

UNIVERSIDADE FEDERAL DO RIO GRANDE DO SUL – UFRGS

INSTITUTO DE PESQUISAS HIDRÁULICAS

QUANTIFICAÇÃO DE RESÍDUOS SÓLIDOS NA DRENAGEM URBANA

MARLLUS GUSTAVO FERREIRA PASSOS DAS NEVES

Tese submetida ao Programa de Pós-Graduação em Recursos Hídricos e Saneamento Ambiental da Universidade Federal do Rio Grande do Sul como requisito parcial para a obtenção do título de Doutor Recursos Hídricos e Saneamento Ambiental

Orientador: Carlos Eduardo Morelli Tucci

Banca examinadora

Prof. Dr. Arlindo Philippi Jr.	Departamento de Saúde Ambiental/FSP/USP
Dr. Marcus Aurélio Soares Cruz	Departamento de Esgotos Pluviais/PMPA
Prof. Dr. Antônio Domingues Benetti	IPH/UFRGS
Prof. Dr. Gino Roberto Gehling	IPH/UFRGS

Porto Alegre, agosto de 2006

Livros Grátis

<http://www.livrosgratis.com.br>

Milhares de livros grátis para download.

APRESENTAÇÃO

Este trabalho foi desenvolvido no Programa de Pós-Graduação em Recursos Hídricos e Saneamento Ambiental do Instituto de Pesquisas Hidráulicas da Universidade Federal do Rio Grande do Sul, sob a orientação do Prof. Carlos Eduardo Morelli Tucci.

AGRADECIMENTOS

Minha vinda e estada em Porto Alegre me proporcionou muitos momentos inesquecíveis. Por isso, permito-me estender estes agradecimentos, pois, acredito eu, é uma das poucas ocasiões onde eu posso registrar por escrito minha gratidão a Deus pelos momentos passados nesta cidade que aprendi a gostar e a ter como referência em muitas coisas, pelas pessoas que conheci, pelos amigos que conquistei (e que me conquistaram), pelas ruas por onde andei, pelo frio que passei e calor também (valha-me Deus, quem diria...).

Em primeiro lugar quero agradecer ao Alex e à Binha. Fizeram tudo na medida certa...tenho gratidão eterna pela recepção e encaminhamento...acho que aprendi a fazer o mesmo com os que vieram depois. A partir deles, tive vários grupos de convívio. O primeiro foi a minha turma de mestrado que chamávamos de gurizada 98 (Adriano, Jaime, Jean, Juliano, Nicolás, Paulo, Vladimir, Sandro e Sergio). Esta turma foi muito importante para mim; ensinou-me muitas coisas e agüentou muita coisa também.

Um grupo muito especial que tive em Porto Alegre foi o da Igreja de Nossa Senhora da Conceição. Eles foram o porto seguro em muitas ocasiões; lá conheci pessoas que se tornaram meus amigos para sempre, em especial o Pe. Juarez (in memoriam), seu Luiz e dona Galdina, Arno e Lúcia e seus filhos Marcos e Luciana, Dóris e sua filha Natasha (amigos, conselheiros, pessoas que ouviam nossos desabafos, angústias, esperanças, etc.), Nelci e Jorge e seus filhos Mayara e Rogers, Gilmar e Denise e seus filhos, Josephus e Clarisse, Sandra e Magnus e Daniela e Guilherme, Pedro e Teresinha, a Therezia, Celuy e Castro e família, a Cristina e a Kátia, a turma da equipe da acolhida (são tantos, e deixo uma homenagem à Maria Otília in memoriam), a turma do GOD (Grupo de Jovens Olaria de Deus, lembrando também do João e Cristina e seus filhos). Agradeço muito, muito mesmo à Mirna, catequista, psicóloga e amiga...a vida ficou menos difícil e mais compreensível.

Obrigado a todos os professores, pois eles nos ensinam o que é a vida real, cada um a sua maneira. Quero agradecer em especial ao Prof. Tucci, sempre depositando sua confiança em mim, às vezes acreditando muito mais na minha tese do que eu e me dando excelentes oportunidades profissionais. Agradeço à profa. Beatriz pelo apoio institucional, acadêmico e moral. Agradeço ao professor Bidone, uma figura que até gostaria de ter conversado mais. Aos professores André Silveira, David Marques, Joel Goldenfun, Clarke, Marcelo Marques, Gustavo Merten, entre outros professores que sempre me apoiaram.

A todos os alagoanos que chegaram de Maceió, trazendo sangue novo, novas histórias (resenhas) e fazendo-nos sempre lembrar das nossas (colocando-nos a certeza que estamos envelhecendo). Em especial, eu quero agradecer à turma de 2003, que me acolheu na famosa Cauduro (Diogo, Fernando, Nilson e Ruberto)...quem diria...eu fui morador da Cauduro...muito obrigado pessoal pelo acolhimento.

Aos alagoanos que firmei vínculos especiais desde a época de dissertação de mestrado: Sidnei e Karina que me acolheram antes da minha volta para Maceió e que compartilharam estes vários ambientes comigo e Manu, Walter e Cris (Mariana e Giovanna também), que estão junto conosco estendendo Porto Alegre em Maceió, Valmir e Omar (este, junto com Sidnei, foi um companheiro desde que a Manu e eu nos despedimos em 1998). Também Roberto, Geilma e Adriana.

E os companheiros de trabalho do IPH?: são muitos...tem uma turma que representa muito da minha vida..lá vai: na sala de projetos tem o Adolfo, a Rutinéia, o Daniel (argentino arretado) e o Marcus Cruz que me proporcionaram uma convivência extraordinária; Simone, Raquel, Marcos Baldi e o Élvio...todos estes contribuíram muito para minha formação pessoal e profissional. Logo depois vieram o Benedito, o Ivanilto, o Nicolas...o Walter Collischonn também por ali, o Bruno Collischonn, Martin Delgado e Martin Bravo.

À turma do futebol das quartas, muito obrigado por suportar as minhas belas jogadas sem se sentirem humilhados. Ao pessoal da biblioteca: Beth, “Jussaras”, Jose (que agüentou a gurizada 98 estudando e fazendo barulho), Sandra e Márcia. Ao Agustin e seu pessoal da hidrometria e a todos os técnicos (Patrícia e Christian), bolsistas, estagiários (obrigado à Rejane pela digitalização), limpeza, etc. que em algum momento dei bom dia, boa tarde, pedi ajuda ou espero ter ajudado.

Devo um agradecimento especial à Prefeitura de Porto Alegre. Sempre que fui ao DEP, ao DMLU ou à SMAM, fui muito bem atendido. Especialmente agradeço, no

DEP, ao Sérgio Cotrim, à Daniela Bemfica, ao Marcus Cruz (e Franci), à Magda; também ao Marcelo Kiper (no centro), ao Michelângelo e ao Marcelo (sistema de proteção contra enchentes), Marco (zonal Leste), ao Luiz, ao Carlos (zonal Sul), ao Teixeirinha (SMAM-parque). No DMLU: Geraldo Reichert e ao Diego (sede do DMLU na Azenha), ao Franco, César e todos os funcionários, motoristas da seção sudeste, onde também devo agradecer ao pessoal da Cotravipa. Ao pessoal da seção cruzeiro, Adonir e funcionários. Um agradecimento a seu Antônio, seu filho Altair e seu Adenir. Eles me ajudaram muito. Sem eles, eu não realizaria as pesagens na casa de bombas 12.

Quero agradecer ao pessoal da Gama Engenharia de Recursos Hídricos, que em Maceió me acolheu e me incentivou a acabar logo (Alex, Jaildo, Luciene, Silvana e Patrícia). Agradeço ao pessoal da UFAL (Valmir, Vladimir, Cleuda, Roberaldo, Rosangela, Marcio e Aline, todo mundo). A Patrick, Renata e Rafa...não tenho palavras...ao pessoal do grupo de formação da Igreja de São Judas Tadeu pelas orações, aos velhos amigos do TLC e Giuliano's Fest, aos colegas da ESAMC e da FAL.

Por fim,.....é o fim mesmo....agradeço às nossas famílias (minha e da Manu). Eles sempre torcem por nós, choram por nós, rezam por nós, nos acodem nos momentos de dificuldades, soltam risadas conosco e são força constante em nossa vida...graças a Deus temos famílias como estas. Agradeço ao futuro...minha filha Mariah, que já me traz sentido e perseverança e à Manu, que me completa e suporta comigo as nuances da vida, que compartilha projetos e desfruta o presente, que sabe que a felicidade está no dia-a-dia, nas esperanças e nos sonhos...triste da família que não sonha e não tenha ideais...feliz a nossa família.

Garimpeiro

Dos resíduos sólidos
objetos eliminados caracterizaste.

O que desejava encontraste.
Um título de doutorado, do lixo retiraste.

De: Manoella Neves
Para: Marllus Gustavo

Dedico esta tese a minha esposa Manoella e nossas famílias
Dedico de modo especial a nossa filha Mariah.

RESUMO

O objetivo deste trabalho é quantificar os resíduos sólidos que atingem a rede de drenagem de águas pluviais, isto é, plásticos, vidros, papéis e outros que podem ter destinação mais adequada do que a mais comum nos países em desenvolvimento: cursos d'água, ruas e outros locais inadequados.

A quantificação do lixo foi realizada a partir da pesagem do material que atingiu o poço da casa de bombas de número 12, situada o parque Marinha do Brasil em Porto Alegre. Logo a montante desta casa de bombas, há uma bacia de retenção que recebe o escoamento da bacia hidrográfica contribuinte, cuja área é de 1,92 km².

Propõe-se também a adoção de um método indireto de estimação da quantidade de resíduos no sistema de drenagem, levando-se em conta a incerteza na estimativa do valor esperado ou média de uma distribuição estatística. Duas variáveis são utilizadas: varrição e a precipitação diárias. A estimação na bacia hidrográfica foi realizada utilizando a área de 0,956 km², que representa a parcela varrida da mesma, a partir dos dados da área é de 14,65 km², correspondente à área varrida da seção sudeste de varrição.

Para a utilização do método indireto, foi necessário caracterizar o material da varrição coletado em toda a bacia hidrográfica, pois a matéria orgânica e os sedimentos não são de interesse. De maneira complementar, estimaram-se o volume e a massa do depósito de sedimentos na bacia de retenção através de três batimetrias.

Os resultados da observação indicam que uma massa de 288 kg de lixo atingiu o poço da casa de bombas no período de análise dos dados (novembro de 2003 a junho de 2004). Pelo método indireto, estimou-se 940± 34 kg no mesmo período. A diferença entre as duas estimativas é atribuída ao material deixado nas ruas pelo serviço de limpeza, isto é, somente 30,6% ou 2,25 kg·ha⁻¹·ano⁻¹ do lixo deixado na superfície da bacia hidrográfica atingiu seu exutório. Estes valores estão dentro da ordem de grandeza observada na Austrália e na Nova Zelândia, em bacias semelhantes.

A vantagem do método indireto proposto é a facilidade de utilização e que ele leva em conta características locais estabelecidas através de parâmetros.

ABSTRACT

The objective of this work is to quantify the litter that reaches the urban drainage system, e.g., plastics, glasses, papers and other stuff that must have a more suitable destination than the common practices in developing countries: dumping into channels, streets or some other inappropriate places.

To make it possible, the litter's quantity and features were studied at the well located in the water pump house #12, in the Marinha do Brasil Park, downstream a 1,92 km² urban catchment at the city of Porto Alegre. Upstream the water pump house, there is a retention basin built up to receive the flow from the stormwater drainage network.

It is proposed also an indirect methods to estimate the quantity of litter that reaches the stormwater drainage system, which consider the uncertainty of the expected or mean value of a statistical distribution. Two variables are used in: the daily sweeping and the daily rainfall. These values are part of the southernmost sweeping service zone with 14,65 km², which encloses the sweeping service area of the catchment with 0,956 km².

The sweeping carries out litter, but also vegetation and some other organic matters and urban sediments. So, qualitative studies were realized with the sweeping bags litter from several parts of the catchment. The mass and volume of the sediment deposited into the retention basin was estimated after three bedload bathymetric evaluations.

The results showed that 288 kg of litter reach the well from the water pump house between November 2003 and June 2004. The indirect method estimated 940 ± 34 kg in the same p. This value was adopted as the amount of litter the sweeping service leaves on the streets. It means that 30,6% or 2,25 kg.ha⁻¹.year⁻¹ reach catchment's downstream portion. Researches in Australia and New Zealand show similar values.

The indirect method proposed herein is quite simply usable and it considers local features.

RÉSUMÉ

L'objet de ce travail est la quantification des déchets qu'arrivent au réseau d'assainissement pluvial, c'est à dire, du plastique, du verre, du papier et toute sorte de déchet. Ces matériaux, que, dans les pays en voie de développement, sont encore jeté dans les cours d'eau, dans la rue ou des dépôts inadéquates, pourrait avoir une meilleur destination.

La quantification des déchets a été faite à partir leur capture dans le puit de la station de pompage numéro 12, situé au Parc Marinha do Brasil, Porto Alegre. Juste à l'amont de cette station de pompage, il y a un bassin de retenue que reçoit le ruissellement d'un bassin versant dont le surface est 1,92 km².

On propose, aussi, une méthode indirecte d'estimation de la quantité des déchets dans le système d'assainissement pluvial. Cette méthode prends compte l'incertitude par rapport à la moyenne d'une distribution statistique. On utilise des données de deux variables: la balayage journalière et la pluie journalière. La méthode indirecte d'estimation a été appliquée dans une surface de 0,965 km², comprise dans le bassin de contribution de la station de pompage numéro 12, à partir des données obtenues dans la zone sud-est de balayage, dont le surface est 14,65 km².

Dans la méthode indirecte, il faut separer les matériaux de balayage: la matière organique (végétation) et le sédiment n'ont pas intérêt dans la méthode indirecte. A partir de cette caractérisation, on a étudié les déchets provenant du bassin de contribution, pour identifier ses types. De façon complémentaire, on a estimé la masse et le volume des dépôts de sédiment qu'arrivent au bassin de retenue, à partir de trois bathymétries.

Les résultats d'observation sur site indiquent qu'une masse de 288 kg de déchets est arrivé le puit de la station de pompage sur la période d'observation et d'analyses des données (novembre 2003 à juin 2004). Pour la méthode indirecte, on a estimé 940 ± 34 kg sur la même période. La différence entre les résultats pour les deux méthodes est attribuée aux matériaux laissés sur les rues après les services de balayage, c'est-à-dire, seulement 30,6% ou 2,25 kg.ha⁻¹.année⁻¹ de déchet laissé sur le bassin de contribution arrivent au exutoire. Des recherches en Australie et Nouvelle-Zélande indiquent des valeurs semblables.

L'avantage de la méthode indirecte proposée est la facilité d'utilisation et qu'il prends compte les caractéristiques locales établies à travers ses paramètres.

ÍNDICE

1. INTRODUÇÃO	1
1.1. RELEVÂNCIA	1
1.2. OBJETIVOS.....	2
1.3. RESUMO DO ESTUDO.....	2
2. ASPECTOS QUALITATIVOS DA DRENAGEM URBANA	4
2.1. CARACTERÍSTICAS DA POLUIÇÃO DIFUSA URBANA	4
2.2. POLUENTES NA DRENAGEM URBANA	9
2.2.1. <i>Nutrientes</i>	11
2.2.2. <i>Bactérias</i>	12
2.2.3. <i>Matéria orgânica e oxigênio dissolvido</i>	12
2.2.4. <i>Metais pesados</i>	13
2.2.5. <i>Sólidos Totais: sedimentos e resíduos sólidos</i>	14
2.3. CONTROLE DA POLUIÇÃO DIFUSA	16
2.4. RESUMO DO CAPÍTULO	18
3. RESÍDUOS SÓLIDOS.....	20
3.1. PRODUÇÃO DOS RESÍDUOS SÓLIDOS.....	20
3.2. COMPOSIÇÃO DOS RESÍDUOS	22
3.3. QUANTIFICAÇÃO DOS RESÍDUOS SÓLIDOS QUE ATINGEM A DRENAGEM URBANA	25
3.3.1. <i>Contexto geral das pesquisas</i>	25
3.3.2. <i>Relato de pesquisas</i>	26
3.3.3. <i>Modelos de estimação da carga de resíduos sólidos</i>	35
3.4. GESTÃO DOS RESÍDUOS SÓLIDOS	39
3.4.1. <i>Limpeza urbana</i>	39
3.4.2. <i>Destinação dos resíduos sólidos</i>	40
3.4.3. <i>População e resíduos sólidos</i>	42
3.5. PROPOSTAS PARA OS PROBLEMAS DE GESTÃO DE RESÍDUOS SÓLIDOS	45
3.5.1. <i>Medidas</i>	45
3.5.2. <i>Minimização dos resíduos sólidos</i>	50
3.6. PESQUISAS COM ESTRUTURAS DE RETENÇÃO DE RESÍDUOS SÓLIDOS	58
3.7. RESUMO DO CAPÍTULO	66

4. RESÍDUOS SÓLIDOS E SUA ESTIMATIVA	67
4.1. SÓLIDOS TOTAIS NA DRENAGEM	67
4.2. BALANÇO DE MASSA DOS SÓLIDOS TOTAIS EM UMA BACIA HIDROGRÁFICA	68
4.3. RESUMO DO CAPÍTULO	72
5. CARACTERIZAÇÃO DA REGIÃO DE ESTUDO	73
5.1. GERENCIAMENTO DOS RESÍDUOS SÓLIDOS EM PORTO ALEGRE.....	74
5.1.1. <i>Coleta seletiva</i>	75
5.1.2. <i>Resíduos industriais e de Serviços de Saúde</i>	75
5.1.3. <i>Aterros e Centrais de reaproveitamento de podas</i>	76
5.2. TIPOS DE RESÍDUOS REGISTRADOS EM PORTO ALEGRE.....	76
5.2.1. <i>Distribuição espacial da coleta em Porto Alegre</i>	77
5.2.2. <i>Coletas pontuais e coletas difusas</i>	80
5.2.3. <i>Resíduos coletados no ano de 2002 em Porto Alegre</i>	82
5.3. PARTICIPAÇÃO DOS TIPOS NO TOTAL	87
5.4. CARACTERIZAÇÃO DA BACIA HIDROGRÁFICA URBANA ESTUDADA	88
5.4.1. <i>Hidrologia</i>	89
5.4.2. <i>Elementos hidráulicos do parque: bacia de retenção e casa de bombas</i>	97
5.4.3. <i>Coleta de resíduos e limpeza urbana</i>	99
5.4.4. <i>Características populacionais</i>	110
5.5. CARACTERIZAÇÃO DOS RESÍDUOS DE VARRIÇÃO NA BACIA EM ESTUDO	111
5.6. ACOMPANHAMENTO DOS RESÍDUOS NA REDE	124
5.7. RESUMO DO CAPÍTULO	125
6. QUANTIFICAÇÃO INDIRETA	126
6.1. CRITÉRIOS	126
6.2. METODOLOGIA DE ESTIMAÇÃO.....	126
6.2.1. <i>Precipitação de corte</i>	126
6.2.2. <i>Métodos</i>	127
6.3. APLICAÇÃO	130
6.3.1. <i>Dados obtidos</i>	131
6.3.2. <i>Análise dos dados obtidos</i>	132
6.3.3. <i>Amostra de dados para os métodos</i>	138
6.3.4. <i>Resultados do Método 1</i>	143

6.3.5. Resultados do Método 2	144
6.3.6. O caso dos finais de semana	147
6.3.7. Conclusões sobre os dois métodos	149
6.4. APLICAÇÃO DOS MÉTODOS DA ÁFRICA DO SUL E DA AUSTRÁLIA	151
6.4.1. Método da África do Sul	151
6.4.2. Método da Austrália	153
6.5. RESUMO DO CAPÍTULO	154
7. QUANTIFICAÇÃO DIRETA	155
7.1. FORMULAÇÃO	155
7.2. MATERIAL E MÉTODOS	157
7.2.1. Planejamento da observação de campo	157
7.2.2. Caracterização do material flutuante vindo pela drenagem	158
7.2.3. Pesagem do material flutuante vindo pela drenagem	160
7.2.4. Sedimentos vindos pela drenagem	161
7.3. LIXO QUE ATINGE O POÇO DA CASA DE BOMBAS	166
7.3.1. Composição do lixo no poço	168
7.3.2. Lixo e precipitação	175
7.4. SEDIMENTOS QUE ATINGEM A BACIA DE RETENÇÃO	179
7.4.1. Volume do depósito	179
7.4.2. Composição do material depositado no fundo	181
7.4.3. Massa depositada: massa específica pela média ponderada da composição	183
7.4.4. Massa depositada: massa específica pela granulometria e diâmetro d50	183
7.4.5. Retenção de sedimentos na bacia de retenção de vazões	183
7.5. RESUMO DO CAPÍTULO	184
8. INDICADORES E COMPARAÇÕES	185
8.1. INDICADORES DAS CARACTERÍSTICAS DA BACIA HIDROGRÁFICA	185
8.2. INDICADORES DE PRODUÇÃO E EFICIÊNCIA DE LIMPEZA	187
8.3. COMPARAÇÃO COM OS MÉTODOS INDIRETOS ESTRANGEIROS	189
8.4. OS MÉTODOS INDIRETOS E OS SEDIMENTOS	190
9. CONCLUSÕES E RECOMENDAÇÕES	192
9.1. CONCLUSÕES	192
9.1.1. Resumo das características da bacia	192

<i>9.1.2. Método indireto</i>	193
<i>9.1.3. Método direto</i>	195
<i>9.1.4. Produção de sedimentos</i>	196
9.2. RECOMENDAÇÕES	198
<i>9.2.1. Programa de caracterização em bacias hidrográficas urbanas</i>	199
10. REFERÊNCIAS	201
ANEXO A: RESULTADOS: QUANTIFICAÇÕES EM DIVERSOS PAÍSES ...	210
ANEXO B: EXTENSÕES VARRIDAS NA SEÇÃO SUDESTE	212
ANEXO C: TABELA COM AS OBSERVAÇÕES DAS VISITAS À CB12	215
ANEXO D: ALGUNS REGISTROS DE DIAS SEM VARRIÇÃO	227

LISTA DE TABELAS

Tabela 2.1. Poluentes no escoamento superficial	5
Tabela 2.2. Comparação entre países desenvolvidos e em desenvolvimento	9
Tabela 2.3. Qualidade do escoamento pluvial urbano	10
Tabela 2.4. Médias das concentrações médias de eventos na Região de Denver	11
Tabela 2.5. Principais fontes de metais nas águas pluviais	13
Tabela 3.1. Geração “per capita” diária em alguns países e cidades	21
Tabela 3.2. Produto Nacional Bruto per capita relativo e composição dos resíduos urbanos (% do peso)	23
Tabela 3.3. Composição de alguns componentes dos resíduos sólidos no Brasil	23
Tabela 3.4. Porto Alegre: classes de renda utilizadas na caracterização	24
Tabela 3.5. Porto Alegre: composição dos materiais potencialmente recicláveis por classe social	24
Tabela 3.6. Resultados do monitoramento em Coburg, Melbourne - Austrália	28
Tabela 3.7. Resultados do monitoramento em Cape Town	32
Tabela 3.8. Resumo da quantificação de resíduos na drenagem urbana	34
Tabela 3.9. Resumo da composição dos resíduos sólidos nas pesquisas	35
Tabela 3.10. Graus de redução dos componentes dos resíduos sólidos coletados	46
Tabela 3.11. Resultados nos Estados Unidos	48
Tabela 3.12. Eficiência das estruturas SEPTs	63
Tabela 5.1. Solicitações de limpeza em 2002, recebidas pelo DEP-zonal leste	92
Tabela 5.2. Setores de coleta de resíduos sólidos domiciliares	100
Tabela 5.3. Extensão e densidade programada de ruas varridas na seção sudeste	103
Tabela 5.4. Algumas extensões varridas em dois bairros da seção sudeste	106
Tabela 5.5. Amostras de peso de varrição na região da bacia hidrográfica	107
Tabela 5.6. População e densidades nas sub-bacias	110
Tabela 5.7. Descrição dos tipos de resíduo para a caracterização	114
Tabela 5.8. Composição média, em peso, da bacia e coeficiente de variação	115
Tabela 5.9. Composição média, em peso, e coeficiente de variação sem alguns tipos	116
Tabela 5.10. Composição média e coeficiente de variação (% do peso): função da frequência	118
Tabela 5.11. Graus de redução dos componentes de resíduos sólidos	119
Tabela 5.12. Graus de diferença na composição: frequência diária x demais	119
Tabela 5.13. Composição média e coeficiente de variação (% do peso): função da campanha	120
Tabela 5.14. Graus de redução na composição entre as campanhas	120
Tabela 5.15. Composição média e coeficiente de variação por frequência (% do peso): 1ª campanha	122
Tabela 5.16. Composição média e coeficiente de variação por frequência (% do peso): 2ª campanha	123
Tabela 5.17. Graus de redução na composição entre as campanhas e por frequência	124
Tabela 6.1. Amostra de dados do período entre novembro de 2003 e junho de 2004	139
Tabela 6.2. Sudeste: grupos separados (em kg/km ²): novembro de 2003 a junho de 2004	141
Tabela 6.3. Estimativa da massa na bacia: novembro de 2003 a final de junho de 2004	151
Tabela 6.4. Características para o método da África do Sul	152
Tabela 6.5. Fatores para a aplicação do método da África do Sul	152

Tabela 6.6. Cargas para a bacia hidrográfica em estudo com o método da África do Sul	153
Tabela 7.1. Resíduos tipificados na caracterização do resíduo da drenagem	159
Tabela 7.2. Peso específico médio aparente inicial de depósitos em reservatórios, em t/m^3	163
Tabela 7.3. Pesos dos resíduos que vieram na drenagem	167
Tabela 7.4. Graus de diferenças entre as composições: varrição x poço	170
Tabela 7.5. Hierarquia dos tipos: varrição x poço	170
Tabela 7.6. Presença dos tipos de resíduo nas coletas no poço da casa de bombas	173
Tabela 7.7. Frequência do tipo de resíduo nas coletas no poço da casa de bombas	173
Tabela 7.8. Relação resíduo x demais variáveis explicativas	176
Tabela 7.9. Variação de volume no fundo da bacia de retenção	180
Tabela 7.10. Estimativas de material sólido na rede de drenagem em bacias urbanas brasileiras	180
Tabela 7.11. Ocorrências de alguns valores de intensidade de precipitação em 2004	181
Tabela 7.12. Síntese da classificação, segundo AGU-Wentworth (ami – amostra i)	182
Tabela 7.13. Alguns diâmetros característicos das curvas granulométricas das amostras	182
Tabela 7.14. Massas específicas estimadas pela média ponderada: amostras da bacia de retenção	183
Tabela 7.15. Massas específicas estimadas pelo diâmetro d50: amostras da bacia de retenção	183
Tabela 8.1. Indicadores das características da bacia hidrográfica	185
Tabela 8.2. Estimativa: varrição de lixo na bacia hidrográfica, no período estudado	186
Tabela 8.3. Estimativa na bacia hidrográfica: entre novembro de 2003 e junho de 2004	188
Tabela 8.4. Balanço per capta no período de estudo e extrapolado para um ano	189
Tabela 8.5. Comparação dos métodos estrangeiros com a medição direta	190
Tabela 10.1. Dias sem varrição devido à chuva, segundo o responsável na sede da seção sudeste	227

LISTA DE FIGURAS

Figura 3.1. Composição média de plásticos, vidros e trapos em São Paulo/SP	25
Figura 3.2. Bacia estudada em Coburg	27
Figura 3.3. Componentes dos resíduos sólidos: dois eventos em Coburg	28
Figura 3.4. Composição do lixo em Cape Town (sem excluir nenhum tipo)	33
Figura 3.5. Síntese dos resultados Cape Town	33
Figura 3.6. Esquema geral do procedimento da Austrália	37
Figura 3.7. Fluxograma do modelo americano	38
Figura 3.8. Estratégias de gerenciamento integrado	49
Figura 3.9. Custos totais unitários em AGUIAR (1999)	57
Figura 3.10. Melhores arranjos: estudos iniciais de estruturas autolimpantes	59
Figura 3.11. Forças que agem na partícula sobre o segregador: estruturas autolimpantes	60
Figura 3.12. Estrutura SCS: primeira configuração	61
Figura 3.13. Estrutura SEPT	61
Figura 3.14. Monitoramento realizado em Cape Town	63
Figura 3.15. Estrutura flutuante <i>bandalong floating debris trap</i>	64
Figura 3.16. Estruturas estudadas em Los Angeles Estados - Unidos	65
Figura 5.1. Localização de Porto Alegre	74
Figura 5.2. Seções de limpeza e coleta em Porto Alegre atualmente	78
Figura 5.3. Setores da seção norte de coleta domiciliar em Porto Alegre (destaque para o setor PN 10)	79
Figura 5.4. Frequência da coleta domiciliar em Porto Alegre	79
Figura 5.5. Turno da coleta domiciliar em Porto Alegre	80
Figura 5.6. Porto Alegre: montante per capita de resíduos sólidos urbanos em 2002	83
Figura 5.7. Totais mensais nas seções de varrição de Porto Alegre em 2002	85
Figura 5.8. Participação de cada seção no total mensal de varrição: Porto Alegre - 2002	85
Figura 5.9. Totais médios mensais por hectares nas seções de varrição: Porto Alegre - 2002	86
Figura 5.10. Valores médios mensais de coleta, por tipo de resíduo: Porto Alegre -2002	88
Figura 5.11. Localização da bacia hidrográfica em estudo, em relação a Porto Alegre	89
Figura 5.12. Bacia hidrográfica estudada	89
Figura 5.13. Imagem de satélite sobre a área da bacia (Google Earth 2006)	90
Figura 5.14. Macrodrenagem, arruamento e localização da bacia de retenção	90
Figura 5.15. Casa de bombas, bacia de retenção e cabeceira da bacia hidrográfica (01/05/2004)	91
Figura 5.16. Cotas e declividades: Correia Lima, trav. Missões - final da av. José de Alencar	92
Figura 5.17. Rua José de Alencar, sentido oeste-leste (jusante-montante com o hospital à esquerda)	93
Figura 5.18. Cotas e declividades: Barão do Cerro Largo a partir da Correia Lima até Pe. Cacique	93
Figura 5.19. Cabeceira da bacia Monroe ao fundo (05/03/2004)	94
Figura 5.20. Cabeceira da bacia Asilo (05/03/2004)	95
Figura 5.21. Asilo Pe. Cacique: ao fundo, o condomínio da cabeceira da bacia Monroe (05/03/2004)	95
Figura 5.22. Cotas e declividades: Pe. Cacique ao longo da bacia	97
Figura 5.23. Sistema hidráulico no parque Marinha do Brasil	98

Figura 5.24. Bacia de retenção.	98
Figura 5.25. Interior da casa de bombas	99
Figura 5.26. Canal da José de Alencar	99
Figura 5.27. Setores de coleta de resíduos sólidos domiciliares	100
Figura 5.28. Seção sudeste com os bairros	102
Figura 5.29. Ruas e avenidas principais varridas na seção sudeste	102
Figura 5.30. Inserção regional da bacia na seção sudeste	104
Figura 5.31. Frequências de varrição na bacia hidrográfica	104
Figura 5.32. Bairros e parcelas varridas destes bairros dentro da bacia	105
Figura 5.33. Acompanhamento da equipe de limpeza	109
Figura 5.34. Parte sul da bacia, sob responsabilidade da seção cruzeiro	110
Figura 5.35. Resíduo na CB12	112
Figura 5.36. Parte final: montagem da caracterização de um saco, em 12/04/2004	113
Figura 5.37. Material despejado na manta plástica, no chão, em 27/07/2004	113
Figura 5.38. Composição média, em peso, da bacia e coeficiente de variação	116
Figura 5.39. Composição média, em peso, e coeficiente de variação sem alguns tipos	117
Figura 6.1. Método 2	129
Figura 6.2. Seqüência do estudo	130
Figura 6.3. Análise dos dados (kg) entre novembro de 2003 e junho de 2004	133
Figura 6.4. Análise dos dados selecionados (kg): novembro de 2003 a junho de 2004	134
Figura 6.5. Busca da precipitação de corte	136
Figura 6.6. Ampliação da figura 6.5a	137
Figura 6.7. Grupos separados: período de novembro de 2003 a junho de 2004 (kg/km ²)	143
Figura 6.8. Ajuste dos grupos 1 e 2 à distribuição normal cumulativa	145
Figura 6.9. Distribuições ajustadas aos dois grupos	146
Figura 6.10. Resultados de 100 simulações com o método 2: valor esperado (em kg)	147
Figura 7.1. Trabalhos na casa de bombas com o resíduo do poço	160
Figura 7.2. Resíduo misturado ao aguapé, em 5 de maio de 2004	161
Figura 7.3. Batimetria realizada na bacia de retenção, 25/08/2004	161
Figura 7.4. Localização dos pontos de coleta de amostra	162
Figura 7.5. Retirada de amostras da bacia de retenção	164
Figura 7.6. Visão geral da pipeta e da proveta	164
Figura 7.7. Laboratório de sedimentos do IPH	165
Figura 7.8. Composição média: varrição x poço.	169
Figura 7.9. Composição em função do número médio de dias anteriores secos	172
Figura 7.10. Presença em kg de quatro tipos de resíduos em todas as coletas	174
Figura 7.11. Precipitação e total coletado no poço da casa de bombas	177
Figura 7.12. Relação com o número médio de dias anteriores secos	178
Figura 7.13. Total precipitado mensal: posto Cavalhada	181
Figura 7.14. Curva granulométrica: amostras da bacia de retenção	182

LISTA DE ABREVIATURAS

- ACOM: Área predominantemente comercial, na aplicação do método da África do Sul
- ALA: Alumínio, Latas, Aço
- APV: Área com pouca vegetação, na aplicação do método da África do Sul
- ARES: Área predominantemente residencial, na aplicação do método da África do Sul
- AT: Área total da sub-bacia, na aplicação do método da África do Sul
- AVD: Área com vegetação densa, na aplicação do método da África do Sul
- AVE: Área com vegetação esparsa, na aplicação do método da África do Sul
- CB12: casa de bombas de número 12 do sistema de proteção contra enchentes de Porto Alegre
- BMP: Best Management Practices
- CBD: Central Business District (CBD) de Springs – África do Sul.
- CDS: Continuous Deflective Separation
- CEMPRE: Compromisso Empresarial para Reciclagem
- DBO: Demanda Bioquímica de Oxigênio
- DEP: Departamento de Esgotos Pluviais
- DMLU: Departamento Municipal de Limpeza Urbana da Prefeitura Municipal de Porto Alegre
- EPA: Environmental Protection Agency - Agência de Proteção Ambiental dos Estados Unidos
- FEBEM: Fundação Estadual do Bem Estar do Menor, agora FASE: Fundação de Atendimento Sócio-Educativo do Estado do Rio Grande do Sul
- IBAM: Instituto Brasileiro de Administração Municipal
- IBGE: Fundação Instituto Brasileiro de Geografia e Estatística.
- I, MP, P, M, G, MG: Graus de diferença na composição dos sacos de varrição (Insignificante, Muito Pequena, Pequena, Moderada, Grande, Muito Grande)
- LID: Litter Inlet Deflector
- LMPS: Litter Management Pilot Study
- MADT: Madeira, tocos e pedaços de galhos nos sacos de varrição
- OD: Oxigênio Dissolvido
- ONU: Organizações das Nações Unidas
- OS: poliestireno
- PEAD: polietileno de alta densidade
- PEBD: polietileno de baixa densidade

PET: polietilenotereftalato

Plásticos 1: Sacolas de supermercado, de salgadinhos, etc.

Plásticos 2: Plásticos que não se enquadram nos tipos plástico 1 e PET.

PN: dia Par Noturno

PNSB: Pesquisa Nacional de Saneamento Básico – IBGE

PP: polipropileno

PV: Poço de visita

PVC: policloreto de vinila

Retenção de Poluentes Grosseiros – Método da Austrália

RSSS-infectante: resíduos de serviços de saúde contaminados.

RSSS-COMUM: resíduos de serviços de saúde não contaminados.

SEPT: Side-Entry Pit Trap

SCS: Stormwater Cleaning Systems.

SSD: Sistema de Suporte à Decisão para a Determinação de Estratégias Efetivas de de Retenção de Poluentes Grosseiros

SMIC: secretaria municipal da indústria e comércio

TDML: Total Maximum Daily Load

UTC: Unidade de Triagem e Compostagem.

VAMO: Vegetação, areia e matéria orgânica nos sacos de varrição.

LISTA DE SÍMBOLOS

A_{bacia} : área da bacia hidrográfica

A_i : área de cada uso do solo no método da África do Sul

B_i : carga básica para cada uso do solo no método da África do Sul

C_i : concentrações médias no evento correspondentes (mg/L) (PORTO, 2001)

Cd: Cádmio

Cestab: coleta dos resíduos dos estabelecimentos, sejam eles de serviços de saúde, comerciais ou industriais, incluindo os restos de alimentos

Cent: entulhos

Cev: eventuais

Cf: focos

CME: Concentrações Médias de Eventos (PORTO, 2001).

Cpc: podas e capinas

Cpop: coleta domiciliar mais as coletas em vilas, mais a coleta seletiva

Cpub: ao resíduo público (varrição, capina, podas, focos, animais mortos e eventuais como nas eleições)

Cr: Cromo

Cu: Cobre

DF valor de referência para carga na drenagem

DF_i : valor aleatório de DF gerado no intervalo de tempo i

DF_k : soma de todos os valores de DF_i

DF_{SE} : DF na seção sudeste

DF_{bacia} : DF na bacia hidrográfica

$DF_{\text{esp.SE}}$ e $DF_{\text{esp.bacia}}$: DF por unidade de área na seção sudeste e na bacia hidrográfica

DFDS: valor de referência para carga na drenagem nos finais de semana

D_t : intervalo de tempo entre os valores da série P e da série M

D_{pop} , D_{stab} e D_{ent} : déficits de coleta, correspondentes a Pop e C_{pop} , P_{stab} e C_{stab} , P_{ent} e C_{ent}

E: erro correspondente às incertezas associadas ao método proposto nesta tese.

F1, F2 e F3: distribuições estatísticas correspondentes aos três grupos.

f_s : fator de chuva no método da África do Sul

f_{sci} : fator de serviço de limpeza de ruas para cada uso do solo no método da África do Sul

G1, G2 e G3: valores aleatórios gerados a partir das funções F1, F2 e F3

$\sum f_{si}$: soma de todos os fatores de chuva para todas as chuvas no ano no método da África do Sul.

L: carga do poluente (massa total) no evento (mg) (PORTO, 2001).

$\bar{L}_1, \bar{L}_2, \bar{L}_3$: médias dos três grupos divididos para o método indireto

LFDS e LS: médias dos grupos formados para estimar DFDS

LRD: resultante da limpeza da rede.

$L_{ri}, i=1, \dots, nr$ e $L_{rk} = 1, 2, \dots, nc$: série de valores de M separados por P_c

\bar{L}_r e \bar{L}_c : médias dos dois grupos acima

$M = \{M_1, \dots, M_j, \dots, M_n\}$: série de n valores de varrição

N_i : Níquel

nc: número de valores de varrição que ocorreram nos dias em que $P > P_{ci}$.

nd: número de dados ou número de dias em que a precipitação é maior que 0,5 mm / número de dias em que ocorrer comportamento inesperado da varrição, nos finais de semana e na segunda-feira

nd1: número de dias em que ocorre o grupo 2

nd2: número de dias em que ocorre o grupo 3.

nr é o número de valores de varrição que ocorreram nos dias em que $P \leq P_{ci}$

ns: número de valores aleatórios gerados

nt: número de intervalos de tempo

$P = \{P_1, \dots, P_j, \dots, P_n\}$: série de n valores de precipitação

P_c : valor de corte de precipitação que divide o grupo M: um valor M_j será do grupo 1 se

P_{ca} : valor adotado de precipitação de corte

P_b : Chumbo

$P_i, i=1, 2, \dots, nt$: série de precipitações no local de interesse

$P_j \leq P_c$; um valor de M_j será do grupo 2 se $P_j > P_c$

Q_i : ordenadas do hidrograma (L/s) (PORTO, 2001)

R: volume total de escoamento superficial no evento (L) (PORTO, 2001)

R1 e R2: parcela da carga que vem do grupo 2 e parcela da carga que vem do grupo 3

S: carga por chuva nos cursos d'água (m^3 /chuva) no método da África do Sul.

ST = DF + E: Sólidos Totais no método proposto nesta tese.

T: carga total nos cursos d'água (m^3 /ano) no método da África do Sul e sólidos totais gerados no método proposto nesta tese

Tb: total que é depositado na bacia no método proposto nesta tese.

Tc: total coletado pelo sistema de coleta no método proposto nesta tese.

TdFlu: quantidade flutuante, ou seja, este seria o resíduo domiciliar urbano, caso fosse evitado que ele atingisse a rede de drenagem pluvial, comumente chamado de lixo

TdSed: quantidade de sedimentos (arraste e suspensão) que atinge o exutório pela rede de drenagem

Tl: total retirado pela limpeza urbana no método proposto nesta tese.

Vi: carga de vegetação para cada uso do solo no método da África do Sul

Zn: Zinco

1. INTRODUÇÃO

1.1. Relevância

Dentre os diversos efeitos da urbanização, podem ser destacados o aumento da produção de resíduos sólidos, da impermeabilização das superfícies e a contaminação das águas pluviais. O primeiro depende da conscientização da população em relação ao consumo. No caso da impermeabilização, o problema surge quando não são propostas medidas que compensem o aumento do escoamento superficial. No caso da qualidade da água, o problema também reside na conscientização e nos investimentos em sistemas de esgotamento sanitário apropriados.

As cidades mostram crescimento mais acelerado em suas periferias do que em suas regiões centrais, sem a infra-estrutura adequada (TUCCI, 2002). Desse modo, a gestão deficiente impacta quase que imediatamente nas demais atividades e sistemas que compõe o meio urbano. A rede de drenagem urbana é um destes sistemas.

Grande parte dos problemas urbanos está relacionada com a forma setorial como a gestão é realizada (TUCCI, 2002), ou seja, o espaço urbano não é tratado de maneira integrada. Como afirma POMPEO (2000), o planejamento de atividades urbanas relacionadas à água deve estar vinculado ao próprio planejamento urbano, integrando a gestão de recursos hídricos e o saneamento ambiental.

Países em desenvolvimento como o Brasil revelam uma situação preocupante, pois embora existam serviços de limpeza urbana, estes não são capazes de coletar toda a produção gerada. O resultado disto é o despejo de resíduos sólidos em terrenos baldios e muitas vezes próximos aos cursos d'água. Os sistemas de drenagem urbana, já comprometidos pela falta de capacidade de condução para a urbanização atual, tornam-se agentes de transporte dos resíduos que obstruem o fluxo.

NEIL E ROOSEBOOM (2000) mostraram que, na África do Sul, a maior parte dos resíduos sólidos que chega às redes de drenagem urbana é composta de sacolas de plástico, latas, garrafas de vidro, papelão, as garrafas do tipo PET, entre outros.

Para que os problemas não ocorram, há medidas estruturais e medidas não-estruturais (ALLISON et al., 1997). As medidas não-estruturais talvez sejam as mais eficientes, todavia necessitam de um planejamento de longo prazo que envolve questões educacionais, culturais e sociais. Em curto prazo, as medidas estruturais adquirem

relevância e precisam ser dimensionadas com parâmetros bem definidos, que dependem de informações acerca da quantidade de resíduos sólidos que entra no sistema de drenagem pluvial. Por isso, há a necessidade de se estudar medidas que sirvam de controle e medição destas cargas.

1.2. Objetivos

O objetivo geral desta pesquisa é quantificar os resíduos sólidos que atingem a rede de drenagem urbana. Na quantificação, os objetivos específicos são:

- caracterizar os resíduos coletados pelo serviço de varrição da bacia hidrográfica contribuinte, procurando relacionar os tipos com a frequência de limpeza dos logradouros e com a época de coleta ;
- o uso de método indireto para a estimativa do lixo que atinge a rede de drenagem;
- a quantificação direta em uma bacia urbana, relacionando-a com a precipitação e comparando com o resultado obtido no método indireto;
- caracterizar os resíduos que atingem a rede de drenagem, relacionando os tipos com aqueles resultantes da caracterização nos sacos de varrição e com a época, bem como verificar a influência da precipitação na presença de alguns destes tipos;
- realizar um balanço de massa, gerando indicadores de limpeza urbana na bacia hidrográfica contribuinte.

O estudo de caso foi desenvolvido em uma bacia hidrográfica de 1,92 km², na cidade de Porto Alegre-RS.

A hipótese é de que é possível, através de dados diários de varrição e precipitação, bem como por meio de uma caracterização da bacia hidrográfica contribuinte em seus elementos relevantes ao problema, obter uma medida da quantidade de resíduos sólidos que atinge a rede de drenagem urbana da bacia, gerando assim indicadores úteis na aplicação de medidas que auxiliem a gestão integrada da mesma.

1.3. Resumo do estudo

No capítulo seguinte é apresentada uma avaliação breve dos aspectos de qualidade da água em bacias urbanas. No terceiro capítulo é apresentada uma visão de

conjunto dos resíduos sólidos, enquanto no capítulo 4 é descrita a fundamentação metodológica dos procedimentos utilizados no capítulo 6. No capítulo 5, é apresentado o sistema de limpeza urbana de Porto Alegre e no local do estudo de caso, e no capítulo 6 os métodos indiretos de estimativa da carga na drenagem e suas aplicações. No capítulo 7 estão os resultados da medição direta na bacia hidrográfica escolhida e no capítulo 8 uma síntese dos resultados através de indicadores, comparando os valores obtidos nos capítulos 6 e 7. No capítulo 9, são apresentadas as conclusões e recomendações e no capítulo 10 as referências utilizadas.

2. ASPECTOS QUALITATIVOS DA DRENAGEM URBANA

2.1. Características da poluição difusa urbana

Os impactos na rede de drenagem devido à má gestão da urbanização são sentidos não somente nos aspectos quantitativos, mas também nos aspectos qualitativos. Quando se trata os impactos ambientais nas áreas urbanas, limita-se, via de regra, ao caso das águas provenientes do esgotamento sanitário, não atentando para o fato de que parte da poluição tem origem no escoamento superficial sobre as áreas impermeáveis, áreas em fase de construção, depósitos de resíduos sólidos ou de resíduos industriais, entre outros (PORTO, 2001).

O escoamento superficial transporta o material solto ou solúvel que encontra para os corpos d'água. A impermeabilização aumenta a frequência com que a bacia produz escoamento superficial e também as velocidades de escoamento, gerando maior capacidade de arraste e, portanto, maiores cargas. As redes de drenagem urbana são responsáveis pela veiculação dessas cargas e sabe-se, hoje, que se constituem em importantes fontes de degradação de rios, lagos e estuários (PORTO, 2001). Os poluentes carregados pelas superfícies, condutos e canais atingem corpos hídricos como rios, lagos, estuários e praias (Tabela 2.1).

Os impactos das águas pluviais podem ser classificados segundo as seguintes categorias: (a) hidrológica e morfológica, mais comuns na literatura da drenagem urbana; (b) qualidade e ecologia aquática, pois devido a erosões durante construções, mudanças de morfologia e lavagem de material acumulado no solo, há problemas que incluem turbidez, enriquecimento de nutrientes, contaminação bacteriológica, cargas de matéria orgânica, metais, sais, aumento de temperatura e de detritos e resíduos sólidos, ocasionando a diminuição da diversidade de peixes, diminuição do recurso alimentar destes (insetos aquáticos), que são afetados também pelas mudanças na temperatura da água, dos níveis de oxigênio, etc. (URBAN DRAINAGE AND FLOOD CONTROL DISTRICT, 1999 e SCHUELER, 1987).

Tabela 2.1. Poluentes no escoamento superficial

Constituintes	Fontes	Efeitos
Sedimentos	Locais em construção, escoamento superficial urbano/agrícola, aterros sanitários mal executados e lixões	Mudanças no habitat, turbidez do curso d'água, perda na recreação e na estética, transporte de contaminantes, erosão das margens
Nutrientes	Escoamento superficial agrícola/em gramados, lixões, deposição atmosférica, erosão	Crescimento acelerado de algas, toxicidade de amônia, toxicidade de nitratos
Organismos patogênicos	Esc. Sup. de sistemas sépticos urbanos/agrícolas, ligações clandestinas de esgoto cloacal, animais domésticos/selvagens	Infecções auditivas/intestinais, extinção de mariscos de fundo, perdas estéticas/recreação
Enriquecimento orgânico	Escoamento superficial urbano/agrícola, Aterros sanitários mal executados e lixões	Depleção do OD, odor, morte de peixes
Poluentes tóxicos	Escoamento superficial urbano/agrícola, pesticidas, herbicidas, tanques de armazenamento no sub-solo, locais com resíduos perigosos, aterros sanitários mal executados, disposição ilegal, descargas industriais	Toxicidade para seres humanos e vida aquática, bioacumulação na cadeia alimentar
Sais	Escoamento superficial devido ao degelo	Contaminação da água de abastecimento público, nocivo a plantas intolerantes a sal

Adaptação: URBAN DRAINAGE AND FLOOD CONTROL DISTRICT (1999).

Nas áreas urbanas, a origem dos impactos é espacialmente difusa, pois os poluentes estão na bacia hidrográfica de forma esparsa. Cinco condições caracterizam as fontes difusas de poluição (NOVONTY, 1991 apud PORTO, 2001): o lançamento da carga poluidora é intermitente e está relacionado à precipitação; os poluentes são transportados a partir de extensas áreas; não é possível identificar exatamente a origem das cargas poluidoras, dificultando o monitoramento neste ponto; o controle deste tipo de poluição, obrigatoriamente, deve incluir ações sobre a área geradora, ao invés de incluir, apenas, o controle do efluente no lançamento; por último, é difícil o estabelecimento de padrões de qualidade para o lançamento do efluente, uma vez que a carga poluidora lançada varia de acordo com a intensidade e a duração do evento meteorológico, a extensão da área de produção naquele específico evento e com outros

fatores, que tornam a correlação vazão x carga poluidora praticamente impossível de ser estabelecida.

Segundo PORTO (2001), talvez a característica mais marcante da poluição de origem difusa seja a grande variabilidade da concentração de poluentes no lançamento dos mesmos nos corpos d'água. As concentrações variam em ordem de magnitude entre bacias hidrográficas, entre os diferentes eventos de precipitação e, também, ao longo do mesmo evento, conforme apresentado por MARTINS et al. (1991) na pesquisa realizada em duas bacias com diferentes usos do solo em São Paulo (bacia do córrego do Mandaqui e do Ribeirão Cipó). Os coeficientes de variação de vários parâmetros atingiram valores bem diferentes, dependendo da condição (tempo seco ou chuvoso), da bacia e do parâmetro. Apesar da dificuldade inerente à grande variabilidade, a integridade das águas somente pode ser mantida e restaurada após um completo entendimento das respostas qualitativas das fontes pontuais e difusas (WANIELISTA, 1983).

MAKSIMOVIC (2001) aponta diferenças na política de controle da poluição difusa urbana entre os países desenvolvidos e os países em desenvolvimento. Nos primeiros, densamente povoados (Reino Unido, Alemanha, algumas partes dos Estados Unidos, Japão, etc.), a drenagem urbana consome uma alta proporção dos investimentos em infra-estrutura urbana. As razões para isto estão na óbvia necessidade de uma abordagem integrada no gerenciamento das águas urbanas e no estado de consciência público desenvolvido sobre a poluição.

Nos países em desenvolvimento, encontram-se problemas mais sérios, porque o desenvolvimento urbano ocorre sob condições sócio-econômicas, tecnológicas e climáticas mais difíceis (SILVEIRA, 2001). Estes países experimentam uma urbanização acelerada sem adequados investimentos em infra-estrutura, uma tradição de serviços públicos deficientes no que diz respeito à tratamento de água, coleta e tratamento de esgoto cloacal, coleta de resíduos sólidos, drenagem urbana, transporte e saúde.

Na drenagem urbana, enquanto nos países desenvolvidos se pratica a fase ambientalista da drenagem, nos países em desenvolvimento ainda é praticada a fase sanitária. Por causa disto, as soluções adotadas alcançaram o ponto de saturação. Muito dinheiro é desperdiçado na canalização de cursos d'água (SILVEIRA, 2001), que apenas transfere as inundações dentro das cidades.

Os sistemas integrados de drenagem urbana vêm se consolidando, com maior ou menor rapidez dependendo da sociedade, como uma alternativa ao sistema tradicional. O papel destes sistemas, além da cobertura urbana de proteção contra inundações, é cuidar do melhoramento da qualidade de vida pela produção de feições aquáticas, criando amenidade. A água pluvial é considerada como um recurso precioso, que pode ser retido próximo da fonte para reuso, recarregada ao subsolo para reabastecimento do aquífero ou para criar habitat para o retorno da vida silvestre às áreas projetadas, etc. (MAKSIMOVIC, 2001).

Nos países em desenvolvimento, a implantação de um gerenciamento que integre os setores variados inclui, entre outros, a incorporação da solução do problema de resíduos sólidos em conjunto com o problema da drenagem urbana (BRAGA, 1998). Nestes países, a coleta e o tratamento de esgoto são ainda importantes questões. A disposição de esgoto urbano sem tratamento está fazendo com que a quantidade de água limpa disponível para abastecimento decresça e novos investimentos têm que ser feitos para manter e melhorar o provimento de água. Na maioria dos países desenvolvidos, a coleta e o tratamento de esgoto já foram resolvidos e atualmente o controle da qualidade de água na drenagem urbana é o principal enfoque (TUCCI, 2001).

Há diversos fatores, da drenagem urbana especificamente, mas que não se restringem a ela, que inibem a sua modernização nos países em desenvolvimento (TUCCI, 2001; SILVEIRA, 2001 e BRAGA, 1998):

- Rápida expansão populacional, tanto legal quanto clandestina, sem o controle efetivo;
- Baixo nível de conscientização da população acerca do problema: o interesse pelo planejamento ambiental é menor que pelo tradicional (sanitário);
- Baixos investimentos em instalações de drenagem urbana e sanitárias, utilização precária de medidas não-estruturais, manutenção inadequada dos sistemas de controle de cheias;
- Inadequado gerenciamento e projeto: isto se complica porque não há um interesse por parte dos técnicos em novas abordagens para a drenagem urbana;
- Fatores climáticos que podem aumentar o risco de epidemias e custos de construção;
- Carência de interação entre a administração pública e a população, na procura de soluções para os problemas de drenagem urbana;

As conseqüências ou impactos do desenvolvimento urbano sem planejamento no escoamento são os seguintes (TUCCI, 2001):

- Instalação e fixação da população nas planícies de inundação, com o aumento do prejuízo da inundação;
- Aumento da freqüência de inundação devido à urbanização da bacia;
- Degradação das áreas urbanas devido à erosão e sedimentação;
- Impacto da qualidade da água devido aos sedimentos finos (*wash-load*) da superfície urbana e aos resíduos sólidos.

Os fatores climáticos influem bastante na drenagem urbana dos países em desenvolvimento. Segundo SILVEIRA (2001), as intensidades de chuva com menos de uma hora de duração (acompanhadas de tempos de concentração similares) ocorrem de maneira mais significativa nas latitudes tropicais. Nos períodos críticos, isto significa grandes descargas de pico e grandes volumes, encarecendo as estruturas que seriam construídas para amenizar os problemas. Grandes intensidades de chuva significam também maiores capacidades de erosão e de transporte de material sólido. Volumes médios superficiais altos e dias mais freqüentes com chuva complicam o gerenciamento de drenagem urbana, já que grandes volumes devem ser transportados para qualquer lugar, o tempo disponível para limpeza urbana e manutenção das estruturas é reduzido e o tempo disponível para o desenvolvimento de vetores de doenças é aumentado.

A Tabela 2.2 resume as diferenças entre países desenvolvidos e em desenvolvimento.

Tabela 2.2. Comparação entre países desenvolvidos e em desenvolvimento

Item	Países desenvolvidos	Países em desenvolvimento
Abastecimento de água	Resolvido	- Para alguns países, a carência de água é o principal problema.
Esgotamento Sanitário	Resolvido	- No Brasil, 63% da população urbana tem acesso. - Ausência de estações de tratamento onde existem redes de esgoto, ou a estação de tratamento não coleta o esgoto determinado. - Alta contaminação das águas subterrâneas
Drenagem urbana	- Controle da quantidade de água resolvido - Controle da qualidade de água é a principal questão	- Controle da quantidade é uma questão - Projetado sem o controle na fonte - Sistema de esgoto pluvial sempre utilizado para disposição de esgoto doméstico - Carência de esgotamento pluvial - Geralmente não há controle da qualidade de água da drenagem urbana
Risco de inundação	Medidas principalmente não-estruturais com seguros, zoneamento e alerta de inundação	- Ocupação das áreas ribeirinhas sem controle - Maus investimentos em soluções não-estruturais - Ocupação das áreas pela população carente durante estações de estiagem e alto impacto durante a estação chuvosa - Carência de gerenciamento em soluções não-estruturais

Adaptado: TUCCI (2001).

2.2. Poluentes na drenagem urbana

As fontes primárias da maioria dos poluentes nas áreas urbanas são a atmosfera e as várias superfícies urbanas. Estes poluentes podem ser: metais pesados, sedimentos, nutrientes, bactérias, matéria orgânica e resíduos sólidos.

Os metais pesados são componentes comuns de muitas superfícies urbanas, tais como materiais de telhados, canos, tubos galvanizados, chapeamentos de metal, tintas, conservantes de madeiras, conversores catalíticos, lonas de freio e pneus (SCHUELER,

1987). CHEBBO et al. (2001) detectaram, em Paris, concentrações médias altas de chumbo e zinco no escoamento proveniente de telhados. Estas foram de 4 a 6 vezes maiores que as concentrações médias do escoamento superficial das ruas e jardins. Também foram altas as concentrações de cádmio e cobre, tanto por causa de telhados quanto por causa de calhas e estruturas de janelas.

Águas pluviais, esgoto sanitário e disposição de resíduos sólidos têm uma estreita relação em países em desenvolvimento (TUCCI, 2001). Em dias secos, é comum somente águas residuárias escoarem na rede de drenagem de águas pluviais. Em dias chuvosos, além disso, ocorre a lavagem da superfície onde se encontram os resíduos sólidos e outros detritos. O sistema separado e o combinado de esgoto se comportam como dois sistemas combinados com diferentes graus de diluição das águas residuárias (MAKSIMOVIC, 2001). A Tabela 2.3 mostra uma comparação, para alguns parâmetros de qualidade de água, entre dados da Austrália e de uma área de Porto Alegre (IDE, 1984). Em geral, os valores de Porto Alegre são maiores, sobretudo nos máximos das faixas.

Tabela 2.3. Qualidade do escoamento pluvial urbano

Poluente	Faixas australianas (mg/L)	Faixas globais (mg/L)	Faixas de IDE (mg/L)
Sólidos suspensos totais	20-1.000	50-800	10-9.880
Cádmio	0,01-0,09	0,001-0,01	<0,03
Cromo	0,006-0,025	0,004-0,06	0,06-0,23
Cobre	0,027-0,094	0,01-0,15	0,06-1,12
Chumbo	0,19-0,53	0,05-0,45	0,10-0,31
Zinco	0,27-1,10	0,1	0,03-3,31
Temperatura	1-5,0	-	13,5-31,0

Fontes: WONG et al. (2000) e IDE (1984).

Na Tabela 2.4 as concentrações são definidas de acordo com o tipo de uso do solo, a partir de estudos realizados pela Agência de Proteção Ambiental dos Estados Unidos (EPA), em Denver. Os valores são médias das concentrações médias de eventos (CME), calculada por $CME = \frac{L}{R}$, onde $L = \sum_{i=1}^n Q_i \cdot C_i$ é a carga do poluente (massa total) no evento (mg), $R = \sum_{i=1}^n Q_i$ é o volume total de escoamento superficial no evento (L), Q_i

são ordenadas do hidrograma (L/s), C_i as concentrações médias no evento correspondentes (mg/L) (PORTO, 2001).

Os valores do trabalho de IDE (1984) são maiores, sobretudo em relação aos sólidos suspensos totais. Considerando que estes valores são de uma área central de Porto Alegre, é razoável comparar com a coluna “comercial”.

Tabela 2.4. Médias das concentrações médias de eventos na Região de Denver

Constituinte	Concentrações (mg/L)				
	Industrial	Comercial	Residencial	Sem desenvolvimento	IDE
Sólidos suspensos totais	399	225	240	400	2.442
Sólidos dissolvidos totais	58	129	119	678	275
DBO	29	33	17	4	35
DQO	232	173	95	72	190
Nitratos mais nitritos	0,91	0,96	0,65	0,50	2

Fonte: URBAN DRAINAGE AND FLOOD CONTROL DISTRICT (1999) e IDE (1984).

A seguir são destacados alguns poluentes na drenagem, com destaque nos resíduos sólidos urbanos.

2.2.1. Nutrientes

SCHUELER (1987) afirma que a carga de nutrientes é maior a partir das áreas em desenvolvimento com a maior parte da área impermeável. Exceções incluem usos do solo que recebem, de maneira não usual, entradas de fertilizantes altas. Elevados níveis de nutrientes são derivados de infra-estrutura de esgotamento com manutenção pobre, matéria vegetal, resíduos sólidos orgânicos, fertilizantes, resíduos de cozinhas (incluindo detergentes), óxidos nitrosos produzidos dos escapamentos de veículos e cinzas de queimadas (WONG et al., 2000). Conforme estes autores, fósforo geralmente é transportado nas formas de particulados e dissolvidos, com a forma dissolvida (ortofósforo) mais apropriada para assimilação biológica.

O caso dos nutrientes apontado por IDE (1984) foi atribuído à lavagem da atmosfera pela chuva, dos sólidos e da poeira das ruas, da lixiviação de podas das árvores e aparas do gramado, fertilizantes utilizados na praça e produtos de combustão de derivados de petróleo, expelidos pelos veículos. A lavagem da atmosfera foi estudada

posteriormente por DE LUCA et al. (1990). Eles concluíram, após um monitoramento em 23 pontos em um raio de 30 km do centro de Porto Alegre, que é significativa a contribuição da chuva à carga de poluentes da drenagem pluvial urbana na região metropolitana, principalmente no que diz respeito a sulfatos, cloretos, nitratos e alguns metais. A maior parte das chuvas coletadas se caracterizou como ácida.

2.2.2. Bactérias

Embora todo uso do solo urbano e suburbano transporta o bastante para violar padrões de saúde, áreas urbanas mais velhas e mais intensivamente desenvolvidas produzem as maiores cargas. O problema é importante em áreas que possuem superação da capacidade de esgotamento combinado ou sanitário (SCHUELER, 1987). Nas águas pluviais, é comum achar coliformes fecais e patogênicos específicos tais como *Salmonella*. A fonte mais comum destes microrganismos são em fezes de animais e esgotos domésticos (WONG et al., 2000). O nível médio de coliformes no trabalho de IDE (1984) foi, pelo menos, 10.000 vezes maior do que os encontrados em alguns pontos do lago Guaíba, receptor da rede estudada.

2.2.3. Matéria orgânica e oxigênio dissolvido

A demanda bioquímica de oxigênio (DBO) pode exceder 10 ou 20 mg/L durante os “pulsos” das tormentas, de modo a criar condições anaeróbias (SCHUELER, 1987). IDE (1984) encontrou valores de DBO entre 1,3 e 97,9 mg/L, com média de 31,8 mg/L, em 7 eventos monitorados. Os níveis de OD nos eventos deste trabalho decresceram após o início do escoamento, recuperando a condição inicial após 30 minutos. No fluxo de base, a média de DBO foi de 3,9 mg/L.

Segundo SCHUELER (1987), as maiores cargas de DBO ocorrem em áreas residenciais mais velhas, muito impermeáveis, com esgotamento obsoleto e grandes populações de animais domésticos. Em contraste, moderadas cargas de DBO provêm de áreas residenciais em desenvolvimento suburbanas e de baixa densidade populacional.

O trabalho de CHEBBO et al. (2001) detectou no escoamento pluvial proveniente dos telhados que, antes de atingir a rede do sistema combinado, aparecem cargas usualmente baixas de sólidos suspensos (média de 17 mg/L) e DBO (4 mg/L). O escoamento superficial proveniente das ruas e dos jardins, que juntos representam 37% do volume total, mostrou maiores concentrações de sólidos suspensos, DBO e DQO. Os

valores médios de DBO ficaram próximos do valor médio relatado por IDE (1984), em se tratando do escoamento superficial somente das ruas. Já os valores de DQO no trabalho de IDE (1984) foram cerca de 40 % maiores, nas mesmas condições. Quanto aos sólidos suspensos totais, o valor médio de 1.394,6 mg/L em IDE (1984) foi cerca de 10 vezes maior que os valores correspondentes ao escoamento superficial das ruas de Paris (CHEBBO et al., 2001).

2.2.4. Metais pesados

Grande variedade de metais pesados está presente nas águas de chuva. Os mais comuns e suas fontes estão na Tabela 2.5. Vários trabalhos citados por WALKER et al. (1999) e WONG et al. (2000) mostram que os metais pesados predominantemente vêm associados às partículas e a adsorção aumenta com a diminuição do diâmetro destas.

As concentrações médias de zinco e chumbo em tempo seco no trabalho de CHEBBO et al. (2001) foram de 20 a 30 vezes menores que no caso do escoamento superficial de telhados e 10 vezes menores que as concentrações médias do esgoto combinado. As concentrações médias de cobre e cádmio foram menores do que no caso de esgoto cloacal. O trabalho de IDE (1984) detectou concentrações de metais pesados maiores que de um efluente secundário de uma estação de tratamento de esgotos e maiores que os encontrados em trabalhos semelhantes.

Tabela 2.5. Principais fontes de metais nas águas pluviais

Fonte*	Cd	Cr	Cu	Ni	Pb	Zn
Desgaste de pneus de veículos e pastilhas de freio						
Corrosão de objetos de metal						
Aditivos de petróleo						
Óleo de lubrificação						
Produtos domésticos e de indústria metálica						
Pesticidas, fertilizantes e produtos químicos industriais						
Tintas e corantes						
Partes de motores						
Papel						
*Presença sinalizada com o preenchimento da quadrícula						

Fonte: WONG et al. (2000).

2.2.5. Sólidos Totais: sedimentos e resíduos sólidos

Dos poluentes que compõem o escoamento superficial, os sólidos totais deixam transparecer dois estágios principais de produção (TUCCI, 2001):

- 1) desenvolvimento urbano, quando a produção de sedimento é devido à carência de proteção do solo durante construções. Nesta fase, sem controle da erosão, enormes quantidades de sedimentos são aportados nos cursos d'água (SCHUELER, 1987).
- 2) área urbana desenvolvida, quando a produção na bacia é devido principalmente aos resíduos sólidos ou lixo. A quantidade, neste estágio, é função da frequência de coleta e limpeza das ruas, disposição pública dos resíduos, e frequência da chuva. Também depende da densidade de ocupação da área, do movimento de pedestres e de veículos e, principalmente, da educação da população (PORTO, 2001). Em locais de desenvolvimento estabilizados, as maiores cargas de sedimentos vêm de bacias intensamente desenvolvidas, não servidas por medidas de controle de erosão (SCHUELER, 1987).

Os sólidos suspensos compreendem os materiais inorgânicos e orgânicos. As fontes dos primeiros incluem partículas de solo da erosão e degradação, ruas, residências, construções e particulados transportados pelo ar. A parte orgânica compreende principalmente a vegetação, juntamente com bactérias e microrganismos. O nível de sólidos suspensos no escoamento superficial é comparável ao do esgoto bruto (WONG et al., 2000).

Nutrientes e toxinas, tais como fósforo, metais pesados e substâncias químicas orgânicas, utilizam o sedimento como meio de transporte no escoamento superficial. Os níveis de partículas sólidas inorgânicas geradas das atividades de construção são, pelo menos, 2 a 6, podendo chegar a 100 vezes os níveis de pré-desenvolvimento (WONG et al., 2000). Uma vez estabilizado o local, já no segundo estágio, os poluentes acumulam-se rapidamente nas superfícies impermeáveis e são facilmente carregados pela água. Conforme SILVEIRA (2001), não é exagero dizer que 10 a 15% de área urbanizada nos países em desenvolvimento contribuem extensivamente para a produção e transporte de sedimentos.

A carência de limpeza nas ruas foi apontada por IDE (1984) como uma das principais fontes de sólidos na rede de drenagem estudada, em uma bacia urbana de Porto Alegre com médio tráfego de veículos, pois os programas e equipamentos de varrição eram desenvolvidos com desconhecimento da significância dos efeitos de

poluentes contidos no escoamento. Conseqüentemente, eles fazem pouco mais do que resolver os problemas estéticos dos resíduos sólidos nas ruas. A bacia piloto desta pesquisa é cortada por uma avenida, cuja freqüência de varrição era de uma vez ao dia, menos aos sábados e domingos. Após a chuva, cerca de 12 carrinhos de areia eram recolhidos. Cada carrinho tem capacidade de conduzir sacos de 100 litros.

CHEBBO et al. (2001) atribuíram as baixas concentrações de sólidos suspensos na bacia de Marais, no centro histórico de Paris, a intensivas práticas de limpeza. As sarjetas são varridas todos os dias, e estas juntamente com as calçadas são lavadas entre duas e cinco vezes por semana. Aspirador de pó é utilizado na maioria das ruas cinco dias por semana.

Outras fontes de poluentes que se acumulam e são carregados nas superfícies impermeáveis incluem excrementos de animais domésticos, matéria vegetal, resíduos sólidos e entulhos. Segundo SCHUELER (1987), concordando com o que fala TUCCI (2001), estas fontes se tornam muito importantes na medida em que há amadurecimento da área.

Os resíduos sólidos acumulam-se na vizinhança de *shopping centers*, estacionamento de carros e demais estabelecimentos de serviços e comércio, estações rodoviárias e ferroviárias, estradas, escolas e áreas públicas e locais de destinação dos mesmos. Nestes locais, eles permanecem até serem removidos ou transportados pelo vento e/ou escoamento superficial, atingindo o sistema de drenagem, consistindo de garrafas, latas, envelopes de papel e plástico, jornais, sacolas de compras, embalagens de cigarro, partes de carros, restos de construção e colchões velhos (ARMITAGE e ROOSEBOOM, 2000a e ARMITAGE et al., 1998).

Atingindo o sistema de drenagem, podem ser transportados nos condutos, canais e cursos d'água naturais até alcançarem rios maiores, lagos naturais ou artificiais, estuários ou o mar. No caminho, entretanto, freqüentemente são emaranhados na vegetação ao longo das margens ou espalhados ao longo das praias. A maioria provavelmente é enterrada pelos sedimentos dos rios, lagos ou praias (HALL apud ARMITAGE e ROOSEBOOM, 2000a e ARMITAGE et al., 1998).

Os impactos dos resíduos sobre os sistemas hídricos são os seguintes (ARMITAGE e ROOSEBOOM, 2000a e ARMITAGE et al., 1998): eles não são esteticamente atraídos; há um risco potencial à saúde humana associado com, por exemplo, conteúdos de garrafas e latões em putrefação, ou organismos patogênicos anexados de agulhas hipodérmicas descartadas; a fauna aquática corre risco de extinção

por ingestão de resíduos; organismos patogênicos ou toxinas, como os metais pesados, podem ser absorvidos na cadeia alimentar da vida aquática, atingindo mais tarde os seres humanos; custos significantes para as autoridades locais podem surgir nas operações de limpeza.

Dados de San Jose na Califórnia mostraram que os resíduos sólidos se acumulavam a uma taxa de $1,8 \text{ kg} \cdot \text{hab}^{-1} \cdot \text{ano}^{-1}$ nas áreas urbanas e deste total, $0,8 \text{ kg} \cdot \text{hab}^{-1} \cdot \text{ano}^{-1}$ aparecia nos meio-fios (LARGER et al., 1977 apud TUCCI, 2001). LOW (1993) apud SILVEIRA (2001) estima que 2% do total produzido em Bangkok, Tailândia, alcança rios e canais, em uma cidade com 5 milhões de habitantes e 25% dos resíduos sólidos não têm destinação adequada. Na África do Sul, estima-se que chegam ao sistema de drenagem 24 toneladas ou 18% do total presente nas ruas por ano (ARMITAGE e ROOSEBOOM, 1998).

Segundo TUCCI (2001), a presença de lixo em grande parte das ruas dos países em desenvolvimento deve ser maior que nos países desenvolvidos, pois o sistema de drenagem é, em parte, usado como destino final. A presença de resíduos sólidos na drenagem vem mostrando cada vez mais destaque nos meios de comunicação. No Brasil, o problema está exposto, é visual, mas faltam valores mais precisos. Fala-se, por exemplo, que pelo menos 5% ou 600 toneladas de resíduos sólidos produzidos por mês, em Cuiabá, caem no solo e, sem coleta, quase sempre acabam no rio Cuiabá (Gazeta Digital, MT apud SANEAMENTO BASICOa, 2002). Os canais, lagoas e rios que cortam a região da Barra da Tijuca, Japarepaguá e Recreio dos Bandeirantes são obstruídos freqüentemente com a ocorrência de chuvas (JB online, RJ apud SANEAMENTO BASICO b, 2002). O rio Capibaribe, em Recife, recebe resíduos de uma população estimada de 430.000 habitantes em seu entorno (FIGUEIREDO, E. C. et al., 2002). Em São Paulo, capital, estima-se que a cada final de semana 60 toneladas de resíduos sólidos são retirados das marginais dos rios Tietê e Pinheiros, e das grandes avenidas como a Rebouças e 23 de maio. Do leito do Tietê, em quase dois anos, foram retiradas 11 mil toneladas (FOLHA, 2004).

2.3. Controle da poluição difusa

As medidas de controle podem ser agrupadas em (URBAN DRAINAGE AND FLOOD CONTROL DISTRICT, 1999):

- Não-estruturais, incluindo controle na fonte e prevenção da poluição;

- Estruturais, incluindo a construção de instalações para que, passivamente, tratem o escoamento superficial antes que elas atinjam as águas receptoras.

As medidas não-estruturais de maior custo-efetividade são aquelas que previnem a disposição no solo de materiais potencialmente poluentes, minimizando a migração destes para além do ponto onde foram despejadas. Fazem parte destas medidas programas administrativos, prevenção e controle de erosão durante construções, varrição de ruas, etc. As medidas estruturais incluem retenções, *wetlands*, pavimento permeável, uso de zonas vegetadas, etc. Pode-se conseguir até 80% de remoção de DBO e sólidos suspensos totais com pavimentos permeáveis. Não há dados suficientes, em geral, para remoção de bactérias, exceto para o caso de bacias de detenção estendidas, onde se pode atingir entre 50 e 90% (URBAN DRAINAGE AND FLOOD CONTROL DISTRICT, 1999).

URBONAS e ROESNER (1992) caracterizam como deve ser o controle da qualidade da água na drenagem urbana. Um projeto com tal objetivo tem um foco diferente daquele geralmente dado, que é o controle de cheia. Quando a qualidade da água está em jogo, os eventos mais freqüentes e menores são os que devem ser tratados.

Segundo os autores, uma medida estrutural como um reservatório deve facilitar a sedimentação das pequenas partículas transportadas por eventos com tempos de retorno menores que 1 ano. Simulações nos Estados Unidos mostram que, com menos de 15 mm iniciais de volume armazenado, 80 a 90% dos eventos de escoamento superficial são capturados, em uma bacia com coeficiente *run-off* igual a 0,50.

URBONAS e ROESNER (1992) ainda apontam princípios básicos para o planejamento do controle de qualidade da água na drenagem urbana:

- prevenção e redução de deposição de poluentes nas áreas urbanas;
- controle de poluentes na fonte;
- diminuição da conexão direta entre a área impermeável e a rede de condutos;
- projeto de controle para precipitações menores que uma polegada;
- uso do conceito de tratamento em série.

O tratamento em série é a aplicação conjunta dos demais princípios, partindo da escala de lotes e atingindo a escala do controle regional. Medidas de redução da deposição e diminuição da área impermeável podem ser feitas em um lote, assim como medidas estruturais como as trincheiras ou valas de infiltração. Na escala de loteamento,

as medidas são semelhantes, incluindo ainda bacias de infiltração, banhados e reservatórios de detenção.

Estes últimos são as medidas estruturais mais comuns na escala regional. No Brasil, por exemplo, os mesmos já podem ser encontrados em várias cidades, com objetivo do controle quantitativo. Entretanto, estas estruturas acabam assumindo o papel de medidas de controle da qualidade, por causa dos despejos clandestinos e da falta de manutenção (MARTINS e MORETTI, 2005)

No caso dos resíduos sólidos, as medidas estruturais envolvem a instalação de estruturas que os retêm por um período de tempo até que equipes de limpeza os recolham e os transportem para o local adequado. As medidas não-estruturais tentam envolver a população na redução da geração, reuso e reciclagem.

O estudo dos aspectos qualitativos na drenagem urbana torna-se essencial no momento atual das cidades. Importa no momento saber o real problema das populações neste campo, pois a sociedade está cada vez mais preocupada com a qualidade de vida, em um sentido mais amplo, por assim dizer, envolvendo não somente o meio ambiente, mas o usufruto saudável deste pelas pessoas, incluindo questões na área social e na saúde pública.

Esta recente preocupação alcançou os centros de pesquisas no Brasil. Particularmente na drenagem urbana, trabalhos como o de IDE (1984) têm que continuar e estão aparecendo, como em São Paul (PORTO e MASINI, 2001). No caso dos resíduos sólidos, há uma carência de estudos que possibilitem quantificá-los e caracterizá-los em cursos d'água urbanos.

2.4. Resumo do capítulo

Este capítulo mostrou sucintamente quais os principais poluentes na drenagem urbana, resultado do uso do solo e da má gestão das cidades. Com isto, vê-se que planejar e projetar não significa lidar somente com aceleração e retardo do escoamento ou infiltração de volumes. É também observar as repercussões no meio, de que modo as estruturas são atingidas e como elas vão interagir com as demais redes da cidade.

Não importa apenas projetar condutos ou reservatórios, mas também diagnosticar onde eles serão inseridos, verificar se a rede melhora ou piora a qualidade das águas, se ela vai ser receptora de resíduos sólidos, entre outros aspectos importantes no planejamento de medidas, as quais podem ser estruturais ou não.

Neste contexto, quantificar e caracterizar os resíduos sólidos significa criar subsídios para o planejamento integrado dos sistemas de limpeza e de drenagem urbana. Caracterizando os resíduos, mostra-se de onde eles provêm. Quantificando-os, têm-se a idéia de quanto a rede pode estar obstruída. Fazendo estas duas coisas, acredita-se estar contribuindo também para os órgãos de limpeza, no intuito de se fazer o melhoramento dos serviços.

É importante lembrar que muitos tipos de resíduos, principalmente aqueles descartáveis provenientes da indústria alimentícia, transportam poluentes e podem danificar estruturas, bem como reduzir a eficiência delas. Outros, quando acumulados em locais inadequados, atraem vetores de doenças. Como a rede de drenagem urbana é o meio físico onde se dá o transporte e também pode ser o ponto final da trajetória destes resíduos, a quantificação e caracterização assumem grande importância.

3. RESÍDUOS SÓLIDOS

Em uma bacia hidrográfica, a geração total de resíduos sólidos pode ser decomposta em: material retirado pelo sistema de coleta domiciliar, material retirado pela limpeza urbana e o total que permanece no sistema de drenagem.

O total gerado tem como fontes principais: o resíduo da população e os sedimentos produzidos na bacia. A seguir são analisados os componentes deste sistema quanto à produção, disposição e controle.

3.1. Produção dos resíduos sólidos

A geração de resíduos sólidos tornou-se uma preocupação em todo o mundo. O que não era prejudicial ao meio ambiente tanto no que diz respeito ao tipo quanto às quantidades, adquiriu esta conotação por causa da diversificação e do incentivo à produção. Mesmo sendo biodegradáveis em alguns casos, os resíduos são lançados no meio ambiente em quantidades maiores do que o mesmo pode absorver.

Segundo WONG et al. (2000), a poluição ambiental com os derivados das atividades humanas intensificou-se nos últimos 30 anos devido à produção de itens residenciais, comerciais ou industriais em embalagens não-biodegradáveis, facilmente disponíveis.

A consequência disto é expressa em diversos documentos, como a Agenda 21, assinado por 170 países membros da ONU, por ocasião da Rio'92, referindo-se aos resíduos sólidos em diversos capítulos. A Agenda 21 alerta para o fato de que aproximadamente 5,2 milhões de pessoas, sendo 4 milhões de crianças, morrem por ano de doenças relacionadas aos resíduos sólidos e que metade da população urbana dos países em desenvolvimento não tem serviços para lidar com eles (PHILIPPI Jr., 1999).

A geração depende de diversos fatores, desde os culturais até o estado da economia de um país. MERCEDES (1997), em Belo Horizonte, por exemplo, verificou a interferência da sazonalidade e do fator regional, observando que, via de regra, quanto maior o padrão de vida, a diversificação das atividades econômicas e o índice de verticalização de uma região, maior a geração dos resíduos sólidos. A consideração da parcela da população denominada flutuante também causou impacto na geração “per capita”.

As características sócioeconômicas têm reflexo também na massa específica. Em Porto Alegre foi realizada uma pesquisa por amostragem em alguns bairros no inverno

de 2002 e os resultados mostram que o valor atingiu $187,50 \text{ kg/m}^3$ na classe C (com renda de 1.000 a 1.499 reais por mês) e $149,75 \text{ kg/m}^3$ na classe A (com renda acima de 2.000 por mês) (REIS et al., 2002). Isto se deve à composição, mostrada mais adiante.

A Tabela 3.1 mostra a geração “per capita” em diversos países e cidades (RUBERG, 1999 e HEDERRA, 1992 apud PHILIPPI Jr., 1999). Observa-se que, quanto maior o grau de desenvolvimento de um país e mesmo de um município, maior será a geração “per capita” diária de resíduos sólidos (PHILIPPI Jr., 1999). Na verdade, isto parece ser mais claro em relação aos países. Dentro destes, há outros fatores que não são levados em conta nesta análise, como o incentivo ao consumo sem desperdício.

Tabela 3.1. Geração “per capita” diária em alguns países e cidades

País ou cidade		Produção ($\text{kg}\cdot\text{hab}^{-1}\cdot\text{dia}^{-1}$)	País ou cidade		Produção ($\text{kg}\cdot\text{hab}^{-1}\cdot\text{dia}^{-1}$)
Canadá		1,90		João Pessoa	0,70
EUA*		1,50		Belo Horizonte	0,68
Holanda		1,30	San Salvador		0,68
Japão		1,00		Vitória	0,66
Europa/ México – DF		0,90		Curitiba	0,66
	Rio de Janeiro	0,90		Petrópolis	0,53
	Maceió	0,89	Tegucigalpa		0,52
	São Paulo	0,88	Lima		0,50
Buenos Aires		0,80		Novo Hamburgo	0,40
San José		0,74	Índia		0,40

*A geração “per capita” dos EUA atingiu, segundo EPA (2000) $2,02 \text{ kg}\cdot\text{hab}^{-1}\cdot\text{dia}^{-1}$ em 1998. Os dados desta tabela se referem a HEDERRA (1992) apud PHILIPPI Jr. (1999). Segundo EPA (2000), o patamar de $2,02 \text{ kg}\cdot\text{hab}^{-1}\cdot\text{dia}^{-1}$ já tinha sido alcançado nesta época.

Adaptado: PHILIPPI Jr. (1999).

Nos países em desenvolvimento, a característica mais marcante talvez seja a variabilidade na geração, decorrente talvez do que pôde ser notado por ARMITAGE e ROOSEBOOM (1998): o desequilíbrio entre a mudança de hábitos de consumo e a falta de conscientização ambiental.

Em números, esta variabilidade pode ser notada em países como a África do Sul. Na área da cidade do Cabo, a coleta “per capita” de resíduos domiciliares é de $1,3 \text{ kg}\cdot\text{hab}^{-1}\cdot\text{dia}^{-1}$ nas áreas de renda alta, enquanto nas áreas de renda baixa é de $0,35 \text{ kg}\cdot\text{hab}^{-1}\cdot\text{dia}^{-1}$ (BRANTNER, 2000). No Brasil, segundo o IBAM (2001), muitos técnicos utilizam entre $0,5$ a $0,8 \text{ kg}\cdot\text{hab}^{-1}\cdot\text{dia}^{-1}$. Segundo o IBGE (2002a e 2002b), em sua Pesquisa Nacional de Saneamento Básico (PNSB), a produção diária no Brasil atingiu 125.281 toneladas em 2000. Isto equivale a cerca de $0,74 \text{ kg}\cdot\text{hab}^{-1}\cdot\text{dia}^{-1}$ de geração “per capita”. Em Campinas, em 1996, a taxa diária para resíduos de residências e comércio era de aproximadamente $0,6 \text{ kg}\cdot\text{hab}^{-1}\cdot\text{dia}^{-1}$, sendo estimada em $1,35 \text{ kg}\cdot\text{hab}^{-1}\cdot\text{dia}^{-1}$ para 2010, caso não fossem implantados programas de incentivo à redução na fonte (CAMPINAS, 1996).

De acordo com o IBGE (2002), nas cidades com até 200.000 habitantes são recolhidos de $0,45$ a $0,70 \text{ kg}\cdot\text{hab}^{-1}\cdot\text{dia}^{-1}$. Nas cidades com mais de 200.000 habitantes, essa quantidade aumenta para a faixa entre $0,8$ e $1,2 \text{ kg}\cdot\text{hab}^{-1}\cdot\text{dia}^{-1}$. O efeito da urbanização pôde ser observado quando nas 13 maiores cidades brasileiras (com mais de 1 milhão de habitantes) são coletados 31,9% (51.635 toneladas/dia) do total de resíduos sólidos urbanos brasileiros.

3.2. Composição dos Resíduos

O crescimento da geração de resíduos acompanha uma variação na sua composição de maneira diferenciada nos países desenvolvidos e países em desenvolvimento. BIDONE e POVINELLI (1999) afirmam que nos países desenvolvidos, a geração de resíduos passíveis de reciclagem é maior que nos países mais pobres, e o desperdício é menor. Exemplos são mostrados nas Tabela 3.2.

Segundo PHILIPPI Jr. (1999), a Tabela 3.2 mostra que os países mais desenvolvidos apresentam resíduos com menos matéria orgânica e mais materiais recicláveis, reflexo de hábitos e da quantidade de embalagens produzidas.

As proporções de plásticos, vidros e metais podem atingir valores maiores que os da Tabela 3.2 nas metrópoles e cidades industrializadas, como mostra a Tabela 3.3, onde há a composição de algumas cidades brasileiras. As amostras foram tomadas em épocas idênticas. As porcentagens de vidro estão próximas. Os plásticos e os metais em Campinas têm uma porcentagem maior que nas outras duas cidades.

Tabela 3.2. Produto Nacional Bruto per capita relativo e composição dos resíduos urbanos (% do peso)

País ou continente	PNB “per capita” relativo ao da Índia	Mat. Org.	Papel/papelão	Plástico	Metal	Vidro	Têxtil	Outros
Suécia	54,0	-	44,0	10,0	7,0	5,0	-	34,0
EUA	51,0	26,0	36,0	7,2	9,2	9,8	2,1	9,7
Japão	39,0	-	40,0	7,0	2,5	1,0	-	49,5
Europa	40,0	30,0	30,0	6,0	5,0	7,0	3,0	19,0
México	9,0	50,0	20,0	3,8	3,2	8,2	4,2	10,4
Peru	5,0	50,0	10,0	3,2	2,1	1,3	1,4	32,0
El Salvador	3,0	43,0	18,0	6,1	0,8	0,8	4,2	27,1
Índia	1,0	75,0	2,0	1,0	0,1	0,2	3,0	18,7

Adaptado: PHILIPPI Jr. (1999).

Tabela 3.3. Composição de alguns componentes dos resíduos sólidos no Brasil

Tipo	São Paulo ¹	Campinas ²	Belo Horizonte ³	Joinville ⁴	Porto Alegre (1997) ⁵	Porto Alegre (2002) ⁵
Plásticos	11,2	15,22	11,27	13,25	12,41	12,78
Vidros	1,70	1,67	2,5	2,52	1,91	4,49
Metais	2,9	4,39	2,64	3,59	2,00	3,87
Matéria orgânica e papel	78,00	65,22		66,19	67,11	53,12

¹Plástico duro e filme/metal ferroso e não ferroso/vidro/MO, papel e papelão (GODOI, 1997 apud BIDONE E POVINELLI, 1999); ²Plástico duro ou mole/metal/vidro/MO, papel e papelão (CAMPINAS, 1996); ³Plástico duro, mole ou PET/metal ferroso e não ferroso/vidro branco, colorido e não reciclável/MO e papel; a composição leva também material às vezes não considerado domiciliar, como pilhas, mas a porcentagem destas é muito pequena (MERCEDES, 1997); ⁴Porcentagem em peso (base úmida) da composição média de bairros que implantaram coleta seletiva em 1991/metal ferroso e não ferroso/papel e papelão (SANTOS e MARTINS, 1995). ⁵Metais ferrosos; em 2002, a amostragem foi no inverno (REIS et al., 2002).

No trabalho de MERCEDES (1997) em Belo Horizonte, as quantidades de papelão, plástico duro e PET permanecem praticamente constantes durante o ano, e novamente se percebe a influência dos fatores maior padrão de vida, diversificação das atividades econômicas e índice de verticalização na riqueza da composição, em uma relação diretamente proporcional.

Na pesquisa de Porto Alegre (REIS et al., 2002), conforme a Tabela 3.4, as classes com maior poder aquisitivo produzem quantidades mais elevadas de resíduos potencialmente recicláveis (Tabela 3.5) e produzem menos matéria orgânica, provavelmente devido à utilização de alimentos previamente processados e também por realizarem mais frequentemente refeições em restaurantes. Constatou-se um aumento considerável de materiais descartáveis, quando os resultados desta pesquisa foram comparados com dados de 1997.

DEUS (2000) mostrou a correlação, através do índice geral de qualidade e eficiência operacional dos sistemas de limpeza urbana, entre o gerenciamento destes serviços e o grau de desenvolvimento dos municípios gaúchos. As regiões do norte e do sul, menos desenvolvidas, foram as que tiveram piores índices.

Tabela 3.4. Porto Alegre: classes de renda utilizadas na caracterização

Classe	População (10³ habitantes)	% da população	Renda (R\$/mês)
A	230,34	17,1	Acima de 2.000
B	220,08	16,3	1.500 – 1.999
C	259,03	19,2	1.000 – 1.499
D	639,71	47,1	Abaixo de 1.000

Fonte: REIS et al. (2002).

Tabela 3.5. Porto Alegre: composição dos materiais potencialmente recicláveis por classe social

Classe	Participação de materiais recicláveis na composição (% em peso úmido)
A	41,50
B	27,83
C	23,33
D	22,35

Fonte: REIS et al. (2002).

GODOI (1997) apud BIDONE e POVINELLI (1999) mostra a evolução na composição dos resíduos sólidos da cidade de São Paulo, de 1927 a 1995. A evolução do uso de plásticos em detrimento do uso de vidro, sobretudo após a década de 1960, fica bem marcada. Trapos também têm sua presença aumentada, conforme Figura 3.1.

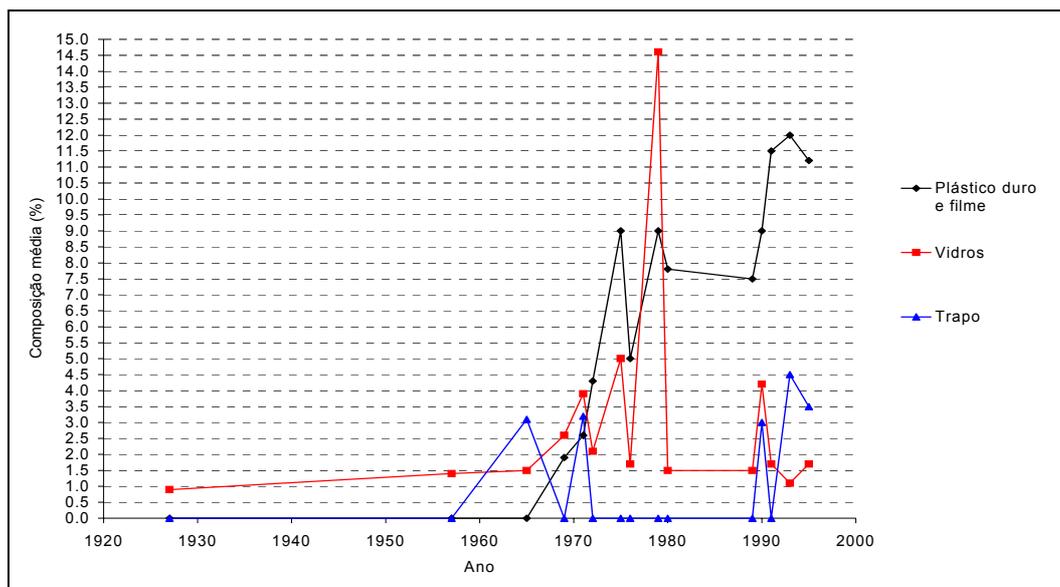


Figura 3.1. Composição média de plásticos, vidros e trapos em São Paulo/SP
(Fonte: GODOI, 1997 apud BIDONE e POVINELLI, 1999).

3.3. Quantificação dos resíduos sólidos que atingem a drenagem urbana

Este item trata de uma descrição geral de diversas pesquisas realizadas no intuito de se determinar as cargas de resíduos sólidos na drenagem urbana. São trabalhos que vêm ocorrendo com uma boa frequência, sobretudo na África do Sul, desde a década de 1990.

3.3.1. Contexto geral das pesquisas

Estas pesquisas estão inseridas em dois contextos: conscientização da sociedade em relação ao problema na bacia hidrográfica urbana na qual ela está inserida e estudos das estruturas de retenção, agindo na vertente do controle a curto prazo. Buscam-se também indicadores que auxiliem os técnicos de órgãos municipais a atacarem o problema.

Para a realização destas pesquisas, algumas bacias hidrográficas selecionadas têm uso do solo heterogêneo. Contudo, a tendência é que cada vez mais se tomem bacias-piloto representativas de usos do solo homogêneos: comercial, residencial e industrial. Em um refinamento maior, procuram-se bacias com perfis socioeconômicos populacionais específicos. Dessa forma, obtêm-se cargas (massa/tempo ou massa/área) que se correlacionam com as características citadas.

Alguns trabalhos se destacam. Por exemplo, os resultados relatados em ALLISON et al. (1998b) são interessantes, por dizerem respeito a eventos de

precipitação intensa e monitoramento de bacias específicas. A pesquisa mostrada em ICNZT (1996) tem sua importância por mostrar o quanto a combinação de medidas estruturais e não-estruturais é eficiente na redução das cargas.

A pesquisa realizada por MARAIS et al. (2004) em Cape Town, África do Sul, destaca-se pela quantidade de bacias representativas e pela análise conjunta com os dados socioeconômicos. Aliás, a cidade de Cape Town tem sido alvo de algumas pesquisas interessantes, realizadas por equipes da universidade local e também por pesquisadores neo-zelandeses (ARNOLD e RYAN, 1999).

Em todas as pesquisas, verifica-se que o plástico representa um grande problema, que nas áreas comerciais ou nas vias que levam até as mesmas há grande contribuição. MARAIS et al. (2004) faz uma boa comparação entre os estudos.

3.3.2. Relato de pesquisas

ARMITAGE et al. (1998b) mostra a pesquisa realizada no período de 4 meses, começando em 1º de dezembro e terminando em 31 de março de 1990, para o *Central Business District* (CBD) de Springs, África do Sul. A área do estudo tem cerca de 299 ha com 254 ha (85%) de uso comercial/industrial e 45 ha (15%) de uso residencial.

O contexto desta pesquisa foi o estudo de uma estrutura de retenção autolimpante em canal aberto ARMITAGE et al. (1998a e b). Como resultado, estima-se que 1.210 m³ por ano são removidos da área da bacia estudada em Springs por vários serviços de limpeza urbana, correspondendo a 82,5 % do que é correntemente encontrado nas ruas. Isto significa que 17,5 % do material que é despejado nas ruas alcança a rede de drenagem e o mesmo é constituído principalmente de chama lixo, sendo 62% composto de plásticos.

A pesquisa mostrada em ALLISON et al. (1998b) foi realizada em Coburg, subúrbio de Melbourne na Austrália. Primeiramente houve um estudo piloto de 8 meses em uma área preponderantemente residencial. As observações deste estudo possibilitaram a identificação das limitações do equipamento e das dificuldades encontradas, definindo um novo programa de monitoramento que tomou 4 locais (de 3 a 150 ha) e foi realizado no período entre outubro de 1994 e outubro de 1995 (12 meses). Os objetivos foram:

- Estabelecer cargas de poluentes grosseiros que atingem a drenagem urbana durante eventos de chuva;

- Identificar fatores que influenciam as cargas;
- Investigar a variação temporal das cargas durante eventos de chuva;
- Investigar os tipos de material provenientes de diferentes usos do solo.

As áreas estão mostradas na Figura 3.2. A área total da bacia é de 150 ha e o monitoramento foi realizado na saída desta e das sub-bacias representativas de cada uso do solo, sendo o residencial com 20 ha, industrial leve com 2,5 ha, e uma área mista entre comercial e residencial de 16 ha. A equipe responsável pela limpeza das bocas-de-lobo faz uma rotação de seis meses para todas as bocas-de-lobo da região. Na área comercial a varrição é diária. Na área residencial é quinzenal.

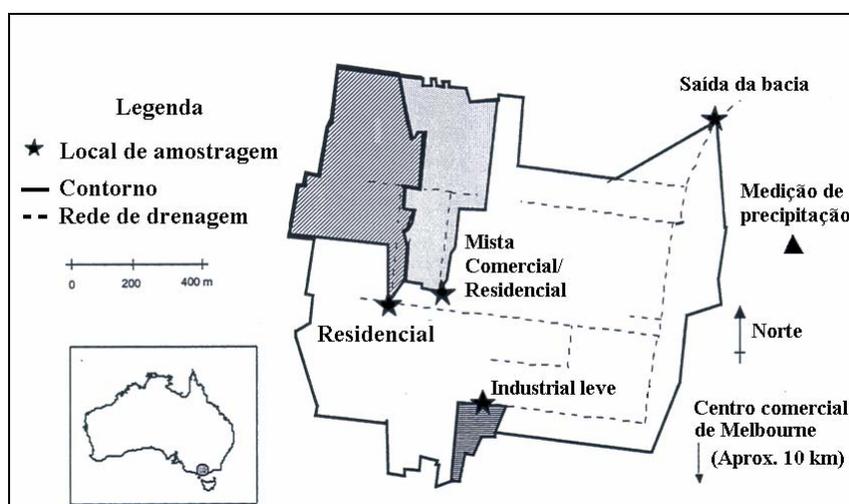


Figura 3.2. Bacia estudada em Coburg

Após 12 meses, dois eventos foram completamente monitorados levando em conta todos os locais conjuntamente, e seis eventos para a área mista.

No dia 27/01/1995, observou-se que as cargas na bacia não foram completamente lavadas por um simples evento. Entretanto, em cada evento o pico das concentrações ocorreu antes do pico dos hidrogramas e o tempo no qual a maior parte da carga é transportada ocorre durante as descargas mais altas.

As cargas são mostradas na Tabela 3.6, em função do uso do solo. O material orgânico foi o componente coletado de maior presença em todos os locais (65 a 85% em massa), exceto na sub-bacia com indústrias leves no primeiro evento (27/01/1995), quando um grande objeto de papel foi capturado, distorcendo os resultados. A composição do material restante foi principalmente de plástico e papel (Figura 3.3).

Tabela 3.6. Resultados do monitoramento em Coburg, Melbourne - Austrália

Dia 27 de janeiro de 1995						
Local	Área (ha)	Chuva (mm)	Escoamento Superficial (mm)	Seco (g/ha)	Matéria Orgânica (g/ha)	Total seco (g/ha)
Área Mista (Residencial/Comercial)	15,8	7	3,4	116	254	371
Residencial	20,2	7	2,0	43	248	292
Industrial Leve	2,5	7	1,3	162	79	242
Saída da bacia	150	7	2,2	77	276	333
Dia 06 de abril de 1995						
Local	Área (ha)	Chuva (mm)	Escoamento Superficial (mm)	Seco (g/ha)	Matéria Orgânica (g/ha)	Total seco (g/ha)
Área Mista (Residencial/Comercial)	15,8	12	8,3	410	162	572
Residencial	20,2	12	4,6	127	181	303
Industrial Leve	2,5	12	2,3	20	44	63
Saída da bacia	150	12	7,3	163	245	407

Fonte: ALLISON et al. (1998b).

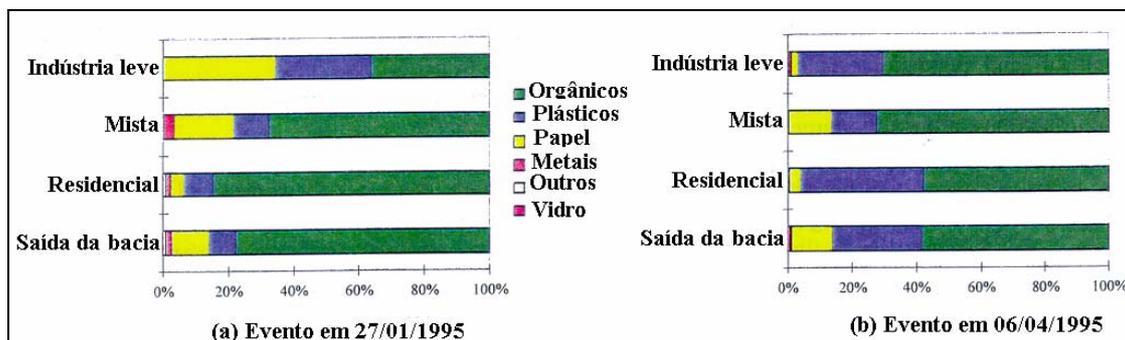


Figura 3.3. Componentes dos resíduos sólidos: dois eventos em Coburg (Fonte: ALLISON et al., 1998b).

O monitoramento em Coburg sugeriu que:

- Material orgânico contribuiu com pelo menos dois terços das cargas de poluentes grosseiros em todas as áreas, exceto as áreas cujo uso do solo é feito por indústrias leves, onde não foi possível chegar a uma conclusão;
- Há grandes quantidades de papel e plástico transportados mais nas áreas comerciais que nas de indústrias leves e residenciais;
- A composição dos poluentes grosseiros durante eventos parece não variar com as flutuações de concentração e carga;

- Em geral, as concentrações de poluentes grosseiros são mais altas durante os primeiros estágios do escoamento superficial. A carga aumenta com as vazões.

Ainda em Coburg, ALLISON et al. (1997) e ALLISON et al. (1998b) mostram um estudo realizado em uma área de 50 ha com 35% de uso comercial (*shopping center*, livraria e lanchonetes *fast food*) e 65% residencial (classe média, unidades de habitação com um único pavimento) a uma densidade de 10 unidades/ha.

Com a extrapolação dos dados, estima-se que as áreas urbanas contribuem para a drenagem com aproximadamente $30 \text{ kg}\cdot\text{ha}^{-1}\cdot\text{ano}^{-1}$. A maior parte é material orgânico (principalmente folhas e galhos) e o restante compõe-se de papel, plásticos de comidas e itens de bebidas. A massa específica média foi de $260 \text{ kg}/\text{m}^3$. Para Melbourne, isto equivale a, aproximadamente, 230.000 m^3 de poluentes grosseiros.

As cargas de papel e plástico foram associadas primeiramente às atividades de pedestres e motoristas, pois mais carga veio das áreas comerciais do que das demais. Sendo ignorada a parcela de vegetação, a carga é de $6 \text{ kg}\cdot\text{ha}^{-1}\cdot\text{ano}^{-1}$ seco, $20 \text{ kg}\cdot\text{ha}^{-1}\cdot\text{ano}^{-1}$ úmido, ou $0,08 \text{ m}^3\cdot\text{ha}^{-1}\cdot\text{ano}^{-1}$.

ARMITAGE et al. (1998b) relata o estudo no *Central Metropolitan Council District* de Joanesburgo, no canal que drena 8 km^2 de uma área urbana bastante desenvolvida com zonas residenciais, comerciais, industriais e de comércio informal. O clima é similar ao de Springs. Estima-se que $0,50 \text{ m}^3\cdot\text{ha}^{-1}\cdot\text{ano}^{-1}$ atinge a rede de drenagem, o que corresponde a $48 \text{ kg}\cdot\text{ha}^{-1}\cdot\text{ano}^{-1}$ (na densidade de $95 \text{ kg}\cdot\text{m}^{-3}$). Não há informações sobre as práticas e frequências de limpeza das ruas. O contexto foi o da pesquisa de uma estrutura de retenção.

BROWNLEE (1995) apud ARMITAGE et al. (1998b) mostram que o *North Sydney council litter control device programme* realizou estudos em uma área de 322,5 ha, bastante urbanizada com áreas comercial, residencial e industrial. Considerando somente a parte flutuante, a carga é de $0,019 \text{ m}^3\cdot\text{ha}^{-1}\cdot\text{ano}^{-1}$ (na densidade de $95 \text{ kg}\cdot\text{m}^{-3}$). Considerando também os sedimentos, $0,23 \text{ m}^3\cdot\text{ha}^{-1}\cdot\text{ano}^{-1}$.

Em CORNELIUS et al. (1994) estão a descrição e os resultados de Auckland, Nova Zelândia. O contexto foi o dos programas de quantificação dos resíduos sólidos que alcançam as águas marinhas. De novembro de 1992 a outubro de 1994, bolsas formadas por malhas de arame soldado foram instaladas, para cada uso do solo: comercial, industrial e residencial. Na área industrial predominou plástico rígido. A participação de plástico rígido alta refletiu a presença de um grande número de grânulos

de plásticos virgens em duas bacias. A área comercial mostrou proporções altas de papel e papelão. Pode-se dizer o mesmo para espumas/fibras, papel e papelão na área residencial. O estudo mostrou que a chuva não tem efeito nos detritos, exceto na primeira lavagem, o que é uma conclusão diferente do estudo de Coburg.

ICNZT (1996) relata a continuidade do estudo em Auckland, onde foram escolhidas áreas baseadas naquelas de 1994, a fim de se captar os resíduos nas saídas de condutos e das ruas. Tomaram-se duas áreas residenciais de 8,5 e 5,4 ha, uma área industrial de 16 ha e uma comercial de 14,9 ha.

Uma das tarefas foi estabelecer encontros com a comunidade, e em seguida, retomar as coletas para a verificação dos efeitos destes encontros. Houve três períodos de coleta nas saídas dos condutos. Entre o primeiro e o segundo, houve análise dos resultados e pesquisa de resíduos sólidos nas ruas. Entre o segundo e o terceiro, houve novamente análise de resultados, determinação de estratégias de redução com o envolvimento da comunidade e a segunda pesquisa nas ruas.

Os dois primeiros períodos de coleta revelaram uma grande quantidade de plástico rígido (74,2%), restos de cigarros e papel entre os 90.015 itens. Entretanto, a maior parte do plástico vinha de grânulos de plástico virgem e outros pequenos fragmentos de plástico vindos da área industrial. Excluindo estes fragmentos, chega-se a 26.385 itens, dos quais 12% (3.180 itens) são plásticos rígidos, 62% (16.462 itens) são cigarros e papel e aproximadamente 9% bolsas e folhas de plástico. Outros itens foram: espuma de plástico, pedaços de alumínio, pratos/bandejas de alimentos, embalagens, etc.

A bacia industrial revelou grande presença de plásticos nos dois primeiros períodos (aproximadamente três quartos do total de itens). A área residencial contribuiu com 5,6% do total de itens coletados. Metade dos itens era basicamente de plástico, mas houve presença de material de confecção de doces e alumínio perto de escolas, bem como pouca presença de vidro e metal. Na área comercial, houve alguma ocorrência de fragmentos de plástico rígido porque há vias de passagem de caminhões que transportam material para indústria. Material plástico representa mais da metade do que foi coletado.

Semelhante trabalho foi realizado em Cape Town (ARNOLD e RYAN, 1999). A amostragem foi realizada no inverno, período de maiores chuvas (junho e agosto). Foram escolhidas três áreas. A área comercial é composta de 20% de uma mescla de

centros de compras e 80% de residências consideradas de nível alto. A área industrial é um arranjo de indústrias leves e venda por atacado.

As cargas médias de resíduos sólidos variaram bastante com o uso do solo. Assumindo que a região metropolitana de Cape Town tem 90% de área residencial, 5% de área comercial e 5% industrial, e que os dados amostrados são representativos, 4,4 milhões de itens de resíduos vão para os corpos d'água costeiros diariamente. A massa correspondente é de 2,4 toneladas/dia.

Os autores não informaram a área da região metropolitana nem a população. As áreas utilizadas na amostragem possuíam um serviço de coleta regular. O plástico compôs de 40 a 85% dos itens e de 15 a 57% em massa, predominando nas áreas comerciais e industriais. A contribuição de entulhos de veículos foi grande, em massa, na área residencial. Algumas estatísticas diárias incluem quase 2 milhões de pedaços de plásticos, 290.000 pedaços de cigarros e 260.000 pedaços de papel.

O trabalho de MARAIS et al. (2004) foi realizado em Cape Town com dois objetivos: (a) estabelecer a fonte, os tipos e a quantidade de lixo urbano para algumas bacias urbanas típicas; (b) entender como o uso do solo, a densidade populacional, o nível socioeconômico e de serviços influenciam nos parâmetros.

Foram selecionadas 9 bacias-piloto com usos do solo e condições socioeconômicas diferentes. Foram colocadas cestas nas entradas de bocas-de-lobo e redes nos pontos finais dos condutos de saída das bacias. O período total de monitoramento foi de 2 anos, divididos em dois períodos: fevereiro a setembro de 2000 e fevereiro de 2001 a janeiro de 2002. O intervalo entre estes dois períodos serviu para avaliações e definições de estratégias para a continuação do monitoramento. As cargas, excluindo areia, resíduos de construção civil, pedras e vegetação, são mostradas na Tabela 3.7. As principais conclusões dos autores foram:

- Em todas as bacias, a contribuição dos plásticos para a carga de lixo aumentou de 2000 a 2001;
- Parece haver uma relação inversa entre renda média familiar e cargas, na área residencial, provavelmente porque nas áreas de maior renda há melhores serviços de limpeza. Por exemplo, a carga por área em Imizamo Yethu é 7 vezes maior do que em Summer Greens. Contudo, a carga por habitante é apenas o dobro. Isto pode ser resultado da tendência de decréscimo da densidade populacional com o aumento da renda média, conforme Figura 3.5;

- A varrição no centro comercial de Cape Town se mostrou bastante eficiente para reduzir a quantidade de lixo;
- Os plásticos tiveram sua contribuição entre 19% e 50% em massa, sem a presença de areia, resíduos de construção civil, pedras e vegetação. Este tipo foi o que teve maior contribuição em todas as bacias, com exceção de Summer Greens e Welgemoed (ver Figura 3.4).

Tabela 3.7. Resultados do monitoramento em Cape Town

Cargas anuais de lixo (kg.ha⁻¹.ano⁻¹)				
Nome da Bacia-piloto	Descrição	Período de observação		
		2000	2001	2000/2001
Imizamo yethu	Área residencial informal com população muito pobre e sem varrição nas ruas	59	40	45
Ocean View	Área residencial com população pobre e sem varrição nas ruas. Presença de condomínios com apartamentos de 3 andares e com densidade habitacional em torno de 60 hab/ha)	72	19	41
Cape Town CBD (C)	Centro comercial de Cape Town, com prédios de escritórios, hotéis, lojas, comércio informal, terminal de ônibus. Ruas varridas até 3 vezes ao dia com eficiência de remoção de aproximadamente 99%	42	14	23
Cape Town CBD (D)		46	10	22
Cape Town CBD (E)		111	35	59
Fresnaye	Área residencial com alguns apartamentos e população de renda alta e densidade habitacional de menos de 20 hab/ha	-	0	0
Summer Greens	Área residencial com população de renda média e sem varrição nas ruas. Densidade habitacional maior que 55 hab/ha	6	6	6
Montague Gardens	Área com indústrias leves e sem varrição das ruas	51	14	28
Welgemoed	Área residencial com população de renda alta e sem varrição nas ruas. Densidade habitacional em torno de 15 hab/ha	0	0	0

(adaptado: MARAIS et al., 2004)

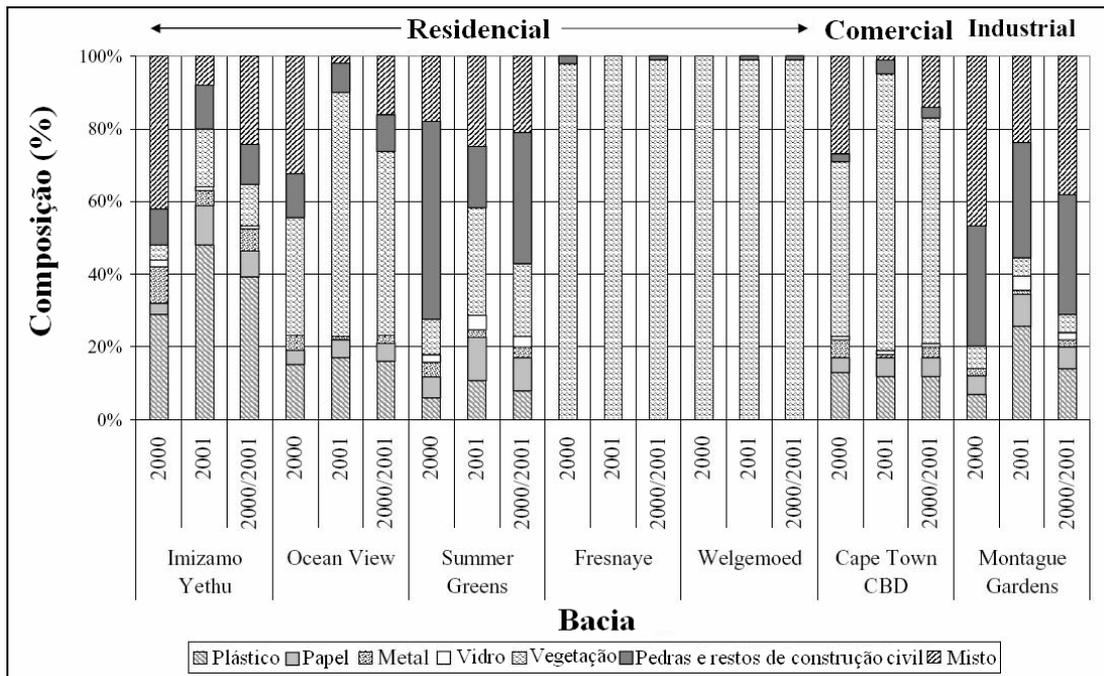


Figura 3.4. Composição do lixo em Cape Town (sem excluir nenhum tipo) (adaptado: MARAIS et al., 2004)

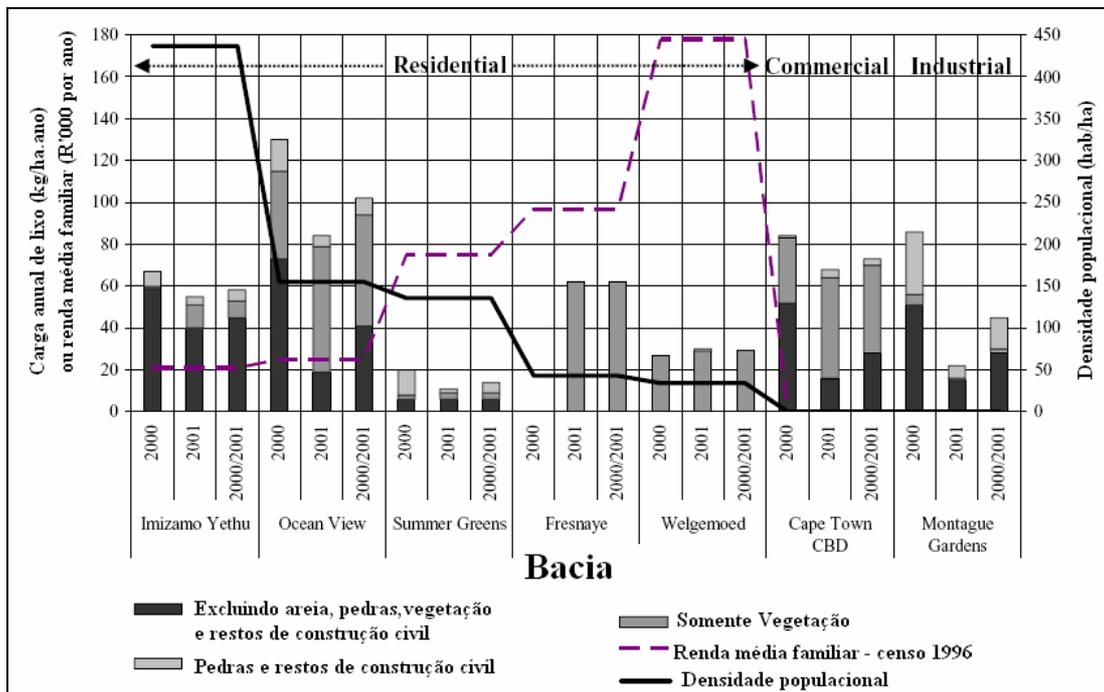


Figura 3.5. Síntese dos resultados Cape Town (adaptado: MARAIS et al., 2004)

Comparação entre os estudos

Os resultados obtidos em todas estas pesquisas está no Anexo A. Aqui, faz-se uma síntese (Tabela 3.8). As cargas e os volumes da África do Sul são maiores que na Austrália e na Nova Zelândia. Os dados de Sydney se aproximam dos dados da África do Sul, quando há a incorporação dos sedimentos. Em Auckland, a carga comercial, em peso, é cerca de 7 vezes menor que a carga de Cape Town. A carga residencial é cerca de 8 vezes menor e a industrial é, aproximadamente, 155 vezes menor em Auckland. Vale ressaltar que na África do Sul as amostras vieram de áreas mais desenvolvidas, onde os serviços de coleta são regulares. As composições estão na Tabela 3.9.

Tabela 3.8. Resumo da quantificação de resíduos na drenagem urbana

Local	Carga (kg.ha⁻¹.ano⁻¹)	Volume (kg.ha⁻¹.ano⁻¹)	Tamanho mínimo capturado (mm)
Springs - África do Sul	82	0,86	-
Johannesburg - África do Sul	48	0,5	20
Auckland - Nova Zelândia	2,76	0,029	19
Cape Town - África do Sul. Região Metropolitana - 1999	18	0,189	6
Melbourne - Austrália (sem a parte orgânica)	6	0,08	5

MARAIS et al. (2004) comparam os resultados entre diversos estudos realizados. Enquanto os plásticos contribuíram na faixa de 19 a 50% em Cape Town, em Coburg a faixa foi entre 33 e 60%.

A carga anual para as bacias-piloto de uso residencial variaram entre 0 e 72 kg.ha⁻¹.ano⁻¹. Retirando Imizamo Yethu e Ocean View, a faixa cai para 0 a 6 kg.ha⁻¹.ano⁻¹. Em Auckland, o resultado foi de 0,5 kg.ha⁻¹.ano⁻¹ (CORNELIUS et al., 1994) para a área residencial, enquanto que o estudo de ARNOLD e RYAN (1999) apresentou 4 kg.ha⁻¹.ano⁻¹.

Nas áreas comerciais, MARAIS et al. (2004) obtiveram a faixa 42 a 111 kg.ha⁻¹.ano⁻¹ em 2000 e a faixa 23 a 59 kg.ha⁻¹.ano⁻¹ em 2001. Em Springs, ARMITAGE et al. (1998b) mostra 82 kg.ha⁻¹.ano⁻¹ e em Auckland 1,3 kg.ha⁻¹.ano⁻¹.

Tabela 3.9. Resumo da composição dos resíduos sólidos nas pesquisas

Local	Composição
Springs	62% plásticos, 11% poliestireno, 10% papel, 10% latas, 2% vidro e 5% outros
Johannesburg	Sedimentos, detritos suspensos (80% de bolsas de plástico), restos flutuantes e grandes objetos (pneus de trator e carcaças)
Melbourne	80% vegetação e o restante associados a atividades de pedestres e motoristas
Auckland*	53% plástico rígido, 1,9% espuma de plástico, 10,5% forro/fibra de plástico, 0,3% vidro, 3,3% alumínio, 0,5% lata/aço, 26,8% papel/papelão, 3,5% outros
Cape Town**	não fornecida
Cape Town***	plásticos mais de 50%, em massa, em ambas as áreas industrial e comercial. Metal, madeira e borracha contribuíram significativamente para a massa de resíduos
Sidney	5,67 % material flutuante, 32,57% org. (tufos de folhas e grammas), 61,76% sedimentos
*Há algumas distorções entre os resultados de Auckland publicados (ver tabela 2.11) por CORNELIUS et al. (1994) apud ARMITAGE et al. (1998) e os resultados de CORNELIUS et al. (1994). Este último texto não indica a densidade que foi utilizada, enquanto o primeiro texto assume 95 kg/m ³ .	
**ARNOLD (1996) apud ARMITAGE et al. (1998)	
***ARNOLD e RYAN (1999)	

3.3.3. Modelos de estimacão da carga de resíduos sólidos

Métodos que podem ser utilizados para se estimar a carga de resíduos sólidos na rede de drenagem são mostrados aqui. Na África do Sul e na Austrália, os mesmos foram desenvolvidos como procedimentos para a escolha de estruturas de retenção, baseados em dados obtidos de experimentos e pesquisas de campo. Outro método foi desenvolvido nos Estados Unidos, mas se aplica às chamadas *Freeways* e não para ruas de uma bacia urbana nas cidades. Todos eles, portanto, estão estruturados com parâmetros que refletem peculiaridades locais.

Os dois primeiros métodos utilizam a chuva diária, a limpeza urbana, o uso do solo, entre outras variáveis. O primeiro método vem da África do Sul (ARMITAGE e ROOSEBOOM, 1998) e o segundo da Austrália (ALLISON et al., 1998). Os dois têm semelhanças conceituais; existe uma carga típica ou básica, existe uma carga real e existe um volume a ser capturado.

No método da África do Sul, a carga anual é calculada sem a chuva, baseando-se em um monitoramento feito durante 4 meses. A chuva entra como a variável que determina o volume a ser capturado. No método da Austrália, a chuva já é uma variável utilizada no início, a partir de relações chuva x carga estabelecidas com o

monitoramento de uma estrutura chamada CDS (*Continuous Deflective Separation*), que garante praticamente 100% de eficiência de retenção.

O método americano é composto de regressões lineares entre determinados índices e a carga diária de lixo dentro das bocas-de-lobo em número de itens, podendo a mesma ser obtida em volume (SYREK et al., 2003).

África do Sul

Os passos para a escolha de uma estrutura de retenção pelo procedimento metodológico da África do Sul são oito, que vão desde a determinação de uma carga básica de resíduos até a avaliação econômica de várias alternativas de dispositivo, cada um dos quais com suas eficiências de retenção.

As estruturas podem ser categorizadas da seguinte maneira: aquelas que são colocadas nas entradas de água na rede de drenagem; as chamadas “In-pipe” (até 1 m³/s); aquelas chamadas “End-of-pipe”; e as que são colocadas em canais ou riachos.

Para determinar a carga total de resíduos sólidos em cada área de bacia, caso não haja estruturas de eficiência conhecida já operando, estimam-se os fatores da equação 3.1:

$$T = \sum f_{sci} \cdot (V_i + B_i) \cdot A_i \quad (3.1)$$

onde T é a carga total nos cursos d'água (m³/ano), f_{sci} é o fator de serviço de limpeza de ruas para cada uso do solo (varia de 1,0 para limpeza regular de ruas até cerca de 6,0 para limpeza de ruas não existentes/colapso completo de serviços), V_i é a carga de vegetação para cada uso do solo (varia de 0,0 m³·ha⁻¹·ano⁻¹ para áreas com muito pouca vegetação até cerca de 0,5 m³·ha⁻¹·ano⁻¹ para áreas com vegetação densa), B_i é a carga básica para cada uso do solo (comercial = 1,2 m³·ha⁻¹·ano⁻¹, industrial = 0,8 m³·ha⁻¹·ano⁻¹, residencial = 0,01 m³·ha⁻¹·ano⁻¹), A_i é a área de cada uso do solo (ha).

Para seguir no procedimento, deve ser feita uma avaliação hidrológica, de modo que se assume um tempo de retorno para o cálculo de hidrograma que entrará na estrutura. Neste ínterim, tem-se a chamada carga por chuva nos cursos d'água, função da carga T calculada:

$$S = \frac{f_s \cdot T}{\sum f_{si}} \quad (3.2)$$

onde S é a carga por chuva nos cursos d'água (m^3 /chuva), f_s é o fator de chuva (varia de 1,0 para chuvas ocorrendo em menos de uma semana após uma tormenta prévia até cerca de 1,5 para chuvas ocorrendo após um período seco de cerca de três semanas, e até cerca de 4,0 para chuvas ocorrendo após um período seco de mais de três meses aproximadamente), $\sum f_{si}$ é a soma de todos os fatores de chuva para todas as chuvas no ano (já que esta informação não é geralmente disponível, uma alternativa sugerida é contar o número médio de chuvas significantes no ano e multiplicá-lo por 1,10). Depois, de posse da eficiência das estruturas propostas, calculam-se as capacidades das alternativas e fazem-se as análises econômicas.

Austrália

O método da Austrália é mais simples. Ele é chamado de Sistema de Suporte à Decisão para a Determinação de Estratégias Efetivas de Retenção de Poluentes Grosseiros (SSD). Segundo os autores, apesar das variáveis explicativas para se determinar as cargas serem chuva diária e escoamento superficial, somente a primeira é utilizada, pois os dados são mais facilmente encontrados.

O SSD tem a flexibilidade de poder ser utilizado para se estudar a colocação de tipos diferentes de estruturas na mesma bacia, de modo a se encontrar uma combinação efetiva, podendo-se ainda fazer isto para cada uso do solo, através de planilha eletrônica. O sistema assume rotinas típicas de limpeza de ruas da Austrália, mais precisamente de Coburg, subúrbio de Melbourne. Se as práticas de limpeza em um local qualquer forem significativamente diferentes daquelas do local pelo que se desenvolveu o método, altera-se um parâmetro de entrada da planilha, chamado “fator de ajuste para cargas de poluentes grosseiros devido à limpeza das ruas”. O esquema de cálculo está na Figura 3.6.

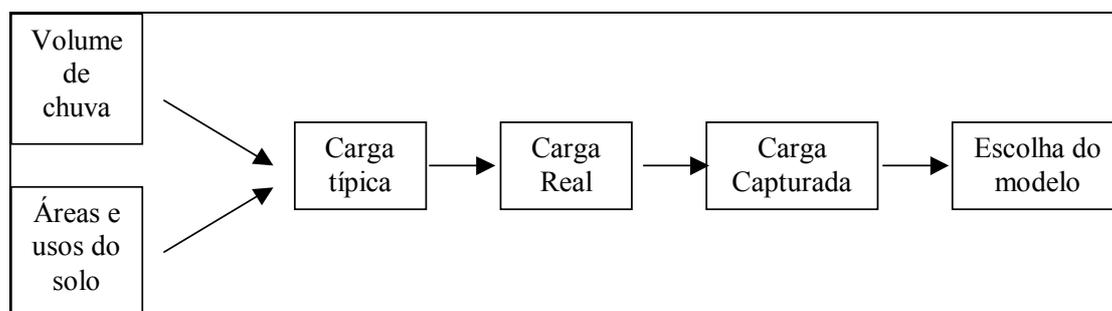


Figura 3.6. Esquema geral do procedimento da Austrália
(Fonte: ALLISON et al., 1998).

Estados Unidos

SYREK et al. (2003) apresentaram um modelo para prever o lixo que entra na bocas-de-lobo localizadas nas *Freeways*. O interesse está na predição da carga total máxima diária recomendada pela *Clean Water Act*. O fluxograma da Figura 3.6 mostra os passos.

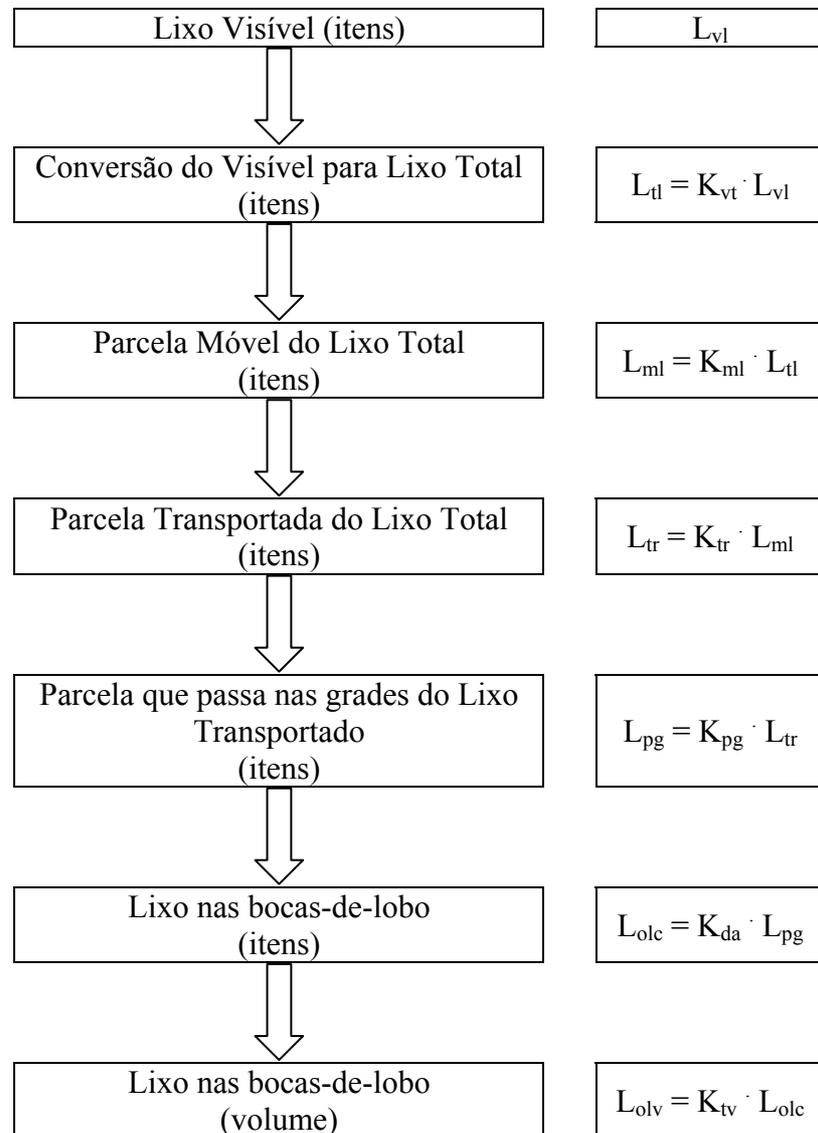


Figura 3.7. Fluxograma do modelo americano

O resultado deste fluxograma é uma relação onde L_{olv} é obtido a partir de L_{vl} pela multiplicação de seis coeficientes:

$$L_{olv} = K_{tv} \cdot K_{da} \cdot K_{pg} \cdot K_{tr} \cdot K_{ml} \cdot K_{vt} \cdot L_{vl}$$

O lixo visível L_{vi} depende: tempo, tamanho da população, ocupantes por veículo, programas anuais de controle de lixo, tráfego diário médio no ano. Os fatores K_{ml} e K_{vt} vêm de diversas pesquisas. O primeiro deles leva em conta a existência ou não de anteparos nas margens das estradas. O fator K_{tr} depende a precipitação total, a intensidade máxima e o número de dias anteriores secos. O fator K_{pg} depende do tipo de lixo que costuma ser despejado na estrada. O fator K_{da} representa o efeito do gradeamento na remoção de itens maiores e K_{vt} transforma o resultado para pés cúbicos.

Os autores não recomendam o estudo de adaptações para o caso de ruas em cidades. Por isso, não foi utilizado nesta tese. O modelo foi aplicado a 4 locais de Los Angeles. O erro na predição variou entre 12% e 25%, sendo o erro médio de 12%. Trata-se de um modelo que precisa de muita informação.

3.4. Gestão dos resíduos sólidos

A gestão dos resíduos sólidos envolve diversas atividades de planejamento, implantação e execução para garantir uma destinação adequada do material coletado e limpeza urbana. Atualmente, os gestores também estão se adequando no intuito de trabalhar o chamado gerenciamento integrado, procurando também conscientizar a população a respeito de seu grau de responsabilidade nos problemas e nas soluções.

O gerenciamento integrado dos resíduos sólidos é o conjunto de ações que envolvem a geração dos resíduos, seu manejo, coleta, tratamento e disposição, dando a cada tipo de resíduo seu tratamento e disposição pertinente, baseando-se sempre na minimização e na “descarga zero” (BIDONE, 1999). Segundo este autor, a vasta quantidade de variáveis na geração de resíduos torna o dimensionamento das soluções bastante complexo, de forma que o conceito de gerenciamento integrado torna-se então essencial.

3.4.1. Limpeza urbana

A limpeza urbana ou limpeza de logradouros públicos é a que mais tem relação com os resíduos sólidos que potencialmente atingem a rede de drenagem urbana, pois a incumbência de quem trata deste serviço é retirar os resíduos despejados no solo.

Segundo o IBAM (2001), há diversos aspectos que devem ser levados em conta para justificar a manutenção deste tipo de serviço pelo poder público: sanitários,

estéticos e de segurança. Certamente, a segurança é um aspecto importante, pois ela possibilita evitar o entupimento do sistema de drenagem de águas pluviais.

Entre todos os serviços de limpeza urbana, o de varrição é o que representa maior preocupação a este respeito, dado que a sarjeta, elemento de escoamento superficial, acaba recebendo boa parte do resíduo despejado.

A importância do serviço de limpeza urbana é reconhecido em pesquisas que quantificam os resíduos sólidos na rede de drenagem de águas pluviais realizados até o momento, como já mostrado. O que se verifica nestas pesquisas é que as áreas comerciais são em geral as de frequência maior de limpeza. Contudo, são estas áreas que mais contribuem com as cargas de resíduos. Em Melbourne, Austrália, a varrição é feita diariamente na grande área comercial e quinzenalmente nas áreas residenciais (ALLISON et al., 1998). Em Auckland, Nova Zelândia, na parte comercial, as ruas principais são limpas diariamente por varredores mecânicos. As ruas laterais são limpas semanalmente. Na parte residencial, as ruas principais são limpas semanalmente e as ruas laterais são limpas quinzenalmente. As ruas da parte industrial são somente limpas a cada quatro semanas (ICNZT, 1996). Em Cape Town, África do Sul, a área residencial é um subúrbio de classe média alta, cujos serviços de limpeza urbana têm uma frequência que varia entre 1 ou 2 vezes por semana (ARNOLD e RYAN, 1999).

Segundo ARMITAGE (2001) apud MARAIS e ARMITAGE (2004), a varrição diária pode remover mais de 98% do lixo presente nas ruas. Os autores mostram uma relação entre a razão “número médio de dias entre varrição/ número médio de dias entre chuvas significativas” e a eficiência de varrição: quando a razão mencionada é 1, a eficiência é de apenas 50%.

3.4.2. Destinação dos resíduos sólidos

A inadequada destinação dos resíduos provoca degradação ambiental nos diversos constituintes do meio ambiente, atingindo os seres humanos, como comprovam diversas pesquisas realizadas neste campo. Uma boa descrição deste último aspecto pode ser vista em DEUS (2000). Outro ponto importante, como salienta ZURBRUGG (1999), é que a contaminação não é privilégio da população de baixa renda, já que basta existir um meio como a água para levar a contaminação para outros lugares.

Nos países em desenvolvimento, o poder público enfrenta estas dificuldades, que são agravadas quando se levam em conta as questões financeiras (ZURBRUGG, 1999). As taxas cobradas, em geral, mal cobrem os custos de coleta e transporte. Na cidade de

Campinas/SP, o total recebido pela taxa representava, até antes da implantação da gestão integrada dos resíduos sólidos, aproximadamente 50% dos gastos com o setor de limpeza urbana (CAMPINAS, 1996).

Em quase todos os municípios brasileiros, o serviço de limpeza urbana é remunerado, total ou parcialmente, através de uma taxa, geralmente cobrada junto com o imposto predial e territorial urbano, tendo a mesma base de cálculo, ou seja, a área do imóvel. Sem esta os municípios passam a não ter como arrecadar recursos que podem chegar a mais de 15% do orçamento municipal, segundo IBAM (2001).

Há também a questão cultural: é mais importante afastar os resíduos sólidos; não importa onde será a disposição. Cria-se oposição a aterros sanitários próximos, forçando-se a procura por lugares mais afastados, aumentando os custos de transporte e exigindo a criação de infra-estrutura. É um sentimento geral resumido na frase seguinte:

*“É um imperativo nos livrarmos do resíduo sólido rapidamente, de preferência que vá para bem longe dos olhos e do coração”
(EIGENHEER, 1996).*

Na questão da disposição, a PNSB (IBGE, 2002) detectou que, do total coletado no Brasil, 47,1% destinava-se a aterros sanitários, 22,3% a aterros controlados e apenas 30,5% a lixões. Todavia, 63,6% dos municípios utilizavam lixões e em 32,2% os resíduos eram aterrados (sendo 13,8% em aterros sanitários e 18,4% em aterros controlados). 5% não informaram para onde vão seus resíduos. Em 1989, a porcentagem de municípios que aterravam seus resíduos era de 10,7%.

Apesar de IBGE (2002) englobar os resíduos de aterros sanitários e controlados na categoria de adequadamente dispostos, BIDONE e POVINELLI(1999) afirmam que, embora esta técnica seja preferível ao lançamento ao céu aberto, não substitui o aterro sanitário. Assim, pode-se dizer que apenas 13,8% dos municípios do Brasil destinam os resíduos sólidos coletados adequadamente.

Em 73,1% dos municípios brasileiros (estes com até 20.000 habitantes), 68,5% dos resíduos gerados são vazados em lixões e em alagados. A situação somente não é pior porque a quantidade coletada por estes municípios, em relação ao total nacional, representa somente 12,8% (20.658 toneladas/dia). A situação melhorou de maneira mais sensível na questão dos resíduos sólidos dos serviços de saúde, pois houve um aumento

dos municípios que encaminham tais resíduos para aterros específicos de 19 em 1989 para 539 em 2000.

Os países em desenvolvimento possuem uma grande diversidade de situações e a região da América Latina e o Caribe pode ser considerada um retrato disto, como mostra o diagnóstico feito por ACURIO et al. (1997), que levou em conta 5 áreas: institucional e legal, técnica e operativa, econômico-financeira, saúde, meio ambiente e social comunitária. Não há, via de regra, preocupação dos governos em implementar urgentemente a gestão correta; os cidadãos, por sua vez, não se sentem participantes suficientemente. Isto provoca diversos problemas de saúde pública e meio ambiente.

3.4.3. População e resíduos sólidos

Há diversas reflexões a respeito do comportamento da população frente aos resíduos sólidos. Aqui são mostradas algumas. Parece haver um consenso de associar o problema dos resíduos sólidos somente à falta de educação da população e com isto esconder motivos mais originais. Alguns pensadores associam à cultura do lixo, o aspecto existencial de vida ou morte, numa espécie de angústia que transborda, na sociedade atual, na necessidade de produção, ou seja, lixo é morte é final, mas é produção.

Para RODRIGUES (1992), a preocupação com a temática dos resíduos sólidos está também instaurada em países desenvolvidos, onde há uma angústia mesmo em locais considerados como muito limpos. Os resíduos sólidos somente atingiram o status de lixo após o surgimento da cultura industrial. A angústia não se limita a aversão aos produtos orgânicos e aos processos naturais. A nossa civilização precisa do lixo que detesta, pois ele representa a produção e a produção significa lucro. As pessoas são os canais e não somente os produtores de lixo, como as campanhas educacionais costumam inculcar.

Reflexões complementares podem ser vistas em CARREGAL (1996), interpretando textos da antropóloga inglesa Mary Douglas. Neste desenvolvimento, sugere-se que a atitude humana frente à sujeira deve ser vista à luz da limpeza, que por sua vez é vista como ordem, um movimento e um esforço criativo para relacionar forma e função, para fazer da experiência uma unidade.

Para isto, deve-se investigar os conceitos de sujeira, limpeza e interdições. A sujeira seria o que é desordenado, fora das classificações, o que está isolado. Por outro

lado, um semblante de ordem é criado exagerando algumas diferenças como dentro x fora, acima x abaixo, fêmea x macho, com x contra, etc.

A questão dos resíduos sólidos é remetida para o campo da estrutura da sociedade. Por sua vez, esta estruturação tangencia idéias e ações morais ligadas a rituais e simbolismos. Isto é constatado em relatos sobre grupos e culturas primitivos, que têm sua validade até hoje se as idéias de uma comunidade sobre resíduos sólidos forem encaradas como parte de um todo mais abrangente. No campo cultural, a autora exemplifica esta relação primitiva e moderna citando notícias da imprensa carioca, onde se mostra que as causas dos problemas atuais de resíduos sólidos têm como pano de fundo o fato de que o cidadão tem uma tradição cultural de sempre pensar que há alguém responsável por limpar a sujeira dos outros. Esta tradição é escravista, pois os escravos eram encarregados de recolher os dejetos do Rio de Janeiro na metade do século XIV.

Uma pesquisa realizada por RÊGO et al. (2002) com mulheres na periferia de Salvador revelou que elas consideram lixo tudo aquilo que não serve para ser utilizado, vendido ou trocado, sendo descartado. O lixo é uma categoria dinâmica e possui uma dimensão temporal, ou seja, o que é lixo hoje e para estas pessoas, pode não ser amanhã e para outras pessoas.

As mulheres mostraram ter uma boa compreensão dos tipos de lixo mais perigosos, dos problemas relacionados com a saúde e com os problemas ambientais que podem ocorrer com a má disposição. Inclusive, dizem os autores, os relatos apontam que o somatório dos problemas de drenagem, acúmulo de resíduos, elevado índice pluviométrico e topografia da cidade expõem as populações que residem em áreas de encostas e baixadas às mais variadas situações de deslizamento de terra e enchentes. Uma moradora relata, de forma clara, a interface entre lixo e drenagem.

Na mesma pesquisa, RÊGO et al. (2002) afirmam que existe uma diferenciação, ainda que pouco precisa, entre o espaço público e o privado, sendo o privado correspondente à própria casa e aos arredores, este sendo de responsabilidade da família. O que está fora é de responsabilidade “dos outros”, sendo estes os vizinhos ou transeuntes mau educados (ninguém assume que despeja resíduos em locais inadequados) ou o órgão competente de limpeza do município, responsável pela área de domínio público.

Fazendo uma análise do ponto de vista do produtor de resíduos sólidos, RENNHACK (1996) enumera alguns comportamentos da sociedade do desperdício e

propõe também maneiras de atacar o problema. Os elementos relacionados com o lixo na sociedade atual são:

- Latas e garrafas com logotipos de material descartável;
- Invólucros dispendiosos, desprezados depois de abertos, mas executados dentro dos padrões mais modernos de propaganda;
- Material utilizado vem da natureza e isto não tem sido preocupação da indústria, ávida de soluções “confortáveis” e que remetam ao “progresso”;
- Falta de vontade política. As iniciativas vêm de pequenos grupos particulares;
- As dificuldades para a seleção dos resíduos sólidos pelos próprios produtores domésticos esbarram na falta de coleta seletiva que apoiaria essa seleção;
- Momento histórico no qual nos tornamos indisciplinados por princípio.

A solução virá com a participação coletiva. Contudo, a participação é possível se cada um tiver consciência de que é participante e de que tem direito aos serviços. Nas entrevistas de RÊGO et al. (2002), as mulheres da periferia de Salvador mostraram que não adiantava saber as relações entre o lixo e os problemas da comunidade, pois elas mesmas não têm a noção do direito delas ao serviço de coleta que possibilite o acondicionamento adequado, não reivindicando e se conformando com a situação.

O interessante também da pesquisa citada é que a prática do reuso e do reaproveitamento já é comum em uma comunidade pobre. Então, parece que políticas de educação no que diz respeito ao reuso e ao reaproveitamento com pessoas menos favorecidas, apesar de possuírem receptores mais predispostos, estão fadadas ao resultado menos significativo do que se fossem feitas com o objetivo de conscientizar para a participação das reivindicações junto ao poder público dos serviços básicos de coleta e infra-estrutura de acesso.

Vale apostar na visão educacional, que não é detalhada aqui, mas que possui os componentes seguintes:

- Educação formal (na escola), com a formação de agentes multiplicadores, despertando uma nova mentalidade para o desperdício e o consumo; e
- Educação não formal, através dos meios de comunicação;

- Transformação de objetos como uma experimentação de um processo de reciclagem interna, formando os futuros arte-educadores, como atesta QUINTANILHA (1996).

3.5. Propostas para os problemas de gestão de resíduos sólidos

ARMITAGE et al. (1998) colocaram alguns pontos que podem ser úteis na discussão da redução deste problema para o caso da África do Sul. Apesar de terem sido colocados no contexto da drenagem urbana, são apropriados para o âmbito geral e estão relacionados principalmente com a administração municipal e conscientização da população quanto ao consumo irresponsável. Entretanto, eles salientam que sempre será necessária a utilização de estruturas de retenção e remoção.

3.5.1. Medidas

Na drenagem urbana, todas as medidas podem ser enquadradas em dois tipos (ALLISON et al., 1997): medidas estruturais, com a colocação de estruturas na entrada de bocas-de-lobo, sarjetas ou instaladas dentro dos canais de drenagem para separar e conter os poluentes grosseiros; e medidas não-estruturais, envolvendo mudanças de atitude e ações da comunidade, através da via legal ou por meio de educação ambiental.

No caso das medidas estruturais, certamente é necessário conhecer as cargas que atingem o sistema, de maneira a dimensionar as estruturas de maneira correta. Mesmo no caso das medidas não-estruturais, o conhecimento das cargas proporciona valores que servem de argumentação e avaliação do processo de conscientização ambiental, e para permitir a avaliação do sistema de limpeza urbana. A redução, ao longo do tempo, das cargas no sistema de drenagem pode ser um indício de que o sistema de limpeza é mais eficiente e/ou a consciência da população está melhorando e tratando os rejeitos com mais cuidado.

Segundo ARMITAGE et al. (1998), a melhor solução para o problema nos sistemas de drenagem é a redução das cargas que os atingem. Reunindo sugestões de diversos estudos, os autores chegaram a algumas opções para atingir este objetivo: (a) iniciativa do poder público e da população através de grupos organizados inseridos na sociedade; (b) melhorar a infra-estrutura de coleta rotineira e controle na drenagem procurando as fontes; (c) educação tanto da população quanto do comércio e da

indústria; (d) avaliação contínua dos serviços; (e) sanções se for o caso, nas diversas modalidades.

Há um exemplo de ação conjunta das medidas estruturais e não-estruturais nos trabalhos realizados em Auckland, Austrália e Cape Town. Em Auckland foram realizadas coletas de resíduos sólidos no sistema de drenagem e foram elaboradas estratégias de redução dos resíduos, baseando-se nos resultados das coletas (ICNZT, 1996).

Segundo os autores, as estratégias se basearam em ações pró-ativas e retroativas. As primeiras visam incentivar os participantes a agirem como parceiros do poder público, dando sugestões de como eles próprios podem contribuir para solucionar o problema. Já as ações retroativas visam ao poder público, no intuito de melhorar os serviços de limpeza urbana. Os resultados de coletas posteriores aos encontros mostraram que houve mais de 50% de redução de alguns resíduos sólidos.

A maior redução foi dos grânulos de plástico virgem e fragmentos de plásticos cortados em máquinas. Houve também substancial redução de papel, cigarros e madeiras, e uma razoável redução de bolsas/pedaços de plástico, plástico rígido e itens de alumínio. A Tabela 3.10 mostra os graus de redução dos itens.

Tabela 3.10. Graus de redução dos componentes dos resíduos sólidos coletados

Graus	Porcentagem	Itens
Redução Pequena	$\geq 25\%$	Alumínio
Redução Moderada	$\geq 33\%$	Plásticos/pedaços de plásticos e fibras
Redução Grande	$> 50\%$	Papel e madeira
Redução Muito Grande*	$\geq 75\%$	Grânulos de plástico virgem e fragmentos de plásticos cortados em máquinas
Redução insignificante	Menos de 10 itens	Plástico rígido, espuma de plástico e cigarros
Aumento ou patamares similares	-	Aço, vidro, borracha, material de fast food, material de confeitarias e docerias
*Devido à remoção dos grânulos, após um acidente no transporte dos mesmos		

Fonte: ICNZT (1996).

Trabalhos realizados nos Estados Unidos, sobretudo na Califórnia (LIPPNER et al., 2000 e LIPPNER et al., 2001) relatam experiências com o objetivo de se testar a

efetividade das chamadas *Best Management Practices* (Melhores Práticas de Gerenciamento) aplicadas em bacias que contribuem para as chamadas *freeways*.

Para isto, implantaram o Estudo Piloto de Gerenciamento de Lixo (*Litter Management Pilot Study* – LMPS) entre 1998 e 2000, com cinco tarefas: (a) adotar uma definição de lixo operacional; (b) desenvolver métodos de amostragem e monitoramento; (c) estabelecer caracterização apropriada dos parâmetros; (d) conceber um meio de medir a efetividade das BMPs; e (e) coletar e analisar dados de campo.

O lixo foi definido como todo material manufaturado maior que 6,35 mm. Este material foi capturado em bolsas colocadas nas saídas das bacias. Após cada evento, estas bolsas eram retiradas e levadas para o laboratório para análise.

Cinco BMPs foram testadas neste estudo, sendo duas não-estruturais: Aumento da frequência de varrição e aumento da frequência de retirada de lixo das bocas-de-lobo. As medidas estruturais estudadas foram: colocação de bocas-de-lobo modificadas, grelhas com barras para impedir grande objetos, e o chamado *Litter Inlet Deflector* (LID).

O estudo utilizou bacias em pares, os quais foram compostos de uma bacia de controle e uma bacia de tratamento, ambas com características semelhantes. A bacia de controle é aquela que mantém as práticas tradicionais de limpeza e a bacias de tratamento é aquela onde se adotou uma BMP. Dessa forma, foi possível comparar as quantidades de lixo que atingiram a saída em cada par, possibilitando verificar se houve redução da quantidade com a aplicação da BMP. O total de 24 bacias foram monitoradas, com áreas variando entre 0,07 e 0,37 ha.

Os resultados estão na Tabela 3.11 e mostram que somente duas BMPs reduziram significativamente o lixo: aumento da frequência de retirada de lixo e boca-de-lobo modificada. Provavelmente, segundo os autores, o aumento da varrição na teve a colaboração do pessoal responsável pelo serviço. Pode ser que a ênfase tenha sido dada a objetos maiores. Além do mais, algumas vezes se flagrou varredores despejando material nas bocas-de-lobo.

Tabela 3.11. Resultados nos Estados Unidos

BMP	Tipo de bacia	Peso seco ($\text{kg}\cdot\text{ha}^{-1}\cdot\text{ano}^{-1}$)	
		Ano 1	Ano 2
Aumento da frequência de Varrição	Controle	9,4	16,8
	Tratamento	12,1	26,7
	Redução aparente	-29%	-59%
Aumento da frequência de retirada de lixo	Controle	14,1	22,9
	Tratamento	9,7	15,8
	Redução aparente	31%	31%
Boca-de-lobo modificada	Controle	12,6	13,4
	Tratamento	11,5	9,5
	Redução aparente	9%	29%
Grelhas (1 ano apenas)	Controle	8,5	Não Disponível
	Tratamento	8	Não Disponível
	Redução aparente	6%	Não Disponível
LID (Substituiu as grelhas)	Controle	Não Disponível	6,7
	Tratamento	Não Disponível	9,3
	Redução aparente	Não Disponível	-39%

Adaptado: LIPPNER et al. (2001).

MARAIS e ARMITAGE (2004) sugerem estratégias de gerenciamento integrado do lixo nas bacias hidrográficas urbanas, conforme mostra o esquema da Figura 3.8. Com o controle por planejamento, busca-se a preservação de canais naturais, banhados, etc., restringindo o uso do solo nestas áreas por atividades produtoras de lixo e minimizando o risco deste alcançar estes cursos d'água.

O controle na fonte visa à redução das cargas que entram no sistema de drenagem, envolvendo campanhas educacionais que assegurem que o público fique bem informado e motivado, que mantenham ou melhorem o sistema de coleta e limpeza e que os órgãos responsáveis utilizem, caso seja necessário, a força da lei.

O controle estrutural visa à interceptação e remoção do lixo após sua entrada no sistema de drenagem.

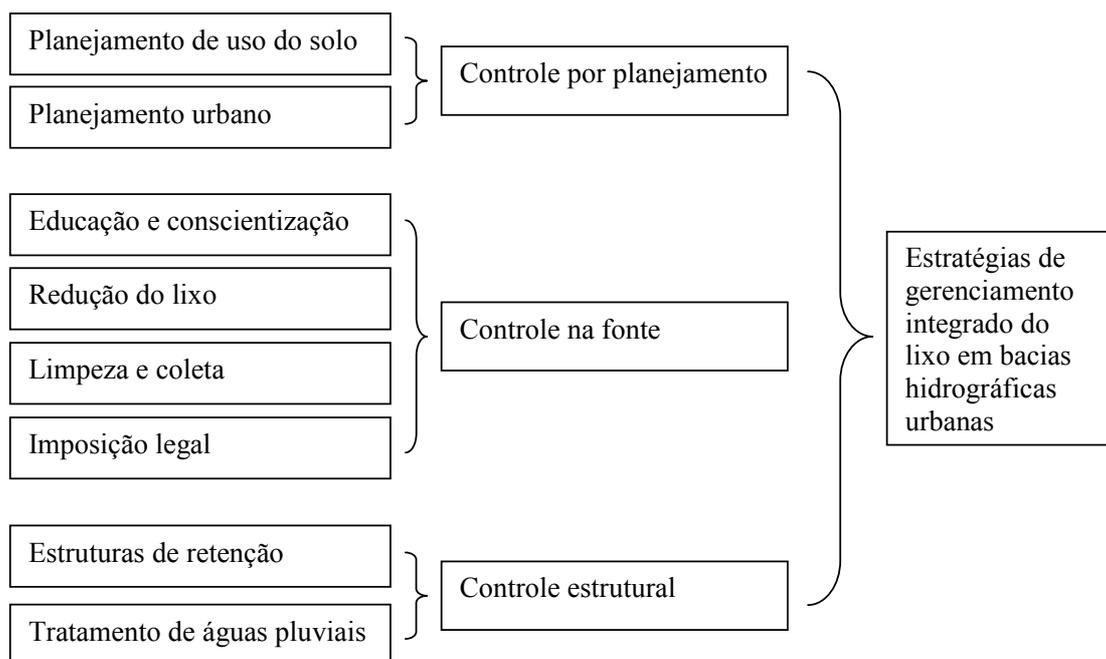


Figura 3.8. Estratégias de gerenciamento integrado
(Adaptado: MARAIS e ARMITAGE,2004).

Os autores ressaltam que cada bacia terá suas estratégias individuais que devem ser avaliadas sob três aspectos: custo-efetividade, capacidade de implementação e oportunidade de implementação. Eles apresentam uma matriz onde nas linhas estão os fatores que afetam o problema do lixo e nas colunas as opções de gerenciamento. Em cada elemento da matriz é indicado se aquela opção “pode ser efetiva” ou “geralmente é efetiva” no enfrentamento do fator.

As estratégias mostradas por MARAIS e ARMITAGE (2004) foram construídas a partir da experiência da África do Sul, de modo que sua aplicação deve ser estudada em outros locais. Contudo, parecem adaptar-se bem ao caso de países como Brasil, dada a variedade de condições existentes no país.

Em um contexto mais geral dos problemas de disposição dos resíduos sólidos nos países em desenvolvimento, ZURBRUGG (1999) sugere alguns objetivos a serem alcançados: acabar com disposição não controlada gradualmente, primeiramente em locais já afetados; desenvolver padrões locais apropriados, estabelecendo padrões a longo prazo; agir com transparência; garantir recuperação financeira dos projetos, entre outros, são práticas, que parecem ser comuns para quem lida com o assunto, mas ainda não atingiram toda a sociedade.

No caso do Brasil, o drama enfrentado diminuirá com uma política nacional que co-responsabilize poder público, iniciativa privada e cidadãos, e seja implementada

mediante instrumentos como educação ambiental, dispositivos legais, múltiplas técnicas de manejo de resíduos urbanos, e uma gestão eficiente em todas as fases do processo (KAPAZ, 2002).

3.5.2. Minimização dos resíduos sólidos

O Gerenciamento integrado torna-se mais eficaz a partir do conceito de minimização, cujos componentes são: redução da fonte, da reutilização e da reciclagem, diminuindo, desta forma, a quantidade a ser disposta, bem como seu potencial de contaminação (TEIXEIRA et al., 1997 apud TEIXEIRA e BIDONE, 1999).

Dentro das medidas não-estruturais, já é consenso a urgência de soluções que se baseiem no conceito de minimização. Segundo IBAM (2001), esta preocupação não é exclusiva dos países em desenvolvimento, dado que nos países desenvolvidos há uma permanente necessidade de identificação de novos locais para os aterros.

Conceitos

A redução na fonte e/ou origem é a redução de resíduos devido a sua não geração. Ela pode ser realizada por alterações de hábitos, processos e/ou materiais, ou ainda através de opções ao adquirir produtos (TEIXEIRA e BIDONE, 1999). Segregando os diversos componentes, estes podem ser encaminhados para posterior reciclagem e tratamento, ou incineração, reduzindo e tornando inertes os resíduos sólidos com a possível recuperação da energia (LIXO, 1995).

A reutilização procura aproveitar o material nas condições em que é descartado, submetendo-o a pouco ou nenhum tratamento. No caso de embalagens, isto deve ocorrer quando a redução na fonte não for possível, substituindo, por exemplo, embalagens PET de refrigerante pelas de vidro reutilizáveis ou a própria embalagem PET para usos diferentes do original, etc (TEIXEIRA, 1999).

A reciclagem é a última alternativa a ser tentada na busca da minimização (TEIXEIRA, 1999) e consiste no processo através do qual os resíduos retornam ao sistema produtivo como matéria-prima. Pode ser considerada como uma forma de tratamento de partes dos resíduos sólidos gerados. Este retorno ao processo produtivo pode dar-se de forma artesanal ou industrial (TEIXEIRA e BIDONE, 1999).

A segregação de materiais tem como objetivo principal a reciclagem de seus componentes. A reciclagem, por sua vez, não é a solução principal. É uma atividade econômica; um elemento dentro de um conjunto de soluções, já que nem todos os

materiais são técnica e economicamente recicláveis. Antes de uma prefeitura decidir se vai estimular ou implantar a segregação de materiais, é importante verificar se existem na região esquemas que possibilitem o escoamento dos mesmos, ou seja, buscar um modelo que permita a sua auto-sustentabilidade econômica (LIXO, 1995 e IBAM, 2001).

A reciclagem pode ser classificada nas seguintes categorias (TEIXEIRA e ZANIN, 1999):

Primária: é o processamento para fabricação de um produto com características similares ao original, como ocorre nas fábricas. Tem como característica a baixa contaminação.

Secundária: obtêm-se produtos diferentes do original, como no caso da reciclagem pós-consumo dos resíduos sólidos urbanos, associada em geral a um nível maior de contaminação.

Terciária: obtêm-se, a partir de um produto, os componentes químicos básicos do mesmo, através da reciclagem química.

Quaternária: é a utilização do conteúdo energético dos materiais através de sua queima ou incineração (reciclagem energética). Não gera novos produtos que incorporem os materiais já utilizados, de modo que não é propriamente uma reciclagem, mas sim um reaproveitamento.

A reciclagem secundária a partir dos resíduos sólidos urbanos tem crescido e possui os seguintes aspectos favoráveis (LIXO, 1995; TEIXEIRA e ZANIN, 1999; IBAM, 2001): redução dos impactos ambientais, sanitários e sociais; do consumo de matérias primas virgens; da quantidade a ser aterrada, aumentando a vida útil dos aterros sanitários; dos custos de fabricação de alguns produtos. Também economiza energia, gera renda e trabalho, através da criação de indústrias recicladoras e tem um papel de conscientização e formação de cidadania.

Nos Estados Unidos, segundo EPA (2000), o número de aterros sanitários decresceu de 8.000 para 2.314 entre 1988 e 1998. Para se ter uma idéia dos benefícios da reciclagem, após o processamento em uma usina e ela destinada, com uma unidade de compostagem acoplada, o balanço gravimétrico revela que, do total processado, apenas 12,6% são transportados aos locais de destino final, desde que haja produção de composto orgânico (IBAM, 2001).

As principais desvantagens são (TEIXEIRA e ZANIN, 1999):

- Possível piora da qualidade técnica do material com os sucessivos ciclos de vida (síntese-transformação-uso-descarte). Isto pode ser contornado por meio de uso de aditivos especiais ou misturando-se proporções adequadas de material virgem e reciclado. É importante observar que vários materiais (vidros, alumínio, alguns plásticos) mantêm suas características praticamente inalteradas aos serem reciclados;
- Necessidade de descontaminação do material proveniente principalmente da coleta tradicional;
- Técnicas de processamento de alguns materiais que não estão totalmente desenvolvidas ou não são de fácil domínio ou aplicação;
- Dificuldades de ordem financeira já que o custo do material pode por um lado ser menor, diminuindo a margem de lucro, desestimulando a reciclagem, ou maior em função das dificuldades de coleta, transporte e manuseio de um material que se encontra disperso e necessitando ser separado e descontaminado. Entretanto, deve-se observar que há ainda custos ambientais e sociais que, incorporados nos cálculos, pode favorecer a reciclagem.

Uma boa separação favorece a recuperação de materiais. Há duas formas de separação (TEIXEIRA e ZANIN, 1999): coleta comum seguida de triagem em uma usina apropriada, associada ou não à compostagem, incineração ou aterro, ou a coleta seletiva de recicláveis. A vantagem do primeiro tipo é que praticamente não há alterações na coleta (inclusive quanto aos custos).

A desvantagem reside na contaminação do material, principalmente em coleta feita por caminhões compactadores. Há também questões de eficiência na usina de triagem manual (por vezes insalubre) e de educação ambiental (a população não vê para onde vão os resíduos, não sendo então afetada). O segundo tipo, coleta seletiva, tem as vantagens de diminuir a contaminação e envolver a população.

Há diferentes formas de coleta seletiva: quanto aos locais, pode haver coleta seletiva domiciliar ou pode haver pontos ou locais de entrega voluntária. Outras formas levam em conta o grau de seletividade, as diferenciações quanto à distribuição ou não de recipientes para acondicionar os recicláveis, e pode haver ou não pagamento ou permuta pelos materiais separados entregues.

Contexto da reciclagem

Os materiais potencialmente recicláveis podem se enquadrar em quatro grupos: papéis, vidros, metais e plásticos. Os papéis se dividem em papéis e papelões, com três categorias conforme a qualidade. Podem ser classificados também como papel jornal, de escritório, papelão ondulado, etc. Os vidros aparecem, sobretudo, como vasilhames e podem ser classificados quanto ao tipo (planos, curvos) e à cor e os materiais metálicos como ferrosos ou não ferrosos.

Os plásticos, que incluem uma variedade de polímeros com características químicas e estruturais bem diferenciadas têm como mais frequentes o PET (polietilenotereftalato), o PEAD (polietileno de alta densidade). Também aparece o PVC (policloreto de vinila), o PP (polipropileno), o OS (poliestireno) e o PEBD (polietileno de baixa densidade), este último presente no plástico filme (TEIXEIRA e ZANIN, 1999).

No Brasil, dentre os papéis, o ondulado é o que possui maior quantidade relativa reciclada, pois 77,3% do volume total consumido no Brasil é reciclado em 2003 (CEMPRE, 2004a) e 79% em 2004 (CEMPRE, 2006), contra 35% no caso do papel de escritório em 2003 (CEMPRE, 2004a) e 33% em 2004 (CEMPRE, 2006). O mercado absorve mais o papel ondulado, principalmente indústrias de embalagens e há pouco incentivo para a reciclagem de papel de escritório.

A presença de diferentes tipos deste papel no resíduo misturado faz com que a procura priorize o papel branco de computador. Os dois tipos necessitam de uma rígida especificação de matéria prima, sendo o papel ondulado possuidor de outros limitantes como a misturas e materiais contaminantes. Quanto à redução da fonte de geração, para o papel de escritório é mais prático incentivar o seu aproveitamento nas empresas. O papel ondulado vem sofrendo uma redução no seu peso.

Dentre os plásticos, o do tipo PET mantém a liderança com 40% das embalagens pós-consumo recicladas em 2003 (CEMPRE, 2004a) e 40% em 2004 (CEMPRE, 2006). No Brasil, 16,5% dos plásticos rígido e filme consumidos retornam à produção como matéria-prima (CEMPRE, 2006).

O que dificulta a reciclagem do plástico filme é a diversidade de resinas, a mistura de dois ou mais polímeros e a freqüente coleta de plástico misturado a outros tipos de resíduo, reduzindo seu preço.

Quanto ao rígido, há sete famílias muitas vezes não quimicamente compatíveis entre si. As impurezas presentes reduzem o preço de venda e exigem maior cuidado na lavagem antes do processamento. A contaminação também dificulta em se tratando de PET. Nas garrafas de refrigerantes os adesivos (cola) usados no rótulo está entre os principais contaminantes. A maioria dos processos de lavagem não evitam que parte destes continuem no floco de PET.

O plástico filme tem contribuído para reduzir a geração dos resíduos em geral, pois é mais leve do que os demais materiais. O plástico rígido tem sofrido grandes reduções no peso. No caso de embalagem PET de 2 litros, a relação entre o peso da garrafa (cerca de 50g) e o conteúdo é uma das mais favoráveis entre os descartáveis.

As latas de alumínio formam o material com maior porcentagem de reciclagem: 89% da produção nacional em 2003 (CEMPRE, 2004a) e 95,7% em 2004 (CEMPRE, 2006), superando números de países industrializados. O material é recolhido por uma rede de 130 mil sucateiros, responsáveis por 50% do suprimento de sucata de alumínio à indústria. Outra parte é recolhida por supermercados, escolas, empresas e entidades filantrópicas.

Quanto à sucata de aço, o Brasil possui um mercado sólido porque a indústria siderúrgica precisa de sucata para fazer um novo aço. O principal mercado associado à reciclagem de aço é formado pelas aciarias, que derretem a sucata, transformando-as em produtos ou novas chapas de aço.

No caso das latas de aço, 47% consumidas foram recicladas no Brasil em 2003 (CEMPRE, 2004a e CEMPRE, 2006). Se forem levados em conta os índices de reciclagem de carros velhos, eletrodomésticos, resíduos de construção civil, ou seja, todos os segmentos do aço, e somarmos aos índices das embalagens de aço, o Brasil recicla cerca de 70% de todo aço produzido anualmente.

A redução da espessura das latas de alumínio tem contribuído para a redução da geração na fonte (30% em 20 anos). Nas latas de aço, também há esta preocupação. Não há, neste tipo de lata e nem nas de alumínio, grandes impedimentos no que diz respeito à especificação de matéria prima. No caso do alumínio, o que há é a desonestidade de alguns comerciantes quando colocam outros metais dentro da lata para aumentar seu peso.

No Brasil, 45% das embalagens de vidro são recicladas (CEMPRE, 2006). Têm que ter rígida especificação do material, por existirem diversos tipos com composições químicas diferentes, com os cacos misturados causarão trincas e defeitos nas

embalagens. Contaminantes diversos deixam a embalagem com pouca resistência. Bolhas são geradas com presença de plásticos e metais.

Segundo CEMPRE (2006), a indústria de vidro vem desenvolvendo técnicas de redução de peso, apostando na diminuição de insumos para fabricação de garrafas mais leves que tenham a mesma resistência.

Quanto às embalagens cartonadas longa vida, o mercado de reciclagem é muito grande, pois envolve indústrias papelarias, de plástico e também fabricantes de placas e telhas. A taxa de reciclagem deste tipo de embalagem no Brasil em 2003 foi de 20%. Uma vez separadas adequadamente, não há limitações para a sua reciclagem e reaproveitamento de todas as suas camadas. Uma iniciativa na direção do uso deste tipo de embalagem, em substituição a outro material mais pesado contribui para a redução da geração na fonte.

CEMPRE (2006) levantou informações sobre os programas de coleta seletiva desenvolvido por prefeituras, constituindo o banco de dados chamado Ciclosoft; são dados sobre composição dos resíduos sólidos, custos de operação, mercado para material reciclável e participação popular.

O número de municípios com programas no país é de 327, concentrados no sul e sudeste (279 cidades). Na pesquisa, o custo médio da coleta seletiva em 2005, considerando as etapas de coleta e triagem, está em US\$ 151 por tonelada, cinco vezes mais do que o da coleta convencional. Quanto à composição, 72% da coleta foi de papel e papelão, plásticos e vidro. Segundo ainda CEMPRE (2006), há estudos que mostram que a coleta seletiva pode atingir um custo até dez vezes maiores que a coleta tradicional, sem serem computados os custos ambientais e sociais da coleta tradicional. Do ponto de vista das prefeituras, o primeiro critério para se verificar a viabilidade econômica da coleta seletiva é este: a comparação dos custos deste programa por tonelada de resíduo coletada com o custo da coleta regular (AGUIAR, 1999).

AGUIAR (1999) fez um levantamento apurado dos custos de 5 programas de reciclagem: Coleta seletiva de lixo de Embu (SP); Projeto Meia Ponte, no município de Goiânia (GO); Programa de coleta seletiva em Campinas (SP); Programa de coleta seletiva em Santos (SP); Programas de coleta seletiva na UNESP - Universidade Estadual Paulista, campus Botucatu (SP). Segundo o autor, a apuração de custos dos programas é uma tarefa difícil, pois os dados dificilmente são registrados com exatidão e disponibilizados. Não há uma uniformidade no estabelecimento de critérios para contabilização dos custos. Em geral, aborda-se somente os custos da administração

municipal, o que pode levar a comparar custos de modelos diversos, mascarando uma série de características dos programas.

O autor adotou a formulação que divide os custos em a) Custos incorridos: triagem, enfardamento, armazenamento, transporte e outros; b) Custos evitados: disposição final em aterro e, quando aplicável, transbordo e transporte adicional; c) Ganhos: energéticos, de controle ambiental e de consumo de água. O custo seria igual aos custos incorridos menos os custos evitados mais o preço de venda como quantificação dos ganhos.

Os custos totais das etapas de coleta seletiva e reciclagem dos programas (custos incorridos) correspondem à somatória dos custos de coleta e transporte, triagem e reciclagem. O custo da coleta corresponde a custos de investimento, de operação e de mão-de-obra (PHILIPPI JR. 1979 apud AGUIAR, 1999). Basicamente a mesma estrutura pode ser atribuída aos custos de triagem.

Os custos unitários de coleta e transporte variaram aproximadamente entre US\$ 50 e US\$ 260 por tonelada coletada, sendo o mais baixo foi o de Botucatu, onde a coleta é feita em parte por entrega voluntária. Os custos de mão-de-obra representam a parte mais significativa, variando de 35 a 80%. Foram detectadas consistências entre as proporções obtidas em Embu e em Goiânia, onde a coleta utiliza mão-de-obra de cooperados, predominando os custos de equipamentos; e também entre os resultados de Santos e Campinas, onde predomina a coleta porta-a-porta, sendo neste caso o custo da mão-de-obra o mais importante.

Os custos de triagem variam aproximadamente entre 25 e 120 US\$/tonelada. Nos programas em que há envolvimento de cooperativas e associações de catadores – Embu e Goiânia - os custos de triagem, do ponto de vista da administração municipal são muito baixos ou nulos porque a triagem é executada pelas cooperativas. A mão-de-obra representa de 70 a 100% do total dos custos de triagem. Nos casos em que representa 100%, certamente há ainda custos ocultos a contabilizar, principalmente com terrenos e edifícios, que não aparecem porque a maioria dos terrenos são de propriedade de um dos parceiros, não havendo pagamento de aluguel.

Quanto aos custos de reciclagem, no Campus Lageado da UNESP, onde é processado o plástico, os custos incluindo coleta, triagem e processamento situam-se na ordem de US\$ 220/tonelada, e que em Goiânia os custos estão na ordem de US\$ 400/tonelada.

Os custos unitários totais foram calculados por tonelada de resíduo vendida, ou seja, pelo material que volta efetivamente à cadeia produtiva. Estes custos estão na Figura 3.9, sendo que, nos casos de Porto Alegre e Belo Horizonte, AGUIAR (1999) tomou os mesmos tomados de outros estudos. Verifica-se que em relação aos custos totais da coleta seletiva as prefeituras contribuem ainda com partes significativas do total, porque a coleta, que é a atividade mais cara, ainda é paga pelo Município.

Na composição dos custos, o item Coleta e Transporte representa, em três dos casos, o maior componente. Do ponto de vista das prefeituras, essa ainda é uma oportunidade pouco explorada de parcerias. No caso da triagem, que é o segundo item em importância, várias prefeituras estão entregando a operação a empresas ou cooperativas, o que já contribui para que nos programas estudados este componente tenha um peso mais baixo.

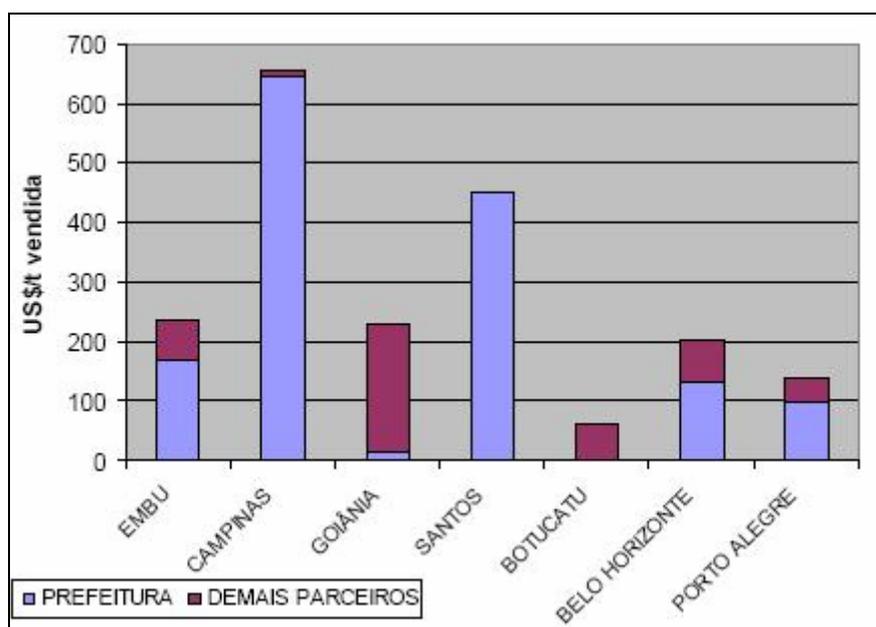


Figura 3.9. Custos totais unitários em AGUIAR (1999)

Quanto à viabilidade econômica, segundo ainda AGUIAR (1999), os custos são em média 2,5 vezes mais altos que os custos da solução convencional. Por outro lado, considerando-se apenas os programas com participação das prefeituras, na maioria dos casos os custos para as prefeituras são três vezes maiores que o custo da solução convencional, já bem abaixo da previsão mostrada nas pesquisas do CEMPRE.

3.6. Pesquisas com estruturas de retenção de resíduos sólidos

O estudo de estruturas de retenção na África do Sul dividiu os resultados em dois grupos: o primeiro para o tipo *screen-less*, ou armadilhas com limitada penetração na coluna d'água; e as *self-cleaning screens* (segregador autolimpante).

Verificou-se baixa eficiência nas estruturas do grupo das *screen-less* (ARMITAGE e ROOSEBOOM, 1998 e ARMITAGE et al., 1998), cujo princípio era reduzir a capacidade de transporte pela redução da velocidade média de modo que o material suspenso fosse dividido entre os flutuantes e os de fundo, por meio de barreiras suspensas e vertedores, respectivamente (ARMITAGE e ROOSEBOOM, 1998 e ARMITAGE et al., 1998).

Os estudos de estruturas autolimpantes se tornaram mais comuns a partir do trabalho de BEECHAM e SABLATNIG (1994), que modelaram 23 estruturas *on-line* e *off-line* em canais com declividades baixas e altas. Os seis melhores arranjos estão na Figura 3.10, sendo o arranjo 23 considerado o mais efetivo. A numeração foi adotada pelos autores. Algumas conclusões do trabalho:

- *Trashracks* com barras horizontais tiveram maior potencial de autolimpeza do que com barras verticais;
- A instalação de um compartimento faria a limpeza e a remoção do resíduo mais facilmente e provavelmente mais barato;
- A inclusão de uma queda vertical dentro do arranjo reduziria muito a probabilidade de refluxo; e
- O armazenamento *off-line* do resíduo disponibilizaria uma área de armazenamento muito maior, criaria menos perturbações no escoamento, e possibilitaria um acesso muito melhor de limpeza e manutenção.

O estudo modelou fisicamente em laboratório. Segundo os autores, devido a incertezas nas características de resíduos, que possuem grande variabilidade geográfica, não foi feita uma avaliação quantitativa da eficiência de segregação, mas sim uma avaliação visual de cada configuração.

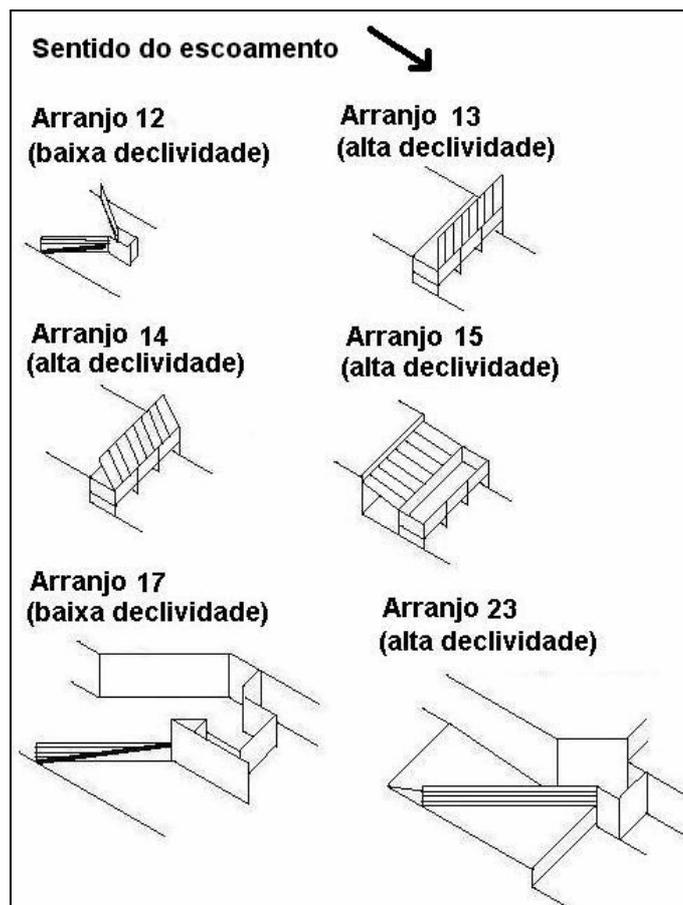


Figura 3.10. Melhores arranjos: estudos iniciais de estruturas autolimpantes (Adaptado: BEECHAM e SABLATNIG, 1994).

As estruturas autolimpantes são pensadas com a função de utilizar a força da água para empurrar o resíduo, limpando o segregador (tela ou grade), e desviando-o para um local de acumulação, onde a frequência de limpeza possa ser menor, agindo com mínima perda de carga. Isto vem da ação das forças mostradas na Figura 3.11, as quais produzem arraste, sustentação e rotação (ARMITAGE e ROOSEBOOM, 1998, ARMITAGE e ROOSEBOOM, 2000b e ARMITAGE et al., 1998).

Os defletores variam, podendo ser dispostos com um determinado ângulo em relação ao escoamento, suspensos ou não, em geral compostos de um gradeamento. Algumas estruturas foram testadas em escala real e nos cursos d'água urbanos.

Um exemplo de estrutura autolimpante simples e razoavelmente eficiente é a SCS (*Stormwater Cleaning Systems*), utilizada em Springs, África do Sul. Neste estudo, a função da estrutura era forçar o escoamento sobre o vertedor e através de um gradeamento inclinado em aproximadamente 45° , interceptando o resíduo pelo gradeamento e forçando-o a cair em um compartimento, onde seria removido. Foram consideradas duas alternativas de disposição da estrutura: com o vertedor diretamente

colocado na trajetória de fluxos pequenos vindos, por exemplo, de um conduto; com o vertedor colocado na lateral, para altos fluxos em canais (Figura 3.12).

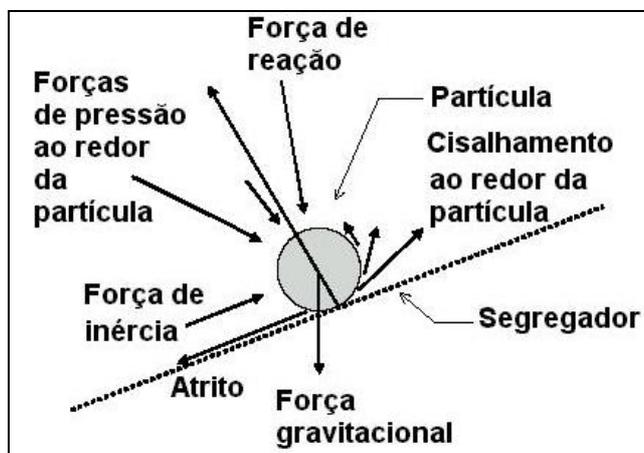


Figura 3.11. Forças que agem na partícula sobre o segregador: estruturas autolimpantes (Adaptado: ARMITAGE et al., 1998).

Como vantagens, tem-se que (ARMITAGE et al., 1998): a estrutura pode suportar vazões de até $80 \text{ m}^3/\text{s}$ ou mais com facilidade; manutenção desprezível; fácil de limpar; baixo risco de fermentação tóxica; relativamente segura para o público e trabalhadores. Como desvantagens: requer alta carga; em geral requer que uma grande área do terreno seja cercada para evitar o contato do público com o resíduo capturado (ARMITAGE et al., 1998).

Outra estrutura, que não é do tipo autolimpante, mas que pode ser útil no processo de monitoramento e gerenciamento integrado resíduos sólidos-drenagem urbana é a chamada SEPT (*Side-Entry Pit Trap*), utilizada em Melbourne, Austrália e ilustrada na Figura 3.13. Segundo ALLISON et al. (1998), estas estruturas são cestas acopladas a entradas de bocas-de-lobo. A água pluvial passa através da cesta e o material maior que o tamanho da malha (5-20 mm) é retido. O material permanece na cesta até a equipe de manutenção remover o material manualmente ou usando um aspirador de grande diâmetro, a cada 4 ou 6 semanas.

As armadilhas são colocadas na parte de trás do poço para proporcionar uma trajetória para os fluxos altos. Nestes casos, a água é descarregada sobre a parte traseira da cesta e os materiais mais finos que o tamanho dos poros podem ser retidos. Uma vez bloqueados os poros, há vertimento sobre a parte posterior da mesma, diminuindo a eficiência significativamente.

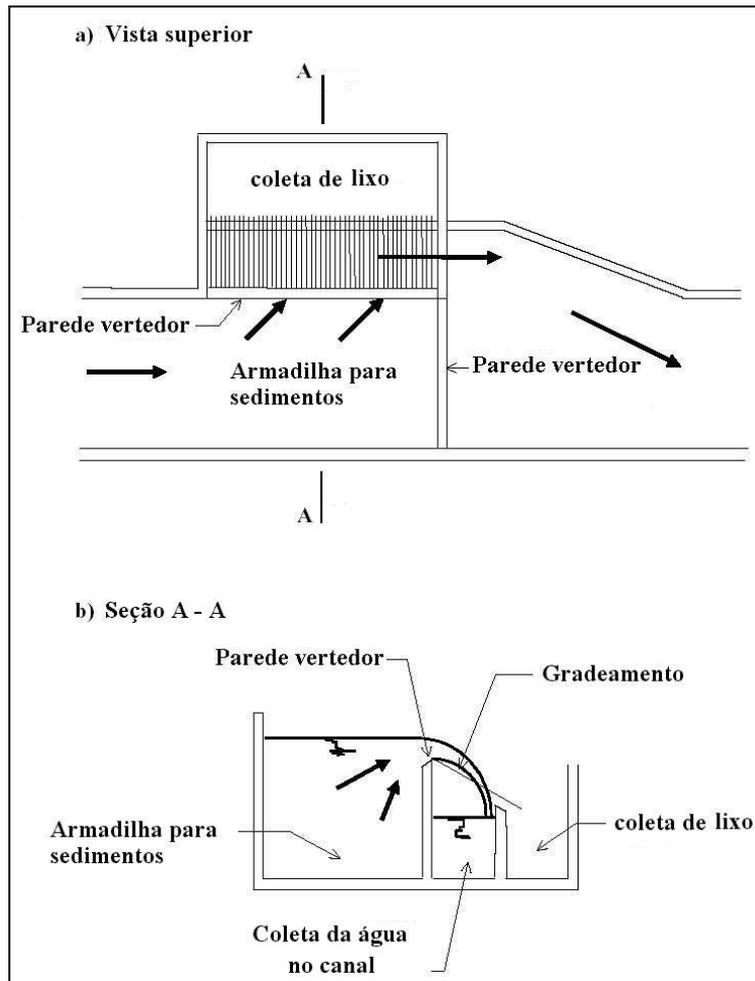


Figura 3.12. Estrutura SCS: primeira configuração
(Adaptado: ARMITAGE et al., 1998).

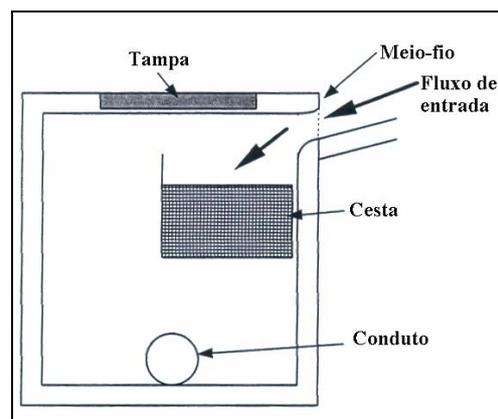


Figura 3.13. Estrutura SEPT
(Adaptado: ARMITAGE et al., 1998).

Como vantagens, poderiam ser citados (MELBOURNE WATER WATERWAYS AND DRAINAGE GROUP, 1995 apud ARMITAGE et al., 1998): rápido e fácil de limpar; coleta facilmente integrada no programa de manutenção das

captações de água pluvial; evita a transferência de resíduos no meio-fio para os condutos; pode-se remover facilmente a cesta para manutenção; pode ser útil na identificação das principais fontes como parte de um programa de gerenciamento da bacia.

As desvantagens são (MELBOURNE WATER WATERWAYS AND DRAINAGE GROUP, 1995 apud ARMITAGE et al., 1998): aquisição de um aspirador especial de alto custo; tampas das captações pesadas; grande número de unidades são requeridas nas áreas propensas. O uso é atrativo do ponto de vista de custo-efetividade em locais com alta produção de resíduos, sendo necessário o uso de dispositivos adicionais a jusante para capturar o material que passa. É mais efetiva quando utilizada em conjunção com um programa de gerenciamento da bacia (ARMITAGE et al., 1998).

Um estudo mais detalhado a respeito da eficiência destas cestas foi realizado na Austrália (ALLISON et al., 1998), em uma bacia de 50 ha, com os usos do solo residencial, comercial e industrial leve. As cestas foram colocadas em todas as entradas da rede de drenagem, resultando em um total de 192 pontos de coleta. O resíduo que passava, em geral quando a cesta era preenchida totalmente, foi retido por uma outra estrutura no final da bacia.

O monitoramento indicou que as cestas podem capturar até 85% da carga de resíduos sólidos secos e até 75% da carga total (resíduos secos mais matéria orgânica). Os resultados indicaram que é possível colocar este tipo de estrutura em cerca da metade das entradas de água nas ruas e capturar cerca de dois terços de resíduos sólidos secos e metade dos resíduos totais (Tabela 3.12).

Neste estudo, a área comercial foi a que mais contribuiu para a rede de drenagem, devido ao alto nível de atividade na bacia. O material orgânico teve carga relativamente uniforme para todos os usos do solo, devido à cobertura vegetal uniforme. A análise do tipo de entrada na rede mostrou que as bocas-de-lobo sem a grade contribuíram com cerca do dobro das cargas nas entradas com grades.

As redes utilizadas na Nova Zelândia em 1994 eram feitas com telas de arame para diâmetros de 0,3 m a 0,85 m e comprimento de pelo menos 3 vezes o diâmetro (CORNELIUS et al., 1994). Em 1996, as redes foram de polipropileno (ICNZT, 1996), consideradas mais duráveis e resistentes, com 1,9 m de diâmetro e 1,6 m de comprimento, com a malha de 6 mm. Houve problemas nas redes quando da presença de folhas e grandes quantidades de detritos. As redes foram presas aos condutos na saliência destes através de tiras de aço galvanizado de 50 mm de espessura.

Tabela 3.12. Eficiência das estruturas SEPTs

dias entre limpezas	chuva (mm)	escoamento superficial (mm)	massa seca total (kg)	% capturada pelas SEPTs		
				inorgânicos	orgânicos	carga total
27	57	18	111	78	59	66
32	60	24	366	83	72	75
15	15	7	206	85	69	71
31	31	17	285	73	59	62

Adaptado: ALLISON et al. (1998).

As redes utilizadas em Cape Town em 1999 eram de nylon, com as mesmas dimensões das utilizadas em 1996 em Auckland. Foram presas aos condutos com anéis de aço galvanizado de 500 mm de diâmetro e 10 mm de espessura, presos com cadeados para evitar roubos, o que não adiantou, substituindo-se o aço por plástico (ARNOLD e RYAN, 1999), conforme Figura 3.14.

Este tipo de bolsa tem sido bastante utilizado em estudos que visam à análise de eficiências de outras estruturas colocadas a montante ou na verificação dos efeitos de medidas não-estruturais (ENDICOTT et al, 2002; MARAIS et al., 2004; LIPPNER et al., 2000; LIPPNER et al., 2001 e SYREK et al., 2003).



Figura 3.14. Monitoramento realizado em Cape Town
(Fonte: ARNOLD e RYAN, 1999).

Um outro dispositivo é o semelhante ao da Figura 3.15, *Floating Debris Traps* (FDTs) (BANDALONG ENGINEERING, 1995 apud ALLISON et al., 1998). Possui braços de polietileno que desviam o material para o compartimento de coleta através de uma válvula *flap*. Na extremidade de jusante, uma válvula de limpeza permite a saída dos resíduos para uma cesta de coleta. Uma vez limpa, a cesta é transportada para uma

barcaça especialmente projetada. Estudos estimam eficiências entre 12 e 50% (McKAY e MARSHALL, 1993 apud ALLISON et al., 1998).

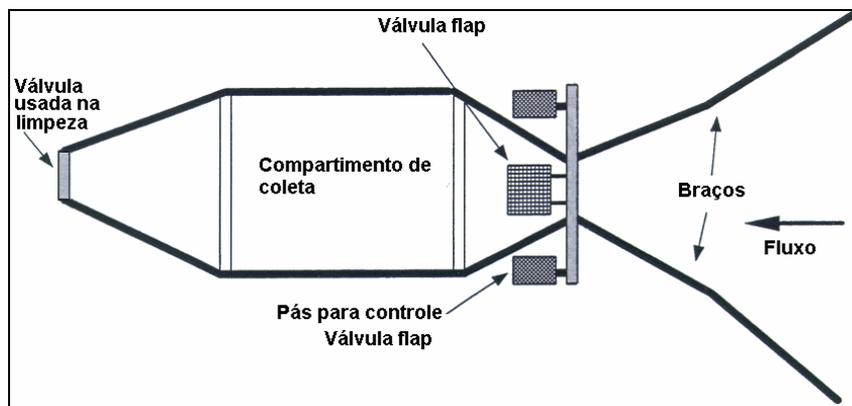
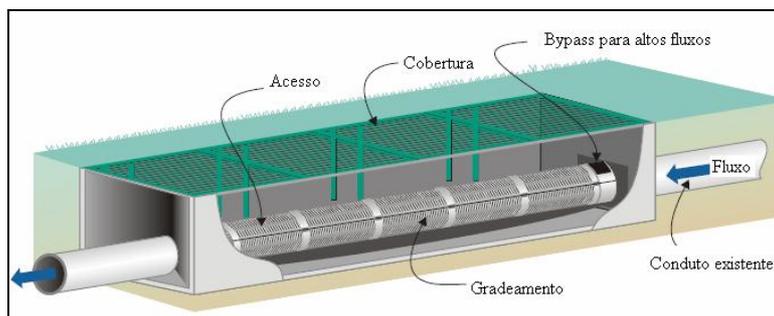
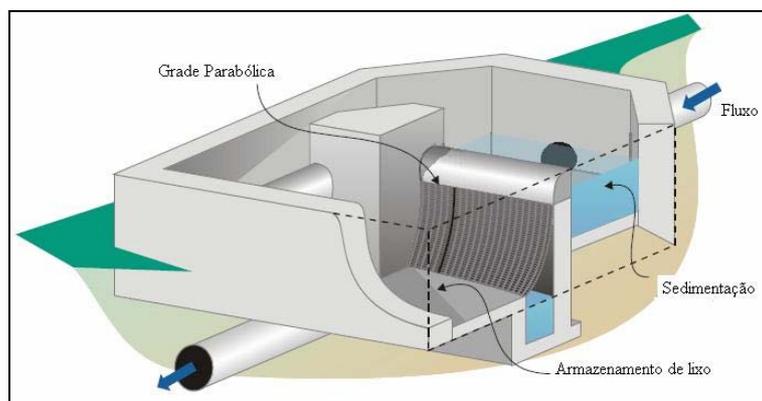


Figura 3.15. Estrutura flutuante *bandalong floating debris trap*
(Adaptação: ALLISON et al., 1998).

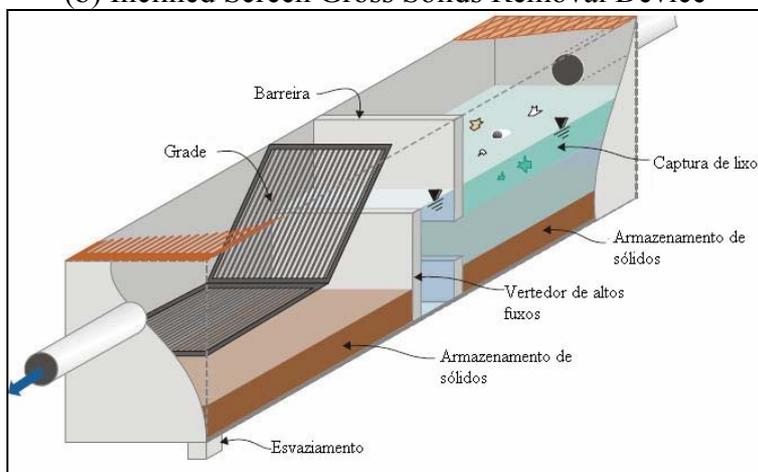
Um estudo foi realizado em Los Angeles - Estados Unidos com o objetivo de desenvolver estruturas capazes de capturar os resíduos grosseiros nas chamadas *highways* (ENDICOTT et al, 2002). Elas são mostradas na Figura 3.16 e são dimensionadas para uma precipitação de 25 anos de tempo de retorno e para a chamada Total Maximum Daily Load (TDML), sendo limpas uma vez por ano. O monitoramento realizado entre janeiro e abril de 2001, em 8 locais com áreas de drenagem entre 0,4 e 2,5 ha, revelou eficiências entre 66 e 100%. Em metade dos casos ocorreram cargas maiores do que as de projeto.

Estrutura

(a) Linear Radial Gross Solids Removal Device



(b) Inclined Screen Gross Solids Removal Device



(c) Baffle Box Gross Solids Removal Device

Características

Eficiência média:
94,07%

Custo médio de
construção: US\$
31.603/ha

Carga média capturada:
8,13 kg/ha de lixo ou
0,023 kg/ha de lixo por
mm de chuva

Eficiência média:
82,7%

Custo médio de
construção: US\$
59.645/ha

Carga média capturada:
11,20 kg/ha de lixo ou
0,030 kg/ha de lixo por
mm de chuva

Eficiência média:
92,6%

Custo médio de
construção: US\$
113.648/ha

Carga média capturada:
23,55 kg/ha de lixo ou
0,065 kg/ha de lixo por
mm de chuva

Figura 3.16. Estruturas estudadas em Los Angeles Estados - Unidos
(Adaptação: ENDICOTT et al, 2002)

3.7. Resumo do capítulo

O capítulo 3 teve a intenção de aprofundar a importância de se considerar os resíduos sólidos, mais comumente chamados de lixo, como poluentes da drenagem urbana e não somente colocá-los no âmbito do gerenciamento dos resíduos.

Para isto, foi realizada uma contextualização muito breve da questão dos resíduos sólidos, destacando que a produção e a composição variam com o meio social, que o conceito de gerenciamento integrado é muito importante, pois visa à minimização da geração e por conseguinte o despejo clandestino no solo, que programas de reciclagem devem ser incentivados e que os órgãos responsáveis pelo gerenciamento atuem conforme o público-alvo.

Após a contextualização, o capítulo mostrou vários estudos onde se aplicam dois tipos de medidas para o controle do lixo no sistema de drenagem: estrutural e não-estrutural. A aplicação de medidas estruturais se resumem em estruturas de retenção, sendo mais eficientes aquelas ditas autolimpantes. Contudo, sua aplicação exige mais recursos. Estudos mostram que medidas não-estruturais são mais baratas e apresentam bons resultados. Estas medidas podem ser aplicadas com estruturas ou armadilhas mais simplificadas, colocadas nos condutos e canais.

4. RESÍDUOS SÓLIDOS E SUA ESTIMATIVA

Neste capítulo são identificados os componentes da equação de continuidade dos resíduos urbanos. O balanço para um determinado período pode ser representado por

$$T = T_c + T_l + T_b \quad (4.1)$$

onde T representa os sólidos totais gerados, T_c é o total coletado pelo sistema de coleta, T_l é o total retirado pela limpeza urbana e T_b é o total que é depositado na bacia. Este último termo pode ser expresso por:

$$T_b = T_r + T_d \quad (4.2)$$

onde T_r é o total retido na bacia e T_d é o total drenado da bacia.

Os resíduos na drenagem podem ser: (a) produzidos pelo efeito erosivo da precipitação; (b) dispostos pela população na bacia. Na medida em que há diminuição dos dois primeiros termos da equação 4.1, por deficiência na gestão, o terceiro aumenta já que uma parcela é disposta na bacia de forma inadequada, escoando em direção a drenagem. O resultado é o aumento dos custos de limpeza na drenagem, os impactos ambientais e das inundações e também aumento do subsídio financeiro, ou seja, o custo não investido ou não internalizado, que o ambiente transfere para sociedade. A quantificação dos resíduos na drenagem é o foco principal dessa pesquisa.

4.1. Sólidos Totais na Drenagem

Dentro do gerenciamento dos recursos hídricos, a estimativa dos sólidos totais na drenagem é importante para minimizar os impactos ambientais e reduzir a obstrução ao sistema de escoamento natural e artificial nas cidades.

A estimativa dos sólidos totais numa seção de rio depende dos seguintes fatores: (a) das fontes da carga de sólidos; (b) da capacidade de transporte do sistema de drenagem; e (c) da capacidade de armazenamento do sistema. As fontes de cargas são relacionadas à atividade antrópica, através da produção de lixo e de sedimentos e o mau uso e disposição no solo;

Os eventos chuvosos transportam para a rede de drenagem os sólidos disponíveis na bacia na forma de lixo e de sedimentos. As incertezas para estimativa destes sólidos totais são significativas e dependem de uma avaliação adequada das fontes de cargas.

Por facilidade de raciocínio e de análise, neste estudo definiram-se duas principais fontes de cargas como exposto acima: cargas da população através da produção de lixo e cargas produzidas pela erosão do solo na bacia hidrográfica na forma de sedimentos.

Estes dois componentes variam de acordo com o grau de urbanização da bacia. Procura-se idealmente que o primeiro desapareça e o segundo se mantenha aos níveis de uma bacia sem ação antrópica. Para um gerenciamento adequado, é necessário conhecer os componentes de cada parcela do sistema de forma a intervir para buscar a sustentabilidade. Para analisar os componentes e a produção de sólidos totais na drenagem, foram utilizados dois métodos:

(a) método indireto, baseado na relação entre a precipitação e a coleta de resíduos pela limpeza urbana (capítulo 6);

(b) método direto: a coleta direta dos resíduos vindos de uma bacia hidrográfica (capítulo 7).

A ênfase da pesquisa da estimativa é na determinação dos resíduos sólidos provenientes da população (lixo). A seguir, é apresentada a equação de massa de sólidos totais na bacia hidrográfica, identificado cada um de seus termos.

4.2. Balanço de massa dos sólidos totais em uma bacia hidrográfica

Para se chegar na equação 4.1, basta ver que, em um período determinado, a equação da continuidade pode ser expressa da seguinte forma:

$$\text{Variação no armazenamento} = \text{Entradas} - \text{Saídas} \quad (4.3)$$

As Entradas são os sólidos totais produzidos que chegam ao sistema considerado (bacia, trecho de rio, entre outros). O termo denominado Saídas representa os sólidos totais que saem do sistema. Entende-se aqui o sistema de drenagem tendo como limite a bacia hidrográfica delimitada. O termo Variação no armazenamento representa a diferença de material armazenado no período no sistema, que o escoamento não consegue transportar.

Substituindo estes termos na equação 4.1 e utilizando a equação 4.2 resulta

$$\text{Tr} = \text{T} - \text{Saídas} \quad (4.4)$$

As entradas podem ser desmembradas da seguinte maneira:

$$T = P_{sed} + P_{pop} + P_{stab} + P_{ent} \quad (4.5)$$

onde : P_{sed} é a produção de sedimentos; P_{pop} é a produção da população; P_{stab} é a produção de estabelecimentos como os resíduos de serviços de saúde, comerciais ou industriais, incluindo os restos de alimentos e P_{ent} correspondem a entulhos.

As Saídas podem ser desmembradas da seguinte maneira:

$$Saídas = T_l + T_c + T_d \quad (4.6)$$

onde T_l é o total retirado pela limpeza urbana, T_c é o total coletado pelo sistema de coleta e T_d é o total drenado da bacia; o que atinge o ponto mais a jusante da bacia hidrográfica (exutório).

A coleta pode ser desmembrada nas suas componentes, a saber:

$$T_c = C_{pop} + C_{stab} + C_{ent} \quad (4.7)$$

$$T_l = C_{pub} + LRD \quad (4.8)$$

onde : C_{pop} é a coleta domiciliar acrescida da coleta em vilas e da coleta seletiva; todas estas lidam com a população diretamente. C_{stab} compreende coleta dos resíduos dos estabelecimentos, sejam eles de serviços de saúde, comerciais ou industriais, incluindo os restos de alimentos; C_{ent} correspondem a entulhos, C_{pub} ao resíduo público (varrição, capina, podas, focos, animais mortos e eventuais como nas eleições) e LRD é o resultante da limpeza da rede.

Já a quantidade que atinge o exutório via rede de drenagem pluvial pode ser também dividida em duas componentes:

$$T_d = T_{dSed} + T_{dFlu} \quad (4.9)$$

onde : T_{dSed} corresponde à quantidade de sedimentos (arraste e suspensão) que atinge o exutório pela rede de drenagem e T_{dFlu} é aqui denominado de flutuante, ou seja, este

seria o resíduo domiciliar urbano, caso fosse evitado que ele atingisse a rede de drenagem pluvial, comumente chamado de lixo.

Voltando à equação 4.4, substituindo-se o que foi obtido até aqui, tem-se:

$$Tr = T - (Tl + Tc) - Td \quad (4.10)$$

Isolando a componente da equação 4.10 correspondente ao resíduo que atinge o exutório da bacia hidrográfica, tem-se:

$$Td = T - (Tl + Tc) - Tr \quad (4.11)$$

ou seja, a quantidade de sólidos que atingem o exutório da bacia hidrográfica é resultante da diferença entre o que é produzido e o que é coletado, levando em conta ainda que há um armazenamento na bacia.

Considerando um período suficientemente longo, admite-se que a variação de volume seja pequena se comparada aos valores de entrada e saída. Esta simplificação é aceitável para uma área com urbanização consolidada de muito tempo. A parcela retida durante o ano deve ser pequena se comparada ao volume total. Desta forma, resulta no que foi apresentado no início do capítulo:

$$Td = T - (Tl + Tc) \quad (4.12)$$

A partir deste ponto, chegar-se-á ao tipo de modelagem feito nesta tese. Substituindo e reagrupando os termos da equação 4.12:

$$Td = (Ppop - Cpop) + (Pestab - Cestab) + (Pent - Cent) + Psed - Cpub - LRD$$

$$Td + LRD = (Ppop - Cpop) + (Pestab - Cestab) + (Pent - Cent) + Psed - Cpub \quad (4.13)$$

Desmembrando Cpub:

$$Cpub = Cvar + Cf + Cpc + Cev \quad (4.14)$$

onde Cvar é a coleta de varrição, Cf de focos, Cpc de podas e capinas e Cev eventuais.

Isto leva à seguinte equação:

$$T_d + LRD = D_{pop} + D_{stab} + D_{ent} + P_{sed} - C_{var} - C_f - C_{pc} - C_{ev} \quad (4.15)$$

onde D_{pop} , D_{stab} e D_{ent} são os déficits de coleta, correspondentes a P_{pop} e C_{pop} , P_{stab} e C_{stab} , P_{ent} e C_{ent} ; C_f corresponde aos focos, C_{pc} às podas e capinas e C_{ev} eventuais. Para continuar, a equação 4.13 e seus desmembramentos serão tratados segundo as particularidades da bacia em estudo em seguida.

Constatações feitas na bacia, mostradas em detalhes no capítulo 5, permitem fazer idealizações na formulação que está sendo apresentada. A coleta de entulhos, por exemplo, não oferece condições de ser avaliada com precisão, fazendo com que seja utilizada uma idealização baseada nestas constatações, que é a de admitir que P_{ent} é igual a C_{ent} . Trata-se de uma simplificação para esta bacia, mas seguramente existe uma produção residual depositada em lotes. Outras idealizações são: $C_f = C_{pc} = C_{ev} = LRD = 0$. Isto resulta em:

$$T_d = D_{pop} + D_{stab} + P_{sed} - L_r \quad (4.16)$$

A produção total, P_{pop} e C_{pop} tendem a possuir pequena variabilidade em função dos usos e costumes da sociedade e práticas de gestão da limpeza urbana. O termo L_r depende do número de dias chuvosos, já que nos dias de chuvas a limpeza não é realizada, sedimentos são produzidos e parte do volume escoava para os condutos ou aumenta a parcela de limpeza em função dos detritos retidos em parte da bacia, já que P_{sed} varia com a precipitação.

Se em uma bacia, os serviços de varrição compensassem totalmente os déficits, a igualdade abaixo seria válida:

$$L_r = D_{pop} + D_{stab} + P_{sed} \quad (4.17)$$

Agrupando os déficits na variável D , tem-se que:

$$L_r = \alpha \cdot D + \beta \cdot P_{sed} \quad (4.18)$$

A tendência é de que P_{sed} diminua na medida que a área fique totalmente urbanizada. A metodologia aqui adotada procura estabelecer um indicador do valor de

Td, modelando as equações 4.15 e 4.16 a partir dos dados de Lr, considerando que o total coletado pela limpeza urbana em um período onde a precipitação não tem influência representa o total potencial de coleta do sistema (apesar de que é impossível que a limpeza urbana colete todos os resíduos), Lr. O total coletado na limpeza urbana no período onde as precipitações influenciam é Lc. Portanto,

$$T_d = L_r - L_c + E \quad (4.19)$$

onde E representa o erro correspondente às incertezas associadas. Portanto, o valor obtido pela diferença $DF = L_r - L_c$ deve ser entendido como indicativo do total que atinge a rede de drenagem de uma região em um período ou $ST = DF + E$.

Para determinar DF é necessário identificar cada um dos seus termos. O total de sólidos retirados da limpeza urbana pode variar de acordo com a precipitação, mas existirá uma precipitação ou uma faixa a partir do qual haverá influência na coleta de resíduos. A metodologia consiste em determinar o grupo de dados que permite estimar Lr e o grupo de dados que permite estimar Lc.

Observação: Lr agora não é o total da limpeza urbana, mas aquela parte limpa nos dias em que a chuva não influencia os trabalhos do Departamento Municipal de Limpeza Urbana de Porto Alegre (DMLU). Será verificado no capítulo 6 se somente os dados de varrição permitem esta estimativa.

4.3. Resumo do capítulo

A atenção deste capítulo foi dada à fundamentação do método proposto nesta tese, onde procura associar à precipitação um déficit de coleta na varrição que potencialmente atinge a rede de drenagem. As simplificações adotadas e o processo natural em si geram uma margem de erro que é quantificada no capítulo 6, em relação ao valor esperado ou média do déficit.

Antes disto, porém, é feita uma contextualização da bacia em estudo, no capítulo seguinte.

5. CARACTERIZAÇÃO DA REGIÃO DE ESTUDO

Este capítulo procura, primeiramente, contextualizar a pesquisa na realidade de Porto Alegre, caracterizando a cidade por meio de informações contidas em *websites* (www.portoalegre.rs.gov.br e http://pt.wikipedia.org/wiki/Porto_Alegre). As demais informações têm origem nos relatórios de pesagem diários do DMLU, consulta aos funcionários deste órgão municipal e de publicações com a história e as características do sistema de gerenciamento integrado de resíduos sólidos de Porto Alegre.

Em seguida, é apresentada a área de estudo, situando-a no que foi observado dentro do sistema de limpeza e descrevendo a bacia hidrográfica escolhida para estudo de caso. Finalmente é apresentada a caracterização dos resíduos da varrição na bacia hidrográfica estudada, sob diversos enfoques, procurando verificar a sazonalidade e a influência da frequência de limpeza.

Porto Alegre

A cidade de Porto Alegre é a capital do Estado do Rio Grande do Sul (Figura 5.1), com quase 500 km² de área e população de mais de 1.400.000 habitantes. O clima é subtropical úmido, com verões quentes e invernos frios e chuvosos. A temperatura média em janeiro é 24,5°C e em julho 14,3°C, com média anual é de 19,4°. A média anual de chuva é de 1.324 mm.

A cidade possui espaços de planície, mas está circundada por 40 morros que abrangem 65% da sua área, limitada por uma orla fluvial de 72 km. Existem 27 riachos e seus braços, cercada pelo Rio Gravataí, Lago Guaíba e, ao sul, pela Lagoa dos Patos.

As regiões baixas possuem aproximadamente 35% de sua área urbanizada abaixo da cota 3 (três metros acima do nível do mar), ou seja, praticamente no mesmo nível médio das águas dos rios. Boa parte destas áreas estão na Zona Norte da cidade.

A partir da década de 70, a capital teve um aumento de 46% na ocupação urbana, gerando grandes áreas impermeáveis, e de obstrução das redes coletoras por lixo mal acondicionado. O desenvolvimento desordenado da cidade causou o desmatamento intensivo e os inevitáveis problemas de drenagem. A vegetação que cobria a maior parte dos morros e margens de riachos foi sendo eliminada. Dessa forma, o solo está mais exposto ao efeito das chuvas, que carregam a terra rapidamente para as partes mais baixas da cidade, causando assoreamento das redes pluviais.

A bacia hidrográfica do Guaíba é o escoadouro das águas de uma região que abrange 30 % de toda área geográfica do Estado. Em um estreito de apenas 900 metros, entre a Usina do Gasômetro e a Ilha da Pintada, ali se encontram os rios Jacuí, Gravataí, Sinos e Caí. Por coincidência, o ponto de maior represamento das águas coincide com a maior densificação urbana, o próprio centro da capital.

Porto Alegre está protegida contra inundações dos rios Gravataí e Guaíba por um sistema de diques e comportas. Ao mesmo tempo, possui mais três mil quilômetros de redes, canais, galerias, condutos forçados, valos e riachos, que integram o sistema de drenagem pluvial da cidade. No entanto, para que as águas pluviais e os esgotos passem pelo sistema de proteção contra inundações e consigam entrar nos rios, especialmente quando o nível destes está elevado, é necessário um sistema de bombeamento composto por 18 Casas de Bombas. Uma das casa de bombas foi freqüentada nesta pesquisa, a de número 12.



Figura 5.1. Localização de Porto Alegre

(Fonte: http://pt.wikipedia.org/wiki/Porto_Alegre)

5.1. Gerenciamento dos resíduos sólidos em Porto Alegre

Os resíduos sólidos podem ser classificados de algumas maneiras, dentre as quais podemos citar IBAM (2001): doméstico ou residencial, comercial, público, domiciliar especial (entulho de obras, pilhas e baterias, lâmpadas fluorescentes e pneus) e os resíduos de fontes especiais (industrial, radioativo, de portos, aeroportos e terminais rodo-ferroviário, agrícola e de serviços de saúde).

A cidade de Porto Alegre, por sua vez, tem sua própria classificação, resultado da implantação do sistema de gerenciamento integrado desde 1989, dentro da adequação da Gestão interna do DMLU a Programas de Qualidade (GOMES et al., 2002), e de outras particularidades. Este sistema integrado foi iniciado com a coleta seletiva, que atualmente procura atingir não somente o resíduo domiciliar, mas também outros tipos, dando destinação específica para os mesmos.

5.1.1. Coleta seletiva

O sistema adotado é o sistema porta-a-porta, com a coleta operacionalizada pelo próprio DMLU. A média diária de resíduos coletados está entre 60 e 70 toneladas (REICHERT, 2002 e ROSADO et al., 2002, respectivamente); o que corresponde a cerca de 7 %, em peso, do total de resíduos domiciliares produzidos no município.

As unidades de triagem, denominadas também de Galpões de Reciclagem, recebem os resíduos da coleta seletiva. Estes galpões são organizados por cooperativas ou associações de trabalhadores e nos mesmos são feitos: separação, classificação, prensagem, e em alguns casos, o beneficiamento de certos materiais, para a posterior venda. Cerca de 20 % do que entra numa unidade de triagem e compostagem, não pode ser reaproveitado, devendo este rejeito ser disposto em um aterro sanitário (REICHERT, 2002).

5.1.2. Resíduos industriais e de Serviços de Saúde

Para que os resíduos industriais não perigosos possam ser recebidos, é necessário a indústria cadastrar-se junto ao DMLU. Uma vez aceita a descarga de seus resíduos, a indústria deve efetuar o pagamento da tarifa de disposição final relativa a cada descarga que fizer, juntamente com um certificado de disposição, onde constam os resíduos e as quantidades descarregadas. Os resíduos industriais recicláveis são vendidos pelas indústrias ou por suas associações de funcionários, ou são entregues nas unidades de triagem.

Quanto aos serviços de saúde, a parte reciclável e sem contato com pacientes ou produtos contaminados é recolhida na coleta seletiva do DMLU e encaminhados às unidades de triagem. As sobras alimentares do pré-preparo da cozinha são separados em bombonas especiais nos próprios hospitais, e enviados ao projeto de suinocultura. Este projeto também recebe restos orgânicos da cozinha de grandes restaurantes, resultando

em 7 toneladas diárias, entregues na sede da associação de suinocultores, onde cada um dos associados busca regularmente a sua cota diária.

Os resíduos de risco biológico e os perfuro-cortantes são armazenados de maneira especial para evitar riscos aos trabalhadores da limpeza e da coleta. Estes resíduos de serviço de saúde biológicos são autoclavados antes de serem enviados ao aterro sanitário.

5.1.3. Aterros e Centrais de reaproveitamento de podas

Porto Alegre gera uma média diária de 100 toneladas de resíduos arbóreos e de madeira. Estes resíduos são coletados separadamente e enviados para duas centrais de reaproveitamento, que recebem exclusivamente este tipo de material.

Os aterros de inertes recebem somente materiais como entulhos e terra de escavações. Atualmente existem dois em Porto Alegre, sendo um na zona norte e outro na zona sul.

Quanto aos aterros sanitários, em 1990 foi iniciada em Porto Alegre a remediação do Aterro Zona Norte, adotando técnicas de aterro sanitário. Até 2002, a cidade dispunha de dois aterros sanitários: o Aterro da Extrema e o Aterro Metropolitano Santa Tecla. Atualmente, os resíduos sólidos domiciliares são levados para o aterro sanitário de propriedade da empresa Soluções Ambientais Ltda (SIL).

5.2. Tipos de resíduos registrados em Porto Alegre

Registros diários obtidos no DMLU e informações com a assessoria técnica mostram a pesagem de cada tipo em Porto Alegre. A classificação usada é a seguinte:

- Resíduos públicos: os provenientes da varrição das ruas, poda, capina e focos;
- Focos: são aqueles que são despejados de forma considerada clandestina (terrenos baldios, bocas-de-lobo, valas, etc). Eles são recolhidos sempre nestes mesmos locais, de modo que a população se acostuma a jogar material nestes pontos. A coleta é feita por vezes pela empresa terceirizada para a coleta domiciliar e por vezes pelos próprios veículos do DMLU.
- Resíduos domiciliares especiais: compreendem a caliça ou entulho e os demais citados na classificação do IBAM (2001).

- Doméstico ou residenciais: “domiciliar” e “vilas”. Estes últimos nada mais sendo do que resíduos domiciliares de acesso mais difícil na coleta, e que por isso entram na quantificação com o nome “vilas” e são coletados por veículos menores ou com contêineres.

Outros exemplos de resíduos são: “animais mortos”, os rejeitos das unidades de reciclagem e os resíduos provenientes de restos de comida de restaurantes, já comentados. Como resíduos de fontes especiais em Porto Alegre, poderiam ser incluídos também os de serviços de saúde, o seletivo e materiais de compradores (sucata, vidro, etc.), os demais citados acima e os resíduos industriais.

5.2.1. Distribuição espacial da coleta em Porto Alegre

Quanto à distribuição espacial dos serviços, a divisão de limpeza e coleta (DLC) do DMLU tem nove seções, sendo sete seções de limpeza e coleta até março de 2003, e nove atualmente, acrescidas das seções de coleta seletiva e de coleta especial. A coleta especial abrange a coleta de resíduos sólidos não domiciliares, como os resíduos sólidos de serviços de saúde, os industriais, os comerciais e coletas eventuais.

Atualmente, as nove seções de limpeza e coleta são as seguintes: Norte, Centro, Sul, Restinga, Sudeste, Nordeste, Cruzeiro, Leste e Orla Belém. Até 2003 eram as seguintes: Norte, Centro, Sul, Extremo Sul, Sudeste, Nordeste e Cruzeiro. No caso da coleta domiciliar, a subdivisão é outra, em setores, obedecendo aos horários e dias de coleta. As nove seções atuais estão na Figura 5.2.

Quanto aos resíduos domiciliares, quando se trata tipo “vilas”, a coleta é distribuída pelas nove seções citadas. Mas os do tipo “domiciliar” propriamente dito, a coleta é terceirizada e a divisão da cidade não corresponde às nove seções, mas aos setores de coleta domiciliar.

Assim é feito como uma maneira de distribuir a coleta de modo a adequá-la à variabilidade da produção, fazendo com que o tamanho do setor dependa da densidade populacional e a localização no mesmo do melhor roteiro feito pelos veículos de coleta. O número de viagens a ser realizado por cada veículo de coleta e a circulação de pessoas e automóveis também influem no estabelecimento dos setores.

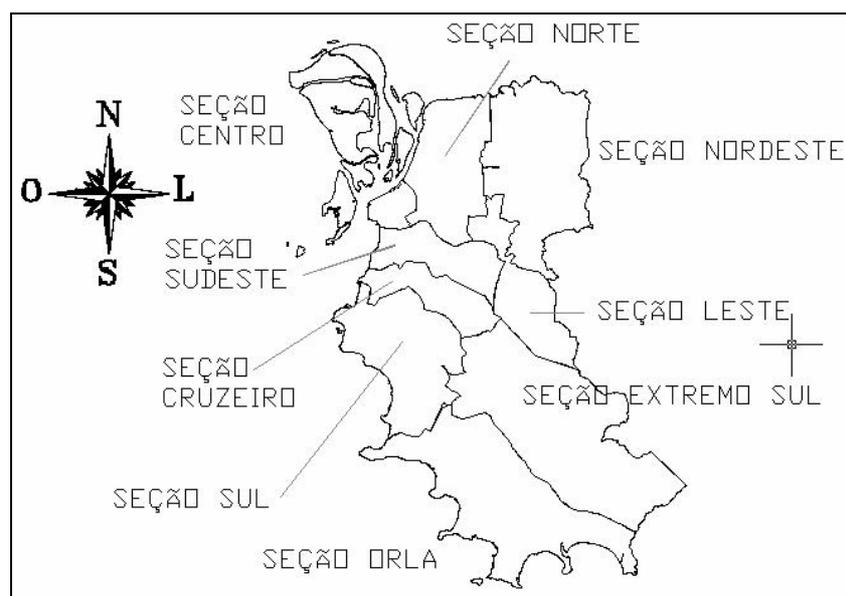


Figura 5.2. Seções de limpeza e coleta em Porto Alegre atualmente

Como exemplo, separou-se a seção norte de limpeza urbana. Os setores estão na Figura 5.3. Destes, o setor PN 10 é o setor de número 10, cuja coleta é feita em dias pares (P), ou seja, segundas, quartas e sextas-feiras, no turno da noite (N), conforme destaque na Figura 5.3. Outro exemplo seria o setor CN 01; os setores que começam com C são setores do bairro centro e adjacências. A coleta neste caso é realizada à noite, todos os dias.

A Figura 5.4 mostra as três frequências de coleta domiciliar predominantes na cidade, conforme informação atualizada do DMLU. A frequência diária ocorre na região central e adjacências, bem como em dois pontos a mais na cidade. As demais localidades têm frequência alternada. A Figura 5.5 mostra o turno de coleta domiciliar. A região central tem coleta noturna por motivo de grande concentração de automóveis e pessoas circulando durante o dia.

Toda a coleta é diariamente registrada nos relatórios de pesagem por tipo: domiciliar, comercial, industrial, varrição, focos, vilas, calça, RSSS-infectante (serviços de saúde contaminado), RSSS-COMUM (serviços de saúde não contaminado), animais mortos, materiais comprados (plásticos, vidro, sucata, etc), rejeitos de reciclagem, seletivo, lixiviados do aterro para estações de tratamento de esgoto e alimentos (secretaria municipal de saúde) e cobertura (tão somente o material que cobre os resíduos no final do dia de trabalho).

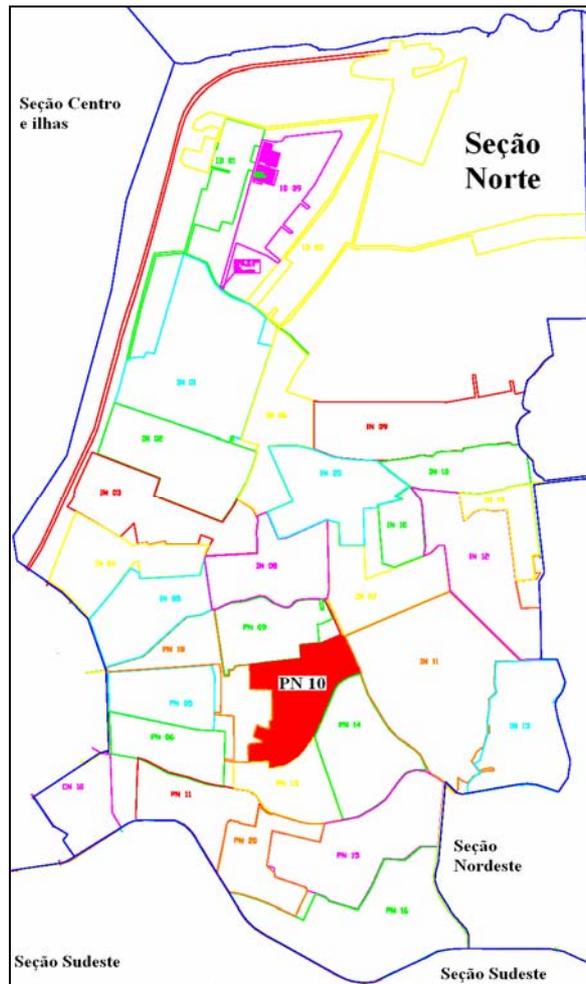


Figura 5.3. Setores da seção norte de coleta domiciliar em Porto Alegre (destaque para o setor PN 10)

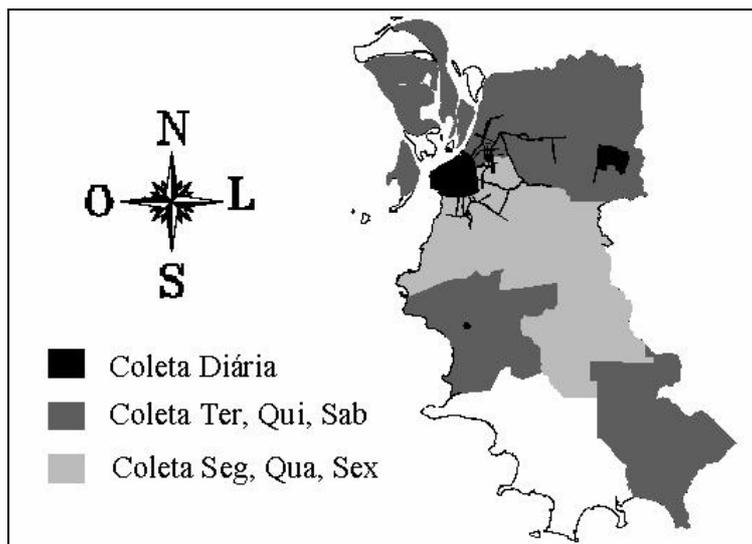


Figura 5.4. Frequência da coleta domiciliar em Porto Alegre

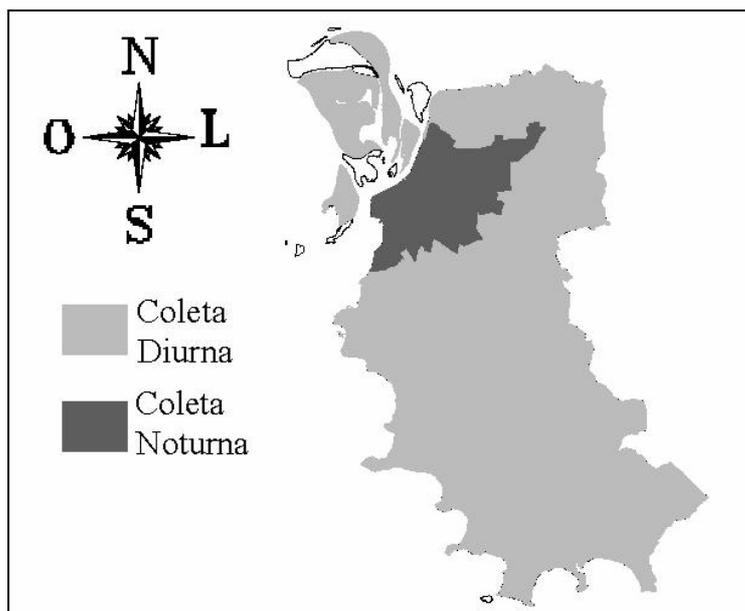


Figura 5.5. Turno da coleta domiciliar em Porto Alegre

Parte dos resíduos provenientes de focos são coletados pela divisão de conservação do departamento de esgotos pluviais (DEP). Caminhões do DEP limpam o sistema de drenagem, coletam e levam os resíduos para o aterro sanitário. Segundo a divisão de conservação do DEP, esta limpeza diz respeito ao lixo e aos sedimentos.

Segundo a assessoria técnica do DMLU, os resíduos com maior possibilidade de atingirem as redes de drenagem são os resíduos de varrição e os focos. Os resíduos domiciliares têm um risco menor. Isto não foi medido; a afirmação é baseada na experiência diária dos técnicos.

Em geral, o resíduo domiciliar pode atingir o sistema de condutos e canais no verão, quando ao final da tarde, em algumas partes da cidade, as pessoas colocam os sacos ainda cedo, antes do caminhão passar, ou mesmo próximo do horário de passagem. Acontece que as chuvas de verão ocorrem justamente neste horário. O risco, entretanto, ainda é bem menor do que o risco dos resíduos de varrição, pois estes em sua maior parte se encontram nas sarjetas.

5.2.2. Coletas pontuais e coletas difusas

Algumas das coletas colocadas anteriormente são realizadas de maneira específicas e pontuais, como nos casos dos serviços de saúde, dos resíduos industriais, dos resíduos comerciais e de parte dos resíduos públicos. No caso dos resíduos dos serviços saúde, alguns estabelecimentos desta área são cadastrados no DMLU, de modo

que este último faz a coleta. Outros estabelecimentos transportam os resíduos para os locais apropriados.

No caso dos resíduos comerciais, os relatórios de pesagem do DMLU especificam a origem, ou seja, o estabelecimento comercial de onde se origina o resíduo. Mas também há estabelecimentos que não estão registrados nestes relatórios. Se fosse de interesse a quantificação de todo o montante destes resíduos em uma bacia hidrográfica, dever-se-ia procurar a relação dos geradores nos cadastros do DMLU e também da secretaria municipal da indústria e comércio (SMIC) e procurar nos relatórios de pesagem do DMLU e outros relatórios, os pesos correspondentes. Do modo semelhante, deve ser feito para os resíduos industriais.

Quanto aos resíduos públicos, não há uma frequência estabelecida para o caso de podas e capinas. No caso dos focos, há uma coleta regular semanal em pontos específicos, devido ao costume da população de jogar, nestes pontos, os resíduos. Algumas vezes estes resíduos são compostos somente de galhos, madeira e resíduo domiciliar, mas algumas vezes também há entulho presente.

Os entulhos, a priori, são coletados de maneira difusa, quando há alguma construção. Deveriam ser coletados pelo gerador. Em algumas ocasiões, entretanto, o despejo ocorre nos pontos onde há coleta dos focos, para se escapar da responsabilidade e do custo de coleta. Estimar este tipo de resíduo é difícil, pois há grande parcela encomendada por proprietários de residências e estabelecimentos que estejam empreendendo construções e reformas.

Nos relatórios de pesagem diária do DMLU, o resíduo do tipo “focos” tem uma pesagem específica, como foi mencionado antes. Entretanto, há casos onde os resíduos deste tipo são transportados juntamente com o resíduo domiciliar. Na bacia em estudo, por exemplo, os resíduos que seriam coletados como “focos”, mas origem é domiciliar, são coletados pela empresa responsável pelo resíduo domiciliar, apesar de estarem em locais de lançamento clandestino.

Os galhos, madeiras e por vezes entulho é que são coletados pelo caminhão como os “focos”. Estes são enviados a um aterro onde não há balança. A estimativa deverá ser realizada então através do número de viagens, confiando-se na experiência dos responsáveis.

Quanto à área específica de drenagem, no período de estudo a limpeza de redes não era realizada de maneira preventiva e regular. As seções de conservação do DEP

são responsáveis pelos reparos das redes, contudo somente havia desobstrução em caso de solicitação da população.

Neste caso, o registro do peso algumas vezes é feito nos relatórios de pesagem do DMLU como resíduo do tipo “focos”, originados do DEP e coletados pelo DEP. Como o DEP possui várias seções de conservação, não é possível saber se este resíduo é proveniente desta ou daquela região da bacia, ficando a quantidade pesada difusa em toda a cidade. Na sede das seções de limpeza e conservação do DEP, há somente as solicitações da população para limpeza. Para se estimar o montante retirado das redes, teria que se fazer uma amostragem para cada saída de pessoal para limpeza. Talvez fosse possível fazer uma correlação entre a quantidade de solicitações de limpeza e o peso encontrado em cada boca-de-lobo ou PV.

Quanto à limpeza das ruas realizada pela varrição do DMLU, o melhor a ser feito no que diz respeito à quantificação é amostrar algumas limpezas, de maneira a se obter o peso e os tipos de material encontrados no que foi limpo ou se fazer uma transferência de informação da seção ou seções de limpeza para a região de interesse inserida nas seções onde se registram os pesos.

5.2.3. Resíduos coletados no ano de 2002 em Porto Alegre

Neste item, são mostradas algumas estatísticas obtidas a partir dos dados de coleta dos diversos tipos resíduos sólidos trabalhados na cidade de Porto Alegre. O DMLU disponibilizou os dados em relatórios. Estes não puderam ser obtidos em meio digital, o que proporcionou somente a obtenção dos números relativos ao ano de 2002 e também correspondentes ao período de trabalho na bacia hidrográfica, nesta tese, que correspondeu a novembro de 2003 a junho de 2004.

O que deve ficar claro é que, para alguns tipos de resíduos, os valores podem não ser os reais, por causa do que foi exposto no item anterior. No caso da coleta seletiva, a informação foi dada pela assessoria técnica do DMLU. O valor, neste caso, de 60 toneladas, consta também na Pesquisa Nacional de Saneamento Básico (IBGE, 2002b) e em REICHERT(2002).

Domiciliar e vilas

A coleta de resíduos domiciliar média em 2002 foi de $0,6 \text{ kg} \cdot \text{hab}^{-1}$, correspondendo a 740 toneladas diárias de resíduos. Acrescentando o tipo “vilas”, o

peso diário dos dois tipos em conjunto ficou em média 790 toneladas. Em se tratando de mês, os pesos médios foram de 22.600 e 24.140 toneladas, respectivamente.

A coleta “per capita” de resíduos sólidos das residências mostra que, na maior parte das vezes, a inclusão do tipo vilas aumenta este índice. Isto pode ser explicado pelo fato de que as pessoas de mais baixa renda, que ocupam as vilas, utiliza um tipo de resíduo com peso específico maior, com menos material descartável.

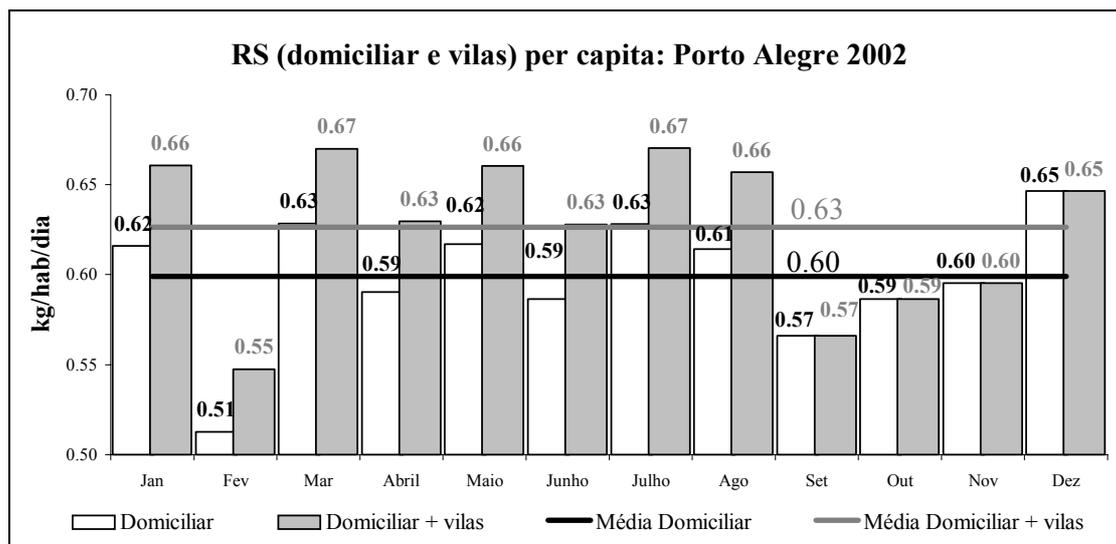


Figura 5.6. Porto Alegre: montante per capita de resíduos sólidos urbanos em 2002 (Fonte: dados recolhidos frente ao DMLU)

Rejeitos

A coleta seletiva ocorre uma ou duas vezes por semana em todos os bairros da cidade. O resíduo coletado é transportado para galpões de triagem. Os rejeitos destes galpões têm em média uma contribuição de 16 toneladas diárias e 490 toneladas médias por mês.

Segundo IBAM (2001), os rejeitos de galpões de reciclagem corresponderiam, diariamente, a 5% do total de resíduo domiciliar coletado em uma cidade que mandasse todo seu resíduo para galpões de triagem e que houvesse compostagem. Os rejeitos provenientes da compostagem corresponderiam a 7,6% do mesmo resíduo, nas mesmas condições. Acontece que, sob esta premissa, a reciclagem conseguiria recuperar 15% do material domiciliar recolhido total.

Para os números do IBAM e levando-se em conta que Porto Alegre teve em 2002 uma quantidade média de 790 toneladas diárias, 118,50 toneladas seriam

recuperáveis a partir dos galpões de reciclagem, 39,5 toneladas seriam rejeitadas destes galpões e 60 toneladas seriam rejeitadas a partir da compostagem.

Em dois meses de 2002, houve outro tipo de rejeito, que é o especial. Ele é um rejeito eventual, proveniente da Unidade de Triagem e Compostagem (UTC), localizada na estação de transbordo. Seu peso já está também embutido no resíduo domiciliar. A quantidade deste material em novembro foi de 945 toneladas (31,50 toneladas médias diárias) e em dezembro 340 toneladas (10,97 toneladas médias diárias). Isto corresponde a cerca de 53% e 18%, respectivamente, do que seria o ideal segundo IBAM (2001).

Varição

A varrição das ruas em 2002 recolheu um peso médio diário de 44 toneladas diárias. A média no mês foi de 1.320 toneladas. Importa detalhar mais a varrição pela importância dela no contexto desta pesquisa, dado que é a partir deste tipo de resíduo que a metodologia indireta de determinação da carga na drenagem foi desenvolvida.

A Figura 5.7 mostra que a seção centro é a que mais produz material recolhido, seguido da seção norte de Porto Alegre. A seção sudeste, onde a bacia estudada está, também possui uma quantidade significativa. Estas três seções são as que mais demandam os serviços de limpeza, devido ao fato de se tratarem de regiões movimentadas da cidade.

A Figura 5.8 mostra a participação das seções nos totais mensais. Ela mostra que as seções centro, norte e sudeste tomam quase 70% do total. A seção que está sob a denominação indefinido diz respeito a diversas coletas difusas na cidade. Há casos onde a varrição é feita em determinadas localidades ou por outras equipes que correspondem a algum órgão da Prefeitura que não passa pelo DMLU. Outras vezes há coletas especiais, que são coletas eventuais feitas por qualquer uma das seções, fora do padrão de frequência do DMLU.

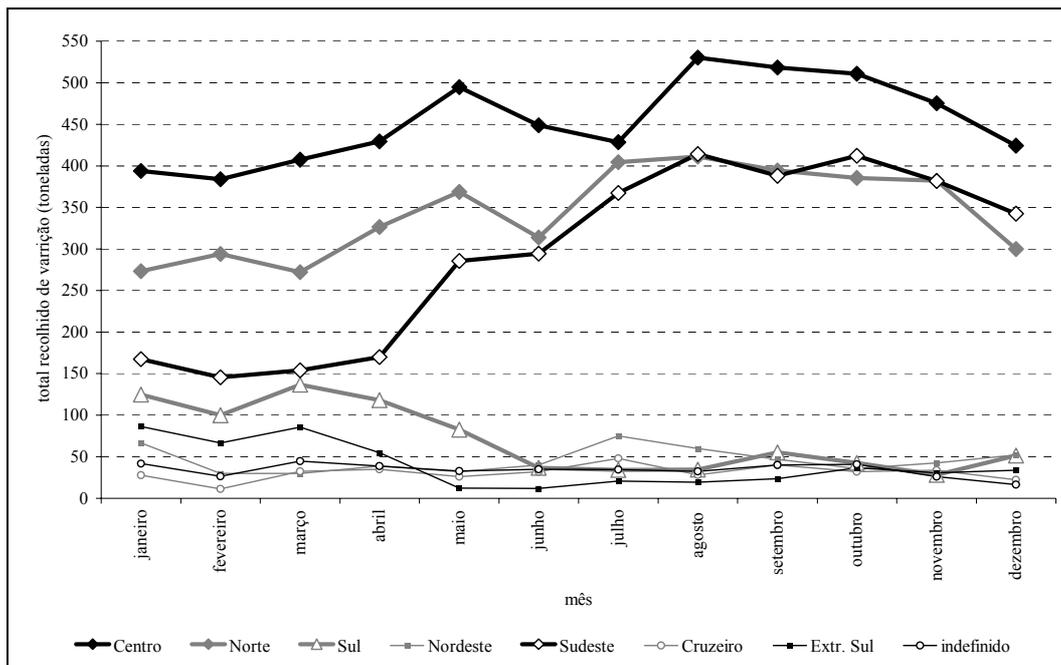


Figura 5.7. Totais mensais nas seções de varrição de Porto Alegre em 2002

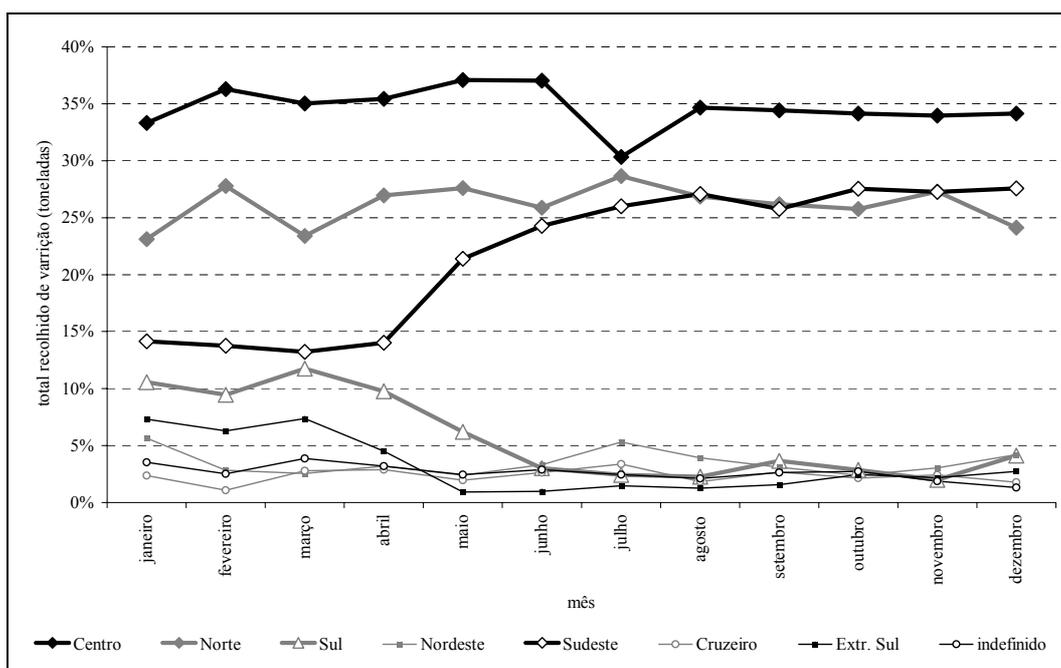


Figura 5.8. Participação de cada seção no total mensal de varrição: Porto Alegre - 2002

A Figura 5.9 mostra os totais mensais médios (kg) por área (ha). As seções Centro, Norte e Sudeste se destacam novamente.

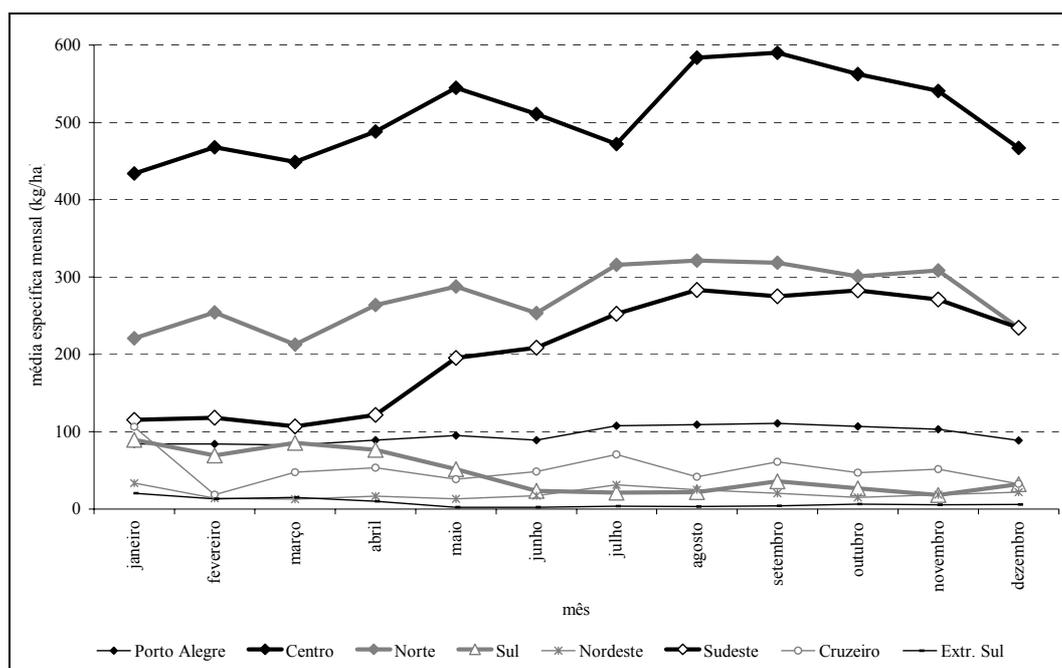


Figura 5.9. Totais médios mensais por hectares nas seções de varrição: Porto Alegre - 2002

Focos

Os resíduos coletados como focos mostraram uma média diária de 29 toneladas, o que corresponde a um valor médio mensal de 880 toneladas.

Outros

As estatísticas do tipo industrial, para o ano de 2002, revelaram uma média de 6 toneladas diárias, correspondendo a 170 toneladas mensais. O resíduo do tipo comercial apresenta uma média diária de 56 toneladas, enquanto a média mensal é de 1.710 toneladas.

O material recolhido como caliça apresenta uma média diária de 38 toneladas em 2002. A média mensal é de 1.150 toneladas. A estimativa de REICHERT (2002) é de 400 toneladas de resíduos dos tipos caliça, entulhos e aterro.

Já os resíduos hospitalares, que a partir de agosto de 2002 começaram a ser inseridos nos relatórios subdivididos em RSS-comum e RSS-infectante, apresentaram uma média diária de 3 toneladas e uma média mensal de 92 toneladas.

Importa lembrar que os resíduos do tipo RSS (RSS - resíduos de serviço de saúde), comercial e caliça possuem também coletas particulares e que não são pesadas. Em se tratando da caliça particularmente, há ocasiões não raras nas quais os referidos resíduos são coletados pelo caminhão de transporte do tipo focos.

Os resíduos denominados animais mortos têm uma média diária de 0,40 toneladas e mensal de 13 toneladas. Na verdade, a coleta deste resíduo não obedece a um padrão bem estabelecido como os demais citados acima; por isso a média mensal é mais representativa do que a diária. O mesmo pode-se dizer em relação à produção média mensal de alimentos destinados à suinocultura, em torno de 2,65 toneladas. A média diária obtida foi de 0,09 toneladas, o que difere muito do que foi dito em REICHERT (2002), pois o peso de 0,09 toneladas foi pesado na estação de transbordo e não nas associações que recebem o material.

Nos meses de outubro, novembro e dezembro, houve o tipo de resíduo: “eleições”. Todo o material de propaganda política é recolhido das ruas nestes meses, iniciando após o término do dia eleitoral com as ruas e continuando nos dois meses seguintes nos postes, pontes, etc. Em outubro, foram recolhidas 70 toneladas, em novembro 4 toneladas e dezembro 0,17 tonelada. As equipes responsáveis são as mesmas que são locadas nas seções de limpeza urbana.

O serviço de capina e poda apresentou os valores de 7,48 toneladas em março (capina), 2,76 toneladas em maio (capina) e 8,10 toneladas em abril (podas). Deve ser salientado que nem sempre tudo é pesado, já que nem todos os aterros têm balança. Por isso, este valor está distante do relatado em REICHERT (2002), que é o de 100 toneladas de resíduos arbóreos em média, por dia.

O tipo chamado seletivo representa a parte da coleta seletiva que vai para a UTC. Pelo fato de a UTC ser na estação de transbordo, este tipo é pesado. O máximo mensal registrado em 2002 não passou de 1,50 toneladas.

5.3. Participação dos tipos no total

Tomando a formulação do capítulo 4, sem levar em conta o que corresponde ao DEP, ou seja, o que diz respeito à limpeza de redes, pode-se dizer que:

$$C = C_{pop} + C_{stab} + C_{ent} + C_{pub} \quad (5.1)$$

Com os dados obtidos das fontes já citadas neste capítulo, valores médios mensais que chegam aos aterros de Porto Alegre são:

$$C_{pop} = 24.140 + 1.800 = 25.940 \text{ toneladas};$$

$$C_{ent} = 12.000 \text{ toneladas};$$

$$C_{stab} = 2.182 \text{ toneladas};$$

Rejeitos = 490 toneladas;

Cpub = 1.320 + 13 + 880 + 3.000 = 5.213 toneladas;

A Figura 5.10 mostra a participação de cada tipo de resíduo no total que atinge os aterros. Os tipos domiciliar, vilas, seletivo, entulhos e públicos são os que correspondem a quase 95% do total.

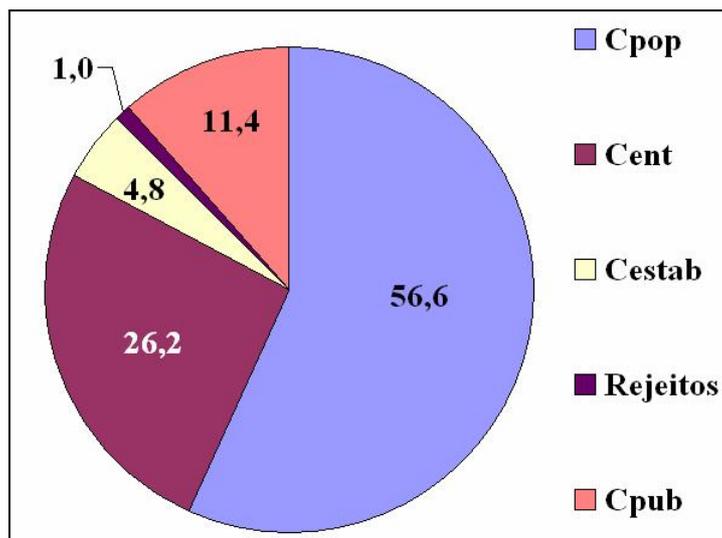


Figura 5.10. Valores médios mensais de coleta, por tipo de resíduo: Porto Alegre -2002

5.4. Caracterização da bacia hidrográfica urbana estudada

A bacia estudada tem aproximadamente 2,0 km² e drena o escoamento para a casa de bombas de número 12 (CB12) do DEP. A localização da bacia em relação a Porto Alegre está na Figura 5.11. O corpo receptor das águas drenadas pela bacia é o lago Guaíba. Toda a rede de drenagem de águas pluviais da bacia converge para a CB 12, sendo parte dela diretamente e parte se dirigindo primeiramente para a bacia de retenção à montante dela.

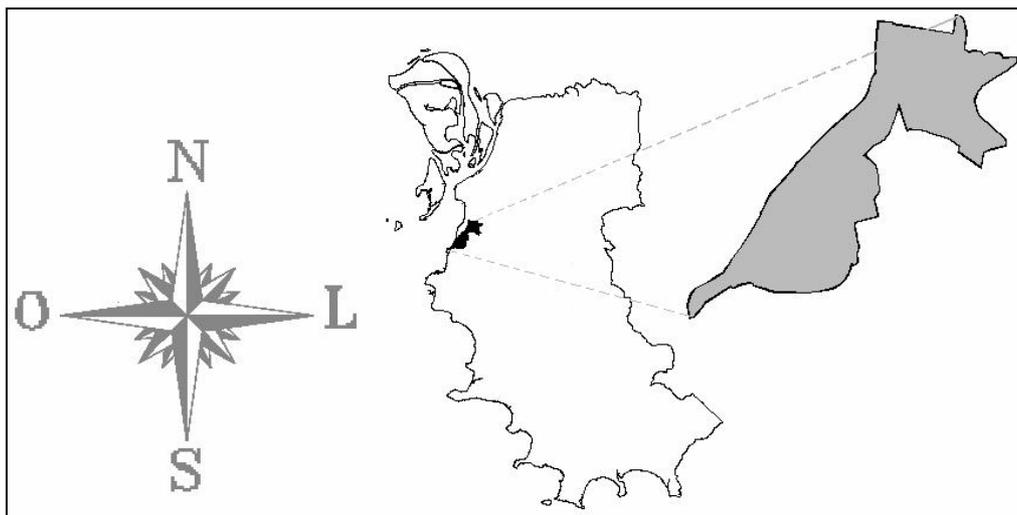


Figura 5.11. Localização da bacia hidrográfica em estudo, em relação a Porto Alegre

5.4.1. Hidrologia

Na Figura 5.12 está a bacia hidrográfica estudada com as sub-bacias, obtidas no projeto que envolveu a bacia de retenção e a ampliação/redirecionamento de parte da rede (DEP e HIDROSUL, 1999). Isto foi verificado, tomando-se cadastros da rede de drenagem de águas pluviais obtidos no DEP e também obtendo do mesmo departamento cartas 1:1.000 resultantes de levantamento aerofotogramétrico. Foram realizadas visitas à bacia para confirmar os dados.

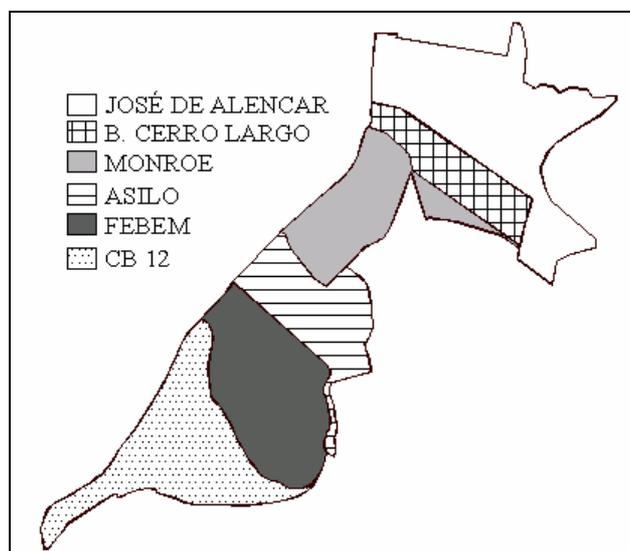


Figura 5.12. Bacia hidrográfica estudada

A Figura 5.13 mostra uma imagem de satélite. A ocupação residencial é mais intensa nas sub-bacias mais ao norte. A sub-bacia FEBEM praticamente não mostra ocupação, mas tem o solo um pouco desprotegido no centro. Na Figura 5.14 está

indicado o arruamento, com a rede de macrodrenagem, considerada aquela que possui diâmetro maior ou igual a 0,80 m ou os condutos de seção retangular, que em geral são de dimensões grandes e ficam na parte plana das sub-bacias.

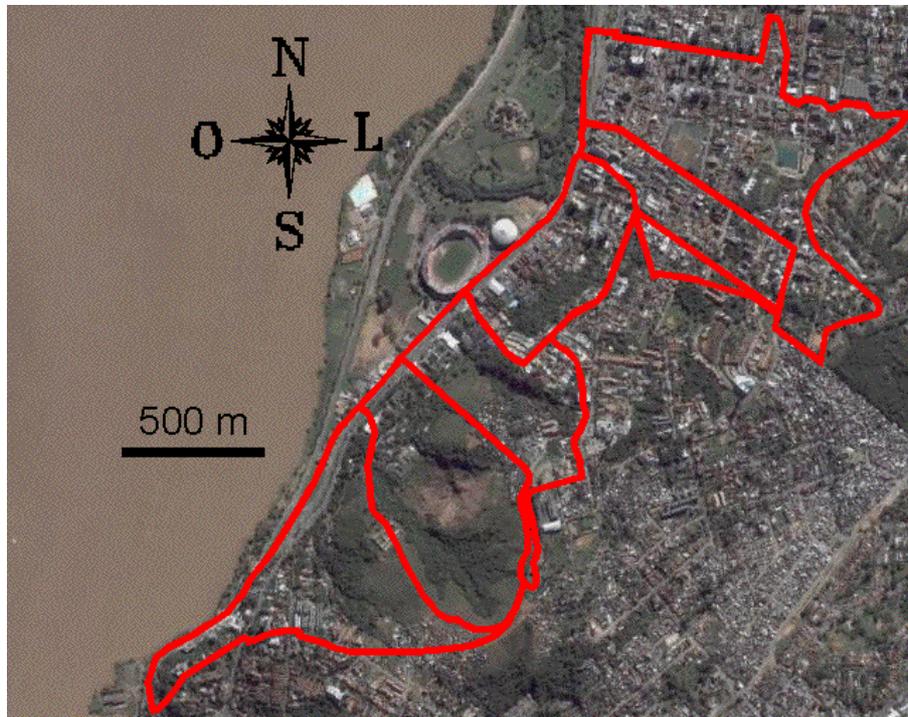


Figura 5.13. Imagem de satélite sobre a área da bacia (Google Earth 2006)

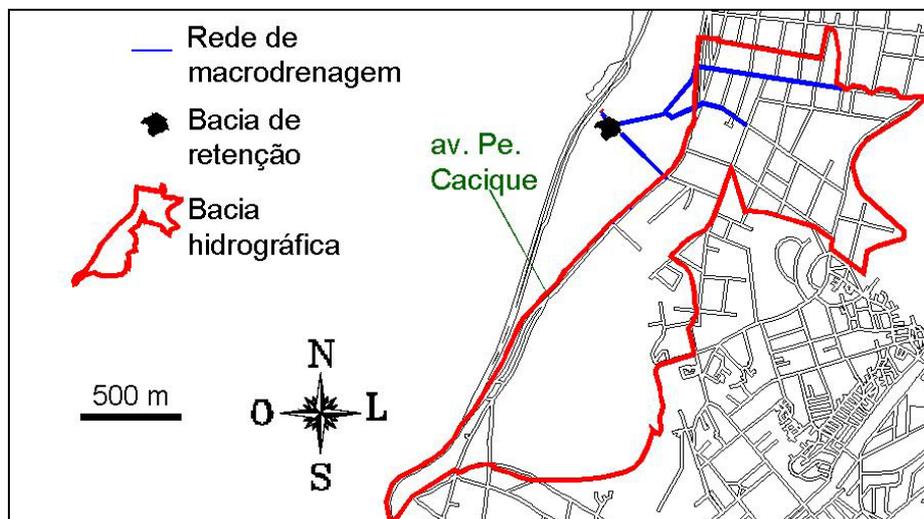


Figura 5.14. Macrodrenagem, arruamento e localização da bacia de retenção

Os nomes das sub-bacias foram adotados como os mesmos do projeto (DEP e HIDROSUL, 1999). Os bairros que mais contribuem com seu território na bacia são Menino Deus e Santa Teresa. Na Figura 5.15 está uma visão da CB12 no primeiro plano e da cabeceira da bacia hidrográfica ao fundo.



Figura 5.15. Casa de bombas, bacia de retenção e cabeceira da bacia hidrográfica (01/05/2004)

Sub-bacia José de Alencar

Esta sub-bacia tem 50,6 ha. Sua avenida principal, a José de Alencar, é percorrida por condutos que recebem as águas tanto da parte mais baixa da bacia, caracterizando-se pela área comercial bastante movimentada na própria avenida e parte residencial nas ruas interiores, quanto das partes mais altas, que abrangem a rua Cleveland e uma parcela da rua Correia Lima.

Segundo os cadastros do DEP, na parte final da avenida José de Alencar há um conduto de 1,30 m de largura por 0,90 m de altura. Este conduto é ligado no canal chamado Canal da José de Alencar, que percorre o parque Marinha do Brasil, tornando-se um canal propriamente dito próximo ao campo de futebol e chegando à bacia de retenção do parque.

Há diversos conjuntos de bueiros que são alvos fáceis de serem obstruídos com os resíduos sólidos, devido ao fato de haver estabelecimentos como restaurantes e vendedores de lanches. Há pontos de ônibus e o hospital Menino Deus, aumentando o fluxo de pessoas. Não se percebe riscos quanto ao hospital, no que tange aos resíduos do mesmo.

As cotas na parte mais alta estão em torno de 91,6 m, enquanto que na parte mais baixa são da ordem de 1,9 m. Portanto, o desnível entre a cabeceira e a parte mais a jusante da bacia fica em torno de 90 m (Figura 5.16).

A solicitação de limpeza na drenagem por parte da população é um indicador de entupimento e locais de alagamento. Como mostra a Tabela 5.1, as ruas mais solicitadas em 2002 estão nesta bacia: a própria avenida José de Alencar e a rua Barão do Guaíba,

esquina com a rua Dona Augusta. Nesta esquina, há uma churrascaria e próxima a ela, um ponto de ônibus. Há outros pontos como as ruas Antenor Lemos e a própria Dona Augusta, todas na parte baixa desta sub-bacia.

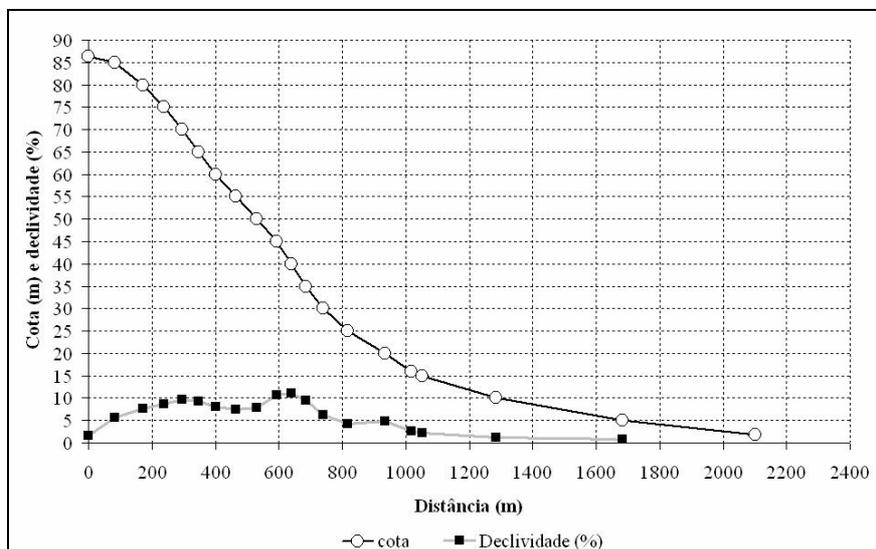


Figura 5.16. Cotas e declividades: Correia Lima, trav. Missões - final da av. José de Alencar

Tabela 5.1. Solicitações de limpeza em 2002, recebidas pelo DEP-zonal leste

Sub-bacia	Total	%
José de Alencar	46	40,4
Indefinida	28	24,6
Monroe	18	15,8
FEBEM	7	6,1
Barão do Cerro Largo	8	7,0
Asilo	6	5,3
CB12	1	0,9
Total	114	100,0

Nesta sub-bacia está situada a estação de tratamento de água José Loureiro da Silva (Menino Deus), do departamento municipal de água e esgoto. Havia dúvidas quanto à descarga ou não de seu expurgo na rede de drenagem. Contudo, um técnico deste órgão informou que havia rede específica para este fim, que foi substituída no ano de 2006 por um sistema de recirculação dos lodos gerados nos decantadores.

Sub-bacia Barão do Cerro Largo

Esta sub-bacia é praticamente residencial, de orientação sudeste-noroeste, apesar de haver alguns pontos comerciais na avenida Silveiro, que corta a bacia no sentido

norte-sul. Possui uma área de 16,6 ha e as características físicas podem ser vistas na Figura 5.18. O nome da sub-bacia vem do fato de as águas serem direcionadas pela rua Barão do Cerro largo, que se inicia na rua Correia Lima e acaba na avenida Pe. Cacique, com um conduto de 1,30 de largura por 0,80 m de altura na parte final. Este conduto deságua no Canal da José de Alencar.



Figura 5.17. Rua José de Alencar, sentido oeste-leste (jusante-montante com o hospital à esquerda)

As solicitações de limpeza da rede de drenagem nesta sub-bacia ocorrem em grande número na parte da cabeceira.

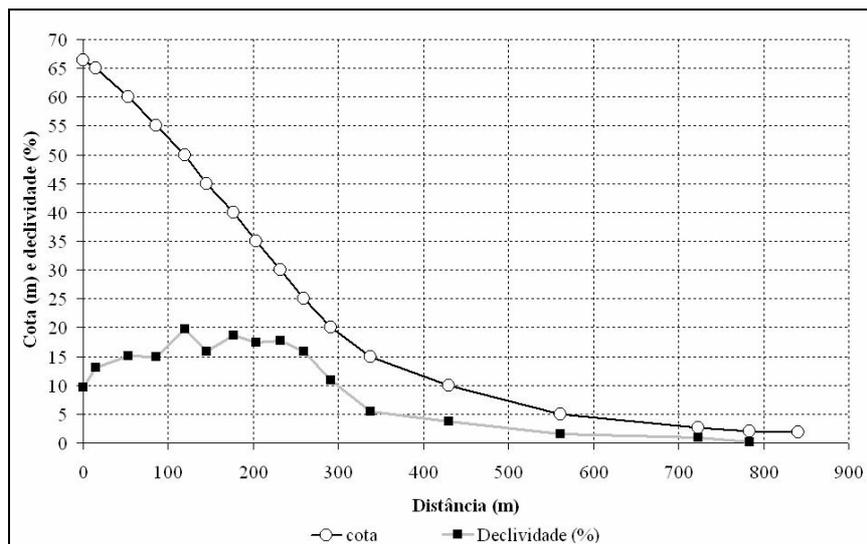


Figura 5.18. Cotas e declividades: Barão do Cerro Largo a partir da Correia Lima até Pe. Cacique

Sub-bacia Monroe

O nome desta sub-bacia, de 25,9 ha, é o mesmo da pequena rua que dá acesso a um condomínio. O uso do solo é residencial, a orientação é sudeste-noroeste e é preenchida por pequenos condutos que deságuam no conduto de forma quadrada de 1,0 m da avenida Pe. Cacique, em direção ao norte daí em diante, desaguando no conduto que atinge a bacia de retenção, com 1,80 m de largura e 1,60 m de altura. A rua Monroe possui uma extensão de 400 m, entre as cotas de 18,5 m e 2,4 m na Pe. Cacique, ou seja, uma declividade de 4,03 % atingindo uma área de declividade praticamente nula.



Figura 5.19. Cabeceira da bacia Monroe ao fundo (05/03/2004)

Este encontro com a avenida Pe. Cacique, juntamente com o encontro que ocorre também na esquina da rua Otávio Dutra, sempre foram pontos de alagamento, sendo necessário que fosse ampliado o conduto que direciona as águas para a bacia de retenção. Como visto na Tabela 5.1, esta é a segunda bacia em número de solicitações de limpeza em 2002. Isto ocorre nas duas ruas que dão acesso à avenida Pe. Cacique, a Monroe e a Otávio Dutra, que possui declividade semelhante à rua Monroe.

Sub-bacia Asilo

A bacia Asilo recebe este nome por causa do Asilo Pe. Cacique. Praticamente não há habitantes em sua área de 23,7 ha, a não ser na sua cabeceira e ao norte da mesma. Contudo, a sua maior parte encontra-se com vegetação predominante.



Figura 5.20. Cabeceira da bacia Asilo (05/03/2004)



Figura 5.21. Asilo Pe. Cacique: ao fundo, o condomínio da cabeceira da bacia Monroe (05/03/2004)

Sub-bacia FEBEM

Com 37,1 ha, recebe este nome, pois sua área praticamente é toda usada pela FASE (Fundação de Atendimento Sócio-Educativo do Estado do Rio Grande do Sul), antiga FEBEM. É uma sub-bacia íngreme que deságua na avenida Pe. Cacique; com solo desprotegido, a sua parte final sempre esteve sujeita a grandes alagamentos. Atualmente, a magnitude destes alagamentos diminuiu um pouco, por causa das obras de ampliação dos condutos da avenida Pe. Cacique.

Sub-bacia CB 12

Esta sub-bacia, de 38,2 ha, possui duas avenidas principais, além da parte final sul da avenida Pe. Cacique. São as avenidas Taquari e Pinheiro Borba, que fazem a ligação com a zona sul da cidade e são bastante movimentadas, apesar de serem

praticamente ocupadas por prédios residenciais. Os diversos condutos de diâmetros pequenos ligam-se ao conduto que leva a água diretamente à CB 12.

Segundo os cadastros do DEP, este conduto principal tem um diâmetro de 0,80 m até aproximadamente em frente à bacia Asilo, aumentando para 1,20 m, passando por baixo da bacia de retenção, atingindo o poço da CB12.

Avenida Pe. Cacique

Esta avenida praticamente limita a bacia hidrográfica na parte oeste, recebendo as águas das sub-bacias José de Alencar até a FEBEM, margeando o parque Marinha do Brasil. Sempre foi palco de problemas quando da ocorrência de eventos pluviométricos, devido aos constantes alagamentos, que foram diminuídos com a ampliação da rede.

Nesta avenida, concentram-se diversos estabelecimentos comerciais, o Tribunal Regional Eleitoral (próximo à avenida José de Alencar), restaurantes, motel, oficinas de automóveis, quadras de esporte, o estádio Beira Rio e o ginásio Gigantinho, posto de gasolina, barraco de escola de samba, a FASE (antiga FEBEM), um colégio, além das instalações, na sua parte final sul, do museu Iberê Camargo. Além do mais, o parque Marinha do Brasil, que margeia a avenida, possui pontos de ônibus.

O conduto principal na avenida Pe. Cacique possui as dimensões 1,0 x 1,0 m, com bueiros nas duas ramificações da avenida, nas margens do parque e nos antigos pontos de alagamento já citados, além de outros espalhados pela avenida. Há outros condutos de 0,60 m e 0,70 m de diâmetro perto do estádio Beira Rio.

A Figura 5.22 mostra que a avenida possui uma declividade variável, mas sempre baixa, quando comparada com as declividades das sub-bacias já mostradas. Em destaque está a região da FASE (antiga FEBEM), que em cerca de 200 m há uma baixa no terreno. Este local sempre foi sinônimo de transtorno quando da ocorrência de eventos.

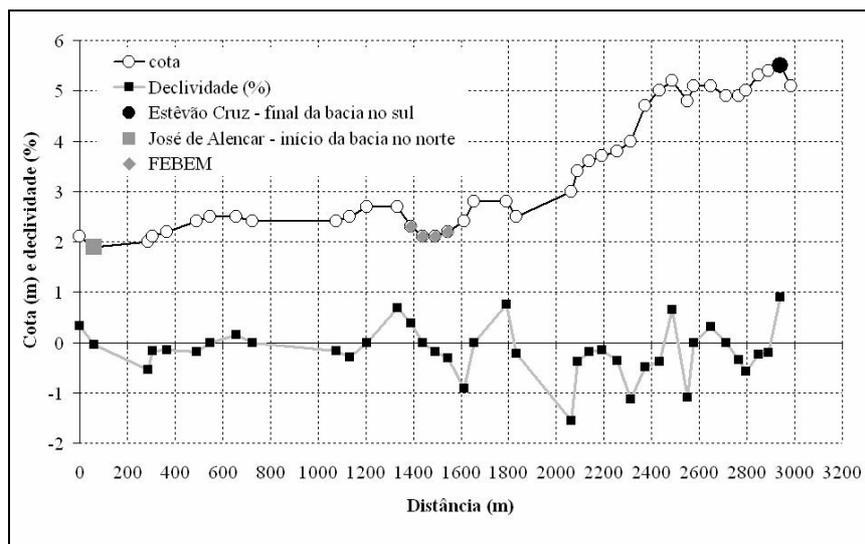


Figura 5.22. Cotas e declividades: Pe. Cacique ao longo da bacia

5.4.2. Elementos hidráulicos do parque: bacia de retenção e casa de bombas

Há algum tempo, as bacias de detenção ou retenção vem sendo estudadas como alternativas compensatórias do efeito da má gestão da urbanização. Em Porto Alegre, o plano diretor prevê o controle dos excessos de vazões na macrodrenagem através das bacias de detenção ou retenção. As primeiras são aquelas que não mantêm uma lâmina de água no seu interior, podendo ser utilizada para outros fins, enquanto que nas bacias de retenção, há a lâmina de água permanente (TUCCI e GENZ, 1995). Algumas bacias em Porto Alegre já foram implantadas, como é o caso da bacia de retenção do parque Marinha do Brasil.

A casa de bombas, por sua vez está inserida no contexto do sistema de proteção contra enchentes de Porto Alegre, o qual possui 20 casas de bombas, dentre as quais está a CB12, com 4 bombas, cuja vazão nominal do conjunto pode chegar a 6.450 L/s (www.portoalegre.rs.gov.br). A imagem na Figura 5.23 mostra o sistema hidráulico no parque Marinha do Brasil.

Como já foi mencionado, devido à falta de capacidade de escoamento na rede da avenida Pe. Cacique, face ao aumento da urbanização da área, foi necessário o projeto de ampliação dos condutos desta via, e, por conseguinte, da bacia de retenção do parque. O projeto previu um rendimento na casa de bombas de 77%, resultando em uma vazão máxima de 5,0 m³/s do conjunto de bombas. A vazão afluyente máxima de projeto é de 16,159 m³/s, e o volume de armazenamento de projeto é 12.649 m³.

A Figura 5.24 mostra a foto da bacia de retenção em março de 2004. No canto superior direito da pode ser visto o prédio do hospital Mãe de Deus, bem no fim da avenida José de Alencar, assinalada na Figura 5.24.

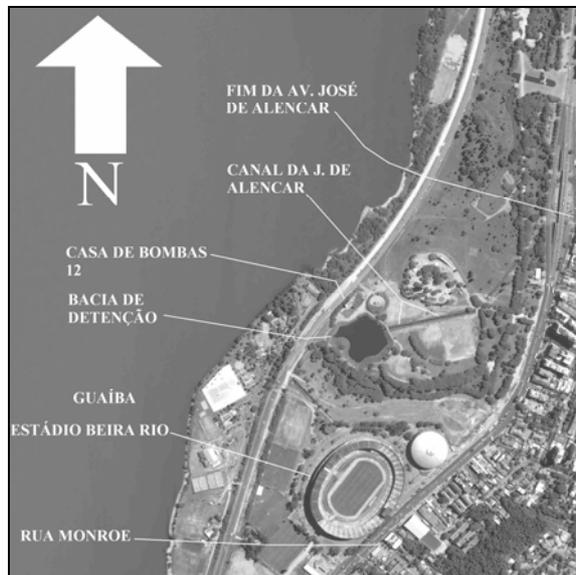


Figura 5.23. Sistema hidráulico no parque Marinha do Brasil (Imagem de 2001, obtida junto ao D EP - Prefeitura Municipal de Porto Alegre).



Figura 5.24. Bacia de retenção.

A Figura 5.25 mostra o interior da casa de bombas. Na Figura 5.26 há duas fotos do canal José de Alencar, onde podem ser vistos sacos plásticos com resíduos sólidos. O despejo no canal não foi comum durante todo o período de estudo.



(a). Vista das três bombas maiores.

(b). Bomba menor, entrada banheiro.

Figura 5.25. Interior da casa de bombas



(a). Canal da José de Alencar em 15/03/2004.

(b). Canal da José de Alencar em 25/09/2004.

Figura 5.26. Canal da José de Alencar

5.4.3. Coleta de resíduos e limpeza urbana

O resíduo domiciliar é coletado nos setores mostrados Figura 5.27 e listados na Tabela 5.2. Em praticamente toda a bacia (em cinza), esta coleta é feita em dias pares (segundas, quartas e sextas-feiras) e à noite, nos setores denominados PN. Segundo informação obtida no DMLU, nesta bacia não há resíduo do tipo vilas.

No período entre 01 de novembro de 2003 e 30 de junho de 2004, a bacia produziu 1.652 toneladas ou $0,52 \text{ kg} \cdot \text{hab}^{-1} \cdot \text{dia}^{-1}$, se for considerado que a população do censo de 2000 do IBGE não cresceu significativamente até o período. Para chegar a este resultado, foi estimado o total coletado no período referido através de uma média ponderada pelas áreas dos setores inseridas na bacia.



Figura 5.27. Setores de coleta de resíduos sólidos domiciliares

Tabela 5.2. Setores de coleta de resíduos sólidos domiciliares

Setor	Dias de coleta	Turno
PN02	Segundas, quartas e sextas-feiras	Noite
PN03	Segundas, quartas e sextas-feiras	Noite
PN19	Segundas, quartas e sextas-feiras	Noite
PD06	Segundas, quartas e sextas-feiras	Dia
PD13	Segundas, quartas e sextas-feiras	Dia
PD22	Segundas, quartas e sextas-feiras	Dia
IAV02	Terças, quintas e sábados	Dia

Com base em observações na bacia e consultas ao DMLU e ao DEP, foi possível constatar o seguinte:

1) na coleta domiciliar, algumas vezes os sacos são abertos por catadores, mas se torna comum a separação dos resíduos interessantes para eles, pelos próprios moradores dos bairros. Além do mais, o restante sem utilidade é colocado nas calçadas em um horário próximo da passagem do caminhão;

- 2) a coleta seletiva ocorre em horários já informados aos moradores, de modo que o material é colocado pouco antes da passagem do veículo. Mesmo havendo sacos a serem abertos, estes são em menor número e o que pode ser despejado na rua tem peso pequeno;
- 3) a coleta de entulhos depende das obras que ocorrem na região. Não é comum a presença de entulhos espalhados pelo chão na bacia. Em locais próximos, mas fora dos limites da mesma, verificou-se que há pontos onde há despejo, pois sabem que caminhões do DMLU ou terceirizados por este órgão por ali passam e recolhem o material, geralmente nas segundas, quartas e sextas-feiras.
- 4) praticamente não há focos dentro dos limites da bacia. Próximo à mesma, os focos são colocados perto dos resíduos domiciliares, de modo que os garis que fazem a coleta porta a porta também levam este material;
- 5) serviço de poda e capina é feito com uma frequência baixa e são recolhidos rapidamente;
- 6) como em toda a cidade, os resíduos das eleições são recolhidos quase totalmente na noite do dia de votação;
- 7) estabelecimentos comerciais pequenos colocam seu resíduo junto com o domiciliar, enquanto os de maior porte não costumam colocar seu resíduo fora do estabelecimento;
- 8) não há área industrial na bacia;
- 9) na bacia, em sua parte norte, está situado o hospital Mãe de Deus. Contudo, em nenhum saco de varrição foi encontrado vestígios de material hospitalar. No poço da CB12, apareceram, em 8 meses, duas ou três luvas em dias diferentes;
- 10) a limpeza das redes de drenagem, realizada pelo DEP, não era preventiva, a não ser em alguns pontos mais baixos da bacia. Contudo, isto ocorria uma vez no final da primavera. Nos demais períodos do ano, a limpeza ocorria após solicitações da população. No caso de bocas-de-lobo, o resíduo é colocado em um caminhão. Há desobstrução da rede por jateamento, sendo o resíduo empurrado para jusante.

Quanto à varrição, esta é de responsabilidade da seção sudeste na maior parte da bacia (71% da área desta) e da seção cruzeiro em uma pequena parte da mesma (29%). Cabe uma descrição da seção sudeste de varrição, já que é na área que corresponde a esta seção onde está praticamente toda a contribuição da varrição na bacia.

A seção sudeste está representada na Figura 5.28. Desde maio de 2004, sua área foi reduzida a cerca da metade, passando de 47,3 km² para 24,2 km². Contudo, a área efetivamente varrida (áreas em cinza na figura) praticamente não mudou, passando de

14,8 km² para 14,5 km². Nesta tese, será adotada a média entre estas duas, 14,65 km², que corresponde a 60,5% da área total de 24,2 km². No restante da seção sudeste pode haver despejo de lixo e este pode ter como destino final a rede de drenagem por meio de riachos. Pode haver também despejo de lixo domiciliar.

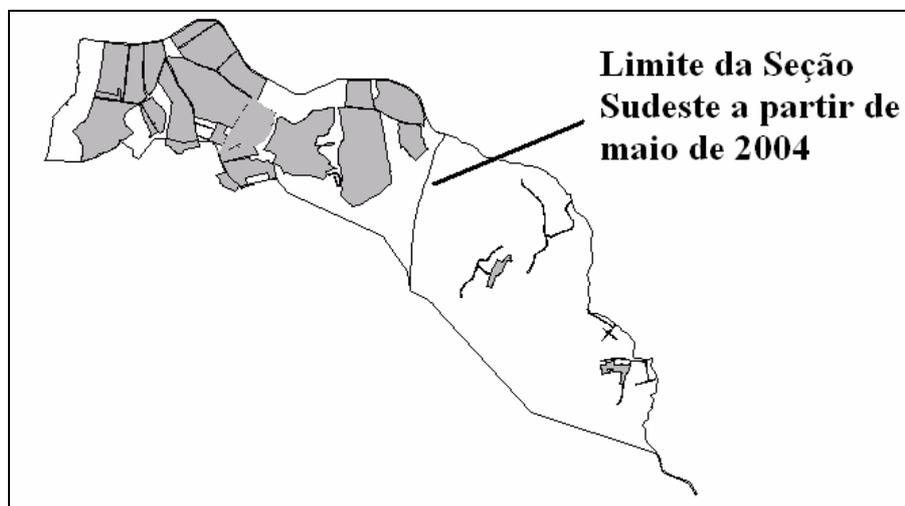


Figura 5.28. Seção sudeste com os bairros

A seção sudeste possui três subseções, sendo uma delas responsável pela região da bacia hidrográfica. Nesta seção, os logradouros são divididos naqueles que são varridos diariamente, geralmente avenidas e ruas importantes e naqueles chamados bairros, que são varridos 1, 2 ou 3 vezes por semana, quinzenalmente, mensalmente ou eventualmente. Apesar do nome bairro, não necessariamente obedecem aos limites geográficos dos bairros da cidade e são justamente as áreas em cinza da Figura 5.28, citadas no parágrafo anterior. As ruas e avenidas principais, que em geral possuem varrição diária, estão na Figura 5.29.

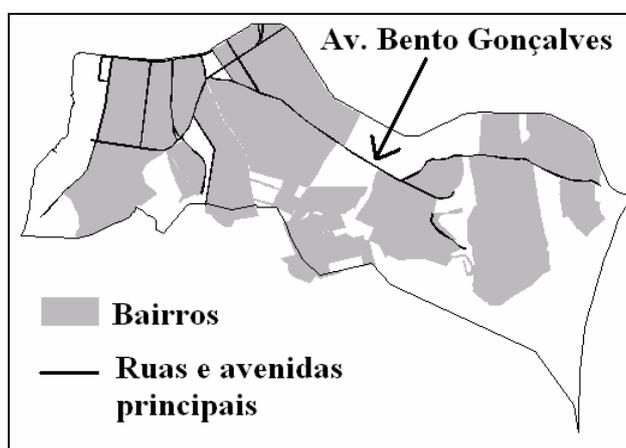


Figura 5.29. Ruas e avenidas principais varridas na seção sudeste

A extensão total que é programada para varrição na seção sudeste é de 488,17 km nas ruas inseridas nos bairros, mais 103,39 km de ruas e avenidas principais, totalizando 591,56 km. A densidade de ruas programadas para serem varridas na seção sudeste então pode ser calculada por:

$$\frac{\text{Extensão}_{\text{Bairros}}}{\text{Área}_{\text{Bairros}}} = 0,40 \text{ km/ha.}$$

Tabela 5.3. Extensão e densidade programada de ruas varridas na seção sudeste

Varrição-Bairro	Extensão Varrida (km)	Área (km ²)	Densidade de ruas varridas		Frequência predominante, observada nos relatórios de varrição
			km/km ²	km/ha	
Menino Deus	19,43	0,79	24,60	0,246	Segundas, quartas e sextas
Azenha	19,28	0,53	36,44	0,364	Segundas, quartas e sextas
Santa Teresa	24,19	1,25	19,41	0,194	Quinzenal
Jardim Olímpico	5,18	0,24	21,26	0,213	Semanal
Medianeira	21,215	1,00	21,20	0,212	Terças e quintas
Santana	24,33	1,10	22,10	0,221	Semanal
Santo Antônio	30,84	1,65	18,64	0,186	Mensal
Batista Xavier	30,87	0,93	33,06	0,331	Mensal
Partenon	15,43	0,60	25,85	0,258	Varia
Cel. Aparício Borges	15,41	0,84	18,37	0,184	2003: mensal e 2004: varia
João Pessoa	37,57	1,71	21,95	0,220	Mensal
São José	47,19	2,59	18,21	0,182	2003: esporádico e 2004: varia
Intercap	25,81	0,83	31,27	0,313	2003: mensal e 2004: varia
Vila dos Sargentos	9,46	0,39	24,52	0,245	2003: mensal e 2004: varia

Este índice está na Tabela 5.3, bem como as frequências reais (e não as programadas) observadas em relatórios de varrição para cada bairro. Em média, varre-se 0,24 km/ha com um coeficiente de variação de 24%. Não há uma grande dispersão; o que há é uma diferença de frequências, sendo os bairros mais próximos do centro da cidade com varrição mais rotineira (Menino Deus, Azenha, Santa Teresa, Jardim Olímpico e Santana).

Em relação à bacia hidrográfica, sua inserção regional na seção sudeste está na Figura 5.30. As frequências programadas na bacia estão na Figura 5.31: a varrição diária corresponde às avenidas Pe. Cacique e José de Alencar; as ruas do bairro Menino Deus,

a rua Silveiro e a rua Correia Lima são programadas para serem varridas segundas, quartas e sextas-feiras; as avenidas em vermelho são pertencentes à seção de limpeza urbana cruzeiro. Faz parte deste grupo a avenida parte da Pe. Cacique e parte das avenidas Pinheiro Borba e Taquari.

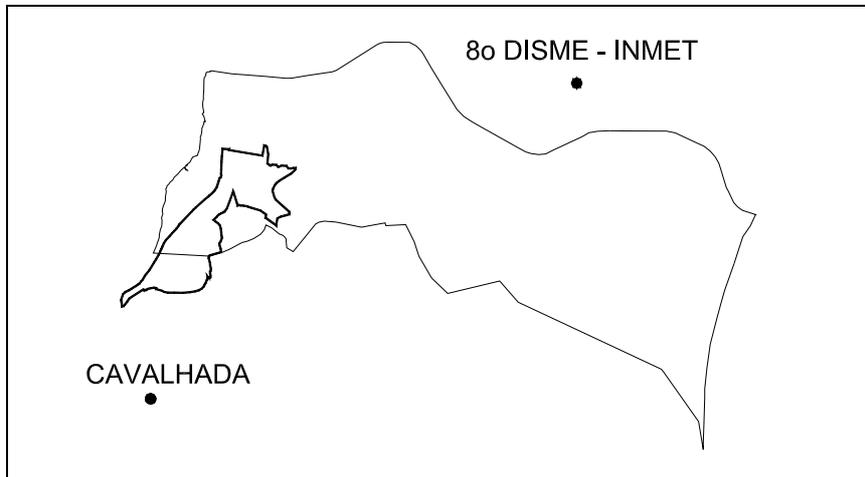


Figura 5.30. Inserção regional da bacia na seção sudeste

Comparando esta figura com a Tabela 5.3, pode-se ver que nem sempre são obedecidas as frequências programadas. O bairro Santa Teresa tem que ser varrido todas as segundas-feiras à noite. Contudo, na maioria das vezes, isto não ocorreu.

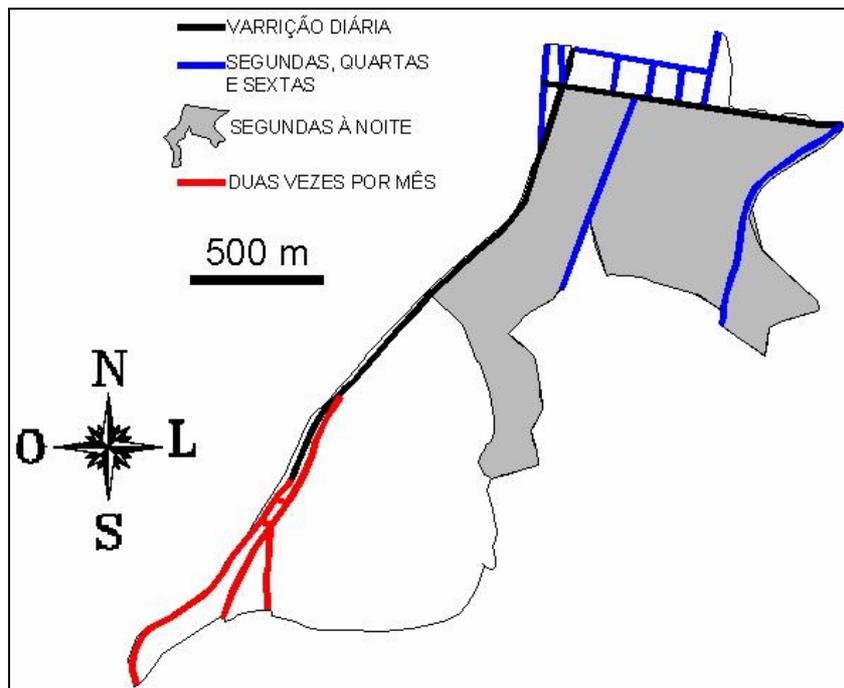


Figura 5.31. Frequências de varrição na bacia hidrográfica

A extensão total que é programada para varrição na bacia é de 15,71 km nas ruas inseridas nos bairros, mais 20,05 km de ruas e avenidas principais, totalizando 35,76 km. As áreas das parcelas dos bairros (Figura 5.32), varridas na bacia somam 0,956 km², o que corresponde a 49,8% da área total. As demais áreas praticamente não possuem ruas e boa parte é composta de vegetação. Dentro da área da bacia hidrográfica não há pontos de despejo clandestino. As densidades de ruas programadas para serem varridas na bacia são:

$$\frac{\text{Extensão}_{\text{Bairros}}}{\text{Área}_{\text{Bairros}}} = 0,16 \text{ km/ha.}$$

Em se tratando de programação, vê-se que se varre menos por hectare na bacia hidrográfica do que na seção sudeste.

Para se observar como é feito o trabalho na nos arredores da bacia, foram acompanhados algumas saídas para a coleta de sacos, feitos pelo pessoal do DMLU. Na parte da bacia que diz respeito à seção sudeste, um caminhão com 2 ou 3 garis recolhem os sacos que foram deixados pela equipe que realizou a varrição anteriormente.

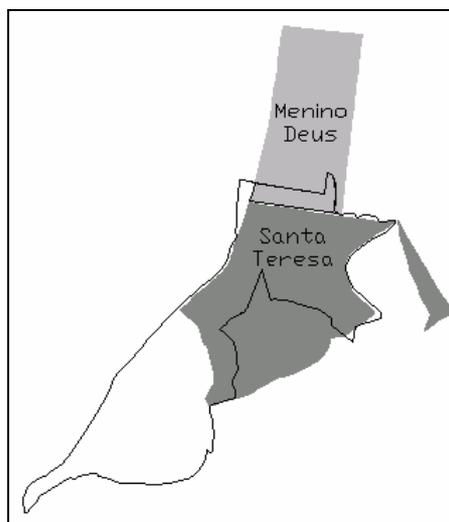


Figura 5.32. Bairros e parcelas varridas destes bairros dentro da bacia

Por exemplo, no bairro Santa Teresa a equipe começa a varrer por volta das 17:00 h. Já tarde da noite ou no outro dia pela manhã bem cedo, o caminhão leva o material para a estação de transbordo, onde se faz uma pesagem bruta e uma pesagem com o caminhão vazio, indicando na entrada de onde é a origem do resíduo. Esta pesagem é a que entra nos relatórios do DMLU.

A Tabela 5.5 mostra os resultados; percebe-se que não existem diferenças somente nas frequências, mas também entre a extensão programada e a extensão varrida no dia. Por exemplo, para o bairro Santa Teresa, a sua extensão programada é de 24.190 m, praticamente todo o bairro. Na prática, entretanto, varre-se menos que isto. Em geral, quando se trata das avenidas e ruas principais, a varrição programada praticamente coincide com a realmente varrida. Quando se trata de bairros, as diferenças aparecem.

Os dados com as extensões realmente varridas são muito escassos. Alguns deles estão na Tabela 5.4, para os bairros Menino Deus e Santa Teresa. Os coeficientes de variação mostram que os totais varridos nas datas oscilam bastante, bem como a razão Programada/Real.

Tabela 5.4. Algumas extensões varridas em dois bairros da seção sudeste

Menino Deus	total dia (m)	Real/Prog (%)	Santa Teresa	total dia (m)	Real/Prog (%)
2/1/2004	2900	14,9%	16/2/2004	2920	12,1%
5/1/2004	2900	14,9%	25/2/2004	5910	24,4%
7/1/2004	2900	14,9%	13/4/2004	9530	39,4%
8/1/2004	1800	9,3%	15/4/2004	5920	24,5%
12/1/2004	1800	9,3%	19/4/2004	9810	40,6%
13/1/2004	1800	9,3%	3/5/2004	8680	35,9%
15/1/2004	1800	9,3%	17/5/2004	8860	36,6%
16/1/2004	1800	9,3%	24/5/2004	7920	32,7%
17/1/2004	1800	9,3%	26/5/2004	5140	21,3%
21/1/2004	1160	6,0%	31/5/2004	12170	50,3%
22/1/2004	1800	9,3%	21/6/2004	12170	50,3%
23/1/2004	1800	9,3%	28/6/2004	14430	59,7%
26/1/2004	1800	9,3%	2/8/2004	10640	44,0%
27/1/2004	1800	9,3%	13/8/2004	2380	9,8%
28/1/2004	1800	9,3%	16/8/2004	1390	5,7%
3/5/2004	9730	50,1%	sem data 1	10630	44,0%
média	2.462		média	8.031	
cv	81,2%		cv	47,1%	

Tabela 5.5. Amostras de peso de varrição na região da bacia hidrográfica

Área varrida	Data de varrição	Dia da semana que foi realizada a varrição	kg	Freqüência programada	Extensão programada (m)
Avenidas Menino Deus	19/4/2004	segunda-feira pelo dia	450	diária	33.800
Santa Teresa	19/4/2004	segunda-feira à noite	920	segunda à noite	24.190
Avenidas e ruas internas do bairro Menino Deus	3/5/2004	segunda-feira pelo dia	1.800	segunda, quarta e sexta e diária, respectivamente	53.230
Avenidas Menino Deus	13/5/2004	quinta-feira pelo dia	640	diária	33.800
Santa Teresa	31/05/2004	Segunda-feira à noite	1.000	Segunda-feira à noite	24.190
Santa Teresa	21/06/2004	Segunda-feira à noite	625	Segunda-feira à noite	24.190
Pe. Cacique, Taquari e Pinheiro Borba: Seção cruzeiro	1/5/2004	sábado pela manhã	510	duas vezes por mês	3.692
Pe. Cacique, Taquari e Pinheiro Borba: Seção cruzeiro	24/8/2004	terça-feira pela manhã	570	duas vezes por mês	3.692

Tabela 5.4. Continuação

Área varrida	Extensão varrida no dia (m)	Massa/Extensão programada (g/m)	Massa/Extensão no dia (g/m)
Avenidas Menino Deus	32.340	13,31	13,91
Santa Teresa	9.810	38,03	93,78
Avenidas e ruas internas do bairro Menino Deus	42.070	33,82	42,79
Avenidas Menino Deus	32.340	18,93	19,79
Santa Teresa	-	-	-
Santa Teresa	12.170	0,00	0,00
Pe. Cacique, Taquari e Pinheiro Borba: Seção cruzeiro	3.692	138,14	138,14
Pe. Cacique, Taquari e Pinheiro Borba: Seção cruzeiro	3.692	154,39	154,39



Rua Sinke, bairro Santa Teresa
(12/04/2004).



Rua Miguel Couto com a Rua Silveiro,
bairro Santa Teresa (12/04/2004).



Caminhão pronto para levar o material
após coleta dos sacos (12/04/2004).



Caminhão entrando na estação de
transbordo e tomando o peso bruto
(20/04/2004).

Figura 5.33. Acompanhamento da equipe de limpeza

Para outros bairros da seção sudeste, ocorre o mesmo: no bairro Azenha conseguiu-se uma amostra, cuja média da razão Real/Programada é de 44,8%, no bairro Medianeira 36,4%, no bairro Santo Antônio 30,2%, no bairro Santana 54,6%. Tomando todos estes bairros, a média das médias é de 35,32%, próximo da média do bairro Santa Teresa, de 33,2%.

Para finalizar este item, convém dizer que a parte da bacia que está na seção de varrição Cruzeiro contribui com cerca de 3,6% do total da bacia, no que tange à produção mensal de varrição em peso. Isto foi estimado a partir das amostras da Tabela 5.5.

Esta região é mostrada na Figura 5.34. Trata-se basicamente da sub-bacia que drena diretamente para a CB 12. Esta área corresponde a cerca de 12% do total de extensão varrida em toda a bacia. Ela compõe parte das avenidas Pinheiro Borba e Taquari (em verde) e avenida Pe. Cacique (em vermelho).

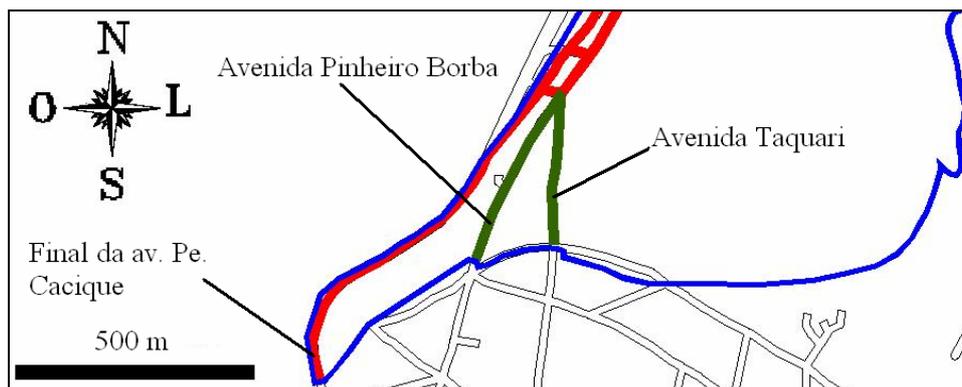


Figura 5.34. Parte sul da bacia, sob responsabilidade da seção cruzeiro

No Anexo B estão tabelas com extensões varridas na seção sudeste.

5.4.4. Características populacionais

Os dados de população foram obtidos do censo realizado pela Fundação Instituto Brasileiro de Geografia e Estatística (IBGE, 2000). Tomando-se os setores censitários, estimaram-se as populações nas sub-bacias, observando a parcela de cada setor censitário dentro da área da bacia.

A Tabela 5.6 mostra os resultados populacionais nas sub-bacias, respectivamente. Os valores foram obtidos a partir da determinação das populações das sub-bacias por ponderadores de área, fazendo-se logo após a divisão da população pela área. As bacias barão do Cerro Largo e Monroe possuem as maiores densidades.

Tabela 5.6. População e densidades nas sub-bacias

Sub-bacia	População (hab)	Área (ha)	Densidade (hab/ha)
José de Alencar	3.975	50,6	78,6
Barão do Cerro Largo	1.938	16,6	116,7
Monroe	2.111	25,9	81,5
Asilo	1.384	23,7	58,4
FEBEM	1.895	37,1	51,1
CB12	1.717	38,2	44,9
Totais	13.020	192,1	67,8
Médias	2.170	32,017	71,9
*dividindo a área total pela população total			
**média das densidades das sub-bacias			

5.5. Caracterização dos resíduos de varrição na bacia em estudo

Neste item são analisadas as caracterizações dos resíduos provenientes da varrição na bacia, ou seja, de sacos de varrição. A análise será feita partindo do nível mais global, no âmbito de toda a bacia hidrográfica, até a análise entre áreas com frequências diferentes adotadas pelo DMLU, e entre duas épocas diferentes de caracterização, chamadas campanhas.

O objetivo é verificar a ocorrência da parcela de resíduos conhecidos como lixo. A caracterização é baseada no peso de cada tipo em relação ao total. A necessidade de se realizar esta tarefa apareceu por volta de novembro e dezembro de 2003, quando as idéias sobre os métodos indiretos ganharam destaque e a pesagem do resíduo vindo pela drenagem até a CB12 já estava ocorrendo. Saber quanto de lixo há nos sacos de varrição permite comparar os resultados dos métodos indiretos com a quantificação direta. O DMLU foi contatado e o trabalho foi iniciado em março de 2004.

Para a realização da caracterização, foram tomadas diversas localidades espalhadas na bacia. Em cada uma, tomou-se um saco da varrição. Os sacos foram levados à CB12, sendo 5 ou 6 sacos por vez. Na Figura 5.35 é mostrada a chegada do resíduo, a abertura dos sacos e a caracterização.

A caracterização de um saco foi realizada em duas partes: a primeira, abrindo o mesmo e retirando o material a ser caracterizado, com exceção da vegetação e outras matérias orgânicas, areia e pedras (Figura 5.35e Figura 5.35f). A segunda, derramando o material restante no tonel com a manta plástica, com o auxílio de uma peneira utilizada comumente em obras de construção civil. Nesta fase ainda apareciam pedaços de plásticos, papéis, etc (Figura 5.36).

Algumas vezes foi difícil retirar de dentro do saco o material, ou derramá-lo no tonel. Assim, estendia-se a manta no chão. A peneira foi utilizada para separar a areia das folhas e também facilitou a retirada das pedras (Figura 5.37).

O material utilizado foi: balança Cauduro 062SR, 15 kg, prato de zinco, dois tonéis de aproximadamente 90 litros cada um, luvas de borracha, sacos de resíduos domiciliares (em geral de 100 litros), caneta e papel para anotar o peso, bota de borracha, pá e vassoura, mantas de plástico, borracha. Neste caso de caracterização, a balança com capacidade máxima de 15 kg foi suficiente, pois os sacos eram abertos e os tipos de resíduos pesados separadamente. Os tipos verificados na caracterização dos resíduos de varrição estão na Tabela 5.7.



(a). Veículo que trouxe os sacos de resíduos da varrição em 01/05/ 2004.



(b). Veículo que trouxe os sacos de resíduos da varrição em 05/03/ 2004 – transporte dos varredores.



(c). Veículo que trouxe os sacos de resíduos da varrição em 16/03/ 2004.



(d). Resíduo trazido pelo caminhão em 05/03/ 2004.



(e). Material dentro de um saco em 27/07/2004



(f). Material do saco separado em 27/07/2004.

Figura 5.35. Resíduo na CB12

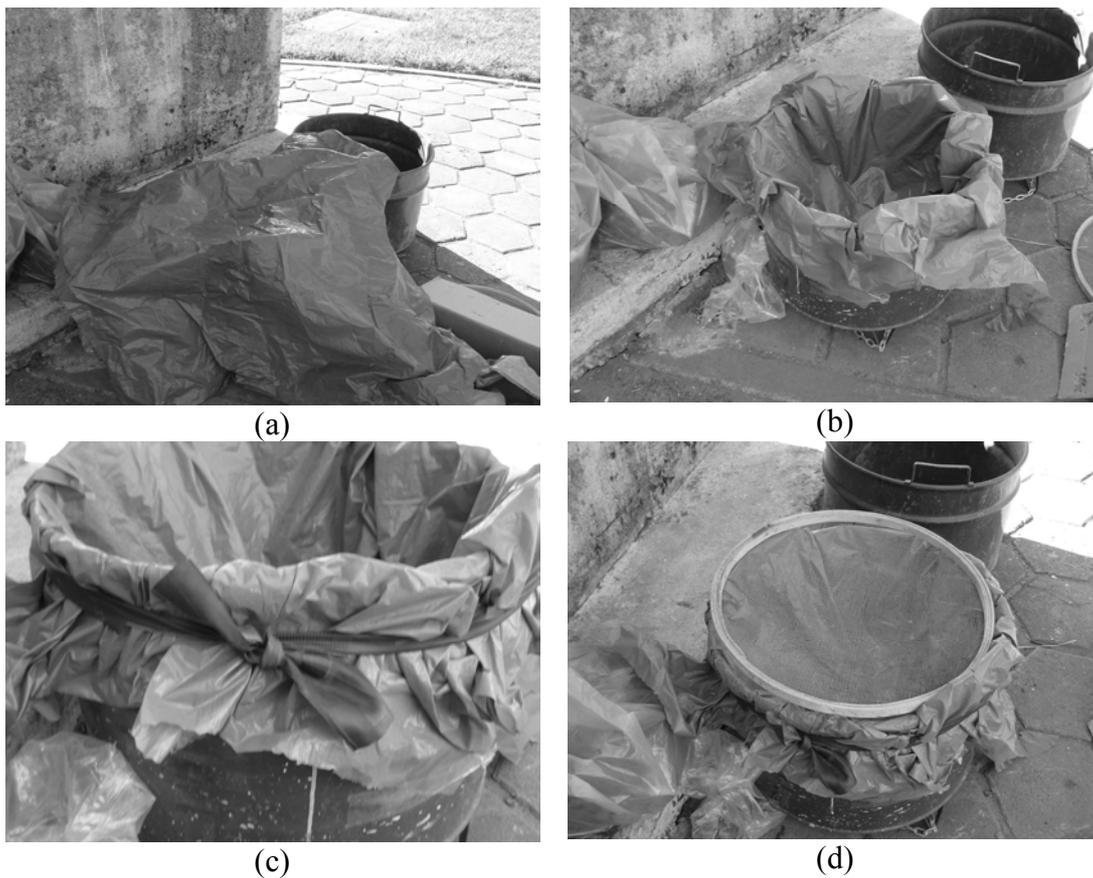


Figura 5.36. Parte final: montagem da caracterização de um saco, em 12/04/2004



Figura 5.37. Material despejado na manta plástica, no chão, em 27/07/2004

Tabela 5.7. Descrição dos tipos de resíduo para a caracterização

Resíduo	Descrição e ocorrência
Plásticos 1	Item de maior presença. São sacolas de supermercados, embalagens de salgadinhos, etc.
PET	Garrafas de refrigerante e água mineral, etc.
Plásticos 2	São plásticos que não são do tipo Plásticos 1 nem do tipo PET: garrafas de água mineral, garrafas de aguardente, potes de margarina, copos de refrigerantes, etc. Sempre em grande quantidade.
MADT	São mais tocos e pedaços de galhos
vidro	Mais comum garrafas de cerveja do tipo long neck
papéis	Restos de jornais e panfletos. No mês de outubro, material de campanha político-eleitoral
Embalagens cartonadas longa vida	Caixas de leite, de suco, etc
isopor	Pouco
trapos	Restos de roupas, tênis, sapatos, etc.
ALA	Aço, Latas, Alumínio: pouca presença, provavelmente por causa dos catadores
pedra	Pedras grandes e também grãos que não passam numa peneira comum de obra, cuja malha é de 5 cm
VAMO	VAMO: vegetação, (folhas, pequenos galhos, etc.), areia (grãos que passam na malha de 5 cm de uma peneira comum de obras) e matéria orgânica (menor parte): restos de comida, por causa das avenidas principais
outros	Pedaços de cerâmica, espuma e borracha em pequena quantidade, pedaços de ferro (maior parte), etc.

Caracterização global da bacia

Primeiramente, a Tabela 5.8 e a Figura 5.38 mostram a composição média, em porcentagem do peso, dos resíduos das ruas da bacia hidrográfica. A maior parte dos resíduos é composta do tipo VAMO. A bacia possui uma grande área residencial (42%)

que possui muitas árvores. Em seguida, vêm pedras e os plásticos (9,1%), com destaque para o tipo plásticos 1. Também notável é a composição de papéis. Logo depois, dois elementos: o vidro proveniente na maioria das vezes de garrafas de bebidas, e os trapos, provenientes de moradores de rua. Na mesma tabela estão os coeficientes de variação. Os valores mais baixos estão associados aos itens mais frequentes.

Na Tabela 5.9 e na Figura 5.39 estão excluídos MADT, pedra e VAMO, correspondentes a 77% do peso na Tabela 5.8. Isto serve para comparação com o material caracterizado no poço da CB12, no capítulo 7.

Em média, entre os plásticos, os do tipo PET não contribuíram de maneira marcante, sendo esta constatação feita também na composição média de outros elementos como o isopor, ALA e embalagens cartonadas longa vida. Isto pode estar ocorrendo por conta da catação, uma vez que, mesmo com o despejo dos materiais nas ruas, estes são levados tão logo passe algum catador.

Tabela 5.8. Composição média, em peso, da bacia e coeficiente de variação

Média e cv	Tipo						
	Plásticos 1	PET	Plásticos 2	MADT	vidro	papéis	longa vida
Média	5,8%	1,0%	2,3%	1,0%	1,6%	8,1%	0,3%
Cv	77,1%	233,3%	161,3%	186,4%	221,9%	69,8%	155,2%
Média e cv	Tipo						
	Isopor	Trapos	ALA	pedra	VAMO	outros	
Média	0,6%	1,5%	0,7%	14,2%	62,2%	0,6%	
Cv	250,2%	222,2%	235,3%	81,7%	26,5%	290,2%	

O papelão, que é visivelmente de interesse dos catadores, não ocorreu em grande quantidade. Vale dizer que, uma vez recolhidos e acondicionados nos sacos, em geral não se catam os volumes destinados aos caminhões de varrição. O que ocorre na verdade é a ação dos catadores nos sacos de resíduos domiciliares e nos resíduos de varrição antes da passagem dos varredores. Também ocorre que residentes dos prédios ou funcionários de estabelecimentos comerciais guardam pedaços de papelão para os catadores, não os abandonando nas ruas.

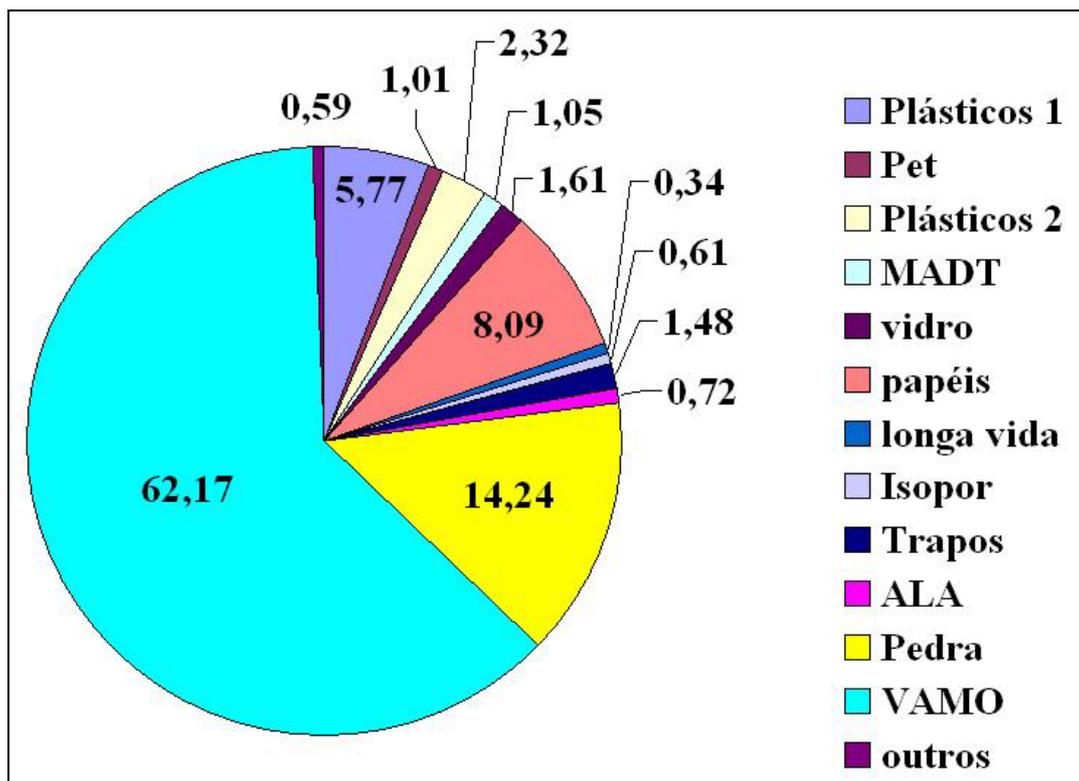


Figura 5.38. Composição média, em peso, da bacia e coeficiente de variação

Tabela 5.9. Composição média, em peso, e coeficiente de variação sem alguns tipos

Média e cv	Tipo				
	Plásticos 1	PET	Plásticos 2	vidro	papéis
média	27,7%	3,3%	9,0%	5,4%	39,1%
cv	50,1%	146,6%	98,9%	180,7%	43,5%
Média e cv	Tipo				
	longa vida	Isopor	Trapos	ALA	outros
média	1,3%	2,1%	6,5%	2,6%	2,9%
cv	145,5%	238,3%	180,5%	241,8%	236,8%

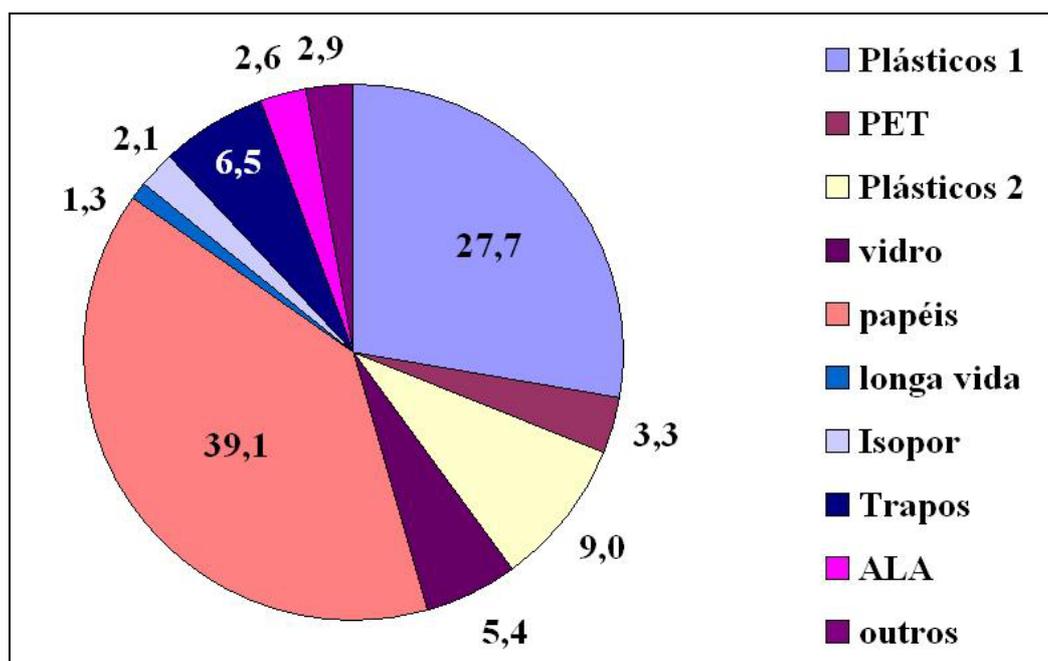


Figura 5.39. Composição média, em peso, e coeficiente de variação sem alguns tipos

Caracterização em função da frequência de varrição

Agora, propõe-se uma análise em função da frequência, observando-se as composições médias, tendo como auxílio a Tabela 5.10. Na primeira coluna estão as frequências, a saber: diária; alternada (segunda-feira, quarta-feira e sexta-feira); segunda-feira à noite e duas vezes por mês. A última citada pertence à seção de limpeza e coleta cruzeiro, correspondente a 29% do total da bacia. Nas demais colunas estão os tipos de resíduo. Os coeficientes de variação assumem valores muito altos nos itens menos frequentes.

A tendência observada no quadro geral da bacia, já exposto anteriormente, parece ser seguida aqui, já que os plásticos, os papéis e os vidros se destacam novamente. O que se ganha de tratamento na informação nesta nova tabela é a análise com respeito às frequências de varrição. Assim sendo, procurou-se observar se houve diferenças entre estas frequências, no que tange à presença de determinados componentes.

Por exemplo, pode haver diferenças significativas na presença de plásticos entre as áreas que têm uma frequência diária e as áreas onde a varrição ocorre uma vez por semana. A observação disto foi feita com a adoção de uma escala mostrada na Tabela 5.11 (ICNZZ, 1996).

Tabela 5.10. Composição média e coeficiente de variação (% do peso): função da frequência

Média e cv	Frequência	Tipo						
		Plásticos 1	PET	Plásticos 2	MADT	vidro	papéis	longa vida
média	diária	7,8	3,4	5,8	1,5	4,1	9,6	0,6
	segunda, quarta e sexta	3,2	0,2	1,5	1,0	0,9	5,0	0,1
	segunda à noite	6,1	0,7	2,2	1,2	1,4	9,6	0,5
	duas vezes por mês	6,2	0,2	0,5	0,5	0,6	7,8	0,2
cv	diária	48,5	137,9	121,1	162,5	155,9	54,9	111,2
	segunda, quarta e sexta	78,1	143,6	97,9	212,1	236,4	61,2	289,8
	segunda à noite	75,1	108,0	93,6	179,3	206,3	65,4	139,7
	duas vezes por mês	88,4	129,6	68,3	178,1	154,6	79,4	129,1
Média e cv	Frequência	Tipo						
		Isopor	Trapos	ALA	pedra	VAMO	Outros	
média	diária	0,4	1,5	2,2	6,7	55,9	0,3	
	segunda, quarta e sexta	0,1	0,8	0,2	15,4	70,4	1,0	
	segunda à noite	1,1	2,5	0,7	15,8	57,5	0,6	
	duas vezes por mês	0,5	0,6	0,1	16,9	65,5	0,3	
cv	diária	295,1	166,0	142,7	117,8	26,7	254,4	
	segunda, quarta e sexta	198,4	140,4	216,2	66,9	20,0	302,9	
	segunda à noite	187,2	196,4	166,0	66,1	30,6	181,9	
	duas vezes por mês	273,9	305,8	335,5	88,8	24,0	192,5	

A Tabela 5.12 foi obtida fazendo a diferença relativa entre os dados da Tabela 5.11, tomando como referência os valores contidos nas linhas correspondentes às áreas com frequência diária, para cada tipo de resíduo. Teoricamente, as áreas de maior

freqüência de varrição aludem à idéia de necessidade de limpeza mais constante, pois se tratam de áreas de maior movimento de pessoas e veículos e, portanto, mais suscetíveis à sujeira. Esta, por sua vez, é perceptível quando há mais contraste de cores, ou seja, quando há maior presença de “lixo branco” (IBAM, 2001), ou seja, papéis, plásticos e embalagens em geral.

Tabela 5.11. Graus de redução dos componentes de resíduos sólidos

Graus	Símbolo	Porcentagem
Insignificante	I	<5%
Muito Pequena	MP	>=5%
Pequena	P	>=25%
Moderada	M	>=33%
Grande	G	>50%
Muito Grande	MG	>=75%

Assim por exemplo, para o tipo PET, a diferença relativa entre a freqüência diária e a alternada (segunda, quarta e sexta) foi calculada como $100 \cdot (3,4-0,2)/3,4 = 94,11\%$. Este valor corresponde a uma diferença de grau MG (muito grande).

Observando a Tabela 5.12, vê-se que é mais notável a predominância de plásticos, vidro e ALA (Aço, Latas e Alumínio) nas áreas onde a freqüência de varrição é diária do que nas demais.

Tabela 5.12. Graus de diferença na composição: freqüência diária x demais

Freqüência	Tipo						
	Plásticos 1	PET	Plásticos 2	MADT	vidro	papéis	longa vida
diária	-	-	-	-	-	-	-
segunda, quarta e sexta	G	MG	G	P	MG	M	MG
segunda à noite	MP	MG	G	MP	G	I	MP
duas vezes por mês	MP	MG	MG	G	MG	MP	G
Freqüência	Tipo						
	Isopor	Trapos	ALA	pedra	VAMO	outros	
diária	-	-	-	-	-	-	
segunda, quarta e sexta	G	M	MG				
segunda à noite			G				
duas vezes por mês		G	MG			MP	

*em branco: houve diferença negativa

Caracterização em função das campanhas

Para tal análise, tomaram-se os valores médios por campanha, da composição em peso, de cada tipo de resíduo estudado.

Tabela 5.13. Composição média e coeficiente de variação (% do peso): função da campanha

Média e cv	Primeira campanha (março, abril, maio)						
	Plásticos 1	PET	Plásticos 2	MADT	vidro	papéis	longa vida
Média	5,9	1,6	3,0	1,5	2,3	8,3	0,3
Cv	77,4	196,1	159,4	151,3	197,2	57,2	149,0
	Isopor	Trapos	ALA	pedra	VAMO	outros	
Média	0,9	1,3	1,0	12,4	60,5	1,0	
Cv	205,3	156,4	225,9	88,1	25,5	237,3	
Média e cv	Segunda campanha (junho, julho, agosto)						
	Plásticos 1	PET	Plásticos 2	MADT	vidro	papéis	longa vida
Média	5,7	0,4	1,5	0,5	0,8	7,8	0,4
cv	78,4	165,6	108,3	52,6	199,7	84,8	161,8
	Isopor	Trapos	ALA	pedra	VAMO	Outros	
média	0,3	1,7	0,4	16,4	64,1	0,2	
cv	363,0	261,9	191,0	75,0	27,6	170,4	

A partir desta tabela, constrói-se a Tabela 5.14, baseando-se nos graus de diferença adotados e já explicados. Observam-se grandes reduções para PET, MADT (madeiras e tocos de árvores), vidro, isopor e ALA.

Tabela 5.14. Graus de redução na composição entre as campanhas

Plásticos 1	PET	Plásticos 2	MADT	vidro	papéis	longa vida
I	MG	M	G	G	MP	
Isopor	Trapos	ALA	pedra	VAMO	outros	
G		G			MG	

*em branco: houve diferença negativa

Explicações mais imediatas podem ser obtidas para estes materiais, com exceção de MADT, já que os meses da primeira campanha são mais quentes, propiciando por isso o uso mais intensivo de descartáveis como copos e garrafas de refrigerante, latas de alumínio de refrigerante e cervejas, etc. O tipo Plásticos 1 pode não ter sofrido variações por causa do fato de o mesmo conter, em sua maior parte, sacolas de supermercado, cuja

variação no ano não parece ser significativa em se tratando de consumo. Estas especulações, contudo, devem ser averiguadas mais adiante, quando da análise conjunta freqüência x campanhas.

Análise conjunta freqüência x campanhas

A Tabela 5.15 e a Tabela 5.16 detalham a Tabela 5.13: as duas primeiras foram obtidas tomando-se as médias não somente das campanhas, mas separando pelas freqüências adotadas pelo DMLU na bacia.

A Tabela 5.17 mostra os graus de diferença na composição dos resíduos de varrição. Tanto o PET quanto o vidro e o tipo ALA obtiveram reduções mais acentuadas, entre uma campanha e outra, nas áreas de freqüência diária.

O tipo MADT, que em termos médios havia apresentado uma redução de grau G, agora em detalhes demonstra que isto é decorrência de um equilíbrio: por um lado estão as áreas com a freqüência alternada e a freqüência segunda-feira à noite, com grau MG; por outro lado, as áreas com as freqüências diária e duas vezes por mês, com graus MP e I, respectivamente.

Entretanto, o mais importante neste caso é que não se pode ter a mesma conclusão, como se especulou antes, a respeito das áreas de freqüência diária e dos resíduos descartáveis, ou seja, não é possível afirmar, com base nestes dados, que na primeira campanha havia nas avenidas principais mais resíduos do tipo MADT do que na segunda campanha.

O isopor apresentou graus elevados de redução em todas as freqüências, exceto na menor freqüência, onde ocorreu um aumento da presença deste tipo de resíduo. Observando os dados de caracterização, viu-se que houve uma ocasião onde, no saco de varrição, a presença de isopor foi alta, 5,3% do peso total. Esta ocasião se deu em 24 de agosto de 2004, no meio do trecho da avenida Pe. Cacique concernente à seção Cruzeiro do DMLU.

Tabela 5.15. Composição média e coeficiente de variação por frequência (% do peso):
1ª campanha

Média e cv	Frequência	Tipo						
		Plásticos 1	PET	Plásticos 2	MADT	vidro	papéis	longa vida
Média	diária	8,9	5,5	7,7	1,6	6,3	8,7	0,3
	segunda, quarta e sexta	2,1	0,3	2,3	2,6	1,6	4,1	0,3
	segunda à noite	4,8	0,8	2,7	2,0	1,5	9,9	0,4
	duas vezes por mês	6,6	0,3	0,6	0,6	0,8	8,4	0,2
cv	diária	47,1	93,7	111,4	156,5	120,6	36,6	156,4
	segunda, quarta e sexta	84,7	200,0	82,7	136,1	200,0	42,2	200,0
	segunda à noite	59,6	99,6	93,0	127,2	237,4	28,2	140,4
	duas vezes por mês	88,1	107,3	65,4	201,7	143,3	83,7	121,5
Média e cv	Frequência	Tipo						
		Isopor	Trapos	ALA	Pedra	VAMO	Outros	
Média	Diária	0,7	1,1	3,4	2,4	52,9	0,6	
	Segunda, quarta e sexta	0,2	1,2	0,3	18,3	63,9	2,9	
	Segunda à noite	2,0	2,0	0,6	15,2	57,0	1,0	
	duas vezes por mês	0,2	0,9	0,0	13,7	67,5	0,3	
cv	Diária	236,3	114,6	108,1	146,5	31,6	192,7	
	segunda, quarta e sexta	173,1	140,7	200,0	68,7	21,0	189,8	
	segunda à noite	132,7	121,8	200,0	87,5	29,4	148,2	
	duas vezes por mês	151,9	275,6	-	55,3	18,8	202,2	

Tabela 5.16. Composição média e coeficiente de variação por frequência (% do peso):
2ª campanha

Média e cv	Frequência	Tipo						
		Plásticos 1	PET	Plásticos 2	MADT	vidro	papéis	longa vida
Média	diária	6,1	0,3	3,0	1,4	0,8	11,0	1,0
	segunda, quarta e sexta	3,8	0,2	1,2	0,3	0,6	5,4	0,0
	segunda à noite	7,5	0,7	1,6	0,2	1,2	9,3	0,5
	duas vezes por mês	5,3	0,1	0,5	0,5	0,3	6,4	0,1
cv	diária	45,3	200,0	92,2	200,0	200,0	71,8	66,3
	segunda, quarta e sexta	72,5	101,8	108,5	188,4	282,8	65,6	282,8
	segunda à noite	77,9	126,2	83,7	282,8	156,3	97,0	147,0
	duas vezes por mês	100,8	200,0	85,4	127,9	116,5	64,7	173,4
Média e cv	Frequência	Tipo						
		Isopor	Trapos	ALA	Pedra	VAMO	Outros	
Média	diária	0,0	2,2	0,5	13,2	60,5	0,0	
	segunda, quarta e sexta	0,1	0,7	0,1	13,9	73,6	0,1	
	segunda à noite	0,1	3,1	0,9	16,6	58,1	0,2	
	duas vezes por mês	1,3	0,2	0,3	24,0	60,8	0,3	
cv	diária	200,0	178,2	168,7	65,3	20,7	-	
	segunda, quarta e sexta	151,2	141,3	185,2	68,6	19,1	139,1	
	segunda à noite	173,9	225,6	147,3	41,7	33,9	93,0	
	duas vezes por mês	200,0	200,0	182,7	106,3	37,3	200,0	

Tabela 5.17. Graus de redução na composição entre as campanhas e por frequência

Frequência	Tipo						
	Plásticos 1	PET	Plásticos 2	MADT	vidro	papéis	longa vida
diária	P	MG	G	MP	MG		
segunda, quarta e sexta		MP	M	MG	G		MG
segunda à noite		MP	M	MG	MP	MP	
duas vezes por mês	MP	MG	MP	I	G	MP	P
Frequência	Tipo						
	Isopor	Trapos	ALA	pedra	VAMO	outros	
diária	MG		MG			MG	
segunda, quarta e sexta	G	M	G	MP		MG	
segunda à noite	MG					MG	
duas vezes por mês		MG			MP		
*em branco: houve diferença negativa							

5.6. Acompanhamento dos resíduos na rede

No dia 05 de janeiro de 2004, foram jogadas várias garrafas pequenas de água mineral em bocas-de-lobo espalhadas pela bacia para observar se é possível verificar um tempo médio entre o lançamento e a chegada do material na CB12. As garrafas foram bem fechadas com fitas e dentro havia um papel protegido que indicava o local e a data de lançamento.

Infelizmente, os locais exatos onde as garrafas foram jogadas não foram registrados no caderno de campo, e sim em meio digital. Como houve perda do arquivo digital, não se sabe quantas garrafas foram utilizadas, com exceção de quatro a uma distância de menos de 1,5 km da bacia de retenção. Destas, uma atingiu o poço da CB12 no dia 15 de abril e outra no dia 13 de maio do mesmo ano. Nos dias próximos a 15 de abril não houve precipitação, a não ser 4 mm no dia 09 de abril.

Já nos dias próximos ao dia 13 de maio, houve grande precipitação dia 07 de maio, o que pode ter desprendido boa parte do lixo na rede, e houve precipitação no dia 12 de maio e em dias posteriores.

As demais garrafas não foram vistas na CB12, o que somente constata que é necessário uma série de experimentos sistemáticos para se ter uma noção do tempo em que o material fica na rede. Isto não foi realizado nesta tese.

5.7. Resumo do capítulo

A intenção deste capítulo foi mostrar a região de estudo nos contextos hidrológico e de limpeza urbana. A bacia possui boa parte de sua ocupação com o uso residencial, mas também possui duas avenidas onde há grande movimentação, provocando o despejo nas ruas, como foi visto.

A análise da composição dos resíduos mostrou o efeito da época da análise e da frequência de varrição. É grande a presença de papéis, plásticos, vegetação, areia e pedras nos sacos de varrição. Não há muita presença de garrafas PET. A bacia tem serviços de limpeza consolidados e a população está habituada com os mesmos. A coleta domiciliar ocorre basicamente à noite nas áreas mais movimentadas da bacia.

Foi mostrado que a bacia faz parte da seção sudeste de varrição, com uma pequena parcela na seção cruzeiro. Nesta seção, foi possível observar que se varre em média 35% do total programado. Na região em torno da bacia, a frequência diária ocorre nas avenidas. No bairro Santa Teresa, maior contribuinte em superfície, a varrição é semanal. Nas ruas próximas às avenidas, a varrição é alternada, compreendendo basicamente o bairro Menino Deus.

Quanto à rede de drenagem, sua configuração é vulnerável a acúmulo de resíduos na parte plana por causa da grande diferença de declividades em relação às cabeceiras. Verificou-se que a avenida José de Alencar em 2002 apresentou a maior parte das solicitações de limpeza nas bocas-de-lobo e poços-de-visita.

O local onde o estudo desta tese se desenvolveu faz parte do sistema de proteção a enchentes da cidade, pois a água escoar para a CB12, passando pelo canal aberto dentro do parque e pela bacia de retenção.

6. QUANTIFICAÇÃO INDIRETA

Este capítulo apresenta os métodos indiretos de determinação da carga na drenagem urbana e os resultados da aplicação dos mesmos na bacia hidrográfica em estudo. Dados de precipitação diária e varrição diária na seção sudeste são utilizados para esta quantificação.

6.1. Critérios

O objetivo do método indireto é estimar a produção que chega à drenagem com base na precipitação, separando o grupo de dados de varrição em dois: (a) valores coletados em período chuvoso; (b) valores coletados em período seco. O método parte do pressuposto de que existe um valor ou uma faixa de valores de precipitação que realiza a separação, de maneira que a parcela não coletada vai para drenagem. Esta avaliação procura determinar esta parcela da eficiência da limpeza das ruas na bacia de estudo, comparando com os valores efetivamente coletados.

Foram identificados métodos utilizados em outros países. Contudo, os parâmetros podem apresentar alta correlação com a sua realidade. O método aqui proposto obviamente necessita dos dados locais, mas não estabelece parâmetros fixos.

A metodologia possui duas etapas distintas: (a) determinação da precipitação de corte e compatibilidade de um valor ou uma faixa que promova a separação entre os grupos; (b) quantificação dos resíduos sólidos na drenagem a partir de parâmetros destes grupos. Algumas alternativas foram analisadas considerando os grupos de dados.

6.2. Metodologia de estimação

Este tópico apresenta os procedimentos metodológicos. No item 6.3 é mostrada a aplicação destes procedimentos.

6.2.1. Precipitação de corte

O princípio da metodologia é a separação do grupo de dados de limpeza do período em dois subgrupos: um sem chuva (grupo 1) e outro com chuva (grupo 2), como mencionado acima. Então:

1. Considerando que existe uma série de n valores de precipitação $P = \{P_1, \dots, P_j, \dots, P_n\}$ em um intervalo Dt . Para este mesmo período existe uma outra série de n valores de variação $M = \{M_1, \dots, M_j, \dots, M_n\}$ com o mesmo intervalo.

2. Um valor de corte de precipitação P_c divide o grupo M : um valor M_j será do grupo 1 se $P_j \leq P_c$; um valor de M_j será do grupo 2 se $P_j > P_c$. O resultado é uma série de valores L_{ri} , $i = 1, \dots, n_r$ e outra de L_{rk} , $k = 1, 2, \dots, n_c$, onde n_r é o número de valores de variação que ocorreram nos dias em que $P \leq P_c$ e n_c é o número de valores de variação que ocorreram nos dias em que $P > P_c$. As médias destes dois grupos ficam

$$\bar{L}_r = \frac{\sum_i^{n_r} M_i}{n_r} \quad (6.1)$$

$$\bar{L}_c = \frac{\sum_k^{n_c} M_k}{n_c} \quad (6.2)$$

3. Repete-se o procedimento para vários valores de P_c . Tem-se enfim a relação das médias com a precipitação de corte. Poderá existir um valor de precipitação de corte P_{ca} que estabeleça um divisor entre os dias em que há variação normal e os dias em que não há. Pode haver na verdade não um valor, mas uma faixa de valores, de maneira que o teste foi feito com os seguintes grupos:

- grupo 1 : valores dos dias secos, $P = 0,0$ mm;
- grupo 2 : valores dos dias chuvosos, $P \geq P_{ca}$ mm;
- grupo 3: valores dos dias de transição, $0,0 < P < P_{ca}$ mm.

6.2.2. Métodos

Estudaram-se, nesta pesquisa, dois procedimentos para o método indireto.

Método 1

(1) Os grupos foram definidos no item anterior. Utiliza-se o valor esperado da distribuição estatística ajustada a cada um dos grupos (\bar{L}_1 , \bar{L}_2 , \bar{L}_3 , respectivamente as médias dos grupos 1, 2 e 3). O valor esperado do primeiro grupo deve ser maior que o do segundo grupo e do terceiro grupo.

(2) Para uma série de precipitações no local P_i , $i=1,2,\dots, n_t$ (onde n_t é o número de intervalos de tempo), é possível determinar o valor do total de resíduos que vai para a drenagem por:

$$DF = R1 + R2 \quad (6.3)$$

onde $R1 = nd1 \cdot (\bar{L1} - \bar{L2})$ e $R2 = nd2 \cdot (\bar{L1} - \bar{L3})$, onde $nd1$ é o número de dias em que ocorre o grupo 2 e $nd2$ é o número de dias em que ocorre o grupo 3.

Método 2

Neste método, a separação dos grupos é realizada da mesma maneira que no método 1. A diferença é que, para cada grupo, faz-se a geração de números aleatórios que seguem uma distribuição estatística. Eis os passos:

1) ajusta-se uma distribuição estatística com dados do grupo 1, uma para o grupo 2 e uma para o grupo 3, obtendo-se três distribuições $F1$, $F2$ e $F3$;

2) estima-se a carga no intervalo i do período de estudo (nt), usando o seguinte:

- se Pi está no grupo 1, considera-se a carga de sólidos totais igual a zero, ou seja $DFi = 0$;
- mas se o valor de precipitação cai nas faixas correspondentes aos grupos 2 ou 3, são gerados dois números aleatórios, um para cada distribuição $F1$ e outro para $F2$ (caso grupo 2) ou $F3$ (caso grupo 3); determina-se a carga de dia seco da distribuição $F1$, $G1 = F1(\varepsilon_1)$ e de dia chuvoso $G2 = F2(\varepsilon_2)$ ou $G3 = F3(\varepsilon_3)$ e $DFi = G1 - G2$ ou $DFi = G1 - G3$. Podem ocorrer resultados negativos, o que não é aceitável fisicamente. Contudo, esta influência será discutida mais tarde;

3) somam-se os valores de DFi no período, ou seja $DF_k = \sum_i^{nt} DF_i$

4) repete-se os passos 2 e 3 para um número muito grande, onde o efeito da amostragem é diminuído, ou seja, $k=1,2,..,ns$, onde ns é valor muito grande.

5) ajusta-se uma distribuição estatística aos valores de DF_k . Pode-se obter assim um valor esperado amostral para a estimativa dos resíduos na drenagem em função da limpeza.

Todo este processo pode ser feito várias vezes, sendo obtido um valor médio e um intervalo de confiança, como mostra a Figura 6.1.

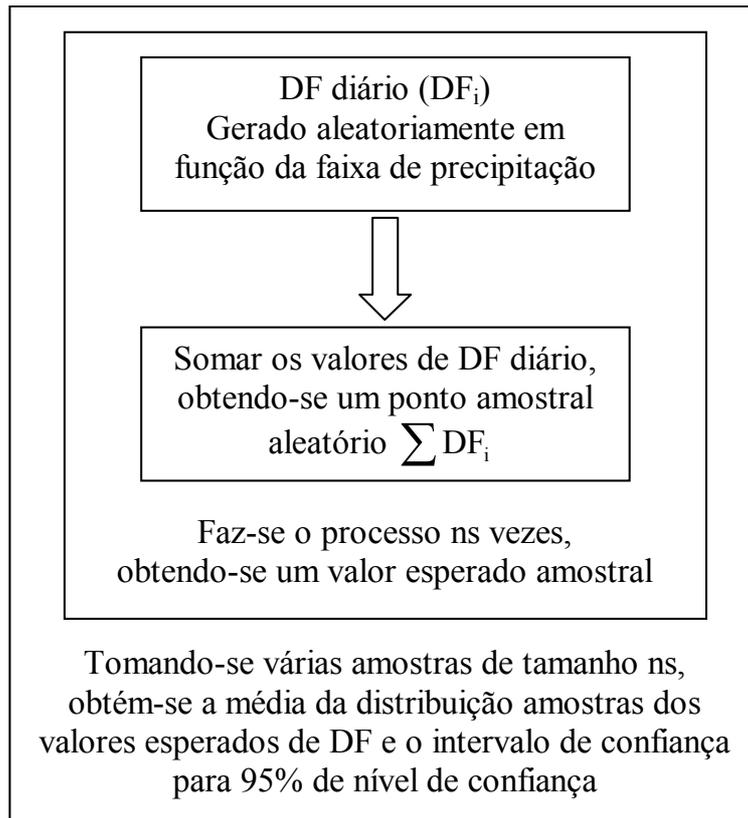


Figura 6.1. Método 2

Conforme capítulo 4, considerando um período suficientemente longo, admite-se que a variação de volume retido na bacia seja pequena se comparada aos valores de entrada e saída. A parcela retida durante o ano deve ser pequena se comparada ao volume total. Desta forma, naquele capítulo, eliminou-se o termo T_r da equação, chegando à expressão $T_d = T - (T_l + T_c)$, ou seja, o total drenado até o ponto de interesse da bacia é o resultado do desconto, no total gerado, da parcela coletada. Neste capítulo, o que se faz é calcular esta diferença com os dados de variação. Isto pode ser representado pela equação abaixo:

$$T_d = DF + E \quad (6.4)$$

onde o termo E representa as incertezas inerentes à estimativa.

Como será visto mais adiante, o total drenado calculado pelos métodos deste capítulo é realizado com os dados de variação. Estes dados vêm da pesagem de sacos, e os sacos contêm tanto material sedimentável, como lixo e também vegetação. Assim, a avaliação dos resultados deve ser feita para estes tipos separadamente. A caracterização dos sacos mostrada no capítulo 5 é de fundamental importância neste caso.

6.3. Aplicação

Após a descrição do procedimento metodológico, segue a aplicação. Faz-se uma breve descrição dos dados, e a aplicação do que foi visto nos itens 6.2.1 e 6.2.2, segundo o fluxograma a seguir.

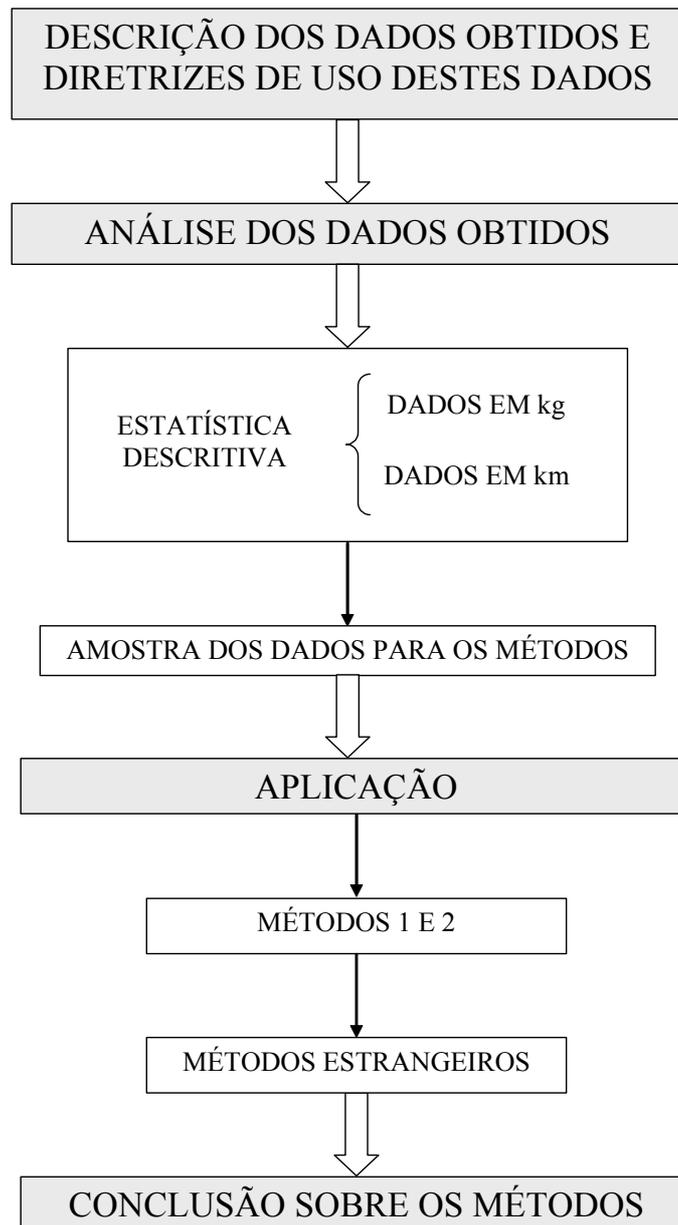


Figura 6.2. Seqüência do estudo

A análise dos dados é feita através de estatística descritiva, observando no histograma de frequência aqueles que trazem tendenciosidade. Identificadas estas características, poderá haver necessidade de tratamento diferenciado para algum grupo específico de valores. Assim sendo, o método proposto será adaptado a esse grupo.

Em seguida, a aplicação do método 1 e do método 2 e dos métodos estrangeiros, comparando os resultados.

6.3.1. Dados obtidos

Os dados obtidos nesta pesquisa são: chuva diária e varrição diária. Também foram obtidos dados para caracterização do sistema de drenagem e da bacia no DEP e dados para caracterização da limpeza urbana no DMLU.

Varrição

Os dados de varrição são de vários tipos:

- totais coletados diários nas ruas da cidade de Porto Alegre para o ano de 2002: estes dados foram utilizados no capítulo 5 para a descrição geral do sistema e também na busca da precipitação de corte;
- totais coletados diários nas ruas da cidade de Porto Alegre no período de estudo desta pesquisa (novembro de 2003 a junho de 2004): a parte concernente à seção sudeste de limpeza urbana é utilizada nos testes da metodologia proposta;
- relatórios mensais de ruas varridas na seção sudeste do DMLU no período de estudo desta pesquisa: estes relatórios contêm a relação de ruas que devem ser varridas no dia, sendo estas marcadas no final do mês para o pagamento da cooperativa que realiza o serviço;
- algumas relações manuais de ruas realmente varridas. Elas são feitas pelo chefe da equipe que realiza a varrição;
- mapas em meio digital das seções de limpeza, setores de coleta domiciliar, cadastros de redes de drenagem pluvial em papel e uma imagem de satélite da Prefeitura.

Precipitação

Os dados de precipitação foram os seguintes:

- para o ano de 2002, obtiveram-se os dados do pluviômetro do 8º Distrito de meteorologia do INMET, do pluviógrafo situado no Centro de Tecnologia da UFRGS e do pluviógrafo do arroio Cavalhada;
- para o período desta pesquisa (novembro de 2003 a junho de 2004) foram obtidos os dados do pluviômetro do 8º Distrito de meteorologia do INMET e do pluviógrafo do arroio Cavalhada; não foram utilizados os dados da UFRGS, pois a seção sudeste foi

dividida em duas pelo DMLU a partir de 2004, de modo que a nova configuração desta seção não sofre influência deste pluviógrafo.

Os dados do pluviógrafo do arroio Cavalhada foram digitalizados. Os dados do pluviômetro do INMET foram comprados e obtidos manualmente e os dados do pluviógrafo da UFRGS já estão em meio digital.

Valores específicos e unidades de trabalho

Os dados diários de varrição dizem respeito à seção sudeste, que possui uma área e um comprimento programado. Para transferir para bacia em estudo, fez-se uso de dois critérios: (a) massa específica; (b) comprimento específico, resultando em massa/área ou massa/comprimento, respectivamente, já que os relatórios dos dados mostram dados em kg.

No próximo item são analisados os dados separadamente: massa em kg e comprimento programado de varrição em km para decidir se estes dois procedimentos mencionados no parágrafo anterior serão realizados.

Pode haver mais procedimentos, contudo estes dois foram considerados os de maior praticidade de trabalho para eliminar as incertezas, que se fazem também presentes em quaisquer outros procedimentos que fossem adotados. Para o primeiro caso, dispõe-se da metragem diária programada e no segundo caso do valor de área efetivamente varrida da seção sudeste, determinada no capítulo 5: 14,65 km².

A área da seção sudeste que é utilizada corresponde àquela, cujas ruas estão na programação de varrição. Pode haver pequenas ruas que não são varridas a contento e pode haver despejo de lixo domiciliar na área restante não programada para ser varrida. Também pode acontecer despejos em riachos. Isto significa que a massa específica corresponderá somente à área programada para ser varrida.

Como a bacia hidrográfica em estudo não possui dentro da sua área despejo clandestino e as equipes de varrição praticamente coletam material de todas as ruas, julga-se aqui que a transferência adotada não é fonte de erro significativo, ou seja, são utilizadas as áreas: 14,65 km² para a seção sudeste e 0,956 km² para a bacia.

6.3.2. Análise dos dados obtidos

Este tópico tem a finalidade de analisar os dados obtidos no DMLU, retirando amostras para aplicação dos métodos. Primeiramente, realizou-se o cruzamento entre os

dados de massa varrida dos relatórios de pesagem e os dados de extensão varrida dos relatórios mensais de fiscalização. Disto, foram possíveis algumas constatações:

- a) nos relatórios de pesagem, há 13 dias sem varrição, representando 5,35% dos 243 dias disponíveis, sendo a maior parte no domingo (9 dias). Nestes dias praticamente não choveu;
- b) nos relatórios mensais de extensão varrida, há 16 dias, todos sendo domingo, onde esta é nula, mas quase todos com varrição (massa) diferente de zero. Houve 3 dias com chuva não tão baixa.
- c) há 12 dias em que ocorrem as duas coisas (massa e extensão nulas), todos sendo domingo.
- d) há 25 dias em que ocorre varrição nula ou extensão nula, 21 sendo domingos.

Não é costume varrer aos domingos e quando isto ocorreu, a média varrida em peso correspondeu a 17% da média dos 243 dias. Esta análise foi refinada através de estatística descritiva, no intuito de verificar o centro, a dispersão, a distribuição e valores discrepantes.

Dados em quilogramas

Os 243 valores se comportam da seguinte maneira:

Mínimo (kg)	0,00
Máximo (kg)	15.890
Média (kg)	4.632,88
Desvio Padrão (kg)	3.025,31
Coefficiente de Variação (%):	65,30

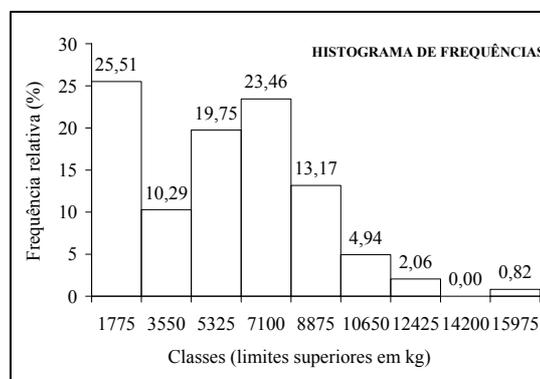


Figura 6.3. Análise dos dados (kg) entre novembro de 2003 e junho de 2004

Ocorre grande variedade de valores nos dados, como atesta o coeficiente de variação e o histograma de frequência. Valores extremos máximos ocorrem com uma frequência pequena.

O histograma mostra ainda a frequência grande dos valores extremos mínimos (classe 1, entre 0 e 1.775 kg), parecendo destoar das demais frequências. Verificando a classe 1 (entre 0 e menos que 1.775 kg), constata-se que:

- 75,81 % dos mesmos estão no sábado ou no domingo, dias em que a varrição na seção sudeste cai bastante;

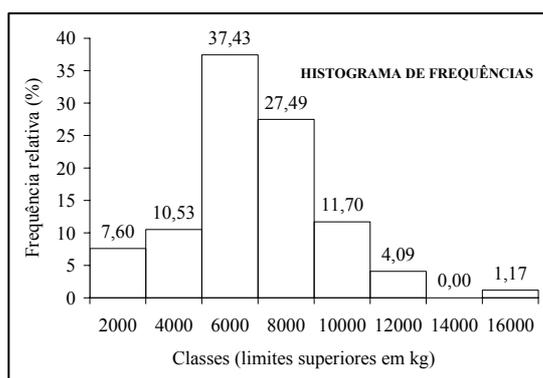
- Dois dias dentro da classe 1, um domingo e uma terça-feira, caem no período de carnaval, sendo que na terça-feira a precipitação foi nula;

- na Semana Santa, ocorreram valores nos dois domingos: naquele que abre a Semana Santa e na Páscoa;

- O feriado de 1º de maio ocorreu em um dia de sábado, contudo seu valor não ocorreu na classe 1;

- O dia 31/12/2003 não se apresentou na classe 1, contudo o dia 1º de janeiro sim, e não houve registro de precipitação.

Retirando os valores que ocorrem nos finais de semana, o dia 1º de janeiro e a terça-feira de carnaval, o número de dados cai para 171. O coeficiente de variação cai para 43,78% e a média aumenta para 5.882,57 kg. O histograma está abaixo.



Valores extremos máximos ainda ocorrem com uma frequência pequena. Valores extremos mínimos aparecem de maneira menos destacada.

Figura 6.4. Análise dos dados selecionados (kg): novembro de 2003 a junho de 2004

Diante do exposto, julgou-se necessário desprezar estes valores da análise, visto que não são representativos. A maioria ocorre em dias sem varrição por causa da programação de varrição e não por causa da chuva. Verificando os valores extremos máximos das classes 7 e 8 (maiores ou iguais a 12.000 kg), os dias em que os mesmos ocorreram estão a seguir:

Dia da semana	Data	Valor (kg)	Observações
sexta-feira	5/12/03	14.660	Não há registro de chuva. Na véspera: 12,1 mm
quarta-feira	17/12/03	15.890	Não há registro de chuva. Na véspera: 1,2 mm

Na maioria das datas da tabela, os valores extremos ocorreram em situações de pouca precipitação, de modo que se julgou não ser necessário desprezá-los da análise.

Dados em quilômetros

Para os dados em quilômetros, o comportamento é parecido com o caso anterior. Dessa forma, tomou-se o mesmo conjunto de datas para as verificações posteriores.

Amostras preliminares resultantes (massa específica e/ou comprimento específico)

As amostras preliminares resultantes são justamente as obtidas no item anterior. Uma aplicação preliminar destas amostras se faz necessária para saber se elas se prestam para a separação dos grupos preconizados nos dois métodos propostos.

Assim, primeiramente é feita uma busca pela precipitação de corte, tanto para os dados em quilogramas como para os dados em quilômetros. Depois, a separação dos grupos. O período de análise se situa entre novembro de 2003 e junho de 2004.

Os dados referentes aos finais de semana terão um tratamento diferente, já que é comum não ocorrer coleta mesmo em dias de tempo bom.

Precipitação de corte

Esta parte da análise tem como objetivo consolidar a separação dos grupos a partir da busca da precipitação de corte. Primeiro são mostradas representações gráficas com os resultados do procedimento descrito no item 6.2.1.

Estes resultados são analisados e os mesmos apontarão para a inviabilidade de adoção de três grupos. O período de análise se situa entre novembro de 2003 e junho de 2004, com os dados da seção sudeste.

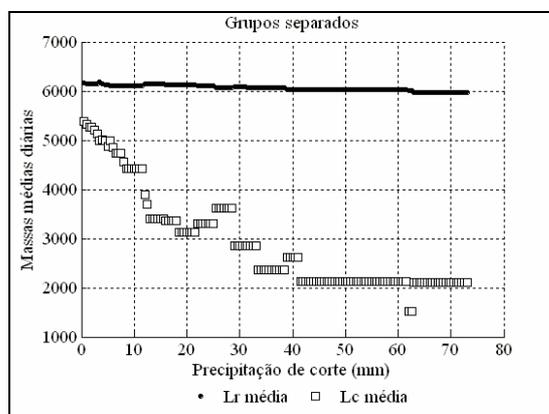
Então, como mostra a Figura 6.5, aparentemente a precipitação de corte seria 40 mm para os dados em kg, pois a média dos valores de L_r parece estabilizar após este valor.

Mais interessante ainda é verificar na mesma figura a diferença entre a média dos valores de L_r e a média dos valores de L_c , função da precipitação de corte. Se esta diferença estabiliza, possivelmente há uma precipitação de corte que defina o valor de DF ; isto parece ocorrer para os dados em kg.

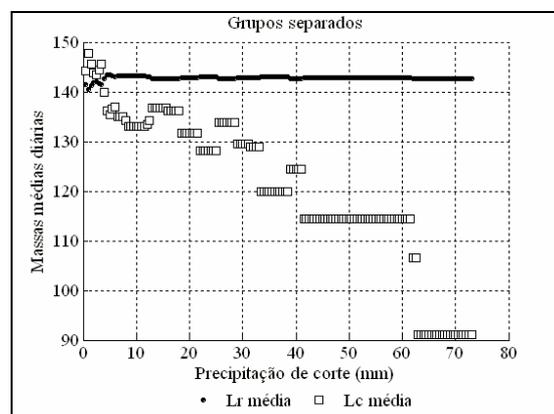
O que se vê na Figura 6.5, gráficos a e c, é que, quanto maior o valor de P_c , maior a diferença média de coleta, ou seja, o aumento da precipitação torna a separação da eficiência de coleta, em média, mais clara. Isto parece ocorrer até um ponto a partir

do qual o acréscimo ou decréscimo de P_c não interfere mais na diferença de coleta, isto é, um patamar. Enfim, a Figura 6.5, gráficos a e c, sugere que é possível a formação dos três grupos, conforme item 6.2.1 e P_{ca} estaria em 40 mm.

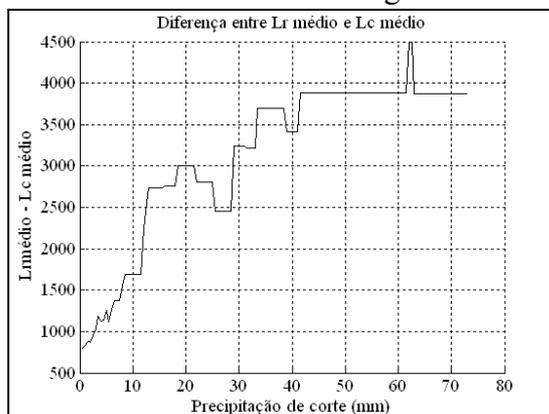
Contudo, há outro fator a ser levado em conta: para que estes grupos sejam realmente utilizados, todos eles devem conter um grande número de valores, de modo que seja possível, por exemplo, ajustar uma distribuição de probabilidade no método 2. Acontece que o número de valores que compõem o grupo de L_c na Figura 6.5 é muito baixo, a partir de alguns valores de precipitação como 40 mm, onde há somente 4 valores.



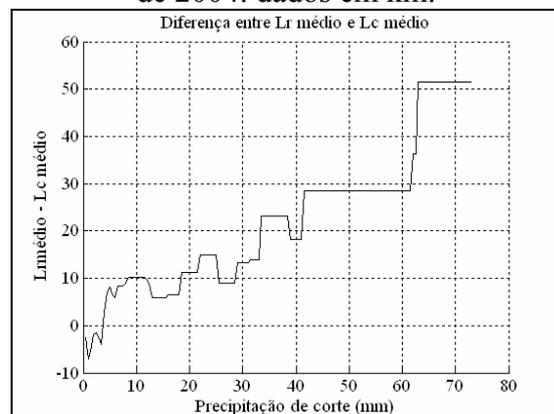
(a). Sudeste, novembro de 2003 a junho de 2004: dados em kg.



(b). Sudeste, novembro de 2003 a junho de 2004: dados em km.



(c). Sudeste, novembro de 2003 a junho de 2004: dados em kg.



(d). Sudeste, novembro de 2003 a junho de 2004: dados em km.

Figura 6.5. Busca da precipitação de corte

Agora, a atenção é voltada para os gráficos b e d da Figura 6.5. Eles mostram os resultados para os dados em km. Não há um patamar definido e ocorre ainda que, para precipitações de corte menores ou iguais a 3,5 mm, a média do grupo 1 é menor que a média do grupo 2. Isto não pode acontecer, provavelmente indicando que a amostra de

extensão varrida não esteja consolidada ou os dados não sejam bons. Mais adiante esta verificação é retomada.

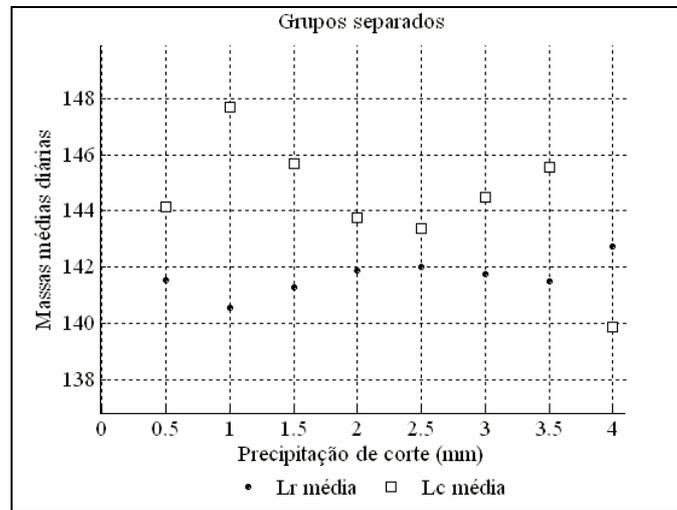


Figura 6.6. Ampliação da figura 6.5a

Dessa forma, os resultados acima não permitem afirmar a existência da precipitação de corte P_{ca} para as condições e dados obtidos, de modo que haja três grupos, como foi suposto anteriormente. Os motivos pelos quais isto não foi confirmado podem estar vinculados às seguintes causas:

- O número de dados compreende um período curto;
- A duração da precipitação durante o dia no local da limpeza e o trabalho efetivo da equipe do DMLU, que é impossível de identificar nos dados;
- Os postos de chuva não retratam necessariamente a distribuição espacial da chuva, principalmente no verão;
- Após dias chuvosos poderão existir mais sedimentos nas ruas, devido ao transporte e energia da mesma, principalmente em área de grande declividade, o que pode justificar o aumento da coleta com a chuva em alguns intervalos;
- Outros fatores que podem produzir aumento ou diminuição da coleta, como festividades, feriados e outras programações.

Alguns dados apresentados no Anexo D foram obtidos a partir de relatórios de varrição do DMLU, que trazem observações a respeito de cancelamentos dos serviços de limpeza. Os dados mostram que a decisão sobre quando não se deve varrer por causa da chuva parece ser subjetiva. Sendo assim, após toda esta análise, adotou-se uma separação mais simples:

- Grupo 1: L1 corresponde aos valores de L, cujos valores de P correspondentes obedecem ao intervalo: $0 \leq P \leq 0,5$ mm;
- Grupo 2: L2 corresponde aos valores de L, cujos valores de P correspondentes obedecem ao intervalo: $P > 0,5$ mm.

Grupos formados com a separação adotada

A aplicação da separação dos grupos permite verificar se há inconsistência nos dados, consolidando a amostra obtida a partir da análise realizada anteriormente.

A separação em dois grupos forneceu o seguinte resultado:

- para os dados em kg, a média do grupo 1 foi de 6.073,9 kg; a média do grupo 2 foi de 5.377,9 kg. O número de elementos do grupo 1 foi de 124 e do grupo 2 de 47;
- para os dados em km, a média do grupo 1 foi de 141,56 km; a média do grupo 2 foi de 144,16 km. O número de elementos do grupo 1 foi de 124 e do grupo 2 de 47. A média do grupo 2 foi maior, o que não pode ocorrer.

Com relação aos dados em quilogramas, o valor de DF será obtido a partir desta separação. Já para os dados em quilômetros, confirma-se o que foi discutido na ocasião da observação da Figura 6.5, ou seja, o valor de DF, que será utilizado nesta tese como referência para a determinação da carga na drenagem, torna-se negativo com estes dados, como se a extensão varrida fosse maior quando chove. Isto significa que serão utilizados somente os dados em kg.

6.3.3. Amostra de dados para os métodos

Diante da decisão exposta no final do item anterior, a amostra resultante para aplicação é aquela com os dados em quilogramas. Dessa forma, o método indireto obtém um valor de DF na seção sudeste, DF_{SE} em kg. Este valor é dividido pela área efetiva da seção sudeste de $14,65 \text{ km}^2$, surgindo assim o DF específico, $DF_{esp.SE}$ em kg/km^2 . O resultado desta operação é utilizado na transferência para a bacia hidrográfica.

A Tabela 6.1 mostra os dados da amostra. Na Tabela 6.2 e na Figura 6.7 estão os grupos separados em kg. Em seguida é feita a aplicação dos métodos indiretos, incluindo mais adiante os dados de finais de semana.

Tabela 6.1. Amostra de dados do período entre novembro de 2003 e junho de 2004

Data	Varriação	P (mm)	Data	Varriação	P (mm)	Data	Varriação	P (mm)	Data	Varriação	P (mm)
	kg			kg			kg				
3/11/2003	7.560	0,0	8/12/2003	5.270	33,2	13/1/2004	5.840	0,0	17/2/2004	4.800	0,0
4/11/2003	7.140	0,0	9/12/2003	4.610	0,0	14/1/2004	4.180	0,0	18/2/2004	4.130	0,0
5/11/2003	5.850	0,0	10/12/2003	4.400	0,0	15/1/2004	4.780	0,8	19/2/2004	3.710	0,5
6/11/2003	9.190	0,0	11/12/2003	3.380	61,6	16/1/2004	6.720	0,9	20/2/2004	4.780	0,0
7/11/2003	4.510	0,0	12/12/2003	5.580	0,0	19/1/2004	5.650	0,2	23/2/2004	5.090	0,0
10/11/2003	8.380	0,0	15/12/2003	1.350	38,6	20/1/2004	4.210	0,0	25/2/2004	3.920	0,0
11/11/2003	7.440	0,0	16/12/2003	7.080	1,2	21/1/2004	7.040	12,6	26/2/2004	6.220	0,0
12/11/2003	4.070	41,1	17/12/2003	15.890	0,0	22/1/2004	5.540	0,0	27/2/2004	9.780	0,0
13/11/2003	7.690	2,1	18/12/2003	0	0,0	23/1/2004	4.640	0,0	1/3/2004	5.070	0,0
14/11/2003	6.570	0,0	19/12/2003	5.080	0,0	26/1/2004	10.260	0,0	2/3/2004	9.370	0,2
17/11/2003	8.660	7,7	22/12/2003	8.760	5,9	27/1/2004	9.700	0,0	3/3/2004	4.170	0,0
18/11/2003	6.950	0,0	23/12/2003	5.370	0,0	28/1/2004	10.880	0,0	4/3/2004	4.840	0,0
19/11/2003	8.870	0,0	24/12/2003	6.000	0,0	29/1/2004	2.130	5,2	5/3/2004	8.620	0,0
20/11/2003	6.420	0,0	25/12/2003	0	0,0	30/1/2004	3.620	0,0	8/3/2004	10.810	12,0
21/11/2003	9.270	0,0	26/12/2003	7.340	0,0	2/2/2004	4.190	0,0	9/3/2004	7.650	0,0
24/11/2003	6.610	2,8	29/12/2003	7.590	0,0	3/2/2004	5.310	11,7	10/3/2004	7.200	0,0
25/11/2003	9.350	3,5	30/12/2003	11.430	0,0	4/2/2004	3.830	15,7	11/3/2004	3.980	0,0
26/11/2003	5.600	0,1	31/12/2003	10.820	0,0	5/2/2004	2.840	31,3	12/3/2004	6.390	0,5
27/11/2003	7.570	0,4	2/1/2004	6.250	0,0	6/2/2004	4.430	0,6	15/3/2004	5.640	4,0
28/11/2003	5.800	0,0	5/1/2004	4.370	0,0	9/2/2004	9.070	0,0	16/3/2004	5.510	0,1
1/12/2003	7.220	0,0	6/1/2004	5.730	0,0	10/2/2004	510	0,0	17/3/2004	5.530	0,2
2/12/2003	7.880	0,0	7/1/2004	1.410	0,0	11/2/2004	5.430	0,0	18/3/2004	6.530	0,0
3/12/2003	1.480	0,0	8/1/2004	5.970	0,0	12/2/2004	3.870	0,0	19/3/2004	5.750	1,1
4/12/2003	6.630	12,1	9/1/2004	4.000	0,0	13/2/2004	3.940	7,8	22/3/2004	10.350	0,0
5/12/2003	14.660	0,0	12/1/2004	5.890	0,9	16/2/2004	6.240	0,0	23/3/2004	11.050	0,0

Tabela 6.1. Continuação

Data	Varrição	P (mm)	Data	Varrição	P (mm)	Data	Varrição	P (mm)
	kg			kg			kg	
24/3/2004	6.450	0,0	28/4/2004	7.150	0,0	2/6/2004	8.270	0,1
25/3/2004	5.540	0,0	29/4/2004	5.310	4,2	3/6/2004	5.390	0,1
26/3/2004	5.140	0,1	30/4/2004	4.200	5,6	4/6/2004	5.060	0,0
29/3/2004	8.280	0,0	3/5/2004	5.850	18,3	7/6/2004	5.910	0,0
30/3/2004	7.430	0,0	4/5/2004	1.500	22,0	8/6/2004	6.070	0,2
31/3/2004	4.600	0,0	5/5/2004	5.990	0,7	9/6/2004	8.430	0,0
1/4/2004	4.330	0,0	6/5/2004	5.030	1,4	10/6/2004	920	62,7
2/4/2004	4.680	1,7	7/5/2004	2.100	73,2	11/6/2004	4.640	0,1
5/4/2004	5.000	0,0	10/5/2004	7.110	0,0	14/6/2004	7.880	0,0
6/4/2004	5.880	0,0	11/5/2004	6.340	3,0	15/6/2004	6.820	0,0
7/4/2004	5.960	0,0	12/5/2004	5.240	4,5	16/6/2004	520	0,0
8/4/2004	7.130	0,3	13/5/2004	7.010	6,5	17/6/2004	6.050	1,6
9/4/2004	6.120	8,1	14/5/2004	5.570	5,0	18/6/2004	5.530	0,0
12/4/2004	4.100	0,0	17/5/2004	2.370	0,0	21/6/2004	1.290	0,0
13/4/2004	2.100	0,0	18/5/2004	8.900	0,0	22/6/2004	3.090	0,0
14/4/2004	2.270	0,0	19/5/2004	800	0,0	23/6/2004	7.320	4,7
15/4/2004	7.870	0,0	20/5/2004	6.920	0,0	24/6/2004	1.360	3,6
16/4/2004	7.480	0,0	21/5/2004	4.320	0,0	25/6/2004	5.360	8,4
19/4/2004	5.650	4,0	24/5/2004	8.320	0,3	28/6/2004	5.400	0,1
20/4/2004	3.690	0,0	25/5/2004	820	25,3	29/6/2004	7.220	0,0
21/4/2004	6.710	0,9	26/5/2004	6.360	0,1	30/6/2004	5.310	0,0
22/4/2004	8.960	28,7	27/5/2004	7.230	0,0			
23/4/2004	6.710	4,0	28/5/2004	6.970	0,0			
26/4/2004	8.130	0,0	31/5/2004	3.990	0,0			
27/4/2004	9.530	0,0	1/6/2004	2.260	0,0			

Tabela 6.2. Sudeste: grupos separados (em kg/km²): novembro de 2003 a junho de 2004

Grupo 1									
Precipitação (mm)	Varição (kg/km ²)								
0,00	159,83	0,00	97,46	0,00	123,47	0,00	101,06	0,00	136,36
0,00	150,95	0,00	93,02	0,00	88,37	0,00	107,61	0,00	117,12
0,00	123,68	0,00	117,97	0,15	119,45	0,00	82,88	0,05	108,67
0,00	194,29	0,00	335,94	0,00	89,01	0,00	131,50	0,00	175,05
0,00	95,35	0,00	0,00	0,00	117,12	0,00	206,77	0,00	157,08
0,00	177,17	0,00	107,40	0,00	98,10	0,00	107,19	0,00	97,25
0,00	157,29	0,00	113,53	0,00	216,91	0,15	198,10	0,00	91,54
0,00	138,90	0,00	126,85	0,00	205,07	0,00	88,16	0,00	105,71
0,00	146,93	0,00	0,00	0,00	230,02	0,00	102,33	0,00	124,31
0,00	187,53	0,00	155,18	0,00	76,53	0,00	182,24	0,00	126,00
0,00	135,73	0,00	160,47	0,00	88,58	0,00	161,73	0,30	150,74
0,00	195,98	0,00	241,65	0,00	191,75	0,00	152,22	0,00	86,68
0,05	118,39	0,00	228,75	0,00	10,78	0,00	84,14	0,00	44,40
0,40	160,04	0,00	132,14	0,00	114,80	0,45	135,10	0,00	47,99
0,00	122,62	0,00	92,39	0,00	81,82	0,05	116,49	0,00	166,38
0,00	152,64	0,00	121,14	0,00	131,92	0,15	116,91	0,00	158,14
0,00	166,60	0,00	29,81	0,00	101,48	0,00	138,06	0,00	78,01
0,00	31,29	0,00	126,22	0,00	87,32	0,00	218,82	0,00	171,88
0,00	309,94	0,00	84,57	0,45	78,44	0,00	233,62	0,00	201,48

Tabela 6.2. Continuação

Grupo 1				Grupo 2					
Precipitação (mm)	Varrição (kg/km ²)								
0,00	151,16	0,05	191,74	41,05	86,0465	0,50	93,6575	4,45	216,529
0,00	293,80	0,00	325,62	2,05	162,579	7,75	83,2981	6,45	289,669
0,00	97,93	0,00	281,82	7,65	183,087	12,00	228,541	5,00	230,165
0,00	367,77	0,00	21,49	2,80	139,746	4,00	119,239	25,25	33,8843
0,00	33,06	0,00	228,51	3,50	197,674	1,05	121,565	62,70	38,0165
0,00	285,95	0,00	53,31	12,05	140,169	1,70	98,9429	1,60	250
0,00	178,51	0,00	127,69	33,20	111,417	8,05	129,387	4,70	302,479
0,25	343,80	0,05	223,14	61,55	71,4588	4,00	119,45	3,60	56,1983
0,05	262,81	0,00	298,35	38,60	28,5412	0,85	141,861	8,35	221,488
0,00	298,76	0,00	219,42	1,20	149,683	28,65	189,429		
0,00	288,02			5,85	185,201	3,95	141,861		
0,00	164,88			0,90	124,524	4,20	112,262		
0,00	93,39			0,80	101,057	5,55	88,7949		
0,10	341,74			0,80	142,072	18,30	241,736		
0,05	222,73			12,55	148,837	21,95	61,9835		
0,00	209,09			5,20	45,0317	0,70	247,521		
0,00	244,21			11,65	112,262	1,40	207,851		
0,20	250,83			15,65	80,9725	73,15	86,7769		
0,00	348,35			31,30	60,0423	2,95	261,984		

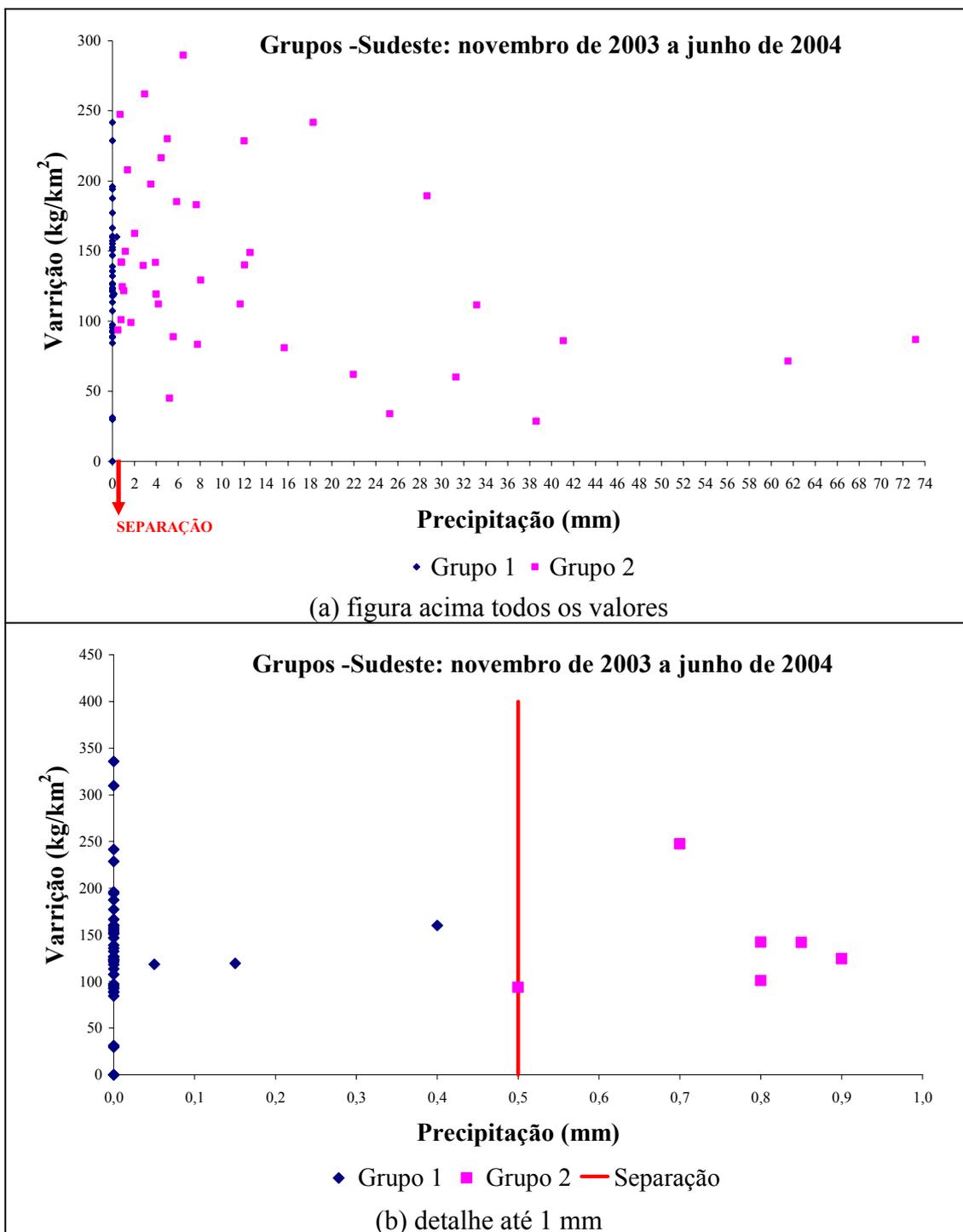


Figura 6.7. Grupos separados: período de novembro de 2003 a junho de 2004 (kg/km²)

6.3.4. Resultados do Método 1

Para cada dia do período em análise: a) se P cai no grupo L1: $DF = 0,0$; b) se P cai no grupo L2: $DF = \bar{L1} - \bar{L2}$. No final do período, em termos médios, o indicativo de carga na drenagem é dado pela soma dos valores diários de DF, ou seja:

$$DF = nd \cdot (\bar{L1} - \bar{L2}) \quad (6.5)$$

onde nd é o número de dados ou número de dias em que a precipitação é maior que 0,5 mm. O valor encontrado corresponde à seção sudeste, e tem que ser transferido para a bacia em estudo.

No final do item 6.3.2, viu-se que a média do grupo 1 foi de 6.073,9 kg; a média do grupo 2 foi de 5.377,9 kg. O número de dias em que houve chuva (Precipitação maior que 0,5 mm) foi 47, cerca de um dia chuvoso a cada 4 dias. Assim:

$$DF_{SE} = 47 \cdot (6.073,9 - 5.377,9) = 32.712 \text{ kg.}$$

$$DF_{esp.SE} = \frac{32.712}{14,65} \left(\frac{\text{kg}}{\text{km}^2} \right) = 2.232,9 \text{ kg/km}^2.$$

Para a bacia hidrográfica:

$$DF_{bacia} = 0,23 \cdot DF_{esp.SE} \cdot A_{bacia} = 0,23 \cdot 2.232,9 \cdot 0,956 \left(\frac{\text{kg}}{\text{km}^2} \right) \cdot \text{km}^2 = 491 \text{ kg}$$

onde: 0,23 é a parcela de lixo no total de varrição, conforme caracterização do capítulo 5 e A_{bacia} é a área efetiva de varrição da bacia hidrográfica, que corresponde a 49,8% da área total. Relembrando o que foi dito no capítulo 5, o restante (50,2%) praticamente é composto de vegetação e dentro da área da bacia hidrográfica não há pontos de despejo clandestino.

Importa lembrar que este resultado reflete o período de estudo: novembro de 2003 a junho de 2004 e foi alcançado a partir da amostra de dados obtida, retirando os valores de varrição dos finais de semana, dia 1º de janeiro e terça-feira de carnaval: 171 valores.

6.3.5. Resultados do Método 2

Assim como no método 1, tomam-se os dados diários de precipitação e varrição, referentes ao período entre novembro de 2003 e junho de 2004 e resultantes da análise realizada no item 6.3.2.

Os grupos separados são os mesmos da Figura 6.7 mostrada no método 1. A diferença neste método é que, ao invés de ser utilizada simplesmente a média de cada grupo, geram-se números aleatórios baseados em parâmetros destes grupos. No caso de uma distribuição normal, os parâmetros são: média e desvio padrão. Em outras palavras, a diferença é que se insere incerteza no método 1.

Como explicado no item 6.2.2, neste método são geradas várias amostras aleatórias de tamanho n_s . Primeiramente, ajusta-se uma distribuição estatística aos grupos. Com o ajuste feito, verifica-se em que grupo a precipitação cai, de modo a se gerar um número aleatório correspondente, de modo que a diferença gerada é aleatória. Isto é feito para todos os dias do período estudado, efetuando-se a soma do período e repetindo-se o procedimento n_s vezes para se obter um valor esperado amostral. O valor de n_s foi adotado como sendo 1.000.

Cada amostra de 1.000 tem uma média. Com todas as médias pode ser construído um intervalo de confiança para a estimação do valor esperado de DF. Os ajustes dos grupos formados foram bons, como mostra a Figura 6.8.

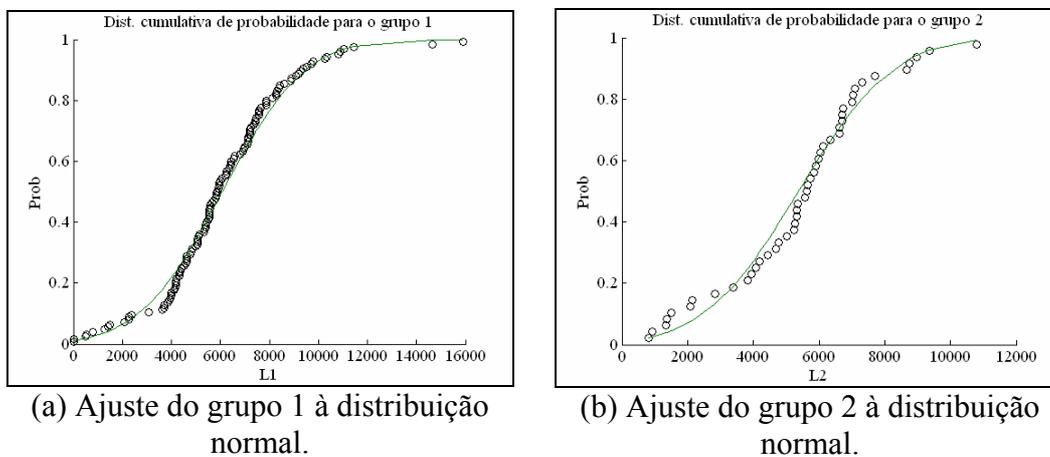


Figura 6.8. Ajuste dos grupos 1 e 2 à distribuição normal cumulativa

O ajuste dos grupos provoca uma grande possibilidade de haver geração aleatória de valores do grupo 1 menores que os valores do grupo 2 (DFs diários aleatórios negativos), pois as duas distribuições resultantes são muito parecidas, como mostra a Figura 6.9.

Inicialmente é realizado o estudo com a inclusão destes números negativos gerados. Depois, retiram-se os mesmos para se fazer uma comparação.

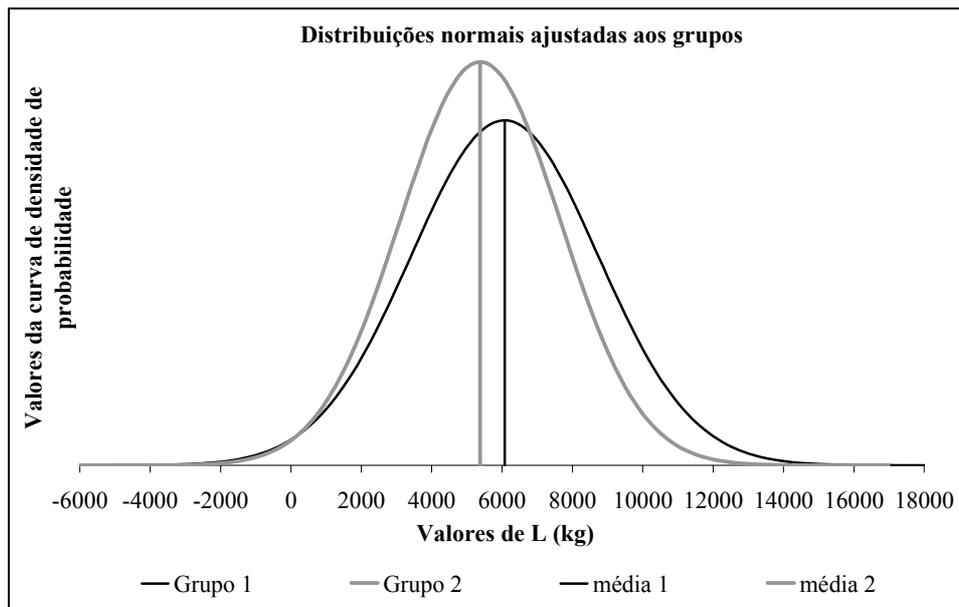


Figura 6.9. Distribuições ajustadas aos dois grupos

Os resultados foram os seguintes: para cada dia do período foi gerado um número aleatório para grupo 1 e para o grupo 2. Assim, foram obtidos 171 valores da diferença entre os dois grupos.

A soma destes 171 valores representa um ponto amostral dentre 1.000 valores, ou seja, esta operação de somar 171 valores foi realizada 1.000 vezes. Destes 1.000 valores, obtém-se o valor esperado amostral.

Tomando-se agora 100 conjuntos ou amostras de 1.000 valores, cada amostra com seu valor esperado, constrói-se uma distribuição amostral dos valores esperados. É possível determinar o intervalo de confiança da estimativa de DF esperado populacional a partir das 100 amostras.

A Figura 6.10 mostra os resultados de 100 amostras de 1.000 valores para a seção sudeste. A média da distribuição amostral de DF esperado foi de 32.684,6 kg e desvio padrão de 759,5 kg na seção sudeste. Para 95% de nível de confiança, vale o intervalo:

$$(34.173,2 < DF_{SE} < 31.196) \text{ kg ou } DF_{SE} = 32.684,6 \pm 1.488,6 \text{ kg.}$$

Utilizando o mesmo processo de transferência que foi realizado no método 1, tem-se, para a bacia:

$$(468,2 < DF_{\text{bacia}} < 512,9) \text{ kg ou } DF_{\text{bacia}} = 490,5 \pm 22,3 \text{ kg.}$$

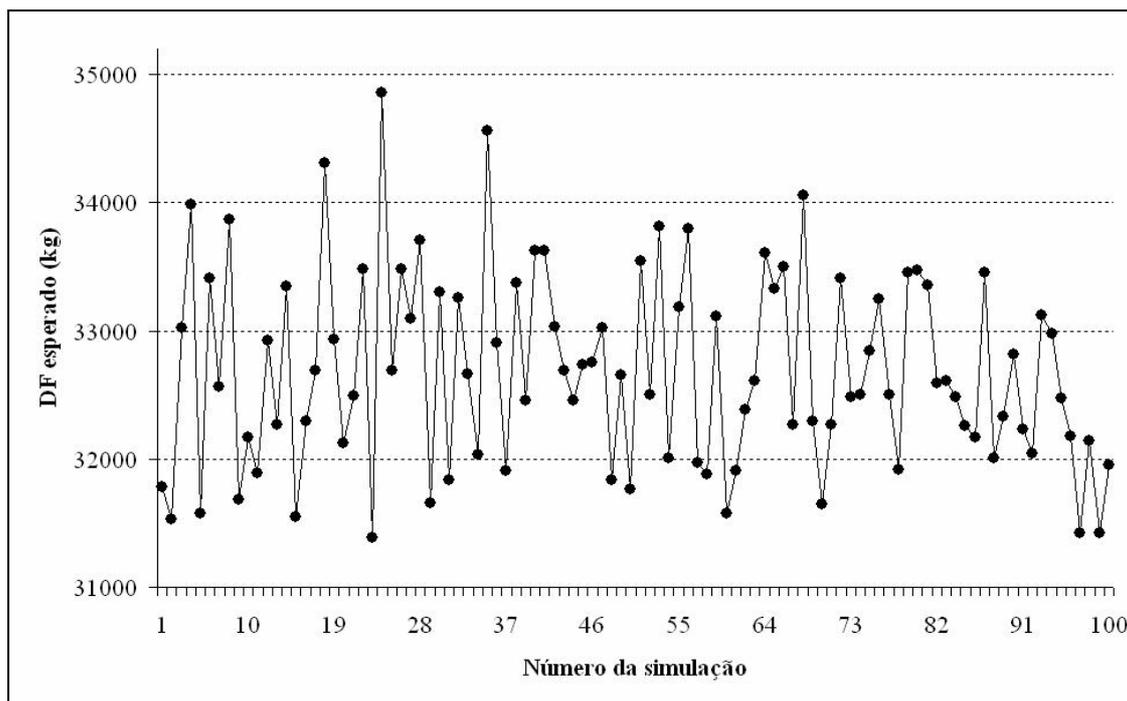


Figura 6.10. Resultados de 100 simulações com o método 2: valor esperado (em kg)

Mais uma vez, importa lembrar que este resultado reflete o período de estudo: novembro de 2003 a junho de 2004 e foi alcançado a partir da amostra de dados obtida, retirando os valores de varrição dos finais de semana, dia 1º de janeiro e terça-feira de carnaval: 171 valores.

Exclusão de DF negativo na simulação

Se for adotada uma restrição no passo 2 do método 2, que é a de fazer DF diário igual a zero toda vez que um número negativo for gerado, o valor esperado assume valores 2,5 vezes maiores que no caso anterior.

6.3.6. O caso dos finais de semana

Este item estima a parcela de DF para o caso dos sábados e domingos. Esta parcela é chamada de DFDS. Os fins de semana não possuem coleta obrigatória, a não ser na parte da bacia, cuja responsabilidade fica a cargo da seção cruzeiro; isto ocorre a cada 15 dias e esta área corresponde a 29% da bacia.

A quantidade coletada nos finais de semana é bem menor que nos demais dias; entre novembro de 2003 e junho de 2004, a participação no total coletado foi de 10,6%, ou seja, 89,4% corresponderam aos demais dias (segunda-feira até sexta-feira).

A média coletada pelo serviço de varrição na seção sudeste, no período entre novembro de 2003 e junho de 2004 foi de 4.632,88 kg/dia. Em média, nos fins de

semana, coletou-se 26,5 % a menos que este valor. Nas segundas-feiras, coletou-se 37,7 % a mais que este valor e 87,3% a mais que a média dos finais de semana.

Quanto aos demais dias, terças-feiras, em média 29% a mais do que 4.632,88 kg/dia, quartas-feiras, 24,6 % a mais, quintas-feiras, 8,1 % a mais e sextas-feiras 28% a mais. Ou seja, normalmente o início da semana compensa a pouca coleta do final de semana.

Entretanto, ocorreram situações diferentes:

- fins de semana com mais coleta que o normal seguidos de segundas-feiras com menos coleta que o normal, caracterizando uma compensação;
- fins de semana com pouca coleta e segundas-feiras também, caracterizando uma situação fora do que se espera.

Para estimar DFDS, a idéia é justamente tomar estas ocorrências não esperadas, ou seja, quando o início de semana não compensar o pouco coletado no fim de semana, admitir-se que o montante participa da composição de DFDS.

Admitir-se também que a parcela DFDS não ultrapassa DF estimado anteriormente, ou pelo menos não exageradamente, pois uma coleta menor em um final de semana não significa que, concomitantemente, a rede de drenagem recebe mais lixo; há muito pouca movimentação de pessoas nas avenidas a partir do fechamento do horário comercial, sábados ao meio dia.

Quanto ao cálculo propriamente dito de DFDS, o primeiro passo é identificar quando ocorreram dois fatos ao mesmo tempo: fim de semana com coleta inferior a 0,735 da média do período de estudo e segunda-feira com coleta inferior à média multiplicada por 1,377.

Assim, como no método 1 já apresentado, são criados dois grupos: um representa os dias em que houve a tal coincidência e outro representa os dias em que não houve. Chamando de LFDS a média do primeiro grupo, de LS a média do segundo e nd o número de dias em que ocorreram os valores do primeiro grupo, aparece uma equação semelhante à equação 6.5:

$$DFDS = nd \cdot (LFDS-LS) \quad (6.6)$$

A transferência para a bacia hidrográfica é feita da mesma maneira que foi realizada antes. O resultado está a seguir:

$$DFDS_{SE} = 12 \cdot (4.606,8 - 2.144,2) = 30.031,6 \text{ kg.}$$

$$DFDS_{esp.SE} = \frac{30.031,6}{14,65} \left(\frac{\text{kg}}{\text{km}^2} \right) = 2.049,9 \text{ kg/km}^2.$$

$$DFDS_{bacia} = 0,23 \cdot DFDS_{esp.SE} \cdot A_{bacia} = 0,23 \cdot 2.049,9 \cdot 0,956 \left(\frac{\text{kg}}{\text{km}^2} \right) \cdot \text{km}^2 = 450,7 \text{ kg}$$

A incerteza pode ser inserida da mesma maneira que no método 2, ajustando-se uma distribuição estatística para os grupos, gerando números aleatórios para cada dia em que há coincidência, somando os valores de DFDS e repetindo este processo nas vezes, surgindo um ponto amostral.

A distribuição amostral de DFDS esperado foi construída com 100 simulações, semelhante ao feito anteriormente. A média da distribuição amostral de DFDS esperado foi de 29.960,5 kg e desvio padrão de 386,3 kg na seção sudeste. Para 95% de nível de confiança, vale o intervalo:

$$(29.203,4 < DFDS_{SE} < 30.717,7) \text{ kg ou } DFDS_{SE} = 29.960,5 \pm 757,13 \text{ kg.}$$

Transferindo para a bacia:

$$(438,3 < DFDS_{bacia} < 461) \text{ kg ou } DFDS_{bacia} = 449,7 \pm 11,7 \text{ kg.}$$

6.3.7. Conclusões sobre os dois métodos

O objetivo dos dois métodos foi fornecer estimativas da carga drenada Td de resíduos sólidos, mais especificamente da parcela de lixo. Verificou-se que não há precipitação de corte definida. Sendo assim, os dois métodos dividiram os dados em dois grupos somente, o primeiro para precipitações diárias muito pequenas, correspondendo aos dias secos, e outro grupo para precipitações diárias maiores que 0,5 mm, correspondendo aos dias chuvosos.

Estimou-se a massa, em kg, na bacia em estudo no período entre novembro de 2003 e junho de 2004. A intenção era também fazer o mesmo com os dados em km, mas esta alternativa foi descartada na análise de dados, quando foi constatado inconsistências de extensão varrida.

Como os dados de varrição em kg, determinou-se o valor de DF para a seção sudeste e depois o DF específico. Multiplicou-se então o DF específico pela área efetiva

de varrição da bacia hidrográfica, 0,956 km². Ressalta-se que os dados de varrição compreendem sedimentos, vegetação e lixo. No capítulo 5, observou-se que o lixo corresponde, em média, a 23% da composição da varrição na bacia. Este índice foi utilizado para saber a quantidade estimada de lixo.

Para o caso dos finais de semana, o método foi praticamente o mesmo, mudando o fator que provoca a separação dos dois grupos: ao invés da chuva, a ocorrência de condições menos esperadas de coleta: fim de semana com pouca coleta e segundas-feiras também.

Os resultados estão na Tabela 6.3 e levam em consideração diversas incertezas, o que é natural neste tipo de problema. Algumas delas estão:

- na transferência de resultados da seção sudeste para bacia;
- nas áreas realmente varridas e quando elas foram realmente varridas;
- no próprio método indireto;
- nos dados de entrada de varrição;
- nos dados de precipitação;
- na espacialização dos postos de precipitação;
- no período de estudo;
- na fração de lixo nos sacos de varrição.

Contudo, os mesmos resultados mostram consistência com informações geradas na literatura, como será visto mais adiante. Este resultado será comparado com o que foi obtido no capítulo 7. Muito importante também é notar que o DMLU registra a pesagem diária de maneira espacializada na bacia. Isto significa possibilidade de mudanças no gerenciamento a partir de avaliações constantes. Os dados diários também foram fundamentais na concepção do método indireto.

Tabela 6.3. Estimativa da massa na bacia: novembro de 2003 a final de junho de 2004

Método	Transferência por massa específica	Massa de lixo na bacia (kg)
1	multiplicar DF específico da seção sudeste por 0,956 km ² .	491
2		490,5 ± 22,3 (cv = 4,6%)
1 – fim de semana	multiplicar DFDS específico da seção sudeste por 0,956 km ² .	450,7
2 – fim de semana		449,7 ± 11,7 (cv = 1,3%)
Indireto	final de semana + demais dias da semana	940,2 ± 34,0

6.4. Aplicação dos métodos da África do Sul e da Austrália

Neste item os métodos indiretos estrangeiros para a determinação do volume de resíduos sólidos na rede de drenagem são aplicados. É feita uma estimativa por sub-bacia, seguida de uma soma dos valores obtidos para cada uma delas, chegando-se ao total da bacia.

6.4.1. Método da África do Sul

As equações deste método foram mostradas no item 3.3.2. Procurou-se verificar, em cada sub-bacia, a participação da área de cada uso do solo, bem como das áreas pouco e bem vegetadas. Adotou-se para todas as bacias a limpeza regular, de modo que o fator fsc assume o valor 1,0.

O método atribui valores à carga de vegetação que variam entre 0,0 m³·ha⁻¹·ano⁻¹ (áreas com muito pouca vegetação) e 0,5 m³·ha⁻¹·ano⁻¹ (áreas com vegetação densa). As ruas de Porto Alegre em geral são bem ocupadas por árvores; na bacia em estudo, as sub-bacias mais ao sul possuem parte de sua vegetação com boa densidade, fazendo com que nestes pontos fosse adotado o valor de 0,5 m³·ha⁻¹·ano⁻¹. Outras duas classes de ocupação foram definidas: vegetação esparsa e pouca vegetação. No primeiro caso, a carga adotada foi de 0,25 m³·ha⁻¹·ano⁻¹ (média entre 0,0 e 5,0) e no segundo, 0,0 m³·ha⁻¹·ano⁻¹.

Quanto ao uso do solo, o método adota para a carga básica de 1,2 m³·ha⁻¹·ano⁻¹ para o caso comercial, 0,8 m³·ha⁻¹·ano⁻¹ para o caso industrial e 0,01 m³·ha⁻¹·ano⁻¹ para o caso residencial. A Tabela 6.4 caracteriza a bacia hidrográfica em estudo para a utilização do método em questão e mostra os resultados.

A Tabela 6.5 faz cálculo das cargas volumétricas, ponderando-se pela área as características da Tabela 6.4. Como pode ser visto, é destacada na última coluna a carga básica B (sem levar em conta a vegetação).

Para transformar a carga volumétrica em carga mássica, adotaram-se duas massas específicas: 95 kg/m^3 , adotada na África do Sul e $168,63 \text{ kg/m}^3$, que é a média entre as duas massas específicas encontradas em REIS et al. (2002), conforme capítulo 3. O cálculo está na Tabela 6.6.

Tabela 6.4. Características para o método da África do Sul

Sub-bacia	Área (ha)	Parcelas de áreas vegetadas na área de cada sub-bacia				Parcelas de áreas residenciais e comerciais na área de cada sub-bacia			
		AVD	APV	AVE	Total	ARES	ACOM	Outro	Total
José de Alencar	50,6	0,18	0,16	0,65	1,00	0,46	0,54	0,00	1,00
B. Cerro Largo	16,6	0,27	0,20	0,53	1,00	0,75	0,25	0,00	1,00
Monroe	25,9	0,37	0,42	0,21	1,00	0,59	0,25	0,17	1,00
Asilo	23,7	0,30	0,35	0,34	1,00	0,54	0,07	0,39	1,00
FEBEM	37,1	0,45	0,07	0,48	1,00	0,05	0,00	0,95	1,00
CB12	38,2	0,36	0,43	0,21	1,00	0,39	0,00	0,61	1,00
Total	192,1								

AVD = Área com vegetação densa; APV = Área com pouca vegetação; AVE = Área com vegetação esparsa
 ARES = Área predominantemente residencial; ACOM = Área predominantemente comercial
 AT = Área total da sub-bacia

Tabela 6.5. Fatores para a aplicação do método da África do Sul

Sub-bacia	Área (ha)	Fator fsc	Fatores em volume ($\text{m}^3 \cdot \text{ha}^{-1} \cdot \text{ano}^{-1}$)		Fatores em massa ($\text{m}^3 \cdot \text{ano}^{-1}$)	
			V	B	T	B
José de Alencar	50,6	1,0	0,26	0,653	45,97	33,05
B. Cerro Largo	16,6	1,0	0,27	0,308	9,58	5,11
Monroe	25,9	1,0	0,24	0,301	13,92	7,80
Asilo	23,7	1,0	0,24	0,088	7,74	2,09
FEBEM	37,1	1,0	0,34	0,000	12,77	0,02
CB12	38,2	1,0	0,23	0,004	8,96	0,15
Total	192,1	-	1,574	1,354	98,94	48,21

Tabela 6.6. Cargas para a bacia hidrográfica em estudo com o método da África do Sul

Sub-bacia	Área (ha)	Carga Básica (kg/ano)		Carga Básica (kg.ha ⁻¹ .ano ⁻¹)	
		B*	B**	B*	B**
José de Alencar	50,6	5.573	3.139	110	62
B. Cerro Largo	16,6	861	485	52	29
Monroe	25,9	1.315	741	51	29
Asilo	23,7	352	198	15	8
FEBEM	37,1	3	2	0	0
CB12	38,2	25	14	1	0
Total	192,1	8.129	4.579	228	129
* Utilizando 168,63 kg/m ³					
** Utilizando 95,00 kg/m ³					

6.4.2. Método da Austrália

O método da Austrália trabalha com três tipos de uso do solo: comercial, residencial e industrial-leve. A bacia hidrográfica em estudo não possui o último tipo e possui comercial total de 39,5 ha, enquanto a residencial é de 80,6 há (ver Tabela 6.5).

Como a planilha do método dá a carga diária como função direta da precipitação e o total no período é a soma das cargas diárias, então o resultado para 8 meses é dado sem interpolação; ele é calculado segundo os parâmetros do método.

O resultado para a área comercial foi de 671 kg e para a área residencial foi de 327 kg, resultando em 998 kg. Isto foi obtido, adotando-se o mesmo “fator de ajuste para cargas de poluentes grosseiros devido à limpeza das ruas”, chamado neste método o fator de limpeza urbana, ou seja, foi adotado o valor de 100% *default* da planilha. Como dito no capítulo 3, ele tem a função de adequar o resultado do sistema de limpeza que o usuário está estudando ao método, que foi construído com os dados de Melbourne.

Este fator teria que ser em torno 28,85% para que a carga total fosse próxima da que foi medida na bacia desta pesquisa. Isto pode sim ser devido a diferenças no sistema de limpeza, mas também ao próprio fato de que a ocupação na bacia em Melbourne é mais intensa. Isto se reflete nos parâmetros do método. Este valor encontrado de 998 kg é cerca de 2,2 vezes o obtido no método indireto sem os finais de semana e 3,5 vezes maior que o encontrado na quantificação direta.

6.5. Resumo do capítulo

Este capítulo mostrou que o método indireto tem grande facilidade de aplicação e utiliza dados característicos locais. Entretanto, um cuidado deve ser tomado: por utilizar o valor esperado como estimativa da carga de lixo na drenagem, incorpora a sensibilidade da média aos valores extremos. Muitas vezes estes valores trazem tendenciosidade. Assim, importa realizar uma análise apurada antes da aplicação. É necessário verificar se, por exemplo, a redução na varrição em um determinado dia sempre ocorre ou não. Se for o caso, certamente a precipitação não será variável explicativa.

Outra coisa é verificar se no método 1 varre-se, em média, mais nos dias de pouca chuva, pois a média ou o valor esperado é o cerne do método. DF deve fornecer valor positivo, o que não ocorreu aqui com os dados de extensão varrida.

Os métodos estrangeiros trabalham com parâmetros adequados às realidades dos países de origem. O método da África do Sul forneceu valores muito altos de carga, enquanto o método da Austrália tem a possibilidade de adaptação melhor resolvida.

No capítulo seguinte, será mostrado como se deu a estimação direta da carga. Isto possibilita a comparação com os resultados deste capítulo.

7. QUANTIFICAÇÃO DIRETA

Este capítulo trata dos resultados da observação feita durante alguns meses no exutório da bacia hidrográfica que deságua na CB12, no parque Marinha do Brasil, descrita no capítulo 5. A observação se deu com o resíduo flutuante e com o depósito de sedimentos.

Foram 8 meses, fazendo-se a pesagem e caracterizando o lixo do poço. Parte deste resíduo ainda atinge o lago Guaíba, quando ele passa por uma grade de espaçamento de 5 cm. Também se observou o volume do depósito de sedimentos na bacia de retenção imediatamente a montante do poço, realizando-se três batimetrias em um período de 7 meses.

7.1. Formulação

No capítulo 4, viu-se que o total drenado ao exutório da bacia hidrográfica pode ser determinado por: $T_d = T - (T_l + T_c)$. Este total T_d contém dois componentes que são estimados neste capítulo: sedimentos e lixo, representados, respectivamente por T_{dSed} e T_{dFlu} , ou seja: $T_d = T_{dSed} + T_{dFlu}$. Na verdade,

$$T_{dSed} = T_{dmedidoSed}/ef_{Sed} \quad (7.1)$$

$$T_{dFlu} = T_{dmedidoFlu}/ef_{Flu} \quad (7.2)$$

onde $T_{dmedido}$ representa aquilo que é quantificado por medição direta ($T_{dmedidoSed}$ para sedimentos e $T_{dmedidoFlu}$ para lixo); ef representa a eficiência de retenção (ef_{Sed} para sedimentos e ef_{Flu} para lixo). O termo ef_{Sed} diz respeito ao reservatório e no caso do lixo ef_{Flu} , às grades do poço da CB12.

Descarga de sedimentos

O total de sedimentos que entra no reservatório pode ser estimado através de um importante fator, denominado eficiência de retenção de sedimentos do reservatório, dada por:

$$ef_{Sed} = \frac{T_{dmedido}}{T_{dSed}} \quad (7.3)$$

onde ef_{Sed} é a eficiência e $0,0 < ef_{Sed} \leq 1,0$. Desta equação, chega-se ao resultado expresso na equação 7.1.

Há diversas maneiras de se obter a eficiência de retenção. Via de regra, são utilizados gráficos onde se relaciona a mesma com outros parâmetros tais como vazão afluente e capacidade do reservatório (CARVALHO et al., 2000; COIADO, 2003; SIMONS e SENTÜRK, 1992).

Descarga de lixo

No caso do lixo, a estimativa é dada pela eficiência de retenção da grade. Procurou-se uma eficiência que contemplasse todo o sistema reservatório-poço-grade. No caso em estudo, o resíduo foi retirado do poço com garfos. Dentro dele, há grades com abertura de 5 cm que procuram impedir a chegada do material flutuante às bombas. O material, antes de chegar ao poço, passa pela bacia de retenção do parque Marinha do Brasil.

Assim, considerou-se a eficiência de retenção semelhante ao caso das GPTs (Gross Pollutants Traps), comuns na Austrália antes dos estudos de estruturas mais eficientes. Segundo ALLISON et al. (1998), estas estruturas reduzem a velocidade média do escoamento através de uma bacia de retenção, fazendo com que ocorra sedimentação de parte do material. O restante flutuante é impedido de continuar por uma grade colocada a jusante da bacia, geralmente sobre um vertedor. A eficiência máxima desta estrutura é de 65%.

Hidraulicamente, o sistema bacia de retenção-poço-grade do parque Marinha do Brasil, onde foram realizadas as coletas do material que vinha pela drenagem, assemelha-se às estruturas do tipo GPT. Contudo, há três observações: a primeira é que há um zelador na casa de bombas que trabalha na limpeza da grade, puxando o material que vai chegando à mesma, inclusive sob chuva; a segunda observação é a própria bomba, que imprime uma velocidade maior ao material que chega, causando maior dificuldade para o zelador; a terceira observação é que, como não há limpeza constante na bacia de retenção, o aporte de águas residuárias ocasiona a proliferação de aguapés. Estes aguapés “diminuem a malha” da grade, de forma que o zelador retira material de tamanho menor que 5 cm, junto com a vegetação.

Então, se por um lado o zelador com o seu trabalho e o aguapé na grade aumentam a eficiência de remoção, as bombas forçam parte do material para ultrapassar a barreira da grade, diminuindo a eficiência. O que se observou nos 8 meses de visitas

ao local foi: quando o material é retirado pelo zelador com a velocidade da água baixa ou quando bombas são ligadas somente no intuito de esvaziar o poço e/ou aproximar o resíduo que ainda se encontra longe das grades, a eficiência torna-se praticamente 100%.

Quando há chuva mais forte, obrigando o acionamento de bombas, a eficiência cai um pouco. Em ocasiões como esta, observaram-se algumas sacolas, umas poucas latas de refrigerante, pequenos pedaços de isopor, e outros materiais pequenos, passando pelas grades.

Observou-se também que houve um período onde a presença dos aguapés diminuiu. Isto ocorreu entre abril e julho, pois houve uma limpeza da bacia de retenção em abril. Neste caso, a ação das bombas diminuiu a eficiência.

Sendo assim, nesta pesquisa as eficiências adotadas assumiram dois valores, em função destas peculiaridades: 65 e 100 %. Os totais de resíduos flutuantes foram divididos pelo fator eficiência de 65% nos dias de chuva forte, onde a ação da mesma e o estímulo das bombas forçavam os resíduos a passarem pela grade. Nos meses de abril, maio e junho, isto foi mais freqüente.

Concluindo, de forma semelhante ao caso dos sedimentos, dada eficiência de retenção, pode-se estimar o total que atinge o reservatório. O total pesado aqui será o termo $T_{dmedidoFlu}$. Para saber o termo T_{dFlu} , basta dividir $T_{dmedidoFlu}$ por eff_{Flu} .

7.2. Material e métodos

A bacia hidrográfica em estudo foi escolhida pelo fato de possuir algumas condições de contorno bem estabelecidas. Ela está inserida em uma região onde os serviços são regulares e teve seus limites bem definidos em alguns trabalhos realizados anteriormente. O DEP também tem manifestado interesse em estudos na bacia de retenção do parque Marinha do Brasil.

7.2.1. Planejamento da observação de campo

O local de coleta dos resíduos foi escolhido por existir um serviço de limpeza do poço da casa de bombas. Dois ou três zeladores revezam os horários e têm a função de manter as instalações limpas, acionar as bombas e fazer a limpeza do poço, evitando que o material atinja as bombas. Eles contam com uma grade de 5 cm de abertura, ancinhos, pás, garfos para levantar os resíduos e vassouras.

Um contêiner fica à disposição para armazenar os resíduos até a vinda de um caminhão. No início das observações, quando o serviço era terceirizado, o contêiner permanecia no local cerca de 2 meses até a sua retirada pela empresa responsável. Depois, quando o DEP assumiu o serviço, o recolhimento do material ocorreu com mais frequência.

As observações prévias de campo se iniciaram em outubro de 2003, quando se verificou a possibilidade de se levar adiante as mesmas com o material disponível. Foram pesados todos os tipos de material que atingiram e se depositaram no poço, inclusive a vegetação. A caracterização do tipo de material foi iniciada em novembro.

Inicialmente, planejaram-se visitas com uma frequência de 2 vezes por semana, na segunda-feira e na sexta-feira. Após as observações prévias, entretanto, a frequência foi aumentada, conforme o volume de resíduos que chegava. Este volume, algumas vezes, veio no meio da semana, em um dia como quarta-feira, de maneira que o resíduo era retirado, guardado e associado ao dia que realmente chegou. Deixava-se o resíduo secando ao sol quando a chuva parava, e depois se caracterizava.

7.2.2. Caracterização do material flutuante vindo pela drenagem

Foram utilizados: balança Cauduro 062SR, 15 kg, prato de zinco, dois tonéis de aproximadamente 90 litros cada um, luvas de borracha, sacos de resíduos domiciliares, na maior parte das vezes de 100 litros, caneta e papel para anotar o peso, bota de borracha, ancinho, pá, garfo, carro de mão e vassoura.

Para o caso em estudo e para a pesagem do resíduo vindo na drenagem, a balança com capacidade máxima de 15 kg foi suficiente. Os dois tonéis foram suficientes na maior parte do tempo. As botas de borracha e as luvas são necessárias pelo fato de que o resíduo vem em meio à água com esgoto e emaranhado em aguapés, os quais ainda molhados ficavam com um grande volume e altura. Os tipos verificados na caracterização dos resíduos estão na Tabela 7.1.

Tabela 7.1. Resíduos tipificados na caracterização do resíduo da drenagem

Resíduo	Descrição e ocorrência
Plásticos 1	em geral foi o item de maior presença. Composto de sacolas inteiras ou em pedaços de supermercados, de outras embalagens, embalagens de salgadinhos, etc.
PET	garrafas de refrigerante e água mineral, etc.
Plásticos 2	composto de plásticos que não entram no tipo Plásticos 1, nem no tipo PET: garrafas de água mineral, garrafas de aguardente, potes de margarina, garrafas de shampoo, copos de refrigerantes e demais plásticos rígidos, etc. Sempre em grande quantidade.
MADT	em geral mais tocos, pedaços de galhos que vêm mais provavelmente do parque e não como resíduos da bacia
vidro	Mais comum garrafas de cerveja do tipo long neck
papéis	quase não veio, apesar da presença expressiva nos sacos de varrição das ruas. Provavelmente se desfazem no caminho ou ficam facilmente presos nas redes. Quando chegam no poço da CB, já vêm em pequenos pedaços, passando pela grade
Embalagens cartonadas longa vida	caixas de leite, de suco, etc
isopor	vêm bastante nas maiores chuvas. A maior parte provavelmente vem do parque
trapos	restos de roupas, tênis, sapatos, etc. Podem vir da bacia, pois foram achados trapos em sacos de varrição das ruas, mas também podem vir do parque. Quando há material esportivo, como chuteiras, certamente vêm do parque, pois há um campo de futebol perto do canal
espuma	pequenos pedaços
cerâmica	ocorrência pequena, através de materiais de construção civil
borracha	pequenos pedaços ou sandálias de borracha
ALA	Aço, Latas, Alumínio: Latas de óleo de soja, latas de doces, etc., latinhas de refrigerante ou cerveja como maior ocorrência, o aço aparecia mais em embalagens de inseticidas, mas muito pouco em todo o período de coleta
couro	bolas de futebol e outros materiais (sapatos estão no item Trapos)
outros	

7.2.3. Pesagem do material flutuante vindo pela drenagem

Foi realizada diretamente a pesagem do lixo vindo pela rede, de forma que se tem o valor real em kg do material que atinge o poço. A caracterização, em peso, também foi feita nesse material.

Visitas à CB12 foram feitas com uma frequência de, pelo menos, duas vezes por semana. Nelas, o material previamente retirado pelos zeladores foi secado ao ar livre e depois pesado. Em muitas ocasiões, o material veio junto com aguapés, de modo que era preciso um trabalho de retirada deste material da vegetação. O material foi associado a um ou mais eventos de precipitação que ocorreram antes da visita.



(a). Poço CB 12 em 05/03/2004.



(b). Retirada do resíduo em 03/08/2004.



(c). Garfo retirando o resíduo em 03/08/2004.



(d). Retirada do resíduo em 03/08/2004.
Pondo para secar.

Figura 7.1. Trabalhos na casa de bombas com o resíduo do poço



Figura 7.2. Resíduo misturado ao aguapé, em 5 de maio de 2004

7.2.4. Sedimentos vindos pela drenagem

Quanto aos sedimentos, sabendo-se da existência da bacia de retenção a montante do poço da CB12, procurou-se uma estimativa do material que a atinge, a partir do material depositado, realizando-se levantamento topográfico dos taludes da bacia e batimetrias em três momentos diferentes.

A bacia contribuinte ao reservatório tem área igual a 1,54 km², ou seja, é a mesma bacia de estudo mostrada na Figura 5.12, excetuando a sub-bacia denominada CB12.



(a). Batimetria (25/09/2004).



(b). Batimetria (25/09/2004).

Figura 7.3. Batimetria realizada na bacia de retenção, 25/08/2004

Determinação do volume do depósito

No intuito de se estimar o volume do depósito de sedimentos na bacia de retenção, foram realizadas batimetrias em três momentos: início de maio de 2004, fim de agosto de 2004 e fim de novembro de 2004. Foram coletadas amostras de material do

fundo do reservatório, cujos pontos de amostragem estão na Figura 7.4. A interface entre as cores cinza e preta é o nível de água no dia 25 de agosto de 2004, quando foi realizada a batimetria (Figura 7.3).

Assim, dados três datas 1, 2 e 3, tem-se o volume calculado em 1 como V_1 , o calculado em 2 como V_2 e o calculado em 3, V_3 . Espera-se que os totais depositados, em volume, entre as datas sejam:

$$VD_{12} = V_1 - V_2 \quad (7.4)$$

$$VD_{23} = V_2 - V_3 \quad (7.5)$$

$$VD_{13} = V_1 - V_3 \quad (7.6)$$

onde VD_{12} é o volume do depósito entre as datas 1 e 2, VD_{23} é o volume do depósito entre as datas 2 e 3 e VD_{13} representa o volume do depósito entre as datas 1 e 3. Pode-se então calcular um volume representativo médio mensal V_{mm} , dividindo os valores pelo número de meses.

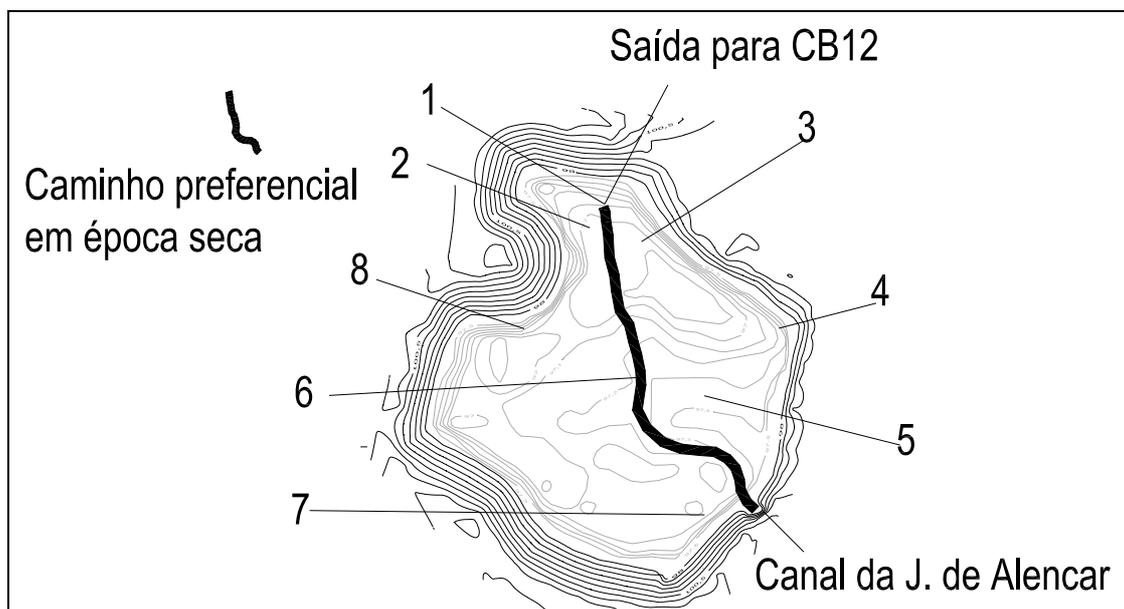


Figura 7.4. Localização dos pontos de coleta de amostra

Determinação da massa do depósito

De posse do volume do depósito, resta determinar a massa média mensal através de:

$$M_{mm} = \gamma \cdot V_{mm} \quad (7.7)$$

onde γ é a massa específica do material. Há três maneiras de se obter seu valor, segundo CARVALHO et al. (2000): calculada, medida e estimada.

A forma calculada utiliza equações que levam em conta a variação com o tempo e com a carga, como a equação 7.8, descrita em LANE e KOELZER (1953) apud SIMONS e SENTÜRK (1992):

$$\gamma_m = \gamma_1 + B \cdot \log \theta \quad (7.8)$$

onde γ_m é o peso específico em libras-força por pés cúbicos, em um depósito com θ anos, γ_1 é o peso específico inicial tabelado, correspondente a 1 ano de período de consolidação e B é tabelado (em libras-força por pés cúbicos). CARVALHO et al. (2000) mostra uma equação semelhante para o peso específico aparente, com uma tabela semelhante ao caso anterior, adaptada de STRAND (1974) apud CARVALHO et al. (2000).

A segunda maneira é a medida: pode ser de maneira indireta, utilizando-se um medidor nuclear, tipo radioativo de densidade, ou de maneira direta, tomando-se uma amostra indeformada com um equipamento tipo gravidade ou *piston-core*, medindo o volume da amostra e determinando-se o peso seco após levar a mesma à estufa (CARVALHO et al., 2000).

Tabela 7.2. Peso específico médio aparente inicial de depósitos em reservatórios, em t/m^3

Tipo de operação do reservatório	Argila (<0,004 mm)	Silte (0,004-0,062mm)	Areia (0,062-2,000mm)
Sedimento sempre ou quase sempre submerso	0,416	1,12	1,55
Depleção do reservatório de pequena a média	0,561	1,14	1,55
Reservatório de significativas variações de nível	0,641	1,15	1,55
Reservatório normalmente vazio	0,961	1,17	1,55

Adaptado de ZHIDE (1998) apud CARVALHO et al. (2000).

O terceiro procedimento é a massa específica estimada: segundo CARVALHO et al. (2000), a variação da massa específica é avaliada da seguinte forma: (a) se o sedimento for somente argila, então o peso específico aparente inicial variará de 0,42 a 0,96 t/m^3 ; (b) se o sedimento for somente silte, então o peso específico aparente inicial variará de 1,12 a 1,17 t/m^3 ; (c) se o sedimento for somente areia, então o peso específico

aparente inicial será de $1,55 \text{ t/m}^3$; (d) tendo-se uma composição de iguais porções dos três tipos, o peso específico aparente inicial variará de $1,02$ a $1,22 \text{ t/m}^3$.

Ainda segundo os autores, nos pequenos reservatórios o material predominante que fica depositado é a areia, arbitrando-se o peso específico aparente inicial de $1,4$ a $1,5 \text{ t/m}^3$. Para eles, uma avaliação mais precisa pode ser obtida, utilizando-se os valores apresentados por ZHIDE (1998) apud CARVALHO et al. (2000), mostrados na Tabela 7.2.

O terceiro método foi adotado nesta pesquisa, pois o material estava muito molhado, impossibilitando amostras indeformadas, como mostra a Figura 7.5.



Figura 7.5. Retirada de amostras da bacia de retenção



Figura 7.6. Visão geral da pipeta e da proveta



(a). Material após secagem na estufa.



(b). Peneirador.



(c). Cadinhos para macerar.



(d). Tabela tempo x temperatura x abertura da malha.

Figura 7.7. Laboratório de sedimentos do IPH

Procedimento para determinação da massa específica

De posse das amostras, fez-se a curva granulométrica de cada uma delas, correspondentes aos pontos da Figura 7.4. Após a determinação desta curva, compararam-se os resultados das amostras com dados da literatura. Esta contém o tipo de material, em função do diâmetro dos grãos.

O material retirado da BR foi levado ao laboratório de sedimentos do Instituto de Pesquisas Hidráulicas (IPH). Os valores de abertura da malha foram os seguintes (mm): 5,66; 4,00; 2,83; 2,00; 1,41; 1,00; 0,71; 0,50; 0,36; 0,25; 0,18; 0,125; 0,09; 0,063; 0,0625; 0,0442; 0,0312; 0,0221; 0,0156; 0,0078; 0,0039 e 0,00195.

Foi necessário secar, macerar, queimar a matéria orgânica com peróxido de hidrogênio, fazer a análise granulométrica por peneiramento até a malha maior ou igual a 0,063 mm e a análise granulométrica por pipetagem abaixo deste valor.

Assim, foi possível determinar a composição de cada uma das amostras. A amostra de número sete foi perdida na análise por pipetagem. A determinação do tipo de material presente nas amostras foi possível observando uma tabela retirada da classificação do sedimento de acordo com a granulometria pela AGU-American

Geophysical Union (Classificação de Wentworth), encontrada em CARVALHO et al. (2000).

Dessa forma, testaram-se duas maneiras de se obter o valor da massa específica de cada amostra:

- 1) levou-se em conta que o reservatório tem significativas variações de nível e verificaram-se as porcentagens de areia argila e silte, adotando-se o preconizado na Tabela 7.2, ou seja, $0,641 \text{ t/m}^3$ para argila, $1,15 \text{ t/m}^3$ para o silte e $1,55 \text{ t/m}^3$ para a areia. Também foi adotado para o pedregulho o mesmo da areia, já que são frações finas as que compuseram o material. Para cada amostra, o peso específico aparente médio foi calculado através da média, ponderada pelas porcentagens de material nelas contidas.
- 2) foi utilizada a curva granulométrica de cada amostra, utilizando-se o diâmetro d50, um dos mais comuns no estudo de transporte de sedimentos. A massa específica dos sedimentos foi determinada pela faixa que está o diâmetro d50 de cada amostra. Novamente, a partir de CARVALHO et al. (2000), levou-se em conta que o reservatório tem significativas variações de nível.

7.3. Lixo que atinge o poço da casa de bombas

Este item analisa as caracterizações do lixo que atingiu, pela rede de drenagem, o poço da CB12. Como no caso da varrição, o objetivo é verificar, na composição, todos os itens, mas, sobretudo aqueles que podem ser alvos mais fáceis na redução da geração.

Na Tabela 7.3 estão os pesos dos resíduos sem os sedimentos e a correção dos mesmos, realizada dividindo o total da balança no dia pela eficiência adotada neste dia. As datas com peso igual a 0,0 kg foram registradas também nesta tabela para por em evidência o período seco entre janeiro e a primeira quinzena de abril, onde os pesos são pequenos, com exceção dos dias de transição entre os meses de janeiro e fevereiro.

Quanto à composição dos resíduos, será considerado que o total que chega ao poço da CB12 tem a composição daquela parcela que foi retirada e pesada, desprezando a parcela que porventura passou pela grade. Serão mostradas composições, partindo-se do âmbito mais global, sobre o total coletado em todo o período, até períodos mais específicos.

A Tabela 7.3 apresenta dois valores totais, para o período de 8 meses: o primeiro, sem a correção, é de 195,74 kg; o segundo, 287,81 kg. Isto significa que a eficiência global do período foi de $100 \cdot 195,74 / 287,81 = 68,01\%$.

Com uma área de 192 ha, em 8 meses o total é de $1,50 \text{ kg ha}^{-1}$, o que representa uma carga baixa, considerando os resultados mostrados na literatura para a África do Sul, mas da mesma ordem de grandeza dos valores obtidos na Austrália (em Auckland, $2,76 \text{ kg ha}^{-1} \text{ ano}^{-1}$).

Tabela 7.3. Pesos dos resíduos que vieram na drenagem

Data	Pesado (kg)	Fator	Peso corrigido (kg)	Data	Pesado (kg)	Fator	Peso corrigido (kg)
14/11/2003	4,04	0,65	6,22	1/3/2004	0,00	1,00	0,00
17/11/2003	2,23	1,00	2,23	5/3/2004	1,26	1,00	1,26
28/11/2003	0,00	1,00	0,00	8/3/2004	0,00	1,00	0,00
1/12/2003	4,24	1,00	4,24	12/3/2004	1,43	1,00	1,43
5/12/2003	0,78	1,00	0,78	15/3/2004	0,00	1,00	0,00
8/12/2003	0	1,00	0,00	19/3/2004	0,00	1,00	0,00
12/12/2003	18,1	0,65	27,85	22/3/2004	0,00	1,00	0,00
15/12/2003	18,84	0,65	28,98	23/3/2004	0,00	1,00	0,00
19/12/2003	0,00	1,00	0,00	26/3/2004	1,45	1,00	1,45
22/12/2003	2,29	0,65	3,52	29/3/2004	0,31	1,00	0,31
26/12/2003	2,50	1,00	2,50	2/4/2004	0,23	1,00	0,23
29/12/2003	1,43	1,00	1,43	5/4/2004	1,35	1,00	1,35
2/1/2004	1,47	1,00	1,47	9/4/2004	0,07	1,00	0,07
5/1/2004	0,97	1,00	0,97	12/4/2004	0,17	1,00	0,17
9/1/2003	0,00	1,00	0,00	16/4/2004	0,00	1,00	0,00
12/1/2003	0,00	1,00	0,00	19/4/2004	26,55	0,65	40,85
16/1/2003	0,00	1,00	0,00	30/4/2004	1,09	1,00	1,09
19/1/2003	0,00	1,00	0,00	3/5/2004	1,61	1,00	1,61
23/1/2003	0,00	1,00	0,00	4/5/2004	15,68	0,65	24,12
26/1/2004	8,81	0,65	13,56	7/5/2004	13,62	0,65	20,95
30/1/2004	6,89	0,65	10,60	20/5/2004	1,80	0,65	2,76
2/2/2004	0,00	1,00	0,00	22/5/2004	15,00	0,65	23,08
4/2/2004	4,18	0,65	6,43	26/5/2004	3,36	0,65	5,17
5/2/2004	9,55	0,65	14,69	28/5/2004	0,68	0,65	1,05
6/2/2004	4,61	0,65	7,09	3/6/2004	0,79	1,00	0,79
13/2/2004	1,35	1,00	1,35	10/6/2004	13,56	0,65	20,86
20/2/2004	0,00	1,00	0,00	19/6/2004	3,45	0,65	5,31
27/2/2004	0,00	1,00	0,00	total	195,74		287,81

7.3.1. Composição do lixo no poço

Este item procura relacionar a composição dos resíduos do poço com a composição dos resíduos da varrição e também verificar fatores influentes na composição do poço.

Composição geral e relação com a composição da varrição

A Figura 7.8 mostra a composição média do período, comparando com a média de varrição mostrada no capítulo 5, utilizando somente a parcela de lixo.

O tipo MADT (madeiras e tocos), retirado destes gráficos, foi composto basicamente de tocos de árvores que são soltos e caem no canal da avenida José de Alencar, quando este atravessa o parque, chegando à bacia de retenção, e, por conseguinte, à CB12. Isto foi observado nas visitas; os galhos soltos no parque, nos locais próximos ao canal aberto, apresentaram as mesmas características daqueles que chegaram ao poço. Os pedaços de madeira que vieram juntamente com os galhos, algumas vezes foram vistos dias antes perto do canal ou da bacia de retenção.

Comparados com os tocos de árvores, os pedaços de madeira foram bem poucos. Houve algumas exceções, como no dia 19/04/2004, quando da chegada da parte superior de uma cadeira de computador. Muito provavelmente, ela foi lançada diretamente na bacia de retenção, não havendo nenhuma possibilidade da mesma ser lançada na rede via boca-de-lobo. No item que trata da caracterização dos resíduos da varrição, mostrou-se que a composição de MADT nos sacos é pequena.

Voltando para o material mostrado na Figura 7.8, particularmente a composição do poço, vê-se que os plásticos preponderam com 83%, destacando-se o tipo plásticos 1, que compreende, como já firmado anteriormente, sacolas, embalagens de salgadinhos, etc. Em seguida vem o tipo plásticos 2. São deste tipo todos que não são plásticos 1, nem PET. Este, por sua vez, vem em terceiro lugar nos plásticos. Na varrição, os plásticos correspondem a 40% em média.

Depois dos plásticos, as composições que se destacam mais são trapos e isopor. Estes podem ter origem na bacia hidrográfica, mas também podem ter sido originadas do próprio parque. No caso dos trapos, isto é mais provável por causa da presença de pessoas desabrigadas, sobretudo à noite. No caso do isopor, sua presença no parque pode ser por causa dos vendedores de refrigerante, água, sorvetes, etc.

Analisando as diferenças entre a varrição e o poço, é interessante observar a clara redução dos papéis e o aumento significativo do PET. Adotando os graus de diferença do capítulo 5, constrói-se a Tabela 7.4, onde se mostra que os plásticos têm um aumento Muito Grande da participação em peso.

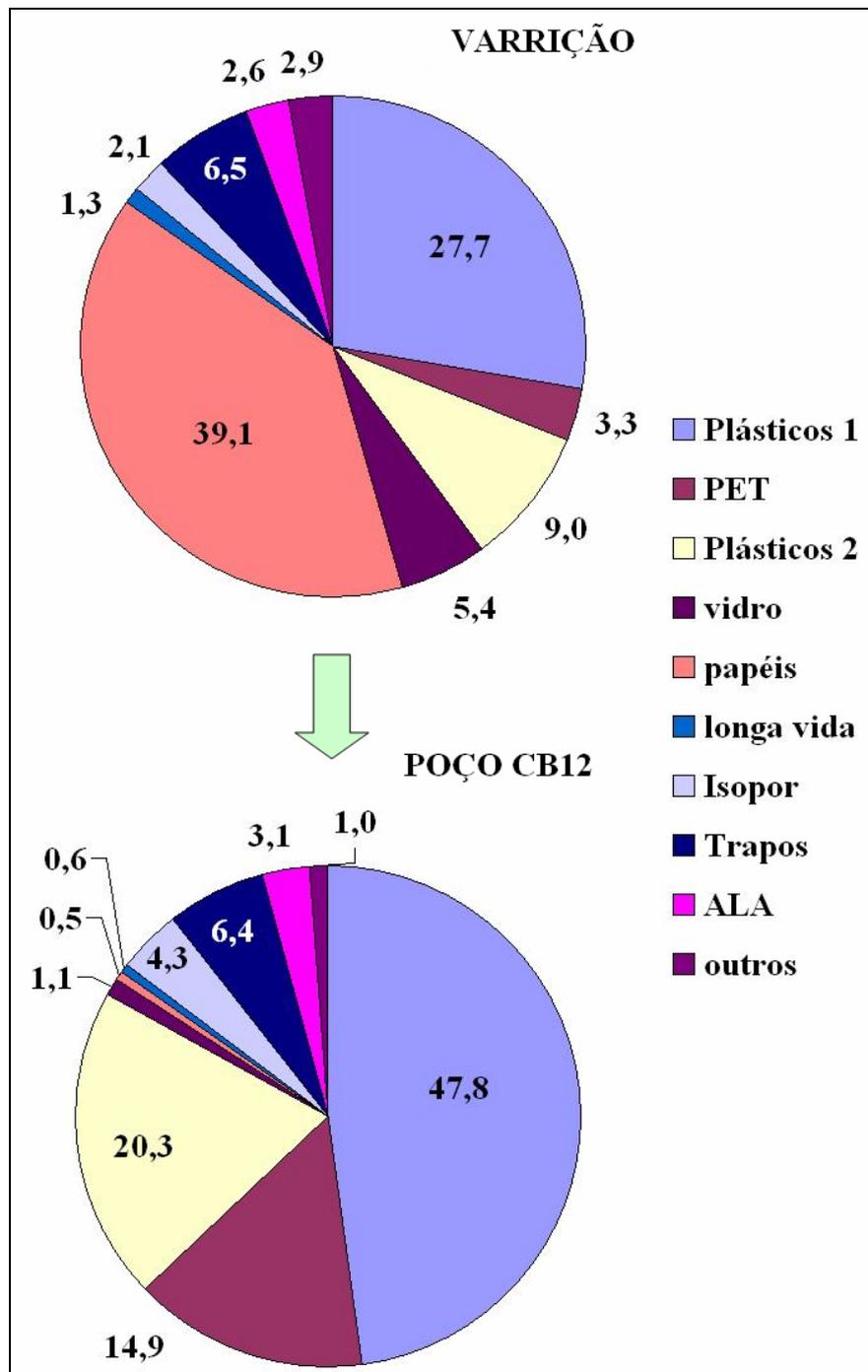


Figura 7.8. Composição média: varrição x poço.

Tabela 7.4. Graus de diferenças entre as composições: varrição x poço

Aumentos	Grau	Reduções	Grau
Plásticos 1	G	vidro	MG
PET	MG	papéis	MG
Plásticos 2	MG	longa vida	G
Isopor	MG	Trapos	I
ALA	P	outros	G

Diversas observações podem ser feitas, baseando-se nestas informações e na experiência de campo. A primeira é que ficou notório nas visitas à CB12 que quase sempre havia papel e papelão nos sacos de varrição. Em compensação, raramente se via os mesmos no poço. Isto deve ter ocorrido porque o papel se desfaz no trajeto dos condutos, preservando-se somente quando envolto por alguma proteção, como um saco plástico.

A segunda, em um sentido contrário ao anterior, é que a quantidade de garrafas e demais embalagens tipo PET apareceram muito pouco nos sacos de varrição, bem como isopor e em menor grau as latas de refrigerante. A compensação, somente após precipitações fortes e/ou ativação mais acentuada das bombas, é que se viam garrafas PET em demasia.

Isto pode ser verificado ainda quando se coloca em ordem decrescente os tipos, baseando-se na participação na composição média em peso, em uma hierarquia dos tipos (Tabela 7.5). Na varrição, o tipo que está no topo é papéis, seguido de plásticos 1 e plásticos 2 e assim sucessivamente. No poço: plásticos 1, plásticos 2, PET e assim sucessivamente.

Tabela 7.5. Hierarquia dos tipos: varrição x poço

Tipo	Varrição	Poço
Plásticos 1	2	1
PET	6	3
Plásticos 2	3	2
vidro	5	7
papéis	1	10
longa vida	10	9
Isopor	9	5
Trapos	4	4
ALA	8	6
outros	7	8

Isto é equivalente a dizer: o tipo plásticos 1 passa de segundo colocado para primeiro na hierarquia, o tipo plásticos 2 de terceiro para segundo, o papel passa de primeiro para último, o PET passa de sexto colocado para terceiro, o isopor de nono para quinto, o ALA de oitavo para sexto. O tipo trapos permaneceu em quarto e o tipo outros desceu do sétimo para o oitavo. O tipo vidro caiu de quinto para sétimo.

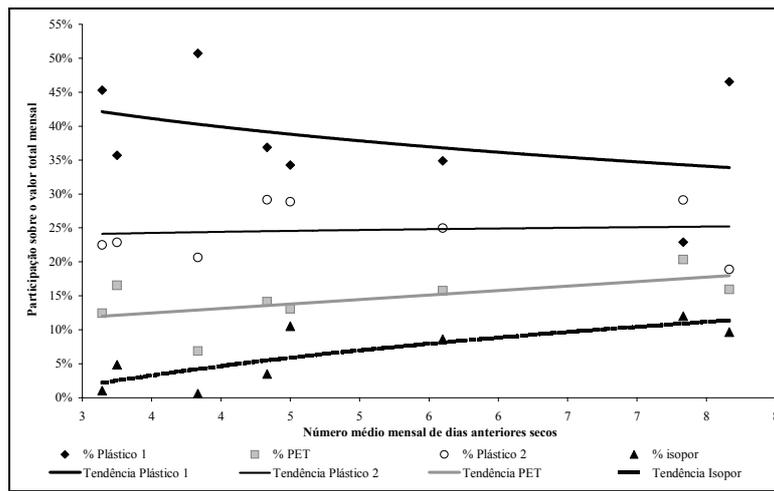
Boa parte subiu na hierarquia da participação na caracterização. Isto mais uma vez mostra que, em geral, alguns tipos tendem a se acumular na rede de drenagem até que venha uma onda de cheia e “limpe os condutos e canais”. Os papéis tendem a se desintegrarem nos condutos, sendo isto facilitado pelo fato de haver condutos em forma retangular próximo ao parque. Nas partes de maior declividade, por sua vez, é comum a construção de degraus, elementos geradores de pequenos ressaltos hidráulicos quando a lâmina não está alta, e cujos rolos formados retêm por um certo tempo as garrafas, os pedaços de isopor, etc.

Outras observações

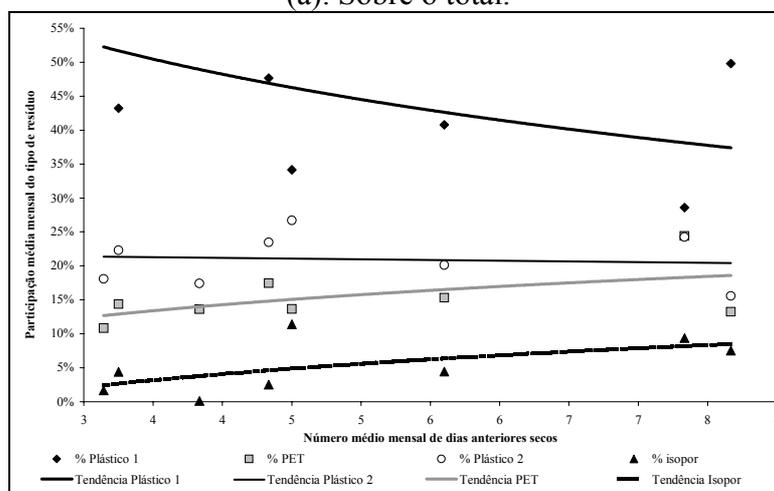
Importa agora verificar a relação da composição com o número de dias anteriores secos e com a chuva. A Figura 7.9 mostra as tendências da composição de quatro tipos de resíduo com o número médio mensal de dias anteriores secos. A primeira figura mostra a relação com a composição sobre o total mensal coletado e a segunda figura mostra a relação com a composição média mensal.

Nos dois casos, observam-se as seguintes tendências: o tipo plástico 2 praticamente não sofre influência, enquanto que o tipo plástico 1 tem uma tendência a decrescer com o número médio mensal de dias anteriores secos. Em detrimento disto, os tipos isopor e PET tendem a aumentar suas proporções. Em relação à chuva, as tendências não estão tão claras quanto no caso recém-analisado, quando se trata de precipitação total mensal e de precipitação média.

As visitas à CB12 mostraram a diferença existente entre dias com eventos chuvosos de baixa precipitação e dias com eventos mais intensos. Visivelmente as sacolas sempre se destacavam, tanto com pouca chuva quanto com muita chuva. As garrafas PET e os isopores, principalmente, apareciam nas maiores chuvas, bem como os demais plásticos, sendo estes mais comuns também em ocasiões mais rotineiras.



(a). Sobre o total.



(b). Média.

Figura 7.9. Composição em função do número médio de dias anteriores secos

A Tabela 7.6 marca as coletas (os dias) em que cada tipo de resíduo apareceu na composição do que foi pesado. Os tipos plásticos 1, PET e plástico 2 foram os que marcaram presença em quase todas as coletas. As frequências de cada tipo estão na

Tabela 7.7, ordenadas segundo os tipos de maior para os de menor frequência. O tipo plástico 1 apareceu 100 % das vezes. O tipo isopor apareceu 51% das vezes, sendo inferior ao tipo trapos que apareceu em 54% das vezes.

Tabela 7.6. Presença dos tipos de resíduo nas coletas no poço da casa de bombas

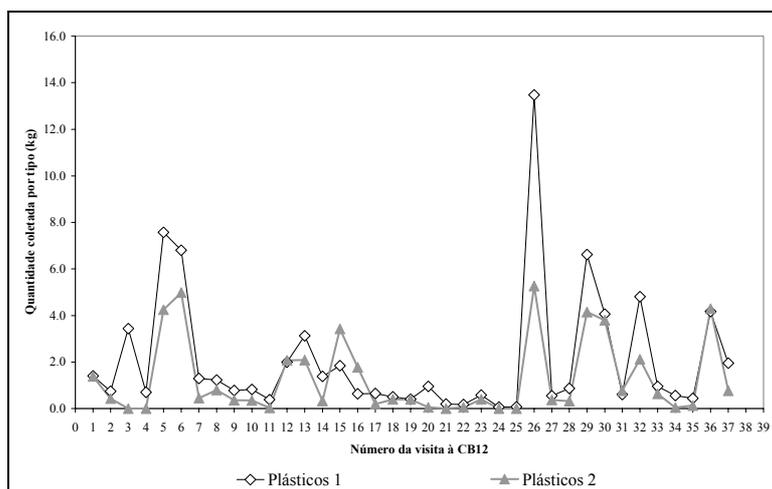
Resíduo	Número da coleta																		
	1	2	3	4	5	6	7	8	9	10	11	12	13	14	15	16	17	18	19
Plásticos 1																			
PET																			
Plásticos 2																			
Vidro																			
papéis																			
longa vida																			
Isopor																			
Trapos																			
Latas																			
Alumínio																			
outros																			
Resíduo	Número da coleta																		
	20	21	22	23	24	25	26	27	28	29	30	31	32	33	34	35	36	37	
Plásticos 1																			
PET																			
Plásticos 2																			
Vidro																			
papéis																			
longa vida																			
Isopor																			
Trapos																			
Latas																			
Alumínio																			
outros																			

Tabela 7.7. Frequência do tipo de resíduo nas coletas no poço da casa de bombas

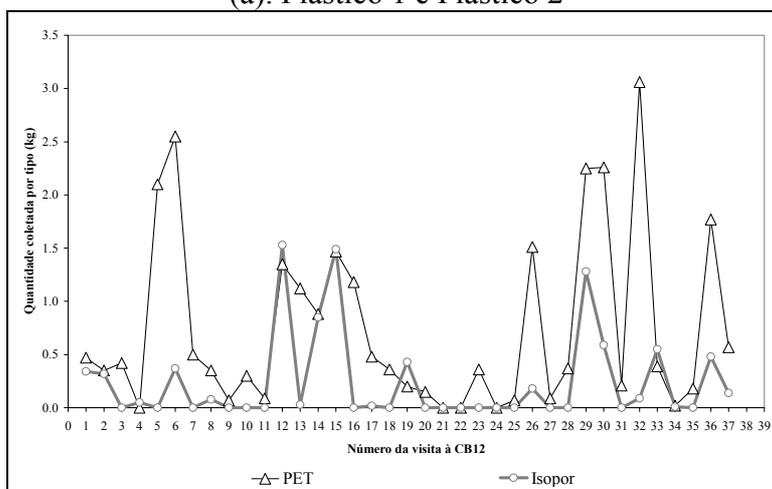
Tipo	Plásticos 1	PET	Plásticos 2	Trapos	Isopor	longa vida	papéis
Frequência	100%	89%	86%	54%	51%	41%	38%
Tipo	Alumínio	Latas	Vidro	outros			
Frequência	38%	35%	32%	32%			

A Figura 7.10 mostra a evolução, no decorrer das coletas, dos tipos de resíduo mais comentados até o momento. O tipo isopor, por exemplo, tem valores que se destacam nos dias 26/01/2003 (coleta de número 12 da Figura 7.10), 05/02/2003 (coleta de número 15) e 04/05/2003 (coleta de número 29). Todos estes números ocorreram por causa da chuva que ocorreu no mesmo dia ou em dias anteriores, segundo o observado nas visitas à CB12 e nos registros da chuva.

O tipo PET teve grande presença nos dias 12 (sexta-feira) e 15/12/2003 (segunda-feira) (números de coleta 5 e 6 Figura 7.10, respectivamente), quando houve muita precipitação. O mesmo pode ser visto em 04 (terça-feira) e 07/05/2004 (sexta-feira). No dia 22/05/2004 (sábado) (número de coleta 32 da Figura 7.10), o material chegou em grande quantidade porque choveu 4 dias seguidos e as bombas foram ligadas em todos estes dias, fazendo o material se acumular no poço.



(a). Plástico 1 e Plástico 2



(b). PET e isopor.

Figura 7.10. Presença em kg de quatro tipos de resíduos em todas as coletas

7.3.2. Lixo e precipitação

Neste item são mostradas algumas relações entre a precipitação e o lixo que atinge a CB12. Como foi visto anteriormente, a precipitação provavelmente explique mais a quantidade e os tipos que aparecem em determinado período do que a composição da varrição de maneira imediata, dado que o resíduo fica acumulado nas redes de drenagem até a ocorrência de um evento capaz de transportá-lo até o ponto de interesse.

Mais uma vez, foi retirado o resíduo do tipo MADT (madeiras e tocos), pelas mesmas explicações dadas no item anterior.

A demonstração é feita em sínteses semanais, quinzenais e mensais, em valores totais e médios, pois as coletas realizadas em uma determinada data nem sempre correspondem exatamente a uma determinada precipitação. Isto ocorre por causa do fato de que o ponto escolhido para a coleta foi o poço da CB12, cujas águas são recalçadas pelas bombas para o lago Guaíba.

Muitas vezes ocorriam precipitações em dois ou mais dias da mesma semana, mas a visita era realizada após estes dois dias, de modo que parte do resíduo veio na primeira chuva e parte veio na segunda chuva. Outras vezes, as bombas ligadas estimularam a vinda de um resíduo que tinha sido desagregado pela chuva de uma semana antes, mas não teria ainda chegado ao ponto, sem tais agentes.

Algumas chuvas puderam ser associadas a algumas quantidades, após conferência com um dos operadores das bombas, que informava quando tal resíduo tinha chegado. Após anotações no caderno de campo, as observações foram compiladas. Como exemplo, a Tabela 7.8 mostra as observações no início dos trabalhos. A tabela inteira encontra-se no Anexo C.

As relações entre os totais coletados no poço da CB12 e os totais precipitados em três intervalos de tempo: mensal, quinzenal e semanal estão na Figura 7.11. Observa-se que, apesar dos ajustes não tão bons, a tendência é sempre de uma relação crescente entre as duas variáveis, com o intervalo quinzenal tendo uma tendência um pouco mais próxima de uma linear.

No gráfico Mensal, observa-se um ponto mais acima da reta. Este ponto (163,3 mm; 78,7 kg) corresponde ao mês de maio, onde se varreu na seção sudeste 10% menos que a média do período. Já o ponto que está bem abaixo (139,1 mm; 8,45 kg)

corresponde ao mês de novembro, cuja média de varrição foi 15% maior que a média do período.

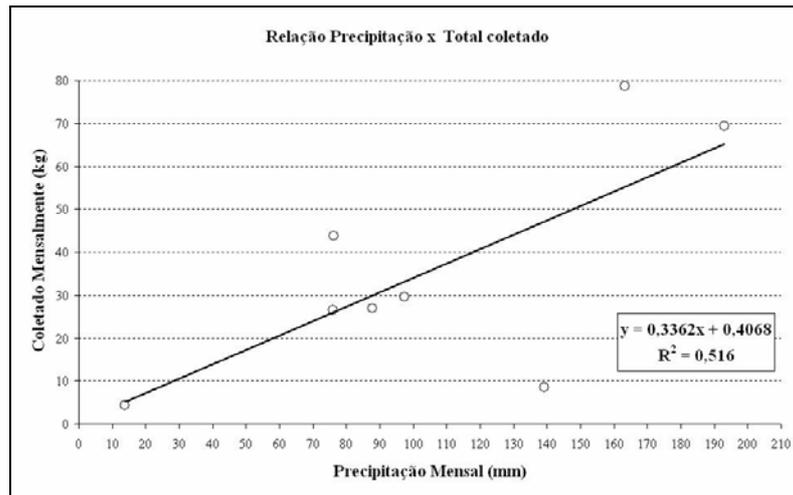
Tabela 7.8. Relação resíduo x demais variáveis explicativas

Data	Dia da semana	P diária (mm)	No de dias anteriores sem chuva	Pesado (kg)	Ligação de bombas (hh:mm)	observações
12/11/2003	quarta-feira	38,80	10		01:50	
13/11/2003	quinta-feira	3,10			00:25	Por causa das chuvas dos
14/11/2003	sexta-feira			4,04	00:15	dias 12 e 13
15/11/2003	sábado					
16/11/2003	domingo	6,90	2			Dia 17/11 choveu à tarde, logo
17/11/2003	segunda-feira	7,40		2,23	00:50	2,44 kg não veio no fim de semana.

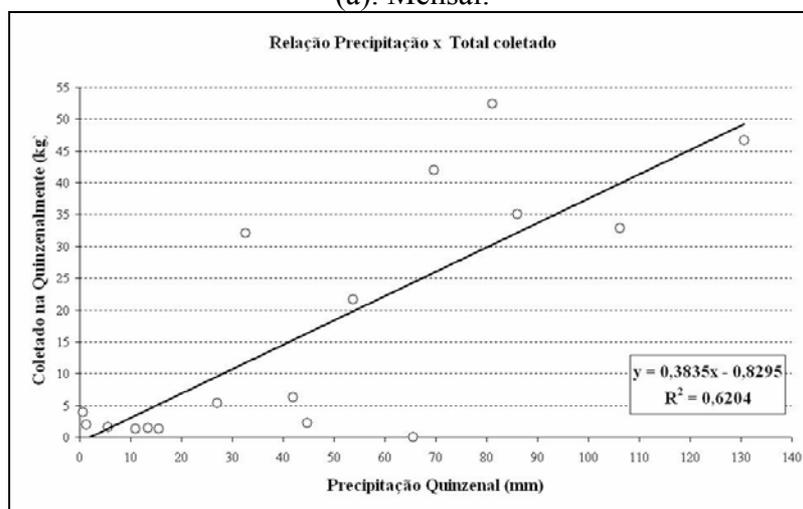
No gráfico quinzenal, podem ser vistos 3 pontos entre as precipitações 10 e 20 mm. Na quinzena do primeiro, varreu-se em média 22% menos que a média das quinzenas. Na do segundo ponto, varreu-se 7% a mais e na do terceiro ponto, 6% a menos. Quanto ao ponto mais acima (81,2 mm; 52,37 kg), na sua quinzena a varrição média foi 1% menor que a média das quinzenas. No ponto mais abaixo (65,5 mm; 0,0 kg), a varrição média foi 10% menor que a média das quinzenas.

No gráfico semanal, tomando-se o ponto (30,5 mm; 0,0 kg), na sua semana a varrição foi 18% maior que a média das semanas. Em outro ponto semelhante (20,8 mm; 0,0), a varrição média foi 3% maior que a média. No ponto (109,8 mm; 46,7 kg), a varrição média foi 26% menor que a média e no ponto (50 mm; 40,9kg), varrição média foi 18% maior que a médias das semanas.

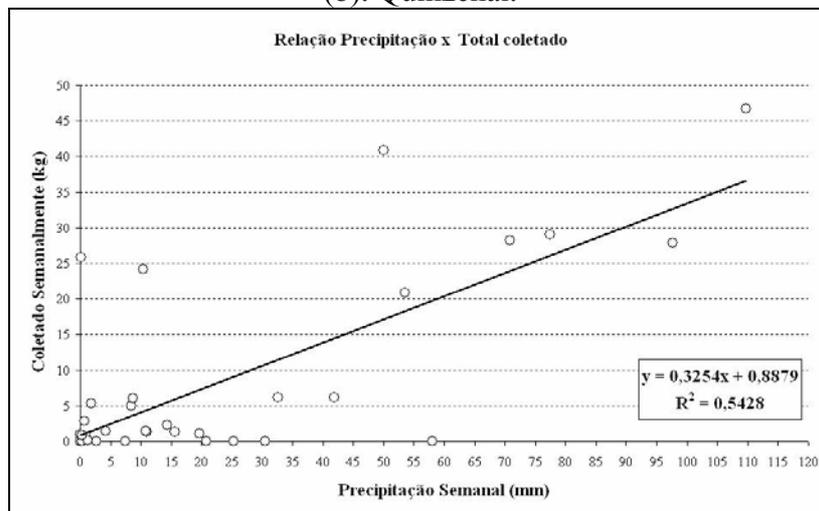
Enfim, em alguns casos, sobretudo no gráfico mensal, tem-se que, quanto mais varrição, menos se coleta no poço. Mais varrição significa mais dias com ruas sujas (mais pedestres e carros) e/ou mais dias secos. Logo, podem ser obtidas relações entre o número de dias secos ou o número de dias anteriores secos ou ainda o número médio de dias anteriores secos com os totais coletados no poço.



(a). Mensal.



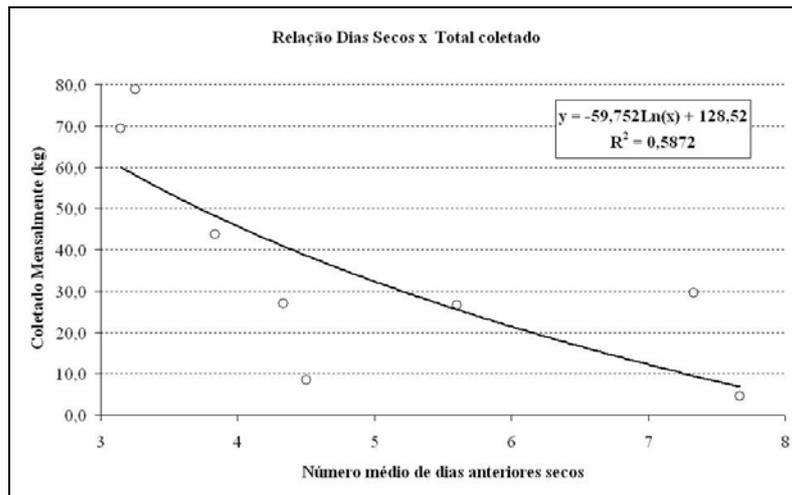
(b). Quinzenal.



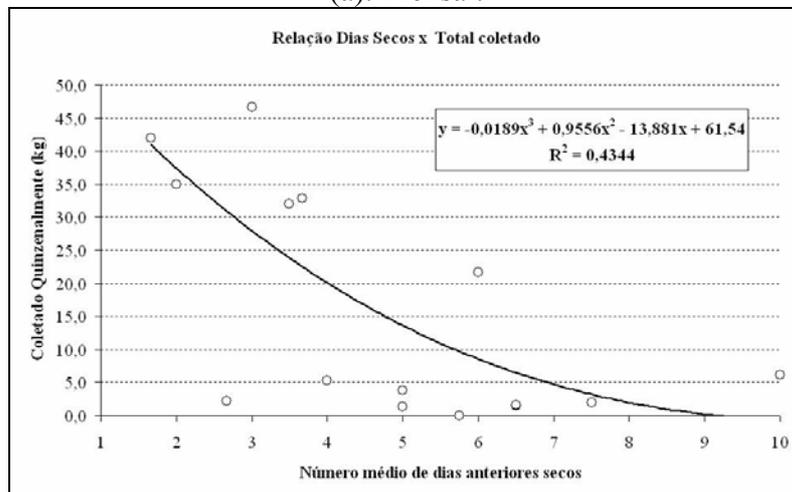
(c). Semanal.

Figura 7.11. Precipitação e total coletado no poço da casa de bombas

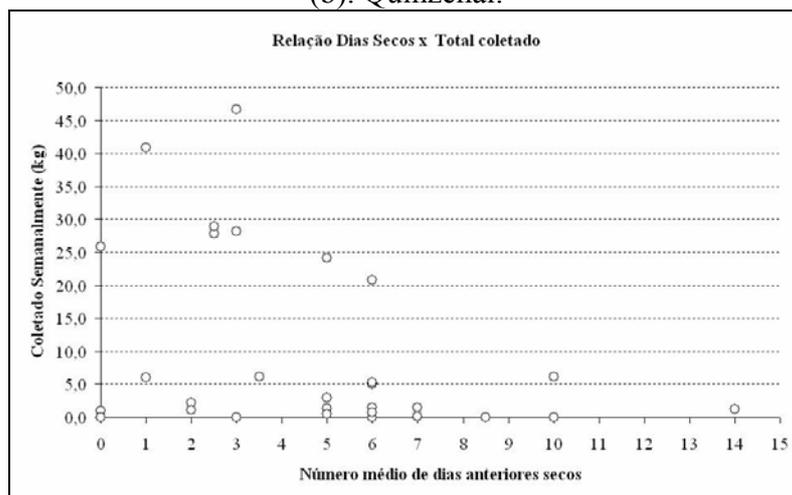
Em geral, os casos mostram que o aumento do número médio de dias anteriores secos significa menos coleta no poço (Figura 7.12). Esta relação é clara no intervalo mensal. O intervalo semanal não parece demonstrar correlação.



(a). Mensal.



(b). Quinzenal.



(c). Semanal.

Figura 7.12. Relação com o número médio de dias anteriores secos

7.4. Sedimentos que atingem a bacia de retenção

Como foi dito anteriormente, a construção da bacia de retenção foi decorrente das ampliações feitas na avenida Pe. Cacique. Na época do estudo e do ponto de vista hidráulico, a bacia estava funcionando razoavelmente bem, pois os operadores das bombas ligavam as mesmas sempre que o nível do reservatório atinge uma determinada cota, mesmo que não estivesse chovendo no momento. Havia, contudo um aporte constante de esgotos cloacais e de sedimentos, necessitando de manutenção contínua para diminuir a quantidade de aguapés, a possibilidade de redução acentuada do volume de amortecimento projetado e, por conseguinte, de amortecimento das vazões.

O DEP possui a divisão de conservação. Durante o desenvolvimento desta tese, as equipes não faziam limpezas preventivas nas redes, somente quando era feita a solicitação de moradores incomodados com os alagamentos. Um fato positivo mostra que a situação vem mudando: em janeiro de 2005, houve uma dragagem na bacia de retenção, apesar do acesso difícil ao fundo da mesma, pois este foi mantido com terreno original devido ao nível do lençol freático elevado.

No intuito de se estimar o aporte de sedimentos na bacia de retenção, foram realizadas batimetrias em três momentos: início de maio de 2004, fim de agosto de 2004 e fim de novembro de 2004. Estas batimetrias não coincidiram com o período de coletas de resíduos na CB12 por dois motivos: no final de 2003 não se conseguiu uma data razoável, bem como havia muita incerteza quanto ao processo metodológico da tese; não se realizou nos meses seguintes porque praticamente não choveu no início de 2004 a ponto de ser elevado o nível d'água no lago para a entrada do barco.

7.4.1. Volume do depósito

Nas batimetrias, as maiores profundidades se situaram em torno de 1,0 m. Foi adotada uma cota de referência de 97,1m, de modo que o volume de interesse corresponde aquele entre esta cota e o fundo do reservatório. Este volume diminui com a chegada de sedimentos, pois houve elevação do fundo.

Os resultados dos levantamentos na BR estão na Tabela 7.9. Nesta, estão as variações do volume no fundo do reservatório entre o início de maio e o final de agosto e entre este e o final de novembro. Pode-se dizer que entre as duas últimas batimetrias não houve mudança no fundo da BR. O total de volume reduzido foi de 1.296,9 m³. Em média, a redução no volume foi de 185,3 m³/mês no período de 7 meses.

Tabela 7.9. Variação de volume no fundo da bacia de retenção

Cota de Referência: 97,1 m		Início de Maio	Final de Agosto	Final de Novembro
A	Cota mais alta (m)	97,47	97,7	97,8
B	Cota mais baixa (m)	96,5	96,55	96,58
A-B	Profundidade máxima (m)	0,97	1,15	1,22
97,1-B	Profundidade de 97,1 - cota mais baixa (m)	0,6	0,55	0,52
Volume (m ³)		1.899,6	602,7	601,9
Diferença (%)		-	68,27	0,13

Levando-se em conta somente os quatro meses onde realmente houve transporte e deposição, tem-se o volume médio mensal de 324,2 m³/mês. TUCCI e COLLISCHONN (2000) recolheram alguns dados em bacias urbanas brasileiras, de diversas fontes. A Tabela 7.10 mostra estes quantitativos, fazendo uma transferência para a bacia hidrográfica contribuinte, de 1,54 km². Os dados têm uma ordem de grandeza semelhante aos valores médios obtidos no parágrafo anterior.

Tabela 7.10. Estimativas de material sólido na rede de drenagem em bacias urbanas brasileiras

Local	Tipo de estimativa	Volume m³/km²/ano
Rio Tietê em São Paulo	Material dragado	393
Tributários do rio Tietê em São Paulo	Material de fundo	1.400
Lagoa da Pampulha em Belo Horizonte	Assoreamento 57 a 94	2.436
Arroio Dilúvio em Porto Alegre	Material dragado	750
Bacia em estudo (média de 185,3 m ³ /mês)	Depósito em 7 meses	1.444

Adaptação: TUCCI e COLLISCHONN, 2000.

A diferença entre os dois períodos foi significativa. Provavelmente, a precipitação ocorrida após os primeiros quatro meses (a partir de maio) tenha sido suficiente para carrear o material acumulado na rede no período seco do início do ano. Provavelmente também, a quantidade de chuva ocorrida após agosto não tenha sido relevante para carrear mais material, já que isto ocorreu antes. Os totais mensais precipitados estão na Figura 7.13.

Outro fator é a intensidade de precipitação. Na Tabela 7.11 pode ser visto que intensidades maiores que 20 mm/h praticamente não ocorreram durante 2 meses. As chuvas do mês de maio podem então ter feito a diferença, carreando material. De junho a agosto ainda houve 9 ocorrências com intensidades maiores que 20 mm/h, sendo 7 delas maiores que 30 mm/h e 3 delas maiores que 50 mm/h.

Tabela 7.11. Ocorrências de alguns valores de intensidade de precipitação em 2004

Mês	Intensidade (mm/h)		
	>20	>30	>50
Janeiro	4	4	3
Fevereiro	6	6	4
Março	0	0	0
Abril	1	1	1
Mai	8	2	0
Junho	1	1	1
Julho	6	5	2
Agosto	2	1	0
Setembro	8	6	1

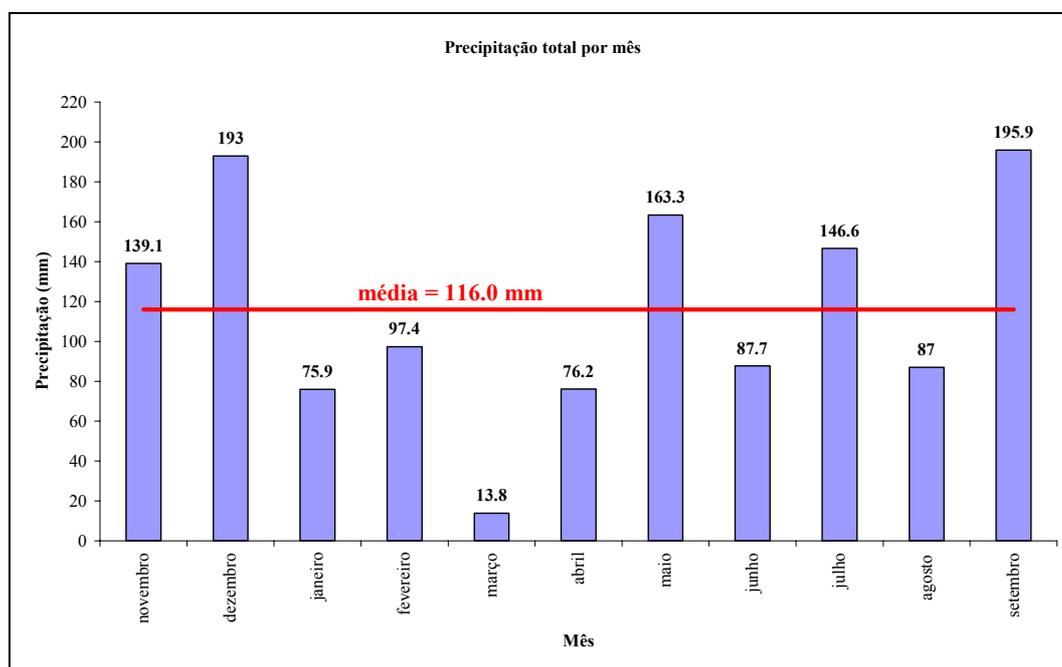


Figura 7.13. Total precipitado mensal: posto Cavalhada

7.4.2. Composição do material depositado no fundo

A Figura 7.14 mostra a curva granulométrica. A Tabela 7.12 mostra a porcentagem de cada tipo de material nas amostras. A areia predomina em todas elas. A

amostra sete foi perdida, para os diâmetros da pipetagem. A amostra quatro é a única que não acompanha o conjunto, contendo uma participação mais significativa de pedregulho. O ponto quatro pode ter pegado material maior por estar no limite do nível d'água, que neste dia estava um pouco acima da parte final do talvegue do reservatório. Há nesta parte pedras maiores, resultado ou de rolamento da parte no nível do terreno ou de resquícios da construção.

Tabela 7.12. Síntese da classificação, segundo AGU-Wentworth (ami – amostra i)

Classe Granulométrica	am1	am2	am3	am4	am5	am6	am8
pedregulho	0.0%	0.1%	0.4%	15.0%	0.0%	0.0%	0.1%
areia	83.4%	95.1%	94.6%	82.6%	93.8%	91.8%	92.1%
silte	11.8%	3.6%	4.1%	2.2%	5.3%	7.0%	5.9%
argila	4.8%	1.2%	1.0%	0.2%	0.9%	1.1%	2.0%

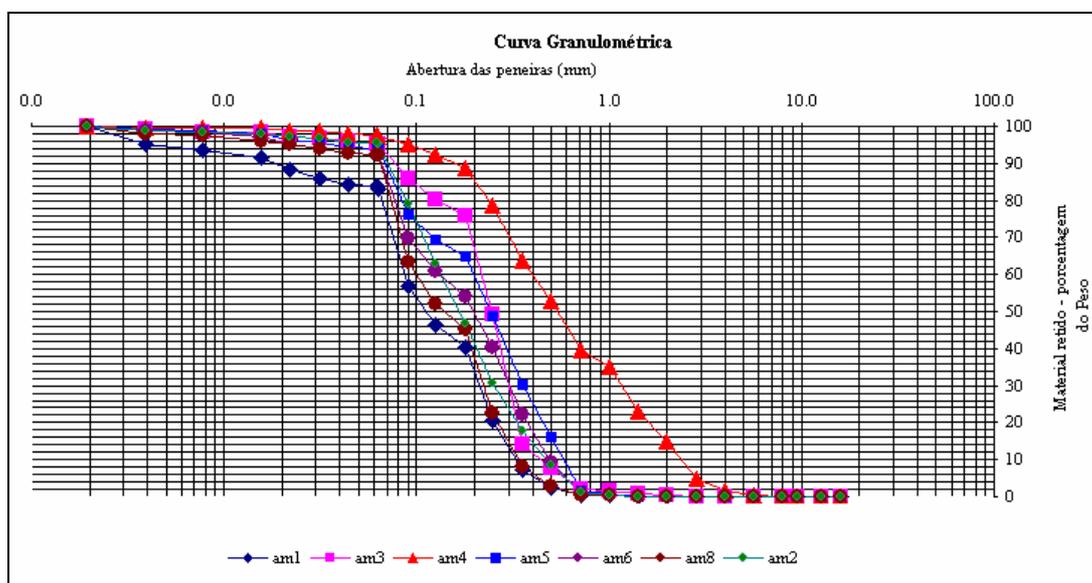


Figura 7.14. Curva granulométrica: amostras da bacia de retenção

Tabela 7.13. Alguns diâmetros característicos das curvas granulométricas das amostras

Amostra	Diâmetro característico							
	d25	d50	d60	d65	d67,5	d75	d80	d90
am1	0,234	0,113	0,087	0,082	0,079	0,071	0,066	0,019
am2	0,296	0,169	0,135	0,121	0,115	0,099	0,088	0,072
am3	0,323	0,248	0,222	0,209	0,202	0,182	0,127	0,078
am4	1,341	0,545	0,405	0,347	0,329	0,276	0,241	0,160
am5	0,409	0,245	0,201	0,177	0,146	0,097	0,084	0,069
am6	0,339	0,201	0,131	0,108	0,098	0,084	0,078	0,066
am8	0,243	0,140	0,100	0,089	0,086	0,079	0,075	0,065

7.4.3. Massa depositada: massa específica pela média ponderada da composição

O resultado está na Tabela 7.14. O valor médio de todo o período foi de 280,5 toneladas/mês.

Tabela 7.14. Massas específicas estimadas pela média ponderada: amostras da bacia de retenção

Amostra	massa específica (t/m ³)
am1	1,46
am2	1,53
am3	1,53
am4	1,54
am5	1,52
am6	1,51
am8	1,51
média	1,51

7.4.4. Massa depositada: massa específica pela granulometria e diâmetro d50

Os pesos específicos de cada amostra estão na Tabela 7.15, bem como a classificação na qual se enquadrou o d50 de cada uma delas.

Tabela 7.15. Massas específicas estimadas pelo diâmetro d50: amostras da bacia de retenção

amostra	d50 (mm)	classificação	massa específica (t/m ³)
am1	0,113	Areia muito fina	1,55
am2	0,169	Areia fina	1,55
am3	0,248	Areia fina	1,55
am4	0,545	Areia grossa	1,55
am5	0,245	Areia fina	1,55
am6	0,201	Areia fina	1,55
am8	0,140	Areia fina	1,55

Tomando o valor de 1,55 t/m³, as massas correspondentes aos dois volumes médios mensais calculados anteriormente são de 287,2 toneladas/mês e 502,5 toneladas/mês.

7.4.5. Retenção de sedimentos na bacia de retenção de vazões

Os valores obtidos, tanto no volume quanto na massa do depósito mostram dois aspectos: um potencialmente negativo e um positivo.

O aspecto potencialmente negativo diz respeito à redução da capacidade de volume projetado para reter água. Este impacto se torna efetivamente negativo se não houver manutenção.

O aspecto positivo diz respeito à retenção de sedimentos. Reter grande quantidade de sedimentos neste caso significa evitar que o mesmo atinja o Guaíba, principal manancial da cidade. Claro que a bacia de retenção age na consequência e não na fonte do problema, que é o solo desprotegido em parte da bacia.

7.5. Resumo do capítulo

Este capítulo mostrou que a carga de lixo na bacia hidrográfica estudada é pequena. Os resultados caracterizam uma bacia bem estruturada com coleta completa e, portanto, o resíduo se refere aos despejos nas ruas.

É interessante que o método seja aplicado em locais onde a disponibilidade de dados de varrição seja boa. Dados diários são importantes por terem a possibilidade de corresponderem a precipitações nulas ou muito baixas, mesmo na estação chuvosa. Entretanto, podem-se tentar intervalos diferentes, a cada 3 dias, 5 dias, uma semana talvez, dependendo do comportamento hidrológico do local e da rotina de pesagem do órgão responsável.

A quantificação direta foi realizada de uma maneira bem simples. Procurou-se corrigir incertezas inerentes ao local escolhido para estudo, que foi a bacia de retenção do parque Marinha do Brasil em Porto Alegre. Uma das maneiras de fazer isto foi a estimativa de uma eficiência no conjunto reservatório-grade-bomba. Contou-se com a ajuda dos zeladores da casa de bombas e as visitas eram realizadas, pelo menos duas vezes por semana. Os resultados são satisfatórios.

Os tipos de resíduos encontrados no poço da casa de bombas foram semelhantes aos encontrados nas ruas da bacia. A proporção de alguns tipos na composição muda provavelmente pelo comportamento no sistema. Por exemplo, o papel tem alta proporção nos sacos de varrição, mas se perdem no sistema de drenagem; o plástico PET não têm grandes participações nos sacos de varrição, mas se acumulam na rede, aparecendo quando da ocorrência de chuvas fortes. Sacolas, embalagens plásticas e outros sacos plásticos sempre estão presentes nos sacos de varrição e no ponto final da rede.

8. INDICADORES E COMPARAÇÕES

Este capítulo sintetiza os resultados obtidos na quantificação indireta e na quantificação direta, através de alguns indicadores.

8.1. Indicadores das características da bacia hidrográfica

A Tabela 8.1 mostra os indicadores gerais da bacia hidrográfica. Para determinar o quanto foi coletado de varrição, foram efetuados dois cálculos: o primeiro, tomando os dados de varrição da seção sudeste no período e transferindo para a bacia hidrográfica da mesma maneira que foi feito no capítulo 6 para DF. O segundo, tomando os valores médios das amostras de pesagem, mostrados no capítulo 5 (Tabela 5.5).

Tabela 8.1. Indicadores das características da bacia hidrográfica

Item	Indicador
Área da bacia	192 ha
População na bacia (2000)	13.019 hab
Densidade populacional	67,8 hab/ha
Uso do solo	42% residencial, 21% comercial e o restante praticamente sem habitação
Parcela da bacia na programação de varrição	0,956 km ² ou 49,8% da área
Densidade de ruas programadas para varrição	0,16 km/ha
Frequências de varrição	Uma vez por semana na maior parte da área residencial, dias alternados na menor parte da área residencial, diariamente na área comercial, quinzenalmente em dois trechos de duas avenidas.
Coleta Domiciliar no período de estudo	1.652 toneladas ou 135,8 kg·hab ⁻¹
Coleta Domiciliar no período de estudo	3,3 kg·hab ⁻¹

No primeiro caso, foi coletado 1.125.790 kg de varrição entre novembro de 2003 e junho de 2004, na seção sudeste. Como a área efetiva de varrição é de 146,5 ha, a massa específica é de 768,46 kg/ha no período considerado. Transfere-se este valor para a bacia hidrográfica, multiplicando-o pela área efetiva de varrição de 95,6 ha. O

resultado é 73.464,52 kg. Multiplicando este valor por 23%, estima-se o total de lixo de 16.896,84 kg.

Sabe-se do capítulo 5 que a população total da bacia hidrográfica foi estimada em 13.019 hab. Logo, a coleta per capita de lixo na varrição entre novembro de 2003 e junho de 2004, na bacia hidrográfica, foi de 1,30 kg/hab.

No segundo caso, sabe-se que na bacia hidrográfica a varrição é feita em parte na segunda-feira à noite, em parte nas segundas, quartas e quintas-feiras pelo dia, em parte diariamente e em parte quinzenalmente. De maneira bem simples, nos 243 dias do período estudado, houve cerca de: 16 quinzenas, 35 segundas-feiras, 104 conjuntos de 3 dias alternados. Sabe-se também do capítulo 5 que houve 8 saídas para a tomada de amostras da massa coletada. Juntando estas informações, é montada a Tabela 8.2.

O valor de 1.255 kg nos dias alternados foi obtido, retirando-se 545 kg do total do dia 03 de maio de 2004. Neste dia, tomou-se uma amostra de duas frequências diferentes: diária e dias alternados. Os demais valores são as médias das frequências iguais.

Tabela 8.2. Estimativa: varrição de lixo na bacia hidrográfica, no período estudado

Intervalo de tempo	Quantidade	Coleta média (kg)	Parcial (kg)
Dia	243	545	132.435
Quinzenas	16	540	8.640
segundas-feiras	35	848	29.680
Dias alternados (segunda, quarta e sexta)	104	1.255	130.520
Totais	Soma dos totais parciais		301.275,0
	Soma anterior . 0,23		69.293,25
	Total per capita (kg/hab)		5,3

Assim, têm-se duas estimativas: uma que traz as incertezas devido à transferência entre a seção sudeste e a bacia hidrográfica e outra que traz as incertezas devido ao número muito reduzido de amostras. Adotou-se a média das duas: 3,3 kg/hab de varrição de lixo coletada na bacia hidrográfica, no período entre novembro de 2003 e junho de 2004.

8.2. Indicadores de produção e eficiência de limpeza

Primeiramente é estimada a quantidade de resíduo que atinge o sistema de drenagem, e deste, a quantidade que atinge o exutório. Depois, é realizado um balanço de massa.

Comparação método indireto e método direto

No capítulo 6, os valores estimados de lixo, entre novembro de 2003 e junho de 2004 foram obtidos com os dados de chuva diária e varrição diária. A partir destes dados, atingiu-se um determinado valor de DF, conforme proposto na fundamentação metodológica do capítulo 4. De DF, considerou-se somente a parcela de 23%, resultado da caracterização de vários sacos de varrição, verificando-se que, nos mesmos, a composição média de 23% corresponde ao que se considera lixo.

O procedimento testado tomou os dados em kg e determinou o valor de DF para a seção sudeste. Depois, para esta seção, determinou-se DF específica em kg/km², utilizando-a logo em seguida na transferência para a bacia hidrográfica. Este procedimento resultou em 940 kg, ou seja, o valor de 288 kg da medição direta é cerca de 30,6% do valor do método indireto. Esta diferença pode ser atribuída à várias causas, mas também pode ser atribuída ao fato de que parte do volume é retido no sistema de drenagem e outra parte é diluída.

Neste caso, pode-se esperar que a carga total que atinge a saída da bacia corresponda a 30,6% do que não é coletado, por causa da chuva. O valor de DF é uma referência para o valor real obtido com a medição direta e todos estes possibilitam realizar um balanço de massa de modo e se verificar a eficiência dos serviços de limpeza urbana.

Para obter DF, foram utilizadas as áreas efetivamente varridas, pois nas regiões onde os serviços de limpeza são programados sempre ocorrem espaços sem ocupação ou trânsito de veículos e pessoas, onde é desnecessária a presença de equipes de varrição.

Na seção sudeste, esta área praticamente não mudou no período de análise, ficando em torno de 14,65 km² (correspondente a 31% da área total antiga de 47,3 km² e 60,5% da área total nova de 24,2 km²). Na bacia hidrográfica, a área efetiva de varrição é de 0,956 km² (correspondente a 49,8% da área total da bacia).

Os resultados são colocados novamente na Tabela 8.3, comparando a massa calculada pelos métodos e a massa obtida pela medição direta.

Quando se aplicou o método 2, onde se leva em conta o cálculo de incerteza, o coeficiente de variação da distribuição amostral dos valores esperados de carga foi baixo. O intervalo de confiança para o nível de confiança de 95% fornece: $DF = 940 \pm 34$ kg.

Tabela 8.3. Estimativa na bacia hidrográfica: entre novembro de 2003 e junho de 2004

Método	Transferência por massa específica	Massa de lixo na bacia (kg)
1	multiplicar DF específico da seção sudeste por 0,956 km ² .	491
2		491 ± 22 (cv = 4,6%)
1 – fim de semana	multiplicar DFDS específico da seção sudeste por 0,956 km ² .	451
2 – fim de semana		450 ± 12 (cv = 1,3%)
Indireto	final de semana + demais dias da semana	940 ± 34
Direto		288

Tanto o método indireto quanto o método direto fornecem valores próximos do que foi encontrado na literatura, ou seja, nos 8 meses de estudo, o método direto tem como resultado 1,5 kg/ha; o método indireto, 4,9 kg/ha. Em Auckland, o resultado foi de 2,76 kg·ha⁻¹·ano⁻¹ e em Melbourne, 6 kg·ha⁻¹·ano⁻¹. Nestes locais, os serviços estão presentes. Os resultados da África do Sul são diferentes, pois retratam bacias com mais deficiências.

Balanço de massa

O total de 288 kg que atingiu o poço da casa de bombas, entre novembro de 2003 e junho de 2004, corresponde a 1,74% do total coletado pelo caminhão de coleta domiciliar no mesmo período, estimando também a coleta seletiva.

Com os dados acima, pode ser obtida cada parcela de lixo da seguinte maneira: 940 kg pode ser entendido como o que se deixa de coletar e que pode ou não ir para o sistema de drenagem. Pela medição direta, 288 kg atingiu a drenagem, restando 652 kg nas ruas ou dentro da rede.

O total de lixo produzido é a soma do que é coletado nos domicílios, mais o que é coletado na varrição, mais o que se deixa de coletar. O balanço de massa está na

Tabela 8.4 e que o serviço de limpeza urbana deixou de coletar 2,1% do total de lixo produzido pela varrição e isto equivale a 70 g/hab no período de 8 meses de estudo. Extrapolando para o intervalo de tempo anual, 105 g/hab. Dessa forma, dos 105 g/hab anuais, 73 g/hab (69,4%) ficam nas ruas ou na rede de drenagem e 32 g/hab (30,6%) atingem o exutório da bacia.

Tabela 8.4. Balanço per capita no período de estudo e extrapolado para um ano

Origem/Destino	Valores no período de estudo (kg/hab)	Valores Anuais (kg/hab)	%
Total de lixo produzido	139,15	208,73	100,00
Total coletado pela coleta domiciliar	135,77	203,66	97,57
Total coletado pela varrição	3,31	4,97	2,38
Deixa-se de coletar	0,07	0,11	0,05
Do que se deixa de coletar	Valores no período de estudo (kg/hab)	Valores Anuais (kg/hab)	%
Fica nas ruas e na rede de drenagem	0,05	0,08	69,39
Sai na rede de drenagem	0,02	0,03	30,61
Em relação à coleta domiciliar	Valores no período de estudo (kg/hab)	Valores Anuais (kg/hab)	%
Deixa-se de coletar	0,07	0,11	0,05
Fica nas ruas e na rede de drenagem	0,05	0,08	0,04
Sai na rede de drenagem	0,02	0,03	0,02

8.3. Comparação com os métodos indiretos estrangeiros

A Tabela 8.5 compara os métodos estrangeiros com o resultado da medição direta, no período de estudo. Vê-se que o método da Austrália permite um ajuste para diminuir a discrepância que ocorre quando são utilizados os parâmetros de Melbourne. O método da África do Sul também utiliza valores pré-estabelecidos e os resultados se tornam muito diferentes. O métodos americano não foi aplicado a esta bacia hidrográfica.

Tabela 8.5. Comparação dos métodos estrangeiros com a medição direta

Método		Carga em 8 meses (kg)	Método/Medição Direta
África do Sul	densidade de 95 kg/m ³	3.053	10,6
	densidade de 168,63 kg/m ³	5.419	18,8
Austrália	fator de ajuste de 100 %	998	3,5
	fator de ajuste de 28,85 %	288	1,0
Método proposto nesta pesquisa		940	3,3
Medida Direta		288	

8.4. Os métodos indiretos e os sedimentos

O método indireto proposto nesta tese não tem a intenção de estimar a carga de sedimentos. Existem maneiras de fazer o mesmo consolidadas na literatura específica e que levam em conta vários fatores. O transporte destes é mais complexo do que o de lixo. Outro aspecto é que, mesmo com as ruas bem varridas, ainda se costuma deixar sedimentos pelo caminho; estes mais tarde entram nas bocas-de-lobo ou se fixam no local.

Com o lixo, basta uma chuva um pouco mais intensa que o normal para transportá-lo. Vale destacar também que o período de batimetria não correspondeu ao das coletas de resíduos na casa de bombas e este período pode ter sido atípico com relação ao clima.

No início deste capítulo, viu-se que o total drenado ao exutório da bacia hidrográfica pode ser determinado por: $T_d = T_{dSed} + T_{dFlu}$. Estes dois termos podem ser obtidos a partir do que foi quantificado diretamente, dividido pela eficiência de retenção, ou seja: $T_{dSed} = T_{dmedidoSed}/efSed$ e $T_{dFlu} = T_{dmedidoFlu}/efFlu$.

Para o caso do lixo, a eficiência de retenção estimada foi de 68%, o que resultou em 288 kg ou 1,50 kg/ha, no período de estudo. A composição média foi: 77,2% de plásticos, 10,0% de trapos, 4,5% de isopor e o restante de 8,3% composto de vidro, embalagem longa vida, papéis, latas, alumínio, entre outros.

Para o caso dos sedimentos, o total depositado no reservatório, em 7 meses, foi de cerca de 1.987 toneladas, equivalente a $22,12 \text{ t ha}^{-1} \text{ ano}^{-1}$ de sedimentos depositados. A eficiência não foi estimada. A composição estudada a partir do material do fundo revelou que os sedimentos são compostos, praticamente, de areia.

Dessa forma, o total é praticamente composto de sedimentos, cuja carga anual corresponde a pelo menos 99,987% (3406,48 toneladas/ano), dependendo do valor da

eficiência de retenção destes na bacia de retenção. O total de lixo anual é de 0,43 toneladas/ano ou $2,25 \text{ kg}\cdot\text{ha}^{-1}\cdot\text{ano}^{-1}$, da mesma ordem de grandeza dos resultados da Austrália.

9. CONCLUSÕES E RECOMENDAÇÕES

9.1. Conclusões

Os objetivos desta pesquisa foram: quantificação dos resíduos sólidos em uma bacia urbana através de dois métodos: indireto e direto. O estudo de caso foi desenvolvido na cidade de Porto Alegre-RS, na bacia hidrográfica que drena a água para a casa de bombas de número 12, no parque Marinha do Brasil.

9.1.1. Resumo das características da bacia

A bacia escolhida para o estudo é mista quanto ao uso do solo; em seus 1,92 km², há uma região comercial que abrange cerca de 21% da área total da bacia e é composta de duas das principais da cidade: a avenida Pe. Cacique que é uma ligação do centro com a zona sul de Porto Alegre e a avenida José de Alencar, que liga outros bairros à região da bacia e, por consequência, liga também à zona sul, pois esta avenida termina na primeira. Há também uma parte residencial nas ruas interiores, abrangendo cerca de 42% da bacia e uma parte ainda não ocupada.

A bacia é bastante íngreme nas cabeceiras e plana perto do parque Marinha do Brasil. Ela foi dividida em 6 subbacias: José de Alencar, Barão do Cerro Largo, Monroe, Asilo, FEBEM e CB12. Esta última sub-bacia é a única que drena diretamente para a casa de bombas de número 12, do sistema de proteção contra enchentes de Porto Alegre. As demais sub-bacias conduzem as águas primeiro para a bacia de retenção do parque.

Na bacia hidrográfica há coleta domiciliar, coleta seletiva e varrição que abrangem praticamente toda a sua área. Na maior parte da bacia (71%), o serviço de varrição fica a cargo das equipes da seção sudeste do DMLU, que o realiza uma vez por semana no bairro Santa Teresa (o de maior área dentro da bacia); segundas, quartas e sextas no bairro Menino Deus; e diariamente nas avenidas principais. Um pequeno pedaço da bacia fica sob responsabilidade das equipes da seção cruzeiro e a frequência é quinzenal.

Na bacia hidrográfica não há pontos com despejos clandestinos de resíduos sólidos domiciliares. Contudo, por haver avenidas importantes com vários pontos de parada de ônibus, comércio, carros transitando da zona sul para o centro da cidade, há uma maior possibilidade de serem vistos resíduos nas sarjetas como papéis de jornal,

informes e panfletos, latas de refrigerante e garrafas PET, copos de plástico, sacos plásticos, entre outros. Isto é recolhido pela varrição.

Quanto à limpeza e desobstrução de redes, é função da seção leste do departamento de esgotos pluviais. Até a época da execução desta pesquisa, este serviço era acionado somente após solicitação de moradores incomodados com o acúmulo de água nas ruas. Contudo, na época já começava a haver uma crescente e positiva preocupação em se realizar limpeza preventiva antes do verão. Nesta época, as bocas-de-lobo que margeiam o parque se mostraram bastante obstruídas.

Na rede de drenagem pluvial da bacia, destacam-se o canal que recebe água da avenida José de Alencar, aberto e que corta o parque; e a bacia de retenção, construída porque a casa de bombas não suportaria o acréscimo de vazão proveniente da ampliação da rede de montante, sobretudo da parte concernentes às avenidas Pe. Cacique e José de Alencar.

9.1.2. Método indireto

A aplicação dos métodos indiretos mostrou que é possível utilizar os dados de varrição para a estimação do total de resíduos sólidos na drenagem urbana. Os métodos já existentes utilizam este tipo de dados, juntamente com a chuva diária, para a determinação das cargas, contudo possuem parâmetros pré-estabelecidos pelas suas realidades.

A formulação utilizando os valores esperados dos dois grupos formados tornou os métodos indiretos simples, principalmente porque os grupos tiveram uma distribuição aproximadamente normal, onde o valor esperado é a média aritmética simples dos valores.

O método 2 avalia a incerteza nos valores esperados de DF. A geração de valores negativos após o ajuste dos grupos, apesar de sem significado físico, serviu de compensação aos valores positivos para que o resultado preservasse o valor da média semelhante ao resultado do método 1.

A formulação proposta impõe que seja realizada uma verificação dos dados antes da aplicação: a média do grupo representativo dos dias secos deve ser maior que a média do grupo dos dias chuvosos. Importa também retirar dos dados fatores que possam provocar tendência nos resultados. Por exemplo, é necessário verificar se a redução na varrição em um determinado dia sempre ocorre ou não. Se for o caso, certamente a precipitação não será variável explicativa.

Os dados de varrição embutem não somente o lixo, mas também sedimentos e vegetação. Assim, o valor de DF deve ser multiplicado por um fator, vindo da caracterização dos sacos de varrição. No caso da aplicação desta tese, este fator foi 0,23, correspondente à composição média das amostras de toda a bacia hidrográfica.

Resumindo o procedimento adotado: os valores estimados de lixo, entre novembro de 2003 e junho de 2004 foram obtidos com os dados de chuva diária e varrição diária. A partir destes dados, atingiu-se um determinado valor de DF. Deste, considerou-se somente a parcela de 23%, admitindo ser esta representativa da bacia hidrográfica.

Este procedimento resultou em 940 kg e representa um valor potencial de carga. Admitiu-se então que este valor também representa o total que não é coletado pelos serviços de coleta e limpeza urbana e que, deste total, 288 kg ou 30,6% atinge o exutório da bacia hidrográfica.

Ou seja, a diferença entre o método indireto e o método direto pode ser atribuída não somente à incerteza dos métodos, mas também ao fato de que parte do volume é retido no sistema de drenagem e outra parte é diluída. Neste caso, pode-se esperar que a carga total que atinge a saída da bacia corresponda a 30,6% do que não é coletado, por causa da chuva. O valor de DF é uma referência para o valor real obtido com a medição direta.

O que fica de interessante também é que a suposição, na formulação do capítulo 4, de que a diferença de armazenamento é muito menor que a entrada e que a saída dos resíduos na bacia hidrográfica, pode não estar correta. Isto significa que um outro método mais apurado pode ser obtido, levando-se em conta o armazenamento. Para consolidações futuras deste fato, devem-se fazer estimações de armazenamento dentro da rede.

O balanço de massa mostrou que o serviço de limpeza urbana deixou de coletar 2,1% do total de lixo produzido e isto equivale a 70 g/hab no período de 8 meses de estudo. Extrapolando para o intervalo de tempo anual, 105 g/hab. Dessa forma, dos 105 g/hab anuais, 73 g/hab (69,39%) fica nas ruas ou na rede de drenagem e 32 g/hab (30,61%) atinge o exutório da bacia.

O procedimento testado determinou o valor de DF para a seção sudeste. Depois, utilizou-se a massa específica na transferência para a bacia hidrográfica. Isto foi facilitado pelo fato de que a área efetivamente varrida na seção sudeste praticamente não mudou no período de análise, ficando em torno de 14,65 km². Na bacia

hidrográfica, a área efetiva de varrição é de 0,956 km² e a área restante praticamente não contém residências nem focos de despejo. Isto significa que a transferência ocorre de área efetivamente varrida para área efetivamente varrida, não se levando em conta as áreas que porventura tenham falhas dos serviços na seção sudeste. Consequentemente, não foi necessária a estimativa de quanto estas áreas com falhas contribuem com a rede de drenagem.

Tanto o método indireto quanto o método direto forneceram valores próximos do que foi encontrado na literatura, ou seja, nos 8 meses de estudo, o método direto tem como resultado 2,25 kg·ha⁻¹·ano⁻¹; o método indireto, 7,35 kg·ha⁻¹·ano⁻¹. Em Auckland, o resultado foi de 2,76 kg·ha⁻¹·ano⁻¹ e em Melbourne, 6 kg·ha⁻¹·ano⁻¹. Nestes locais, os serviços estão presentes. Os resultados da África do Sul são diferentes, pois retratam bacias com mais deficiências.

Não se pode ainda concluir nada sobre a eficiência do método indireto proposto nesta tese em uma bacia onde os serviços de limpeza urbana são muito deficientes, onde as pessoas jogam diretamente nos canais abertos o lixo, onde não há vias de entrada fáceis dos serviços. Nestes casos, outros tipos de dados têm que ser trabalhados, como o de resíduo domiciliar, e não somente dados de varrição. Já há resultados parciais de pesquisas em quantificação direta e caracterização em uma área deste tipo (JAWOROWSKI et al., 2005), onde se observa pequenas quantidades de resíduos do tipo PET e alumínio, provavelmente por causa do valor comercial destes tipos.

Os métodos estrangeiros trabalham com parâmetros obtidos às realidades locais dos países de origem. O método da África do Sul forneceu valores muito altos de carga, enquanto o método da Austrália tem a possibilidade de adaptação melhor resolvida por causa de um fator de limpeza urbana. O valor encontrado neste método foi de 998 kg no método da Austrália é cerca de 3,5 vezes maior que o encontrado na quantificação direta.

9.1.3. Método direto

A relação precipitação x resíduos mostrou que há a tendência de uma relação crescente entre as duas variáveis, sendo o intervalo quinzenal com uma tendência próxima da linear. Em geral, observou-se que o número médio de dias anteriores secos mais alto significa coleta mais baixa no poço da casa de bombas, sobretudo no intervalo mensal. Com o valor quinzenal o resultado é semelhante, mas no intervalo semanal a relação não é evidente.

A comparação entre as composições dos resíduos da varrição e do poço mostraram que o papel, que ocorre com frequência nos sacos de varrição, praticamente não aparece no exutório da bacia hidrográfica. Outros materiais como as garrafas PET não aparecem tanto nos sacos de varrição, mas aparecem bastante no ponto de interesse, quando da ocorrência de chuvas fortes ou acionamento prolongado das bombas.

Alguns tipos têm a tendência de diminuir a participação relativa na composição com o aumento do número médio dos dias anteriores secos. Contudo, estão sempre presentes. Este é o caso do tipo plásticos 1, que são as sacolas de supermercado, sacos de salgadinhos, entre outros.

Os tipos isopor e PET tendem a aumentar suas proporções. Estes tipos aparecem mais com as maiores chuvas, bem como os demais plásticos, sendo estes comuns também em ocasiões mais rotineiras. Não foi notada influência no tipo plástico 2. Em relação à chuva, as tendências não estão tão claras quanto com o número médio mensal de dias anteriores secos, quando se trata de precipitação total mensal e de precipitação média.

O fato de haver um serviço de limpeza do próprio DEP e a disponibilidade e interesse deste órgão em aceitar a pesquisa em um dos seus equipamentos, facilitou bastante a execução do recolhimento e das pesagens do resíduo. Os zeladores colaboraram sempre. A pesquisa pôde ser desenvolvida em linhas de ação paralela, como a busca de dados de varrição no DMLU, pesquisa sobre os serviços de varrição na bacia hidrográfica como o acompanhamento dos serviços de limpeza e recolhimento de sacos provenientes da limpeza e transporte até a estação de transbordo.

Este fato vem ao encontro da tendência do chamado gerenciamento integrado dos problemas urbanos. Quando um órgão público se interessa por este tipo de pesquisa, ele se expõe, mas também ganha, pois obtém subsídios para tomadas de decisões na sua gestão e na gestão de seu sistema. No caso do sistema de drenagem, o DEP reconhece o problema na drenagem e o DMLU reconhece que o gerenciamento integrado do lixo tem que abranger o “lixo poluente dos recursos hídricos”.

9.1.4. Produção de sedimentos

A quantificação dos sedimentos produzidos na bacia hidrográfica não foi realizada, pois o objetivo central sempre foi o lixo. Contudo, foi possível realizar a determinação do volume do depósito. Este volume mostrou que a estimativa da produção de sedimentos pode revelar grandes quantidades.

É possível que a origem deste sedimento seja a sub-bacia FEBEM. Lá, há uma parcela significativa de solo descoberto; funcionários da seção de conservação do DEP informaram que sempre é retirada grande quantidade de material quando há limpeza da caixa de areia na FASE. Isto não foi verificado nesta pesquisa, mas observou-se que muito sedimento fica acumulado em bocas-de-lobo perto do parque, por dois motivos: a configuração da bacia possibilita isto, já que a área na parte plana da bacia, contígua à uma parte bastante íngreme e também pelo fato de haver limpeza somente quando há solicitação dos residentes prejudicados por enchentes, o que não ocorre vizinho ao parque, pois não há quem solicite os serviços.

Em se tratando destes problemas, o DEP já percebeu a necessidade de limpezas preventivas, pois sempre ocorrem nos mesmos locais. Como foi visto no capítulo 5, os locais onde há mais solicitações de limpeza de bocas-de-lobo e redes estão justamente na parte mais plana, nas avenidas mais movimentadas. Funcionários do DEP informaram que algumas bocas-de-lobo foram limpas no ano de 2004, por exemplo, mesmo sem a solicitação de moradores; também, na seção leste, verificou-se a preocupação de se fazer uma contagem destas solicitações no intuito de planejar a limpeza.

Em janeiro de 2005, o DEP realizou serviços de dragagem na bacia de retenção, retirando bastante sedimento e aguapés, aumentando assim o volume útil do reservatório. Cabe destacar que o reservatório acaba por ser uma medida de controle estrutural do aporte de sedimentos.

Tudo isto é positivo e este caminho deve ser seguido, pois é de interesse da prefeitura implantar o preconizado no Plano Diretor de Drenagem Urbana e para isto a população tem que ter a certeza de que bacias de retenção que serão instaladas deverão ter limpeza sistemática, bem como melhorar a limpeza dos equipamentos tradicionais de condução das águas.

Caracterização da varrição

A caracterização dos sacos de varrição mostrou que os plásticos e os papéis foram os tipos mais presentes nas amostras. Notou-se a predominância de plásticos, vidro e ALA (Aço, Latas e Alumínio) nas áreas onde a frequência de varrição é diária. Percebeu-se também mudança entre as campanhas, já que os meses da primeira campanha são mais quentes, propiciando o uso mais intensivo de materiais descartáveis como copos e garrafas de refrigerante, latas de alumínio de refrigerante e cervejas, etc.

Já o tipo Plásticos 1 pode não ter sofrido variações por causa do fato de o mesmo conter, em sua maior parte, sacolas de supermercado, cuja variação no ano não parece ser significativa em se tratando de consumo. Mostrou-se que, tanto o PET quanto o vidro e o tipo ALA obtiveram reduções mais acentuadas, entre uma campanha e outra, nas áreas de frequência diária. O isopor apresentou graus elevados de redução em todas as frequências, exceto na menor frequência, onde ocorreu um aumento da presença deste tipo de resíduo.

9.2. Recomendações

Quanto à quantificação direta, é importante verificar a influência do escoamento superficial no transporte da parte flutuante dos resíduos sólidos, instalando medidores de nível e realizando medições de vazão. Cabe lembrar que há a remanso devido ao reservatório. Talvez o mais interessante seja tomar a sub-bacia José de Alencar e estudá-la separadamente. Pode-se dizer que ela é representativa do uso do solo comercial.

A vazão proveniente desta sub-bacia deve ser medida no canal aberto e uma armadilha para resíduos sólidos instalada já dentro do reservatório, em um arranjo possivelmente diferente, tanto para vazões baixas (como telas perpendiculares ao sentido do escoamento até o nível que em geral se encontra a água no reservatório) quanto para vazões altas (bóias e/ou telas que desviam o escoamento para as margens do reservatório, mas não provocam o remanso na cheia).

Dessa forma, ter-se-á uma análise correta da influência da vazão de saída (acionamento das bombas) e quais são realmente os valores de precipitação, em conjunção com as vazões de chegada, que provocam a vinda do resíduo. Também pode-se verificar se há o conceito de *first flush* para o lixo.

É interessante que se façam coletas de amostra de água para análises, buscando verificar o que a bacia hidrográfica aporta e qual é a influência do reservatório nos parâmetros. Em se tratando dos sedimentos, é interessante a coleta de amostras nas ruas, de modo a se buscar a fonte dos mesmos, e serem realizadas análises de granulometria. Importa, inclusive, analisar os elementos poluidores que os sedimentos finos transportam. Trabalhos neste sentido já começam a aparecer, como em Santa Maria-RS (DOTTO et al., 2005).

A medição de sedimentos em suspensão é de suma importância, bem como os de fundo, juntamente com as medições de vazão. É interessante fazer isto em um ano inteiro, pelo menos.

Quanto às caracterizações, nas próximas pesquisas os tipos estudados podem ser sintetizados em plásticos, PET, vidro, isopor e trapos, já que a ênfase deverá ser dada na correlação possível: variáveis hidrológicas x resíduos.

9.2.1. Programa de caracterização em bacias hidrográficas urbanas

A caracterização dos resíduos das ruas é muito importante. Recomenda-se que seja instalado um programa de caracterização em toda a cidade. Os resultados aqui mostrados são ainda incipientes, mas detectaram a influência do local e dos serviços nos tipos de resíduos presentes nos sacos.

Uma campanha na bacia hidrográfica estudada amostrou 25 sacos em pontos espalhados. Então, o número de sacos por km² foi de, aproximadamente, 13. Em uma bacia como a do arroio da Areia, isto significaria cerca de 130 amostras, pois ela possui cerca de 10 km² (TASSI, 2002).

Equipes treinadas da Prefeitura poderão fazer a seguinte programação: realizar caracterizações nas bacias que já foram alvo do Plano Diretor de Drenagem. Verificou-se que em três horas de trabalho, eram caracterizados em média três sacos por uma pessoa somente. Assim, pode-se usar este índice 1 saco·hora⁻¹·homem⁻¹. Tomando três pessoas, em uma hora podem ser caracterizados três sacos correspondentes a três pontos de uma avenida como a José de Alencar, desde a Pe. Cacique até o encontro com a rua Correia Lima, com cerca de 5 km.

Na bacia do Arroio Areia, por exemplo, pode-se fazer uma pesquisa no tempo frio e uma no tempo quente. Em um mês, tomam-se três semanas e três dias por semana. Ou seja, tem-se à disposição 9 dias para a pesquisa. Para 130 sacos, isto significa 15 sacos por dia. Assim, 5 pessoas por dia, cada uma com 3 sacos, trabalhando 3 horas no dia, são necessárias para este trabalho.

Adotando 4 semanas por mês, 4 dias por semana, tem-se à disposição 16 dias para a pesquisa. Isto significa 9 sacos por dia, caracterizados por 3 pessoas, trabalhando 3 horas por dia. A escolha de locais para amostragem poderá partir das frequências de limpeza. Dentre as ruas com as mesmas frequências, pode-se adotar o critério de se tomar as que possuem rede de macrodrenagem.

Os índices mostrados aqui podem não servir para bacias como a Almirante Tamandaré, situada no centro da cidade, onde produção de resíduo de varrição é muito maior, deixando o trabalho de caracterização mais lento pela diversidade de tipos de

resíduo. Uma balança maior que a utilizada nesta pesquisa ajuda a aumentar a velocidade do trabalho.

É necessário continuar as pesquisas com os resíduos vindos na drenagem urbana, tomando-se inclusive bacias com outras condições de uso do solo e de serviços. Nos meses de verão, talvez não seja necessário ir ao local duas vezes por semana, mas é bom estar alerta para possíveis precipitações de maiores intensidades. A instalação de alguma estrutura de retenção autolimpante é necessária para este tipo de pesquisa, caso não se garanta a presença de alguém no momento da ocorrência da chuva.

10. REFERÊNCIAS

- ACURIO, G., ROSSIN, A., TEIXEIRA, P. F. e ZEPEDA, F. 1997. *Diagnóstico de la situación del manejo de residuos sólidos municipales en América Latina y el Caribe*. Washington: Publicación conjunta del Banco Interamericano de Desarrollo y la Organización Panamericana de la Salud.
- AGUIAR A. As parcerias em programas de coleta seletiva de resíduos sólidos domésticos. São Paulo; 1999. [Dissertação de Mestrado – Faculdade de Saúde Pública da USP]
- ALLISON, R.A., CHIEW F.H.S. & MCMAHON, T.A. 1997. *Stormwater Gross Pollutants*, Industry Report Cooperative Research Centre for Catchment Hydrology. Austrália.
- ALLISON, R.A., CHIEW F.H.S. & MCMAHON, T.A. 1998a. *A decision-support-system for determining effective trapping strategies for gross pollutants*, Report 98/3 Cooperative Research Centre for Catchment Hydrology.
- ALLISON, R.A., WALKER, T.A., CHIEW, F.H.S., O'NEILL, I.C. & MCMAHON, T.A. 1998b. FROM ROADS TO RIVERS - *Gross pollutant removal from urban waterways*, Research Report for the Cooperative Research Centre for Catchment Hydrology, Australia, 98 pp.
- ARMITAGE, N. e ROOSEBOOM, A. 1998a. The removal of litter from stormwater conduits in the developing world. In: BUTER, D. e MAKSIMOVIC, C. 1998. *Developments in urban drainage modelling (UDM'98)*. London: Pre-prints of fourth international conference.
- ARMITAGE, N., ROOSEBOOM, A., NEL, C. e TOWNSHEND, P. 1998b. *The removal of urban litter from stormwater conduits and streams*. Water Research Commission. Report No. TT 95/98, Pretoria.
- ARMITAGE, N. e ROOSEBOOM, A.. 2000a. *The removal of urban litter from stormwater conduits and streams: paper 1 – The quantities involved and catchment litter management options*. Water SA. No. 2. Vol. 26. Disponível em: www.wrc.org.za.
- ARMITAGE, N. e ROOSEBOOM, A. 2000b. *The removal of urban litter from stormwater conduits and streams: paper 2 – Model studies of potencial trapping structures*. Water SA. No. 2. Vol. 26. Disponível em: www.wrc.org.za.

- ARMITAGE, N. e ROOSEBOOM, A. 2000c. *The removal of urban litter from stormwater conduits and streams: paper 3 – Selecting the most suitable trap*. Water SA. No. 2. Vol. 26.
- ARNOLD, G. e RYAN, P. 1999. Marine Litter originating from Cape Town's residential, commercial and industrial areas: *the connection between street litter and storm-water debris. A co-operative community approach*. Island Care New Zealand Trust, C/- Department of Geography, The University of Auckland, New Zealand. Percy FitzPatrick Institute, University of Cape Town.
- BEECHAM, S. C. e SABLATNIG, S. J. 1994. Hydraulic modelling of stormwater trashracks. *Hydraulics in Civil Engineering Conference*, University of Queensland, Brisbane.
- BIDONE, F. R. A.; POVINELLI, J. 1999. Conceitos básicos de resíduos sólidos. 1 ed. Projeto Reenge. São Carlos: EESC/USP
- BIDONE, F. R. A. 1999. Introdução. Cap. 1 em: Programa De Pesquisa em Saneamento básico. 1999. *Metodologias e técnicas de minimização, reciclagem, e reutilização de resíduos sólidos urbanos*. BIDONE, F. R. A. (org.). Rio de Janeiro; ABES
- BRAGA, B. P. F. (1998). Controle de cheias em ambiente tropical. In: TUCCI, C. E. M., TOZZI, M. *Drenagem urbana: gerenciamento, simulação e controle*. Porto Alegre: ABRH, Editora da Universidade.
- BRANTNER, K. A. 2000. *Abordagem integrada recorre à reciclagem e disposição em aterro sanitário*. Revista Worldwide Waste Management. Janeiro de 2000.
- CAMPINAS. (1996). Campinas: *a gestão dos resíduos sólidos urbanos*. Campinas: Prefeitura Municipal, Secretaria de Serviços Públicos e Secretaria da Administração.
- CARREGAL, L. T. L. (1996). O lixo, uma interpretação. *Falas em torno do lixo*. Rio de Janeiro: Nova, Iser e Pólis.
- CARVALHO, N. de O., FILIZOLA Jr., N. P., SANTOS, P. M. C., LIMA, J. E. F. W. Guia de avaliação de assoreamento de reservatórios. Brasília: Agência Nacional de Energia Elétrica, Superintendência de Estudos e Informações Hidrológicas.
- CHEBBO, G.; GROMAIRE, M. C.; AHYERRE, M.; GARNAUD, S. 2001. Production and transport of urban wet weather pollution in combined sewer systems: the “Marais” experimental urban catchment in Paris. *Urban Water*. v. 3. Issues 1-2. p3-15.

- COIADO, E. M. 2003. Assoreamento de reservatórios. In: PAIVA, J. B. Dias de e PAIVA, E. M. C. Dias de. *Hidrologia aplicada à gestão de pequenas bacias hidrográficas*. Reimpressão rev. aum. Porto Alegre: ABRH.
- COMPROMISSO EMPRESARIAL PARA A RECICLAGEM. 2004a. *Ficha técnicas*. São Paulo: CEMPRE. Disponível em: <http://www.cempre.org.br/fichastecnicas.html>. Acesso entre: 20 de dezembro de 2004.
- COMPROMISSO EMPRESARIAL PARA A RECICLAGEM. 2004b. *Pesquisa Ciclosoft 2004*. São Paulo: CEMPRE. Disponível em: http://www.cempre.org.br/pes_ciclosoft.html Acesso em: 20 de dezembro de 2004.
- COMPROMISSO EMPRESARIAL PARA A RECICLAGEM. 2006. *Pesquisa Ciclosoft 2006*. São Paulo: CEMPRE. Disponível em: http://www.cempre.org.br/2006-0506_inter.php. Acesso em: 09 de julho de 2006.
- CORNELIUS, M.; CLAYTON, T.; LEWIS, G. ARNOLD, G. e CRAIG, J. 1994. *Litter associated with stormwater discharge in Auckland city New Zealand*. Auckland: Island Care New Zealand Trust.
- DE LUCA, S. J.; CASTRO, C. B.; IDE, C. N. 1990. Contaminação da chuva e da drenagem pluvial . Ambiente. Vol 4. No 1. (IPH f5677)
- DEUS, A. B. de. (2000). Gerenciamento dos serviços de limpeza urbana: *avaliação por indicadores e índices*. Porto Alegre: UFRGS – Programa de Pós-Graduação em Recursos Hídricos e Saneamento Ambiental. (Doutorado Engenharia).
- DEP, Departamento de esgotos pluviais da Prefeitura Municipal de Porto Alegre e HIDROSUL saneamento e hidrologia Ltda. (1999). Bacia de detenção do parque Marinha do Brasil: *memorial descritivo e plantas, volume II método racional*. Porto Alegre.
- DOTTO, C. B. S., PAIVA, E. M. C. Dias de, POCHMANN, L. S., SILVA, L. F. da. 2005. *Caracterização dos sedimentos encontrados nas sarjetas de ruas asfaltadas em Santa Maria - RS*. XVI Simpósio Brasileiro de Recursos Hídricos, João Pessoa-PB
- EIGENHEER, E. (1996). Fantasmas do lixo. *Falas em torno do lixo*. Rio de Janeiro: Nova, Iser e Pólis.
- ENDICOTT, J. D., BERGER, B. J. e STONE, S. J. 2002. *Design and performance of non-proprietary devices for highways runoff litter removal*. Storm water program CSUS Office of Water Programs. Disponível em:

- <http://www.owp.csus.edu/research/papers/papers/PP031.pdf>. Acesso em 05 de setembro de 2006.
- FIGUEIREDO, E. C. de; COSTA, J. V. V. da; LUCENA, F. R. de; PEDROSA, E. da C.; LUCENA, J. A. de; NASCIMENTO, K. C. do; OLIVEIRA, H. S. e LIMA, A. O. de (2002). Limpeza do rio Capibaribe no município do Recife. *VI Seminário Nacional de Resíduos Sólidos: R.S.U. especiais*. Gramado: ABES.
- FOLHA DE SÃO PAULO. (2004). Cotidiano. Edição de 08/02/2004.
- GOMES, G.; ROSA, M. L.; RODRIGUES, A. B.; REHM, A. da R.; WAISMANN, M.; CHAGAS, C. A.; FONTELES, E.; MARQUES, F.; SANTOS, R. G. dos; PINO, R. S. del; LENTINO, Z. G. e SCUDIERO, Z. I. (2002). Experiência de construção de um modelo de gestão em resíduos sólidos e em limpeza urbana: o caso do DMLU em Porto Alegre. *VI Seminário Nacional de Resíduos Sólidos: R.S.U. especiais*. Gramado: ABES.
- IBAM – Instituto Brasileiro de Administração Municipal .2001. Gestão integrada de resíduos sólidos: *Manual de gerenciamento integrado*. Rio de Janeiro.
- IBGE - Fundação Instituto Brasileiro de Geografia e Estatística .2002a. *Pesquisa Nacional de Saneamento Básico*, PNSB, 2000. Disponível em: <http://www.ibge.net/ibge/presidencia/noticias/27032002pnsb.shtm>. Acesso em: 27 de março de 2002.
- IBGE - Fundação Instituto Brasileiro de Geografia e Estatística .2002b. *Pesquisa Nacional de Saneamento Básico*, PNSB, 2000. Rio de Janeiro.
- ISLAND CARE NEW ZEALAND TRUST. 1996. Reducing the incidence of stormwater debris and street litter in the marine environment: *a co-operative community approach*. Auckland: Island Care New Zealand Trust.
- IDE, C. N. 1984. *Qualidade da drenagem pluvial urbana*. Porto Alegre: UFRGS - Curso de Pós-Graduação Recursos Hídricos e Saneamento. Dissertação (Mestrado Engenharia).
- JAWOROWSKI, A. L. de O., SCHETTINI, E. B. C., SILVEIRA, A. L. L da. 2005. *Qualidade da água e caracterização de resíduos sólidos em arroio urbano da região metropolitana de Porto Alegre*. XVI Simpósio Brasileiro de Recursos Hídricos, João Pessoa-PB
- KAPAZ, E. 2002. *Colunistas do mês*. Disponível em: <http://www.saneamentobasico.com.br>. Acesso em 28 de fevereiro de 2002.

- LIPPNER, G., CHURCHWELL, R., ALLISON, R., MOELLER, G., JOHNSTON, J. 2000. *A scientific approach to evaluating Storm water Best Management Practices for litter*. Storm Water Program CSUS Office of Water Programs. Disponível em: <http://www.owp.csus.edu/research/papers/papers/PP014.pdf>. Acesso em 05 de setembro de 2006.
- LIPPNER, G., JOHNSTON, J., COMBS, S., KLIMBERLY, W., MARX, D. 2001. *Results of CALTRANS litter Management Study*. Storm Water Program CSUS Office of Water Programs. Disponível em: <http://www.owp.csus.edu/research/papers/papers/PP020.pdf>. Acesso em 05 de setembro de 2006.
- LIXO municipal: manual de gerenciamento integrado. 1995. JARDIM, N. S. (coord.) 1ed. São Paulo: IPT: CEMPRE
- MAKSIMOVIC, C. 2001. General overview of urban drainage principles and practice. In: TUCCI, C. E. M. *Urban drainage specific climates:urban drainage in humid tropics*. Paris: UNESCO. IHP-V. Technical Documents in Hydrology. No 40. v.I. cap.0, p1-23.
- MARAIS, M., ARMITAGE, N. e WISE, C. 2004. *The mensurament and reduction of urban litter entering stormwater drainage systems: paper 1 – Quantifying the problem using the city of Cape Town as case study*. Water SA. No. 4. Vol. 30. Disponível em: www.wrc.org.za. Acesso em 05 de setembro de 2006.
- MARAIS, M. e ARMITAGE, N. 2004. *The mensurament and reduction of urban litter entering stormwater drainage systems: paper 2 – Strategies for reducing the litter in the stormwater drainage systems*. Water SA. No. 4. Vol. 30. Disponível em: www.wrc.org.za. Acesso em 05 de setembro de 2006.
- MARTINS, R. H. O.; CHIEH, H. L. T.; SOUZA, S. F. N de; HERMANN, R. M. 1991. Carga poluidora difusa gerada na região metropolitana de São Paulo. In: *Simpósio Brasileiro de Recursos Hídricos 9*, anais. Associação Brasileira de Recursos Hídricos, Rio de Janeiro, vol. 2, pp. 27-36
- MARTINS, P. A. G. e MORETTI, R. de S.. 2005. Estudo parcial dos reservatórios de contenção na bacia do Cabuçu de Baixo da região metropolitana de São Paulo. XVI Simpósio Brasileiro de Recursos Hídricos, João Pessoa-PB
- MENEGAT, R., PORTO, M. L., CLOVIS, C. C., FERNANDES, L. A. D. 1998. *Atlas ambiental de Porto Alegre*. Porto Alegre: editora da universidade/UFRGS.

- MERCEDES, S. S. P. 1997. Perfil da geração de resíduos sólidos domiciliares no município de Belo Horizonte no ano de 1995. 19º Congresso Brasileiro de Engenharia Sanitária e Ambiental. Foz do Iguaçu: ABES
- PHILIPPI Jr., A. 1999. Agenda 21 e resíduos sólidos. Em: *RESID'99 Seminário sobre resíduos sólidos*. São Paulo: Associação Brasileira de Geologia de Engenharia p. 15-26.
- PHILLIPS, D. L. e BOWDITCH, B. 1998. A new gross pollutant trap for urban drainage systems. In: *International Conference on Innovative Technologies in Urban Storm Drainage*, 1, 1998, Lyon. Novatech, p. 463-469.
- POMPÊO, 2000. *Drenagem Urbana Sustentável*. Revista Brasileira de Recursos Hídricos. Volume 5, n.1. ABRH.
- PORTO, M. F. A. 2001. Water quality of overland flow in urban areas. In: TUCCI, C. E. M. *Urban drainage specific climates: urban drainage in humid tropics*. Paris: UNESCO. IHP-V. Technical Documents in Hydrology. No 40. v.I. cap.4, p103-124.
- PORTO, M. F. A e MASINI, L. S. 2001. Avaliação preliminar da carga difusa na bacia do rio Cabuçu de baixo. *I seminário de drenagem urbana do Mercosul/V seminário nacional de drenagem urbana: soluções para a drenagem urbana em países da América Latina*. Livro de resumos. Porto Alegre: IPH/ABRH.
- QUINTANILHA, M. S. (1996). Do caos à melodia. *Falas em torno do lixo*. Rio de Janeiro: Nova, Iser e Pólis.
- RÊGO, R. C. F., BARRETO, M. L., KILLINGER, C. L. (2002). O que é lixo afinal? Como pensam mulheres residentes na periferia de um grande centro urbano. *Cadernos de saúde pública*. BRASIL:, v. 18, n.6, p.1583 – 1592.
- REICHERT, G. A. (2002). Gerenciamento integrado de resíduos sólidos: uma proposta inovadora. Disponível em: <http://www.comitepardo.com.br/artigos/>. Acesso em 10 de abril de 2005.
- REIS, M. F. P.; ELLWANGER, R. M.; PESCADOR, F. S.; COTRIM, S. L.; REICHERT, G. A. e ONOFRIO, E. T. (2002). Estudos preliminares para caracterização dos resíduos sólidos domiciliares do município de Porto Alegre. *VI Seminário Nacional de Resíduos Sólidos: R.S.U. especiais*. Gramado: ABES.
- RENNHACK, A. M. O. (1996). A questão do lixo: uma visão de educador. *Falas em torno do lixo*. Rio de Janeiro: Nova, Iser e Pólis.

- RODRIGUES, J. C. (1996). A Cultura do lixo e sua angústia. *Falas em torno do lixo*. Rio de Janeiro: Nova, Iser e Pólis.
- ROSADO, R. M.; PINO, R. S. del; VELASQUES, M. B.; COIMBRA, M.; NUNES, L. E.; SILVA, P. R. da; ROCHA, M. S. da; POLESE, O. D. e SILVA, P. F. P da. (2002). Gestão pública e sustentável dos resíduos sólidos e educação ambiental: a experiência com a coleta seletiva. *VI Seminário Nacional de Resíduos Sólidos: R.S.U. especiais*. Gramado: ABES.
- SANEAMENTOBASICO.COM.BR. 2002a. *MT: 600 t de lixo não coletadas vão direto para mananciais*. Disponível em: www.saneamentobasico.com.br/noticias/imprimir.asp?Id_Noticias=11958. Acesso em 22 de agosto de 2002.
- SANEAMENTOBASICO.COM.BR. 2002b. *Rio: lixo e esgoto ameaçam a Barra da Tijuca*. Disponível em: www.saneamentobasico.com.br/noticias/imprimir.asp?Id_Noticias=11703. Acesso em 22 de agosto de 2002.
- SANTOS, J. M. R. e MARTINS, M. T. 1995. Coleta seletiva de lixo: uma alternativa ecológica de manejo integrado de resíduos sólidos urbanos. São Paulo: Escola Politécnica da USP. 21 p. (Boletim Técnico da Escola Politécnica da USP. BT/PHD, 18)
- SCHUELLER, T. 1987. *Controlling Urban Runoff: a Practical Manual for Planning and Designing Urban BMPs*. Washington: Metropolitan Washington Council of Governments. 229p.
- SHEN, H. W. e JULIEN, P. 1992. Erosion and Sediment Transport. In: Maidment, D. R. (org.). 1992. *Handbook of Hydrology*. McGraw-Hill.
- SILVEIRA, A. L. L. 2001. Problems of urban drainage in developing countries. In: *International Conference on Innovative Technologies in Urban Storm Drainage*, 1, 2001, Lyon. Novatech, p. 143-150.
- SIMONS, D. B. e SENTÜRK, F. 1992. *Sediment transport technology: water and sediment dynamics*. Littleton: Water Resources Publications.
- SYREK, D. B., KAYHANIAN, M., MEYER, S. 2003. *A regression model to predict litter in urban freeway outfalls after rainstorms*. Storm water program CSUS Office of Water Programs. Disponível em:

- <http://www.owp.csus.edu/research/papers/papers/PP047.pdf>. Acesso em 05 de setembro de 2006.
- TASSI, R. 2002. Efeito dos microrreservatórios de lote sobre a macrodrenagem urbana. Porto Alegre: UFRGS – Programa de Pós-Graduação em Recursos Hídricos e Saneamento Ambiental. (Mestrado Engenharia).
- TEIXEIRA, E. N. 1999. Redução na fonte dos resíduos sólidos: embalagens e matéria orgânica. Cap. 3 em: PROGRAMA DE PESQUISA EM SANEAMENTO BÁSICO. 1999. *Metodologias e técnicas de minimização, reciclagem, e reutilização de resíduos sólidos urbanos*. BIDONE, F. R. A. (org.). Rio de Janeiro: ABES
- TEIXEIRA, E. N. e BIDONE, F. R. A. 1999. Conceitos básicos. Cap. 2 em: PROGRAMA DE PESQUISA EM SANEAMENTO BÁSICO. 1999. *Metodologias e técnicas de minimização, reciclagem, e reutilização de resíduos sólidos urbanos*. BIDONE, F. R. A. (org.). Rio de Janeiro: ABES
- TEIXEIRA, B. A. N. e ZANIN, M. 1999. Reciclagem e reutilização de embalagens. Cap. 4 em: PROGRAMA DE PESQUISA EM SANEAMENTO BÁSICO. 1999. *Metodologias e técnicas de minimização, reciclagem, e reutilização de resíduos sólidos urbanos*. BIDONE, F. R. A. (org.). Rio de Janeiro; ABES.
- TUCCI, C. E. M. 2002. *Gerenciamento da Drenagem Urbana*. Revista Brasileira de Recursos Hídricos. Volume 7, n.1. ABRH.
- TUCCI, C. E. M. 2001. Urban drainage issues in developing countries. In: TUCCI, C. E. M. *Urban drainage specific climates: urban drainage in humid tropics*. Paris: UNESCO. IHP-V. Technical Documents in Hydrology. No 40. v.I. cap.1, p23-40.
- TUCCI, C. E. M. e COLLISCHONN, W. 2000. Drenagem urbana e controle de erosão. In: TUCCI, C. E. M. e MARQUES, D. M. L. da Motta (org.) *Avaliação e controle da drenagem urbana*. vol 1. 1 ed. Porto Alegre: Editora da universidade, FINEP.
- TUCCI, C. E. M. e GENZ, F. 1995. Controle do impacto da urbanização. In: TUCCI, C. E. M., PORTO, R. L. L. e BARROS, M. T. de. (org.) *Drenagem Urbana*. 1 ed. Porto Alegre: ABRH, Editora da universidade UFRGS. pp. 277 - 347.
- URBONAS, B. R., ROESNER, L. A. 1992. Hydrologic design for urban drainage and flood control. In: Maidment, D. R. (org.). 1992. *Handbook of Hydrology*. McGraw-Hill.

- WALKER, T. A., ALLISON, R. A., WONG, T., WOOTTON, F. 1999. *Removal of Suspended Solids and Associated Pollutants by a CDS Gross Pollutant Trap*. Industry Report for Cooperative Research Centre for Catchment Hydrology 99/2
- WANIELISTA, M. P. 1983. *Stormwater Management: quantity and quality*. Ann Arbor, Ann Arbor Science.
- WONG, T.; BREEN, P.; LLOYD, S. 2000. *Water sensitive road design options for improving stormwater quality of road runoff*. Technical Report for Cooperative Research Centre for Catchment Hydrology 00/1
- ZURBRUGG, C. (1999). *The challenge of solid waste disposal in developing countries*. SANDEC news No. 4. Disponível em www.sandec.ch.

ANEXO A: RESULTADOS: QUANTIFICAÇÕES EM DIVERSOS PAÍSES

Local	Item	Valor	Unidade
Springs	Área para o cálculo	299	ha
	Número de eventos de chuva	56	
	Remoção pelos serviços de limpeza da ruas	1210	m ³
	Volume que chega ao sistema de drenagem	257	m ³
	Taxa de deposição na drenagem:		
	Desconsiderando a área residencial	1	m ³ /ha
		95	kg/ha
	Considerando também a área residencial	0,86	m ³ /ha
		82	kg/ha
	Eficiência estimada do dispositivo	72	%
Composição: 62% plásticos, 11% poliestireno, 10% papel, 10% latas, 2% vidro e 5% outros			
Cape Town*	Área para o cálculo	345	ha
	Volume que chega ao sistema de drenagem	96	m ³
	Taxa de deposição na drenagem:		
	Considerando apenas as áreas de estrada de ferro, industrial e comercial	0,66	m ³ /ha
		63	kg/ha
	Considerando também a área residencial	0,28	m ³ /ha
		26	kg/ha
	Eficiência estimada do dispositivo	50	%
	Tamanho mínimo das partículas	75	mm
	Eficiência estimada do dispositivo	50	%
Composição: não fornecida			
Johannesburg**	Área para o cálculo	800	ha
	Volume que chega ao sistema de drenagem	400	m ³
	Número de eventos de chuva	56	
	Taxa de deposição na drenagem	0,5	m ³ /ha
		48	kg/ha
	Tamanho mínimo das partículas	20	mm
	Eficiência estimada do dispositivo	70	%
	Composição: Sedimentos, detritos suspensos (80% de bolsas de plástico), restos flutuantes e grandes objetos (pneus de trator e carcaças)		
Melbourne	Área para o cálculo	600000	ha
	Volume que chega ao sistema de drenagem (úmido)	230000	m ³
	Volume que chega ao sistema de drenagem sem a vegetação (úmido)	48000	m ³
	Taxa de deposição na drenagem		
	Material seco	30	kg/ha
	Material úmido	0,4	m ³ /ha
		100	kg/ha
	Desconsiderando a vegetação (úmido)	0,08	m ³ /ha
		20	kg/ha
	Desconsiderando a vegetação (seco)	0,02	m ³ /ha
		6	kg/ha
	Tamanho mínimo das partículas	5	mm
	Eficiência estimada do dispositivo	100***	%
Composição: 80% vegetação e o restante associados a atividades de pedestres e motoristas			

Local	Item	Valor	Unidade
Sidney	Área para o cálculo	322,5	ha
	Volume que chega ao sistema de drenagem	109,3	m ³
	Volume de material flutuante que chega ao sistema de drenagem	6,2	m ³
	Volume de sedimentos e material flutuante que chega ao sistema de drenagem	73,7	m ³
	Taxa de deposição na drenagem	0,34	m ³ /ha
		32,2	kg/ha
	Taxa de deposição na drenagem (material flutuante)	0,019	m ³ /ha
		1,8	kg/ha
	Taxa de deposição na drenagem (sedimentos e material flutuante)	0,23	m ³ /ha
		21,7	kg/ha
	Tamanho mínimo das partículas	20	mm
	Eficiência estimada do dispositivo	100	%
Composição: 5,67 % material flutuante, 32,57% org. (tufos de folhas e gramas), 61,76% sedimentos			
Auckland ^{iv}	Taxa de deposição na drenagem	0,029	m ³ /ha
		2,76	kg/ha
	Taxa de deposição na drenagem (comercial)	0,014	m ³ /ha
		1,35	kg/ha
	Taxa de deposição na drenagem (industrial)	0,009	m ³ /ha
		0,88	kg/ha
	Taxa de deposição na drenagem (residencial)	0,006	m ³ /ha
		0,53	kg/ha
Tamanho mínimo das partículas	19	mm	
Composição: 53% plástico rígido, 1,9% espuma de plástico, 10,5% forro/fibra de plástico, 0,3% vidro, 3,3% alumínio, 0,5% lata/aço, 26,8% papel/papelão, 3,5% outros			
Cape Town ^v	Para a região metropolitana de Cape Town	18	kg/ha
	Para as áreas de amostragem		
	Taxa de deposição na drenagem (comercial/residencial, 6,24 ha)	0,095	m ³ /ha
		9	kg/ha
	Taxa de deposição na drenagem (industrial, 2,5 ha)	1,453	m ³ /ha
		138	kg/ha
	Taxa de deposição na drenagem (residencial, 4,7 ha)	0,042	m ³ /ha
		4	kg/ha
Tamanho mínimo das partículas	6	mm	
Composição: plásticos mais de 50%, em massa, em ambas as áreas industrial e comercial. Metal, madeira e borracha contribuíram significativamente para a massa de resíduos			
*ARNOLD (1996) apud ARMITAGE et al. (1998)			
**Considerando que cada sacola de lixo comporta cerca de 0,06 m ³			
***Praticamente			
^{iv} Há algumas distorções entre os resultados de Auckland publicados (ver tabela 2.11) por CORNELIUS et al. (1994) apud ARMITAGE et al. (1998) e os resultados de CORNELIUS et al. (1994). Este último texto não indica a densidade que foi utilizada, enquanto o primeiro texto assume 95 kg/m ³ .			
^v ARNOLD e RYAN (1999)			

ANEXO B: EXTENSÕES VARRIDAS NA SEÇÃO SUDESTE

Extensão e frequências programadas de varrição na da bacia estudada.

Nome da rua	Limites		ext. (m)	% do total	frequência*
	início	final			
Al. Flamboyant			170	0,5	-
Al. Jacarandá			200	0,6	-
Alameda Ipê			100	0,3	-
Alameda Palmeira			120	0,3	-
Antenor Lemos			380	1,1	2a à noite
Barão do Cerro Largo			1680	4,7	
Barão do Guaíba			1600	4,5	
Borges de Medeiros	rua Costa	av. J. de Alencar	260	0,7	diário
Cleveland			540	1,5	2a à noite
Correia Lima trecho 1	trav. Missões	av. J. de Alencar	1770	4,9	alternado
Correia Lima trecho 2	Depois da Silveiro, subindo	até o final dela, subindo	370	1,0	alternado
Costa			1020	2,9	alternado
Dona Amélia			270	0,8	2a à noite
Dona Antonia			115	0,3	
Dona Augusta			1440	4,0	
Dona Gabriela			300	0,8	
Dona Maria			580	1,6	
Dona Ondina			400	1,1	
Eurico Aquino			80	0,2	
General Oliveira de Freitas			240	0,7	
Grão Pará - Sta Teresa	rua B. Cerro Largo	J. de Alencar	420	1,2	
Grão Pará - Menino Deus	av. José de Alencar	rua Costa	250	0,7	
Itororó	av. José de Alencar	rua Costa	260	0,7	alternado
José de Alencar	av. Praia de Belas	rua Correia Lima	4090	11,4	diário
Miguel Couto			1700	4,8	2a à noite
Mucio Teixeira	av. José de Alencar	rua Costa	260	0,7	alternado
O. Bitencourt - Sta Teresa	rua B. Cerro Largo	av. José de Alencar	690	1,9	2a à noite
O. Bitencourt - M. Deus	av. José de Alencar	rua Barbedo	570	1,6	alternado
Otávio Dutra			320	0,9	2a à noite
Pe. Cacique	av. José de Alencar	rua Estêvão Cruz	10320	28,9	específico
Pinheiro Borba	av. Jacuí	Encontro com a av. Taquari	820	2,3	quinzenalmente
Praia de Belas	rua Costa	av. José de Alencar	230	0,6	alternado
Prisma			545	1,5	2a à noite
Rádio e TV gaúcha	Lado direito da Silveiro, subindo	até o final dela	100	0,3	
Santa Cruz			690	1,9	
Silveiro	av. José de Alencar	Dona Sofia	1550	4,3	alternado
Taquari	av. Jacuí	Encontro com a av. P. Borba	640	1,8	quinzenalmente
Travessa Dirceu			270	0,8	2a à noite
Monroe			400	1,1	
TOTAL			35760	100,0	

*Alternado: segundas, quartas e sextas-feiras, 2a à noite: segundas-feiras à noite, específico: diário 7,6 km e quinzenal os demais

Programação de logadouros varridos e extensão na seção sudeste: bairros

bairros	m	km
1 Agronomia, bairro	11450	11.45
2 Aparício Borges, bairro	15405	15.41
3 Aparício Borges, Cel. entre Bento Gonçalves e Pedro Boticário	16200	16.20
4 Azenha, bairro	19280	19.28
5 Bento Gonçalves entre Antônio de Carvalho e divisa com Viamão	15800	15.80
6 Borges de Medeiros entre Cecília Meireles e Pe. Cacique	4200	4.20
7 Correia Lima, rua	3900	3.90
8 Edvaldo Pereira Paiva entre Ipiranga e Pe. Cacique	7000	7.00
9 Est. Afonso Lourenço Mariante entre Est. João de Oliveira Remião e beco do Davi	4230	4.23
10 Est. João de Oliveira Remião	17000	17.00
11 grêmio	20220	20.22
12 inter	25230	25.23
13 Jardim Olímpico, bairro	5180	5.18
14 Lomba do Pinheiro, bairro	11080	11.08
15 Mariano de Matos, rua	1980	1.98
16 Medianeira, bairro	21215	21.22
17 Menino Deus, bairro	19430	19.43
18 Oscar Pereira, av. Prof. Entre Azenha e rua Niterói	4000	4.00
19 Partenon, bairro	15425	15.43
20 Salvador França entre Ipiranga e Bento Gonçalves	1890	1.89
21 Santa Teresa, bairro	24185	24.19
22 Santana, bairro	24330	24.33
23 Santo Antônio, bairro	30840	30.84
24 Serra Verde, bairro	6550	6.55
25 Silveiro, rua	3000	3.00
26 Vila Batista Xavier	30865	30.87
27 Vila dos Sargentos	9455	9.46
28 Vila Intercap	25805	25.81
29 Vila João Pessoa	37572	37.57
30 Vila Mapa	8267	8.27
31 Vila São José	47185	47.19

Programação de logadouros varridos e extensão na seção sudeste: diário

Diário		m	km
32	Azenha entre J. de Alencar e Ipiranga	4000	4.00
33	Bento Gonçalves entre Antônio de Carvalho e divisa com Viamão	15800	15.80
34	Bento Gonçalves entre Luis de Camões e Antônio de Carvalho	20000	20.00
35	Bento Gonçalves entre P. Isabel e Luis de Camões	5000	5.00
36	Borges de Medeiros entre Cecília Meireles e Ipiranga	800	0.80
37	Cascatinha, av.	620	0.62
38	Cecília Meireles entre B. de Medeiros e P. Belas	300	0.30
39	Dr. Carlos Barbosa, av.	2800	2.80
40	Érico Veríssimo entre Azenha e Ipiranga	7000	7.00
41	G. Vargas entre J. de Alencar e Ipiranga	4000	4.00
42	Gastão Haslocher Mazon, av. Cel.	3000	3.00
43	Ipiranga entre B. Medeiros e P. Belas	300	0.30
44	Ipiranga entre J. Pessoa e P. Belas	3040	3.04
45	J. de Alencar, rua	4800	4.80
46	J. Pessoa entre B. Gonçalves e Ipiranga	2000	2.00
47	P. Belas entre J. de Alencar e rua Cecília Meireles	4000	4.00
48	P. Belas entre rua Cecília Meireles e Ipiranga	800	0.80
49	P. Isabel, av.	4800	4.80
50	Pe. Cacique	7600	7.60
51	Santana entre B. Gonçalves e Ipiranga	2000	2.00
52	Silva Só entre P. Isabel e Ipiranga	1200	1.20
53	tenente Alpoim	2130	2.13
54	Luiz Moschetti, av.	3200	3.20
55	Borges de Medeiros entre Cecília Meireles e Pe. Cacique	4200	4.20

ANEXO C: TABELA COM AS OBSERVAÇÕES DAS VISITAS À CB12

Data	Dia da semana	P diária (mm)	No de dias anteriores sem chuva	Pesado (g)	Pesado (kg)	Ligação de bombas (horas e min)	observações
12/11/2003	quarta-feira	38,80	10			01:50	Por causa das chuvas dos dias 12 e 13
13/11/2003	quinta-feira	3,10				00:25	
14/11/2003	sexta-feira			4.040	4,04	00:15	
15/11/2003	sábado						
16/11/2003	domingo	6,90	2				Dia 17/11 choveu à tarde, logo 2,44 kg não veio no fim de semana.
17/11/2003	segunda-feira	7,40		2.230	2,23	00:50	
18/11/2003	terça-feira						01:30
19/11/2003	quarta-feira						
20/11/2003	quinta-feira						
21/11/2003	sexta-feira						
22/11/2003	sábado						
23/11/2003	domingo	20,60	5			00:45	O resíduo do dia 01/12 chegou por causa das ligações sucessivas das bombas. Possivelmente, o resíduo veio sendo desagregado desde o dia 23/11.
24/11/2003	segunda-feira	2,10					
25/11/2003	terça-feira	7,00				02:00	
26/11/2003	quarta-feira						
27/11/2003	quinta-feira	0,80	1			01:20	
28/11/2003	sexta-feira			0	0,00		
29/11/2003	sábado					00:45	
30/11/2003	domingo						
1/12/2003	segunda-feira			4.240	4,24		

Data	Dia da semana	P diária (mm)	No de dias anteriores sem chuva	Pesado (g)	Pesado (kg)	Ligação de bombas (horas e min)	observações
2/12/2003	terça-feira						
3/12/2003	quarta-feira					00:55	
4/12/2003	quinta-feira	8,50	6				Por causa da chuva do dia 04/12
5/12/2003	sexta-feira			780	0,78		
6/12/2003	sábado						
7/12/2003	domingo						
8/12/2003	segunda-feira	35,30	3	0	0,00		
9/12/2003	terça-feira					01:00	A chuva do dia 08/12 ocorreu após a verificação de que não havia material. Ela ocorreu a partir do final da tarde.
10/12/2003	quarta-feira						
11/12/2003	quinta-feira	62,40	2			04:35	Todo o peso de 24,62 kg veio por causa das chuvas desde o dia 08/12
12/12/2003	sexta-feira			18.100	18,10	00:40	
13/12/2003	sábado					02:35	
14/12/2003	domingo	3,10	2				
15/12/2003	segunda-feira	62,20		18.835	18,84	09:25	A maior parte da chuva em 15/12 ocorreu até meio-dia. Pesado dia 18/12.
16/12/2003	terça-feira	2,40				02:50	
17/12/2003	quarta-feira					04:10	
18/12/2003	quinta-feira					04:45	
19/12/2003	sexta-feira			0	0,00		
20/12/2003	sábado	9,70	3			05:05	A maior parte da chuva do dia 22/12 ocorreu antes da pesagem, mas a maior
21/12/2003	domingo						

Data	Dia da semana	P diária (mm)	No de dias anteriores sem chuva	Pesado (g)	Pesado (kg)	Ligação de bombas (horas e min)	observações
22/12/2003	segunda-feira	8,70	1	2.290	2,29	05:50	intensidade ocorreu depois. Por isso, é melhor atribuir à soma da pesagem dos dias 22 e 26, a soma das chuvas dos dias 20 e 22. Como pode ser notado, a bomba foi ligada várias vezes trazendo o resíduo. A pesagem do dia 29/12 pode ter ocorrido por causa do material solto pela chuva anterior.
23/12/2003	terça-feira					01:00	
24/12/2003	quarta-feira					03:10	
25/12/2003	quinta-feira					00:50	
26/12/2003	sexta-feira			2.500	2,50	04:00	
27/12/2003	sábado						
28/12/2003	domingo	0,70	5			02:30	
29/12/2003	segunda-feira			1.430	1,43	00:50	
30/12/2003	terça-feira					02:20	
31/12/2003	quarta-feira						
1/1/2004	quinta-feira					03:30	
2/1/2004	sexta-feira			1.470	1,47		
3/1/2004	sábado					01:20	
4/1/2004	domingo						
5/1/2004	segunda-feira			970	0,97	00:35	
6/1/2004	terça-feira						
7/1/2004	quarta-feira					00:30	
8/1/2004	quinta-feira						
9/1/2004	sexta-feira			0	0,00		
10/1/2004	sábado						
11/1/2004	domingo	5,80	13			01:00	

Data	Dia da semana	P diária (mm)	No de dias anteriores sem chuva	Pesado (g)	Pesado (kg)	Ligação de bombas (horas e min)	observações
12/1/2004	segunda-feira			0	0,00	00:25	Chueu dia 11/01/2004, menos de 1 hora e não foi intensa
13/1/2004	terça-feira						
14/1/2004	quarta-feira						
15/1/2004	quinta-feira						
16/1/2004	sexta-feira	1,70	4	0	0,00		
17/1/2004	sábado						
18/1/2004	domingo						
19/1/2004	segunda-feira			0	0,00		
20/1/2004	terça-feira						
21/1/2004	quarta-feira	16,00	4				
22/1/2004	quinta-feira						
23/1/2004	sexta-feira			0	0,00		
24/1/2004	sábado	42,00	2			00:35	
25/1/2004	domingo						
26/1/2004	segunda-feira			8.813	8,81		
27/1/2004	terça-feira					01:05	
28/1/2004	quarta-feira					01:00	
29/1/2004	quinta-feira						
30/1/2004	sexta-feira	10,40	5	6.890	6,89		O pluviômetro do 8o DISME registrou uma chuva na quinta-feira, dia 29/02 de 10,4 mm
31/1/2004	sábado					00:45	
1/2/2004	domingo						

Data	Dia da semana	P diária (mm)	No de dias anteriores sem chuva	Pesado (g)	Pesado (kg)	Ligação de bombas (horas e min)	observações	
2/2/2004	segunda-feira			0	0,00			
3/2/2004	terça-feira	10,40	3				A chuva do dia 04/02 acabou aproximadamente às 14:30 h. A chuva começou às 20:50 h do dia 03/02 A maior parte da chuva do dia 05/02 ocorreu pela manhã Dia 06/02 choveu até aproximadamente às 06:00 h. Não há registro de ligação das bombas, de maneira que parte do resíduo desagregado no dia 04/02 deve ter chegado somente no dia seguinte e o resíduo do dia 05/02 também, pode ter chegado no dia 06/02. Como as bombas não foram ligadas durante uma semana, é provável que o resíduo do dia 13/02 também possa ter sido desagregado nas chuvas mencionadas e chegado depois	
4/2/2004	quarta-feira	4,50		4.180	4,18			
5/2/2004	quinta-feira	54,10		9.550	9,55			
6/2/2004	sexta-feira	1,10		4.610	4,61			
7/2/2004	sábado	0,70						
8/2/2004	domingo							
9/2/2004	segunda-feira							
10/2/2004	terça-feira							
11/2/2004	quarta-feira							
12/2/2004	quinta-feira							
13/2/2004	sexta-feira	0,10	5	1.350	1,35			
14/2/2004	sábado	10,90						A chuva do dia 14/02 não foi muito intensa, apesar do valor de 10,90 mm
15/2/2004	domingo							
16/2/2004	segunda-feira							

Data	Dia da semana	P diária (mm)	No de dias anteriores sem chuva	Pesado (g)	Pesado (kg)	Ligação de bombas (horas e min)	observações
17/2/2004	terça-feira						
18/2/2004	quarta-feira						
19/2/2004	quinta-feira						
20/2/2004	sexta-feira			0	0,00		
21/2/2004	sábado						
22/2/2004	domingo						
23/2/2004	segunda-feira			0	0,00		
24/2/2004	terça-feira						
25/2/2004	quarta-feira						
26/2/2004	quinta-feira						
27/2/2004	sexta-feira			0	0,00		
28/2/2004	sábado						
29/2/2004	domingo	15,60	14				
1/3/2004	segunda-feira			0	0,00		
2/3/2004	terça-feira						
3/3/2004	quarta-feira						
4/3/2004	quinta-feira						
5/3/2004	sexta-feira			1.260	1,26		
6/3/2004	sábado						
7/3/2004	domingo						
8/3/2004	segunda-feira	10,80	7	0	0,00		O peso em 05/03 pode ter vindo aos poucos por causa da chuva do dia 29/02, cuja intensidade máxima foi de 53,25 mm/h, pois não há no registro da empresa a indicação de bomba ligada
9/3/2004	terça-feira						A chuva do dia 08/03 ocorreu à noite. Pouco intensa

Data	Dia da semana	P diária (mm)	No de dias anteriores sem chuva	Pesado (g)	Pesado (kg)	Ligação de bombas (horas e min)	observações
10/3/2004	quarta-feira						
11/3/2004	quinta-feira						
12/3/2004	sexta-feira			1.430	1,43		
13/3/2004	sábado						
14/3/2004	domingo						
15/3/2004	segunda-feira	2,60	6	0	0,00		
16/3/2004	terça-feira	0,10					
17/3/2004	quarta-feira						
18/3/2004	quinta-feira						
19/3/2004	sexta-feira			0	0,00		
20/3/2004	sábado						
21/3/2004	domingo						
22/3/2004	segunda-feira			0	0,00		
23/3/2004	terça-feira						
24/3/2004	quarta-feira						
25/3/2004	quinta-feira						
26/3/2004	sexta-feira			1.450	1,45		
27/3/2004	sábado	0,30	10				
28/3/2004	domingo						
29/3/2004	segunda-feira			310	0,31		
30/3/2004	terça-feira						
31/3/2004	quarta-feira						
1/4/2004	quinta-feira						

Data	Dia da semana	P diária (mm)	No de dias anteriores sem chuva	Pesado (g)	Pesado (kg)	Ligação de bombas (horas e min)	observações
2/4/2004 3/4/2004 4/4/2004 5/4/2004 6/4/2004 7/4/2004 8/4/2004	sexta-feira sábado domingo segunda-feira terça-feira quarta-feira quinta-feira	1,00	5	230 1.350	0,23 1,35		Dia 02/04 choveu somente à noite. Pouco intensa
9/4/2004 10/4/2004 11/4/2004 12/4/2004	sexta-feira sábado domingo segunda-feira	4,20	6	70 170	0,07 0,17		
13/4/2004 14/4/2004 15/4/2004 16/4/2004 17/4/2004	terça-feira quarta-feira quinta-feira sexta-feira sábado	 1,30	 7	 0	 0,00		
18/4/2004 19/4/2004	domingo segunda-feira	7,00 7,60					Chuva intensa 19/04 até 01 h, mas que não encheu a bacia. Chegou bastante resíduo que deve ter vindo devido à quantidade de dias anteriores com chuva fraca
20/4/2004 21/4/2004	terça-feira quarta-feira	 0,20	 1				As chuvas mais intensas

Data	Dia da semana	P diária (mm)	No de dias anteriores sem chuva	Pesado (g)	Pesado (kg)	Ligação de bombas (horas e min)	observações
22/4/2004	quinta-feira	27,30					entre 20 e 29/04 ocorreram no dia 22/04. Neste dia ocorreu 24 mm/h e 27,7 mm/h. Como não houve registro de ligação das bombas, certamente este resíduo chegou depois.
23/4/2004	sexta-feira	7,90					
24/4/2004	sábado						
25/4/2004	domingo						
26/4/2004	segunda-feira	6,40	2				
27/4/2004	terça-feira						
28/4/2004	quarta-feira						
29/4/2004	quinta-feira		2				
30/4/2004	sexta-feira	6,80		1.090	1,09		
1/5/2004	sábado					A chuva do dia 30 foi após a pesagem. Este material parece ser o reflexo conjunto da chuva do dia	
2/5/2004	domingo					anterior com a de uma semana atrás, pois não há no registro da empresa a indicação de bomba ligada	
3/5/2004	segunda-feira			1.610	1,61	Este peso de 1,76 kg foi trazido pela chuva do dia 30/04.	
4/5/2004	terça-feira	17,30	3	15.680	15,68	00:10	Este material foi pesado dia 10/05, pois choveu todo o dia 04/05
5/5/2004	quarta-feira	0,80				01:50	
6/5/2004	quinta-feira	1,60				01:15	

Data	Dia da semana	P diária (mm)	No de dias anteriores sem chuva	Pesado (g)	Pesado (kg)	Ligação de bombas (horas e min)	observações
7/5/2004	sexta-feira	84,70		13.620	13,62		Choveu durante todo o dia 07/05 e um pouco na manhã do dia 08/05. Este material foi pesado dia 10/05
8/5/2004	sábado	5,40				01:55	
9/5/2004	domingo					00:30	
10/5/2004	segunda-feira					00:50	
11/5/2004	terça-feira					00:35	
12/5/2004	quarta-feira	8,80	3			00:50	
13/5/2004	quinta-feira	2,90				00:25	
14/5/2004	sexta-feira	7,80				00:35	
15/5/2004	sábado	1,30				00:15	
16/5/2004	domingo	0,10					
17/5/2004	segunda-feira						
18/5/2004	terça-feira						
19/5/2004	quarta-feira					00:45	
20/5/2004	quinta-feira			1.797	1,80	00:45	O material datado de 22/05 somente foi pesado
21/5/2004	sexta-feira						depois, como no caso anterior
22/5/2004	sábado			15.000	15,00	01:20	
23/5/2004	domingo	6,00	6			00:10	
24/5/2004	segunda-feira					00:15	
25/5/2004	terça-feira	26,50	1			02:15	
26/5/2004	quarta-feira	0,10		3.360	3,36	01:35	
27/5/2004	quinta-feira					03:30	

Data	Dia da semana	P diária (mm)	No de dias anteriores sem chuva	Pesado (g)	Pesado (kg)	Ligação de bombas (horas e min)	observações
28/5/2004	sexta-feira			680	0,68	03:45	
29/5/2004	sábado					03:05	
30/5/2004	domingo					03:20	
31/5/2004	segunda-feira						
1/6/2004	terça-feira						
2/6/2004	quarta-feira	0,20	6				
3/6/2004	quinta-feira	0,10		790	0,79		Pesado no sábado dia 05/06
4/6/2004	sexta-feira						
5/6/2004	sábado						
6/6/2004	domingo						
7/6/2004	segunda-feira						
8/6/2004	terça-feira						
9/6/2004	quarta-feira						
10/6/2004	quinta-feira	53,50	6	13.560	13,56		Pesado na terça dia 15/06
11/6/2004	sexta-feira						
12/6/2004	sábado						
13/6/2004	domingo						
14/6/2004	segunda-feira						
15/6/2004	terça-feira						
16/6/2004	quarta-feira						
17/6/2004	quinta-feira	1,80	6				Este peso de 3,45 deve ter sido influenciado também pela chuva anterior
18/6/2004	sexta-feira						
19/6/2004	sábado			3.450	3,45		

Data	Dia da semana	P diária (mm)	No de dias anteriores sem chuva	Pesado (g)	Pesado (kg)	Ligação de bombas (horas e min)	observações
20/6/2004	domingo						
21/6/2004	segunda-feira						
22/6/2004	terça-feira						
23/6/2004	quarta-feira	1,50	5				
24/6/2004	quinta-feira	16,70					
25/6/2004	sexta-feira		1				
26/6/2004	sábado	7,10					
27/6/2004	domingo	6,80					
28/6/2004	segunda-feira						
29/6/2004	terça-feira						
30/6/2004	quarta-feira		2				

ANEXO D: ALGUNS REGISTROS DE DIAS SEM VARRIÇÃO

Registros de dias sem varrição devido à chuva, segundo uma das capatazias da seção sudeste.

Data	dia da semana	logradouro	tipo	Prec. no dia (mm)
18-10-04	sábado	Bento Gonçalves entre Antônio de Carvalho e divisa com Viamão	diário	1,0
04-05-04	terça-feira	Silva Só entre P. Isabel e Ipiranga	diário	26,6
05-05-04	quarta-feira	tenente Alpoim	diário	0,6
07-05-04	sexta-feira	tenente Alpoim	diário	61,6
25-05-04	terça-feira	tenente Alpoim	diário	24,0
05-05-04	quarta-feira	Luiz Moschetti, av.	diário	26,6
07-05-04	sexta-feira	Luiz Moschetti, av.	diário	0,6
25-05-04	quarta-feira	Luiz Moschetti, av.	diário	24,0
05-05-04	quarta-feira	Bento Gonçalves entre Luis de Camões e Antônio de Carvalho	diário	0,6
07-05-04	sexta-feira	Bento Gonçalves entre Luis de Camões e Antônio de Carvalho	diário	61,6
25-05-04	quarta-feira	Bento Gonçalves entre Luis de Camões e Antônio de Carvalho	diário	24,0
10-06-04	quinta-feira	J. Pessoa entre B. Gonçalves e Ipiranga	diário	71,9
10-06-04	quinta-feira	Santana entre B. Gonçalves e Ipiranga	diário	71,9
10-06-04	quinta-feira	Silva Só entre P. Isabel e Ipiranga	diário	71,9
05-05-04	quarta-feira	Salvador França entre Ipiranga e Bento Gonçalves	segundas, quartas e sextas	26,6
07-05-04	sexta-feira	Salvador França entre Ipiranga e Bento Gonçalves	segundas, quartas e sextas	61,6
11-12-03	quinta-feira	Aparício Borges, Cel. entre Bento Gonçalves e Pedro Boticário	terças e quintas	60,7
25-05-04	terça-feira	Aparício Borges, Cel. entre Bento Gonçalves e Pedro Boticário	terças e quintas	24,0

Tabela 10.1. Dias sem varrição devido à chuva, segundo o responsável na sede da seção sudeste

Data	dia da semana	logradouro	tipo	Prec. (mm)
03-05-04	segunda-feira	Santa Teresa	diário	0,0
04-05-04	terça-feira	Menino Deus e avenidas	diário	17,3
07-05-04	sexta-feira	Menino Deus e avenidas	diário	84,7
12-05-04	quarta-feira	Menino Deus e avenidas	diário	8,8

Livros Grátis

(<http://www.livrosgratis.com.br>)

Milhares de Livros para Download:

[Baixar livros de Administração](#)

[Baixar livros de Agronomia](#)

[Baixar livros de Arquitetura](#)

[Baixar livros de Artes](#)

[Baixar livros de Astronomia](#)

[Baixar livros de Biologia Geral](#)

[Baixar livros de Ciência da Computação](#)

[Baixar livros de Ciência da Informação](#)

[Baixar livros de Ciência Política](#)

[Baixar livros de Ciências da Saúde](#)

[Baixar livros de Comunicação](#)

[Baixar livros do Conselho Nacional de Educação - CNE](#)

[Baixar livros de Defesa civil](#)

[Baixar livros de Direito](#)

[Baixar livros de Direitos humanos](#)

[Baixar livros de Economia](#)

[Baixar livros de Economia Doméstica](#)

[Baixar livros de Educação](#)

[Baixar livros de Educação - Trânsito](#)

[Baixar livros de Educação Física](#)

[Baixar livros de Engenharia Aeroespacial](#)

[Baixar livros de Farmácia](#)

[Baixar livros de Filosofia](#)

[Baixar livros de Física](#)

[Baixar livros de Geociências](#)

[Baixar livros de Geografia](#)

[Baixar livros de História](#)

[Baixar livros de Línguas](#)

[Baixar livros de Literatura](#)
[Baixar livros de Literatura de Cordel](#)
[Baixar livros de Literatura Infantil](#)
[Baixar livros de Matemática](#)
[Baixar livros de Medicina](#)
[Baixar livros de Medicina Veterinária](#)
[Baixar livros de Meio Ambiente](#)
[Baixar livros de Meteorologia](#)
[Baixar Monografias e TCC](#)
[Baixar livros Multidisciplinar](#)
[Baixar livros de Música](#)
[Baixar livros de Psicologia](#)
[Baixar livros de Química](#)
[Baixar livros de Saúde Coletiva](#)
[Baixar livros de Serviço Social](#)
[Baixar livros de Sociologia](#)
[Baixar livros de Teologia](#)
[Baixar livros de Trabalho](#)
[Baixar livros de Turismo](#)