

Taiana Gava

**ANÁLISE DAS CARACTERÍSTICAS QUE INFLUENCIAM NO
SURGIMENTO DOS RESÍDUOS SÓLIDOS URBANOS NA
REDE DE DRENAGEM DA BACIA HIDROGRÁFICA DO RIO
DO MEIO, MUNICÍPIO DE FLORIANÓPOLIS/SC**

Trabalho de Conclusão de Curso
apresentado à Universidade Federal de
Santa Catarina para Conclusão do
Curso de Graduação em Engenharia
Sanitária e Ambiental.
Orientador: Prof. Dr. Alexandra
Rodrigues Finotti

Florianópolis
2012

Taiana Gava

**ANÁLISE DAS CARACTERÍSTICAS QUE INFLUENCIAM NO
SURGIMENTO DOS RESÍDUOS SÓLIDOS URBANOS NA
REDE DE DRENAGEM DA BACIA HIDROGRÁFICA DO RIO
DO MEIO, MUNICÍPIO DE FLORIANÓPOLIS/SC**

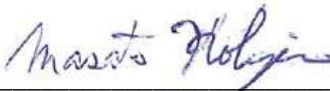
Este Trabalho de Conclusão de Curso foi julgado adequado para obtenção do Título de Engenheiro Sanitarista e Ambiental e aprovado em sua forma final pela banca examinadora.

Florianópolis, 03 de julho de 2012.

Banca Examinadora:



Prof.ª Alexandra Rodrigues Finotti, Dr.ª
Orientadora
Universidade Federal de Santa Catarina



Prof. Masato Kobiyama, Dr.
Universidade Federal de Santa Catarina



Eng. Bruno Vieira Luiz.
Companhia Melhoramentos da Capital

*Dedico este trabalho a minha família
e aos meus amigos, que me apoiaram
e ajudaram a construir minha vida.*

AGRADECIMENTOS

Gostaria de agradecer ao meu namorado, Gabriel Balparda Fasola, não apenas por ter me ajudado em meu TCC, mas por todos os anos de faculdade ao meu lado.

Gostaria de agradecer minha família por todo apoio nestes 6 anos de faculdade e por toda a minha existência. Sei que alguns momentos não foram fáceis, mas foram nestes mesmos momentos que eu aprendi, cresci e me tornei uma pessoa melhor.

Quero agradecer também a minha irmã do coração Débora Gastal, que mesmo não tendo domínio na área de engenharia, leu, corrigiu e opinou sobre meu trabalho. Minha eterna gratidão por isso e por inúmeras outras coisas.

Agradeço a minha orientadora Alexandra Finotti por ter incentivado meu trabalho e ajudado a construí-lo.

Agradeço ao Laboratório de Resíduos Sólidos do Departamento de Eng. Sanitária e Ambiental, por ter cedido as suas instalações para a realização deste trabalho; ao Laboratório de Energia Solar do Departamento de Eng. Mecânica, por ter cedido os dados de precipitação; e a Companhia de Melhoramentos da Capital por ter fornecido os dados sobre a gestão da área de estudo.

Por fim, agradeço a todos aqueles que acreditaram no meu trabalho, que não acharam que fosse uma maluquice, apesar de que eu mesma em alguns momentos acreditar que fosse... mas que graça teria se não fosse assim?!

“Frequentemente, a formulação de um problema é mais essencial que sua solução.”

(Albert Einstein)

RESUMO

A rede de drenagem urbana está entre as principais responsáveis pela veiculação de cargas poluidoras. A identificação de fontes geradoras desta poluição e estudos referentes à quantificação e classificação dos resíduos transportados na rede de drenagem torna-se de relevante importância para a avaliação correta do seu potencial poluidor. Neste sentido, este trabalho teve como objetivo analisar as principais características que influenciam no surgimento dos resíduos sólidos na rede de drenagem da Bacia do Rio do Meio, Florianópolis/SC, através da caracterização destes e posterior análise. Como resultados foram obtidos que aproximadamente 0,27 kg/ha de resíduos são veiculados na rede de drenagem por ano; sendo a maioria composta por plásticos e materiais de construção. Outro fator que chamou atenção entre os materiais encontrados foi a periculosidade dos mesmos e a questão do microlixo. Através da análise dos dados pode-se constatar que o surgimento dos resíduos na rede de drenagem é devido a focos isolados de mau acondicionamento, localizados no Campus Universitário da UFSC, e pela falta de varrição em alguns pontos da bacia. Constatou-se também que o total de precipitação é diretamente proporcional ao surgimento dos resíduos sólidos e que as características da bacia não possuem influência, como esperado. Com a descoberta destes fatores verificou-se que a falta de uma gestão integrada entre os componentes do saneamento deixam passar despercebidas medidas estruturais simples que acabam por diminuir a quantidade de resíduos sólidos drenados na Bacia do Rio do Meio, eliminando assim esta fonte de poluição.

Palavras-chave: drenagem urbana, resíduos sólidos, gestão integrada.

ABSTRACT

The urban drainage network is one of the most important factors for the transmission of pollutant loads. The identification of sources that generate the pollution and studies related to the quantification and classification of the waste transported in the drainage network becomes important for the correct assessment of its potential. Thus, this study aimed to analyze the main characteristics that influence on the emergence of solid waste in the drainage network of the Rio do Meio basin, Florianópolis / SC, through the characterization of these waste and posterior analysis. The results obtained show that about 0.27 kg / ha of waste are conveyed in the drainage network by year, the majority being composed of plastics and building materials. Another point that called the attention in the analysis of the material found was the danger of the same and the question of “microgarbage”. Through the analysis of the data, it was possible to verify that the emergence of waste in the drainage network is due to poor packaging of isolated foci located on the University Campus at UFSC, and to the lack of sweeping in some parts of the basin. It was also found that the total precipitation is directly proportional to the appearance of solid waste and that the characteristics of the basin have no influence, as expected. With the finding of these factors it was concluded that the lack of an integrated management between the components of sanitary system leave unnoticed simple structural measures that ultimately decrease the amount of solid waste in the drainage basin of Rio do Meio, and that could eliminate this source of pollution.

Keywords: urban drainage, solid waste, integrated management.

LISTA DE FIGURAS

Figura 3. 1. Bacia estudada em Melbourne.	54
Figura 3. 2. Componentes dos resíduos sólidos: dois eventos em Melbourne.	55
Figura 3. 3. Localização geográfica da Bacia Hidrográfica Cancela e Alto da Colina, no município de Santa Maria – RS.	58
Figura 3. 4. Esquema da armadilha utilizada para captação de resíduos sólidos na Bacia Esperança, no município de Santa Maria - RS.	61
Figura 3. 5.a. SCS e b. CDS.	63
Figura 3. 6. Melhores arranjos de estudo de estruturas autolimpantes..	64
Figura 3. 7. Rede coletora de resíduo na Bacia Hidrográfica Alto da Colina.	65
Figura 3. 8. a. SEPT e b. Bolsa de Nylon.....	66
Figura 4. 1. Localização da área de estudo.....	67
Figura 4. 2. Mapa de uso e ocupação do solo na bacia de estudo.	69
Figura 4. 3. Trecho superior da bacia de estudo.....	71
Figura 4. 4. Trecho inferior da bacia de estudo.....	72
Figura 4. 5. Hipsometria da bacia de estudo.	73
Figura 4. 6. Localização da estrutura de monitoramento.	74
Figura 4. 7. Esquema da estrutura de retenção dos RSDre (sem escala).	75
Figura 4. 8. Seção do canal.	75
Figura 4. 9. Estufa de secagem - LARESO.....	77
Figura 4. 10. Balança de pesagem - LARESO.....	77
Figura 5. 1. Tela de monitoramento após primeiro evento de precipitação.	81
Figura 5. 2. Detalhe da abertura lateral na tela de monitoramento após primeiro evento de precipitação.	82
Figura 5. 3. Quantidade de pontas de cigarro encontradas no quarto evento de precipitação.....	87
Figura 5. 4. Resíduos encontrados no primeiro evento de precipitação.	88
Figura 5. 5. Localização das áreas sobre responsabilidade da Prefeitura Universitária da UFSC e COMCAP.....	91
Figura 5. 6. Local onde ocorre a retenção de resíduos devido as características do fundo do canal; dependências da UFSC.	92
Figura 5. 7. Foco de contribuição de resíduos sólidos próximo ao leito do rio.	94

Figura 5. 8. Estrutura de acondicionamento de resíduos sólidos próximo ao Centro de Cultura e Eventos da UFSC.	95
Figura 5. 9. Ponto irregular de acondicionamento de resíduos (próximo a estrutura de monitoramento).	96
Figura 5. 10. Ponto irregular de acondicionamento de resíduos (a montante da estrutura de monitoramento).....	96
Figura 5. 11. Ponto irregular de depósito de resíduos.	97
Figura 5. 12. Pontos de contaminação por efluente doméstico.	99
Figura 5. 13. Rio em suas condições aparentemente normais.....	99
Figura 5. 14. Gráficos comparativos de correlação entre resíduos sólidos drenados e a precipitação total para diferentes bacias.....	102

LISTA DE QUADROS

Quadro 3. 1. Classificação dos resíduos sólidos segundo sua origem...	45
Quadro 3. 2. Classificação dos resíduos sólidos segundo suas características.	47

LISTA DE GRÁFICOS

Gráfico 3. 1. Geração e coleta de resíduos sólidos urbanos no Brasil... 41	
Gráfico 5. 1. Resultados do monitoramento dos RSDre.....	83
Gráfico 5. 2. Composição gravimétrica dos RSDre coletados.	85
Gráfico 5. 3. Porcentagem de itens dos RSDre coletados.	85
Gráfico 5. 4. Correlação entre resíduos sólidos drenados e a intensidade de precipitação para a Bacia do Rio do Meio.....	101
Gráfico 5. 5. Correlação entre resíduos sólidos drenados e a precipitação total para a Bacia do Rio do Meio.....	101

LISTA DE TABELAS

Tabela 3. 1. Crescimento da população brasileira e a taxa de urbanização	34
Tabela 3. 2. Resumo de quantificações de resíduos sólidos em sistemas de drenagem urbana.	51
Tabela 3. 3. Resumo da composição dos resíduos sólidos em sistemas de drenagem urbana.	53
Tabela 3. 4. Resultados do monitoramento em Melbourne, Austrália. .	55
Tabela 3. 5. Resumo da quantificação de resíduos sólidos no sistema de drenagem na Cidade do Cabo.....	57
Tabela 5. 1. Resumo dos resultados do monitoramento dos RSDre.....	83
Tabela 5. 2. Relação entre uso e ocupação do solo e a quantidade de RSDre.....	89
Tabela 5. 3. Relação entre a área da bacia e a quantidade de RSDre. ...	90
Tabela 5. 4. Quantidade de RSDre e as características da precipitação.	100
Tabela 5. 5. Relação entre os dias secos antecedentes ao evento e a quantidade de RSDre.....	103

LISTA DE ABREVIATURAS E SIGLAS

LARESO - Laboratório de Resíduos Sólidos

LABSOLAR - Laboratório de Energia Solar

RSDre - resíduos sólidos drenados

RS - Rio Grande do Sul

SC - Santa Catarina

UFSC - Universidade Federal de Santa Catarina

SUMÁRIO

1. INTRODUÇÃO	27
2. OBJETIVOS	29
2.1. OBJETIVO GERAL	29
2.2. OBJETIVOS ESPECÍFICOS	29
3. REVISÃO BIBLIOGRÁFICA	31
3.1. DRENAGEM URBANA	31
3.1.1. escoamento superficial	32
3.1.2. Impactos no sistema de drenagem urbana	34
3.1.2.1. Poluição difusa.....	36
3.1.3. Legislação aplicada à rede de águas pluviais	37
3.2. RESÍDUOS SÓLIDOS	40
3.2.1. Acondicionamento e coleta dos resíduos sólidos	42
3.2.2. Limpeza pública	42
3.2.3. Classificação dos resíduos sólidos	44
3.2.3.1. Características físicas.....	47
3.3. RESÍDUOS SÓLIDOS NA DRENAGEM URBANA	48
3.3.1. Principais fontes dos resíduos sólidos em bacias urbanas	49
3.3.2. Estudos realizados	50
3.3.2.1. Pesquisas no Brasil	58
3.3.3. Classificação dos resíduos sólidos drenados	61
3.3.4. Mecanismos de retenção	62
4. METODOLOGIA	67
4.1. ÁREA DE ESTUDO.....	67
4.2. ESTRUTURA DE RETENÇÃO DOS RESÍDUOS SÓLIDOS DRENADOS	74
4.3. QUANTIFICAÇÃO E CARACTERIZAÇÃO DOS RESÍDUOS SÓLIDOS DRENADOS	76

4.4. ANÁLISE DE DADOS	78
5. RESULTADOS E DISCUSSÃO.....	81
5.1. QUANTIFICAÇÃO E CLASSIFICAÇÃO DOS RESÍDUOS SÓLIDOS DRENADOS.....	81
5.2. ANÁLISE ENTRE AS CARACTERÍSTICAS DA BACIA E O SURGIMENTO DOS RESÍDUOS SÓLIDOS DRENADOS	88
5.3. ANÁLISE ENTRE OS ELEMENTOS DE GESTÃO DOS RESÍDUOS SÓLIDOS E O SURGIMENTO DOS RESÍDUOS SÓLIDOS DRENADOS.....	90
5.4. ANÁLISE ENTRE A PRECIPITAÇÃO E O SURGIMENTO DOS RESÍDUOS SÓLIDOS DRENADOS	100
6. CONCLUSÕES E RECOMENDAÇÕES.....	105
REFERÊNCIA BIBLIOGRÁFICA	109
APÊNDICE A – Planilha de monitoramento	115
APÊNDICE B – Planilha de resultados por evento	117
ANEXO A – Mapa de localização do roteiro CS5V.....	123
ANEXO B – Mapa de localização do roteiro C6DN	125

1. INTRODUÇÃO

O crescimento urbano desordenado tem causado uma série de impactos ambientais e preocupações por parte da população e seus gestores, tornando cada vez mais necessária a identificação dos fatores que influenciam na qualidade do meio ambiente. A gestão inadequada da infraestrutura de saneamento é uma das causas dos impactos ambientais e da perda de qualidade de vida, sobretudo nos países em desenvolvimento, que ainda não possuem uma base sólida e bem estruturada no que diz respeito ao saneamento.

Segundo Neves e Tucci (2008a) os componentes de saneamento possuem uma forte interface entre si, impelindo o desenvolvimento urbano com base na gestão integrada, porém o que se percebe é que apenas os problemas são vistos de maneira integrada.

Como afirma Pompêo (2000), o planejamento das atividades urbanas relacionadas à água deve estar vinculado ao próprio planejamento urbano, integrando a gestão de recursos hídricos e o saneamento ambiental. Marques (2006) *apud* Silva (2010) reforça que o planejamento dos serviços relacionados à água deve ser integrado ao próprio planejamento e desenvolvimento urbano, abrangendo desde o desenho da malha urbana, zoneamento de atividades, sistema viário de transportes e os demais serviços de saneamento, tais como coleta e disposição final de resíduos sólidos, abastecimento de água, coleta e tratamento de efluentes domésticos e pluviais. Neste contexto, têm-se a problemática dos resíduos sólidos veiculados na rede de drenagem urbana.

A rede de drenagem urbana está entre as principais responsáveis pela veiculação de cargas poluidoras, constituindo-se em um importante fator de degradação dos corpos hídricos (TUCCI *et al*, 1995). Esta poluição é gerada pelo escoamento superficial da água proveniente das chuvas em zonas urbanas e é dita de origem difusa, uma vez que provém de diferentes atividades que depositam poluentes de forma distribuída sobre a área de contribuição da bacia hidrográfica.

Este depósito de poluentes de forma distribuída envolve ligações clandestinas de esgotos, abrasão e desgaste das ruas e dos veículos, os resíduos sólidos urbanos acumulados nas ruas e nas calçadas, as atividades de construção, poluentes do ar, entre outros, conforme afirmam Tucci *et al* (1995).

Os resíduos sólidos urbanos, conforme Tucci (2002) são os principais responsáveis pela produção de material sólido em uma bacia hidrográfica urbana de ocupação consolidada, com menor parcela de

sedimentos de algumas áreas de construção ou sem cobertura consolidada. Dentre os principais efeitos dos resíduos sólidos sobre o sistema de drenagem pode-se citar: obstrução dos canais, aumento da frequência de inundações, contaminação das águas pluviais e aumento de custos para manutenção do sistema.

Tucci (2002) ainda afirma que a totalidade de material sólido que chega à drenagem é devida à frequência e cobertura da coleta de resíduos sólidos, frequência da limpeza das ruas, forma de disposição do lixo pela população e frequência de precipitação. Existem ainda outros fatores como o uso e ocupação do solo, perfil social dos ocupantes, valor econômico dos resíduos e a população transeunte, que podem influenciar na presença de resíduos nas redes de drenagem.

A identificação destas fontes geradoras de poluição e estudos referentes à quantificação e classificação dos resíduos transportados na rede de drenagem torna-se de grande importância para a avaliação correta do seu potencial poluidor, dos impactos gerados e também para a determinação de medidas de controle adequadas (BRITES, 2005).

Estas medidas de controle podem ser estruturais ou não estruturais. Neves (2006) comenta que as medidas não estruturais são as mais eficientes, mas que necessitam de um planejamento de longo prazo, pois envolvem mudanças de comportamento. 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 que entram no sistema de drenagem pluvial, por exemplo.

No Brasil e a nível internacional, são escassos os dados sobre a quantidade de resíduos sólidos urbanos na rede de drenagem, conseqüentemente não se sabe quais características que influenciam no seu surgimento, os quais são essenciais para uma adequada gestão e redução destes sobre os sistemas. Assim, trabalhos que envolvam a caracterização dos resíduos e a análise das fontes são de grande importância, pois geram informações de apoio ao gerenciamento integrado dos recursos hídricos no meio urbano (SILVA, 2010).

Conforme apresentado, este trabalho tem como objetivo analisar as principais características de bacias hidrográficas que influenciam no surgimento dos resíduos sólidos urbanos na rede de drenagem em uma bacia hidrográfica localizada na Unidade Territorial de Planejamento Urbano do Itacorubi, Florianópolis/SC, através da caracterização destes e posterior análise. Com a determinação destes fatores poderão ser discutidas medidas de controle na fonte estruturais e não estruturais, evitando a propagação do problema.

2. OBJETIVOS

2.1. OBJETIVO GERAL

Analisar as características que influenciam no surgimento dos resíduos sólidos na rede de drenagem urbana na Bacia Hidrográfica do Rio do Meio, município de Florianópolis/SC.

2.2. OBJETIVOS ESPECÍFICOS

- Caracterizar os resíduos sólidos que atingem o sistema de drenagem da bacia hidrográfica;
- Analisar a influencia das características da bacia hidrográfica no surgimento dos resíduos sólidos drenados;
- Analisar a influencia de alguns elementos da gestão dos resíduos sólidos no surgimento dos resíduos sólidos drenados;
- Analisar a influencia dos eventos de precipitação no surgimento dos resíduos sólidos drenados.

3. REVISÃO BIBLIOGRÁFICA

3.1. DRENAGEM URBANA

O sistema de drenagem faz parte do conjunto de melhoramentos públicos existentes em uma área urbana, assim como as redes de água, de esgotos sanitários, pavimentação de ruas, e outros. Segundo a Lei nº 11.445 de 2007, que estabelece diretrizes para o saneamento básico, a drenagem urbana é definida como:

Art 3. § I - d) drenagem e manejo das águas pluviais urbanas: conjunto de atividades, infra-estruturas e instalações operacionais de drenagem urbana de águas pluviais, de transporte, detenção ou retenção para o amortecimento de vazões de cheias, tratamento e disposição final das águas pluviais drenadas nas áreas urbanas (BRASIL, 2007);

O sistema tradicional de drenagem urbana pode ser dividido em microdrenagem e macrodrenagem. O sistema inicial de drenagem ou de microdrenagem é aquele composto pelos pavimentos das ruas, guias e sarjetas, bocas de lobo, rede de galerias de águas pluviais e, também, canais de pequenas dimensões (SÃO PAULO, 1999). Já o sistema de macrodrenagem é constituído, em geral, por canais de maiores dimensões e envolve os sistemas coletores de diferentes sistemas de microdrenagem. É responsável pelo escoamento final das águas, a qual pode ser formada por canais naturais ou artificiais, galerias de grandes dimensões e estruturas auxiliares. A macrodrenagem de uma zona urbana corresponde à rede de drenagem natural pré-existente nos terrenos antes da ocupação (BRASIL, 2006).

Esses sistemas encaixam-se no contexto do controle do escoamento superficial direto, tendo tradicionalmente como base o enfoque orientado para o aumento da condutividade hidráulica do sistema de drenagem, ou seja, para a coleta das águas do escoamento superficial direto, seguida de rápido transporte dessas águas até o ponto de despejo, a fim de minimizar os danos e interrupções das atividades dentro da área de coleta (SÃO PAULO, 1999).

Recentemente tem-se buscado um novo enfoque para o sistema de drenagem urbana, mudando tanto o conceito de escoamento rápido das águas, criando mecanismos de amortização e redução de seus

volumes, como também prevendo a gestão integrada com outros setores do saneamento.

Uma definição mais abrangente, segundo Pompêo (2000), busca uma perspectiva da sustentabilidade associada à drenagem urbana, o que introduz uma nova forma de direcionamento das ações, baseada no reconhecimento da complexidade das relações entre os ecossistemas naturais, o sistema urbano artificial e a sociedade. Esta definição eleva o conceito de drenagem à drenagem urbana sustentável.

Estas mudanças tornam-se mais fáceis para áreas ainda em desenvolvimento, mas podem ser utilizadas em áreas de urbanização mais consolidadas, desde que as ações e as novas infraestruturas sejam bem planejadas. Este novo enfoque não dispensa, contudo, a suplementação por sistemas de micro e macrodrenagem e a busca de melhorias nos sistemas já implantados.

3.1.1. escoamento superficial

O escoamento superficial, ou precipitação excedente, é o seguimento do ciclo hidrológico que explica o deslocamento das águas na superfície da Terra (PINTO *et al*, 1976). É a parcela de precipitação total que escoia inicialmente pela superfície do solo, concentrando-se em enxurradas e, posteriormente, em cursos de água maiores e mais bem definida (TUCCI *et al*, 1995).

O escoamento superficial inicia-se através da precipitação pluviométrica, sendo parte dela interceptada pela vegetação, parte infiltra no solo e parte pode ser retida em depressões da superfície do terreno. Se a duração da chuva continuar, após o preenchimento dessas depressões, terá início o escoamento superficial propriamente dito. Assim, a água que escoia sob a superfície do solo, sem infiltrar, formará a enxurrada que irá compor, junto com o escoamento de base, os córregos, ribeirões, rios, lagos e reservatórios (PINTO *et al*, 1976).

Tucci *et al* (1995) distingue duas abordagens principais para o cálculo da chuva excedente:

- 1) Através de relações funcionais que levam em conta o total precipitado, o tipo de solo, sua ocupação, umidade antecedente, etc.
- 2) Através das perdas por infiltração, interceptação, retenção e outras, determinando a chuva excedente através da diferença entre o total de precipitação e as perdas.

A primeira abordagem se baseia em relações empíricas e fornece resultados satisfatórios, porém são de frágil fundamentação teórica. Já a segunda abordagem se baseia em fórmulas de infiltração, que procuram representar os processos físicos que ocorrem na camada superior do solo. A maior dificuldade na aplicação destes métodos reside na escolha dos parâmetros das fórmulas de infiltração (TUCCI *et al*, 1995).

Segundo Garcez e Alvarez (1976) pode-se indicar os seguintes fatores principais, ligados às características da bacia contribuinte, que influem sobre o afluxo de água a uma seção de drenagem:

- a) Área e forma da bacia de contribuição: quanto maior a área da bacia, maior a vazão gerada. Além disso, as variações de vazão instantânea são tanto mais notáveis quanto menor a área da bacia;
- b) Conformação topográfica da bacia de contribuição, em particular declividades, depressões e represamentos: bacias íngremes produzem escoamento superficial mais rápido e mais volumoso, por ser menor a chance de infiltração. Já a presença de depressões acumuladoras de água retarda o escoamento superficial, que passa a ocorrer somente após terem sido excedidas estas capacidades retentoras. O traçado e a declividade dos cursos d'água definem a maior ou menor velocidade com que a água de chuva escoar pela bacia e atinge as calhas naturais;
- c) Condições de superfície do solo e constituição geológica do subsolo (uso e ocupação do solo, coeficiente de permeabilidade, capacidade de infiltração, vegetação, etc.): a permeabilidade do solo influi diretamente na capacidade de infiltração, isto é, quanto mais permeável for o solo, menor será o volume de água gerado no escoamento superficial, sendo que a permeabilidade depende das características próprias do solo, como também das modificações realizadas pelo homem;
- d) Obras de utilização e controle da água a montante: drenagem artificial, canalização e retificação de cursos d'água.

Ainda existem os fatores ligados a precipitação que resultam das características de intensidade e duração da precipitação, bem como da ocorrência de uma precipitação anterior. Quanto a essas características, pode-se afirmar:

- a) Quanto maior a intensidade da precipitação, mais rápido o solo fica saturado, mais rápido pode ocorrer o fenômeno de escoamento;
- b) A duração da precipitação tem influência direta no escoamento superficial, pois, para chuva de intensidade constante, haverá tanto mais oportunidade de ocorrer escoamento quanto maior for a sua duração;
- c) A precipitação que ocorre sobre o solo úmido possui maior probabilidade de produzir escoamento superficial.

3.1.2. Impactos no sistema de drenagem urbana

O desenvolvimento urbano no Brasil tem sido acelerado nas últimas décadas (Tabela 3.1) e tem produzido impactos significativos na infraestrutura de recursos hídricos. Um dos principais impactos tem ocorrido na drenagem urbana, na forma de aumento da frequência e magnitude de inundações e deterioração da qualidade das águas drenadas (TUCCI, 2002).

Tabela 3. 1. Crescimento da população brasileira e a taxa de urbanização

Ano	População [milhões de habitantes]	Taxa de urbanização [%]
1940	41,2	31,24
1950	51,9	36,16
1960	71,0	45,08
1970	94,5	55,94
1980	121,1	67,59
1991	146,9	75,59
2000	169,6	81,23
2009	190,8	89,00

Fonte: BRASIL (2011)

O escoamento superficial pode produzir impactos devido a dois processos, que ocorrem isoladamente ou de forma integrada (PORTO ALEGRE, 2005): inundações de áreas ribeirinhas e inundações devido à urbanização. As inundações das áreas ribeirinhas são processos naturais nos quais o rio escoar pelo seu leito maior, porém tornam-se impactantes quando há a ocupação destas áreas de risco. As inundações devido à urbanização são originadas pela impermeabilização do solo, pela má

projeção das obras, pela falta de manutenção nas redes pluviais e pela obstrução do escoamento.

As inundações de áreas ribeirinhas são decorrentes do processo natural do ciclo hidrológico. Os impactos sobre a população são causados principalmente pela ocupação inadequada destas áreas, as quais ocorrem devido à falta de políticas públicas que impeçam esta ocupação. Com as inundações, as águas são contaminadas por materiais tóxicos, pelos resíduos sólidos armazenados de forma incorreta, pelas estações de tratamento e outros equipamentos urbanos, transportam doenças, trazendo prejuízos materiais e humanos para a população.

Os impactos devido à urbanização são mais significativos, pois interferem em diversos aspectos do sistema de drenagem, e conseqüentemente na população. Com a urbanização ocorre a impermeabilização do solo e são introduzidos condutos para escoamento pluvial, reduzindo a infiltração no solo e aumentando o escoamento superficial. Os condutos reduzem o tempo de escoamento das águas com velocidades maiores, aumentando também as vazões e antecipando seus picos no tempo (PORTO ALEGRE, 2005).

Com desenvolvimento urbano, o aumento dos sedimentos produzidos na bacia hidrográfica é significativo, devido às construções, limpeza de terrenos, construção de ruas, avenidas e rodovias entre outras causas. Após certo estágio de desenvolvimento começa a interferência dos resíduos sólidos na rede de drenagem, ocasionando ainda mais obstrução da rede. Os sedimentos e o material sólido, além de causarem assoreamento das seções de drenagem, acabam transportando poluentes.

Uma das principais limitações no desenvolvimento das cidades é a falta do gerenciamento correto das águas urbanas, sendo os principais problemas a falta de coleta e tratamento dos esgotos domésticos (TUCCI, 2002). Apesar de nos últimos anos as empresas de saneamento terem investido em redes coletoras de esgoto e em sistemas de tratamento, é alta a quantidade de esgoto doméstico lançados na rede pluvial. Esta situação ocorre devido à má elaboração e execução de projetos, que não preveem as ligações de saídas dos habitantes ou condomínios às redes, e até mesmo ocorre pela falta de interesse por parte das empresas, que muitas vezes cobram pelo serviço, mesmo sem que este seja realizado, além da falta de fiscalização.

A forma desorganizada como a infraestrutura urbana é implantada também gera impactos na drenagem, podendo ser citadas: pontes e taludes de estradas que obstruem o escoamento, redução de seção do escoamento por aterros, deposição e obstrução de rios, canais e

condutos por resíduos e sedimentos, e projetos e obras de drenagem inadequadas.

Segundo Tucci (2002) para o controle destes impactos é necessário desenvolver uma série de ações ordenadas de forma a buscar equilibrar o desenvolvimento com as condições ambientais dos cidadãos, sendo essencial uma gestão eficiente na manutenção de drenagem e na fiscalização das regulamentações. Ele ainda afirma, juntamente com Neves e Tucci (2008a), que o desenvolvimento urbano envolve a implementação de infraestrutura de saneamento básico, tendo estes uma forte relação entre si, impelindo o desenvolvimento urbano com base na gestão integrada, pois quando vistos separadamente resultaram em prejuízos para a sociedade.

3.1.2.1. Poluição difusa

A poluição difusa é uma forma de contaminação intermitente nos corpos hídricos, com diversas origens e de grande variabilidade na concentração de poluentes. Pode ser gerada pelo escoamento superficial, em áreas urbanas e rurais, proveniente da deposição de poluentes, de maneira esparsa, sobre a área contribuinte da bacia hidrográfica; ou devido ao lançamento de esgoto doméstico não tratado, de despejos industriais, resíduo acumulado nas ruas e calçadas, entre outros.

Esta poluição apresenta-se de forma bastante diversificada e depende de fatores como uso e ocupação do solo, densidade populacional, estações do ano, topografia, geologia e das características e frequência das precipitações (BRITES, 2005).

Grande parte da poluição difusa gerada em áreas urbanas tem origem no escoamento superficial sobre áreas impermeáveis, áreas em fase de construção, depósitos de resíduos e outros (TUCCI, 1995). O escoamento superficial transporta o material solto ou solúvel para os corpos hídricos, sendo a rede de drenagem responsável por esta veiculação. Dependendo da intensidade das chuvas e do nível de impermeabilização do solo, ou seja, da velocidade resultante do escoamento, há uma maior ou menor carga poluidora, sendo maior para maiores velocidades.

A rede de drenagem urbana está entre as principais responsáveis pela veiculação de cargas poluidoras (TUCCI *et al*, 1995). Esta poluição pode ser gerada, como visto anteriormente, pelo escoamento superficial, pelas ligações clandestinas de esgotos, pelos resíduos sólidos urbanos acumulados nas ruas e nas calçadas, pelas atividades de construção, pela falta de conscientização da população, entre outros.

A identificação das fontes geradoras do material carregado pelo escoamento superficial, que constitui a poluição difusa, permite avaliar corretamente seu potencial poluidor e os impactos gerados, e propor medidas de controle adequadas (TUCCI, 1995). Dentre as principais fontes destaca-se a deposição de poluentes nas ruas, estes originados principalmente pelo desgaste do pavimento, por veículos e resíduos sólidos.

Segundo Neves e Tucci (2008a), a quantidade de resíduos deixados nas ruas depende da densidade de ocupação da área, do movimento de pedestres e veículos, frequência de limpeza das ruas e coleta dos resíduos, o tipo de disposição dos resíduos e da educação da população.

Dentro do contexto de controle da poluição através de cargas difusas, Tucci (1995) ressalta que o mesmo deve ser feito através de ações sobre a bacia hidrográfica, tendo em vista a redução das cargas poluidoras antes do lançamento da drenagem no corpo receptor. Essa forma de controle é alcançada através de um conjunto de medidas capazes de reduzir o potencial poluidor das águas de drenagem, são elas: medidas estruturais e medidas não-estruturais.

As medidas estruturais são constituídas por medidas físicas de engenharia, destinadas a desviar, deter, reduzir ou escoar com maior rapidez e menores níveis as águas do escoamento superficial direto e/ou remover poluentes do escoamento, evitando assim os danos e interrupções de atividades (SÃO PAULO, 1999). Elas envolvem grande quantidade de recursos e resolvem somente problemas específicos e localizados. Isso não significa que esse tipo de medida seja totalmente descartável (PORTO ALEGRE, 2005).

As medidas não estruturais envolvem aspectos educacionais, de natureza comportamental, e geralmente são implantadas em longo prazo. O envolvimento do público é indispensável para o sucesso dessa implantação. A inexistência do suporte de medidas não estruturais é apontada, atualmente, como uma das maiores causas de problemas de drenagem nos centros mais desenvolvidos (SÃO PAULO, 1999). A utilização balanceada, tanto em medidas estruturais quanto não estruturais, pode minimizar significativamente os prejuízos causados pelas inundações.

3.1.3. Legislação aplicada à rede de águas pluviais

Não existe hoje no país uma regulação específica para emprego de dispositivos de controle do escoamento pluvial na cidade, entretanto

a legislação brasileira nas esferas federal, estadual e municipal dispõe de instrumentos legais que podem ser utilizados. Tucci (2002) afirma que as legislações que envolvem a drenagem urbana e as inundações ribeirinhas estão relacionadas com recursos hídricos, uso e ocupação do solo e licenciamento ambiental.

Quanto aos recursos hídricos, a Constituição Federal Brasileira de 1988 define o domínio dos corpos d'água através do Artigo 20, Inciso III e do Artigo 26, Inciso I:

Art. 20. São bens da União:

III - os lagos, rios e quaisquer correntes de água em terrenos de seu domínio, ou que banhem mais de um Estado, sirvam de limites com outros países, ou se estendam a território estrangeiro ou dele provenham, bem como os terrenos marginais e as praias fluviais;

Art. 26. Incluem-se entre os bens dos Estados:

I - as águas superficiais ou subterrâneas, fluentes, emergentes e em depósito, ressalvadas, neste caso, na forma da lei, as decorrentes de obras da União (BRASIL, 1988);

Ainda na Constituição Federal, no Artigo 21, estabelece como responsabilidade da União o gerenciamento dos recursos hídricos, através dos incisos:

XVIII - planejar e promover a defesa permanente contra as calamidades públicas, especialmente as secas e as inundações;

XIX - instituir sistema nacional de gerenciamento de recursos hídricos e definir critérios de outorga de direitos de seu uso;

XX - instituir diretrizes para o desenvolvimento urbano, inclusive habitação, saneamento básico e transportes urbanos (BRASIL, 1988);

A Política Nacional dos Recursos Hídricos (Lei Federal nº 9.433 de 97) institui o Sistema Nacional de Gerenciamento de Recursos Hídricos, conforme estipulado Inciso XIX, do Artigo 21 da Constituição Federal, tornando-se mais uma ferramenta para a gestão das águas, na falta de legislação específica (BRASIL, 1997).

A Política Nacional de Saneamento Básico, Lei 11.445 de 2007, estabelece diretrizes nacionais para o saneamento básico no Brasil, e dentre os princípios fundamentais tem-se:

Art. 2º Os serviços públicos de saneamento básico serão prestados com base nos seguintes princípios fundamentais:

IV - disponibilidade, em todas as áreas urbanas, de serviços de drenagem e de manejo das águas pluviais adequados à saúde pública e à segurança da vida e do patrimônio público e privado (BRASIL, 2007);

Algumas legislações estaduais de recursos hídricos estabelecem critérios para outorga do uso da água, mas não legislam sobre a outorga relativa ao despejo de efluentes na drenagem (TUCCI, 2002). As legislações ambientais, nos âmbitos federal, estadual e municipal, estabelecem normas e padrões de qualidade dos corpos d'água e de lançamento de despejos, mas não definem restrições com relação aos efluentes da drenagem pluvial urbana lançado nos rios (MARQUES, 2006).

Dentro desse contexto, o lançamento do escoamento pluvial no meio urbano deve ser objeto de outorga e de controle a ser previsto no plano diretor de bacia. Como esses procedimentos ainda não estão sendo exigidos pelos estados, não existe uma grande preocupação pela sociedade para redução dos impactos negativos resultantes do lançamento das águas pluviais na rede de drenagem (TUCCI, 2002).

Na esfera municipal, observa-se a falta de ordenamento legal visando ao controle da qualidade da água dos mananciais urbanos, mesmo sabendo que boa parte dos problemas de contaminação desses mananciais se deve à baixa cobertura da rede coletora de esgoto e às ligações clandestinas à rede de drenagem (RIGHETTO, 2009).

Em cada município existe uma legislação específica definida pelo Plano Diretor Urbano que estabelece mecanismos de gestão a infraestrutura urbana, envolvendo aspectos ambientais, porém dificilmente aborda a drenagem urbana. Esta dificuldade é apontada por Tucci (2002) devido a profissionais desatualizados, falta de fiscalização e controle e a contaminação das águas por esgoto doméstico e resíduos sólidos. Righetto (2009) complementa que as ações de controle do escoamento no meio urbano incluem medidas restritivas, que encontram resistência de parte da população, fazendo com que o poder público muitas vezes não se interesse em torná-las realidade.

De modo geral não existe legislação específica que trata sobre a qualidade da água originada no escoamento superficial que aporta na

rede de drenagem pluvial. O que existe são leis que de uma maneira geral dão diretrizes de como gerenciar as águas pluviais, ficando a critério do poder executivo a maneira de como serão executadas.

3.2. RESÍDUOS SÓLIDOS

Os resíduos sólidos são os subprodutos heterogêneos resultantes da atividade humana, industrial e da natureza, considerados como inúteis, indesejáveis ou descartáveis. Conforme NBR nº 10.004 (ABNT, 2004) são considerados resíduos sólidos, aqueles que resultam de atividades de origem industrial, doméstica, hospitalar, comercial, agrícola, de serviços e de varrição. Ficam incluídos nesta definição os efluentes provenientes de sistemas, equipamentos e instalações de controle de poluição e tratamento, bem como determinados líquidos cujas particularidades tornem inviável o seu lançamento na rede pública de esgotos ou corpos de água, ou exijam para isso soluções técnicas e economicamente inviáveis diante à melhor tecnologia disponível.

Para Neves e Tucci (2008a), o total dos resíduos sólidos em uma unidade urbana como a bacia hidrográfica, num determinado tempo, é originado pela soma dos resíduos coletados nas residências e estabelecimentos, pelo total limpo em locais públicos e pelo total que alcança a rede de drenagem. Uma maior eficiência na coleta e limpeza pública irá diminuir a quantidade de resíduos veiculados na rede de drenagem.

No ano de 2010, foram produzidos no Brasil cerca de 60,8 milhões de toneladas de resíduos sólidos urbanos, registrando uma produção per capita de 378,4 kg/hab/ano. A geração de RSU novamente registrou um crescimento expressivo de 2009 para 2010, superando a taxa de crescimento populacional urbano que foi de cerca de 1% no período (ABRELPE, 2010).

A comparação da quantidade total gerada em 2010 com o total de resíduos sólidos urbanos coletados no Brasil, indicado no Gráfico 3.1, mostra que 6,7 milhões de toneladas de RSU deixaram de ser coletados no ano de 2010 e, por conseqüência, tiveram destino impróprio (ABRELPE, 2010).

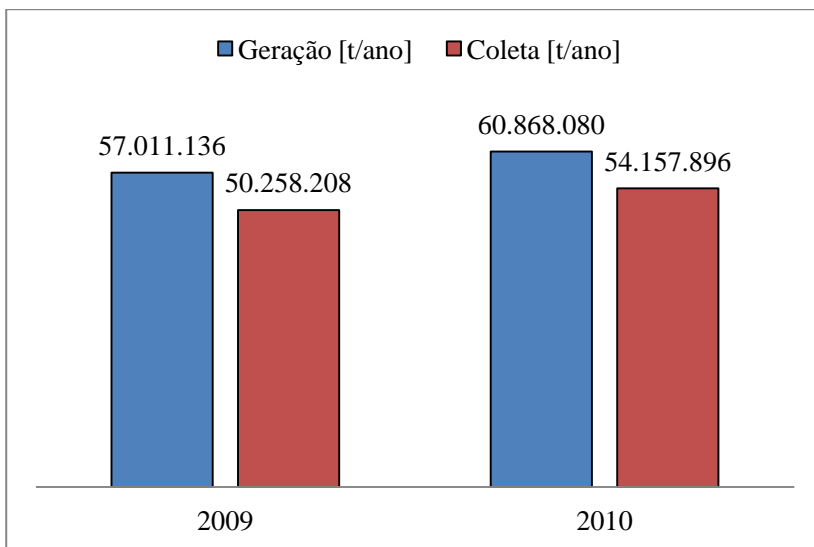


Gráfico 3. 1. Geração e coleta de resíduos sólidos urbanos no Brasil.

Fonte: ABRELPE (2010)

Não se pode afirmar que os resíduos que não são coletados necessariamente atingem a rede de drenagem, pois deve-se levar em consideração os outros mecanismos de limpeza urbana, no caso a varrição. Neves e Tucci (2008a) afirmam que, apesar de existirem poucas informações sobre a quantidade deste serviço, trata-se da componente de maior relação com a rede de drenagem, pois os resíduos recolhidos por este serviço seriam os mais susceptíveis a atingi-la.

Em seu trabalho, Neves (2006) afirma que entre todos os serviços de limpeza urbana, o de varrição é o que representa maior preocupação na questão de entupimentos de sistemas de águas pluviais, dado que a sarjeta acaba recebendo boa parte do resíduo despejado.

Segundo Armitage (2001) *apud* Marais e Armitage (2004), a varrição diária pode remover mais de 98% dos resíduos presentes nas ruas. Os autores mostraram que, quando a razão entre o número médio de dias entre a varrição e o número médio de dias entre chuvas significativas é 1, a eficiência é de apenas 50% (NEVES e TUCCI, 2008a).

No Brasil tem-se uma geração de 0,3 kg/hab/dia de resíduos de varrição, limpeza de logradouros e entulhos (ZVEIBIL, 2001).

3.2.1. Acondicionamento e coleta dos resíduos sólidos

Acondicionar os resíduos sólidos domiciliares significa prepará-los para a coleta de forma sanitariamente adequada, como ainda compatível com o tipo e a quantidade de resíduos (IBAM, 1991). A coleta domiciliar, por sua vez, constitui no recolhimento dos resíduos produzidos nas edificações residenciais, públicas e comerciais, desde que não sejam estas últimas, grandes geradoras; para encaminhá-los, mediante transporte adequado, a uma possível estação de transferência, a um eventual tratamento e à disposição final (IBAM, 1991).

A qualidade da operação de coleta e transporte de resíduos depende da forma adequada do seu acondicionamento e da disposição dos recipientes no local, dia e horários estabelecidos pelo órgão de limpeza urbana para a coleta.

A importância do acondicionamento adequado está, além do exposto acima, em evitar acidentes e a proliferação de vetores, minimizar o impacto visual e olfativo e reduzir a heterogeneidade dos resíduos (no caso de haver coleta seletiva).

A escolha do tipo de recipiente irá depender, de uma maneira geral, do tipo de resíduo gerado e da frequência da coleta. Para os resíduos domiciliares é comumente utilizado segundo IBAM (1991):

- vasilhames metálicos (latas) ou plásticos (baldes);
- sacos plásticos de supermercados ou especiais para lixo;
- caixotes de madeira ou papelão;
- latões de óleo, algumas vezes cortados ao meio;
- contêineres metálicos ou plásticos, estacionários ou sobre rodas.

Outro fator de grande importância é a regularidade e frequência com que a coleta é realizada, em consequência, os resíduos não ficarão expostos, a não ser pelo tempo necessário à execução da coleta. No caso dos resíduos domiciliares, a regularidade irá evitar a disposição dos resíduos em locais inadequados, evitando prejuízos à saúde pública.

3.2.2. Limpeza pública

A limpeza pública é uma atividade prevista no Artigo 7 da Lei 11.445 de 2007, e engloba as atividades de varrição, capina e poda de árvores em vias e logradouros públicos e outros eventuais serviços pertinentes à limpeza pública urbana, como por exemplo limpeza de praias, canais e valas (BRASIL, 2007).

Segundo IBAM (1991) limpeza pública é o conjunto de atividades, especialmente as relacionadas aos resíduos sólidos, que visam a saúde da comunidade e a preservação do meio ambiente. Tem como objetivo evitar problemas sanitários, interferências perigosas no trânsito, riscos de acidentes a pedestres, prejuízos ao turismo e inundações nas ruas (IBAM, 1991). O serviço de limpeza urbana comumente é responsável por:

a) Varrição

É a principal atividade de limpeza de logradouros públicos. Esta pode ser realizada manual ou mecanizada, sendo a primeira mais utilizada na maioria das cidades brasileiras. A varrição mecanizada é indicada para ruas com asfalto, concreto e locais de grande tráfego.

É um serviço de fundamental importância, pois sua execução evita a obstrução das galerias pluviais, bocas de lobo e assoreamento dos rios (BRASIL, 2006).

Segundo (IBAM, 1991), a composição dos resíduos de varrição é função do calçamento e estado de conservação do logradouro, tipo de ocupação, arborização existente, intensidade de trânsito de veículos, circulação de pedestres e o nível de educação da população.

Após recolhido os resíduos das ruas, estes são acumulados em pontos preestabelecidos, de onde se providencia o seu recolhimento e transporte até a destinação final.

A varrição pode ser executada diariamente, duas ou três vezes por semana, ou em intervalos maiores. A frequência com que este serviço é executado depende das características do logradouro, número de pessoas circulantes, ou seja, do tipo de uso e ocupação do local.

b) Capinagem e raspagem

Quando não é efetuada varrição regular, ou quando chuvas carregam detritos para calçadas e sarjetas, tornam-se necessários serviços de capina e de raspagem da terra para restabelecer as condições de drenagem e evitar o mau aspecto das vias públicas. Então, o objetivo geral da capina e da raspagem de logradouros públicos é mantê-los livres da vegetação e de obstruções, e garantir um bom aspecto estético. A capinação pode ser realizada também nas margens de rios e canais.

c) Limpeza de bocas de lobo

A limpeza manual é mais frequente na maioria dos municípios brasileiros, e tem como objetivo garantir o escoamento das águas pluviais e impedir o acúmulo de material sólido. Veículos com

equipamentos especiais de limpeza somente são adotados em grandes cidades, devido ao seu alto custo de aquisição e manutenção (IBAM, 1991).

Costuma-se incumbir à própria equipe de varrição a limpeza das bocas de lobo. Vale ressaltar que a equipe deve estar bem informada para que os resíduos de varrição não sejam jogados para a rede de drenagem.

d) Outros

Limpeza de monumentos, valas e canais, cemitérios, combate de vetores, pintura de meio-fio e poda de árvores também podem ser de responsabilidade do órgão de limpeza.

3.2.3. Classificação dos resíduos sólidos

Os componentes dos resíduos sólidos variam em quantidade e proporção conforme sua origem, ou seja, industrial, doméstica, hospitalar, comercial, agrícola, de serviços e de varrição, além de divergirem conforme a região, estação do ano e classe social. Uma classificação mais detalhada é apresentada por Tchobanoglous et al. (1993) *apud* Silva (2010), conforme Quadro 3.1.

Quadro 3. 1. Classificação dos resíduos sólidos segundo sua origem.

Fonte		Unidades típicas, atividades ou localização de geração	Tipos de resíduos sólidos
Município	Domiciliar	Casa ou apartamentos	Alimentícios, papel, papelão, plásticos, tecidos, resíduos de jardinagem, vidros, latas, resíduos de varrição, eletrodomésticos.
	Comércio e instituições	Lojas, restaurantes, mercados, escritórios, hotéis, mecânicos, escolar, presídios, hospitais, centros governamentais.	Papel, papelão, plásticos, madeira, resíduos alimentícios, vidro, metal, óleos e graxas.
	Construção e demolição	Áreas de novas construções, recuperação/renovação de estradas, entulhos de pavimentação	Madeira, aço, concreto, poeira, etc.
	Serviços Municipais (exceto unidades de tratamento)	Varrição, limpeza de bocas de lobo, parques e praias, outras áreas de recreação.	Resíduos especiais, refugos, resíduos de varrição, podas de árvores e de parques em geral, praias e áreas de recreação.
	Unidades de tratamento; incineradores municipais	Processos de tratamento de água, efluentes e resíduos industriais.	Resíduos de unidades de tratamento, principalmente compostos por lodos residuais.
Indústria	Construção, fabricação, indústrias pesadas e leves, refinarias, unidades geradoras de energia, demolição, etc.	Resíduos de processo industrial, sucata, etc. Resíduos não industriais, incluindo alimentos, refugos, cinzas, resíduos de demolição e construção, resíduos especiais, resíduos perigosos.	
Agricultura	Colheitas, pomares, videiras, leiteiras, fazendas, etc.	Resíduos de alimentos estragados, resíduos de agricultura, refugos, resíduos perigosos.	

Fonte: Adaptado de Tchobanoglous *et al.* (1993) *apud* Silva (2010).

Os resíduos sólidos também podem ser diferenciados por sua natureza física: seco e úmido; por sua composição química: matéria orgânica e inorgânica, pela sua degradabilidade, pelo seu potencial de reciclagem ou pelos riscos potenciais ao meio ambiente: perigosos, não inertes e inertes, este último conforme ABNT (2004).

A classificação normalmente utilizada diferencia os resíduos sólidos em orgânicos e inorgânicos, e este último subdividido segundo seu potencial de reciclagem, caracterizado por sua natureza física. De acordo com o Manual de Gerenciamento Integrado de Resíduos Sólidos (ZVEIBIL, 2001), os componentes mais utilizados na determinação da composição dos resíduos sólidos urbanos, são: matéria orgânica, papel, papelão, plástico rígido, plástico maleável, PET, metal ferroso, metal não-ferroso, alumínio, vidro claro, vidro escuro, madeira, borracha, couro, pano/trapos, ossos, cerâmica e agregado fino.

Segundo Castilhos Junior (2006), as categorias dos resíduos a serem avaliadas podem ser definidas segundo o objetivo do estudo, a origem do resíduo e as classificações existentes. Para resíduos sólidos urbanos, de origem doméstica e comercial, pode-se empregar a seguinte classificação (Quadro 3.2):

Quadro 3. 2. Classificação dos resíduos sólidos segundo suas características.

Categoria	Exemplo de elementos constituintes
Matéria orgânica	Restos de alimentos
Plástico	Sacos, sacolas, embalagens de refrigerante, etc.
Papel e papelão	Caixas, revistas, jornais, papel, caderno, pastas, etc.
Vidro	Copos, garrafas, pratos, embalagens de produtos alimentícios.
Metais	Palhade aço, restos de cobre, fiação elétrica, embalagens de produtos alimentícios, etc.
Panos	Roupas, panos de limpeza, pedaços de tecidos, etc.
Contaminantes químicos	Pilhas, medicamentos, lâmpadas, inseticidas, colas, cosméticos, latas de tintas, embalagens pressurizadas, canetas com carga, papel carbono, etc.
Contaminantes biológicos	Papel higiênico, cotonetes, algodão, curativos, fraldas descartáveis, absorventes higiênicos, etc.
Folhas, terra	Restos de construção, folhas de podas, terra, etc.
Outros	Materiais de difícil identificação.

Fonte: Adaptado de Pessin et al (2002) *apud* Castilhos Junior (2006).

Vale ressaltar que sua composição pode variar de comunidade para comunidade, de acordo com os hábitos e costumes da população, número de habitantes do local, poder aquisitivo, variações sazonais, clima, nível educacional, e outros (BRASIL, 2006).

3.2.3.1. Características físicas

As seguintes características físicas podem ser atribuídas aos resíduos sólidos segundo Brasil (2006):

- **Compressividade:** é a redução do volume dos resíduos sólidos quando submetidos a uma pressão (compactação). Auxiliam no dimensionamento de caminhões compactadores;
- **Teor de umidade:** compreende a quantidade de água existente na massa dos resíduos sólidos. Influencia nos processos de

tratamento e destinação final. Varia em função das estações do ano e da incidência de chuva;

- Composição gravimétrica: determina a porcentagem de cada constituinte da massa de resíduos sólidos, proporcionalmente ao sua massa total;
- Geração *per capita*: é a massa de resíduos sólidos produzida por uma pessoa em um dia (kg/hab/dia) numa determinada região;
- Peso específico: é o peso dos resíduos sólidos em função do volume por ele ocupado. Sua determinação auxilia no dimensionamento de equipamentos e instalações.

3.3. RESÍDUOS SÓLIDOS NA DRENAGEM URBANA

Os sistemas de drenagem pluvial urbana, em função do tipo de cobertura do terreno, carreiam uma quantidade variável de sedimentos. Acabam também direcionando aos cursos d'água resíduos sólidos indesejáveis, devido a fatores como disfunções urbanas de serviços, infraestrutura e condições socioeconômicas e culturais (RIGHETTO, 2009).

Tucci (2002) destaca três estágios distintos de produção de material sólido na drenagem urbana:

- 1) Estágio inicial: é originado pelo escoamento superficial em solos desprotegidos. Ocorre no início da ocupação de uma bacia. Com a retirada/modificação da cobertura natural, o solo fica exposto e a erosão aumenta no período chuvoso, aumentando também a produção de sedimento. Nesta fase existe predominância dos sedimentos e pequena produção de resíduos sólidos.
- 2) Estágio intermediário: parte da bacia já esta ocupada pela população, porém ainda existe movimentação de terra devido a novas construções. A produção de lixo se soma ao processo de produção de sedimentos.
- 3) Estágio final: é originado pelo escoamento superficial em ruas, avenidas e casa, em superfícies urbanas consolidadas. Nesta fase existe predominância dos resíduos sólidos e pequena produção sedimentos.

A chegada de todos esses tipos de resíduos à drenagem urbana pode ser voluntária ou acidental. Desta forma, a sua composição em córregos, galerias, tubulações pluviais e bocas-de-lobo pode ser

extremamente variada, em função das características da bacia, da gestão dos resíduos sólidos e da educação da população.

Segundo Righetto (2009), o impacto causado pelos resíduos sólidos na drenagem urbana tem dois aspectos:

- Impacto físico: os resíduos sólidos entopem ou obstruem elementos do sistema de drenagem ou diminuem sua capacidade de escoamento por depósitos e assoreamentos;
- Impacto na qualidade da água: os resíduos domésticos e industriais podem conter substâncias químicas, organismos e matéria orgânica que alteram a qualidade da água circulante nos sistemas de drenagem e nos corpos receptores. (RIGHETTO, 2009).

Brites (2005) complementa que os resíduos sólidos nos corpos de água urbanos causam má aparência, perturbam o habitat natural, degradam a qualidade da água, aumentam a propagação de doenças, podem causar a morte de animais aquáticos, além de impedirem o funcionamento hidráulico dos sistemas de drenagem.

3.3.1. Principais fontes dos resíduos sólidos em bacias urbanas

Em Santa Clara (2007) *apud* Righetto (2009) consideram-se como fontes potenciais de resíduos para as bacias urbanas os seguintes fatores:

- Pedestres: por não disporem adequadamente os resíduos ou por ausência de lixeiras, os pedestres são a fonte mais significativa dos resíduos aportados aos cursos d'água, sendo considerados fontes intermitentes. Os pontos mais significativos de resíduos gerados por pedestres são os locais de circulação intensa, pontos de transição e espaços de eventos especiais;
- Veículos: motoristas e passageiros descartam resíduos dos veículos nas ruas, estradas e estacionamentos. Assim, de maneira análoga aos pedestres, os veículos são considerados uma fonte intermitente de resíduos;
- Uso inadequado de contêineres e lixeiras: podem constituir-se em fontes de resíduos se não forem operados adequadamente. Recipientes cheios ou não cobertos podem liberar resíduos ao ambiente, com conseqüente transporte para sistemas de drenagem pluvial, córregos e outros corpos de água. Também o

armazenamento, a operação, a coleta e o transporte de resíduos orgânicos ou de coleta seletiva, se realizados de forma inadequada, podem permitir uma indesejável liberação de resíduos.

- Despejos ilegais: pode ocorrer em terra ou diretamente em cursos d'água. O despejo clandestino geralmente é esporádico, consistindo, usualmente, de grandes itens, tais como móveis, aparelhos, utensílios domésticos e pneus, e também de entulhos.

3.3.2. Estudos realizados

A identificação de fontes contribuintes para o surgimento dos resíduos sólidos na rede de drenagem e estudos referentes a sua quantificação e classificação torna-se de grande importância para a avaliação correta do seu potencial poluidor, dos impactos gerados e também para a determinação de medidas de controle adequadas (BRITES, 2005).

As Tabelas 3.2 e 3.3 apresentam uma compilação de resultados obtidos por diferentes trabalhos sobre a quantificação e caracterização de resíduos sólidos em sistemas de drenagem.

Tabela 3. 2. Resumo de quantificações de resíduos sólidos em sistemas de drenagem urbana.

Local	Descrição	Massa [Kg/ha.ano]	Volume [m³/ha.ano]	Fonte
Springs, África do Sul	Central Busines District; área de 299 ha com 85% de uso comercial/industrial e 15% de uso residencial; 82,5% é limpo das ruas e 17,5% vai para o sistema de drenagem	82	0,86	Armitage et al. (1998)
Joanesburgo	Distrito Central, com 8 km², área residencial, comercial e industrial	48	0,5	Idem
Auckland, Nova Zelândia	Residencial Industrial Comercial	5,22 1,03 2,20	0,054 0,011 0,023	Cornelius et al, 1994
Cidade do Cabo, África do Sul	Área com 90% residencial, 5% comercial, e 5% industrial. Os autores não informaram a área, estimando para a região metropolitana.	18	0,189	Arnold e Ryan, (1999)
Melbourne, Austrália	1. 50 ha de área com 35% de área comercial e 65% residencial.	6*	0,02*	Allison et al, 1998
	2. **Dois eventos diários, área residencial-comercial 15,8 ha	0,116 e 0,410		
	residencial — 20,2 ha	0,34 e 0,127		
	industrial leve — 2,5	0,162 e 0,020		
	saída da bacia total	0,077 e 0,163		
Sydney, Austrália	Área comercial, industrial e comercial com 322,5 ha.	1,81*	0,019*	Brownlee, 1995 apud Armitage et al. (1998)
Bacia Cancela, Santa Maria/RS	Área de 4,95 km², com 56% de área urbana e 35% de sua área total impermeabilizada.	1,47*	0,01*	Brites (2005)
Bacia Alto da Colina, Santa Maria /RS	Área de 3,34 km², sendo 22,3% área urbana e 77,7% rural.	0,91*	0,01*	Idem
Bacia do Córrego Bananal, São Paulo	Em processo final de urbanização, com 13% da população residente assentada em habitações subnormais, nas margens dos córregos.	138		Armelin (2005)'
Bacia Arroio Esperança, Santa Maria/RS	Área de 0,57 km² urbanizada	175	-	Silva (2010)
Sub-bacia CB12, Porto Alegre/RS	Área 1,92 km²	2,25*	-	Neves (2006)

*os autores fizeram os cálculos sem vegetação e sedimentos; **eventos diários, a unidade é de kg/ha por dia do evento.

Fonte: Adaptado Neves e Tucci (2008a)

Tabela 3. 3. Resumo da composição dos resíduos sólidos em sistemas de drenagem urbana.

Local	Plásticos	Outros
Springs	62%	Poliestireno 11%, latas 10%, papel 10%, vidros 2%, 5% outros
Joanesburgo	80% do lixo domiciliar	Sedimentos, lixo domiciliar e grandes objetos como pneus de trator
Auckland	65,4%	3,3% alumínio, 26,8% papel/papelão, 0,5% lata/aço, 0,3% vidro e 3,5% outros
Cidade do Cabo	> 50%	Metal, madeira, borracha, principalmente
Melbourne		90% de vegetação e restante lixo de pessoas em trânsito. Sem especificar números, gráficos mostram grande quantidades de papel, plásticos, vidros e metais nos eventos verificados.
Sydney		62% sedimentos, 33% folhas e gramíneas e 5% lixo
Bacia Cancela, Santa Maria/RS	14,7%	71,5% de matéria orgânica, 0,4% metal, 4,9% isopor, 0,7% vidro e 7,8% outros do volume total quantificado.
Bacia Alto da Colina, Santa Maria/RS	29%	62,9% matéria orgânica, 1,3% metal, 1,1% isopor, 0,8% vidro e 5% outros
Viamão-RS (média entre 11 eventos)	11%	48% matéria orgânica, 29% de madeira, 9% isopor e 13% outros
Bacia Arroio Esperança, Santa Maria/RS	14%	67% matéria orgânica, 6% madeira processada, 7% vidros, metais, papel e papelão e 6% outros.

Fonte: Adaptado Neves e Tucci (2008a)

Armitage et al. (1998b) *apud* Neves (2006), em seu estudo, quantificou os resíduos em um período de 4 meses para o *Central*

Business District de Springs, África do Sul, utilizando uma estrutura de retenção autolimpante em canal aberto.

A área de estudo possui 254 hectares (ha) de uso comercial/industrial e 45 ha de uso residencial. Como resultado, estima-se que 257 m³ por ano atingem o sistema de drenagem, sendo 62% composto de plástico. Em seu outro estudo, em Joanesburgo, o autor estima que 0,50 m³/ha.ano atinge o sistema de drenagem, em uma bacia de 8 km² de área urbana consolidada. Neste segundo trabalho foi utilizada uma estrutura de retenção.

A pesquisa realizada por Allison *et al.* (1998b) *apud* Neves (2006), em Melbourne, Austrália, teve como objetivos principais estabelecer as cargas poluentes grosseiras que atingem a drenagem urbana durante eventos de chuva e identificar fatores que influenciam nas cargas e nos tipos de materiais. 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 20 ha área residencial, 2,5 ha industrial leve e 16 ha de área comercial e residencial (Figura 3.1).

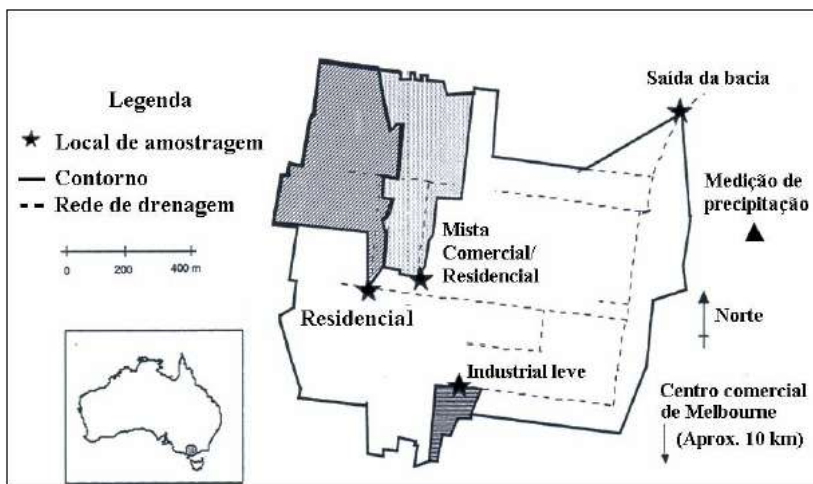


Figura 3. 1. Bacia estudada em Melbourne.

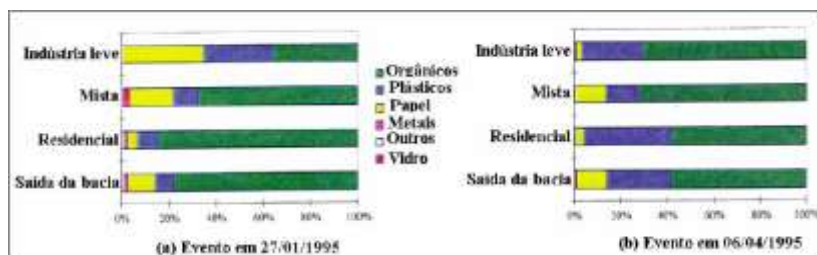
Fonte: Alisson *et al.* (1998b) *apud* Neves (2006)

Após 12 meses de pesquisa, dois eventos foram completamente monitorados, os resultados para estes eventos podem ser visualizados na Tabela 3.4 e Figura 3.2.

Tabela 3. 4. Resultados do monitoramento em Melbourne, Austrália.

Dia 27 de janeiro de 1995						
Local	Área (há)	Chuva (mm)	Escoamento Superficial (mm)	Matéria Inorgânica (g/ha)	Matéria Orgânica (g/ha)	Total (g/ha)
Área Mista	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 (há)	Chuva (mm)	Escoamento Superficial (mm)	Matéria Inorgânica (g/ha)	Matéria Orgânica (g/ha)	Total (g/ha)
Área Mista	15,8	12	8,3	410	162	572
Residencial	20,2	12	4,6	127	181	303
Industrial leve	2,5	12	2,4	20	44	63
Saída da Bacia	150	12	7,3	163	245	407

Fonte: Allison *et al.* (1998b) *apud* Neves (2006).

**Figura 3. 2. Componentes dos resíduos sólidos: dois eventos em Melbourne.**

Fonte: Allison *et al.* (1998b) *apud* Neves (2006).

Como resultado Allison *et al.* (1998b) *apud* Neves (2006), verificaram contribuição de papel e plásticos em áreas comerciais e residenciais o que os levou a concluir que existe relação entre o uso e ocupação do solo e o surgimento de determinado tipo de resíduo. O autor constatou também que a carga aumenta com as vazões.

Com a extrapolação dos dados, estimou-se que as áreas urbanas de Melbourne contribuem para a drenagem com aproximadamente

30kg/ha.ano, sendo a maior parte material orgânico e o restante compõe-se de papel, plásticos de comidas e itens de bebida (NEVES, 2006).

Em Nova Zelândia quantificou-se os resíduos que alcançavam as águas de marinha. O período de estudo foi de dois anos. Bolsas formadas por malhas de arame soldado forma instaladas em áreas comerciais, industriais e residenciais. Na área industrial predominou plástico rígido, na comercial e residencial foram encontradas altas quantidades de papel e papelão. O estudo mostrou que a chuva não tem efeito nos detritos, exceto na primeira lavagem, o que é uma conclusão diferente do estudo de Melbourne (CORNELIUS, 1994 *apud* NEVES, 2006).

Na Cidade do Cabo realizou-se um estudo no inverno em três áreas: comercial, industrial e residencial. Contatou-se que as cargas médias de resíduos sólidos variaram bastante com o uso do solo. Para a região metropolitana, com maior predominância de área residencial, estimou-se que 2,4 toneladas/dia atingem a drenagem, destas 15 a 57% é plástico (ARNOLD e RYAN, 1999 *apud* NEVES 2006).

O trabalho de Marais *et al.* (2004) foi realizado na Cidade do Cabo com dois objetivos: estabelecer a fonte, os tipos e a quantidade de RSU chegam ao sistema de drenagem e entender como o uso da terra, a densidade da população, o nível socioeconômico e de serviços influenciam nos parâmetros.

Nove bacias-piloto, representando diferentes usos da terra e níveis sócioeconômicos foram equipadas com coletores de resíduos e monitorados em dois períodos entre 2000 e 2002 (MARAIS, 2004). O intervalo entre as duas serviu para avaliações e definições de estratégias para a continuação do monitoramento com cestas nas entradas de bocas-de-lobo e redes nos pontos finais dos condutos de saída das bacias (NEVES e TUCCI, 2008a). As cargas, excluindo areia, resíduos de construção civil, pedras e vegetação, são mostradas na Tabela 3.5, juntamente com as características das bacias.

Tabela 3. 5. Resumo da quantificação de resíduos sólidos no sistema de drenagem na Cidade do Cabo.

Cargas anuais de lixo (kg/ha.ano)		Período de observação		
Nome da Bacia	Descrição	2000	2001	2000/2001
Imizamo yethu	Residencial informal com população muito pobre e sem varrição nas ruas	59	40	45
Ocean View	Residencial com população pobre e sem varrição nas ruas. Presença de condomínios com apartamentos de 3 andares e com densidade habitacional (DH) em torno de 60 hab/ha)	72	19	41
Cidade do Cabo CBD (C)	Centro comercial da cidade, 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
Cidade do Cabo CBD (D)		46	10	22
Cidade do Cabo CBD (E)		111	35	59
Fresnaye	Residencial com apartamentos e população de maior poder aquisitivo e DH inferior a 20 hab/ha	-	0	0
Summer Greens	Residencial com população de classe média e sem varrição nas ruas. DH superior a 55 hab/ha	6	6	6
Montague Gardens	Indústrias leves e sem varrição das ruas	51	14	28
Welgemoed	Residencial com população de renda alta e sem varrição nas ruas. DH em torno de 15 hab/ha	0	0	0

FONTE: Marais *et al.* (2004) *apud* Neves e Tucci (2008a).

As principais conclusões dos autores foram:

- Quanto maior a renda, menores as cargas, na área residencial.

- Os plásticos se sobressaíram entre os tipos em todas as bacias, com exceção de Summer Greens e Welgemoed.
- A variação no centro comercial se mostrou bastante eficiente para reduzir a quantidade de lixo.

Como visto nos trabalhos descritos o uso e ocupação do solo possuem grande influencia nos RSDre. Notou-se também que o plástico está entre os principais resíduos que aparecem na drenagem. A classe social também apareceu como um fator determinante para o surgimento de RSDre. Porém existe uma grande diferença de métodos utilizados para a quantificação dos resíduos, o que dificulta muitas vezes a comparação de resultados.

3.3.2.1. Pesquisas no Brasil

As pesquisas no Brasil são recentes. Brites (2005) em seu estudo avaliou a carga poluente da água e dos resíduos sólidos veiculados pela rede de drenagem urbana, num período de oito meses para a Bacia Cancela (4,95km²) e seis meses para a Bacia Alta da Colina (3,34km²), localizadas na cidade de Santa Maria/RS (Figura 3.3).

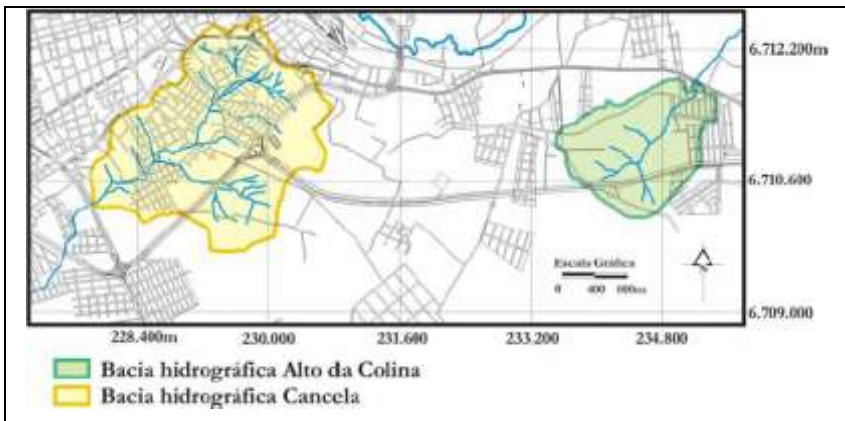


Figura 3. 3. Localização geográfica da Bacia Hidrográfica Cancela e Alto da Colina, no município de Santa Maria – RS.

Fonte: Brites (2005).

Para a retenção do material lançado no sistema de drenagem foram instaladas redes transversalmente ao eixo dos rios, feitas de telas de aço com malha de 70 mm (BRITES, 2005). As coletas foram

realizadas após cada evento de precipitação. O resíduo retido foi quantificado em massa, volume e classificado em função da composição: matéria orgânica e matéria inorgânica

Brites (2005) constatou, na Bacia Cancela que 71,5% do material retido, em volume, era matéria orgânica e 14,7% material plástico. Já para a Bacia Alto da Colina a parcela orgânica representou 62,9% do material retido e o material plástico 29%. Apontando novamente que o plástico está entre os principais resíduos veiculados nos sistemas de drenagem.

Ela também estimou a contribuição de resíduos sólidos em função de sua área e do número de habitantes da Bacia Hidrográfica Cancela, 8,41 kg/ha.ano e 0,23 kg/hab.ano, respectivamente. Para a Bacia Alto da Colina os valores obtidos foram 3,22 kg/ha.ano e 0,31 kg/hab.ano, Segundo Brites (2005) a justificativa do valor de distribuição de resíduos por habitante ter sido maior na Bacia Alto da Colina é devido a não proporcionalidade de resíduos recolhidos nas bacias e também a maior facilidade de retenção do material no Alto da Colina. A cobertura vegetal da Bacia Cancela impedia que os resíduos chegassem até o local de coleta; este problema não era encontrado na Bacia Alto da Colina.

A autora conclui que as duas bacias apresentaram tendência crescente entre a quantidade de resíduos sólidos transportados com o volume escoado e com o total precipitado. Ela completa expondo que o volume de resíduos sólidos transportados durante os eventos de precipitação não apresentaram correlação com o período de tempo seco antecedente ao evento.

Neves (2006) em seu trabalho quantificou os resíduos sólidos que atingem a rede de drenagem a partir da pesagem do material retido no poço da casa de bombas de um sistema de proteção de cheias, em Porto Alegre. Propôs também a aplicação de um método indireto de quantificação dos resíduos na entrada da rede de drenagem a partir de dados de chuva e varrição diários.

A bacia hidrográfica estudada drena 1,92 km², com 21% de ocupação comercial, 42% residencial e o restante de áreas verdes com grande declividade. A bacia é íngreme nas cabeceiras. Existe coleta domiciliar, seletiva e varrição praticamente em toda a sua área (NEVES e TUCCI, 2008b).

Os resultados indicam que 288 kg de resíduos atingiram o poço da casa de bombas no período de 8 meses. Pelo método indireto estimou 940 ± 34 kg no mesmo período. Neves (2006) atribuiu a diferença entre as duas estimativas ao material deixado nas ruas pelo serviço de

limpeza, isto é, apenas 30,6% dos resíduos deixados na superfície da bacia atingiu seu exutório.

Neves (2006) comparou a composição dos resíduos da varrição e do poço e verificou que o papel, frequente entre os resíduos de varrição, praticamente não aparece no exutório da bacia de captação. Já com materiais como as garrafas PET ocorreu o contrário, surgiram quando da ocorrência de chuvas fortes ou acionamento prolongado das bombas.

Dentre as conclusões obtidas, ressaltam-se que a maioria dos resíduos que atingem a rede de drenagem são plásticos, geralmente sem valor de reciclagem; e que a quantidade de resíduos varia com os dias chuvosos e os serviços de varrição.

A pesquisadora Armelin (2005) *apud* Righetto (2009) estudou os resíduos sólidos que chegam ao reservatório de detenção da Bacia do Córrego Bananal, no município de São Paulo. O estudo considerou a coleta de lixo na bacia entre setembro de 2003 e agosto de 2004, a cobertura do serviço de coleta e os dados de setores censitários do Instituto Brasileiro de Geografia e Estatística.

A admissão de algumas hipóteses por Armelin (2005) *apud* Righetto (2009) levou a um resultado de 194.042 kg/ano, que, segundo a autora, é uma estimativa minimizada de carga. Esta estimativa foi obtida pelo produto do número de domicílios que lançam o lixo nos corpos de água pela taxa de produção de lixo por habitante por dia da bacia, estimada em 0,83 kg/hab.dia.

Um trabalho elaborado recentemente por Silva (2010) em Santa Maria quantificou e classificou os resíduos sólidos por um período de um ano. A bacia estudada, denominada Bacia Esperança, possui 0,57 km² e uma taxa de urbanização de 96,5%. Para retenção dos resíduos sólidos foi executado uma armadilha, juntamente com uma calha parshall (Figura 3.4).

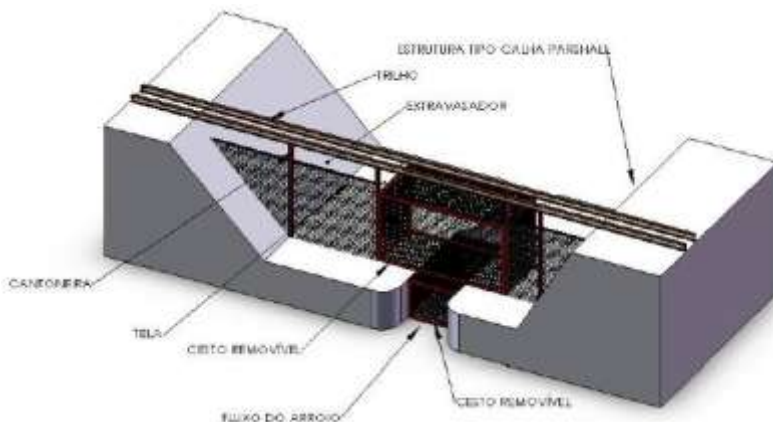


Figura 3. 4. Esquema da armadilha utilizada para captação de resíduos sólidos na Bacia Esperança, no município de Santa Maria - RS.

Fonte: Silva (2010)

Observou-se em todos os eventos uma maior porcentagem de restos de vegetação cujo percentual variou de 56,4% a 76,3%, seguido de madeira processada, que variou de 0 a 13,2%. Com relação aos resíduos inorgânicos, o maior percentual observado foi de plásticos, variando de 8,7 a 17,3% (SILVA, 2010).

O total de RSDre correspondeu a aproximadamente 10 mil kg. Sendo 67% de matéria orgânica e 14% de plásticos. Relacionando os eventos de precipitação com a quantidade de resíduos drenados, obteve-se uma relação coerente entre este em função do aumento de precipitação na maioria dos eventos (SILVA, 2010).

Silva (2010) propôs uma curva de previsão de RSDre, a qual relaciona a quantidade de resíduos sólidos carreados com a precipitação pluviométrica como instrumento de apoio a gestão.

3.3.3. Classificação dos resíduos sólidos drenados

Os trabalhos de Brites (2005) e Silva (2010) destacaram a classificação proposta por Armitage e Rooseboom (2000) para os materiais encontrados no sistema de drenagem:

- (1) Plásticos: sacolas, embalagens, recipientes, garrafas, cordas, fitas cassetes, seringas, etc.

- (2) Papéis: embalagens, jornais, folhetos, embalagens de comida e bebida, passagens de ônibus, papelão, etc.
- (3) Metais: chapa metálica, latas, garrafas, placas de veículo.
- (4) Vidro: garrafas, pedaços quebrados.
- (5) Vegetação: ramos e folhas de árvores, frutas e vegetais podres.
- (6) Animais: cães e gatos mortos, diversos esqueletos.
- (7) Materiais de construção: janelas, tábuas, escoras, tijolos quebrados, massa de concreto.
- (8) Outros: roupas velhas, sapatos, panos, esponjas, bolas, lápis, canetas, balões, tocos de cigarros, pneus (BRITES, 2005) e (SILVA, 2010).

Neves (2006), em seu estudo de quantificação de resíduos sólidos no município de Porto Alegre, descreveu os seguintes tipos de RSDre: plásticos 1 (sacolas e embalagens), PET, plásticos 2 (não entram no plástico 1 e PET), MADT (madeira, tocos e pedaços de galhos nos sacos de varrição), vidro, papéis, embalagens cartonadas longa vida, isopor, trapos, espuma, cerâmica, borracha, ALA (alumínio, latas e aço), couro e outros.

Brites (2005) classificou os RSDre em orgânicos e inorgânicos, subdividindo-os em: restos de alimentos; vegetação: folhas, galhos, cascas, raízes, etc.; madeira processada; animais mortos, plástico: sacolas, garrafas, recipientes, sacolas de leite; metais: chapas, latas, placas de veículos; vidro: garrafas, copos, lâmpadas; isopor; outros: panos, papéis, papelões, brinquedos, pneus.

Silva (2010) utilizou a resolução CONAMA nº 275 de 25 de abril de 2001 (BRASIL, 2001) para classificar os RSDre.

3.3.4. Mecanismos de retenção

Existem diversas metodologias para a coleta de resíduos, as quais podem ser autolimpantes ou não. Nas estruturas autolimpantes a água empurra o resíduo, limpando o segregador (tela ou grade). O resíduo é desviado para um local de acumulação, onde a frequência do limpador é menor.

Neves e Tucci (2008a) destacam duas estruturas: SCS (*Stormwater Cleaning Systems*), utilizada em Springs, Africa do Sul (vide Tabela 3.2.), cuja função é forçar o escoamento sobre o vertedor e

um gradeamento inclinado em aproximadamente 45° em direção a um compartimento (Figura 3.5.a); e o CDS (*Continuous Deflective Separation*), utilizada em Melbourne, Austrália (vide Tabela 3.2.), a estrutura desvia o escoamento e poluentes para um compartimento de separação (Figura 3.5.b). Os sólidos mais pesados e parte do material leve sedimentam e o material flutuante acumula-se na superfície da água. Este dispositivo tem uma eficiência de quase 100%.

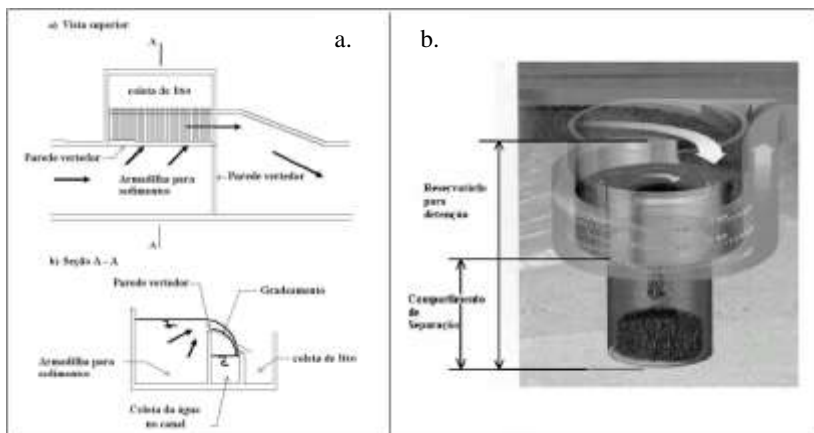


Figura 3. 5. a. SCS e b. CDS.

Fonte: Adaptado: Armitage et al., (1998) *apud* Neves e Tucci (2008a)

Beecham e Sablating (1994) *apud* Neves e Tucci (2008a) modelaram 23 estruturas autolimpantes. As de melhor resultado são ilustradas na Figura 3.6.

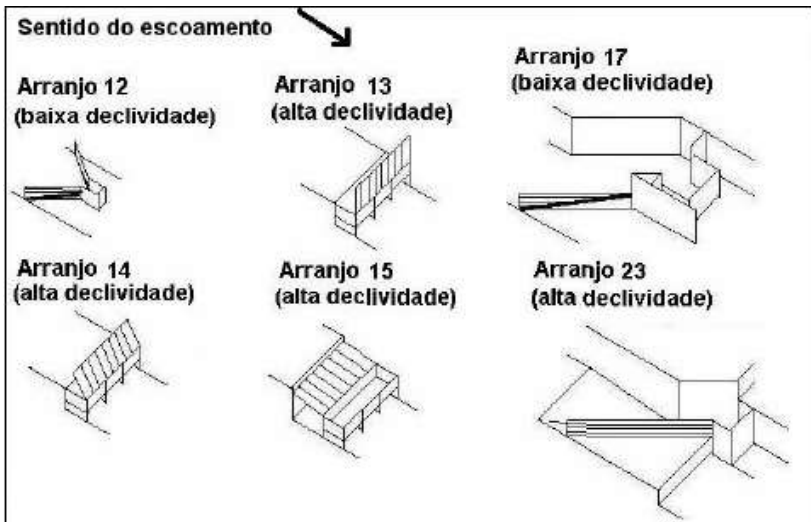


Figura 3. 6. Melhores arranjos de estudo de estruturas autolimpantes

Fonte: Adaptado Armitage et al., (1998) apud Neves e Tucci (2008a)

Silva (2010) aponta, além dos já citados, a grade harpa, rede em tela de aço instalada transversalmente ao eixo do rio e SEPT (Side-Entry Pit Trap) como algumas metodologias para coleta de resíduos.

A grade harpa é uma estrutura que permite a retenção dos resíduos sólidos em cursos d'água sem prejudicar o fluxo do mesmo, pois as grades são dispostas a 45 ° em relação ao nível do fluxo, este procedimento permite que os materiais flutuantes sejam depositados nas partes mais elevadas. Silva (2010) utilizou esta estrutura em seu estudo.

As redes em tela de aço instaladas transversalmente ao eixo do rio foram utilizadas na pesquisa de Brites (2005), conforme pode ser observado na Figura 3.7.



Figura 3. 7. Rede coletora de resíduo na Bacia Hidrográfica Alto da Colina.
Fonte: Brites (2005)

O SEPT (Figura 3.8.a) consiste numa estrutura que possui cestas acopladas a entradas de bocas de lobo, são úteis no processo de monitoramento e gerenciamento integrado de resíduos sólidos (NEVES e TUCCI, 2008a). Foi utilizada em Melbourne, Austrália (vide Tabela 3.2.).

Outro dispositivo utilizado na Nova Zelândia, em 1994, consistia em redes de nylon presas nos finais dos condutos. Este dispositivo também foi utilizado no monitoramento da Cidade do Cabo (Figura 3.8.b) (NEVES e TUCCI, 2008a).

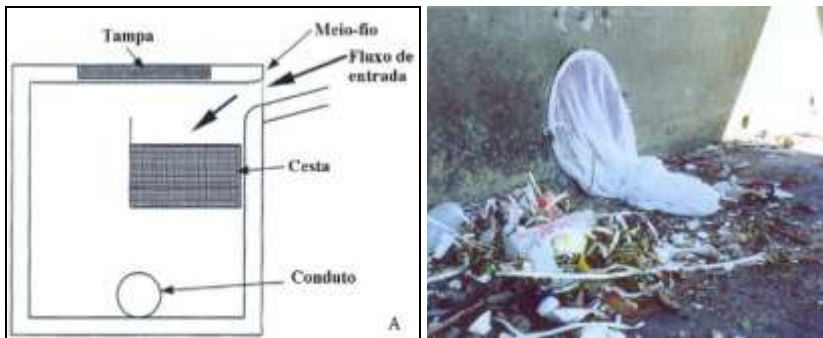


Figura 3. 8. a. SEPT e b. Bolsa de Nylon

Fonte: a. Arnold e Ryan (1999) *apud* Neves e Tucci (2008a)
b. Silva (2010)

Além destes dispositivos, podem-se destacar as casas de bombas, as quais possuem unidades de gradeamento para retirada dos resíduos que possam causar danos as mesmas. Neves (2006) utilizou este sistema para seu estudo.

4. METODOLOGIA

4.1. ÁREA DE ESTUDO

A bacia de estudo, localizada entre as coordenadas $27^{\circ}36'0.64''$ S e $48^{\circ}30'33.38''$ O e $27^{\circ}37'39.60''$ S e $48^{\circ}31'39.38''$ O, está inserida na Bacia do Rio do Meio, pertencente a Unidade Territorial de Análise e Planejamento do Itacorubi (UTP 4), no município de Florianópolis/SC (Figura 4.1). A UTP do Itacorubi é uma das mais problemáticas da cidade, isto se deve ao fato de boa parte das ocupações se encontrarem justamente nas áreas mais suscetíveis a inundações. A situação atual é a de convivência com as constantes enchentes e transbordamentos dos rios Itacorubi e do Meio (FLORIANÓPOLIS, 2009).

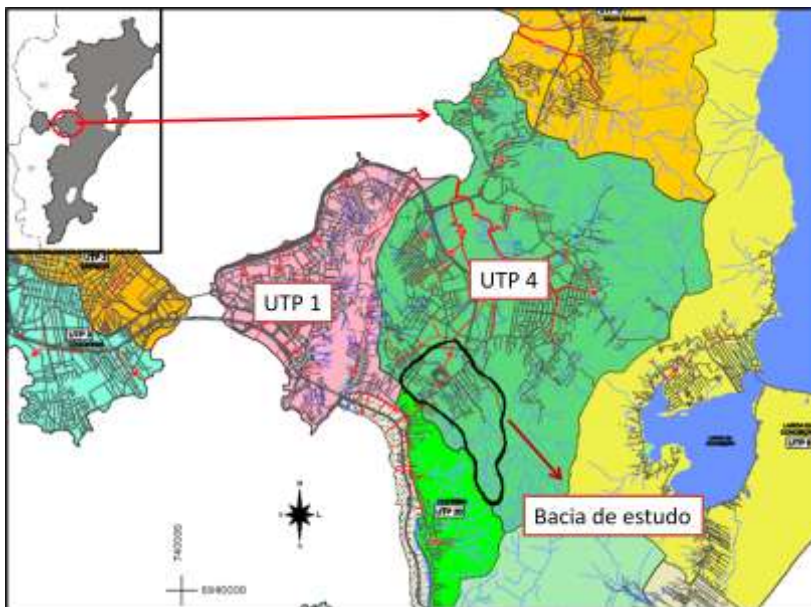


Figura 4. 1. Localização da área de estudo.

Fonte: Adaptado Florianópolis (2009)

A drenagem da região foi construída ao longo dos anos seguindo critérios próprios para o momento de construção sem uma preocupação com o seu futuro, resultando num subdimensionamento da rede. O lançamento de esgoto e lixo na rede também é um ponto crítico para toda esta UTP, necessitando de ações imediatas para corrigir este

problema (FLORIANÓPOLIS, 2009). O diagnóstico realizado no Plano Municipal Integral de Saneamento Básico (FLORIANÓPOLIS, 2009) constatou a presença de resíduos sólidos em todos os cursos d'água.

A área em estudo possui aproximadamente 2,44 km², sendo 68 % urbanizada e com diversos tipos de uso e ocupação, como pode ser observada na Figura 4.2.

A população para a área de estudo foi estimada em aproximadamente 1530 habitantes (BRASIL, 2010), sem contar com a população flutuante oriunda das atividades da Universidade, a qual esta em torno de 34.224 habitantes (UFSC, 2010), porém como esta pesquisa foi realizada em época de recesso escolar, somente levou-se em consideração a população calculada através dos dados do Instituto Brasileiro de Geografia e Estatística.

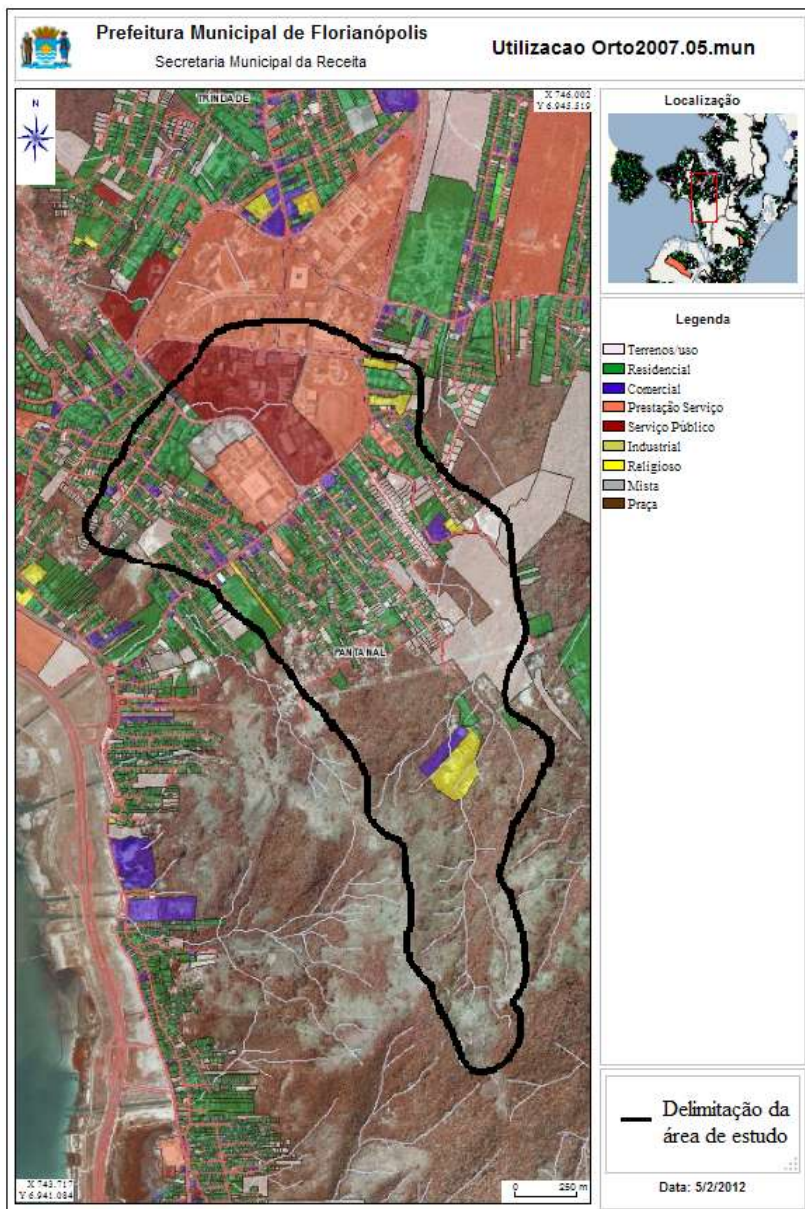


Figura 4. 2. Mapa de uso e ocupação do solo na bacia de estudo.

Fonte: Adaptado Florianópolis, 2012.

Seu principal curso d'água possui 3,59 km de comprimento e se divide em dois intervalos distintos: um trecho superior íngreme (0,154 m/m) com aproximadamente 2,85 km de extensão, constituído por trechos naturais com suas características bem conservadas, sendo modificada próxima a parte urbanizada, onde também é possível notar o lançamento de águas pluviais e de esgoto sanitário (Figura 4.3). Já no seu trecho inferior, dentro do Campus Universitário da Universidade Federal de Santa Catarina, é caracterizado por uma baixa declividade (0,013 m/m), o canal passa a ter uma seção retangular, revestida de alvenaria em pedra, e vários pontos de lançamento de águas pluviais (Figura 4.4). A figura 4.5 ilustra a hipsometria da bacia de estudo.

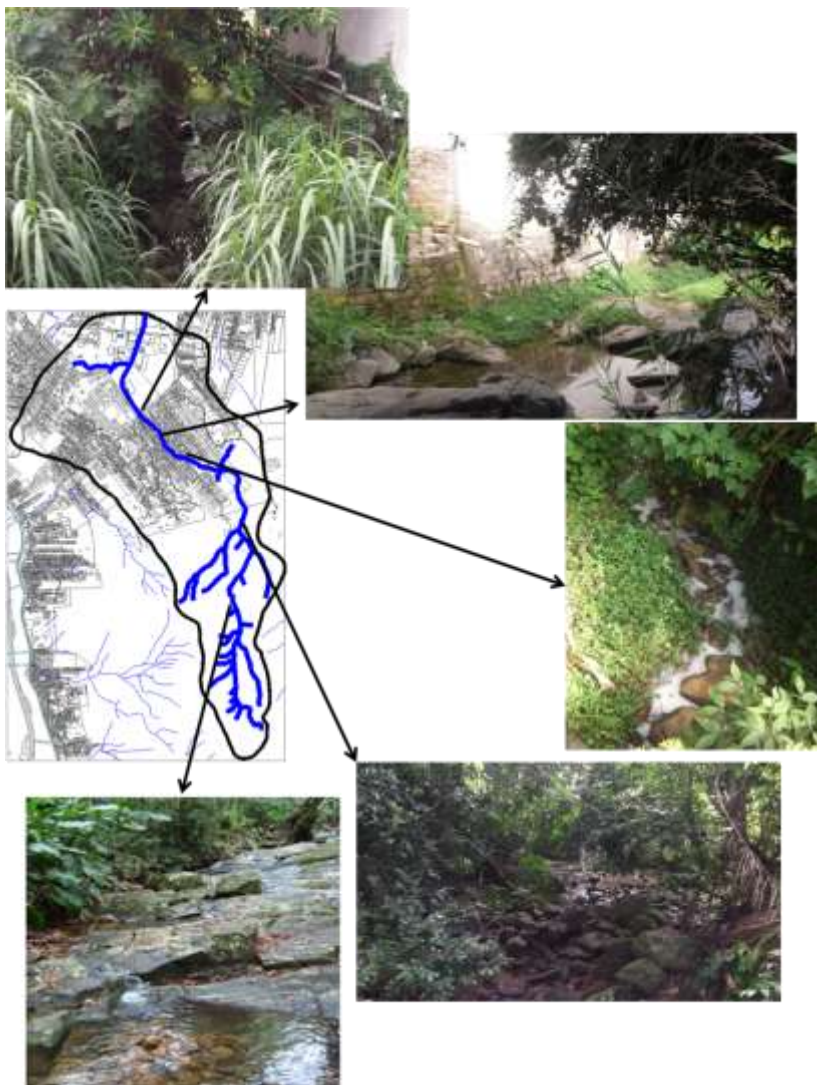


Figura 4. 3. Trecho superior da bacia de estudo.

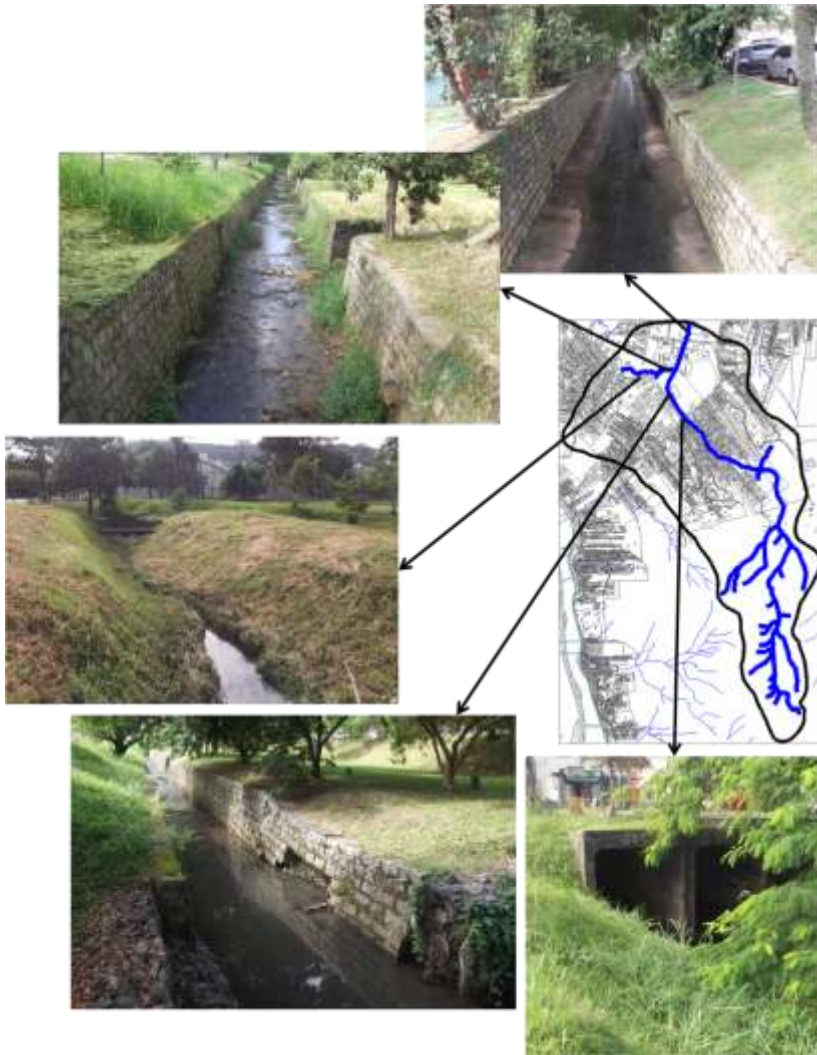


Figura 4. 4. Trecho inferior da bacia de estudo.

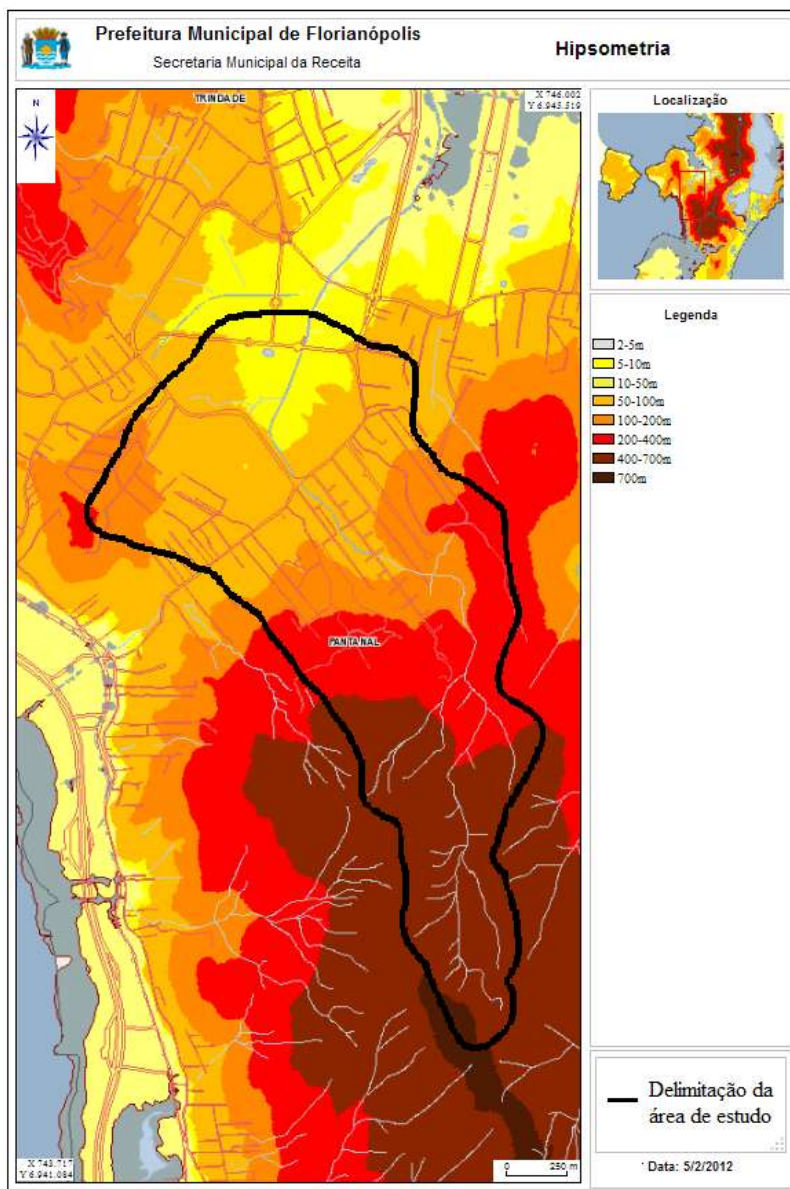


Figura 4. 5. Hipsometria da bacia de estudo.

Fonte: Florianópolis, 2012.

4.2. ESTRUTURA DE RETENÇÃO DOS RESÍDUOS SÓLIDOS DRENADOS

A estrutura de retenção dos RSDre foi montada na parte retificada do rio, sua localização na bacia pode ser visualizada na Figura 4.6.



Figura 4. 6. Localização da estrutura de monitoramento.

Foi instalada uma tela de aço de 3 mm de espessura e abertura de 2,0 x 10 cm (base x altura), possibilitando a retenção da maioria dos RSDre. A tela foi fixada nas laterais e ao fundo do canal, e presa com cordas à vegetação próxima, garantindo maior estabilidade.

O canal possui 4,25 m de base menor, 4,30 de base maior e 1,75 m de altura, fundo revestido em concreto e laterais de alvenaria em pedra. A tela foi posta até uma altura de 1,25 m, deixando o restante, 0,50 m, como extravasor, para ocorrência de possíveis cheias. Entre o fundo do canal e a tela de aço foi instalada uma tela maleável, com menor abertura, na forma hexagonal, visando melhorar a eficiência de

retenção. Na Figura 4.7 apresenta-se um desenho esquemático da estrutura de retenção dos RSDre projetada, juntamente com as dimensões do canal.

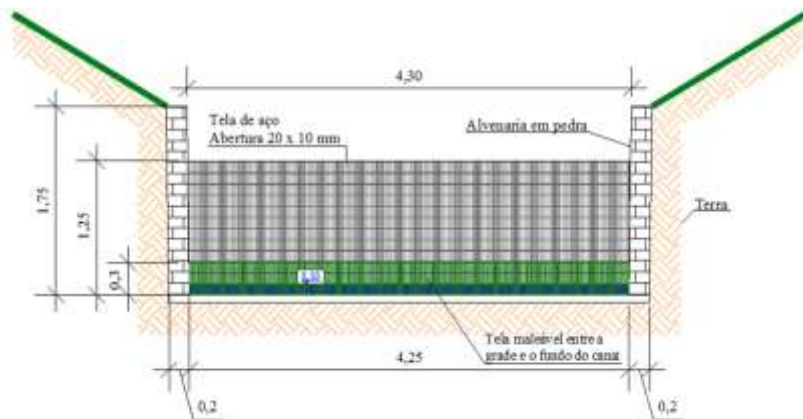


Figura 4. 7. Esquema da estrutura de retenção dos RSDre (sem escala).

Na Figura 4.8 é mostrada a estrutura já instalada no local, na qual se pode perceber as laterais em alvenaria e o fundo em concreto. Também é possível visualizar a urbanização e a vegetação secundária existente às margens do canal.



Figura 4. 8. Seção do canal.

A escolha deste dispositivo e sua disposição foram planejadas com devidos cuidados, pois é grande o volume de água escoado pelo canal, logo a estrutura foi escolhida e fixada de forma a ceder se ocorresse algum esforço maior que o dimensionado. A estrutura de monitoramento possui os mesmos princípios utilizados no trabalho de Brites (2005).

O monitoramento foi realizado diariamente, durante 21 dias, e os resíduos recolhidos após cada evento chuvoso.

4.3. QUANTIFICAÇÃO E CARACTERIZAÇÃO DOS RESÍDUOS SÓLIDOS DRENADOS

A coleta dos RSDre foi realizada após cada evento de precipitação, entre os dias 18 de janeiro a 07 de fevereiro de 2012. Os resíduos retidos na tela foram recolhidos com sacolas plásticas e transportados até o Laboratório de Pesquisa em Resíduos Sólidos da UFSC (LARESO).

Para ter acesso ao canal foi utilizada uma escada cedida pela Prefeitura Universitária da UFSC. Os materiais de proteção, como luvas e botas, foram cedidos pela Companhia Melhoramentos da Capital, responsável pela limpeza urbana da cidade de Florianópolis.

Os RSDre retidos foram separados segundo a classificação adotada e pesados após estarem secos, obtendo-se a composição gravimétrica do material. Realizou-se também a contagem do material segundo a classificação adotada, para melhor análise dos dados. Todo o processo de separação e pesagem foi realizado no LARESO. Os resultados, juntamente com algumas informações referentes às datas de coleta, pesagem e condições climáticas, foram anotados em uma planilha que pode ser visualizada no Apêndice A.

Os resíduos sólidos drenados foram secos em estufa a temperaturas de até 55°C. Na Figura 4.9 pode ser visualizada a estufa.



Figura 4. 9. Estufa de secagem - LARESO.

A separação foi realizada manualmente, com a utilização de luvas. Para a obtenção da massa de cada classe foi utilizada uma balança com capacidade máxima de 30 kg (Figura 4.10).



Figura 4. 10. Balança de pesagem - LARESO.

A caracterização adotada para os RSDre foi uma adaptação da proposta por Armitage e Rooseboom (2000) *apud* Brites (2005), e seguiu os seguintes critérios:

- Plástico: sacolas, embalagens, recipientes, garrafas, papel de salgadinho, etc.
- Papel: embalagens, jornais, folhetos, embalagens de comida e bebida, papelão, embalagens Tetra Pak, etc.
- Metal: latas, garrafas, tampas de metal, etc.
- Vidro: garrafas, pedaços quebrados, lâmpadas, etc.
- Materiais de construção: janelas, tábuas, escoras, tijolos quebrados, pregos, etc.
- Outros: roupas velhas, sapatos, panos, tocos de cigarros, isopor.

A matéria orgânica, presente em grande quantidade nas amostras, não foi contabilizada, pois ficou inviável transportá-la até o laboratório devido a sua grande quantidade e porte.

4.4. ANÁLISE DE DADOS

Segundo Silva (2010), a produção de RSDre deve possuir uma causa preponderante ou um conjunto de causas, seguindo esta premissa foi analisado um conjunto de possíveis causas para o surgimento dos RSDre, já apontadas por outros autores, com a finalidade de verificar quais delas tiveram maior influência no surgimento dos mesmos. Dentre todos os principais responsáveis pelo surgimento dos RSDre apontados por outros autores, optou-se por analisar componentes das características da bacia, da gestão dos resíduos sólidos e os eventos de precipitação.

Em relação as características da bacia foram analisadas a influência da área e do uso e ocupação do solo no surgimento dos RSDre na Bacia do Rio do Meio. Avaliou-se, através da comparação com outros trabalhos, a proporcionalidade entre o nível de consolidação da bacia e sua área com a quantidade de resíduos presentes nas estruturas de monitoramento.

O acondicionamento dos resíduos sólidos, a frequência de varrição e limpeza de bocas de lobo e canais foram os elementos analisados sobre a gestão dos resíduos sólidos na bacia. Foram realizadas verificações *in loco* sobre o acondicionamento dos resíduos sólidos nas proximidades do leito do rio, através desta verificação pode-se constatar os focos de contribuição dos resíduos na rede de drenagem.

As frequências de varrição, limpeza de bocas de lobo e canais foram relacionadas com os RSDre na Bacia do Rio do Meio e posteriormente comparadas com outros trabalhos para análise de suas influencias. As informações de frequência de varrição e limpeza de

canais foram adquiridas com a Prefeitura da Universitária da UFSC, órgão responsável pela gestão da limpeza no Campus Universitário e com a Companhia Melhoramentos da Capital, órgão responsável pela limpeza urbana do município de Florianópolis.

Os dados sobre a limpeza de bocas de lobo foram coletados junto à Secretaria de Obras da Prefeitura Municipal de Florianópolis.

Com os dados de precipitação pode-se relacionar, por meio de gráficos, a quantidade de RSDre com a intensidade de precipitação e também com os dias secos antecedentes ao evento.

Os dados de precipitação foram cedidos pelo Laboratório de Energia Solar (LABSOLAR). Este possui uma estação meteorológica localizada no Departamento de Engenharia Mecânica da UFSC, coordenada 27°36' S e 48°30' O (LEPTEN, 2011); distante aproximadamente 120 metros da estrutura de monitoramento deste projeto.

Os sensores utilizados na estação são: *Vaisala Weather Transmitter WXT510* que monitoram os dados de precipitação, temperatura do ar, umidade relativa, pressão atmosférica e velocidade e direção do vento e o *Kipp&Zonen SP LITE2* que monitora os dados de radiação solar global.

O sensor de precipitação tem resolução de 0,1 milímetros e registra os dados a cada 10 minutos.

Por fim, distinguiram-se quais fatores tiveram influencia no surgimento dos resíduos sólidos drenados e apontaram-se soluções para subsidiar ações de planejamento e gestão na área.

5. RESULTADOS E DISCUSSÃO

5.1. QUANTIFICAÇÃO E CLASSIFICAÇÃO DOS RESÍDUOS SÓLIDOS DRENADOS

A quantificação e classificação dos RSDre foi realizada no período 18 de janeiro a 07 de fevereiro de 2012, datas de instalação e retirada da estrutura de monitoramento. Foram contabilizados 5 eventos de precipitação, os quais corresponderam a 5 amostras de RSDre.

Neste período de monitoramento não houve grandes eventos chuvosos, o que favoreceu a quase total integridade da estrutura de monitoramento, que estava projetada para ceder em caso de grandes volumes de água.

Depois do primeiro evento chuvoso, a tela abriu um pequeno vão no fundo, próximo as laterais. Como havia muitas folhas e pequenos galhos, estes serviram de barreira, retendo alguns resíduos ali, como pode ser observado na Figura 5.1 e 5.2. Além do fato descrito acima, a força das águas fez com que a tela deixasse de ficar tensionada, tornando-a flexível, porém não prejudicou a estrutura.

Visando reduzir estes problemas foram instalados cabos presos nas árvores e nas laterais e no fundo da tela; e instalada uma tela maleável entre a base da tela de aço e o fundo do canal, resultando na eliminação do problema.



Figura 5. 1. Tela de monitoramento após primeiro evento de precipitação.



Figura 5. 2. Detalhe da abertura lateral na tela de monitoramento após primeiro evento de precipitação.

Os valores obtidos no monitoramento são apresentados resumidamente na Tabela 5.1 e no Gráfico 5.1; no Apêndice B podem ser visualizadas as tabelas com os resultados por evento e a descrição do material encontrado.

Tabela 5. 1. Resumo dos resultados do monitoramento dos RSDre.

Evento	Data do evento	Plástico		Vidro		Papel		Metal		Materiais de construção		Outros		Total	
		[kg]	Nº itens	[kg]	Nº itens	[kg]	Nº itens	[kg]	Nº itens	[kg]	Nº itens	[kg]	Nº itens	[kg]	Nº itens
1	24/1	0,430	32	0,230	3	0,040	2	0,080	4	0,450	3	0,700	41	1,930	85
2	25/1	0,119	15	0,000	0	0,010	1	0,000	0	0,480	6	0,020	13	0,629	35
3	26/1	0,000	0	0,000	0	0,000	0	0,000	0	0,000	0	0,000	0	0,000	0
4	5/2	0,080	23	0,110	2	0,010	1	0,080	1	0,260	4	0,010	33	0,550	64
5	07/02	0,050	7	0,020	2	0,000	0	0,010	2	0,390	2	0,100	3	0,570	16
Total		0,679	77	0,360	7	0,060	4	0,170	7	1,580	15	0,830	90	3,679	200
Média		0,226	26	0,120	2	0,020	1	0,057	2	0,527	5	0,277	30	-	-
Desvio Padrão		0,269	28	0,147	3	0,024	2	0,067	3	0,545	5	0,382	34	-	-

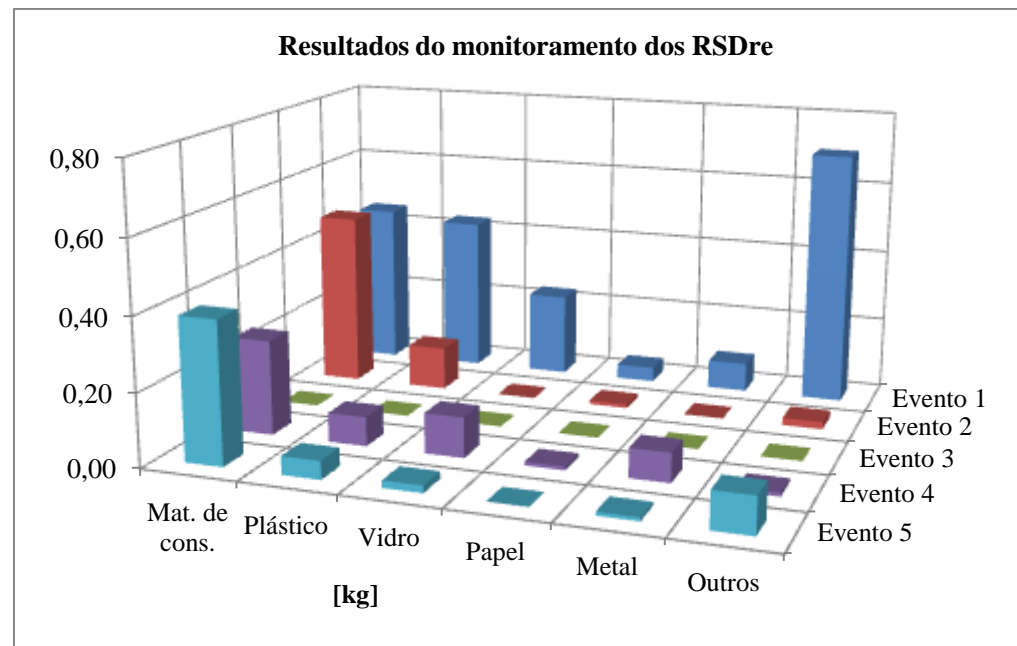


Gráfico 5. 1. Resultados do monitoramento dos RSDre.

A partir destes dados chegou-se a composição gravimétrica dos RSDre acumulados na Bacia do Rio do Meio, a qual pode ser observada no Gráfico 5.2. O Gráfico 5.3 é referente às porcentagens do número de itens encontrados.

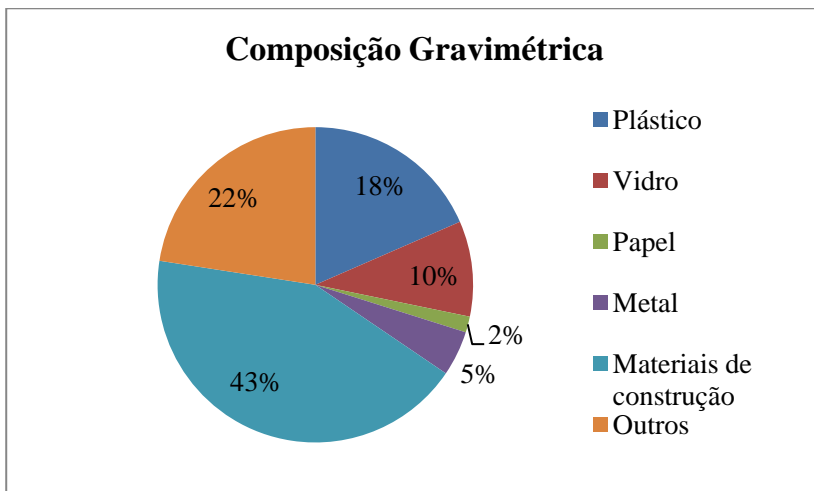


Gráfico 5. 2. Composição gravimétrica dos RSDre coletados.

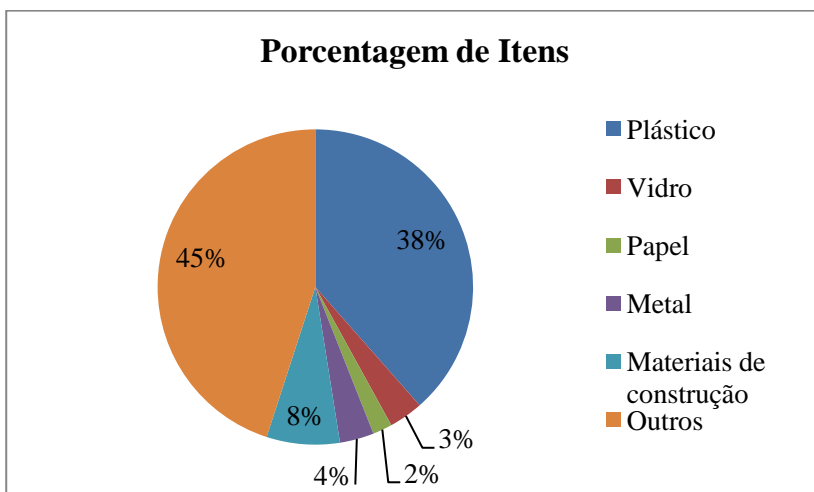


Gráfico 5. 3. Porcentagem de itens dos RSDre coletados.

Observa-se que a classe “materiais de construção” representa 43% do total retido pela tela, os quais eram compostos na grande maioria de madeira processada. Silva (2010) encontrou cerca de 18,7% de madeira processada em sua pesquisa, sendo este um único item de classificação, ficando atrás apenas da categoria “plástico”, com 43,6%.

Para melhor comparação, os dados obtidos na pesquisa realizada por Silva (2010) foram recalculados, excluindo os valores encontrados para “matéria orgânica”, “restos de alimentos”, “resíduos perigosos” e “animais mortos”, pelo fato de não terem sido encontrados e/ou não estarem dentro da classificação adotada nesta pesquisa.

No trabalho de Brites (2005) a classe “plástico” também apareceu como maior contribuinte dos RSDre. Na Bacia Canela foram encontrados 52,8% e na Bacia Alto da Colina 75,2% (BRITES, 2005). Os dados deste trabalho também foram recalculados, excluindo a classe “matéria orgânica” e reagrupando alguns itens para melhor comparação. Neves (2006) também obteve o mesmo resultado em sua bacia de pesquisa, apresentando 68,1% da classe “plásticos”.

O que contribuiu para que a classe “materiais de construção” aparecesse em primeiro lugar, contrariando os trabalhos anteriores, foram as barras de aço retidas no segundo evento (Gráfico 5.1), as quais tinham elevada massa. Tanto que ao confrontar a composição gravimétrica com o número de itens encontrados (Gráfico 5.3), tem-se que a classe “materiais de construção” aparece com 8%, ficando atrás das classes “outros” e “plástico”, com 45% e 38% respectivamente.

A classe “outros” apareceu em segundo na composição gravimétrica (Gráfico 5.2), com 23%, pois nessa classe foram agrupados objetos que poderiam ter uma grande variação de massa, o que ocorreu no primeiro evento (Gráfico 5.1), no qual um tênis foi retido na tela. Brites (2005) e Silva (2010) encontraram valores semelhantes, 20,1% e 15,4% (Bacia Alto da Colina), respectivamente.

Devido ao número elevado de pontas de cigarros retidos na tela, a classe “outros” apareceu em primeiro lugar no número de itens (Gráfico 5.3). Estas ficavam retidas na tela devido à barreira que as folhas criavam ao ficarem presas também. Foram contabilizadas mais de 50 pontas de cigarro. Caso as pontas de cigarro não tivessem ficado retidas, a classe “outros” ficaria em segundo lugar, atrás da classe “plástico”; haveria uma troca de posições.

Levando em consideração a abertura da tela (20x10cm), e que mesmo assim ficou retido um número significativo de pontas de cigarro, pode-se inferir que há uma quantidade muito grande deste material veiculado na rede de drenagem. Segundo Recicleiros (2011), as pontas

de cigarros são uns dos maiores contribuintes para a questão do microlixo nas cidades, o que pode ser constatado através deste monitoramento.

Microlixo é um tipo de resíduo, formado por itens de pequeno tamanho, mas que em sua maioria são gerados em grande volume. Exemplos deste tipo de resíduos são papéis de bala, pontas de cigarro, chicletes, e pequenas embalagens de produtos (RECICLEIROS, 2011). A Figura 5.3 mostra a quantidade de pontas de cigarro recolhidas no quarto evento de precipitação.



Figura 5. 3. Quantidade de pontas de cigarro encontradas no quarto evento de precipitação.

Os tipos de plásticos, que compuseram a classe “plástico”, apareceram de forma variada, como garrafas de plástico rígido, sacolas, papéis de bala, etc., não se destacando nenhum tipo específico. Chamou a atenção o número de sacolas plásticas com dejetos de animais, estes já dissolvidos, porém de fácil identificação.

A classe “vidro” representou 10% na composição gravimétrica (Gráfico 5.2), destaca-se a lâmpada fluorescente retida na tela no primeiro evento (Figura 5.1). Segundo ZVEIBIL (2001), as lâmpadas fluorescentes são classificadas como resíduos Classe I - Perigosos, devendo ser tratadas e gerenciadas como se fossem lixo tóxico.

A Figura 5.4 mostra os resíduos retidos no primeiro evento de precipitação, pode-se observar a lâmpada e o tênis citados anteriormente.



Figura 5. 4. Resíduos encontrados no primeiro evento de precipitação.

A classe “papel” compôs 2% do material quantificado, não sendo sua representação significativa, provavelmente por se dissolver em contato com a água. A maior parte do papel encontrado estava presente nas embalagens Tetra Pak.

A classe “metal” também não apresentou valores significativos, sendo representado principalmente pelas latas. No quarto evento foi retida uma lata spray de tinta acrílica para superfícies metálicas, que contém em sua composição os elementos resina acrílica, aditivos, pigmentos orgânicos e inorgânicos, hidrocarbonetos aromáticos, solventes oxigenados e gás natural (butano/propano) e aditivos (PPG BRASIL, 2010), classificados como resíduos Classe I - Perigosos (ABNT, 2004).

5.2. ANÁLISE ENTRE AS CARACTERÍSTICAS DA BACIA E O SURGIMENTO DOS RESÍDUOS SÓLIDOS DRENADOS

O uso e ocupação do solo constituem um importante fator a relacionar com as variações na quantidade de RSDre, devido às interferências proporcionadas pela urbanização. Na tabela abaixo (Tabela 5.2) foram compilados alguns resultados de monitoramento de trabalhos realizados anteriormente, destacando a quantidade de RSDre e a porcentagem de uso e ocupação do solo. Não foram utilizados mais

trabalhos por falta de algumas das informações de área e/ou distribuição do uso e ocupação do solo.

Tabela 5. 2. Relação entre uso e ocupação do solo e a quantidade de RSDre.

Local	Descrição do uso e ocupação	Massa [kg/ha.ano]	Fonte
Bacia Esperança, Santa Maria/RS	Urbana = 100%	12,3	Silva (2010)
Melbourne, Austrália	Urbana = 100%	6	Neves e Tucci (2008a)
Sub-bacia CB12, Porto Alegre/RS	Urbana = 100%	2,25	Neves (2006)
Bacia Rio do Meio, Florianópolis/SC	Urbana = 68%	0,27	Brites e Gastaldini (2007)
	Vegetação = 32%		
Bacia Cancela, Santa Maria/RS	Urbana = 56%	1,47	
	Vegetação = 44%		
Bacia Alto da Colina, Santa Maria/RS	Urbana = 22%	0,91	
	Rural = 78%		

Os dados de uso e ocupação do solo foram colocados em ordem decrescente de urbanização, pode-se perceber pela Tabela 5.2 que a quantidade de resíduos decresce juntamente com o decréscimo da urbanização, ou seja, tendem a ser diretamente proporcionais.

O resultado desta pesquisa não se enquadrou com a tendência descrita acima, demonstrando não ser este o fator preponderante sobre o surgimento dos RSDre nesta bacia. Este resultado pode ser reflexo do curto período de monitoramento realizado na Bacia do Rio do Meio, comparado com o das outras pesquisas, as quais superam 4 meses.

Este resultado também pode ser devido à ocorrência de precipitações não muito intensas ou devido a época de monitoramento, a qual abrangeu meses de menor circulação de pessoas no Campus Universitário.

Ao verificar o comportamento dos RSDre com o tamanho da bacia (Tabela 5.3), observa-se que não há uma relação lógica, não sendo

o tamanho da bacia um fator relevante, e sim a ocupação que nela está inserida.

Tabela 5. 3. Relação entre a área da bacia e a quantidade de RSDre.

Local	Área [ha]	Massa [kg/ha.ano]	Fonte
Melbourne, Austrália	50	6	Neves e Tucci (2008a)
Bacia Esperança, Santa Maria/RS	57	12,3	Silva (2010)
Sub-bacia CB12, Porto Alegre/RS	192	2,25	Neves (2006)
Bacia Rio do Meio, Florianópolis/SC	244	0,27	
Bacia Alto da Colina, Santa Maria/RS	334	0,91	Brites e Gastaldini (2007)
Bacia Cancela, Santa Maria/RS	495	1,47	

A contribuição dos resíduos sólidos em função do número de habitante para a bacia do Rio do Meio é de aproximadamente 0,04 kg/hab.ano. Comparando com os valores encontrados para a Bacia Cancela e Ato da Colina, 0,04 kg/hab.ano e 0,15 kg/hab.ano, respectivamente, tem-se que o valor encontrado por esta pesquisa é semelhante ao encontrado por Brites (2005) na Bacia Cancela, a qual possui aproximadamente 18.000 habitantes, cerca de 11 vezes mais habitantes do que a Bacia do Rio do Meio.

Levando em consideração somente o número de habitantes, a Bacia do Rio do Meio se assemelha mais com a Bacia Alto da Colina, a qual produziu aproximadamente 4 vezes mais resíduos por habitante que a bacia de estudo.

A maior parte das pesquisas não expressou seus resultados por população.

5.3. ANÁLISE ENTRE OS ELEMENTOS DE GESTÃO DOS RESÍDUOS SÓLIDOS E O SURGIMENTO DOS RESÍDUOS SÓLIDOS DRENADOS

Dentre os elementos da gestão dos RSU foram analisadas a influência do acondicionamento dos resíduos sólidos antes da coleta, a

frequência de varrição, limpeza de bocas de lobo e canais no surgimento dos RSDre na Bacia do Rio do Meio.

A gestão dos RSU dentro da bacia divide-se entre dois órgãos: Prefeitura Universitária da UFSC, responsável pela área da universidade; e a Companhia Desenvolvidos da Capital, responsável pelo restante da bacia. A Figura 5.5 ilustra esta subdivisão.

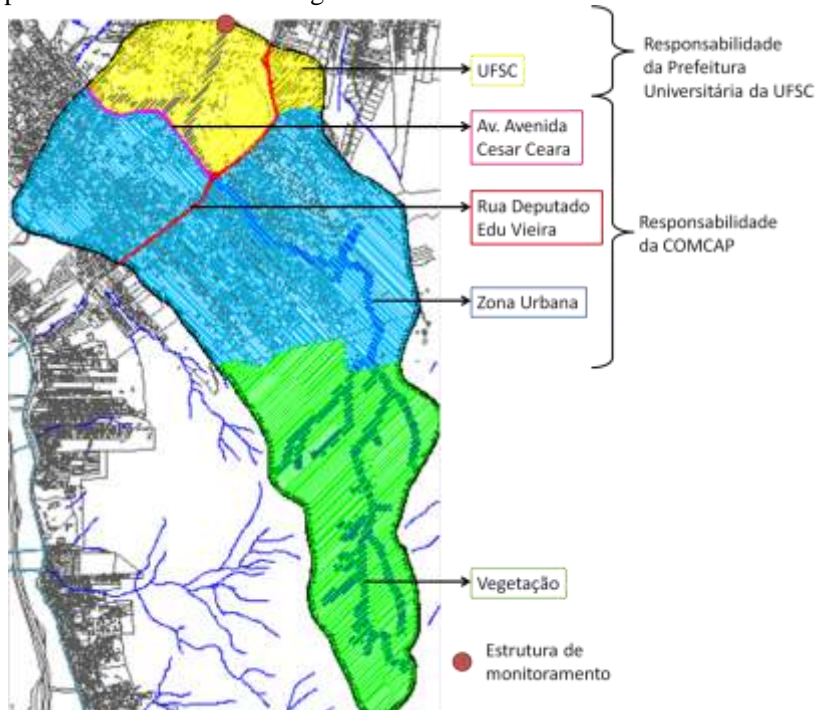


Figura 5. 5. Localização das áreas sobre responsabilidade da Prefeitura Universitária da UFSC e COMCAP.

A seguir serão discutidos os elementos da gestão por tópicos para melhor organização:

Limpeza de bocas de lobo e canais

A limpeza dos canais dentro da UFSC é realizada duas ou três vezes ao ano. Segundo a Prefeitura Universitária, a equipe que realiza a limpeza ganha insalubridade pelo serviço devido às características do

canal. A última limpeza foi realizada na metade do ano de 2011; o órgão não soube informar a data precisa.

Dentro do Campus Universitário foi encontrado um local, que devido às características do fundo do canal, estavam retendo alguns materiais, como pode ser observado na Figura 5.6. Esta interferência pode ter influenciado no monitoramento, entretanto as condições do canal se mantiveram como o habitual, conseqüentemente os resultados estão mais próximos à realidade.



Figura 5. 6. Local onde ocorre a retenção de resíduos devido as características do fundo do canal; dependências da UFSC.

No restante do canal não é realizada limpeza, provavelmente devido às características naturais do leito e também sua declividade, que

impede o depósito de sedimentos. A COMCAP informou que o órgão não realiza limpezas neste canal.

A limpeza de bocas de lobo é realizada pela Secretaria de Obras da Prefeitura de Florianópolis, a qual informou que não houve limpeza de bocas de lobos na área de estudo.

Como relatado não houve remoção de materiais na rede de drenagem, não influenciando, portanto no surgimento dos RSDre, no que diz respeito à diminuição destes devido à limpeza. E também no que diz respeito à melhoria do fluxo do canal, ou seja, as condições “normais” ficaram estabelecidas no período de monitoramento.

Varrição

O campus da UFSC é varrido diariamente e os resíduos são colocados em sacolas plásticas e dispostos em locais pré-estabelecidos, para posterior coleta. A varrição é realizada por uma equipe terceirizada, porém coordenada pela Prefeitura Universitária. No restante da bacia, segundo a COMCAP, o serviço de varrição atende somente a Rua Deputado Edu Vieira e a Avenida Cesar Ceara (Figura 5.5); uma ou duas vezes na semana.

Unindo as informações sobre a varrição tem-se que apenas 16,8% da bacia é contemplada com este tipo de serviço, sendo a extensão varrida pela COMCAP pouco significativa, se comparado com a prestação de serviço realizada pela UFSC, porém não menos importante. Segundo Neves (2006), nas áreas comerciais, onde há um grande número de pessoas, a probabilidade de se encontrar resíduos nas sarjetas é maior, sendo essencial o serviço de varrição.

O trabalho de Marais et al (2004) apud Neves (2006), realizado em Cape Town, concluiu que a varrição no centro comercial se mostrou bastante eficiente para reduzir a quantidade de resíduos drenados.

Segundo Marais e Armitage (2004), a varrição diária pode remover mais de 98% do lixo presente nas ruas, ou seja, os resíduos que caem na drenagem provavelmente são oriundos das áreas que não são contempladas pela varrição.

Na saída a campo foi constatado que dentro do Campus Universitário havia uma pequena quantidade de resíduos pelas ruas e nas margens do rio, demonstrando que apesar da área ser varrida diariamente, esta não cobre a totalidade da superfície. A maioria destes resíduos eram sacolas e copos plásticos. Na foto da Figura 5.7, retirada próximo ao leito do rio, mostra um foco de contribuição de resíduos.

Pode-se visualizar um número significativo de pontas de cigarro, as quais apareceram em grande quantidade no monitoramento.



Figura 5. 7. Foco de contribuição de resíduos sólidos próximo ao leito do rio.

Levando em consideração os resultados dos trabalhos citados acima e o que foi constatado em campo, pode-se afirmar apenas que há uma tendência de que os RSDre sejam provenientes, em parte de alguns focos espalhados pela UFSC e pela Rua Deputado Edu Vieira e a Avenida Cesar Ceara, e em parte da área residencial que não é contemplada pelo serviço de varrição.

Acondicionamento e coleta

Dentro do campus a coleta é realizada de maneira conjunta entre a COMCAP e a Prefeitura da UFSC. Existem pontos dentro da universidade que são próprios para o armazenamento dos resíduos gerados nos departamentos e pela varrição, como por exemplo, a que se encontra próxima ao Centro de Cultura e Eventos da UFSC (Figura 5.8).



Figura 5. 8. Estrutura de acondicionamento de resíduos sólidos próximo ao Centro de Cultura e Eventos da UFSC.

Uma equipe de limpeza da Prefeitura Universitária passa diariamente por estes pontos coletando a maioria dos resíduos e os leva até dois contêineres (cedido pela COMCAP) localizados atualmente nos estacionamentos do Centro de Ciências da Saúde e do Centro Sócio Econômico. A coleta realizada diariamente pela COMCAP recolhe, no período da noite, o restante dos resíduos deixados pela equipe da Prefeitura e aqueles contidos no container. Segundo a Prefeitura da UFSC, a coleta é realizada desta maneira, parte pela Prefeitura e parte pela COMCAP, pois se a coleta fosse realizada apenas pela COMCAP, haveria muito acúmulo de resíduos nestes locais, afetando a saúde pública.

Observou-se, na saída a campo, que existem dois pontos de armazenamento de resíduos próximos ao canal da UFSC e que apresentavam problemas. Um deles não está dentro dos limites da bacia, porém apresenta uma grande proximidade com esta e é um dos principais focos de contribuição para os RSDre.

O ponto citado acima está localizado na entrada do estacionamento do Centro Tecnológico, próximo ao prédio Administrativo do Centro Tecnológico (jusante à tela de monitoramento). Pela Figura 5.9 nota-se uma grande quantidade de resíduos espalhados pelo chão, sem nenhuma forma de acondicionamento, propensos a serem carregados com a chuva ou mesmo levados com o vento até o canal que esta a menos de 7 metros.



Figura 5. 9. Ponto irregular de acondicionamento de resíduos (próximo a estrutura de monitoramento).

Outro ponto de armazenamento de resíduos, localizado a montante da tela de monitoramento, continha lâmpadas fluorescentes, algumas quebradas, jogadas no chão (Figura 5.10.b) e outras dentro do leito do rio (Figura 5.10.a). Lembrando que no primeiro evento ficou retida uma lâmpada fluorescente, provavelmente originada deste ponto.



Figura 5. 10. Ponto irregular de acondicionamento de resíduos (a montante da estrutura de monitoramento).

Ainda dentro do Campus Universitário foi encontrado um ponto inadequado de acumulo de material, bem próximo à estrutura de monitoramento. Este material era composto de restos de materiais de construção, sendo a grande maioria madeira processada, presentes nos resultados de monitoramento (Figura 5.11). Não foram encontrados outros focos de depósito de resíduos da construção civil ao longo da bacia.



Figura 5. 11. Ponto irregular de depósito de resíduos.

No restante da bacia, onde a coleta domiciliar é feita diretamente nas casas, não foram encontrados locais de armazenamento ou depósito inadequado de resíduos sólidos.

A coleta nesta área é atendida por dois roteiros diferentes, um atende as ruas três vezes por semana no período vespertino e o outro, diariamente no período da noite. No Anexo A e B estão os mapas fornecidos pela COMCAP com o roteiro das coletas, onde se podem visualizar as ruas atendidas. Ressalva-se que a regularidade da coleta é um fator que contribui para evitar pontos irregulares, pois a população quando habituada com a coleta e não joga os resíduos em qualquer local. A COMCAP também realiza coleta seletiva uma vez por semana nestes locais.

Há uma tendência então, de que os resíduos que foram retidos na estrutura de monitoramento sejam originados no Campus Universitário,

e grande parte pelo acondicionamento inadequado destes, porém é difícil saber a sua magnitude de contribuição, cabendo apenas afirmar que este elemento contribui para o surgimento dos RSDre.

Silva (2010) cita em seu trabalho que visualmente havia uma grande quantidade de RSU dispersa em alguns locais da bacia e que a presença dos resíduos da classe “outros” na sua estrutura de monitoramento provavelmente foi devido ao esquecimento da população de seus objetos no terreno de suas casas, que com a precipitação eram carregados. O autor não relaciona diretamente o acondicionamento dos resíduos com o surgimento destes na rede de drenagem, parte do princípio que a população joga os resíduos no rio. Este fato explicaria as sacolas plásticas com dejetos de animais encontradas em alguns dos eventos monitorados.

Na área estudada por Neves (2006) a coleta era realizada diretamente nas casas, no período da noite, três vezes por semana, sendo a área predominantemente residencial. O autor também não relaciona diretamente o acondicionamento dos resíduos com a problemática, ainda afirma que os resíduos domiciliares possuem menor risco de atingir a rede de drenagem, do que os de varrição, foco de seu trabalho.

De maneira geral os trabalhos já realizados na área relacionam a gestão dos resíduos sólidos com o surgimento dos RSDre, e não elementos daquela, por isso a dificuldade na comparação.

Para a Bacia do Rio do Meio a gestão dos resíduos sólidos é eficiente, uma vez que a coleta cobre toda a área urbanizada e os serviços de varrição cobrem as áreas da UFSC e as ruas de maior tráfego, as quais geram maiores quantidades de resíduos. Foi evidente que alguns dos resíduos encontrados ao longo das margens do Rio do Meio estiveram presentes entre os resultados de monitoramento, evidenciando que a não realização de serviços de limpeza pública em todas as áreas ou a ineficiência destes serviços, principalmente a varrição, acarretam na contaminação dos cursos d'água por estes resíduos. Porém não é possível afirmar a eficiência da gestão com precisão, cabe apenas a afirmativa de que a gestão de resíduos na Bacia do Rio do Meio é um elemento que influencia diretamente na presença de resíduos sólidos na drenagem.

Embora o restante da bacia não apresentar focos de contribuição de resíduos sólidos, constatou-se vários locais onde havia lançamento de esgoto doméstico. A Figura 5.12 mostra alguns destes locais.



Figura 5. 12. Pontos de contaminação por efluente doméstico.

Nota-se na Figura 5.12.c que a água chega a mudar sua coloração. Na área onde a vegetação predomina, a água aparenta estar em suas condições normais (Figura 5.13).

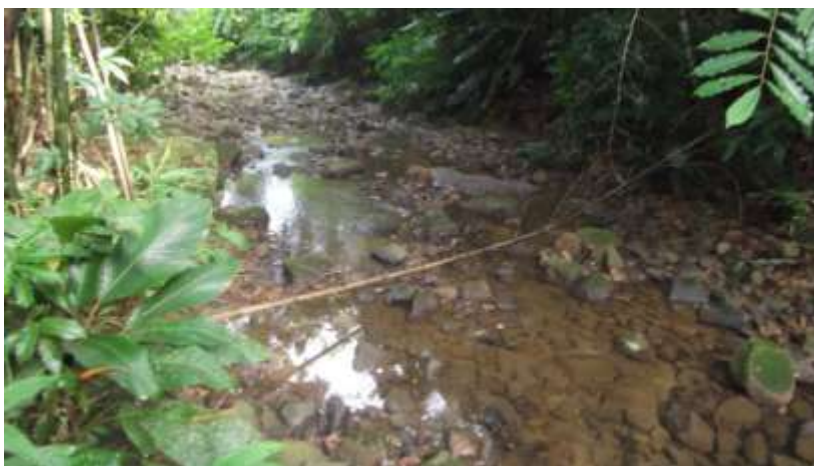


Figura 5. 13. Rio em suas condições aparentemente normais.

5.4. ANÁLISE ENTRE A PRECIPITAÇÃO E O SURGIMENTO DOS RESÍDUOS SÓLIDOS DRENADOS

A Tabela 5.4 apresenta a quantidade total de RSDre quantificado e as características da precipitação, para cada evento.

Tabela 5. 4. Quantidade de RSDre e as características da precipitação.

Data do evento	RSDre	Precipitação Total	Intensidade de precipitação
	[kg]	[mm]	[mm/min]
24/1	1,930	12,8	0,09
25/1	0,629	9,3	0,05
26/1	0,000	0,6	0,01
5/2	0,550	6,9	0,23
7/2	0,570	2,7	0,03
Total	3,679	32,3	-

O Gráfico 5.4 apresenta a correlação realizada entre a quantidade de resíduos sólidos retidos na estrutura de monitoramento e a intensidade de precipitação. Nota-se que a correlação não é satisfatória, pois os pontos estão muito afastados da curva de tendência.

Provavelmente este resultado é devido a baixa intensidade dos eventos de precipitação.

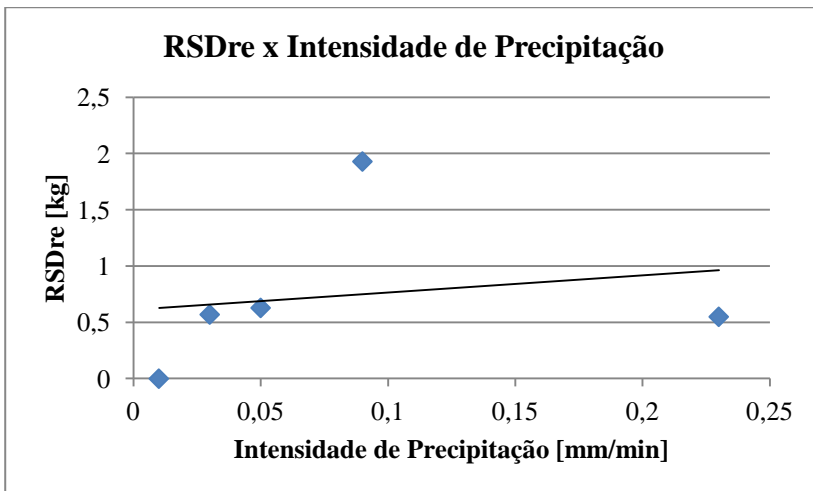


Gráfico 5. 4. Correlação entre resíduos sólidos drenados e a intensidade de precipitação para a Bacia do Rio do Meio.

O Gráfico 5.5 apresenta a correlação realizada entre a quantidade de resíduos sólidos retidos na estrutura de monitoramento e a precipitação total para cada evento.

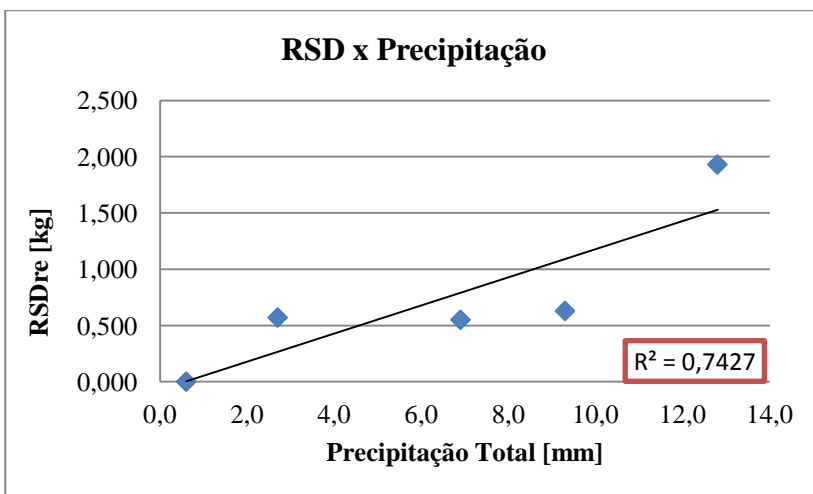


Gráfico 5. 5. Correlação entre resíduos sólidos drenados e a precipitação total para a Bacia do Rio do Meio.

A quantidade total de RSDre apresentou tendência crescente com o aumento da precipitação, porém, como afirma Brites (2005), para uma melhor análise seriam necessários mais eventos com características semelhantes, possibilitando uma correlação múltipla entre os parâmetros, pois o transporte de resíduos sólidos pela drenagem está relacionado a mais de um parâmetro, como intensidade máxima de precipitação, volume escoado e disponibilidade de resíduos sobre a superfície da bacia.

Ao analisar outros trabalhos verifica-se que todos apresentaram proporcionalidade direta entre a precipitação e o total de RSDre. A Figura 5.14 mostra os resultados dos trabalhos de Brites (2005) e Silva (2010), e o deste projeto. Estes dois trabalhos forma selecionados para esta análise por apresentarem características semelhantes na estrutura e metodologia de monitoramento.

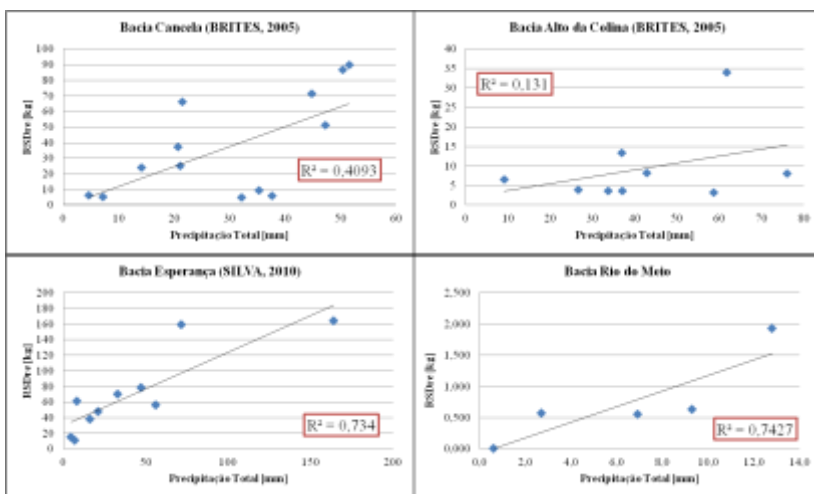


Figura 5. 14. Gráficos comparativos de correlação entre resíduos sólidos drenados e a precipitação total para diferentes bacias.

Através do coeficiente de determinação (R^2), que indica o grau de relação entre uma variável e outra, verifica-se que os resultados mostrados na Figura 5.14 apresentaram uma tendência de proporcionalidade direta entre os RSDre e o total de precipitação. Nota-se também que a Bacia do Rio do Meio apresentou o valor de R^2 mais próximo a um, indicando que o total de precipitação pode ser um dos principais fatores contribuintes para surgimento dos RSDre.

Conforme a Tabela 5.5 observou-se que a quantidade de dias secos antecedentes aos eventos não teve nenhuma relação de proporcionalidade com a quantidade de resíduos sólidos retidos na estrutura de monitoramento. Brites (2005) obteve o mesmo resultado em sua pesquisa.

Tabela 5. 5. Relação entre os dias secos antecedentes ao evento e a quantidade de RSDre.

Evento	Número de dias secos antecedentes ao evento	RSDre
		[kg]
1	5	1,93
2	0	0,629
3	0	0
4	8	0,55
5	0	0,57

6. CONCLUSÕES E RECOMENDAÇÕES

A importância da quantificação e da identificação das fontes geradoras dos resíduos sólidos transportados nos sistemas de drenagem está nos prejuízos que este vem a causar, tanto no que se refere à obstrução de redes quanto às elevadas cargas de poluentes que se encontram agregadas junto aos mesmos, além de aplicar medidas adequadas de controle.

A quantificação dos resíduos sólidos drenados na Bacia do Rio do Meio apresentou as classes: “plástico”, “materiais de construção” e “outros”, como resíduos mais significativos na quantificação, representando mais de 83% do total em massa e 91% do total em número de itens. As classes “metal”, “vidro” e “papel” resultaram em 17% e 9% dos totais.

Segundo alguns autores os plásticos surgem entre os principais resíduos drenados devido sua facilidade de transporte, além de seu grande consumo pela população em geral, o que pode justificar a quantidade encontrada, além de ter sido verificado em visita a campo a presença de copos plásticos e sacolas nas margens do canal, dentro do Campus Universitário.

O surgimento dos resíduos da construção civil como um dos principais resíduos sólidos drenados na Bacia do Rio do Meio vem a alertar sobre a deficiência que muitas cidades possuem em acondicionar e destinar adequadamente os resíduos da construção civil. Constatou-se, através da verificação in loco das margens do rio, que havia um ponto irregular de acondicionamento destes resíduos dentro dos domínios da UFSC, sendo esta a provável fonte de contaminação.

Atualmente, em Florianópolis, o serviço de coleta de resíduos da construção civil e volumosos é realizado uma vez por ano em cada bairro pela COMCAP. Para suprir a demanda do município está em construção uma rede de pontos de entrega voluntária para pequenos geradores, tendo em vista que os grandes são responsáveis pela sua destinação. Juntamente a esta rede a COMCAP vem realizando uma campanha de conscientização dos moradores para evitar pontos irregulares de descarte.

Embora as classes “plástico” e “materiais de construção” tenham aparecido entre os mais quantificados, um dos grandes problemas encontrados na bacia é a questão do microlixo, presentes na classe “outros”. Foram quantificadas mais de 50 pontas de cigarro, além dos papéis de bala, num curto período de monitoramento e com telas de abertura superiores aos seus tamanhos.

Outro problema apontado pelos resultados está na periculosidade dos resíduos encontrados, e não na sua quantidade, como constatado. Foram encontradas lâmpadas fluorescentes dentro e nas margens do rio e uma lata de tinta spray, ambos os elementos são considerados resíduos Classe I - Perigosos (ABNT, 2004).

Para trabalhos como este, em que a quantidade de resíduos é pequena, a composição gravimétrica pode não ser a melhor alternativa na análise de dados, uma vez que a variabilidade de massas pode ser grande, causando uma distorção das respostas. Devido a este fato, fez-se uma comparação com o número de itens encontrados, o que resultou em uma adequada ferramenta de auxílio na análise dos dados.

Ao confrontar o resultado desta pesquisa com outros trabalhos verificou-se que o uso e ocupação do solo não são fatores que influenciam no surgimento dos RSDre, pois este parâmetro esteve fora da tendência apresentada pelas outras pesquisas, a de aumentar a quantidade de RSDre com o aumento da ocupação do solo.

Obteve-se também que o tamanho da bacia não é um fator relevante, pois não houve nenhuma relação de proporcionalidade entre os RSDre e o tamanho da bacia, ou seja, as características da bacia analisadas neste trabalho não influenciam no surgimento dos RSDre.

Dentre os elementos de gestão dos resíduos sólidos analisados a limpeza de bocas de lobo e de canais não influenciou o surgimento dos RSDre, pois estes serviços não foram executados antes e durante o período de monitoramento, o que favoreceu a pesquisa, pois foram mantidas as condições normais da bacia.

O acondicionamento dos resíduos apresentou ser um dos componentes que influenciam no surgimento dos RSDre, pois foi verificado na visita a campo que alguns elementos vistos nos locais de depósito regulares e irregulares de resíduos foram quantificados no período de monitoramento. Todos estes locais mencionados encontram-se dentro do Campus Universitário.

Sugere-se, como medida estrutural para os dois pontos identificados, a realocação destes para locais um pouco mais afastados das margens do rio e também de bocas de lobo. Especificamente para o local próximo ao Centro Tecnológico da UFSC, sugere-se a aquisição de contêineres de grande porte, conforme a Lei Complementar Municipal nº113 de 2003.

Para resíduos de estabelecimentos públicos, Zveibil (2001) sugere o uso de contêineres providos de rodas, que são levados até os veículos de coleta e basculados mecanicamente, ou contêineres estacionários

(sem rodas), basculáveis nos caminhões ou intercambiáveis, ambos geralmente metálicos.

O serviço de varrição é um componente fundamental na remoção dos resíduos sólidos. Apesar de não quantificada o total de resíduos removido pela varrição, conclui-se que os resíduos são originados parte pela área da bacia que não é contemplada pelo serviço e parte pela baixa frequência de varrição nas ruas de grande movimento. Dentro da UFSC, os resíduos que contribuíram foram àqueles encontrados ao longo das margens do canal e provenientes dos focos verificados em campo, provavelmente áreas que não são varridas por desconhecimento da necessidade ou outros fatores.

Para a área dentro da universidade, propõe-se a intensificação da varrição nas margens do rio e uma revisão dos locais de varrição, com a finalidade de cobrir os focos de contaminação; ou que sejam locadas lixeiras para estes locais, evitando que os resíduos sejam jogados no chão, como é o caso das pontas de cigarro.

Propõe-se também que seja previsto a implantação do serviço de varrição dentro da área residencial, principalmente perto das margens do rio, sendo a frequência determinada conforme a demanda de serviço.

A forma em que o serviço de coleta é realizado na bacia faz com que este elemento da gestão não seja um fator de contribuição.

O total de precipitação também resultou ser um fator que influencia no surgimento dos resíduos sólidos, através dos resultados constatou-se que há uma proporcionalidade direta entre a quantidade de resíduos sólidos e o total precipitado para a Bacia do Rio do Meio; seguindo a tendência de outros trabalhos.

A intensificação dos serviços de varrição antes da precipitação pode ser uma solução para amenizar o surgimento dos resíduos sólidos. Esta medida pode ser tomada com o acompanhamento das previsões do tempo para a região.

É importante reconhecer que deve haver uma conscientização dos funcionários que atuarão na limpeza e da população, caso contrário nada adiantará as mudanças estruturais se a população continuar com os mesmos hábitos e os funcionários não atuarem de maneira eficaz por falta de informação.

Por fim, é concluído que o surgimento dos resíduos sólidos na rede de drenagem da Bacia do Rio do Meio é devido a focos isolados de mau acondicionamento dos resíduos sólidos, localizados no Campus Universitário e pela falta de varrição em alguns pontos como constatado em visita a campo, ou seja, está ligada a gestão dos resíduos sólidos.

Outro fator que contribui para o surgimento dos RSDre é o total de precipitação, sendo a relação de direta proporcionalidade. Conclui-se também que as características da bacia não possuem influencia sobre os RSDre, como esperado.

Verificou-se que através de medidas estruturais simples pode-se diminuir a quantidade de resíduos sólidos veiculados na rede de drenagem, eliminando esta fonte de poluição.

Com a descoberta dos fatores que influenciam no surgimento dos RSDre verificou-se que a falta de uma gestão integrada entre os componentes do saneamento deixam passar despercebido medidas estruturais simples que acabam por diminuir a quantidade de resíduos sólidos drenados, ou seja, os problemas encontrados por este trabalho são reflexos de uma gestão não integrada entre os resíduos sólidos e a drenagem, principalmente dentro da Universidade.

Atualmente a Universidade vem construindo o Plano Diretor Participativo da UFSC, onde estão previstas ações nas áreas de energia elétrica, água, mobilidade, segurança, esgoto, resíduos, entre outras, porém não prevê ações na área da drenagem, resultando em uma gestão incompleta que pode acarretar em problemas futuros (FLORIANÓPOLIS, 2012). Lembrando que a drenagem faz parte da infraestrutura urbana, portanto deve ser planejada com os outros sistemas, principalmente o esgotamento sanitário, disposição de materiais e tráfego (TUCCI, 2002).

Para complementar o estudo sobre os resíduos sólidos veiculados na rede de drenagem da Bacia do Rio do Meio, se faz necessário uma quantificação dos resíduos gerados na bacia e uma caracterização dos resíduos de varrição, a exemplo tem-se o trabalho realizado por Neves (2006).

Outra vertente para a complementação deste trabalho está na verificação do nível de contaminação que a bacia tem por esgoto doméstico; a exemplo tem-se o trabalho realizado por Brites (2005). Com a realização destas complementações, pode-se dizer que a identificação das fontes para a poluição difusa está coberta.

REFERÊNCIA BIBLIOGRÁFICA

ASSOCIAÇÃO BRASILEIRA DE EMPRESAS DE LIMPEZA PÚBLICA E RESÍDUOS ESPECIAIS (ABRELPE). **Panorama dos resíduos sólidos no Brasil 2010**. São Paulo: Grappa Editora e Comunicação, 2010. 199 p.

ASSOCIAÇÃO BRASILEIRA DE NORMAS TÉCNICAS (ABNT). **NBR 10004**: Resíduos sólidos: classificação. 2. ed. Rio de Janeiro (RJ): ABNT, 2004. VI,71p.

BRASIL. Fundação Nacional da Saúde. **Manual de saneamento**. 3. ed. Brasília: Fundação Nacional de Saúde, 2006. 408 p.

BRASIL. Instituto Brasileiro de Geografia e Estatística. Séries Estatísticas e Séries Históricas. **Características gerais da população**. Disponível em: <<http://seriesestatisticas.ibge.gov.br/Default.aspx>>. Acesso em: 30 out. 2011.

BRASIL. Instituto Brasileiro de Geografia e Estatística. Séries Estatísticas: Cidades. **IBGE Cidades**: Florianópolis. 2010. Disponível em: <<http://www.ibge.gov.br/cidadesat/topwindow.htm?1>>. Acesso em: 03 jul. 2012.

BRASIL. CONSELHO NACIONAL DO MEIO AMBIENTE. Resolução CONAMA n.º 275 de 25 de abril de 2001. **Dispõe sobre os códigos de cores para diferentes tipos de resíduos**. Diário Oficial da União, 19 junho de 2001.

BRASIL. Lei n.º 11.445, de 05 de janeiro de 2007. **Estabelece diretrizes nacionais para o saneamento básico**. Diário Oficial da União, 11 de janeiro de 2007.

BRASIL. Lei n.º 9.433, de 08 de janeiro de 1997. **Institui a Política Nacional de Recursos Hídricos, cria o Sistema Nacional de Gerenciamento de Recursos Hídricos, regulamenta o inciso XIX do art. 21 da Constituição Federal, e altera o art. 1º da Lei n.º 8.001, de 13 de março de 1990, que modificou a Lei n.º 7.990, de 28 de dezembro de 1989**. Diário Oficial da União, 09 de janeiro de 1997.

BRASIL. Constituição da República Federativa do Brasil de 05 de maio de 1988. Diário Oficial da União, 05 de outubro de 1988.

BRITES, A. P. Z e GASTALDINI, M. do C. C. Avaliação da carga poluente no sistema de drenagem de duas bacias hidrográficas urbanas. **Revista Brasileira de Recursos Hídricos**, v. 12, n. 4, out/dez 2007, p. 211-221.

BRITES, A. P. Z. **Avaliação da qualidade da água e dos resíduos sólidos no sistema de drenagem urbana.** 2005. 177 f. Dissertação (Mestrado em Engenharia Civil) - Programa de Pós Graduação em Eng. Civil, Universidade Federal de Santa Maria, Santa Maria, 2005.

CASTILHOS JUNIOR, A. B. de. **Gerenciamento de resíduos sólidos urbanos com ênfase na proteção de corpos d'água:** prevenção, geração e tratamento de lixiviado de aterros sanitários. Florianópolis: ABES, 2006. 475 p.: il. (Projeto PROSAB).

GARCEZ, L. N; ALVAREZ, G A. **Hidrologia.** 2. ed. (revisada) São Paulo: Edgard Blucher Ltda, 1976. 249 p.

FLORIANÓPOLIS. Lei Complementar nº 113, 24 de abril de 2003. **Dispõe sobre a forma de apresentação dos resíduos sólidos para a coleta.** Diário Oficial da União, 06 de maio de 2003.

FLORIANÓPOLIS. Universidade Federal de Santa Catarina. **Plano Diretor Participativo da UFSC.** Florianópolis, 2012. Disponível em: <<http://planodiretor.ufsc.br/>>. Acesso em: 11 jun. 2012.

INSTITUTO BRASILEIRO DE ADMINISTRAÇÃO MUNICIPAL (IBAM). **O que é preciso saber sobre limpeza urbana.** Rio de Janeiro: IBAM, 1991. 126p.

LABORATÓRIO DE ENGENHARIA DE PROCESSOS DE CONVERSÃO E TECNOLOGIA DE ENERGIA (LEPTEN). Laboratório de Energia Solar. **Estações on-line:** Florianópolis. Florianópolis, 2011. Disponível em: <<http://www.lepten.ufsc.br/estacoes/florianopolis.html>>. Acesso em: 25 abr. 2012.

MARAIS, M., ARMITAGE, N. e WISE, C. **The measurement 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*. v 30, n. 4. 2004, p. 469-482. Disponível em: <http://www.wrc.org.za/Knowledge%20Hub%20Documents/Water%20SA%20Journals/Manuscripts/2004/04/WaterSA_2004_04_6a.pdf>. Acesso em: 05 nov. 2011.

MARAIS, M. e ARMITAGE, N. **The measurement and reduction of urban litter entering stormwater drainage systems: paper 2** - Strategies for reducing the litter in the stormwater drainage systems. *Water SA*. v 30, n. 4. 2004, p. 483-492. Disponível em: <<http://www.ajol.info/index.php/wsa/article/view/5100>> Acesso em: 02 nov. 2011.

MARQUES, C. E. B. **Proposta de método para a formulação de planos diretores de drenagem urbana**. 2006. 168 f. Dissertação (Mestrado em Tecnologia Ambiental e Recursos Hídricos) - Programa de Pós Graduação em Eng. Civil e Ambiental, Universidade de Brasília, Brasília, DF, 2006.

NEVES, M. G. F. P. das. **Quantificação de resíduos sólidos na drenagem urbana**. 2006. 249 f. Tese (Doutor em Recursos Hídricos e Saneamento Ambiental) - Programa de Pós Graduação em Recursos Hídricos e Saneamento Ambiental, Universidade Federal do Rio Grande do Sul, Porto Alegre, 2006.

NEVES, M. G. F. P. das e TUCCI, C. E. M. Resíduos Sólidos na Drenagem Urbana: Aspectos Conceituais. **Revista Brasileira de Recursos Hídricos**, v. 13, n. 3, jul/set 2008a, p. 125-135.

NEVES, M. G. F. P. das e TUCCI, C. E. M. Resíduos Sólidos na Drenagem Urbana: Estudo de Caso. **Revista Brasileira de Recursos Hídricos**, v. 13, n. 4, out/dez 2008b, p. 43-53.

PINTO, N. L. de S. *et al.* **Hidrologia básica**. São Paulo (SP): E. Blucher, 1976. 278p.

POMPÊO, C. A. Drenagem urbana sustentável. **Revista Brasileira de Recursos Hídricos**, v. 5, n. 1, jan/mar 2000, p. 15-24.

PORTO ALEGRE. Prefeitura Municipal de Porto Alegre. Departamento de Esgotos Pluviais. Universidade Federal do Rio Grande do Sul. Instituto de Pesquisas Hidráulicas. **Plano diretor de drenagem urbana: Manual de drenagem urbana**. 6. ed. Porto Alegre, 2005. 167 p.

FLORIANÓPOLIS. Prefeitura Municipal de Florianópolis. **Plano municipal integrado de saneamento básico: produto 6: Drenagem e manejo das águas pluviais urbanas**. Florianópolis: PMF, 2009. 117 p.

FLORIANÓPOLIS. Prefeitura Municipal de Florianópolis. **Geoprocessamento Cooperativo**. Florianópolis, 2012. Disponível em: <<http://geo.pmf.sc.gov.br/dados.php>>. Acesso em: 02 fev. 2012.

PPG BRASIL. **Boletim Técnico**. 2010. Disponível em: <http://la.web.ppg.com/sites/brazil/_layouts/Print.FormServer.aspx>. Acesso em: 09 maio 2012.

RECICLEIROS (Org.). **Microlixo é Mega Problema**. São Paulo, 2011. Disponível em: <<http://www.recicleiros.com.br/causes/microlixo-e-mega-problema>>. Acesso em: 12 maio 2012.

RIGHETTO, A. M. **Manejo de águas pluviais urbanas**. Rio de Janeiro: ABES, 2009. 396 p.: il. (Projeto PORSAB).

SÃO PAULO. Prefeitura do Município de São Paulo. Fundação Centro Tecnológico de Hidráulica. **Diretrizes básicas para projetos de drenagem no município de São Paulo**. São Paulo, 1999. 289 p.

SILVA, A. S. da. **Resíduos sólidos drenados em sub-bacia hidrográfica urbana em Santa Maria - RS**. 2010. 144 f. Dissertação (Mestrado em Engenharia Civil) - Programa de Pós Graduação em Eng. Civil, Universidade Federal de Santa Maria, Santa Maria, 2010.

TUCCI, C E. M.; PORTO, R. la L.; BARROS, M. T. de. **Drenagem urbana**. Porto Alegre: ABRH, Ed. da UFRGS, 1995. 428p.

TUCCI, C. E. M. Gerenciamento da Drenagem Urbana. **Revista Brasileira de Recursos Hídricos**, v. 7, n.1. jan/mar 2002, p 5-27.

UNIVERSIDADE FEDERAL DE SANTA CATARINA. Departamento de Integração e Estatística. **UFSC em números: 2000 - 2009**.

Florianópolis, 2010. Disponível em: <
<http://www.pip.ufsc.br/index.jsp?page=arquivos/numeros.html>>. Acesso
em: 03 jul. 2012.

ZVEIBIL, V. Z. (Org.). **Manual de gerenciamento integrado de
resíduos sólidos**. 15. ed. Rio de Janeiro: IBAM, 2001. 200 p.

APÊNDICE A – Planilha de monitoramento

Relatório de monitoramento

Data do início do evento:
Descrição do evento:
Dias secos (antecedente):
Data da coleta:
Data da separação e pesagem:
Temperatura da estufa:

Caracterização

	Plástico	Vidro	Papel	Metal	Materiais de construção	Outros
Massa [kg]						
Composição gravimétrica [%]						
Total [kg]						

Número de itens						
Unidades [%]						
Total de itens						

Observações/descrição dos resíduos:

APÊNDICE B – Planilha de resultados por evento

Relatório de monitoramento

Data do início do evento: 24/01/2012

Descrição do evento: chuva no período da noite; total precipitado de 12,8 mm

Dias secos (antecedente): 5 dias

Data da coleta: 25/01/2012

Data da separação e pesagem: 26/01/2012

Temperatura da estufa: 42°

Caracterização

	Plástico	Vidro	Papel	Metal	Materiais de construção	Outros
Massa [kg]	0,430	0,230	0,040	0,080	0,450	0,700
Composição gravimétrica [%]	22	12	2	4	23	36
Total [kg]	1,930					

Número de itens	32	3	2	4	3	41
Unidades [%]	38	4	2	5	4	48
Total de itens	85					

Observações/descrição dos resíduos: foi retido um galho de grande porte, além de garrafas PET's, sacolas, um tênis, uma meia, uma lâmpada fluorescente, embalagens longa vida, cacos de vidro e 30 pontas de cigarro, estas ficaram retidas devido a colmatção da grade pelas folhas.

Relatório de monitoramento

Data do início do evento: 25/01/2012

Descrição do evento: chuva no período da tarde e da noite; total precipitado de 9,3 mm

Dias secos (antecedente): 0 dias

Data da coleta: 26/01/2012

Data da separação e pesagem: 30/01/2012

Temperatura da estufa: 54°

Caracterização

	Plástico	Vidro	Papel	Metal	Materiais de construção	Outros
Massa [kg]	0,119	0,000	0,010	0,000	0,480	0,020
Composição gravimétrica [%]	19	0	2	0	76	3
Total [kg]	0,629					
Número de itens	15	0	1	0	6	13
Unidades [%]	43	0	3	0	17	37
Total de itens	35					

Observações/descrição dos resíduos: foram retirados sacolas, embalagens de bala, barrinhas de chocolate, copos plásticos, papelão, cano e pedaços de barra metálica, pontas de cigarro e pedaços de isopor.

Relatório de monitoramento

Data do início do evento: 26/01/2012

Descrição do evento: chuva no período da noite; total precipitado de 0,6 mm

Dias secos (antecedente): 0 dias

Data da coleta: 27/01/2012

Data da separação e pesagem: não houve
--

Temperatura da estufa: -

Caracterização

	Plástico	Vidro	Papel	Metal	Materiais de construção	Outros
Massa [kg]	0,000	0,000	0,000	0,000	0,000	0,000
Composição gravimétrica [%]	0	0	0	0	0	0
Total [kg]	0,000					

Número de itens	0	0	0	0	0	0
Unidades [%]	0	0	0	0	0	0
Total de itens	0					

Observações/descrição dos resíduos: no canal havia apenas folhas e galhos, não havia resíduos sólidos urbanos retidos..

Relatório de monitoramento

Data do início do evento: 05/02/2012

Descrição do evento: chuva no período da noite; chuva de verão; total precipitado de 6,9 mm

Dias secos (antecedente): 8 dias

Data da coleta: 06/02/2012

Data da separação e pesagem: 08/02/2012

Temperatura da estufa: 42°

Caracterização

	Plástico	Vidro	Papel	Metal	Materiais de construção	Outros
Massa [kg]	0,080	0,110	0,010	0,080	0,260	0,010
Composição gravimétrica [%]	13	17	2	13	41	2
Total [kg]	0,550					
Número de itens	23	2	1	1	4	33
Unidades [%]	66	6	3	3	11	94
Total de itens	64					

Observações/descrição dos resíduos: havia copos plásticos, frascos pequenos de plástico, uma lata spray de tinta, cacos de garrafa de vidro, madeira processada, 20 pontas de cigarro e pequenos pedaços de isopor.

Relatório de monitoramento

Data do início do evento: 07/02/2012

Descrição do evento: chuva no período da tarde; chuva de verão; total de precipitação 2,7 mm
--

Dias secos (antecedente): 0dias

Data da coleta: 08/02/2012

Data da separação e pesagem: 09/02/2012

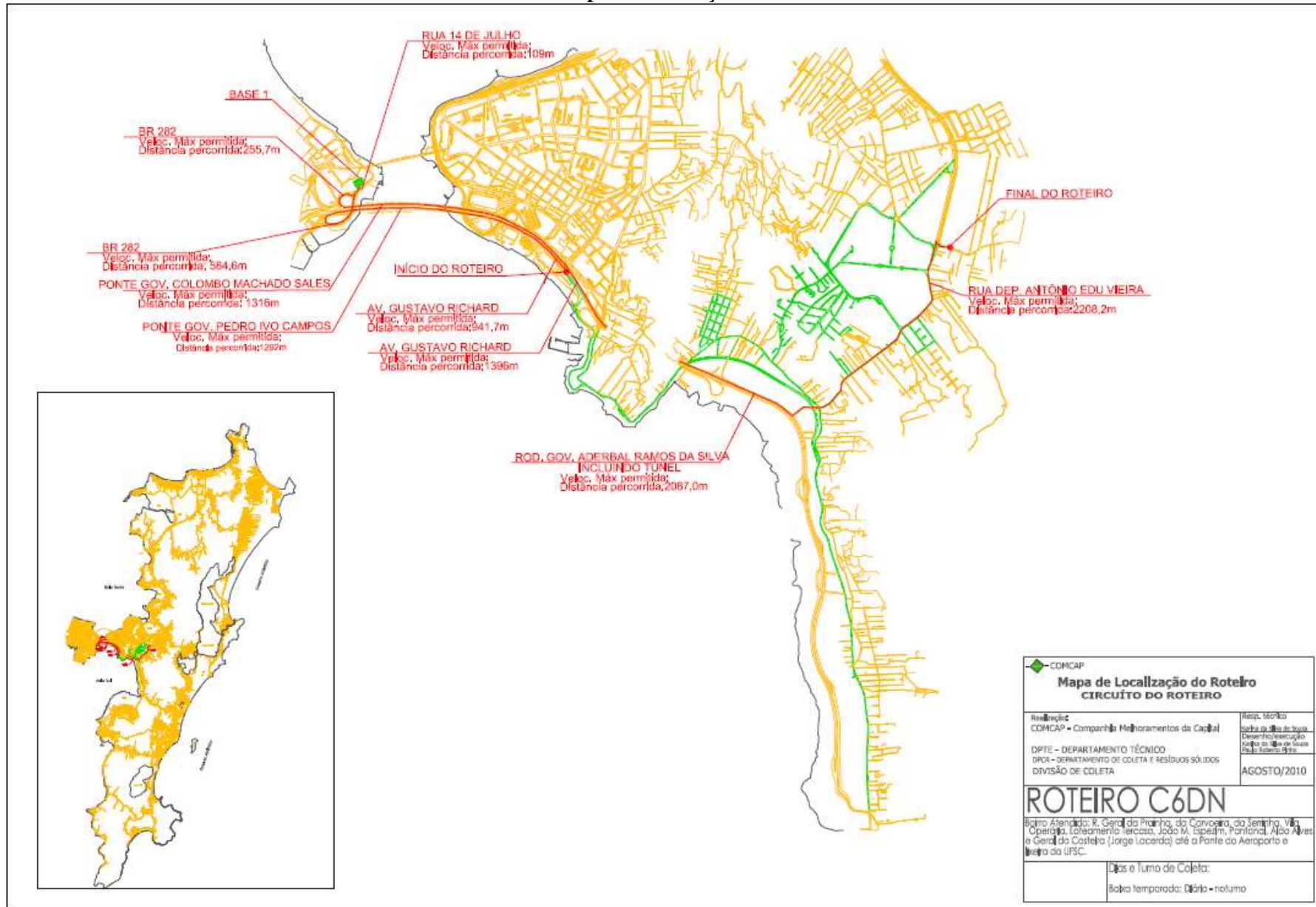
Temperatura da estufa: -°

Caracterização

	Plástico	Vidro	Papel	Metal	Materiais de construção	Outros
Massa [kg]	0,050	0,020	0,000	0,010	0,390	0,100
Composição gravimétrica [%]	8	3	0	2	62	16
Total [kg]	0,570					
Número de itens	7	2	0	2	2	3
Unidades [%]	20	6	0	6	6	9
Total de itens	16					

Observações/descrição dos resíduos: havia lata de alumínio, sacolas, copos plásticos, cacos de vidro, isopor e pontas de cigarro.

ANEXO A – Mapa de localização do roteiro CS5V



ANEXO B – Mapa de localização do roteiro C6DN

