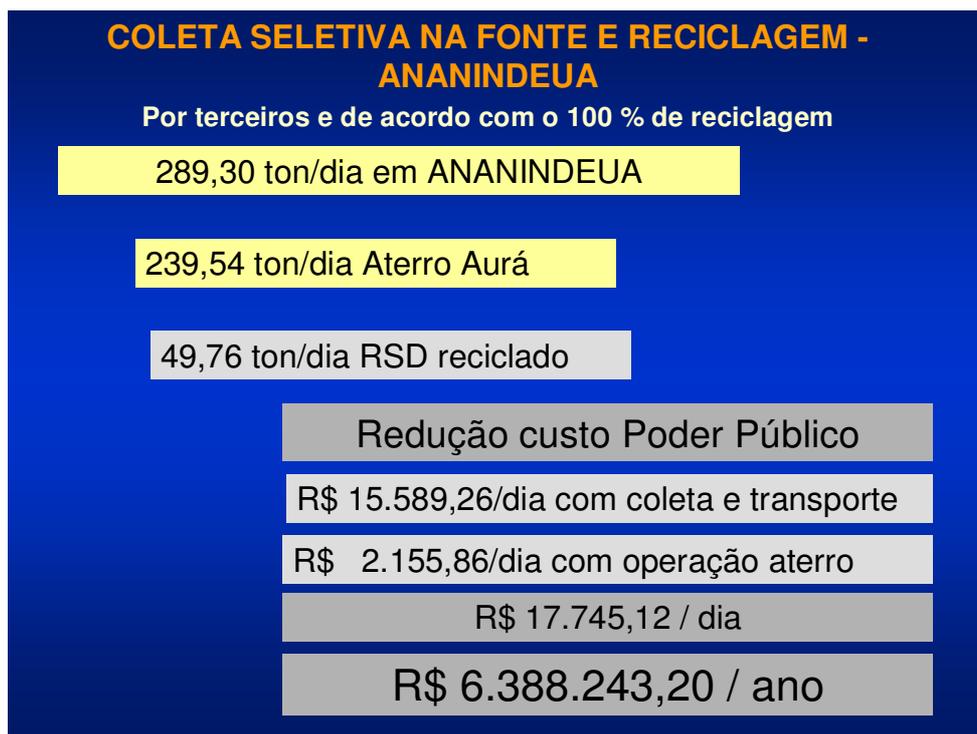
Esquema 5 – Síntese dos custos da coleta seletiva na fonte por terceiros e 100 % de reciclagem em Belém.

Considerando uma eficiência de 100 % na reciclagem dos componentes dos RSD, chegamos aos seguintes valores agregados na reciclagem de Ananindeua , conforme mostrado no Esquema 6.

**ANANINDEUA**

Esquema 6 – Valores diários auferidos em Ananindeua (Ir = 100 %).  
 Fonte: \* Carneiro (2006); \*\* Compromisso Empresarial para Reciclagem.

No Esquema 7 apresenta-se a síntese dos custos da coleta seletiva na fonte por terceiros e 100 % de reciclagem no município de Ananindeua.



Esquema 7 – Síntese dos custos da coleta seletiva na fonte pr terceiros e 100 % de reciclagem em Ananindeua.

Na Tabela 62 apresenta-se a síntese dos valores de Belém e Ananindeua para efeito comparativo

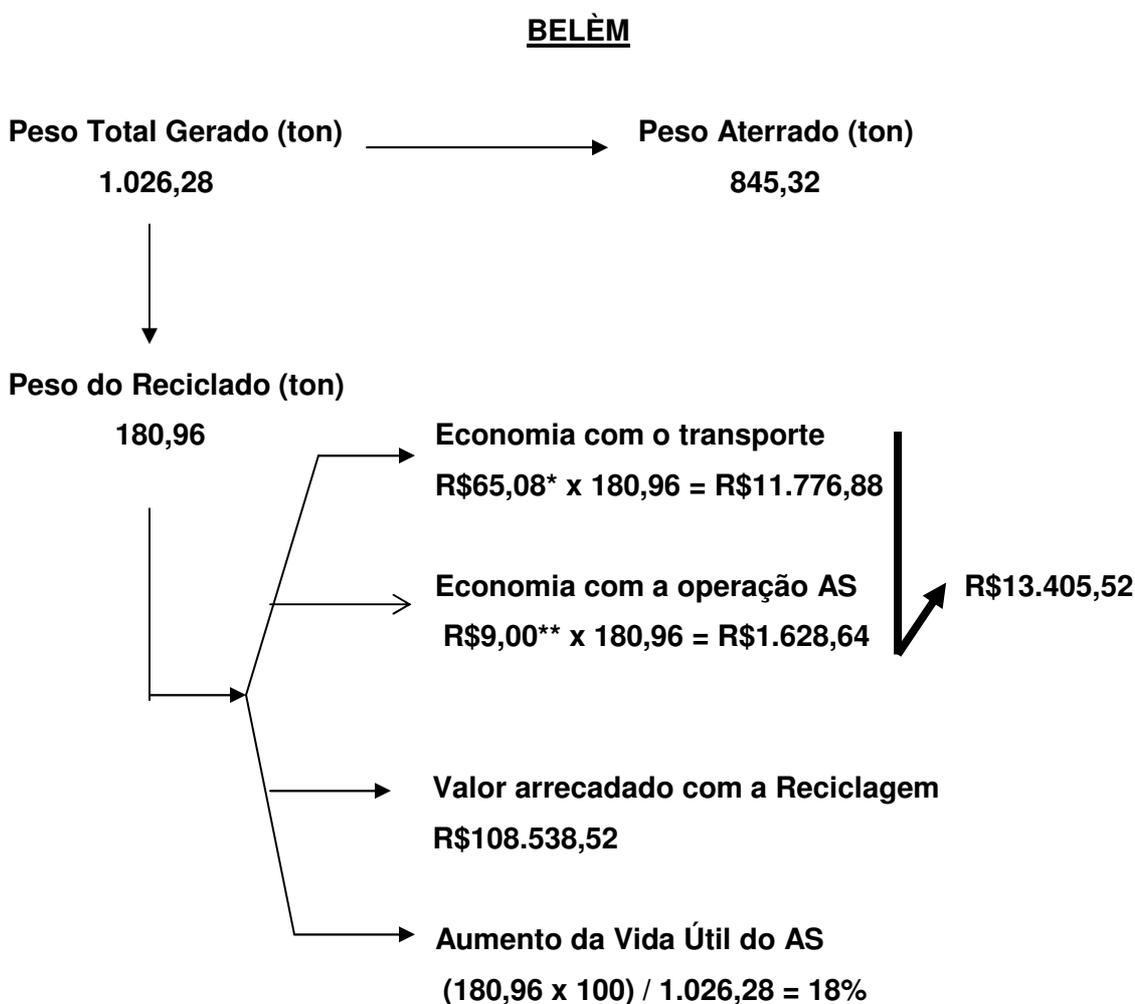
Tabela 62 – Comparativo entre Belém e Ananindeua (Ir = 100%)

MUNICIPIOS	Economia com Coleta e Transporte (R\$)	Economia com a operação de AS (R\$)	Valor arrecadado com a reciclagem (R\$)
BELÉM	55.435,84	7.582,41	369.658,03
ANANINDEUA	15.589,26	2.155,86	74.283,68

### 5.5.2 Caso 2: Valores com índice de reciclagem igual a média brasileira

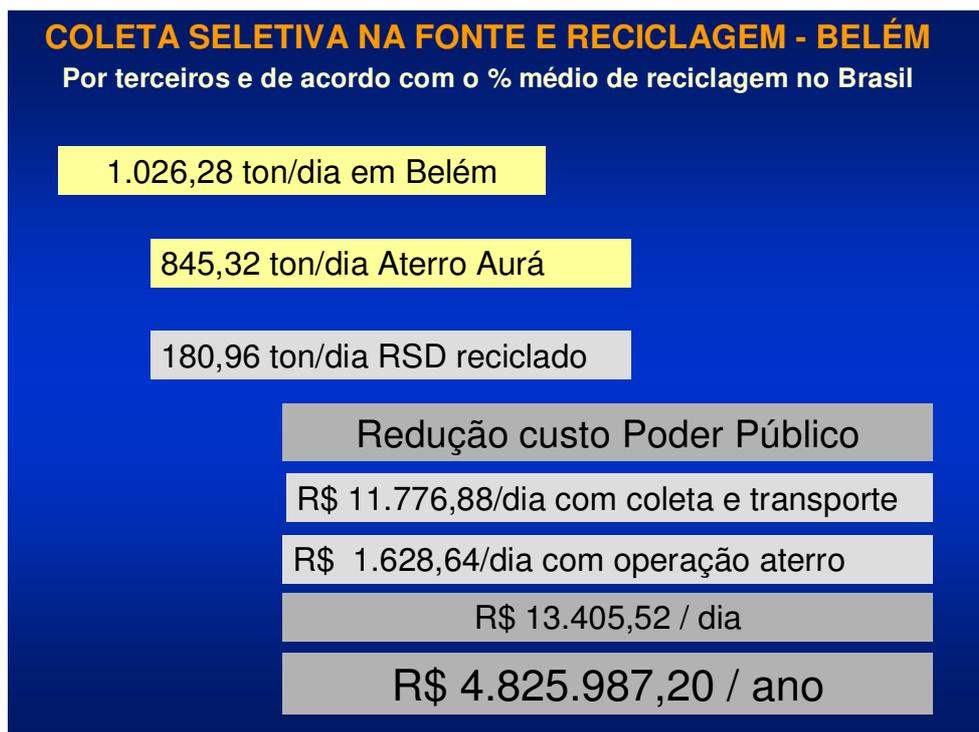
Considerando a eficiência média no Brasil, segundo o Compromisso Empresarial para Reciclagem (2006), na reciclagem dos componentes dos RSD, chegamos aos seguintes valores agregados na reciclagem de Belém conforme mostrado no Esquema 8.

A simulação a seguir é feita utilizando valores por tonelada de RSD da operação de AS segundo Lima (2005) e de coleta e transporte por tonelada de RSD, segundo Compromisso Empresarial para Reciclagem (2006).



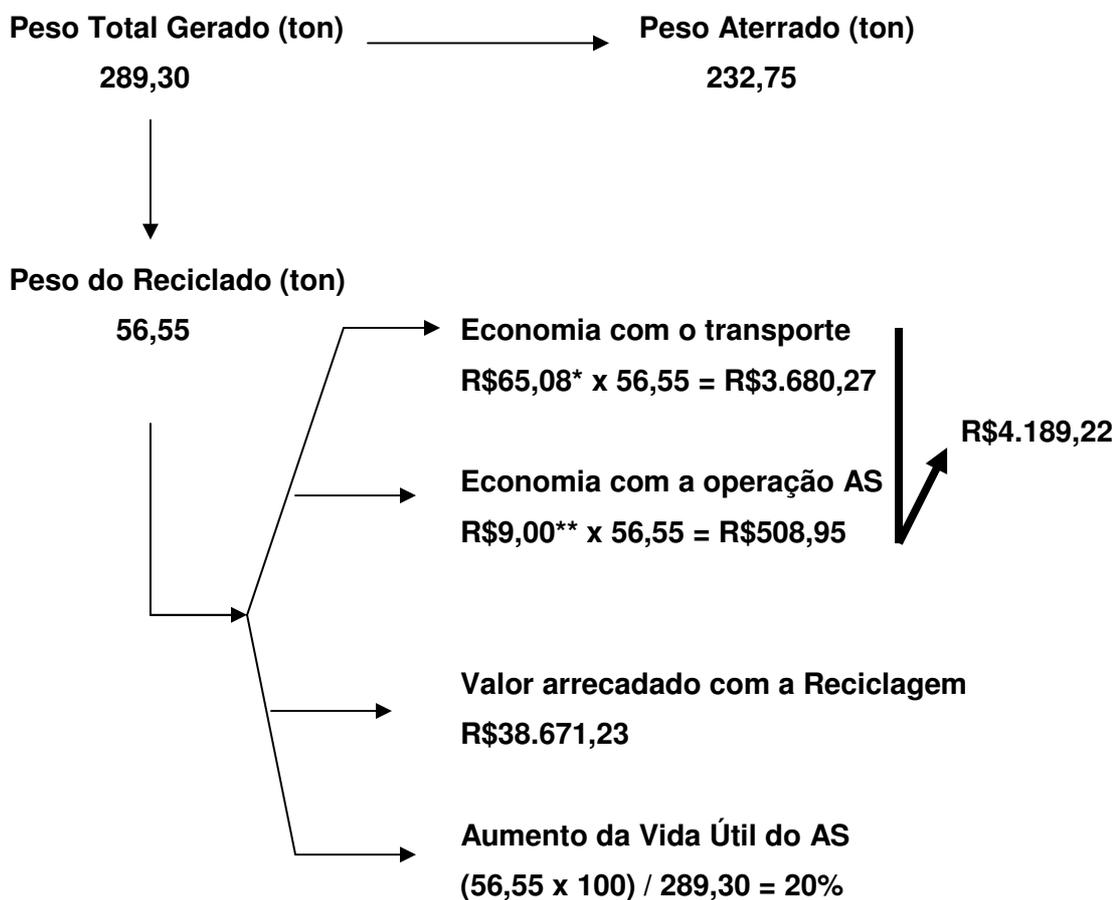
Esquema 8 – Valores diários auferidos em Belém (lr = média brasileira).  
Fonte: \* Carneiro (2006); \*\* Compromisso Empresarial para Reciclagem.

No Esquema 9 apresenta-se a síntese dos custos da coleta seletiva na fonte por terceiros e reciclagem média no município de Belém.



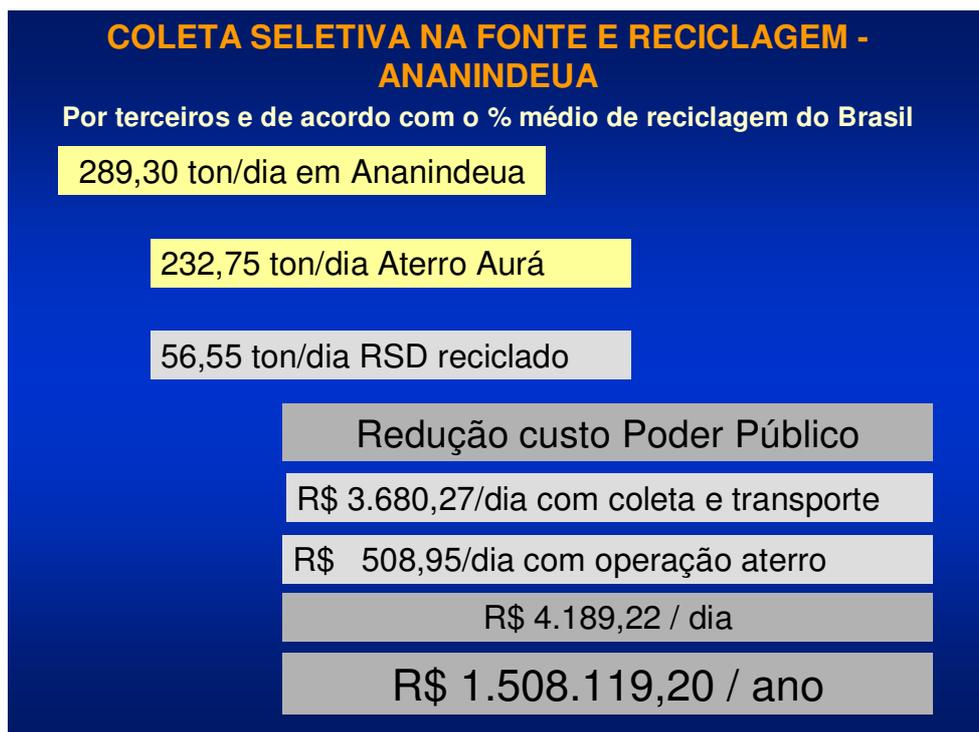
Esquema 9 – Síntese dos custos da coleta seletiva na fonte por terceiros e reciclagem média em Belém.

Considerando a eficiência média no Brasil, segundo o Compromisso Empresarial para Reciclagem (2006), na reciclagem dos componentes dos RSD, chegamos aos seguintes valores agregados na reciclagem de Ananindeua conforme mostrado no Esquema 10

**ANANINDEUA**

Esquema 10 – Valores diários auferidos em Ananindeua (Ir = média brasileira)  
 Fonte: \* Carneiro (2006); \*\* Compromisso Empresarial para Reciclagem

No Esquema 11 apresenta-se a síntese dos custos da coleta seletiva na fonte por terceiros e reciclagem média no município de Ananindeua.



Esquema 11 – Síntese dos custos da coleta seletiva na fonte por terceiros e reciclagem média em Ananindeua.

Na Tabela 63 apresentamos o resumo dos valores de Belém e Ananindeua para efeito comparativo.

Tabela 63 – Comparativo entre Belém e Ananindeua (Ir = média brasileira)

MUNICÍPIOS	Economia com Coleta e Transporte (R\$)	Economia com a operação de AS (R\$)	Valor arrecadado com a reciclagem (R\$)
BELÉM	11.176,88	1.628,64	108.538,52
ANANINDEUA	3.680,27	508,95	38.671,23

## 5.6 ESTIMATIVA DOS VALORES FINANCEIROS COM A COLETA SELETIVA E RECICLAGEM REALIZADAS PELO PODER PÚBLICO

Neste item, apresenta-se a estimativa de retorno financeiro com a reciclagem de RSD nos municípios de Belém e Ananindeua, partindo de uma coleta seletiva na própria fonte realizada pelo poder público. Para uma melhor compreensão simulamos dois casos: Caso 1 baseado na eficiência de 100 % de reciclagem e Caso 2 baseado nos índices de eficiência média no Brasil, segundo Compromisso Empresarial para Reciclagem (2006).

### 5.6.1 Caso 1: Valores com índice de reciclagem de 100 %

Considerando uma eficiência de 100 % na reciclagem dos componentes dos RSD, chegamos aos seguintes valores agregados na reciclagem de Belém conforme mostrado no Esquema 12.

A simulação a seguir é feita utilizando valores por tonelada de RSD da operação de AS, segundo Lima (2005), e de coleta e transporte por tonelada de RSD, segundo o Compromisso Empresarial para Reciclagem (2006).

#### Belém

**Peso Total Gerado (ton)**

1.026,29



**Custo da Coleta Seletiva pelo poder público**

**R\$ 329,00 x 1.026,29 = R\$ 337.649,41**



**Valor arrecadado com a reciclagem**  
**R\$ 369.658,03**

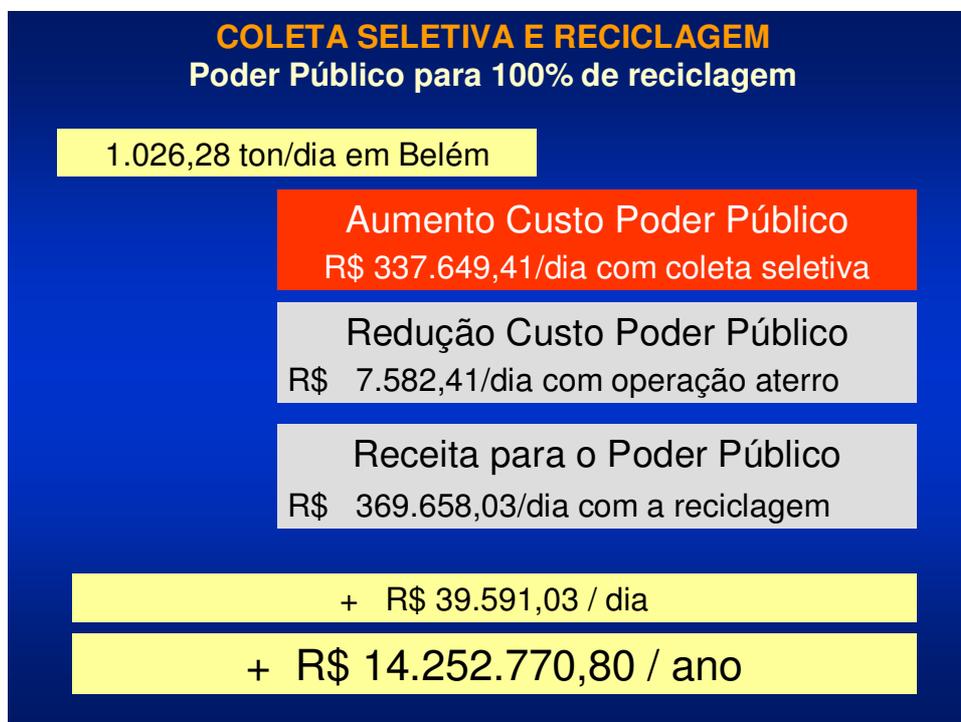
**Economia com operação do AS**  
**R\$ 9,00 x 842,49 = R\$ 7.582,41**

**Economia final**  
**R\$ 369.658,03 + R\$ 7.582,41 – R\$ 337.649,41**  
**R\$ 39.591,03 POSITIVO**

Esquema 12 – Valores diários auferidos em Belém (Ir=100 %).

Fonte: \* Carneiro (2006); \*\* Compromisso Empresarial para Reciclagem.

No Esquema 13 apresenta-se a síntese dos custos da coleta seletiva na fonte pelo poder público com 100 % de reciclagem no município de Belém.



Esquema 13 – Síntese dos custos da coleta seletiva na fonte pelo poder público com 100 % de reciclagem em Belém.

Considerando uma eficiência de 100 % na reciclagem dos componentes dos RSD, chegamos aos seguintes valores agregados na reciclagem de Ananindeua conforme mostrado no Esquema 14.

## Ananindeua

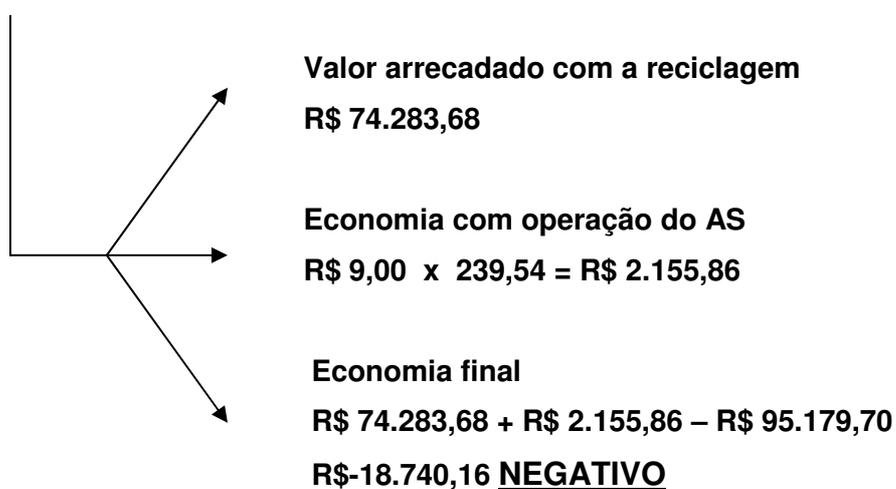
**Peso Total Gerado (ton)**

**289,30**



**Custo da Coleta Seletiva pelo poder público**

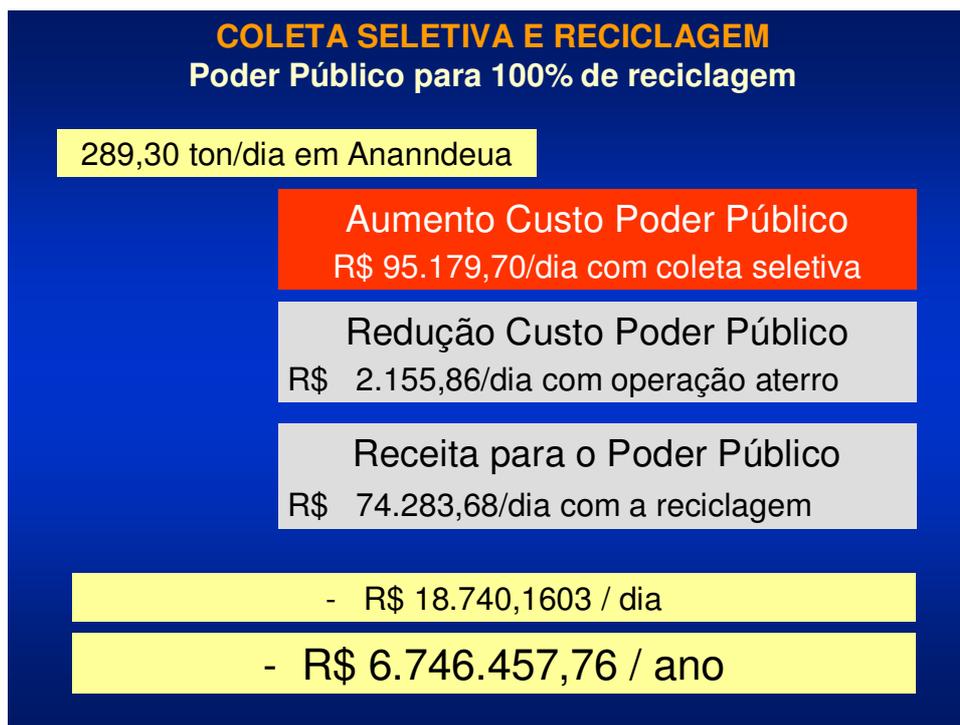
**R\$ 329,00 x 289,30 = R\$ 95.179,70**



Esquema 14 – Valores diários auferidos em Ananindeua (I<sub>r</sub>=100%).

Fonte: \* Carneiro (2006); \*\* Compromisso Empresarial para Reciclagem.

No Esquema 15 apresenta-se a síntese dos custos da coleta seletiva na fonte pelo poder público com 100 % de reciclagem no município de Ananindeua.



Esquema 15 – Síntese dos custos da coleta seletiva na fonte pelo poder público com 100 % de reciclagem em Ananindeua.

Na Tabela 64 apresentamos o resumo dos valores de Belém e Ananindeua para efeito comparativo.

Tabela 64 – Comparativo entre Belém e Ananindeua (Ir = 100%)

MUNICÍPIOS	Valor agregado com a Reciclagem a	Economia com a operação do Aterro (R\$) B	Custo da Coleta Seletiva (R\$) c	Economia Final (R\$) a+b-c
BELÉM	369.658,03	7.582,41	337.649,41	(+) 39.591,03
ANANINDEUA	74.282,68	2.155,86	95.179,70	(-) 18.740,16

### 5.6.2 Caso 2: Valores com índice de reciclagem igual a média brasileira

Considerando uma eficiência de reciclagem igual a média brasileira nos componentes dos RSD, chegamos aos seguintes valores agregados na reciclagem de Belém conforme mostrado no Esquemas 16.

A simulação a seguir é feita utilizando valores por tonelada de RSD da operação de AS segundo Lima (2005) e de coleta e transporte por tonelada de RSD, segundo o Compromisso Empresarial para Reciclagem (2006).

#### Belém

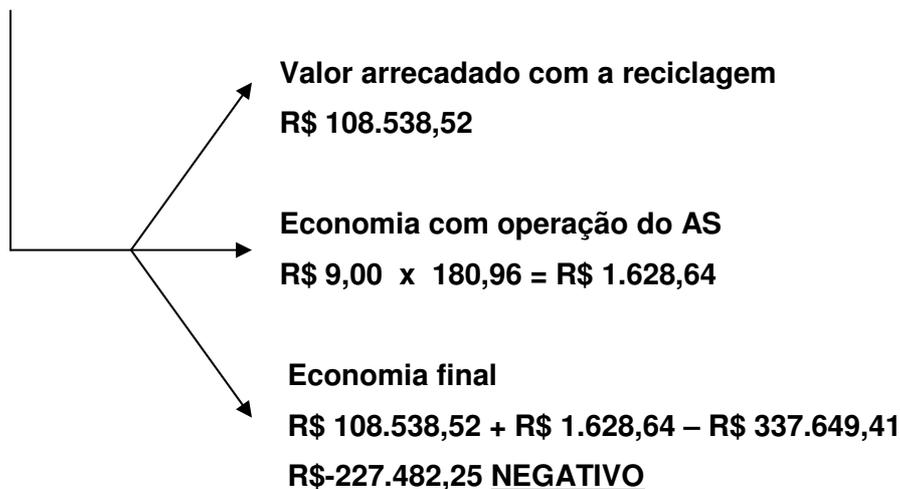
**Peso Total Gerado (ton)**

1.026,29



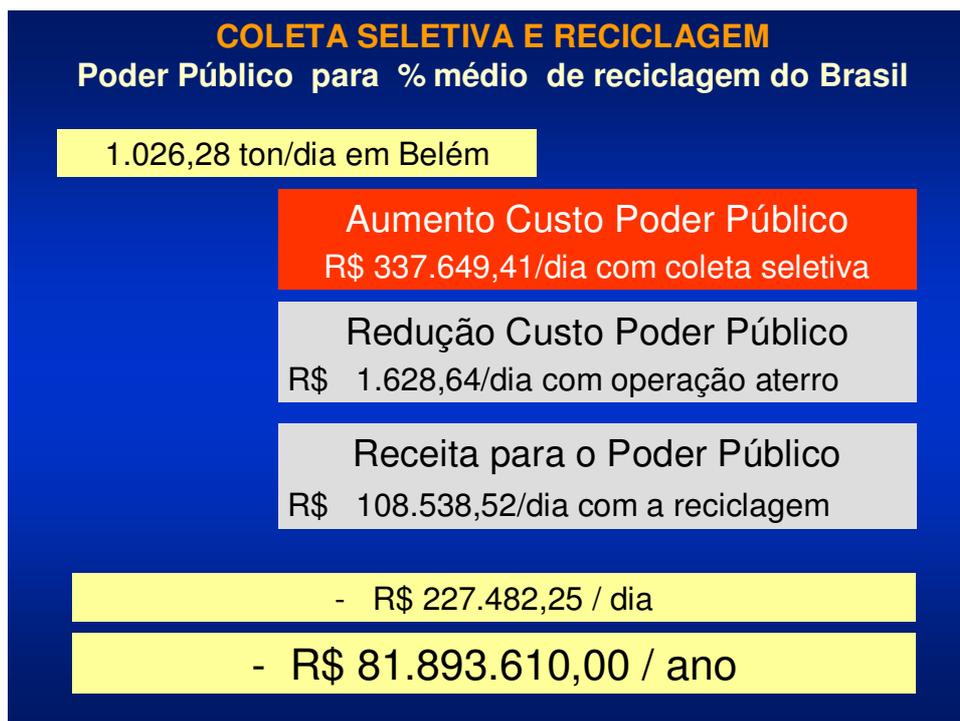
**Custo da Coleta Seletiva pelo poder público**

**R\$ 329,00 x 1.026,29 = R\$ 337.649,41**



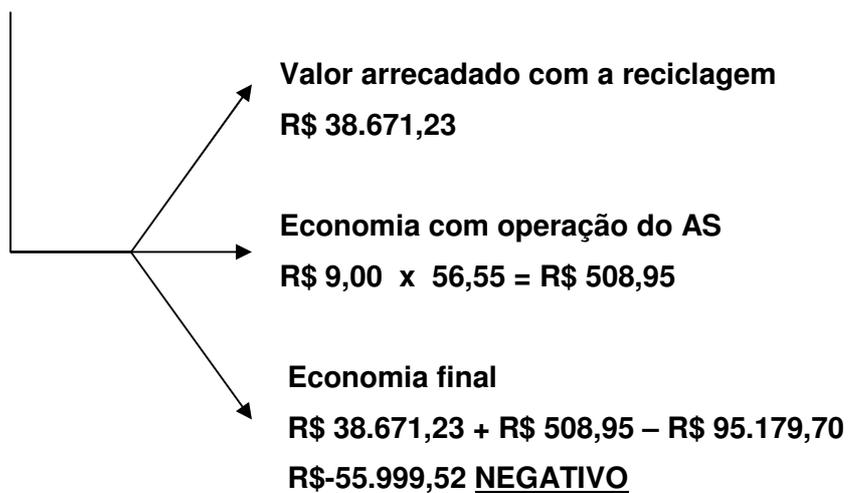
Esquema 16 – Valores diários auferidos em Belém (I= média brasileira).  
Fonte: \* Carneiro (2006); \*\* Compromisso Empresarial para Reciclagem.

No Esquema 17 apresenta-se a síntese dos custos da coleta seletiva na fonte pelo poder público com reciclagem media no município de Belém.



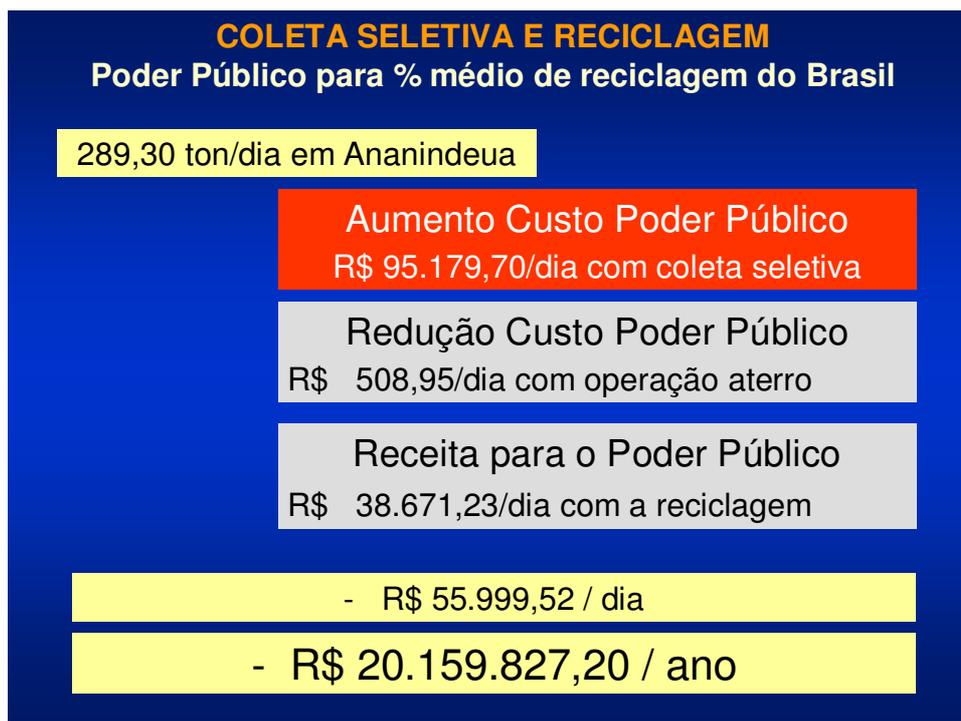
Esquema 17 – Síntese dos custos da coleta seletiva na fonte pelo poder público com reciclagem média em Belém.

Considerando uma eficiência de reciclagem igual a média brasileira nos componentes dos RSD, chegamos aos seguintes valores agregados na reciclagem de Ananindeua conforme mostrado no Esquemas 18.

**ANANINDEUA****Peso Total Gerado (ton)****289,30****Custo da Coleta Seletiva pelo poder público****R\$ 329,00 x 289,30 = R\$ 95.179,70**

Esquema 18 – Valores diários auferidos em Ananindeua (lr= média braileira).  
Fonte: \* Carneiro (2006); \*\* Compromisso Empresarial para Reciclagem.

No Esquema 19 apresenta-se a síntese dos custos da coleta seletiva na fonte pelo poder público com reciclagem média no município de Ananindeua.



Esquema 19 – Síntese dos custos da coleta seletiva na fonte pelo poder público com reciclagem média em Ananindeua.

Na Tabela 65 apresentamos o resumo dos valores de Belém e Ananindeua para efeito comparativo.

Tabela 65 – Comparativo entre Belém e Ananindeua (lr = média brasileira)

MUNICÍPIOS	Valor agregado com a Reciclagem a	Economia com a operação do Aterro (R\$) b	Custo da Coleta Seletiva (R\$) c	Economia Final (R\$) a+b-c
BELÉM	108.538,52	1.628,64	337.649,41	(-) 227.482,25
ANANINDEUA	38.671,23	508,95	95.179,70	(-) 55.999,52

## 5.7 ANÁLISE COMPARATIVA FINAL DOS CUSTOS PARA A COLETA DOS RSD EM BELÉM E ANANINDEUA

A partir dos dados levantados pode-se simular a redução ou não dos custos com a utilização da reciclagem de diversos componentes presentes nos RSD de Belém e Ananindeua, resultando nos seguintes valores agregados apresentados na Tabela 66.

Tabela 66 - Comparativo dos valores em reais em cada cenário estudado.

(continua)

VALOR EM R\$	TOTAL DIÁRIO	TOTAL MENSAL	TOTAL ANUAL
Custo da coleta convencional em Belém	66.790,95	2.003.728,50	24.044.742,00
Custo da coleta convencional em Ananindeua	18.827,64	564.829,20	6.777.950,40
Auferido com 100 % de reciclagem em Belém	369.658,03	11.089.740,90	133.076.890,80
Auferido com 100 % de reciclagem em Ananindeua	74.283,68	2.228.510,40	26.742.124,80
Auferido com a média brasileira de reciclagem em Belém	108.538,52	3.256.155,60	39.073.867,20
Auferido com a média brasileira de reciclagem em Ananindeua	38.671,23	1.160.136,90	13.921.642,80
Economia com coleta seletiva por terceiros com 100 % de reciclagem em Belém	63.018,25	1.890.547,50	22.686.570,00
Economia com coleta seletiva por terceiros com 100 % de reciclagem em Ananindeua	17.745,12	532.353,60	6.388.243,20

(continua)

Economia com coleta seletiva por terceiros com reciclagem igual a média brasileira Belém	13.405,52	402.165,00	4.825.987,20
Economia com coleta seletiva por terceiros com reciclagem igual a média brasileira em Ananindeua	4.189,22	125.676,60	1.508.119,20
Economia com coleta seletiva pelo poder público com 100 % de reciclagem em Belém	39.591,03	1.187.730,90	14.252.770,80
Custo adicional com coleta seletiva pelo poder público com 100 % de reciclagem em Ananindeua	18.740,16	562.204,80	6.746457,60
Custo adicional com coleta seletiva pelo poder público com reciclagem igual a média brasileira em Belém	227.482,25	6.824.467,50	81.893.610,00

Com os cenários apresentados anteriormente observa-se que o tempo de utilização das áreas de aterros para os municípios de Belém e Ananindeua serão aumentados (aumento de vida útil), segundo a Tabela 67.

Tabela 67 – Aumento da vida útil dos aterros sanitários em função dos vários cenários estudados.

Aumento da vida útil	%
Aterro Sanitário de Belém com coleta seletiva com reciclagem de 100 %	82
Aterro Sanitário de Ananindeua com coleta seletiva com reciclagem de 100 %	83
Aterro Sanitário de Belém com coleta seletiva com reciclagem igual a média brasileira	18
Aterro Sanitário de Ananindeua com coleta seletiva com reciclagem igual média brasileira	20

Os valores encontrados mostram a viabilidade econômica apenas nos seguintes cenários estudados, pois são os únicos em que registra-se economia no sistema:

- a) custo com coleta seletiva em Belém e Ananindeua feita por terceiros com índice de reciclagem igual a 100 %;
- b) custo com coleta seletiva em Belém e Ananindeua feita por terceiros com índice de reciclagem igual a média brasileira;
- c) custo com coleta seletiva em Belém feita pelo poder público com índice de reciclagem igual a 100 %.

## 6 CONCLUSÃO

Com base nos resultados obtidos na pesquisa, foi observado um incremento na produção de plásticos, mesmo levando-se em conta que existe em Belém uma cooperativa de catadores e catadores autônomos que recolhem esse material antes que o mesmo chegue ao local de destino final, o que leva a conclusão de que ainda não existe a real valorização desse material como elemento reciclável.

Também se observa que o valor percentual de papel e papelão, continua alto, o que significa que apesar de já existir um certo desenvolvimento no processo de reciclagem, ainda há um grande desperdício desses componentes, podendo, neste caso, haver uma ampliação do seu comércio.

Assim, sugere-se a elaboração de projetos que incentivem o reaproveitamento desses materiais de grande potencial econômico, através da implantação gradual da coleta seletiva na fonte e parceria com industriais de recicláveis.

Outro dado importante, e que deve ser considerado, é um excelente percentual de matéria orgânica putrescível encontrado em todos os roteiros estudados. Como sendo tecnicamente viável, sugere-se um estudo minucioso para verificação da viabilidade econômica na implantação de usinas de compostagem para a reciclagem desse material.

Entretanto, estas soluções de reaproveitamento terão de ser setorizadas, descentralizando as formas de tratamento, ou seja, implantando as usinas em pontos estratégicos. Mediante seu volume de produção, pequenas estações de tratamento, beneficiando os entulhos, a matéria orgânica, enfim todos os materiais a serem valorizados.

É importante frisar a necessidade de se fazer um novo trabalho de caracterização em período máximo de 5 (cinco) anos para que se acompanhe a variação dos mesmos.

Com o desenvolvimento da RMB, o crescimento da população e o aumento no consumo de bens industrializados, tem-se que encontrar soluções para um dos maiores problemas da atividade humana – a produção de resíduos sólidos.

Observa-se pela visão dos 3 Rs (Reduzir, Reutilizar e Reciclar), que deve-se incentivar a implantação de indústrias de reciclagem de papel, papelão e plástico, ou ainda utilizar a matéria orgânica putrescível para a produção de composto orgânico.

O importante é que trabalhos futuros nesta linha de pensamento sejam aplicados constantemente, devido as variações inerentes ao crescimento das populações, aos períodos do ano marcados por pouca ou muita chuva e o desenvolvimento do parque industrial local, visando a atualização dos dados encontrados hoje.

Contudo, ao final do trabalho, pode-se observar um incremento elevado de plásticos, fundamentalmente os do tipo polietileno de baixa densidade (PEBD), polietileno de alta densidade (PEAD), polipropileno (PP) e poliestireno (PS), devido a evolução da produção em grande escala de recipientes e embalagens acondicionantes.

Em relação ao componente vidro, o valor encontrado é muito baixo, justificado pela substituição do mesmo pelo plástico.

Outra observação foi em relação aos baixos valores de metais encontrados, isso sendo justificado pela ação mais efetiva de catadores antes da coleta convencional.

Nos demais componentes, aqui tipificados como outros, encontramos um grande incremento, devido, principalmente, as embalagens tipo longa vida e fraldas descartáveis, que não foram quantificadas neste estudo, por não serem objeto do mesmo, já que estes componentes estão incluso na categoria denominada de outros, mas foram motivo de observação.

Apesar dessas variações os resultados obtidos na quantidade, peso específico aparente úmido e composição gravimétrica, satisfazem o objetivo proposto, traçando, desta forma, o perfil de produção dos resíduos sólidos dos municípios de Belém e Ananindeua da RMB.

Um dado de extrema relevância foi a comparação das características estudadas, individualizando-as por classes socioeconômicas.

O estudo dos diversos cenários com sistemas de coleta diferenciados e índices de reciclagem variáveis, leva a conclusão no caso particular dos municípios de Belém e Ananindeua, que quando a coleta seletiva for executada pelo poder público apenas uma alternativa é economicamente vantajosa, ou

seja, ocorre somente em Belém quando o índice de reciclagem for de 100 %, pois nas outras alternativas existem custos adicionais em relação a coleta convencional.

No caso de haver reciclagem e a coleta seletiva for realizada por terceiros todas as alternativas serão viáveis economicamente em relação a coleta convencional.

Mesmo nos casos em que não existem vantagem econômica é importante reafirmar que há ganhos ambientais e que não se pode tomar qualquer resultado deste trabalho como parâmetro sem observar as características de cada município em que venha ser aplicado.

## 7 RECOMENDAÇÕES

Este estudo que tem o objetivo geral de caracterizar os resíduos sólidos domiciliares gerados nos dois municípios de maior porte que integram a RMB e a simulação da economia com o valor agregado da reciclagem, precisa ser tomado como ponto de partida e referência para que outros estudos semelhantes venham ser realizados sistematicamente, de tal forma que se mantenha atualizado os conhecimentos das diversas características físicas identificadas, assim como o custo da limpeza urbana.

Para que aconteça o recomendado no parágrafo acima temos que observar que sejam minimizadas as dificuldades encontradas para a realização do presente estudo.

Apesar de todos os cuidados tomados na fase inicial de planejamento, para que os estudos fossem desenvolvidos sem nenhum contratempo, de tal forma que os resultados a serem obtidos fossem os mais satisfatórios e refletissem a realidade das características dos resíduos sólidos, elas aconteceram, e para que no futuro tais dificuldades sejam sanadas recomenda-se a celebração de um convênio entre a Universidade Federal do Pará - UFPA, como instituição de pesquisa, e a Secretaria de Saneamento do Município de Belém – SESAN, órgão executor da política de resíduos sólidos, onde se desenvolverão todas as etapas da pesquisa com esforço institucional de cada convenhado. Neste convênio deve ficar claro que tipo de participação e os benefícios que o estudo trará para os Municípios e o Estado. Além do citado anteriormente, nesta cooperação deve se detalhada no convênio o seguinte:

- a) Um maior apoio e interesse do órgão gestor, a SESAN, através do seu setor competente o Departamento de Resíduos Sólidos - DRES para disponibilizar toda a logística necessária, tal como, transporte para deslocamento dos pesquisadores; alimentação para as equipes de trabalho; equipamentos de proteção individual (EPI) de acordo com a NR-18, para todos e durante todo o período da pesquisa; equipamentos e materiais para a realização da pesquisa; pessoal de apoio em número suficiente e treinamento adequado para as equipes de trabalho;
- b) Local adequado para a caracterização e guarda dos equipamentos e materiais utilizados;

c) Atenção quanto ao encaminhamento das cargas a serem amostradas para o local de caracterização:

- Compatibilização dos horários de descarga com os de análise;
- Implantar e manter Projeto de Educação Ambiental específico para o manuseio dos resíduos para a RMB;
- Estabelecer períodos de caracterização que atenda as diversas questões de sazonalidade da região;
- Considerar a interferência em determinadas épocas de alguns fatores que influenciam diretamente as análises, tais como: umidade e presença excessiva de caroços de Açaí.

Apesar de todas as dificuldades encontradas é necessário ressaltar a qualidade técnico-científica dos resultados alcançados.

## REFERÊNCIAS

ADEGAGALIZA. **Desenhos sobre problemas ambientais**. São Paulo. Disponível em: <<http://www.adegagaliza.org/ecocotian/lixo.htm>>. Acesso em: 03 set. 2005

ASSOCIAÇÃO BRASILEIRA DE NORMAS TÉCNICAS, São Paulo, **NBR 10.004 – Resíduos Sólidos; Classificação**. São Paulo, 2004.

ASSOCIAÇÃO BRASILEIRA DE NORMAS TÉCNICAS. São Paulo. NBR 12.810/1993. **Resíduos Sólidos: Transportes**. São Paulo. 1993.

ASSOCIAÇÃO BRASILEIRA DE NORMAS TÉCNICAS. São Paulo. NBR 12.980/1993. **Resíduos Sólidos: Acondicionamento**. São Paulo. 1993.

BELÉM. Secretaria de Gestão Pública do Município de Belém. **Classificação Sócio-Econômica dos Bairros de Belém**. Pará. 1997.

BRASIL. **Manual de Saneamento**. 3<sup>a</sup> ed. Brasília: Ministério da Saúde: Fundação Nacional de Saúde, 1999.

BRASIL. Ministério das Cidades. **Diagnóstico do Manejo de Resíduos Sólidos Urbanos - 2003**. Brasília. Disponível em: 29 mai. 2006.

CARNEIRO, Paulo Fernando Norat, **Caracterização dos Resíduos Sólidos Domiciliares do Município de Belém**. Orientação do Trabalho de Conclusão de Curso (Engenharia Sanitária) – Centro Tecnológico, Universidade Federal do Pará, Belém, 2000.

CIMEL - Indústria Mecânica Ltda. **Catálogo de Equipamentos**. São Paulo. Disponível em: <<http://www.cimel.ind.br/produto/ind.htm>>. Acesso em: 29 mai. 2006.

CITEC Meio Ambiente Ltda. **Produtos de Limpeza Pública**. São Paulo. Disponível em: <<http://www.web-resol.org/patrocinadores/citec.htm>>. Acesso em: 29 mai. 2006.

COMPROMISSO EMPRESARIAL PARA A RECICLAGEM. **Galeria de fotos de resíduos sólidos**. São Paulo. Disponível em: <<http://www.cempre.org.br/fotos.php?ctg=nq>>. Acesso em: 29 mai. 2006.

DADOS. **Gerais do Governo do Pará**. Belém. Disponível em: <<http://www.pa.gov.br/conheçaopara/belem.asp>>. Disponível em: 29 mai. 2006

DAS MERCÊS, Simaia do Socorro Sales. **Relatório Ambiental da RMB**. Belém: COHAB/IPEA, 1997.

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

INSTITUTO BRASILEIRO DE GEOGRAFIA E ESTATÍSTICA. **Censo 2001**. São Paulo. 2005.

INSTITUTO DE PESQUISA TECNOLÓGICA / COMPROMISSO EMPRESARIAL PARA A RECICLAGEM. **Manual de Gerenciamento Integrado de Resíduos Sólidos**. São Paulo: IPT/CEMPRE, 2000.

LIMA, José Dantas de. **Sistemas Integrados de Destinação Final de Resíduos Sólidos Urbanos**. Paraíba: ABES, 2005.

LIMA, Luis Mário Queiroz. **Lixo – Tratamento e Biorremediação**. Hemus Editora Ltda. São Paulo. 2001.

MANTELL, C. L. **Solid Wastes: Origin Collection Processing and Disposal**. New York: John Wiley & Sons, 1975

MOTA, Suetônio. **Introdução a Engenharia Ambiental**. 2ª ed. aum. Rio de Janeiro: ABES, 2000

PEREIRA NETO, João Tinoco. **Manual de Compostagem: Processo de baixo custo**. Belo Horizonte. UNICEF. 1996.

PEREIRA, José Almir Rodrigues. **Plano Diretor de Abastecimento de Água da Região Metropolitana de Belém**. UFPA. Belém. 2006.

SANTEC Resíduos. **Projetos de Limpeza Pública**. São Paulo. Disponível em: <<http://www.santecresiduos.com.br/galeria.php>>. Acesso em: 29 mai. 2006.

SÃO PAULO. Editora CETESB. 1993. São Paulo. ROCCA. Alfredo Carlos et al. **Resíduos Sólidos Industriais**. 2ª ed.

SCHALCH, V. **Produção e característica do chorume em processo de decomposição de lixo urbano**. Dissertação (Mestrado em Hidráulica e Saneamento) – Escola de Engenharia de São Carlos, Universidade de São Paulo, 1984

SCHNEIDER. Vânia Elisabete; Rêgo, Rita de Cássia Emerich; Caldart, Viviane; Orlandin, Sandra Maria. **Manual de Gerenciamento de Resíduos Sólidos de Serviços de Saúde**. São Paulo. CLR Balieiro Editores Ltda. 2004.

USIMECA. **Equipamentos de Limpeza Pública**. São Paulo. Disponível em: <<http://www.usimeca.com/portugues/index.htm>>. Acesso em: 29 mai. 2006.