



Avaliação da presença de resíduos sólidos em rede de microdrenagem na bacia de coqueiros em Florianópolis/SC

Evaluation of the presence of solid waste in the micro-drainage network in the coqueiros basin in Florianópolis/SC

DOI: 10.55905/rdelosv16.n47-024

Recebimento dos originais: 01/09/2023

Aceitação para publicação: 04/10/2023

Camila Ely Januário

Graduada em Engenharia Sanitária e Ambiental pela Universidade Federal de Santa Catarina

Instituição: Universidade Federal do Rio Grande do Sul (UFRGS)

Endereço: Porto Alegre – RS, Brasil

E-mail: camilaelyjanuario@gmail.com

Alexandra Finotti

Doutora em Recursos Hídricos e Saneamento Ambiental

Instituição: Universidade Federal de Santa Catarina (UFSC)

Endereço: Florianópolis - SC, Brasil

E-mail: alexandra.finotti@ufsc.br

Nadine Lory Bortolotto

Mestra em Gestão e Regulação de Recursos Hídricos

Instituição: Universidade Federal do Rio Grande do Sul (UFRGS)

Endereço: Porto Alegre – RS, Brasil

E-mail: nadinebortolotto@gmail.com

Cristiano Poletto

Doutor em Recursos Hídricos e Saneamento Ambiental

Instituição: Universidade Federal do Rio Grande do Sul (UFRGS)

Endereço: Porto Alegre – RS, Brasil

E-mail: cristiano.poletto@ufrgs.br

RESUMO

A presença de resíduos sólidos em microdrenagem ainda é pouco estudada no Brasil, mesmo sendo um problema enfrentado em todos os municípios brasileiros. Assim, o estudo contribui para o debate do aparecimento de resíduos sólidos em sistemas de drenagem, analisando, neste caso, a rede de microdrenagem. Também sugere à gestão municipal medidas não-estruturais e estruturais a serem implementadas na área de estudo a fim de reduzir satisfatoriamente a problemática da presença de resíduos no ambiente costeiro. Para isso, o presente trabalho buscou quantificar e caracterizar os resíduos provenientes de um sistema de microdrenagem na Bacia de Coqueiros, Florianópolis/SC, tendo em vista que as redes de drenagem urbana são responsáveis pela veiculação de cargas poluentes, sendo um dos meios de propagação de resíduos sólidos em áreas costeiras. Como metodologia, foi implantada uma estrutura de retenção de resíduos sólidos



na saída de uma tubulação de microdrenagem. A análise quantitativa das amostras coletadas foi feita a partir da composição gravimétrica dos resíduos, já a identificação dos potenciais fatores contribuintes para o surgimento dos resíduos sólidos no sistema de drenagem ocorreu através da correlação entre variáveis. As coletas realizadas determinaram que cerca de 4,26 kg/ha de resíduos sólidos são encaminhados por ano ao sistema de drenagem da área de estudo, sendo predominante os resíduos de construção civil e plásticos. O aumento da precipitação pluviométrica, da intensidade de chuva e da urbanização da bacia apresentaram relação direta com o aparecimento de resíduos na microdrenagem. A frequência insuficiente de serviços de varrição e os abrigos temporários inadequados de resíduos foram os principais fatores que proporcionaram o aparecimento de resíduos sólidos na rede de drenagem de estudo.

Palavras-chave: drenagem urbana, resíduos sólidos, análise gravimétrica.

ABSTRACT

The presence of solid residues in microdrainage is still little studied in Brazil, even being a problem faced in all Brazilian municipalities. Thus, the study contributes to the debate on the appearance of solid residues in drainage systems, analyzing, in this case, the microdrainage network. It also suggests to the municipal management non-structural and structural measures to be implemented in the area of study in order to satisfactorily reduce the problem of the presence of waste in the coastal environment. To this end, the present study sought to quantify and characterize the residues from a microdrainage system in the Coqueiros Basin, Florianópolis/SC, considering that urban drainage networks are responsible for the transportation of pollutant loads, being one of the means of solid waste propagation in coastal areas. As a methodology, a solid waste retention structure was implanted at the exit of a microdrainage pipe. The quantitative analysis of the collected samples was done from the gravimetric composition of the residues, since the identification of potential contributing factors for the emergence of solid residues in the drainage system occurred through the correlation between variables. The collected data determined that approximately 4.26 kg/ha of solid waste is sent per year to the drainage system of the study area, predominantly civil construction and plastic waste. The increase in rainfall, rainfall intensity and urbanization of the basin were directly related to the appearance of residues in microdrainage. Insufficient frequency of scanning services and inadequate temporary waste shelters were the main factors leading to the appearance of solid waste in the study drainage network.

Keywords: urban drainage, solid waste, gravimetric analysis.

1 INTRODUÇÃO

As redes de drenagem urbana são responsáveis pela veiculação de cargas poluidoras e se constituem em importantes fontes de degradação de rios, lagos e estuários (TUCCI; PORTO; BARROS, 1995), sendo um dos meios de propagação de resíduos sólidos aos oceanos e mares. Os resíduos sólidos destinados de forma inadequada e, por consequência encaminhados às unidades da microdrenagem, tais como sarjetas ou bocas de lobo, podem ser carreados através



do escoamento em eventos pluviométricos e podem ser considerados fontes de poluição difusas dos recursos hídricos.

Um maior contingente populacional e o aumento da concentração urbana resulta na ampliação da utilização dos serviços ecossistêmicos decorrentes da demanda de produção e consumo, bem como no crescimento dos danos gerados pelo retorno dos resíduos à natureza após utilização humana (GODECKE; NAIME; FIGUEIREDO, 2013). Isto pois, segundo Zaneti e Sá (2002), o processo de consumo se manifesta na descartabilidade, no desperdício, na geração de necessidades artificiais e nos resíduos não reciclados que contaminam o meio ambiente e degradam a qualidade de vida. Segundo Girardi (2018), estudos apontam que pelo menos 25 milhões de toneladas de resíduos sólidos são despejados por ano no oceano. Estima-se que 80% destes resíduos marinhos são originários de atividades realizadas em terra, sendo o restante oriundo de atividades marinhas, como pesca, plataformas marítimas, etc. (HOEGH-GULDBERG et al., 2015). Do total dos resíduos encontrados no mar globalmente, 50% a 90% são compostos por plásticos (AGAMUTHU et al., 2019), sendo suas consequências, de acordo com Ten Brink et al. (2016), refletidas negativamente no meio ambiente, na sociedade e na economia.

A quantificação e identificação das fontes geradoras dos resíduos sólidos transportados nos sistemas de drenagem é importante devido aos prejuízos que estes vêm a causar, tanto no que se refere à obstrução de redes de drenagem quanto às elevadas cargas de poluentes que se encontram agregadas junto aos mesmos e também para a determinação de medidas de controle adequadas (GAVA, 2012). Isto é, a quantificação dos resíduos sólidos produzidos pela população que atinge a rede de drenagem é necessária para orientar a gestão do sistema dentro das cidades (NEVES; TUCCI, 2008).

Neste contexto, testou-se uma armadilha, que visa concentrar e prevenir a dispersão dos resíduos sólidos provenientes do sistema de drenagem, para quantificar e caracterizar os resíduos sólidos carreados por parte do sistema de microdrenagem localizado na Bacia Hidrográfica de Coqueiros em Florianópolis, Santa Catarina.

2 MATERIAL E MÉTODOS

Foi desenvolvida uma armadilha para implantação em condutos de drenagem urbana. A estrutura de captura de resíduos sólidos utilizada foi composta por uma rede de nylon com malha

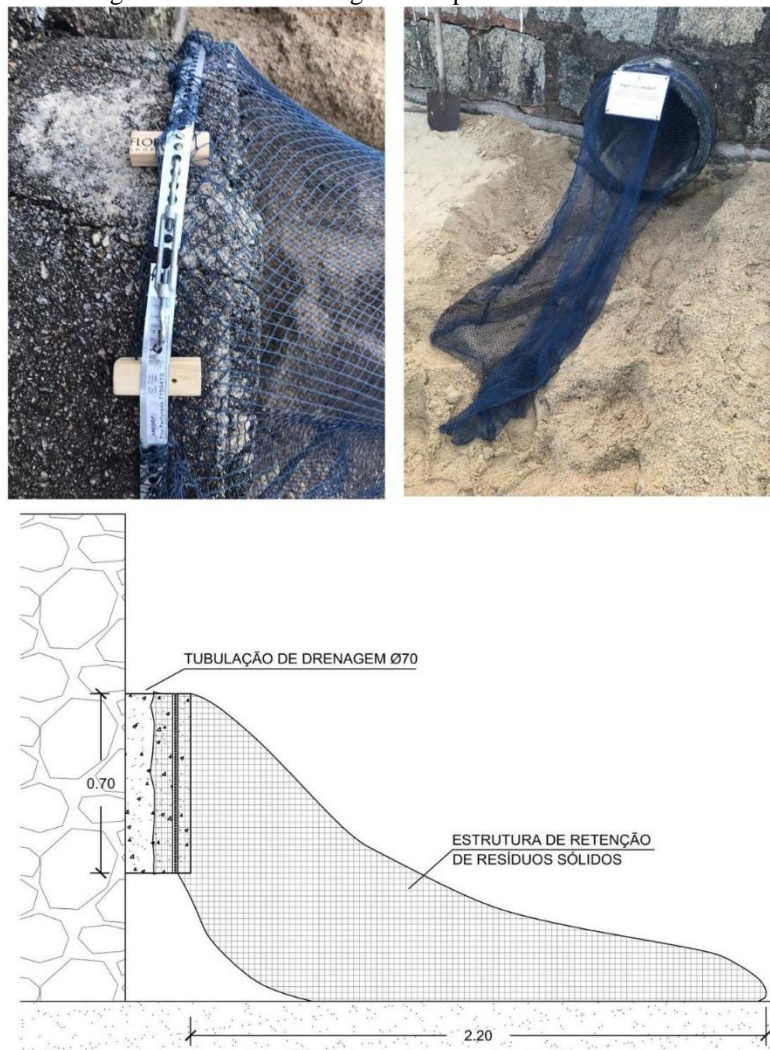
de 8 mm x 10 mm e espessura de 1 mm, reutilizada a partir de rede de pesca descartada. Essa foi instalada no local em dois momentos para desenvolvimento deste trabalho. Primeiramente, entre 29 de fevereiro e 09 de março de 2020 (primeira etapa de monitoramento) e no segundo momento, entre os dias 03 de junho e 14 de junho de 2020 (segunda etapa de monitoramento).

Para a fixação da rede ao conduto foi utilizada uma fita de metal perfurada e linhas de nylon para costurar a rede e promover seu fechamento. Entretanto, o método de fixação da rede ao tubo de drenagem não se mostrou eficiente na primeira etapa de monitoramento, percebendo-se a necessidade de substituir a fita de metal por uma abraçadeira especial denominada esticador de aço adicionando pedaços de madeiras como materiais auxiliares ao esticador, conferindo à estrutura maior resistência ao peso causado pelo fluxo da água de chuva. Também se aumentou o comprimento da rede para 2,20 m com o intuito de diminuir possíveis tensões excessivas causadas pelo peso da areia e pelos resíduos sólidos retidos. A Figura 1 apresenta a estrutura implantada bem como o modelo esquemático e dimensões da estrutura.

A estrutura de retenção foi implantada na saída de uma tubulação de microdrenagem pluvial de 70 cm de diâmetro localizada na bacia hidrográfica de Coqueiros, em Florianópolis. Optou-se por uma saída de drenagem direta ao ambiente costeiro considerando este como o ponto final do escoamento da água pluvial da área drenada.

A escolha do conduto levou em consideração aspectos construtivos e de instalação, bem como facilidade de acesso e monitoramento do local para realização do estudo.

Figura 1: Estrutura na segunda etapa de monitoramento.



Fonte: Elaboração própria.

Para a delimitação da área de contribuição de drenagem desta tubulação, utilizaram-se as curvas de nível de 1 em 1 metro de 2015 disponibilizadas pelo Laboratório de Urbanismo da Universidade Federal de Santa Catarina - LABURB.

As coletas dos resíduos sólidos ocorreram após a observação da ocorrência local de eventos pluviométricos durante os períodos de monitoramento, assim, no período seguinte do evento observado, foi feito o deslocamento até o local de estudo para o recolhimento dos resíduos retidos na estrutura.

Para a realização da caracterização da composição gravimétrica dos resíduos sólidos coletados, esses foram primeiramente separados e classificados. A escolha se baseou na



classificação escolhida por Gava (2012), na atual situação de usos do solo da área de contribuição, bem como na identificação dos resíduos potencialmente secos (recicláveis).

Como amostra foi considerado apenas os resíduos sólidos inorgânicos, ou seja, os materiais recicláveis secos (maior potencial poluente e de obstrução da rede de drenagem), não considerando eventuais resíduos orgânicos presentes nas amostras, que mesmo que retidos na estrutura foram descartados. Após separação, os resíduos sólidos foram secos de forma natural e posteriormente pesados, além da contagem e identificação de resíduos de cada classe.

De acordo com Tucci (2002), a precipitação pluviométrica é um dos fatores responsáveis pelo carreamento e disposição de resíduos sólidos nas redes de drenagem. Dessa forma, foi realizado o acompanhamento dos eventos pluviométricos da região nos períodos que compreenderam o desenvolvimento deste trabalho. O monitoramento contou com os dados pluviométricos da estação meteorológica de código de identificação nº 2.027, localizada na Estação de Tratamento de Esgotos Insular da Companhia Catarinense de Águas e Saneamento (CASAN), localizada no centro de Florianópolis, cuja responsabilidade de operação é do Centro de Informações de Recursos Ambientais e de Hidrometeorologia de Santa Catarina (CIRAM) da Empresa de Pesquisa e Extensão Agropecuária (EPAGRI). Além disso, foi realizado o monitoramento da ferramenta online de previsão da Tábua de Marés disponibilizada pela EPAGRI/CIRAM com o intuito de remover a estrutura nos períodos do desenvolvimento do trabalho caso ocorressem marés extremas, visando evitar possíveis danos à estrutura.

A fim de compreender a atual situação da área de contribuição deste estudo quanto aos serviços públicos de drenagem urbana e de manejo de resíduos sólidos e limpeza urbana, realizou-se diagnóstico das estruturas presentes na área e serviços realizados. O diagnóstico compreendeu o requerimento de informações sobre a região aos prestadores dos serviços de saneamento (Autarquia de Melhoramentos da Capital – COMCAP e Prefeitura Municipal), bem como análise visual da condição e existência das estruturas de drenagem urbana e das estruturas de acondicionamento temporário de resíduos sólidos (lixeiros) das residências e unidades comerciais existentes dentro da área de estudo a fim de complementar o entendimento acerca da problemática do aparecimento de resíduos sólidos na drenagem local. A Tabela 1 apresenta um resumo dos aspectos e suas respectivas variáveis analisadas, bem como a fonte a qual esses dados ou informações foram obtidos.



Tabela 1: Aspectos analisados que influenciam no aparecimento de resíduos sólidos no sistema de drenagem urbana.

Aspectos	Variáveis de Análise	Fontes dos dados
Características da bacia	Área (km ² e ha)	Geoprocessamento a partir do software ArcGIS versão 10.5 (ESRI)
	Porcentagem de Urbanização do solo	
Climáticos	Precipitação Pluviométrica (mm)	CASAN/EPAGRI
	Intensidade de Precipitação (mm/h)	
Situação da rede de drenagem	Características da rede de drenagem	Secretaria de Saneamento e Habitação de Florianópolis e análise visual
Situação das estruturas de saneamento presentes na área de estudo	Abrigos de Acondicionamento Temporário de Resíduos Sólidos	COMCAP e análise visual
	Serviços de coleta de resíduos sólidos e limpeza urbana	COMCAP
	Serviços de drenagem urbana	CASAN e Prefeitura Municipal de Florianópolis.

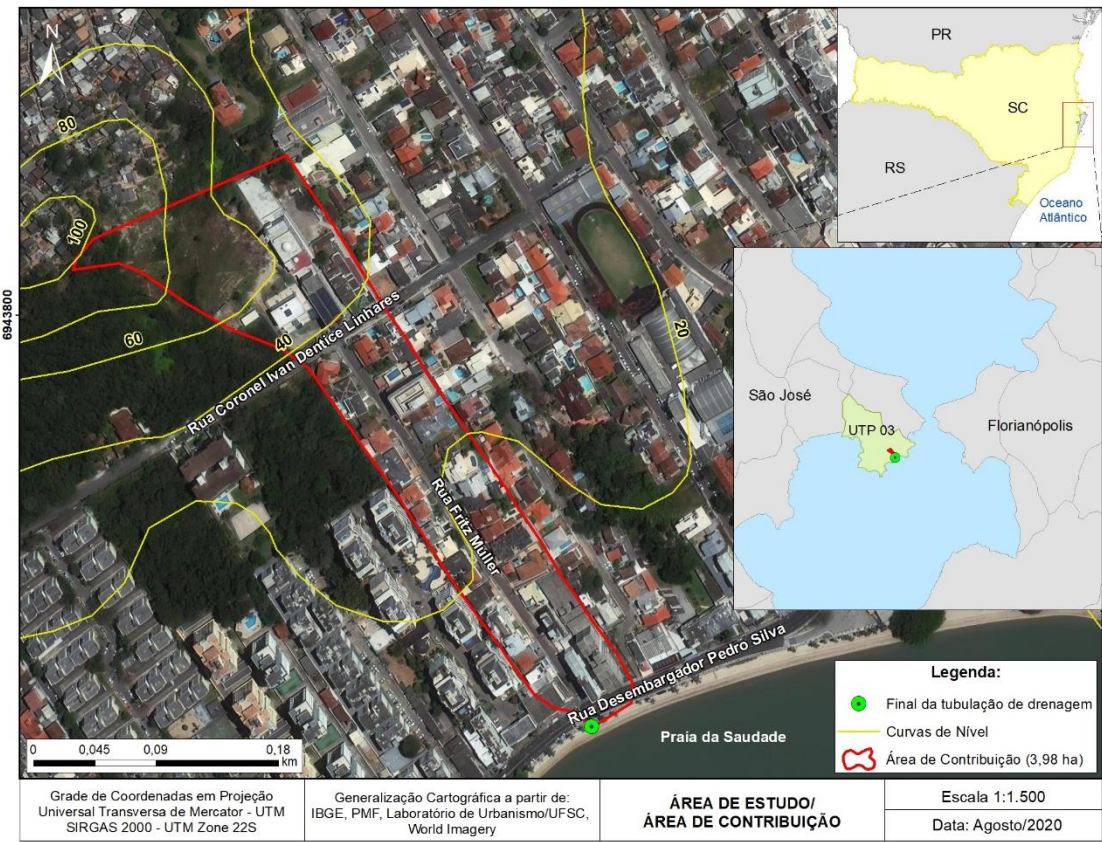
Fonte: Elaboração própria.

Foi realizada a correlação entre algumas variáveis de características de bacias de estudos de referência a esse trabalho (Brites, 2007; Neves e Tucci, 2008; Sales, Wolf e Silveira, 2012; Gava, 2012; Galarza, 2016; Santos, Teixeira e Neves, 2017) quanto aos aspectos da pluviometria e da situação das estruturas de saneamento presentes na área de estudo com o surgimento de resíduos sólidos na rede de microdrenagem. Isto, pois, de acordo com Tucci (2002) e Gava e Finotti (2012) são fatores responsáveis pela disposição de resíduos sólidos nas redes de drenagem: a frequência da limpeza das ruas, a forma de disposição de lixo pela população, frequência da precipitação bem como frequência e cobertura da coleta de resíduos sólidos.

3 RESULTADOS

A área de contribuição deste estudo apresentou 0,0398 km² com 81% de área urbanizada. A declividade média da área de contribuição foi de 18,64%, desnível máximo de 3,28 m e distância aproximada até o exutório de 511 m. O relevo é constituído predominantemente por morros suavemente ondulados com altitude máxima de 100,9 metros, como se observa na Figura 2.

Figura 2: Localização da Área de Estudo.



Fonte: Elaboração própria.

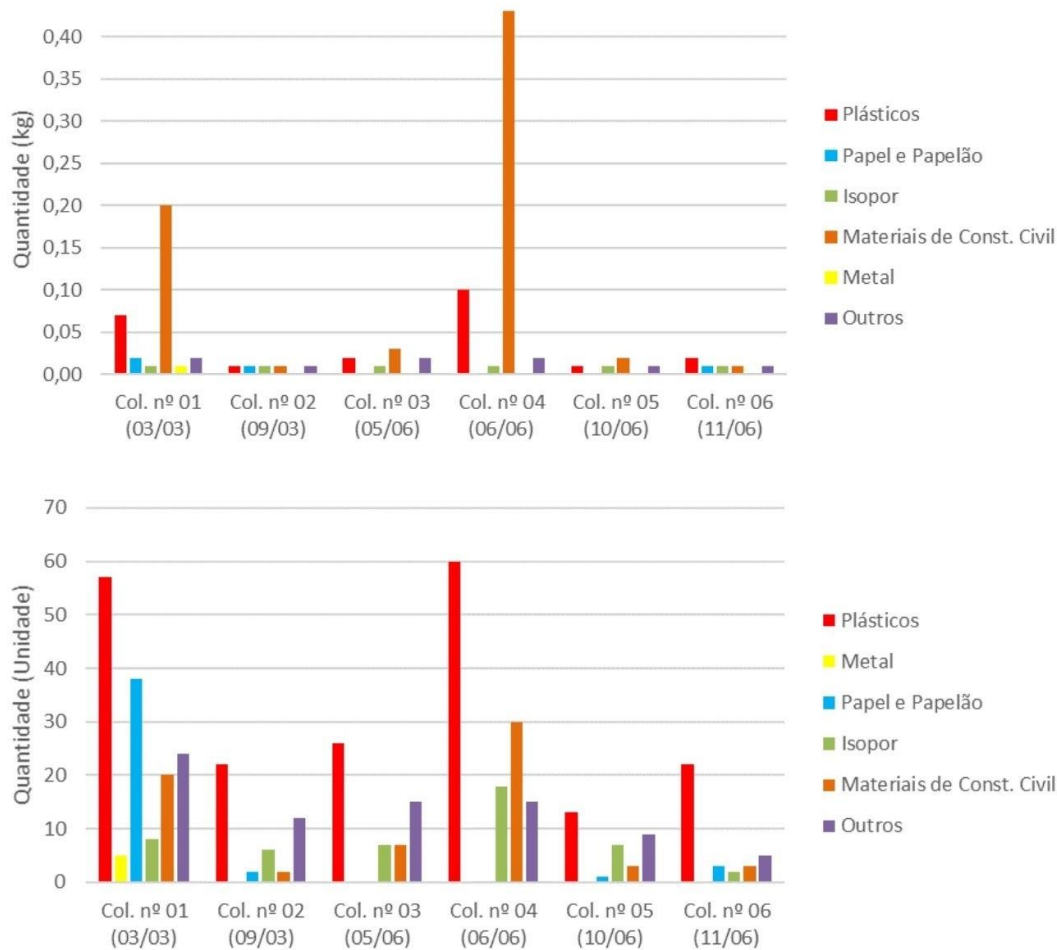
A rede de drenagem da área de estudo é composta por sistema convencional, isto é, consiste no recolhimento das águas pluviais da via até as sarjetas, bueiros e galerias que, por fim, desembocam na praia, onde foi implantada a estrutura de retenção de resíduos. Seu coeficiente de deflúvio, de acordo com Wilken (1978), pode ser estimado entre 0,8 e 0,9.

Foram contabilizados 6 eventos de precipitação, realizando-se o monitoramento no local, sendo geradas 6 amostras de resíduos sólidos drenados. A Figura 3 apresenta os resultados quantitativos para cada classe de resíduos sólidos retidos ao longo do monitoramento realizado.

O total de resíduos sólidos retidos, ou seja, drenados ao longo do monitoramento junto à estrutura de retenção implantada na saída da tubulação de drenagem na área de estudo foi de 1,13 kg. Observou-se que houve grande variação no peso total (kg) entre as amostras, tendo sido expressivas as coletas nº 1 e nº 4 em relação às demais. Essas duas amostras corresponderam em peso a aproximadamente 80% do total coletado no trabalho (0,89 kg).



Figura 3: Resultado das pesagens (kg) e itens (unidades) das amostras de acordo as classes adotadas.



Fonte: Elaboração própria.

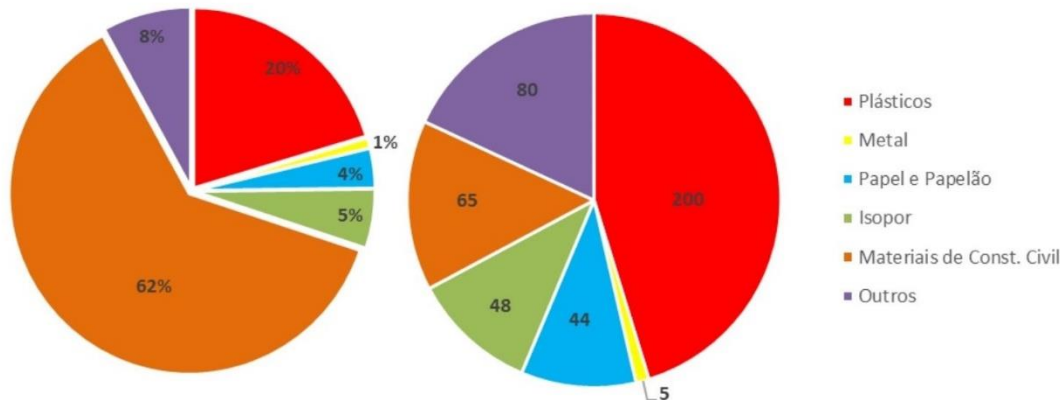
A partir dos resultados de todas as coletas realizou-se a caracterização da composição gravimétrica dos resíduos sólidos totais drenados, isto é, capturados na estrutura de retenção implantada na rede de drenagem pluvial de estudo. Os resultados são apresentados na Figura 4.

Observou-se maior presença de resíduos de materiais de construção civil, representando 62% do total em massa (kg) da amostra. Ressalta-se ainda que apenas nas coletas nº 02 e nº 06 estes materiais não foram a maioria em relação ao total em massa para cada coleta amostral.

Dentre os materiais de construção civil encontrados, observaram-se pedaços de cimento, tijolos, britas, fios de cobre e fragmentos de tubulações para fiação elétrica. Na coleta nº 03 optou-se por não considerar os pedaços de cimento que se fixaram à rede, fazendo com que a mesma se desprendesse da tubulação, e estes não fizeram parte da análise da classificação nesta amostra.



Figura 4: Composição gravimétrica dos resíduos sólidos totais drenados na área de contribuição, em porcentagem, e quantidade de itens totais retidos.



Fonte: Elaboração própria.

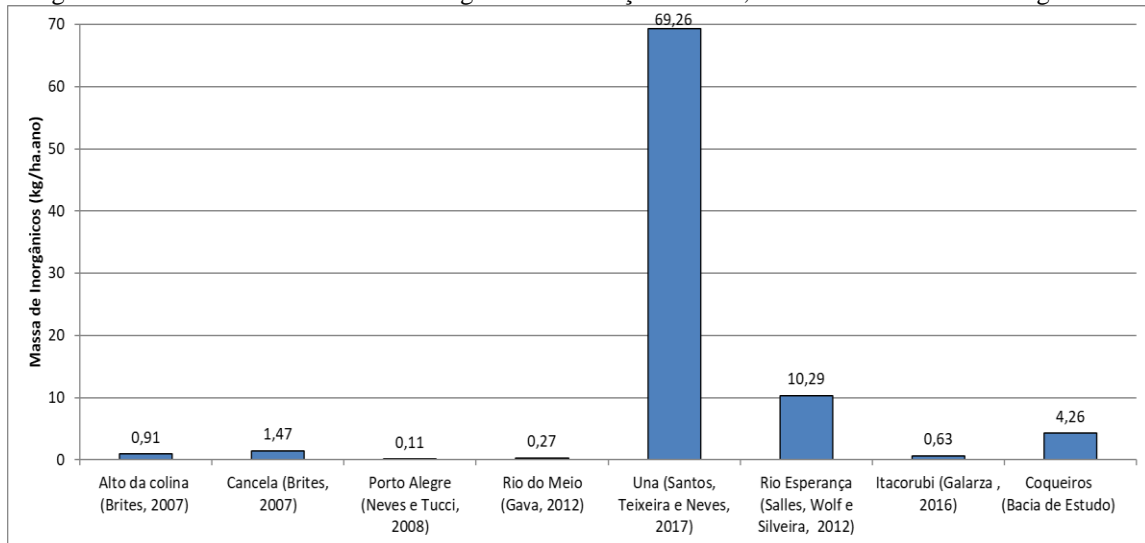
Em segundo, quanto à relevância, os plásticos diversos foram a maioria, representando 20% do total das amostras. Apenas na amostra de nº 06 os plásticos foram predominantes em massa (kg) em relação aos demais materiais (Figura 3). Entretanto, quando se trata de número de itens total, os plásticos foram predominantes em todo o monitoramento, como se observa também na Figura 3. Isto porque esses materiais apresentam baixa densidade, sendo pouco relevantes em questão de peso (kg), principalmente em comparação aos de origem na construção civil.

Ressalta-se, também, a significativa quantidade de bitucas de cigarro encontradas no monitoramento, classificados como “outros” nesse estudo. No total, foram coletados 69 bitucas, sendo estes materiais presentes em todas as 6 coletas amostrais realizadas. De acordo com Gava (2012), na Bacia do Rio do Meio foram contabilizadas mais de 50 unidades desse material. As bitucas assim como plásticos e isopores são problemáticos, pois também confundem animais marinhos e aves, acumulam-se em costas, praias e cursos de água e a sua remoção é difícil, pois são materiais muito pequenos e são facilmente carregados pela água ou enterrados na areia. Observa-se também que estes resíduos podem apresentar uma quantidade grande de substâncias tóxicas e nocivas à saúde proveniente do cigarro, e que em contato com a água podem solubilizar e representar também contaminação química das águas.

Realizou-se uma análise comparativa da massa de resíduos sólidos inorgânicos em relação à área da bacia (em hectares) e se comparou com diferentes bacias hidrográficas utilizadas como referência nesse estudo, conforme mostra a Figura 5.



Figura 5: Massa de resíduos sólidos inorgânicos em função da área, em diferentes bacias hidrográficas.



Fonte: Elaboração própria.

Observou-se grande variabilidade entre os estudos, destacando-se o da Bacia do Una (SANTOS; TEIXEIRA; NEVES, 2017) que teve a maior massa de resíduos por unidade de área.

Exceto para o Rio do Una e Rio Esperança, a área de estudo deste trabalho apresentou maior massa por hectare (4,26 kg/ha), com uma taxa bastante superior às demais, na ordem de 16 vezes. Ressalta-se que somente em Coqueiros a estrutura foi implantada diretamente na rede de microdrenagem, diferente dos demais trabalhos, que monitoraram rios urbanos (macro-drenagem). Esta diferença possivelmente pode ser apontada como a explicação para o alto valor de massa por hectare na área de estudo quando comparado às demais bacias.

De acordo com Gava e Finotti (2012) o uso e ocupação do solo constituem importante fator para as variações na quantidade de resíduos sólidos drenados devido às interferências proporcionadas pela urbanização. Quanto ao grau de urbanização das bacias utilizadas para comparação, a Tabela 2 apresenta a porcentagem de área urbana e suas respectivas massas de resíduos inorgânicos drenados por hectare ao ano. Os resultados são mostrados na Tabela 3, bem como os limites de intensidade para o coeficiente de correlação (R) estabelecidos por Baba, Vaz e da Costa (2014).

Observou-se que não existiu forte correlação entre as variáveis área da bacia (ha) e o surgimento de resíduos sólidos na rede de drenagem, não sendo possível afirmar que em bacias de maiores áreas haveria maior aparecimento de resíduos sólidos no sistema de drenagem urbana que em bacias hidrográficas menores. Já em relação à porcentagem de urbanização do solo, a



correlação apresentou forte intensidade, indicando que o aumento da área urbana nas bacias influencia na quantidade de resíduos encaminhados às redes de drenagem.

Tabela 2: Comparação entre massa de resíduos sólidos inorgânicos em função da área em diferentes bacias hidrográficas e porcentagem de uso e ocupação urbano do solo.

Local	Uso e Ocupação Urbano do Solo (%)	Massa de Inorgânicos (kg/ha.ano)
Altos da Colina (Brites,2007)	22,3	0,91
Cancela (Brites,2007)	56,0	1,47
Porto Alegre (Never e Tucci, 2008)	63,0	0,11
Rio do Meio (Gava, 2012)	68,0	0,27
Rio Esperança (Sales, Wolf e Silveira, 2012)	100,0	10,29
Coqueiros (bacia de estudo)	81,0	4,26

Fonte: Elaboração própria.

Tabela 3: Coeficientes de determinação entre as variáveis área (ha), urbanização do solo da bacia (%), precipitação (mm), intensidade de precipitação (mm/h) e o surgimento de resíduos sólidos na rede de drenagem.

Variáveis de Análise	Coefficiente de Correlação (R)	Classificação do R segundo Baba, Vaz e da Costa (2014)
Área (ha)	0,39	Correlação Fraca (0,20 a 0,39)
Urbanização do Solo (%)	0,73	Correlação Forte (0,70 a 0,89)
Precipitação (mm)	0,98	Muito Forte (0,90 a 1,00)
Intensidade (mm/h)	0,83	Forte (0,70 a 0,89)

Fonte: Elaboração própria.

Houve um período de estiagem durante o monitoramento e a média histórica mensal de precipitação (mm) para o município de Florianópolis em março e junho (meses do estudo) apresentaram, em média, 182 mm e 79 mm, respectivamente. A chuva foi muito abaixo dessa média histórica (Tabela 4), indicando que apesar de terem sido observados eventos pontuais, os baixos valores de precipitação podem ser em consequência do período de estiagem. Esta tabela apresenta ainda o total precipitado (mm) para cada evento de coleta dos resíduos drenados.



Tabela 4: Peso total (kg) de resíduos drenados, precipitação total (mm), intensidade de chuva (mm/h) e número de dias secos antecedentes ao evento para cada amostra.

	Coleta n° 01 (03/03)	Coleta n° 02 (09/03)	Coleta n° 03 (05/06)	Coleta n° 04 (06/06)	Coleta n° 05 (10/06)	Coleta n° 06 (11/06)	Total
Peso Total (kg)	0,33	0,05	0,08	0,56	0,05	0,06	1,13
Precipitação (mm)	47,2	2,8	7,6	64,2	10,0	15,8	147,6
Intensidade (mm/h)	1,43	0,02	0,76	3,06	0,59	1,76	-

Fonte: Elaboração própria.

Durante o período de monitoramento, a acumulação de resíduos sólidos na estrutura foi mais elevada em eventos de maior altura de precipitação. O valor máximo acumulado de resíduos sólidos retidos foi de 0,56 kg na coleta n° 04, sendo a precipitação pluviométrica registrada, para este dia, a mais alta de todo o período de monitoramento (64,2 mm). O menor valor registrado de precipitação foi de 2,8 mm, ocorrido na coleta n° 2, acumulando um total de 0,05 kg de resíduos drenados.

A intensidade também foi avaliada, tendo em vista que pode proporcionar alteração quanto a potencialidade da chuva em carrear resíduos sólidos. Observa-se que as coletas mais expressivas em relação à quantidade de resíduos drenados (kg), coletas n° 01 e 04, apresentaram maiores valores de intensidade de chuva, 1,43 mm/h e 3,06 mm/h, respectivamente. Entretanto, a coleta n° 06, que não apresentou quantidade significativa de resíduos sólidos retidos na estrutura em relação às demais coletas, apresentou o maior valor de intensidade, de 1,76 mm/h, o que demonstra que é preciso maior período de monitoramento para aferir melhor essa correlação, apesar da correlação neste estudo ter se mostrado forte.

A correlação entre precipitação (mm) e aparecimento de resíduos sólidos na rede de drenagem foi a mais expressiva dentre as demais correlações realizadas. A correlação “muito forte” indicou que existiu significativa proporcionalidade direta entre a precipitação e o surgimento de resíduos sólidos na rede de drenagem. Destaca-se ainda que a análise apresentou um coeficiente de determinação (R^2) positivo de 0,95. Dessa forma, percebe-se que, no geral, a quantidade total de resíduos sólidos apresentou tendência de crescimento conforme o aumento do total de precipitação pluviométrica na bacia. Ao comparar a correlação em diferentes bacias hidrográficas se evidenciou, em todos os estudos comparados, a proporcionalidade direta entre as quantidades de resíduos sólidos totais e a precipitação pluviométrica total. Destacam-se as



fortes relações entre as variáveis observadas em Galarza (2016) e em Salles, Wolf e Silveira (2012), cujos coeficientes de determinação (R^2) foram de 0,93 e 0,79, respectivamente.

A correlação entre as variáveis intensidade de chuva (mm/h) e peso total de resíduos sólidos drenados (kg) apresentou coeficiente de correlação forte de 0,83. Essa análise indica que eventos pluviométricos mais intensos podem contribuir para um aumento de resíduos sólidos nas redes de drenagem.

Em relação aos serviços de drenagem urbana, identificou-se que todas as ruas da área de contribuição são contempladas com sistema de drenagem urbana e seus equipamentos estruturais, segundo informações cedidas pela Secretaria Municipal do Continente/Prefeitura de Florianópolis. Entretanto, observou-se falta de manutenção regular no sistema de drenagem local, apresentado diversas bocas de lobo obstruídas pela presença de sedimentos e vegetação dentro da área de estudo.

Quanto aos serviços de coleta de resíduos sólidos urbanos, identificou-se que ocorre a coleta convencional, cuja frequência é de 6 vezes por semana na rua principal e 3 vezes por semana nas ruas secundárias, e também a coleta seletiva, que ocorre 2 vezes por semana ou conforme necessidade na rua principal, e a cada 10 dias ou conforme necessidade nas ruas secundárias.

A capina é realizada no intervalo de 30 a 60 dias ou conforme demanda e a limpeza da Praia da Saudade é realizada a cada 15 dias ou conforme necessidade, isto é, a depender da ocorrência de maré alta, por exemplo. Foi observada a presença de resíduos dispostos em bocas de lobo e nas sarjetas, além de acúmulo de folhas secas na área de estudo e também de vegetação junto ao meio-fio, apontando que, apesar de área ser contemplada com serviços de varrição e capina, estes aparentemente não são suficientes, o que pode acarretar maior aparecimento de resíduos sólidos nas estruturas de drenagem local.

Com base nas informações acima é possível mencionar que os serviços de coleta, seja convencional ou seletiva, ocorrem de maneira regular e em alta frequência, principalmente ao longo da Rua Desembargador Pedro Silva (rua principal), cujos serviços de coleta convencional são praticamente diários. Portanto, a autarquia municipal responsável disponibiliza serviços de manejo de resíduos os quais tendem a evitar que os resíduos sejam inadequadamente enviados às vias públicas, aos sistemas de drenagem ou à Praia.



Em relação aos abrigos de acondicionamento temporário de resíduos sólidos (lixeiros), foi realizado o levantamento da situação da área de estudo em relação à condição dessas estruturas. Foram identificadas 35 unidades residenciais, comerciais ou de prestação de serviços na área. Dentre as unidades cadastradas, 65,7% das unidades têm uso residencial, 11,4% uso comercial ou de prestação de serviços e 8,6% tem (terão) uso residencial multifamiliar, isto pois, dentre os 3 prédios multifamiliares residenciais presentes, dois 2 destes estavam em construção.

Do total de unidades catalogadas, apenas 6 apresentam algum tipo de abrigo para o acondicionamento temporário de resíduos sólidos, o que corresponde a cerca de 17% das unidades existentes na área de estudo. Destes, apenas 2 unidades, isto é, cerca de 6% do total de edificações da área de estudo apresentavam estruturas em conformidade com a Lei Complementar nº 113/2003 do município de Florianópolis, a qual dispõe sobre a forma como os resíduos sólidos devem ser apresentados aos serviços de coleta municipal.

Entre as principais ações para a solucionar ou mitigar os problemas associados aos resíduos drenados, apresenta-se como sugestões a Figura 6, priorizando a adoção de medidas não-estruturais.

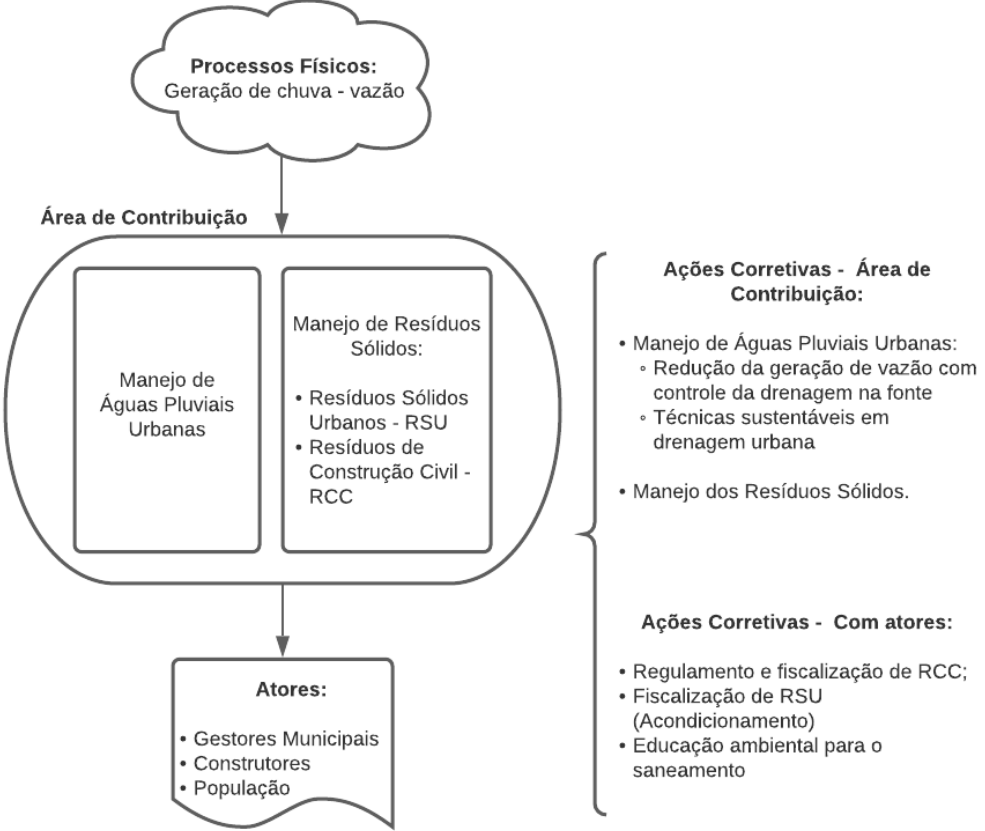
No que se refere ao manejo de água pluviais esta região poderia ser dotada de estruturas de controle na fonte que reduzem a geração de escoamento superficial e desta forma carrearia menos resíduos. Estruturas como infiltração em arborização urbana, canteiros com infiltração, além da infiltração de águas dos telhados na própria residência, são alternativas para o manejo das águas pluviais e que conjuntamente resultariam em menor volume de resíduos na praia.

Uma das medidas indicadas foi a implementação de legislações locais com a definição de critérios técnicos mais específicos ou restritivos em relação aos abrigos para acondicionamento temporário à coleta de resíduos sólidos como forma de controlar o aparecimento de resíduos sólidos nas redes de drenagem de forma indireta.

Outra alternativa com o objetivo de promover a adequação dos imóveis quanto as estruturas de resíduos sólidos seria a criação de programas municipais de fiscalização que atuem de forma conjunta, estratégica e integrada com a prestadora de serviços de limpeza urbana e manejo de resíduos sólidos do município e com as demais diretorias municipais e órgãos relacionados.



Figura 6: Diagrama de análise conjunta dos serviços de saneamento de manejo de resíduos sólidos e manejo de águas pluviais urbanas.



Fonte: Elaboração própria.

Em relação aos resíduos da construção civil, a fiscalização de acondicionamento destes durante as etapas da obra e em relação aos regramentos dispostos na legislação vigente são imprescindíveis. Da mesma forma, nesta área deveria ser avaliada a cobrança de auto monitoramento e apresentação de certidões de destino adequado dos resíduos da obra à expedição de suas licenças.

Tendo em vista a forte relação dos eventos pluviométricos com o aparecimento de resíduos sólidos no sistema de drenagem urbana, recomenda-se a intensificação dos serviços de varrição antes dos períodos de maiores índices pluviométricos a fim de evitar o encaminhamento de resíduos sólidos à rede de drenagem. Além disso, considera-se necessário o aumento da frequência de limpeza e desobstrução de equipamentos de drenagem urbana pela gestão municipal.

A educação ambiental também é uma medida não-estrutural importante, conscientizando a população quanto ao descarte incorreto de “microlixos” (bitucas de cigarro, por exemplo).



Como medidas estruturais de controle, foi indicada a implantação de uma estrutura permanente de retenção de resíduos sólidos na saída da tubulação de drenagem a ser operada pelo prestador de serviços de manejo de resíduos sólidos municipal. Como sugestão, a escolha do modelo a ser adotado pode variar de acordo com cada situação, cabendo ao município definir o modelo que melhor se adeque a cada bacia hidrográfica, sejam as redes fixas nos fins de tubulações de microdrenagem para os ambientes costeiros ou a aplicação de grades transversais, por exemplo, em canais e rios urbanos que deságuam no mar.

4 CONCLUSÕES

A partir da caracterização quali-quantitativa de resíduos sólidos drenados na área de estudo, identificou-se maior ocorrência de materiais oriundos de atividades de construção civil e plásticos, representando 62% e 20% do total de massa da amostra, respectivamente. Em relação ao número de itens, os plásticos foram a maioria, sendo quantificadas 200 unidades destes e 65 unidades de materiais de construção civil. Isto devido a diferença de massa entre esses dois tipos de materiais, principal característica analisada na composição gravimétrica. Destaca-se o aparecimento de bitucas de cigarro, que têm relevância quando se analisa a relação desse tipo de material com a falta de consciência da população consumidora que culturalmente destina as bitucas nas vias sem, contudo, compreender os possíveis impactos que este tipo de material pode causar no meio ambiente.

A medida estrutural utilizada para a retenção dos resíduos sólidos drenados se mostrou eficiente para a função, principalmente após as melhorias realizadas para a segunda etapa de monitoramento. Entretanto, recomenda-se uma análise comparativa entre diferentes materiais ou formatos de estruturas de retenção a fim de aprimorar a fixação ao conduto e de tornar o processo de manutenção mais eficiente ou otimizada em dias de coleta dos materiais. Também, recomenda-se implantar a estrutura de retenção em mais de uma tubulação de drenagem, comparando diferentes áreas de contribuição com diferentes usos e ocupação do solo ou diferentes situações quanto aos serviços de saneamento existentes ou disponibilizados.

Em relação às características da bacia, avaliou-se a relação direta entre o tamanho das áreas de diferentes bacias hidrográficas, em hectares, com a quantidade de resíduos sólidos encaminhados ao sistema de drenagem nessas bacias. A análise não identificou uma forte correlação entre as variáveis, não podendo ser afirmado que em bacias maiores, em questão de



área, o quantitativo em massa de resíduos sólidos dispostos nas redes de drenagem será mais expressivo do que em bacias menores. Além disso, identificou-se que bacias mais urbanizadas em questão de uso e ocupação do solo apresentam tendência de apresentarem maiores quantidades de resíduos sólidos na rede de drenagem.

A partir do estudo foi possível identificar a influência direta dos eventos pluviométricos para o potencial carreamento de resíduos sólidos ao sistema de drenagem local, onde a variável regional de precipitação pluviométrica e a massa de resíduos sólidos drenados apresentaram uma elevada correlação para a área de estudo. Dessa forma, concluiu-se que conforme há aumento da quantidade de chuva sobre a área de estudo, maior é a tendência de surgimento de resíduos sólidos na rede de drenagem.

Sobre a intensidade de chuva, identificou-se correlação menos significativa quando comparado com a variável precipitação, porém, ainda apresentou boa relação com o aparecimento de resíduos sólidos, indicando que chuvas mais intensas podem carrear mais resíduos às redes de microdrenagem.

O resultado quali-quantitativo somado à análise dos serviços de saneamento realizado em campo ou ocorrentes na área evidenciou a necessidade de melhorias na área de estudo, em especial quanto à possibilidade de aumento da frequência da realização de serviços de varrição. Além disso, recomenda-se a intensificação dos serviços de varrição antes dos períodos de maior pluviometria na região a fim de evitar o encaminhamento de resíduos sólidos à rede de drenagem.

O estudo identificou evidente irregularidade em relação ao gerenciamento dos resíduos provenientes da construção civil. Não somente pelo surgimento desses resíduos em todos os eventos amostrais do trabalho, mas principalmente pela ocorrência de inserção de cimento fresco na rede, muito provavelmente por uma das obras localizadas na área de estudo. Dessa forma, ressalta-se a importância da realização de fiscalizações sobre o gerenciamento de resíduos da construção civil em nível municipal e da definição de regramentos locais que instituem a obrigatoriedade da destinação correta desses materiais de forma mais efetiva.

A falta de acondicionamento temporário de resíduos sólidos (lixeiros), dispostas de maneira inadequada ou sem padronização na área de estudo, mostrou-se como um possível fator contribuinte para o surgimento de resíduos sólidos nas estruturas dos sistemas de drenagem existentes e, por consequência, na estrutura de retenção fixada ao final da tubulação de estudo.



Sugere-se que seja criada legislação quanto a readequação dos abrigos temporários para resíduos sólidos os quais facilitem a coleta manual, sejam fechados e cobertos a fim de proteger os resíduos de eventos climáticos e do acesso de animais.

Ressalta-se a importância das medidas não-estruturais de controle, devendo essas serem priorizadas em relação às medidas estruturais pela gestão pública municipal.

AGRADECIMENTOS

“O presente trabalho foi realizado com apoio da Coordenação de Aperfeiçoamento de Pessoal Nível Superior - Brasil (CAPES) - Código de Financiamento 001, agradeço também ao Programa de Mestrado Profissional em Rede Nacional em Gestão e Regulação de Recursos Hídricos - Prof.Água, Projeto CAPES/ANA AUXPE N°. 2717/2015, pelo apoio técnico científico aportado até o momento”.

Agradecemos ao Laboratório de Águas Pluviais Urbanas e Técnicas Compensatórias (LAUTEC) da Universidade Federal de Santa Catarina.



REFERÊNCIAS

- AGAMUTHU, P. et al. Marine debris : A review of impacts and global initiatives. 2019.
- BABA, R. K.; VAZ, M. S. M. G.; DA COSTA, J. Correção de Dados Agrometeorológicos Utilizando Métodos Estatísticos. *Revista Brasileira de Meteorologia*, v. 29, n. 4, p. 515–526, 2014.
- BRASIL. Lei nº 12.305, de 2 de agosto de 2010. Institui a Política Nacional de Resíduos Sólidos; altera a Lei no 9.605, de 12 de fevereiro de 1998; e dá outras providências. Brasília. 2010.
- BRASIL. CONSELHO NACIONAL DO MEIO AMBIENTE. Resolução CONAMA n.º 307 de 17 de julho de 2002. Estabelece diretrizes, critérios e procedimentos para a gestão dos resíduos da construção civil. *Diário Oficial da União*, 17 jul. 2002.
- BRITES, A. P; 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. 04, p. 211–221, 2007.
- EMPRESA DE PESQUISA AGROPECUÁRIA E EXTENSÃO RURAL DE SANTA CATARINA – EPAGRI. Secretaria da Agricultura acompanha impactos da estiagem em SC. 2020. Disponível em: <<https://www.epagri.sc.gov.br/index.php/2020/04/23/secretaria-da-agricultura-acompanha-impactos-da-estiagem-em-sc/>>. Acesso em: 25 jul. 2020.
- GALARZA, L. H. W. Modelagem da Dinâmica de Sistemas de Geração de Resíduos na Drenagem Urbana na Bacia do Itacorubi, em Florianópolis – SC. 2016.
- GAVA, T. 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. p. 7–8, 2012.
- GIRARDI, G. Oceanos recebem 25 milhões de toneladas de lixo por ano. *Jornal Estadão*. Disponível em: <https://brasil.estadao.com.br/noticias/geral,oceanos-recebem-25-milhoes-de-toneladas-de-lixo-por-ano,70002235798>. 2018. Acesso em: 20 jun. 2020.
- GODECKE, M. V.; NAIME, R. H.; FIGUEIREDO, J. A. S. O Consumismo e a Geração de Resíduos Sólidos Urbanos No Brasil. **Revista Eletrônica em Gestão, Educação e Tecnologia Ambiental**, v. 8, n. 8, p. 1700–1712, 2013.
- HOEGH-GULDBERG, O. et al. Plastic waste inputs from land into the ocean. *Science*, n. September 2014, p. 1655–1734, 2015.
- LABORATÓRIO DE URBANISMO DA UFSC (LABURB). Florianópolis – Curvas de nível 1m – 2015. Florianópolis, 2019. Disponível em: <<https://laburb.paginas.ufsc.br/2019/02/21/florianopolis-curvas-de-nivel-1m-2015-2/>>. Acesso em: 20 mar. 2020.

NEVES, M. G. F. P. DAS; TUCCI, C. E. M. Resíduos Sólidos na Drenagem Urbana: Aspectos Conceituais. **Revista Brasileira de Recursos Hídricos**, v. 13, p. 125–135, 2008.

NEVES, M. G. F. P. DAS; TUCCI, C. E. M. Resíduos Sólidos na Drenagem Urbana: Estudo de Caso. **Revista Brasileira de Recursos Hídricos**, v. 13, p. 43–53, 2008.

SANTOS, J. I. N. DOS; TEIXEIRA, L. G.; NEVES, R. R. Quantificação de Resíduos Sólidos Carreados na Rede de Drenagem de uma Bacia Urbana. **Revista Aidis**, v. 10, n. 1, p. 73–86, 2017.

TEN BRINK, P. et al. Plastics Marine Litter and the Circular Economy. Institute for European Environmental Policy for the MAVA Foundation, n. October, p. 1–17, 2016.

TUCCI, C. E. M. Gerenciamento da Drenagem Urbana. v. 7, p. 5–27, 2002.

TUCCI, C. E. M.; PORTO, R. L. L.; BARROS, M. T. L. DE. **Drenagem Urbana**. [s.l.] Abrh/Editora da Universidade/UFRGS, 1995.

ZANETI, I. C. B. B.; SÁ, L. M. A educação ambiental como instrumento de mudança na concepção de gestão dos resíduos domiciliares e na preservação do meio ambiente. **I Encontro Associação Nacional de Pós-Graduação e Pesquisa em Ambiente e Sociedade**, p. 1–10, 2002.

WILKEN, P.S. - Engenharia de Drenagem Superficial. Editora da CETESB. São Paulo, SP, 1978.

GAVA E FINOTTI, GAVA, T.; FINOTTI, A. R. Resíduos sólidos urbanos na rede de drenagem da bacia hidrográfica do rio do Meio, Florianópolis/SC. **Revista de Gestão Ambiental e Sustentabilidade**. São Paulo, v. 1, n. 2, p. 79-101. 2012.