

UNIVERSIDADE FEDERAL DO RIO GRANDE DO SUL
ESCOLA DE ENGENHARIA
DEPARTAMENTO DE ENGENHARIA CIVIL

ALISSON SAUER DA SILVA

**ECOBARREIRAS DE BAIXO CUSTO PARA RETENÇÃO DE RESÍDUOS SÓLIDOS
EM CANAIS DE MACRODRENAGEM**

Porto Alegre

2018

ALISSON SAUER DA SILVA

**ECOBARREIRAS DE BAIXO CUSTO PARA RETENÇÃO DE RESÍDUOS SÓLIDOS
EM CANAIS DE MACRODRENAGEM**

Projeto de Pesquisa do Trabalho de
Diplomação a ser apresentado ao
Departamento de Engenharia Civil da Escola
de Engenharia da Universidade Federal do Rio
Grande do Sul, como parte dos requisitos para
obtenção do título de Engenheiro Civil.

**Orientador: Prof. Dr. Gino Roberto
Gehling**

Relator: Prof. Dr. Fernando Mainardi Fan

Porto Alegre

2018

ALISSON SAUER DA SILVA

**ECOBARREIRAS DE BAIXO CUSTO PARA RETENÇÃO DE RESÍDUOS SÓLIDOS
EM CANAIS DE MACRODRENAGEM**

Este Trabalho de Diplomação foi julgado como pré-requisito para a obtenção do título de Engenheiro Civil e aprovado em sua forma final pelo Professor Orientador e pelo Coordenador da atividade Trabalho de Diplomação Engenharia Civil II da Universidade Federal do Rio Grande do Sul.

Prof. Gino Roberto Gehling
Dr. em Engenharia Ambiental pela Universitat Politècnica de Catalunya
Orientador

Prof. Fernando Mainardi Fan
Dr. em Recursos Hídricos e Saneamento Ambiental pelo IPH-UFRGS
Relator

BANCA EXAMINADORA

Prof. Gino Roberto Gehling (UFRGS)
Dr. em Engenharia Ambiental pela Universitat Politècnica de Catalunya
Prof. Fernando Mainardi Fan (UFRGS)
Dr. em Recursos Hídricos e Saneamento Ambiental pelo IPH-UFRGS
Gabriele Lohmann (UFRGS)
Doutoranda em Recursos Hídricos e Saneamento Ambiental pelo IPH-UFRGS

Porto Alegre

2018

AGRADECIMENTOS

Agradeço ao Prof. Gino Gehling, orientador deste trabalho, por todo empenho, paciência, dedicação e conhecimento.

Agradeço ao Prof. Fernando Fan por ter aceito participar como relator deste trabalho.

Agradeço à empresa Safeweb pela grande contribuição, cedendo espaço físico na Ecobarreira, custeando a confecção das armadilhas propostas e oferecendo estágio. Agradeço, em especial, ao engenheiro Daniel Fabre Afonso, supervisor do estágio.

Agradeço à equipe de operadores da Ecobarreira pelo apoio e também ao engenheiro Arno Zancanella.

Agradeço ao Sr. Ervino, da METALPLAM Estruturas, por ter construído a armadilha metálica submersível.

Agradeço ao DMLU pela disponibilidade em recolher os RS coletados em cada teste.

Agradeço à UFRGS e a todos os professores que de alguma forma contribuíram com o seu conhecimento técnico, demonstrando a responsabilidade que carregaremos ao levar o nome da Universidade, não esquecendo do nosso papel social.

Agradeço à minha mãe, Beatriz, em especial e à minha companheira, Gisele, além dos demais familiares que sempre me deram apoio e todas as ferramentas que propiciaram o meu crescimento como ser humano e que me fizeram compreender o verdadeiro significado de família.

RESUMO

Esta pesquisa discorre sobre a concepção de armadilhas de baixo custo para a retenção de RS em canais de macrodrenagem. Primeiramente, escolheu-se o local para a realização dos testes, sendo este a ponte sobre a Av. Borges de Medeiros, no Arroio Dilúvio, em Porto Alegre/RS, devido à proximidade com a Ecobarreira, o que, de certa forma, facilitaria a execução dos experimentos. Com a proposição e a confecção dos modelos de armadilhas, testes foram realizados no Arroio Dilúvio objetivando coletar os RS e quantificá-los durante alguns meses. Ao longo dos experimentos, ajustes foram realizados com o intuito de otimizar o processo de retirada e pesagem dos resíduos, bem como aumentar a sua capacidade de captura. Por fim, os resultados obtidos foram comparados aos de outras armadilhas já testadas com a finalidade de aferir a eficácia da armadilha proposta.

Palavras-chave: resíduos sólidos; macrodrenagens; armadilhas.

LISTA DE FIGURAS

Figura 1 – Diagrama das etapas da pesquisa.....	15
Figura 2 – Representação esquemática da estrutura estudada por Jaworowski (2008).....	18
Figura 3 – Armadilha metálica instalada sobre o trecho canalizado.....	18
Figura 4 – Armadilha metálica suspensa.....	19
Figura 5 – Representação esquemática da estrutura SCS estudada por Armitage et al. (1998).....	20
Figura 6 – Representação esquemática da estrutura estudada por Armitage et al. (1998).....	21
Figura 7 – Redes de filtragem de RS instaladas nos tubos de drenagem em Kwinana	22
Figura 8 – Resíduos retidos no início da operação da Ecobarreira do Dilúvio.....	23
Figura 9 – Substituição da Ecobarreira do Dilúvio, em dezembro de 2016, por módulos flutuantes.....	24
Figura 10 – Armadilha para capturar RS no Rio do Meio, em Florianópolis/SC.....	25
Figura 11 – Correlação linear entre os eventos pluviométricos e a quantidade de RS coletados pela armadilha no Rio do Meio, em Florianópolis/SC.....	25
Figura 12 – Gaiola com cesto removível projetada com o objetivo de coletar RS na bacia Esperança, em Santa Maria/RS.....	26
Figura 13 – Correlação linear entre os eventos pluviométricos e a quantidade de RS coletados pela gaiola na bacia Esperança, em Santa Maria/RS.....	27
Figura 14 – Barreira para reter RS instalada no Arroio Cancela, em Santa Maria/RS	27
Figura 15 – Correlação linear entre os eventos pluviométricos e a quantidade de RS coletados no Arroio Cancela.....	28
Figura 16 – Mapa da orla do lago Guaíba na foz do Dilúvio.....	30
Figura 17 – Margem do lago Guaíba na foz do Dilúvio.....	31
Figura 18 – Revitalização da orla do Guaíba, em julho de 2018.....	31
Figura 19 – Trapiche na orla do Guaíba, em julho de 2018.....	32
Figura 20 – Ponte sobre a Av. Borges de Medeiros, no Arroio Dilúvio.....	33
Figura 21 – Ponte à jusante da Av. Borges de Medeiros no dia 15 de maio de 2016, em visita à Ecobarreira do Dilúvio.....	33
Figura 22 – Ponte sobre o canal da Av. Menna Barreto.....	34

Figura 23 – Estrutura retentora de resíduos no ponto em que o canal da Av. Menna Barreto chega na Av. Sertório, no dia 15 de outubro de 2017.....	34
Figura 24 – Primeira ponte à montante, para pedestres, na Av. Menna Barreto, em 15 de outubro de 2017.....	35
Figura 25 – Armadilha de madeira para capturar RS flutuantes.....	36
Figura 26 – Armadilha de madeira revestida com plástico preto.....	36
Figura 27 – Armadilha submersa de ferro.....	37
Figura 28 – Ponte sobre a Rua Prof. Cristiano Fischer, no Arroio Dilúvio.....	38
Figura 29 – Armadilha suspensa para verificar o comprimento necessário dos cabos de aço.....	39
Figura 30 – Galho de árvore retido que suspendeu a armadilha.....	40
Figura 31 – Armadilha de ferro com todas as mudanças realizadas.....	40
Figura 32 – Armadilha de ferro sendo testada após as modificações realizadas.....	41
Figura 33 – Armadilha de madeira sendo testada.....	41
Figura 34 – Armadilha de ferro instalada com a corrente e trabalhando totalmente afogada.....	42
Figura 35 – Placas de lodo cobrindo toda a extensão do Arroio Dilúvio.....	43
Figura 36 – Armadilha instalada no Arroio totalmente afogada.....	44
Figura 37 – Nível d’água estimado através do número de pedras aparentes no talude da margem.....	45
Figura 38 – Local onde são colocados os sacos de lixo para que o caminhão do DMLU recolha	45
Figura 39 – Acúmulo de plantas aquáticas no Arroio atrapalhando a operação da Ecobarreira.....	46
Figura 40 – Acúmulo de plantas aquáticas no Arroio, impossibilitando a captura de RS pela armadilha.....	46
Figura 41 – Relação do peso médio diário de RS coletados com a pluviometria média diária da Ecobarreira.....	50
Figura 42 – Coeficiente de determinação entre o peso médio diário anual de RS coletados e a pluviometria média diária anual da Ecobarreira.....	51
Figura 43 – Pluviometria média diária e peso médio diário de RS coletados pela armadilha e pela Ecobarreira em 2018.....	52
Figura 44 – Coeficiente de determinação entre a pluviometria média diária e o peso	

médio diário de RS coletados pela armadilha, contabilizando o mês de abril.....	53
Figura 45 – Coeficiente de determinação entre a pluviometria média diária e o peso médio diário de RS coletados pela armadilha, sem contabilizar o mês de abril.....	53
Figura 46 – Coeficiente de determinação entre a pluviometria média diária e o peso médio diário de RS coletados pela Ecobarreira, contabilizando o mês de abril.....	54
Figura 47 – Coeficiente de determinação entre a pluviometria média diária e o peso médio diário de RS coletados pela Ecobarreira, sem contabilizar o mês de abril.....	54
Figura 48 – Peso total de RS coletados pela armadilha, em cada mês, com o total de chuva mensal durante o período de abril a setembro de 2018.....	56
Figura 49 – Correlação linear entre o peso total de RS coletados pela armadilha e o total de chuva mensal durante o período de abril a setembro de 2018.....	56
Figura 50 – Peso total de RS coletados pela Ecobarreira em cada mês e o total de chuva mensal durante o período de abril a setembro de 2018.....	57
Figura 51 – Correlação linear entre o peso total de RS coletados pela Ecobarreira e o total de chuva mensal durante o período de abril a setembro de 2018.....	58

LISTA DE TABELAS

Tabela 1 – Resultado da caracterização dos RS coletados na armadilha metálica.....	19
Tabela 2 – Total de RS coletados e os eventos pluviométricos para os 10 dias testados.....	26
Tabela 3 – Total de RS coletados e eventos pluviométricos.....	28
Tabela 4 – Relação entre a área da bacia e a quantidade de RS.....	29
Tabela 5 – Quantitativo dos RS coletados pela armadilha e pela Ecobarreira.....	47
Tabela 6 – Pluviometria média diária e peso médio diário de RS coletados pela armadilha e pela Ecobarreira em 2018.....	51
Tabela 7 – Pluviometria total e peso total de RS coletados pela armadilha e pela Ecobarreira, em cada mês, no período de abril a setembro de 2018.....	55
Tabela 8 – Comparativo do R ² entre os casos apresentados nesse trabalho.....	58
Tabela 9 – Comparação da área da bacia da Ecobarreira do Dilúvio e a quantidade de RS com outras armadilhas.....	59

LISTA DE SIGLAS

CDS – *Continuous Deflective Separation*

DMLU – Departamento Municipal de Limpeza Urbana

PET – Poli Tereftalato de Etila

RS – Resíduos Sólidos

SCS – *Stormwater Cleaning Systems*

SMSU – Secretaria Municipal de Serviços Urbanos

TCC – Trabalho de Conclusão de Curso

SUMÁRIO

1 INTRODUÇÃO	12
2 DIRETRIZES DE PESQUISA	14
2.1 QUESTÃO DE PESQUISA.....	14
2.2 OBJETIVO DA PESQUISA.....	14
2.3 HIPÓTESE.....	14
2.4 PREMISSA.....	14
2.5 DELINEAMENTO.....	15
3 REVISÃO BIBLIOGRÁFICA	17
3.1 MODELOS DE ARMADILHAS TESTADAS.....	17
3.1.1 Armadilha proposta por Jaworowski (2008)	17
3.1.2 Estruturas autolimpantes	20
3.2 REGISTRO DE CASO DE ARMADILHAS OPERANTES.....	22
3.2.1 Austrália	22
3.2.2 Ecobarreira do Arroio Dilúvio	23
3.3 RESULTADOS DE ARMADILHAS SEMELHANTES À PROPOSTA.....	24
4 PROCEDIMENTOS METODOLÓGICOS DA PESQUISA	30
4.1 URBANISMO DA MARGEM DO LAGO GUAÍBA.....	30
4.2 ESCOLHA DO LOCAL PARA A INSTALAÇÃO DAS ARMADILHAS.....	32
4.3 MODELO DE ARMADILHA PROPOSTO.....	35
4.3.1 Armadilha flutuante	35
4.3.2 Armadilha submersa	37
5 RESULTADOS DA OPERAÇÃO DA ARMADILHA SUBMERSA	39
6 CONSIDERAÇÕES FINAIS	60
REFERÊNCIAS	62

1 INTRODUÇÃO

Atualmente, o descarte de resíduos sólidos (RS) de parte da população não tem um destino adequado, resultando em drásticas consequências nas mais diversas esferas. Esse processo passa, ou deveria passar, por uma conscientização das pessoas, que vai desde o reuso e o correto descarte até a reciclagem dos materiais. Com relação a essas medidas de conscientização, a prefeitura de Porto Alegre apresenta alguns projetos, como, por exemplo, o da Secretaria Municipal dos Serviços Urbanos (SMSU), que desenvolve atividades lúdicas em escolas e comunidades com o intuito de ressaltar a importância da preservação do meio ambiente.

O Departamento Municipal de Limpeza Urbana (DMLU) coleta os resíduos recicláveis nas ruas que permitem a entrada de caminhões e os destinam para as unidades de triagem devidamente conveniadas. Nesses locais os trabalhadores separam os RS em plástico, papel e vidro para, então, negociarem a venda desses materiais com as indústrias de reciclagem ou de reaproveitamento. O problema é que muitos locais possuem ruas estreitas, não possibilitando aos caminhões de coleta acessá-las, além de apresentarem moradias irregulares que não dispõem de serviços de coleta de RS.

Outro grande problema das cidades são as habitações irregulares que, por sua vez, não são contempladas com as mínimas condições de saneamento básico. Compreende-se, dessa forma, por moradias irregulares aquelas que são construídas sobre uma parcela do solo urbano sem relação com o mercado de imóveis e nem de programas habitacionais; grande parte das construções é realizada pelos próprios moradores. Segundo alguns pesquisadores (MARICATO, 1979; MORAES, 2007 apud HEIDRICH et al., 2016), esse processo é formador de núcleos ou de vilas irregulares, podendo ocorrer em locais públicos ou privados, apresentando problemas fundiários, deficiências de infraestrutura e serviços urbanos. Na ausência da coleta seletiva de lixo nesses locais, os rios, os córregos e os riachos mais próximos são utilizados para o lançamento de resíduos sólidos, o que diminui a capacidade de escoamento dos canais e, somado a eventos de grandes precipitações pluviométricas, acarretam inundações.

Existem iniciativas importantes, como a implantação da Ecobarreira do Arroio Dilúvio, que têm como objetivo impedir que os RS flutuantes sejam carreados para o lago Guaíba. Além disso, tais diligências pensam em promover a conscientização da população sobre a necessidade de fornecer o correto descarte dos seus resíduos.

Devido à resistência e à falta de informação da população em dar aos resíduos a correta destinação nos seus pontos de geração, o objetivo do presente trabalho é avaliar formas alternativas de remediar uma situação que, por ora, não vem sendo prevenida. Trata-se, portanto, do carreamento de RS em canais de macrodrenagem, situação que leva à chegada destes resíduos aos riachos e aos rios, inclusive naqueles canais em que as concessionárias dos serviços de abastecimento de água têm os seus pontos de captação. Os resíduos criam problemas nas proteções das captações, que frequentemente necessitam ser desobstruídas. Diante disso, criar armadilhas de baixo custo para o barramento dos resíduos sólidos em canais de macrodrenagem será a questão desta pesquisa.

2 DIRETRIZES DE PESQUISA

As diretrizes para o desenvolvimento da pesquisa são descritas nos próximos itens.

2.1 QUESTÃO DE PESQUISA

A questão de pesquisa que norteia o trabalho é a seguinte: é possível reter sólidos flutuantes e submersos (bolsas plásticas) em pontos disseminados em um curso d'água com adoção de armadilhas simples que possam ser implantadas a baixo custo, com dispensa de operadores permanentes, área construída e instalações elétricas e hidrossanitárias?

2.2 OBJETIVO DA PESQUISA

A pesquisa teve como objetivo principal avaliar a possibilidade de coleta de RS flutuantes e submersos, especificamente plásticos, em cursos d'água, com armadilhas de baixo custo. Estas armadilhas poderão ser adaptadas em diversos municípios do território nacional.

2.3 HIPÓTESE

A hipótese do trabalho é que a instalação de uma armadilha para retenção de RS flutuantes e submersos contribuirá para a minimização significativa dos resíduos carreados nos canais de drenagem urbana.

2.4 PREMISSA

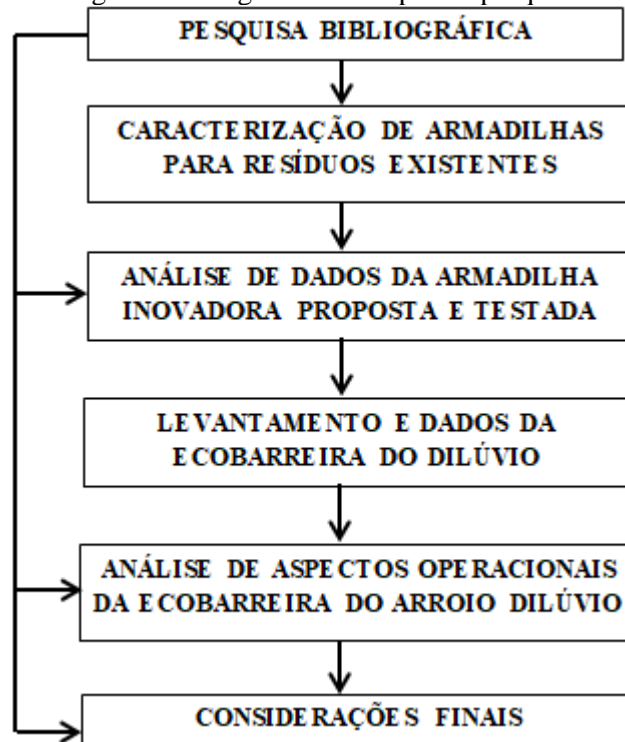
O trabalho tem como premissa a preocupação com a grande deposição de RS, especialmente flutuantes, na margem do lago Guaíba. Teve-se já uma primeira etapa da adequação urbanística do Parque Marinha do Brasil entregue à comunidade, o que contempla a premissa aqui exposta e os objetivos da pesquisa a serem alcançados.

2.5 DELINEAMENTO

O trabalho foi desenvolvido através das etapas apresentadas a seguir, representadas na Figura 1 e descritas nos próximos parágrafos.

- a) pesquisa bibliográfica.
- b) caracterização de armadilhas para resíduos existentes.
- c) análise de aspectos operacionais da Ecobarreira do Dilúvio.
- d) levantamento de dados da Ecobarreira do Dilúvio.
- e) análise de dados relativos à armadilha inovadora proposta e testada.
- f) considerações finais.

Figura 1 – Diagrama das etapas da pesquisa.



Fonte: elaborada pelo autor (2018).

Logo após a seleção do tema do trabalho, deu-se início à etapa de pesquisa bibliográfica, objetivando adquirir conhecimento teórico sobre o assunto. Nesta etapa, gerou-se uma introdução sobre o conceito e as concepções de armadilhas para retenção de RS e sua importância, sendo que esta não é simplesmente a que está ligada à atividade de remediação, mas principalmente a da conscientização.

A próxima etapa foi a caracterização de armadilhas para resíduos já existentes, sendo analisadas dois tipos: a proposta por Jaworowski (2008) e as autolimpantes. Tal seleção deu-

se a quanto à definição, aos métodos construtivos e aos possíveis problemas que afetem o rendimento dessas armadilhas na retenção de sólidos flutuantes.

A seguir apresenta-se o caso de estudo selecionado, o da Ecobarreira do Arroio Dilúvio, aqui descrita e analisada quanto a sua operação. Também foi feito um levantamento de dados da Ecobarreira do Dilúvio desde o início da sua operação, englobando o período de março de 2016 a outubro de 2018.

Na próxima etapa, os dados referentes à armadilha proposta e testada foram analisados. Primeiramente, coletaram-se dados para embasar as posteriores análises que foram avaliadas logo após a obtenção de todos os aspectos necessários.

Tendo, então, essas etapas realizadas, foram apresentadas as considerações finais, que apresentam uma análise crítica dos resultados obtidos quanto à eficácia da armadilha proposta.

3 REVISÃO BIBLIOGRÁFICA

No presente capítulo serão abordados os modelos de armadilhas testadas e os modelos de armadilhas operantes.

3.1 MODELOS DE ARMADILHAS TESTADAS

Atualmente, o inadequado despejo dos RS na superfície de terrenos e no sistema viário vem impactando o sistema de drenagem urbana. Os resíduos inadequadamente dispostos ficam ali até serem removidos pela municipalidade, ou acabam sendo transportados pela ação do vento e do escoamento superficial, chegando ao sistema de drenagem. Estando nesse sistema, os RS podem ser carreados para arroios, rios e lagos.

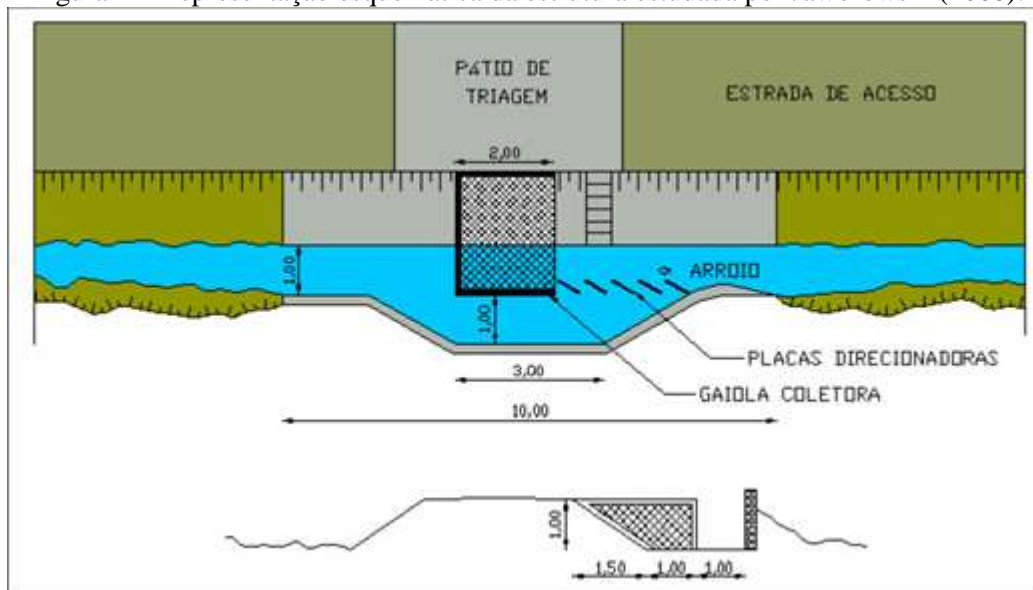
Conforme Tucci (2008), a gestão dos resíduos tem grande importância para minimizar o total gerado. A medição da quantidade de resíduos tem como objetivo reduzir o seu lançamento. Assim, de acordo com Allison et al. (1998 apud Neves e Tucci, 2008), existem duas medidas possíveis para essa redução: medidas estruturais, com a criação de armadilhas ou de estruturas de retenção que efetuem o barramento dos resíduos, e as não estruturais, que passam por uma mudança de atitude da comunidade. Tais medidas podem ser direcionadas com o intuito de melhorar as condições de serviços urbanos, evitar construções irregulares, reduzir a produção de RS, realizar a coleta seletiva dos RS e aumentar a reciclagem. Assim, este capítulo aborda, de forma não exaustiva, questões sobre alguns modelos de armadilhas que foram projetados com o objetivo de reter e quantificar resíduos sólidos.

3.1.1 Armadilha proposta por Jaworowski (2008)

O monitoramento qualitativo de RS em um riacho urbano na cidade de Viamão/RS, realizado por Jaworowski (2008 apud NEVES; TUCCI, 2008), numa bacia hidrográfica de 0,82 km² inserida na bacia hidrográfica do Arroio Mãe d'Água, que é integrante da bacia do Arroio Dilúvio, mostrou que a bacia apresenta densidade habitacional elevada e permeada por regiões residenciais e urbanizadas, além de possuir pouquíssimos resquícios de mata ciliar. O riacho recebe grandes volumes de RS dispostos em suas margens e carreados para o seu leito durante os eventos pluviométricos.

Ainda segundo os monitoramentos realizados por Jaworowski (2008 apud NEVES; TUCCI, 2008), existe uma armadilha que fora construída e projetada no Arroio para coletar os RS. Tratam-se de placas orientadoras que direcionam os resíduos transportados para uma gaiola de captação de 3,5 m³, que é basculada com o auxílio de uma talha mecânica e esvaziada periodicamente. Abaixo, a Figura 2 representa de forma esquemática a armadilha projetada pela autora. As Figuras 3 e 4 mostram a armadilha metálica instalada no trecho canalizado.

Figura 2 – Representação esquemática da estrutura estudada por Jaworowski (2008).



Fonte: Oliveira et al. (2005).

Figura 3 – Armadilha metálica instalada sobre o trecho canalizado.



Fonte: Oliveira et al. (2005).

Figura 4 – Armadilha metálica suspensa.



Fonte: Oliveira et al. (2005).

Com a quantificação dos RS realizada em locais cobertos e pavimentados ao lado da armadilha, chegou-se a valores médios capturados de 295 kg e 1.075 litros, sendo a medição realizada somente durante os eventos pluviométricos. Diante disso, Jaworowski (2008 apud NEVES; TUCCI, 2008) percebeu que as maiores quantidades apareceram na seguinte ordem: matéria orgânica e madeira, plásticos, calçados e isopor. Acredita-se que as pequenas quantidades de PET e alumínio coletadas estão relacionadas ao valor comercial desses materiais para os catadores e para os centros de reciclagem, de forma que esse tipo de material tenha sido coletado antes de chegar ao arroio. Esta caracterização dos resíduos pode ser observada na Tabela 1. Consta-se que o resíduo predominante é a matéria orgânica, que representa 41,22% em massa total dos resíduos coletados, seguido dos resíduos classificados como madeira, que correspondem a 39,56%. Estes dois resíduos somados representam cerca de 80% da massa residual coletada.

Tabela 1 – Resultado da caracterização dos RS coletados na armadilha metálica.

Tipo de resíduo	Massa resíduo (kg)	% (em massa)
Matéria orgânica	62,83	41,22
Papel/papelão	0,58	0,38
PET	0,58	0,38
Plástico filme	6,18	4,05
Plásticos	12,18	7,99
Isopor	0,08	0,05
Metal	1,18	0,77
Madeira	60,3	39,56

Tabela 1 – Resultado da caracterização dos RS coletados na armadilha metálica (continuação).

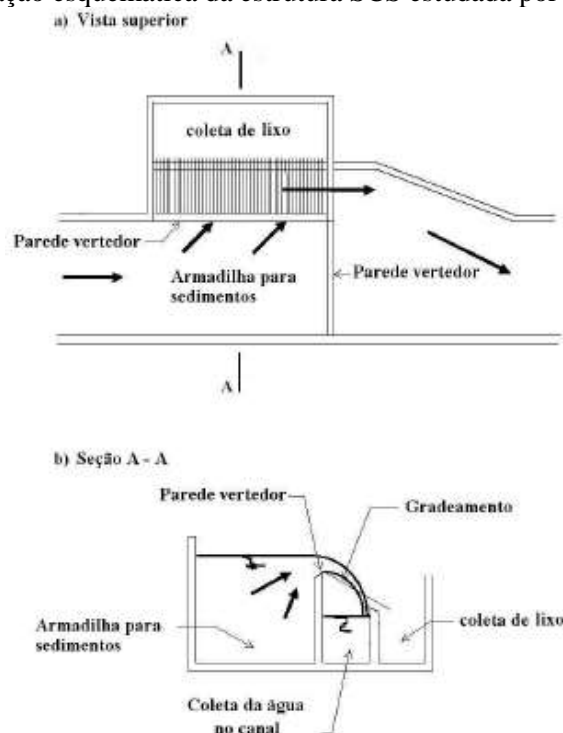
Borracha	3,53	2,32
Vidro	0,78	0,51
Cerâmica	ND	ND
Tecido	3,43	2,25
Couro	0,78	0,51
Total	152,43	100,00

Fonte: adaptado de Oliveira et. al. (2005).

3.1.2 Estruturas autolimpantes

Nas estruturas autolimpantes a água empurra o resíduo, limpando a tela ou a grade, e o resíduo é desviado até um local de acumulação, onde a frequência de limpeza é menor. Pode-se destacar, a exemplo disso, a SCS (*Stormwater Cleaning Systems*), utilizada em Springs, na África do Sul, que tem por função forçar o escoamento sobre o vertedor a um gradeamento inclinado de 45° em direção a um compartimento. Em consonância com Armitage et al. (1998 apud NEVES; TUCCI, 2008), a estrutura é projetada para altas vazões, tendo pouca manutenção e facilidade na limpeza, além de proporcionar segurança ao público e aos operadores. Entretanto, ao observar os pontos negativos, ela necessita de uma elevada carga hidráulica e de uma grande área de terreno cercada. A Figura 5 mostra uma representação esquemática de uma SCS.

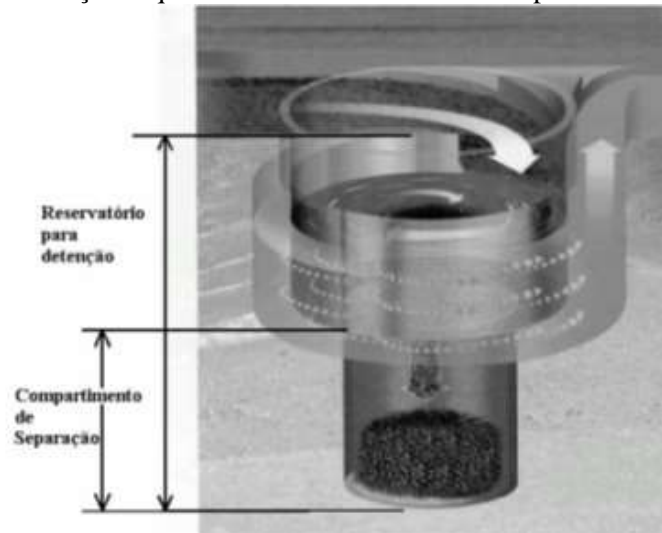
Figura 5 – Representação esquemática da estrutura SCS estudada por Armitage et al. (1998).



Fonte: Armitage et al. (1998 apud NEVES; TUCCI, 2008).

Outra estrutura autolimpante projetada é a CDS (*Continuous Deflective Separation*), que tem como principal característica a eficiência. Esta estrutura foi utilizada em Coburg, subúrbio de Melbourne, Austrália. De acordo com Armitage et al. (1998) e com Allison et al. (1998 apud NEVES; TUCCI, 2008), esta armadilha é instalada sobre o solo e requer uma área de 10 a 20 m², funcionando da seguinte forma: o escoamento dos resíduos é desviado para um compartimento de separação, como é mostrado na Figura 6, o qual consiste em um reservatório na parte inferior e em uma seção de separação na parte superior. A água e os resíduos permanecem em movimento contínuo para que a placa perfurada não seja bloqueada. Os sólidos mais pesados sedimentam, bem como boa parte do material mais leve, e os resíduos flutuantes acumulam-se na superfície da água.

Figura 6 – Representação esquemática da estrutura estudada por Armitage et al. (1998).



Fonte: Armitage et al. (1998 apud NEVES; TUCCI, 2008).

Conforme Allison et al. (1998 apud NEVES; TUCCI, 2008), no estudo realizado em Coburg, subúrbio de Melbourne, na Austrália, os materiais com dimensões maiores que 5 mm, em sua maioria, ficavam retidos no compartimento de separação durante a fase de monitoramento. Para Armitage et al. (1998 apud NEVES; TUCCI, 2008), as vantagens da utilização desse dispositivo são a alta porcentagem de remoção, a eficiência para altas vazões e o bloqueio realizado caso a unidade esteja totalmente preenchida. Porém, esse sistema de barramento de RS tem como desvantagens o custo de capital muito elevado, pois para realizar a coleta dos resíduos na unidade é necessária a compra de um veículo especial de alto custo, e por isso o uso de tal dispositivo acaba sendo restrito. Deve-se destacar, sobretudo, que os dispositivos apresentados nos itens 3.1.1 e 3.1.2 não se enquadram nas características acima descritas.

3.2 REGISTRO DE CASO DE ARMADILHAS OPERANTES

Atualmente existem barreiras projetadas em alguns lugares do mundo com a finalidade de capturar e coletar os RS em canais de macrodrenagem. A seguir, algumas são vistas, dentre elas a Ecobarreira que opera no arroio Dilúvio.

3.2.1 Austrália

Uma pequena cidade da Austrália, Kwinana, com aproximadamente 40 mil habitantes, instalou em março de 2018, nos seus sistemas de drenagem, uma espécie de rede para filtrar os RS. Para testar tal dispositivo escolheu-se dois locais na reserva de Henley, pois a drenagem da estrada é despejada em espaços públicos abertos e em reservas.

As redes foram instaladas em tubos de drenagem de concreto de 750 mm e 450 mm de diâmetro (Figura 7). Ambas foram limpas três vezes, até o dia 02 de agosto de 2018, desde a sua instalação, obtendo um total de 370 kg de resíduos recolhidos pelas redes de drenagem que foram removidas e eliminadas. Os resíduos consistiam em embalagens de alimento, garrafas de bebida, areia e folhas de árvores.

Com o teste provando ser um sucesso, a equipe de Projeto de Engenharia da Cidade de Kwinana identificou três outros locais dentro da reserva de Henley que serão projetados e adaptados com as redes para capturar mais resíduos que, de outra forma, seriam carreados para a reserva. Esses projetos serão propostos para o orçamento de 2019/20.

Figura 7 – Redes de filtragem de RS instaladas nos tubos de drenagem em Kwinana.



Fonte: <https://www.kwinana.wa.gov.au/our-city/news/Pages/default.aspx>.

Até o presente momento não foram identificadas publicações relativas a esta armadilha australiana.

3.2.2 Ecobarreira do Arroio Dilúvio

A Ecobarreira do Dilúvio foi lançada em 24 de março de 2016. A operação de lançamento ocorreu em condições favoráveis, com baixa velocidade de fluxo da água e sem ventos, com o apoio de quatro garis e um bote de uma empresa terceirizada que opera para o DMLU. Um total de 18 pessoas atuou nesta operação, incluindo funcionários da Safeweb e da empresa Ecotelhado. A Figura 8 ilustra a barreira na sua fase inicial de operação.

Figura 8 – Resíduos retidos no início da operação da Ecobarreira do Dilúvio.



Fonte: Relatório de Início de Operação. Gehling (2016).

A Ecobarreira foi implantada no Arroio Dilúvio pela empresa Safeweb com o objetivo de reduzir a quantidade de RS lançados no lago Guaíba, mas principalmente o de conscientizar a população da importância do correto destino aos RS. A obra consiste em uma barreira ecológica composta por módulos flutuantes de apenas 20 cm de submersão, com a função de reter os RS flutuantes (Figura 9). A profundidade do canal no local de implantação da barreira é de 2,70 m em períodos não chuvosos.

Figura 9 – Substituição da Ecobarreira do Dilúvio, em dezembro de 2016, por módulos flutuantes.



Fonte: Gehling (2016).

Depois de coletados, os RS são recolhidos pelo DMLU, sendo que em um dia normal recolhe-se um total de 15 bolsas com peso médio de 30 kg cada uma. O custo operacional da Ecobarreira é de R\$ 220.000,00 por ano e o custo de implantação, em março de 2016, foi de R\$ 250.000,00. O projeto tem caráter experimental, sendo pioneiro na América Latina e implantado por empresa particular. Após o período de 5 anos, a operação da Ecobarreira do Dilúvio será desativada pela empresa Safeweb, com possibilidade de a prefeitura assumir a operação.

Com base nos dados operacionais da Ecobarreira do Dilúvio, durante o período de 30 de março de 2016 a 31 de dezembro do mesmo ano foram recolhidas, aproximadamente, 125 toneladas de RS; em 2017 foram recolhidas cerca de 217 toneladas. Já no ano de 2018, de 01 de janeiro a 13 de outubro, foram recolhidas, aproximadamente, 115 toneladas de RS. A quantidade total de resíduos coletados desde o início da operação até o dia 25 de outubro de 2018 é de 457 toneladas.

3.3 RESULTADOS DE ARMADILHAS SEMELHANTES À PROPOSTA

Existem outros trabalhos realizados que correlacionam os eventos pluviométricos e o peso de RS coletados. Gava (2012) realizou em Florianópolis/SC, mais precisamente no Rio do Meio, um monitoramento da quantidade de RS coletados em função da pluviometria. Os testes foram realizados de 28 de janeiro a 7 de fevereiro de 2012, contabilizando 5 eventos de

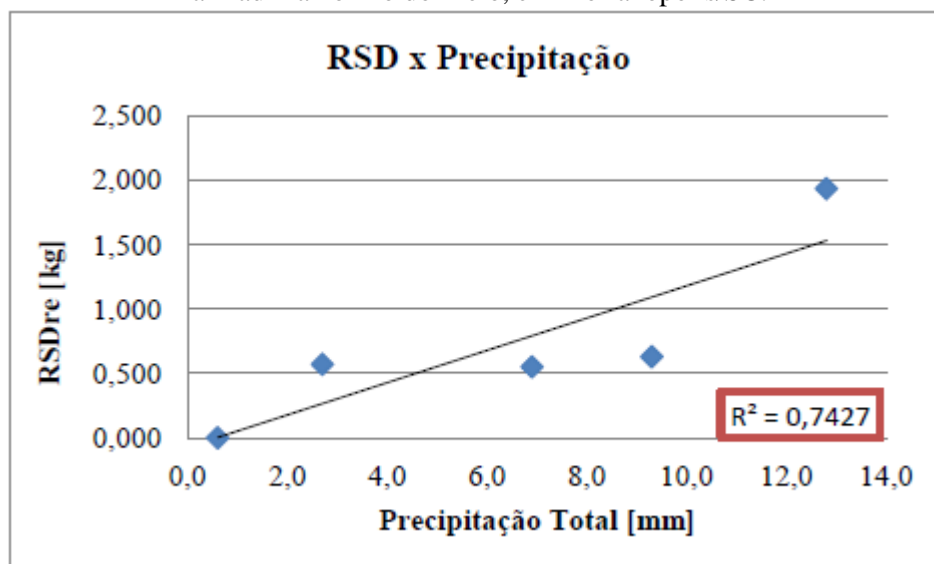
precipitação, que correspondem a 5 amostras de RS. A armadilha projetada (Figura 10) para reter os RS consiste em uma tela de aço maleável idealizada para ceder em situações de grande volume de chuvas. O canal onde a armadilha foi instalada tem 4,5 m de largura. A Figura 11 expressa o coeficiente de determinação (R^2) obtido, que foi de 0,7427.

Figura 10 – Armadilha para capturar RS no Rio do Meio, em Florianópolis/SC.



Fonte: Gava (2012, p. 81).

Figura 11 – Correlação linear entre os eventos pluviométricos e a quantidade de RS coletados pela armadilha no Rio do Meio, em Florianópolis/SC.



Fonte: Gava (2012, p. 101).

Na cidade de Santa Maria/RS, na bacia Esperança, Silva (2010) realizou experimentos com o objetivo de coletar RS através de uma gaiola com cesto removível (Figura 12).

Figura 12 – Gaiola com cesto removível projetada com o objetivo de coletar RS na bacia Esperança, em Santa Maria/RS.



Fonte: Silva (2010, p. 80).

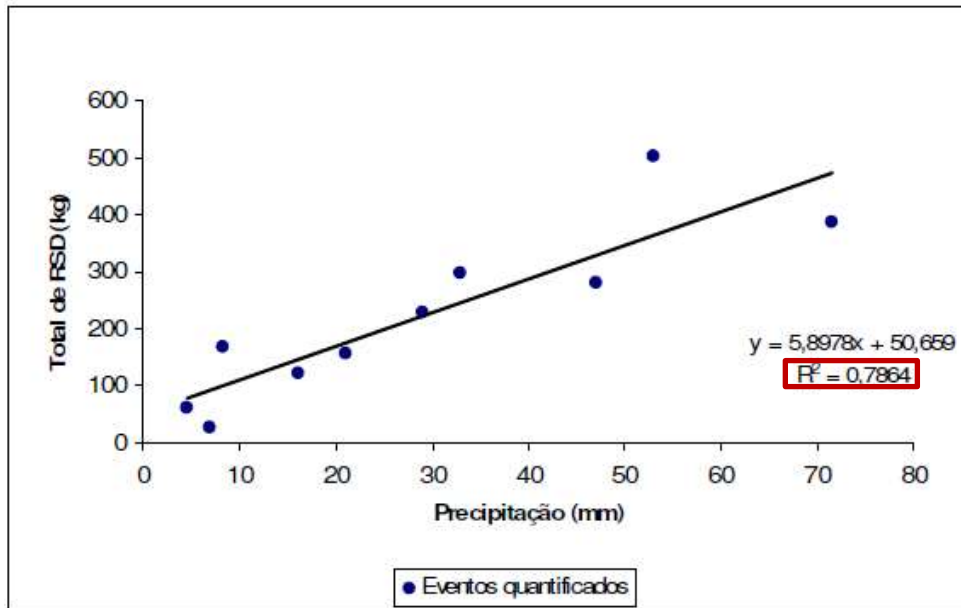
Durante o monitoramento foram efetuadas 10 coletas de RS. O quantitativo destes resíduos e o dos eventos pluviométricos podem ser observados na Tabela 2. A partir desses dados foi obtido o coeficiente de determinação (R^2), cujo valor é de 0,7864 (Figura 13).

Tabela 2 – Total de RS coletados e os eventos pluviométricos para os 10 dias testados.

Data dos eventos	Precipitação (mm) Variável independente (X)	Total de resíduos (kg) Variável dependente (Y)
10/04/08	7	26
12/04/08	16	120
13/04/08	21	155
26/04 a 02/05/08	72	386
12 e 13/05/09	33	296
18/05/09	8	167
30/05/09	47	281
08/06/09	5	61
22 e 23/06/09	53	503
21/07/09	29	227

Fonte: Silva (2010, p. 96).

Figura 13 – Correlação linear entre os eventos pluviométricos e a quantidade de RS coletados pela gaiola na bacia Esperança, em Santa Maria/RS.



Fonte: Silva (2010, p. 97).

Gonçalves (2013) também realizou testes na cidade de Santa Maria/RS, na bacia hidrográfica Cancela-Tamandaí. A Figura 14 mostra a barreira instalada no Arroio Cancela, que teve por finalidade reter os RS.

Figura 14 – Barreira para reter RS instalada no Arroio Cancela, em Santa Maria/RS.



Fonte: Gonçalves (2013, p. 65).

A Tabela 3 apresenta os dados obtidos em relação à precipitação pluviométrica e ao quantitativo de RS coletados por Gonçalves (2013). É importante frisar que para encontrar o

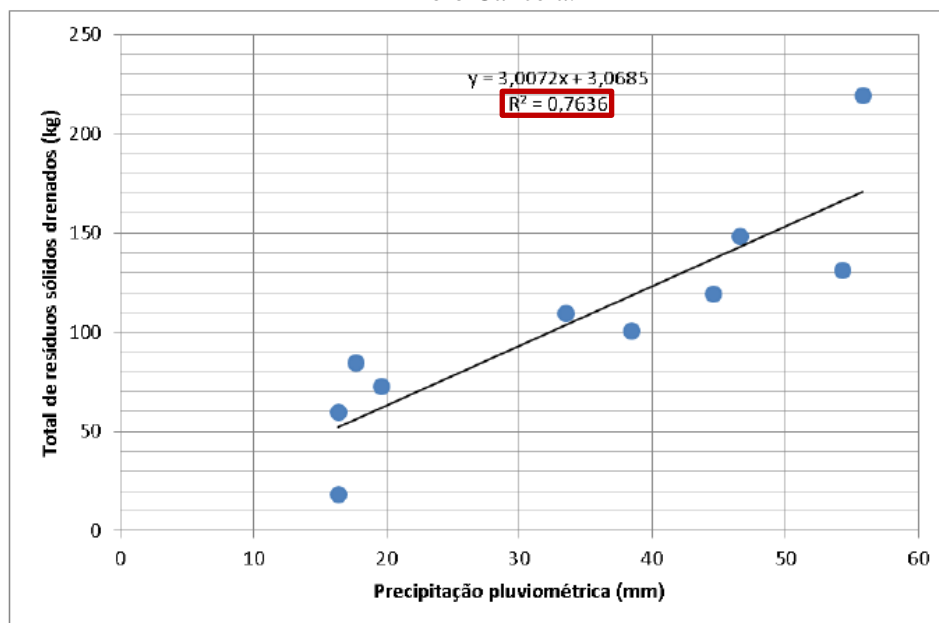
coeficiente de determinação (R^2) o oitavo evento referente ao período de 18 a 28 de dezembro de 2012 foi descartado, pois, devido à elevada precipitação pluviométrica, ocorreram perdas significativas de RS. Na Figura 15, tem-se o que o autor encontrou em termos de coeficiente de determinação (R^2), sendo este igual a 0,7636; descartando o oitavo evento, esse valor é muito próximo aos encontrados em outros trabalhos, e também no presente TCC, demonstrando que uma maior quantidade de RS coletados está relacionada com o aumento da precipitação pluviométrica.

Tabela 3 – Total de RS coletados e eventos pluviométricos.

Data dos eventos	Precipitação (mm) Variável independente (X)	Total de resíduos (kg) Variável dependente (Y)
10/11/2012 a 13/11/2012	19,60	72,6
19/11/2012 e 20/11/2012	16,41	18,3
22/11/2012 a 24/11/2012	38,43	100,9
01/12/2012	16,38	59,5
04/12/2012 a 11/12/2012	55,84	219,3
12/12/2012 e 13/12/2012	54,35	131,4
16/12/2012 e 17/12/2012	17,72	84,4
18/12/2012 a 28/12/2012	175,43	89,5
31/12/2012 e 01/01/2013	44,62	119,5
05/01/2013 e 06/01/2013	46,63	148,4
07/01/2013 e 08/01/2013	33,53	109,4

Fonte: Gonçalves (2013, p. 94).

Figura 15 – Correlação linear entre os eventos pluviométricos e a quantidade de RS coletados no Arroio Cancela.



Fonte: Gonçalves (2013, p. 96).

A Tabela 4, abaixo, apresenta uma relação entre a área das bacias e a quantidade de RS capturada pelas armadilhas.

Tabela 4 – Relação entre a área das bacias e a quantidade de RS.

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 (2010)
Bacia Rio do Meio, Florianópolis/SC	244	0,27	Gava (2012)
Bacia Alto da Colina, Santa Maria/RS	334	0,91	Brites e Gastaldini (2007)
Bacia Cancela, Santa Maria/RS	495	1,47	

Fonte: Gava (2012, p. 90).

4 PROCEDIMENTOS METODOLÓGICOS DA PESQUISA

A seguir, os procedimentos metodológicos utilizados na presente pesquisa.

4.1 URBANISMO DA MARGEM DO LAGO GUAÍBA

O Parque Marinha do Brasil vem recebendo investimentos da municipalidade, com otimizações na infraestrutura e no paisagismo, incorporando muitas inovações. Assim, deverá concentrar pessoas em busca de lazer, especialmente em fins de semana. É interessante ter uma visão das condições da margem do Parque, apesar dos esforços do DMLU em atividades de limpeza, incluindo sobre os resíduos depositados nas margens. A Figura 16 mostra uma imagem superior da orla do Guaíba próxima à foz do Dilúvio.

Figura 16 – Mapa da orla do lago Guaíba na foz do Dilúvio.



Fonte: Google Maps (2018).

A Figura 17 ilustra a margem do lago Guaíba, na foz do Arroio Dilúvio, antes das obras de revitalização. As Figuras 18 e 19 mostram como ficou a orla do Guaíba após a revitalização.

Figura 17 – Margem do lago Guaíba na foz do Dilúvio.



Fonte: Gehling (2016).

Figura 18 – Revitalização da orla do Guaíba, em julho de 2018.



Fonte: autor (2018).

Figura 19 – Trapiche na orla do Guaíba, em julho de 2018.



Fonte: autor (2018).

4.2 ESCOLHA DO LOCAL PARA A INSTALAÇÃO DAS ARMADILHAS

Com base em observações de alguns pontos considerados adequados, ou seja, de RS sendo carreados por ocasião de eventos pluviométricos, foi selecionado um local para a instalação de equipamento que retenha RS flutuantes e submersos. Alguns locais foram, portanto, inspecionados (Figuras 20, 21, 22, 23 e 24) e julgados adequados para a instalação de armadilhas, e com base nestas observações foi feita a seleção do local mais adequado, que se caracterizou por:

- ter acesso garantido, mesmo quando de chuvas intensas;
- ter residente ou funcionário que permaneça no local durante períodos chuvosos e que possa notificar ao autor desta pesquisa em caso de fato interessante e;
- permitir o registro de fotos e vídeos, mesmo durante chuvas.

Com base nessas premissas, constatou-se que o local correspondente à ponte sobre a Av. Borges de Medeiros seria o mais adequado para a instalação da armadilha. Tem-se fácil acesso ao local e pode-se contar com o apoio dos operadores da Ecobarreira do Dilúvio, que são mantidos pelo Instituto Safeweb. Tendo em vista que a ponte sobre o canal da Av. Menna Barreto (Figuras 23 e 24) apresenta sérios problemas de inundação em grandes eventos pluviométricos, o que dificultaria o acesso ao local para monitoramento, este local foi descartado para testes com armadilhas.

Figura 20 – Ponte sobre a Av. Borges de Medeiros, no Arroio Dilúvio.



Fonte: Google Maps (2018).

Figura 21 – Ponte à jusante da Av. Borges de Medeiros no dia 15 de maio de 2016, em visita à Ecobarreira do Dilúvio¹.



Fonte: Gehling (2016).

¹ Uma visão deste cenário pode ser apreciada, em tempo real, 24 horas por dia, no site <http://camera.ecobarreiradiluvio.com.br/>.

Figura 22 – Ponte sobre o canal da Av. Menna Barreto.



Fonte: Google Maps (2018).

Figura 23 – Estrutura retentora de resíduos no ponto em que o canal da Av. Menna Barreto chega na Av. Sertório, no dia 15 de outubro de 2017.



Fonte: Gehling (2017).

Figura 24 – Primeira ponte à montante, para pedestres, na Av. Menna Barreto, em 15 de outubro de 2017.



Fonte: Gehling (2017).

4.3 MODELO DE ARMADILHA PROPOSTO

Cabe referir que o objetivo da presente pesquisa é conceber e testar armadilhas que se caracterizem pelo baixo custo, dispensando manutenção permanente, e que sejam de pequeno porte. Elas não deverão ser convidativas a atos de vandalismo.

O modelo a ser adotado nos testes foi desenvolvido na fase inicial do TCC II. O modelo proposto buscou ser simples, de baixo custo e devendo ser passível de implantação, com dispensa de operadores permanentes. Inicialmente foram testados dois tipos de armadilhas: uma destinada a reter apenas aos resíduos sólidos flexíveis (bolsas plásticas) flutuantes em cursos de água urbanos e a outra visou reter RS carregados pelas águas, sejam estes flutuantes ou submersos, flexíveis ou rígidos.

4.3.1 Armadilha flutuante

A armadilha flutuante (Figura 25) foi construída em madeira incrustada com diversos elementos de fixação (pregos e arruelas de aço inox). Estimou-se que durante um ciclo operacional haveria retenção de ramos de vegetação que ampliariam a área de varredura, ocasionando um efeito multiplicador na capacidade de retenção da armadilha. Com o intuito

de não torná-la atrativa aos vândalos, revestiu-se o lado superior da armadilha com plástico preto (Figura 26).

Figura 25 – Armadilha de madeira para capturar RS flutuantes.



Fonte: Gehling (2018).

Figura 26 – Armadilha de madeira revestida com plástico preto.



Fonte: Gehling (2018).

4.3.2 Armadilha submersa

A armadilha submersa, feita de ferro, representada na Figura 27, e executada em aço de construção 8 mm, manteve apenas o seu topo acima da linha d'água. Assim, reteve sólidos flutuantes e, principalmente, os submersos carregados pelas águas. As características desta armadilha permitiram gerar uma caracterização dos RS que, por não aflorarem na superfície, passam por baixo da Ecobarreira do Dilúvio, que tem um afogamento de aproximadamente 20 cm.

Assim como a armadilha de madeira, a de ferro tem o seu poder de captura ampliado. A retenção de ramos e galhos ampliou significativamente a sua área de intercepção. Pode-se ter uma ideia do poder de captura de resíduos, quando galhos e ramos são retidos, observando-se o que ocorre na ponte sobre a Rua Prof. Cristiano Fischer, no Arroio Dilúvio (Figura 28): a estrutura desta ponte constitui-se de uma eficiente armadilha, a ser limpa sempre que o grau de obstrução da área molhada na referida seção vier a constituir risco de extravasamento do canal.

Figura 27 – Armadilha submersa de ferro.



Fonte: Gehling (2018).

Figura 28 – Ponte sobre a Rua Prof. Cristiano Fischer, no Arroio Dilúvio.



Fonte: Gehling (2012).

Aspectos relacionados à operação das armadilhas propostas e aos resultados obtidos são apresentados, a seguir, no capítulo 5.

5 RESULTADOS DA OPERAÇÃO DA ARMADILHA SUBMERSA

No dia 22 de fevereiro de 2018 realizou-se na ponte sobre o Arroio Dilúvio (Av. Borges de Medeiros) medições da altura e da largura da cabeceira da ponte e dimensões dos pilares. Também mediu-se a altura da ponte até a lâmina d'água para, então, estimar a quantidade necessária de cabos de aço para sustentar a armadilha. Após uma semana, os cabos em torno de dois pilares da ponte foram fixados, distantes, aproximadamente, 5 m para a direita e para a esquerda do eixo central da ponte. Posteriormente, no dia 02 de março de 2018, verificou-se a quantidade necessária de cabos de aço, suspendendo a armadilha de ferro, conforme a Figura 29.

Figura 29 – Armadilha suspensa para verificar o comprimento necessário dos cabos de aço.



Fonte: Gehling (2018).

No dia 31 de março de 2018 realizou-se o lançamento da armadilha de ferro, pois no dia anterior ocorreram precipitações pluviométricas significativas. Primeiramente, fixaram-se os dois cabos que sustentam a armadilha nos pilares da ponte para depois, então, soltá-la até ficar submersa na água. O objetivo é retirá-la do Arroio após a chuva, pesar e caracterizar os RS retidos. Assim que a armadilha foi instalada observou-se um imprevisto: um galho de árvore carregado pelo fluxo deixou-a totalmente fora d'água. Esperava-se que este galho pudesse reter outros RS abaixo da linha d'água, formando uma barreira. Entretanto, a armadilha barrou uma quantidade de RS inferior à esperada, pois o galho fez com que ela trabalhasse totalmente fora d'água (Figura 30). Observou-se, portanto, que seriam necessárias algumas alterações na configuração da armadilha.

Figura 30 – Galho de árvore retido que suspendeu a armadilha.



Fonte: Gehling (2018).

Depois do imprevisto ocorrido, optou-se por fazer algumas mudanças, colocando uma barra de ferro de 20 mm de diâmetro presa na parte inferior da armadilha, conferindo-lhe maior peso para que ela não subisse e ficasse fora da água, o que impossibilitava a retenção de resíduos. Também foi colocado um arame, tanto no sentido longitudinal quanto no transversal, aumentando a sua capacidade de reter resíduos. Por fim, colocaram-se duas pequenas cantoneiras nos cantos dos estribos para dar mais sustentabilidade à geometria da armadilha (Figura 31). Após essas modificações provisórias esperou-se um dia chuvoso para realizar os testes e analisar as possíveis melhoras, ou ainda a necessidade de novas alterações.

Figura 31 – Armadilha de ferro com todas as mudanças realizadas.



Fonte: Gehling (2018).

No dia 21 de abril de 2018, às 9 horas da manhã, foi realizado um teste com as armadilhas de ferro e de madeira. No instante da colocação começou a chover. A armadilha de ferro foi testada após as alterações realizadas em sua configuração, já a armadilha de madeira foi testada com um dos lados coberto por plástico preto, preso por percevejos, com o intuito de não chamar a atenção para possíveis atos de depredação. As armadilhas operando no Dilúvio estão apresentadas nas Figura 32 e 33.

Figura 32 – Armadilha de ferro sendo testada após as modificações realizadas.



Fonte: Gehling (2018).

Figura 33 – Armadilha de madeira sendo testada.



Fonte: Gehling (2018).

Após o período de 3 dias as armadilhas foram retiradas do Arroio. A armadilha de madeira capturou 300 g de RS, sendo estes exclusivamente plásticos moles. A de ferro, por

sua vez, reteve 1 kg de RS, compostos por plásticos moles e por alguns ramos de galhos de árvore já em decomposição. A pequena quantidade de resíduos retidos deve-se ao fato de não ter ocorrido precipitações no período em que as armadilhas ficaram instaladas. Apesar de pouco testada percebe-se, sobremaneira, que a armadilha de madeira é pouco eficaz em canais de macrodrenagem com uma maior largura, como o Arroio Dilúvio. Espera-se que a sua utilização em canais de macrodrenagem com até 2 metros de largura tenha maior valia.

No dia 04 de maio de 2018, após recolher as duas armadilhas e constatar que ambas não vinham tendo o desempenho esperado, optou-se por realizar algumas alterações na armadilha de ferro. Primeiramente, mediu-se a profundidade do Dilúvio em seu centro, no local em que estava a armadilha, a fim de se obter dados para modificar a armadilha de ferro de tal maneira que esta ficasse totalmente afogada no Arroio; a medição foi de 1,50 m. Dessa forma, buscou-se aumentar a retenção de resíduos não flutuantes. Sabendo-se que a altura da armadilha de ferro é de 0,90 m e que a profundidade do canal é de 1,50 m, foram necessários mais 0,60 m de cabo para ter a armadilha totalmente afogada. Assim, colocou-se uma corrente de 3,00 m de comprimento passando pelas extremidades da armadilha, sendo presa nesses pontos; prenderam-se cabos de aço nesta corrente, obtendo, assim, o afogamento desejado. A vantagem de utilizar a corrente é a possibilidade de regulá-la para a altura desejada, o que é de suma importância, pois o canal muda constantemente a sua profundidade. Depois a armadilha de ferro (Figura 34) foi levada novamente ao Dilúvio para testes, e dessa vez foi totalmente afogada. Já a armadilha de madeira não foi mais testada devido à sua ineficiência em canais desse tipo, de largura igual a 20 m, como já mencionado.

Figura 34 – Armadilha de ferro instalada com a corrente e trabalhando totalmente afogada.



Fonte: Gehling (2018).

No dia 12 de maio de 2018 a armadilha foi retirada das águas, procedendo-se a pesagem dos RS retidos. O dia estava ensolarado, sendo que nos dias em que a armadilha esteve trabalhando ocorreram precipitações pluviométricas não muito significativas. No dia da retirada ocorreu um fato destacável: a presença de placas de lodo que cobriam a superfície da água, desde a Ecobarreira até cerca de 20 m à montante da ponte sobre a Av. Borges de Medeiros (Figura 35). Percebeu-se que as placas de lodo movimentavam-se a uma velocidade baixíssima.

A fim de otimizar o processo de retirada da armadilha para a pesagem dos resíduos, dessa vez ela apenas foi içada até o peitoril da ponte, prendendo-a nesse peitoril através de uma corda que fora fixada em um dos pilares. Posteriormente, retiraram-se os resíduos para então realizar-se a sua pesagem, que totalizou 2,7 kg. Os resíduos eram compostos por plásticos moles e ramificações de galhos de árvore já em decomposição. Os equipamentos de proteção utilizados em cada coleta de RS foram luvas e máscaras, além de capas de chuva quando necessário.

Após a retirada da armadilha da água para a pesagem dos resíduos esta foi colocada novamente no Arroio, ficando totalmente afogada (Figura 36). A partir desta data a armadilha ficou permanentemente instalada, sempre totalmente afogada, para economizar possíveis deslocamentos até o local, além de reter uma maior quantidade de resíduos.

Figura 35 – Placas de lodo cobrindo toda a extensão do Arroio Dilúvio.



Fonte: Gehling (2018).

Figura 36 – Armadilha instalada no Arroio totalmente afogada.



Fonte: Gehling (2018).

Com a armadilha operando de forma permanente passou-se a retirá-la em dias adequados, antes e depois de chuvas. Na retirada e na coleta dos RS observou-se que a tática de içar e prender a armadilha na ponte ocasionava considerável perda de RS, pois além da dificuldade de suspender esse peso, uma quantidade significativa de resíduos se perdia nesse processo. Assim, a melhor opção encontrada foi soltar os cabos de aço que sustentavam a armadilha nos pilares da ponte e conduzi-la, abaixo da linha d'água, de forma cuidadosa, até a margem do Dilúvio para, assim, realizar a coleta e a pesagem dos RS.

O nível d'água foi sempre estimado em função do número de pedras aparentes. Quando foi medida a profundidade do canal, no centro, apareciam 4 pedras do talude na margem esquerda do Arroio, sendo que cada uma delas mede, aproximadamente, 20 cm de altura. A partir dessas informações, sempre que a armadilha era retirada do Arroio um registro fotográfico das pedras era feito, objetivando estimar o nível d'água. A Figura 37 ilustra um exemplo do registro do nível d'água.

Figura 37 – Nível d'água estimado através do número de pedras aparentes no talude da margem.



Fonte: Gehling (2018).

Depois de retirar a armadilha do Arroio realizava-se a coleta e a pesagem dos RS. Para tanto, era usada uma balança eletrônica, a mesma usada pela Ecobarreira. Todo resíduo coletado pela armadilha era colocado dentro de um saco de lixo e, após a pesagem, levado até o passeio junto aos sacos coletados pela Ecobarreira (Figura 38) para que o caminhão do DMLU os coletasse.

Figura 38 – Local onde são colocados os sacos de lixo para que o caminhão do DMLU recolha.



Fonte: Gehling (2018).

Estando a armadilha permanentemente no Arroio, os deslocamentos até o local diminuíram, sendo realizados antes ou depois de uma chuva. No mês de setembro observou-se a presença de plantas aquáticas (salvínias), as quais atrapalharam tanto a operação da Ecobarreira quanto da armadilha. A Ecobarreira teve que ser aberta para que as salvínias escoassem, de forma que não se acumulassem na barreira e atrapalhassem a retirada dos RS, de acordo com a Figura 39. Também foi importante o trabalho dos operadores para evitar que os RS fossem carreados para o Guaíba durante o período em que a barreira ficou aberta. Já com relação à armadilha, o acúmulo das salvínias diminuiu consideravelmente a velocidade de escoamento do canal, além de deixar a armadilha totalmente fora d'água, impossibilitando a captura de RS, conforme pode ser observado na Figura 40.

Figura 39 – Acúmulo de plantas aquáticas no Arroio atrapalhando a operação da Ecobarreira.



Fonte: autor (2018).

Figura 40 – Acúmulo de plantas aquáticas no Arroio, impossibilitando a captura de RS pela armadilha.



Fonte: autor (2018).

Durante alguns meses passou-se a trabalhar dessa forma. Os resultados da aplicação do uso da armadilha podem ser observados na Tabela 5, a seguir.

Tabela 5 – Quantitativo dos RS coletados pela armadilha e pela Ecobarreira.

Data		Pluv. Acum. (mm)	N.A. (m)	RS retidos			Observações
Colocação	Retirada			Armadilha (kg) ^a	Largura Canal (kg) ^b	Ecobarreira (kg)	
31/03/18	02/04/18	24,80	-	10,00	166,67	3.210,00	8 kg de madeira e 2 kg de outros resíduos
12/04/18	13/04/18	6,00	-	5,50	91,67	1.290,00	Maioria de plásticos moles
13/04/18	14/04/18	0,00	1,60	2,65	44,17	660,00	Grande quantidade de lodo
21/04/18	24/04/18	8,40	1,50	1,00	16,67	4.050,00	Deixar as armadilhas por um período maior
30/04/18	04/05/18	6,00	1,50	1,30	21,67	4.080,00	Quantidade insignificante de RS retidos
04/05/18	12/05/18	10,00	1,50	2,70	45,00	1.500,00	Colocação da armadilha totalmente afogada
12/05/18	19/05/18	38,20	1,80	7,70	128,33	2.790,00	Retendo apenas RS submersos
19/05/18	26/05/18	37,40	1,60	8,60	143,33	4.410,00	1,75 kg de madeira de pequeno porte
26/05/18	03/06/18	21,00	1,70	2,40	40,00	1.770,00	Placas de lodo e escoamento imperceptível
03/06/18	10/06/18	15,00	1,55	3,10	51,67	1.500,00	Escoamento rápido, dia chuvoso
10/06/18	13/06/18	54,20	1,65	11,50	191,67	2.160,00	Vento contrário ao escoamento dos RS
13/06/18	19/06/18	0,00	1,60	2,10	35,00	2.070,00	Praticamente não choveu
19/06/18	24/06/18	14,60	1,80	11,10	185,00	1.020,00	Levou-se a armadilha até a margem para recolher os RS

Tabela 5 – Quantitativo dos RS coletados pela armadilha e pela Ecobarreira (continuação).

24/06/18	30/06/18	40,60	1,70	7,40	123,33	2.610,00	Estima-se que 4 kg de RS escaparam
30/06/18	05/07/18	32,80	1,85	11,50	191,67	2.490,00	Armadilha trabalhou na posição horizontal
05/07/18	10/07/18	9,40	2,00	15,20	253,33	1.920,00	Levou-se a armadilha até a margem para recolher os RS. Maior quantidade de RS
10/07/18	16/07/18	0,20	1,85	1,70	28,33	810,00	Retirou-se a armadilha antes de uma chuva
16/07/18	23/07/18	81,2	1,90	7,10	118,33	3.690,00	Aproximadamente 4 kg de RS escaparam ao tentar içar a armadilha
23/07/18	27/07/18	42,00	2,00	6,85	114,17	2.070,00	Retirou-se os RS pela margem do Dilúvio
27/07/18	31/07/18	2,20	1,90	6,80	113,33	570,00	Plásticos moles e um enorme bolsão plástico
31/07/18	06/08/18	0,00	1,85	1,10	18,33	1.350,00	Não ocorreu chuva nesse período
06/08/18	11/08/18	13,00	1,90	1,00	16,67	930,00	Ventos fortes no sentido contrário ao escoamento desprenderam RS
11/08/18	21/08/18	28,60	1,75	7,35	122,50	4.260,00	Muitos ramos de galhos de árvore
21/08/18	25/08/18	41,00	1,80	7,70	128,33	870,00	Vento intenso e contrário ao escoamento
25/08/18	30/08/18	0,00	1,80	6,00	100,00	2.820,00	Balança sem bateria, peso estimado 6 kg

Tabela 5 – Quantitativo dos RS coletados pela armadilha e pela Eco-barreira (continuação).

30/08/18	10/09/18	125,00	2,20	2,00	33,33	4.530,00	Armadilha totalmente fora d'água (salvínias)
10/09/18	17/09/18	17,80	1,70	1,00	16,67	1.710,00	Armadilha presa apenas por um dos cabos
17/09/18	25/09/18	59,60	1,90	13,3	221,67	4.050,00	Após chuva intensa, muita madeira e galhos
25/09/18	02/10/18	46,00	2,10	32,05	534,17	4.560,00	Maior quantidade de RS coletados
02/10/18	13/10/18	18,60	2,10	0,00	0,00	2.610,00	Armadilha não capturou RS
Total				197,70	3.295,00	72.360,00	-

a: 1,20 m

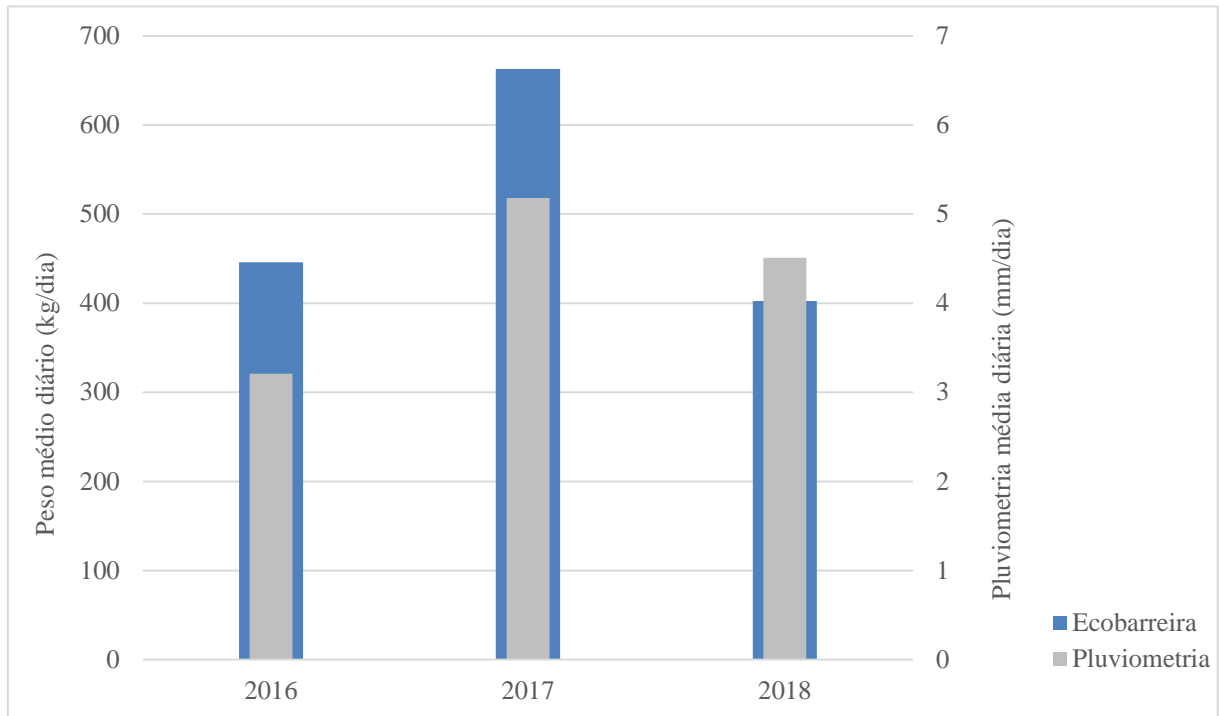
b: 20,00 m

Fonte: elaborada pelo autor (2018).

A Tabela 5 apresenta a estimativa do peso total de RS coletados pela armadilha caso esta compreendesse toda a largura do canal, ou seja, 20 m, corresponde a, aproximadamente, 5% do peso total de RS recolhidos pela Eco-barreira no mesmo período. Este pequeno percentual é em parte devido à nossa armadilha submersa, que após uma certa obstrução por plásticos, as linhas de fluxo desviaram da barreira, diminuindo a efetividade da coleta. O cálculo realizado para estimar o peso de RS coletados pela armadilha, caso compreendesse toda a largura do canal, é simples: basta multiplicar a quantidade de RS capturados pela armadilha por 20 m (largura do canal) e dividir por 1,20 m (largura da armadilha).

Através dos dados expostos acima, foram realizadas algumas análises gráficas, dentre elas a que relaciona o peso médio diário de RS coletados com a pluviometria média diária, durante os anos de 2016 a 2018, sendo que o período de análise está entre 31 de março e 13 de outubro de cada ano (Figura 41).

Figura 41 – Relação do peso médio diário de RS coletados com a pluviosidade média diária da Ecobarreira.

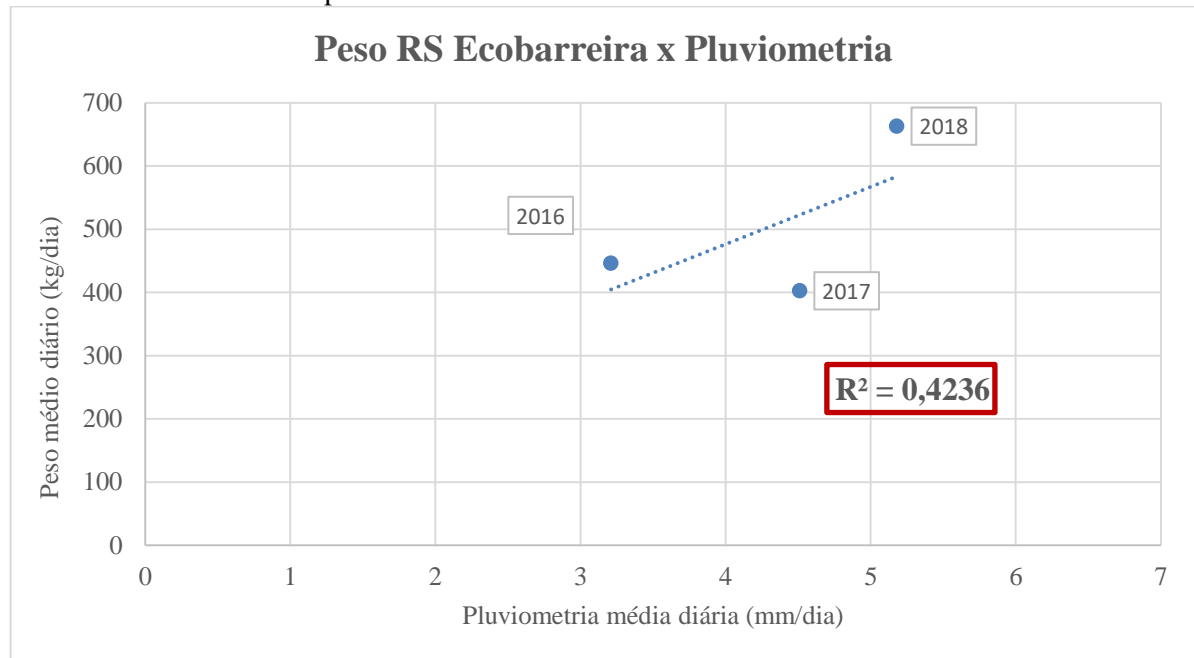


Fonte: elaborada pelo autor (2018).

Sobre o gráfico acima é importante relatar que durante o período de 2016 a barreira era frágil se comparada com a barreira atual, formada por módulos flutuantes que acompanham o nível d'água. A antiga barreira foi trocada em dezembro de 2016, e devido à sua fragilidade não demonstrou a eficiência esperada, pela necessidade de frequentes manutenções, o que impedia a sua operação. Diante disso, vale ressaltar que no período de avaliação no ano de 2016 a Ecobarreira operou por apenas 149 dias, sendo que nos 2 anos seguintes foram 192 dias ao total.

Nota-se, ainda, que a relação entre o aumento da quantidade de RS coletados e o aumento da pluviosidade não é explícito. Verifica-se que o coeficiente de determinação R^2 é de 0,4236 (Figura 42), indicando que o modelo não explica bem os valores observados. Em outras palavras, a variação na quantidade de RS retidos não pode ser explicitada somente pela pluviosidade.

Figura 42 – Coeficiente de determinação entre o peso médio diário anual de RS coletados e a pluviometria média diária anual da Ecobarreira.



Fonte: elaborada pelo autor (2018).

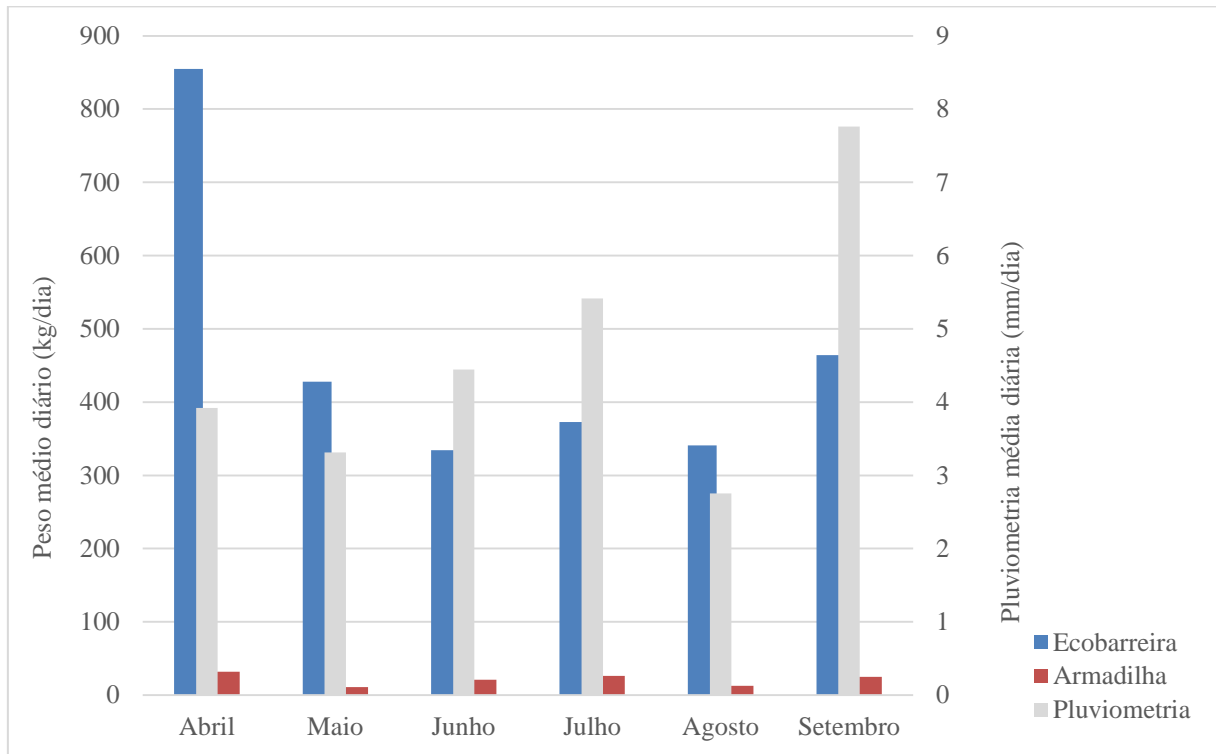
A partir dos dados da Tabela 6, a seguir, foram feitos alguns gráficos, como o da Figura 43, comparando os dados do peso médio diário de RS coletados pela Ecobarreira e os coletados pela armadilha, caso esta última compreendesse toda a largura do canal, com a pluviometria média diária.

Tabela 6 – Pluviometria média diária e peso médio diário de RS coletados pela armadilha e pela Ecobarreira em 2018.

Meses	Pluv. Med. Diária (mm/dia)	Ecobarreira	Armadilha
		Peso médio diário (kg/dia)	Peso médio diário (kg/dia)
Abril	3,92	855,00	31,98
Mai	3,31	427,94	11,13
Junho	4,44	334,29	20,95
Julho	5,41	372,90	26,42
Agosto	2,75	341,00	12,86
Setembro	7,76	464,06	25,18

Fonte: elaborada pelo autor (2018).

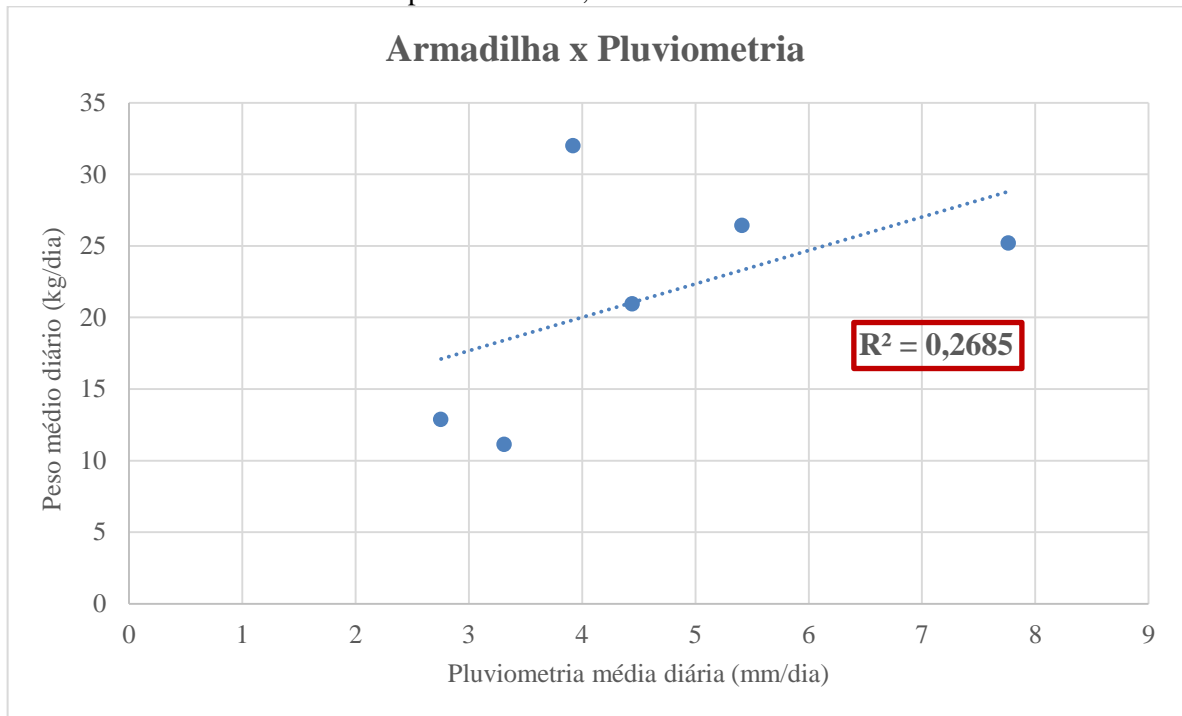
Figura 43 – Pluviometria média diária e peso médio diário de RS coletados pela armadilha e pela Ecobarreira em 2018.



Fonte: elaborada pelo autor (2018).

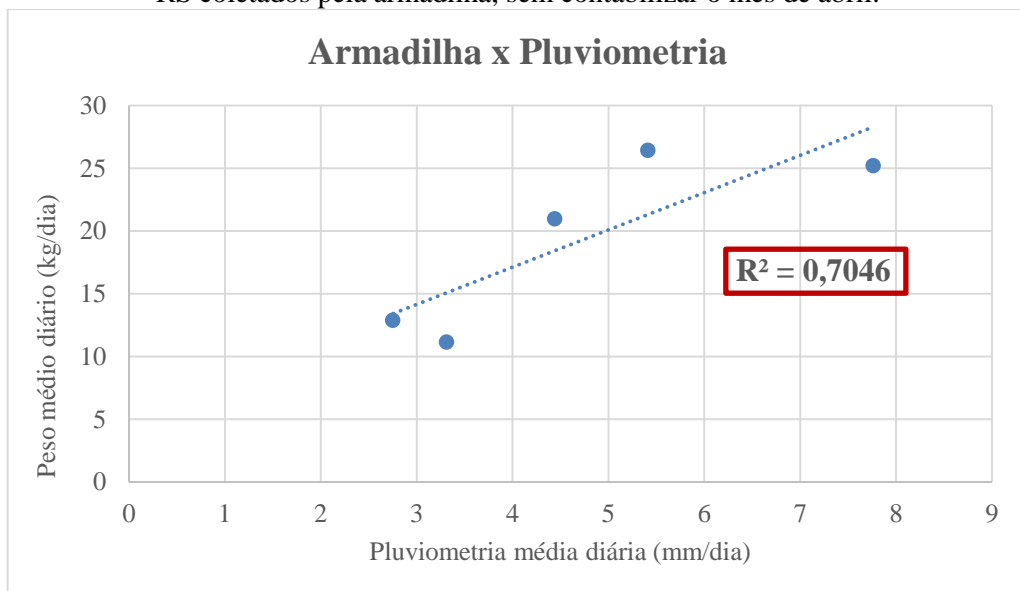
No gráfico (Figura 43) nota-se que o mês de abril destoa dos demais, tendo um peso médio diário de RS coletados pela Ecobarreira muito acima em comparação aos outros meses, e apresenta também o maior peso diário médio da armadilha (Tabela 6). Neste mês a armadilha não operou de forma permanente: esteve instalada por apenas 10 dias, quando havia previsão de chuva, para então ser retirada após o evento pluviométrico, com pesagem dos RS capturados. Nesses mesmos 10 dias a Ecobarreira também teve um grande número de RS coletados. Devido a estas singularidades no mês de abril analisou-se o coeficiente de determinação de duas formas, ou seja, com e sem esse mês, o que pode ser observado nas Figuras 44, 45, 46 e 47.

Figura 44 – Coeficiente de determinação entre a pluviometria média diária e o peso médio diário de RS coletados pela armadilha, contabilizando o mês de abril.



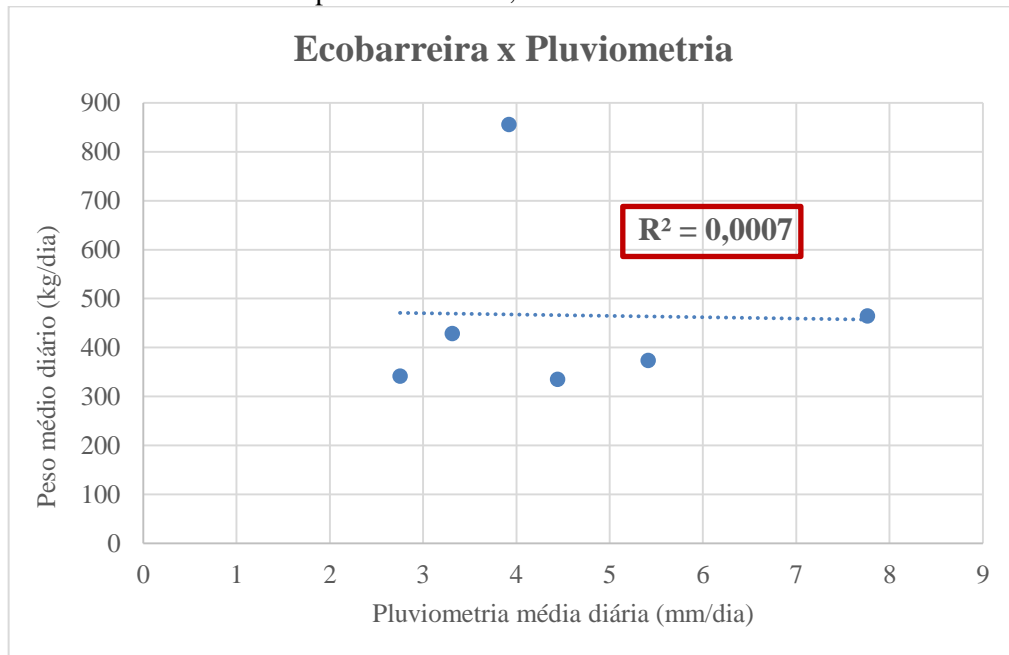
Fonte: elaborada pelo autor (2018).

Figura 45 – Coeficiente de determinação entre a pluviometria média diária e o peso médio diário de RS coletados pela armadilha, sem contabilizar o mês de abril.



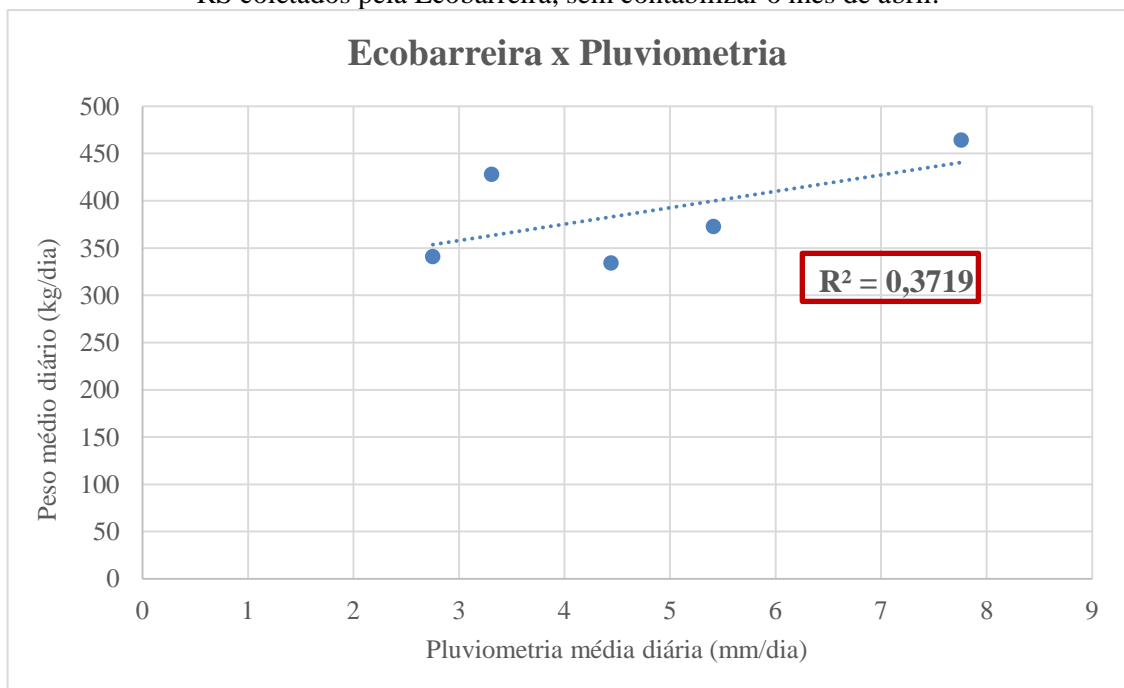
Fonte: elaborada pelo autor (2018).

Figura 46 – Coeficiente de determinação entre a pluviometria média diária e o peso médio diário de RS coletados pela Ecobarreira, contabilizando o mês de abril.



Fonte: elaborada pelo autor (2018).

Figura 47 – Coeficiente de determinação entre a pluviometria média diária e o peso médio diário de RS coletados pela Ecobarreira, sem contabilizar o mês de abril.



Fonte: elaborada pelo autor (2018).

Pela análise da Figura 44 vê-se que o coeficiente de determinação (R^2) é igual a 0,2685, o que significa que o modelo pouco explica os valores observados. Entretanto, na Figura 45, ao ser desconsiderado o mês de abril, o coeficiente de determinação (R^2) aumenta

consideravelmente, chegando a 0,7046 para a armadilha. Portanto, nesse caso, a pluviometria média diária pode ser um fator que contribui para o aumento da quantidade de RS coletados.

Para o peso médio diário de RS coletados pela Ecobarreira (Figura 46), o valor do coeficiente de determinação R^2 é igual a 0,0007, valor muito próximo a zero, o que pode ser explicado pela quantidade de RS coletados no mês de abril, sendo esta bastante alta, mesmo sem ter ocorrido eventos pluviométricos significativos. Na Figura 47, ao desconsiderar-se o mês de abril, observa-se um aumento no valor do coeficiente de determinação (R^2), sendo este de 0,3719, indicando que a crescente da quantidade de RS coletados na Ecobarreira não pode ser explicado somente pelo aumento pluviométrico.

Os valores do coeficiente de determinação do modelo da Ecobarreira mostraram-se muito baixos se comparados com os da armadilha, e um dos fatores que pode explicar esse aspecto é a capacidade de a Ecobarreira reter muitos sólidos quando de chuvas intensas. Estes resíduos levam alguns dias para serem removidos pelos operadores, que não trabalham quando a chuva é intensa. Assim, pode-se ter casos em que não esteja chovendo, mas havendo uma grande quantidade de RS coletada. Outra hipótese, menos possível, é de que ocorram eventos pluviométricos na cidade de Viamão, onde nasce o Arroio Dilúvio, e em Porto Alegre não, o que pode ocasionar o crescimento da quantidade de resíduos oriundos da nascente do Dilúvio, e como consequência o aumento da coleta de RS.

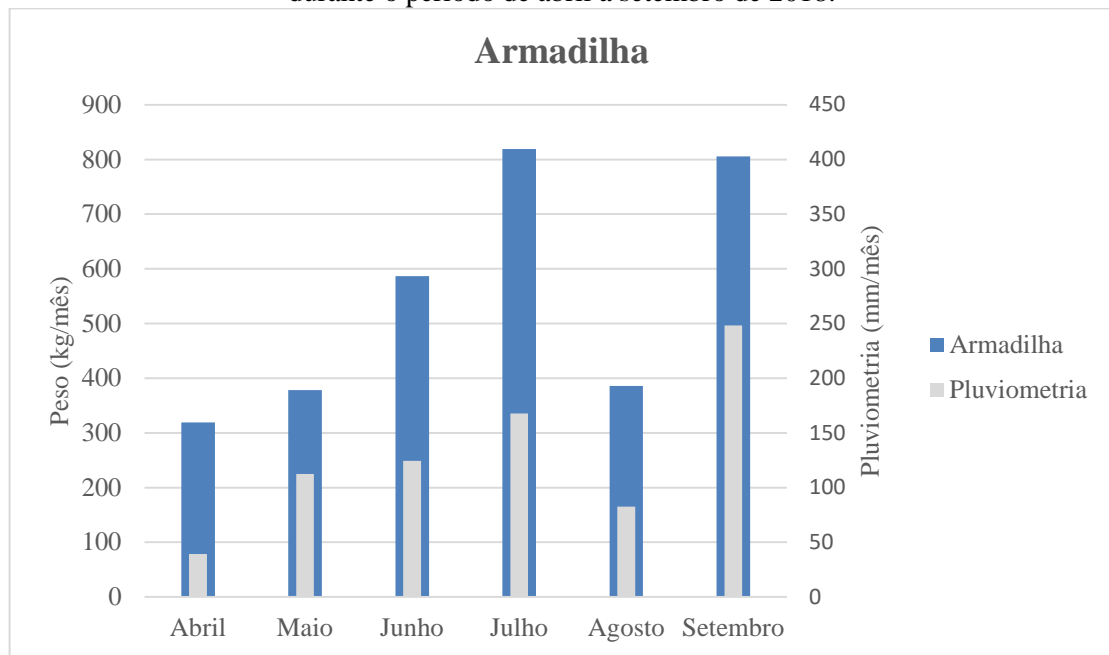
A partir dessas análises tem-se, a seguir, a quantidade de RS total de cada mês, coletados pela armadilha e também pela Ecobarreira, no período de abril a setembro de 2018, correlacionando esse momento com a pluviometria total mensal, sendo estes valores apreciados na Tabela 7. Na Figura 48 observa-se o gráfico que relaciona o total de RS coletados pela armadilha com a quantidade de chuva em cada mês, no mesmo período.

Tabela 7 – Pluviometria total e peso total de RS coletados pela armadilha e pela Ecobarreira, em cada mês, no período de abril a setembro de 2018.

Meses	Pluviometria (mm)	Armadilha (kg)	Ecobarreira (kg)
Abril	39,20	319,17	9.210,00
Maio	112,60	378,33	14.550,00
Junho	124,40	586,67	9.360,00
Julho	167,80	819,17	11.550,00
Agosto	82,60	385,83	10.230,00
Setembro	248,40	805,83	14.850,00

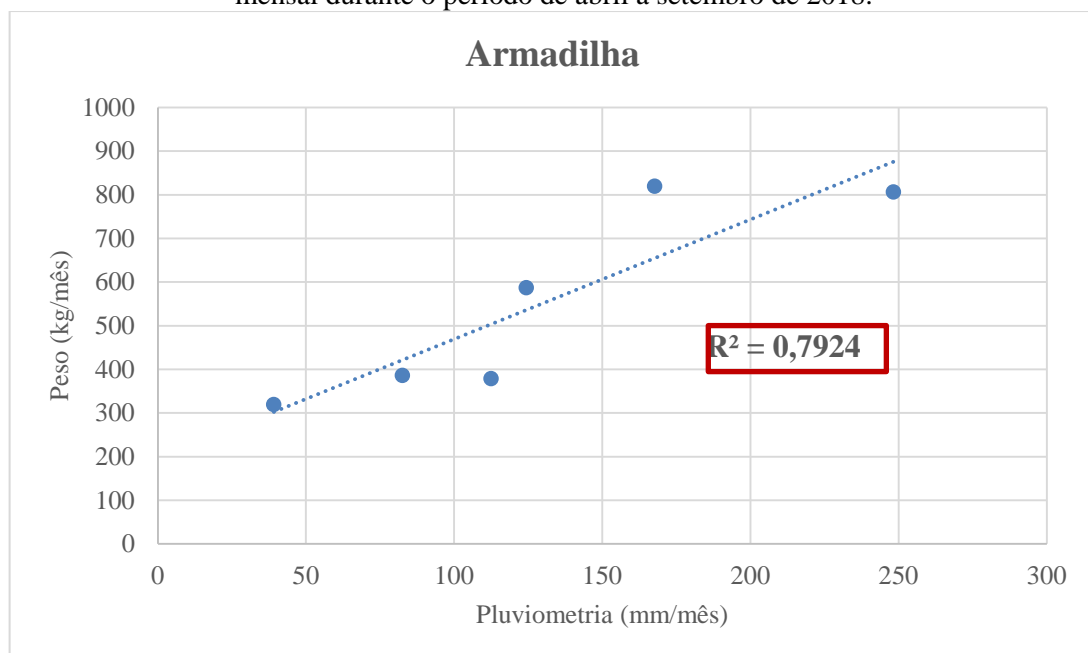
Fonte: elaborada pelo autor (2018).

Figura 48 – Peso total de RS coletados pela armadilha, em cada mês, com o total de chuva mensal durante o período de abril a setembro de 2018.



Fonte: elaborada pelo autor (2018).

Figura 49 – Correlação linear entre o peso total de RS coletados pela armadilha e o total de chuva mensal durante o período de abril a setembro de 2018.



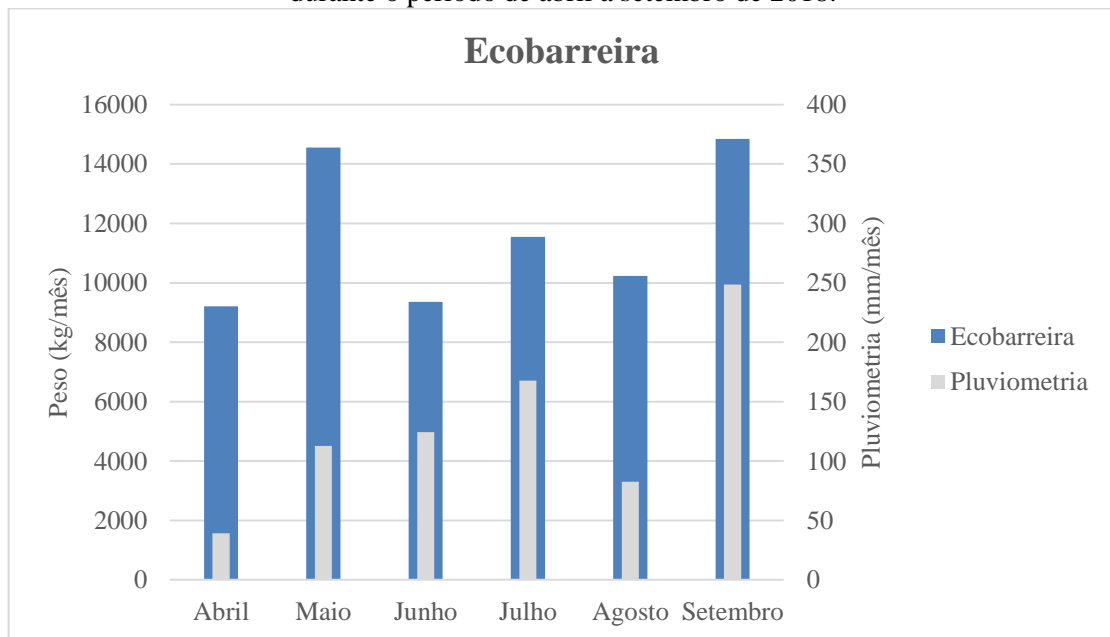
Fonte: elaborada pelo autor (2018).

Na Figura 48 existe uma relação do aumento da pluviosidade com o aumento da quantidade de RS coletados pela armadilha, observado também na Figura 49. O valor do coeficiente de determinação (R^2) é de 0,7924, indicativo de que o aumento da quantidade de chuva pode ser um fator que contribui para o aumento dos RS. Outra variável relacionada à

obtenção de mais ou menos resíduos é a ação eólica: em diversos momentos dos testes o vento tinha uma força contrária ao escoamento, carreando os RS para longe da armadilha e também da Ecobarreira.

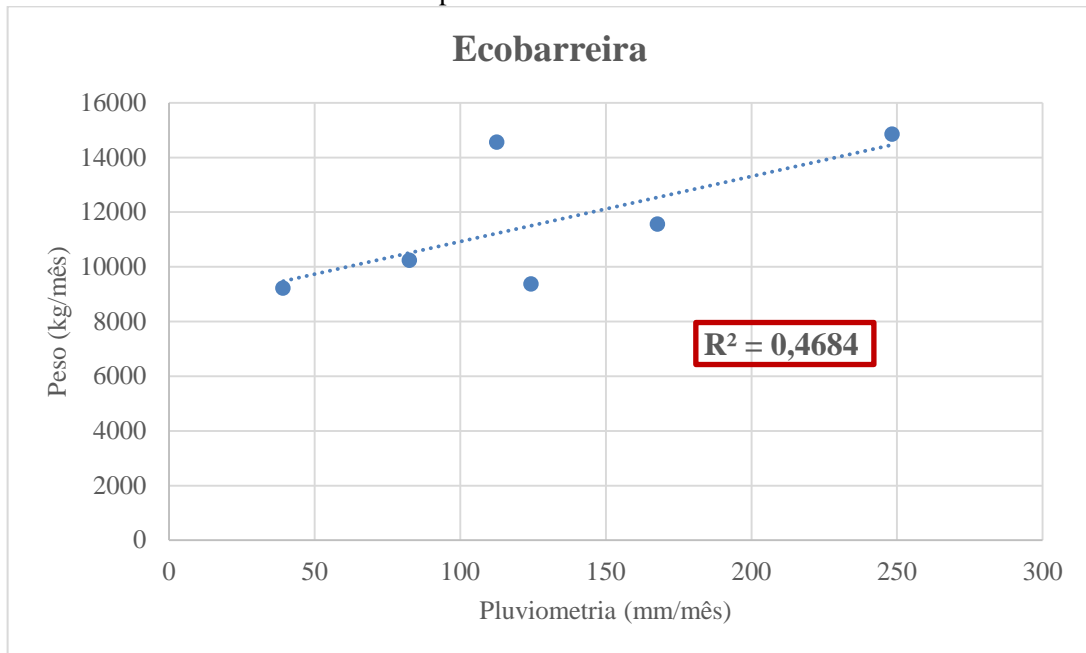
Por fim, comparou-se a quantidade de RS capturados pela Ecobarreira com a pluviometria de cada mês, durante o período de abril a setembro de 2018. Através da Figura 50 pode-se verificar a correlação entre a pluviometria e o peso de RS coletados pela Ecobarreira, e nota-se, à vista disso, que a correlação entre as duas variáveis é pequena, ou seja, não se pode afirmar que com o aumento da quantidade de chuva o volume de RS aumentará também. A Figura 51 demonstra a relação entre essas duas variáveis, sendo que o coeficiente de determinação (R^2) é de 0,4684, valor muito abaixo do encontrado para a correlação entre a armadilha e a pluviometria. Dessa forma, o aumento da quantidade de RS capturados pela Ecobarreira não pode ser explicado apenas pelo aumento da quantidade de chuva.

Figura 50 – Peso total de RS coletados pela Ecobarreira em cada mês e o total de chuva mensal durante o período de abril a setembro de 2018.



Fonte: elaborada pelo autor (2018).

Figura 51 – Correlação linear entre o peso total de RS coletados pela Ecobarreira e o total de chuva mensal durante o período de abril a setembro de 2018.



Fonte: elaborada pelo autor (2018).

A Tabela 8, a seguir, mostra um comparativo entre o coeficiente de determinação encontrado pela Ecobarreira, pela armadilha proposta e pelos trabalhos de Gava (2012), Silva (2010) e Gonçalves (2013).

Tabela 8 – Comparativo do R^2 entre os casos apresentados nesse trabalho.

Tipos de armadilha	R^2
Armadilha proposta	0,7924
Ecobarreira	0,4684
Gava (2012)	0,7427
Silva (2010)	0,7864
Gonçalves (2013)	0,7636

Fonte: elaborada pelo autor (2018).

Como pode-se observar na Tabela 8 os coeficientes de determinação (R^2) de Gava (2012), Silva (2010), Gonçalves (2013) e da armadilha proposta são muito próximos, demonstrando existir uma correlação entre os eventos pluviométricos e a quantidade de RS. É possível afirmar que a causa da baixa correlação da Ecobarreira é que por não se tratar de uma armadilha teste, mas de uma armadilha que intercepta toda a seção do Arroio Dilúvio, ela retém mais de uma tonelada de resíduos em dias chuvosos; a retirada destes se estende por cerca de três dias.

De acordo com o Programa de Revitalização da Bacia do Dilúvio – Plano de Ação (SILVEIRA, 2012), a bacia hidrográfica do Arroio Dilúvio tem aproximadamente 80 km², o que corresponde a 8000 ha. Considerando que a Ecobarreira operou por 2,36 anos e coletou 457.170 kg, tem-se um quociente de 24,25 kg/ha*ano. A armadilha, por sua vez, operou por 177 dias, o equivalente a 0,48 anos, e coletou 3.295 kg, perfazendo um quociente de 0,85 kg/ha*ano. A Tabela 8 mostra, acima, um comparativo desses dados com outros experimentos: observa-se nela que a Ecobarreira tem uma capacidade de captura de RS muito maior da que a possibilitada por outros experimentos. Em relação com a Tabela 4, durante os testes a armadilha capturou 3.295 kg de RS no período de 31 de março de 2018 a 13 de outubro do mesmo ano, enquanto a Ecobarreira coletou 72.360 kg no mesmo período, cerca de 22 vezes mais que a armadilha. Essa diferença tão expressiva deve-se ao fato de a Ecobarreira interceptar toda a largura do canal (20 m) e a armadilha apenas 1,20 m. A Tabela 9, abaixo, reinterpreta o conteúdo da Tabela 4 comparado aos resultados da Ecobarreira do Dilúvio.

Tabela 9 – Comparação da área da bacia da Ecobarreira do Dilúvio e a quantidade de RS com outras armadilhas.

Local	Área (há)	Massa (kg/há*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 (2010)
Bacia Rio do Meio, Florianópolis/SC	244	0,27	Gava (2012)
Bacia Alto da Colina, Santa Maria/RS	334	0,91	Brites e Gastaldini (2007)
Bacia Cancela, Santa Maria/RS	495	1,47	
Ecobarreira, Bacia do Dilúvio, Porto Alegre/RS	8000	24,25	O autor

Fonte: adaptado de Gava (2012, p. 90).

6 CONSIDERAÇÕES FINAIS

A armadilha flutuante de madeira mostrou-se, como visto ao longo do trabalho, pouco eficaz em canais como o Dilúvio, que possui 20 m de largura, pois uma quantidade significativa de RS desprendia-se no momento de recolhê-la. Espera-se, portanto, que em canais de menor largura, como, por exemplo, o da Av. Menna Barreto, esta armadilha tenha maior eficácia. Ao longo dos testes realizados com a armadilha ocorreram diversas situações imprevistas que, aos poucos, foram contornadas ou adaptadas. Durante esse processo foram necessárias algumas mudanças na geometria da armadilha e no modo de coletar os RS, com o intuito de otimizar o trabalho e aumentar a efetividade na captura dos resíduos. Cabe registrar que no período de testes não houve atos de vandalismo.

A Ecobarreira do Dilúvio intercepta resíduos em toda a largura do Arroio. A armadilha submersa testada neste trabalho só intercepta, no entanto, uma largura de 1,20 m. Na Ecobarreira os RS flutuantes que se acumulam em um ponto podem espalhar-se horizontalmente. Ela retém, ainda, apenas os RS flutuantes.

Com os testes realizados coletaram-se os RS submersos, com a armadilha trabalhando totalmente afogada. Sendo assim, observou-se que os resíduos flutuantes são a grande maioria do total daqueles carregados pelo Dilúvio. Estima-se, ainda, que 80% desses resíduos, em média, sejam capturados pela Ecobarreira, e esta eficácia média é superada em dias não chuvosos ou de chuvas não intensas. Contudo, em dias de alta velocidade de fluxo no canal, devido a chuvas intensas, o percentual capturado pela Ecobarreira é inferior a 80%.

A armadilha testada, caso opere na largura total do Dilúvio, terá eficiência maior do que o modelo de 1,20 m de largura adotado nos testes. Assim, espera-se que em canais de menor largura, como outros existentes na cidade de Porto Alegre, esta seja ainda mais eficaz na captura de RS. Durante o período de abril a setembro de 2018 encontrou-se um coeficiente de determinação (R^2) de 0,7924 para a armadilha, sendo superior ao de outras armadilhas apresentadas no trabalho, e isso demonstra que é possível relacionar o aumento dos eventos pluviométricos à uma quantidade maior de RS coletados. Dessa maneira, a colocação da armadilha testada em outros canais de macrodrenagem, como, por exemplo, o da Av. Menna Barreto, localizado na zona norte de Porto Alegre/RS, seria uma sugestão do presente estudo.

Um caminhão do DMLU poderia instalar a armadilha em pontes ou passarelas sobre os canais antes de um evento pluviométrico, retirando-a após esse momento. Com isso, além do seu baixo custo, não seriam necessários operadores permanentes, assim como áreas

construídas para a instalação da armadilha. Seria interessante selecionar um ponto em que um coletor pluvial de grande diâmetro descarregue no Dilúvio e ali instalar uma armadilha similar à da Figura 7, para testes.

REFERÊNCIAS

ECOBARREIRA ECOLÓGICA DO ARROIO DILÚVIO. Porto Alegre/RS. Disponível em: <<http://ecobarreiradiluvio.com.br/>>. Acesso em 12 de nov. 2017.

GAVA, Taine. **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**. 2012. 125 f. Trabalho de Conclusão de Curso (Graduação) – Curso de Engenharia Sanitária e Ambiental, Universidade Federal de Santa Catarina, Florianópolis, SC, 2012.

GONÇALVES, Ígor Hofstadler Peixoto. **Resíduos sólidos no sistema de drenagem urbana na bacia do Arroio Tamandaí em Santa Maria/RS**. 2013. 131 f. Dissertação (Mestrado) – Programa de Pós-Graduação em Engenharia Civil, Centro de Tecnologia, Universidade Federal de Santa Maria, Santa Maria, RS, 2013.

HEIDRICH, Álvaro Luiz; SOUZA, Amanda Cristina Bahi de; TEIXEIRA, Christiano Correa; RATHMANN, Marília GUIMARÃES; AGUIAR, Rodrigo Costa de. A ocupação irregular como estratégia de conquista da cidade. Enfoque sobre os aspectos territoriais do problema em Porto Alegre. In: HEIRICH, Álvaro Luiz et al. (Org.). **Estruturas e dinâmicas socioespaciais urbanas no Rio Grande do Sul: transformações em tempos de globalização (1991-2010)**. Porto Alegre: Letral, 2016. cap. 9, p. 229-258.

INSTITUTO NACIONAL DE METEOROLOGIA. **INMET**. Disponível em: <<http://www.inmet.gov.br/portal/>>. Acesso em: 28 de out. 2018.

KWINANA, Western Austrália. **City of Kwinana**. Disponível em: <<https://www.kwinana.wa.gov.au/our-city/news/Pages/default.aspx>>. Acesso em: 07 de ago. 2018.

NEVES, Marllus Gustavo Ferreira Passos das; TUCCI, Carlos Eduardo Morelli. Resíduos sólidos na drenagem urbana: aspectos conceituais. **RBRH: Revista Brasileira de Recursos Hídricos**, Porto Alegre, v. 13, n.3, jul./set. 2008. p. 125-135.

OLIVEIRA, Ane Lourdes Marques de; CAMAÑO SCHETTINI, Edith Beatriz; SILVEIRA, André Luiz Lopes da. Estrutura para coleta de resíduos sólidos em arroio urbano. In: **SIMPÓSIO DE RECURSOS HÍDRICOS DO SUL RS-SC-PR, 1., 2005, Santa Maria, RS. Anais uso sustentável dos recursos hídricos: tecnologia, gestão e educação**. Santa Maria: ABRH, 2005. 1 CD-ROM.

PORTO ALEGRE. Prefeitura Municipal. Departamento de Esgotos Pluviais. **O DEP**. Disponível em: <http://www2.portoalegre.rs.gov.br/dep/default.php?p_secao=84>. Acesso em 04 de nov. 2017.

PORTO ALEGRE. Prefeitura Municipal. Departamento Municipal de Limpeza Urbana. **O DMLU**. Disponível em: <http://www2.portoalegre.rs.gov.br/dmlu/default.php?p_secao=113>. Acesso em 04 de nov. 2017.

SILVA, Alessanro Salles da. **Resíduos sólidos drenados em sub-bacia hidrográfica urbana em Santa Maria/RS**. 2010. 144 f. Dissertação (Mestrado) – Programa de Pós-Graduação em Engenharia Civil, Centro de Tecnologia, Universidade Federal de Santa Maria, Santa Maria, RS, 2010.

SILVEIRA, André Luiz Lopes da et al. (Org.). **Programa de revitalização da bacia do Arroio Dilúvio**: plano de ação. Porto Alegre: UFRGS: PUC, 2012. 73p.

TUCCI, Carlos Eduardo Morelli. Águas Urbanas. **Estudos Avançados**. São Paulo, v. 22, n. 63, maio/ago. 2008. p. 97-112.