



UNIVERSIDADE DE PERNAMBUCO
ESCOLA POLITÉCNICA DE PERNAMBUCO
Programa de Pós-graduação em Engenharia Civil

CÍNTIA RAFAELA LIMA DOS SANTOS

**IMPLANTAÇÃO DE DISPOSITIVOS MÓVEIS PARA
RETENÇÃO DE RESÍDUOS SÓLIDOS NOS SISTEMAS DE
MICRO E MACRODRENAGEM DA CIDADE DO RECIFE-PE**

Recife, PE

2023



UNIVERSIDADE DE PERNAMBUCO
ESCOLA POLITÉCNICA DE PERNAMBUCO
Programa de Pós-graduação em Engenharia Civil

CÍNTIA RAFAELA LIMA DOS SANTOS

**IMPLANTAÇÃO DE DISPOSITIVOS MÓVEIS PARA
RETENÇÃO DE RESÍDUOS SÓLIDOS NOS SISTEMAS DE
MICRO E MACRODRENAGEM DA CIDADE DO RECIFE-PE**

Dissertação apresentada ao Programa de Pós Graduação em Engenharia Civil, da Escola Politécnica de Pernambuco da Universidade de Pernambuco como pré-requisito para obtenção do título de Mestre em Engenharia.

Área de Concentração: Construção Civil

Orientador: Prof. Dr. Willames de Albuquerque Soares

Recife, PE

2023

Dados Internacionais de Catalogação-na-Publicação (CIP)
Universidade de Pernambuco

S337i Santos, Cíntia Rafaela Lima dos
Implantação de dispositivos móveis para retenção de
resíduos sólidos nos sistemas de micro e na macrodrenagem
da cidade do Recife-PE. / Cíntia Rafaela Lima dos Santos. –
Recife: UPE, Escola Politécnica, 2023.

82 f. il.

Orientadora: Prof. Dr. Willames de Albuquerque Soares

Dissertação (Mestrado – Construção Civil – Drenagem
Urbana). Universidade de Pernambuco, Escola Politécnica
de Pernambuco, Programa de Pós-Graduação em Engenharia
Civil, 2023.

1. Águas Pluviais. 2. Detritos. 3. Ecocesto. 4.
Ecobarreira. I. Construção Civil - Dissertação. II. Soares,
Willames de Albuquerque (orient.). III. Universidade de
Pernambuco, Escola Politécnica, Mestrado em Construção
Civil. IV. Título.

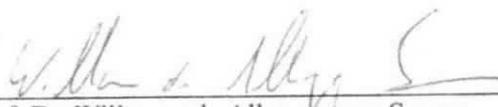
CDD: 690.028

CÍNTIA RAFAELA LIMA DOS SANTOS

**IMPLANTAÇÃO DE DISPOSITIVOS MÓVEIS PARA RETENÇÃO
DE RESÍDUOS SÓLIDOS NOS SISTEMAS DE MICRO E
MACRODRENAGEM DA CIDADE DO RECIFE-PE**

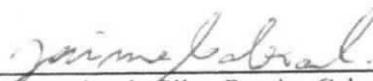
BANCA EXAMINADORA:

Orientador



Prof. Dr. Willames de Albuquerque Soares
Universidade de Pernambuco

Examinadores



Prof. Dr. Jaime Joaquim da Silva Pereira Cabral
Universidade de Pernambuco



Prof. Dr. Carlos Eduardo Morelli Tucci
Universidade Federal do Rio Grande do Sul

Recife-PE
2023

AGRADECIMENTOS

A Deus, por me dar graça, sabedoria e forças para continuar na caminhada do saber, sendo meu alicerce pra não desistir, estando presente em todos os momentos.

À minha família, que tem sido benção na minha vida, me apoiando e incentivando em buscar conhecimento, em especial a minha filha Beatriz Barreto que me ensina todos os dias a ser uma pessoa melhor.

À Universidade de Pernambuco – UPE e ao programa de Pós-Graduação em Engenharia Civil (PEC) da Escola Politécnica de Pernambuco (POLI), por proporcionar esta oportunidade de formação.

À Empresa de Manutenção e Limpeza Urbana (EMLURB), a toda equipe de Drenagem e Pavimentação por todo apoio, agradeço especialmente a Secretária de Infraestrutura da Cidade do Recife e Presidente da EMLURB na pessoa de Marília Dantas pela confiança e por todo auxílio.

Ao Professor Dr. Willames de Albuquerque Soares, que me incentivou a pensar em propostas de melhorias desde os primeiros contatos de orientação, acreditou em meu potencial e me apoiou desde as primeiras concepções de estudos, gratidão pela paciência, ensinamentos e contribuição.

Aos professores do mestrado, por todo conhecimento transmitido durante as disciplinas cursadas.

Gratidão a todos que contribuíram direta ou indiretamente na execução deste trabalho.

EPÍGRAFE

“A motivação é uma porta que se abre por dentro”.

Mario Sérgio Cortella

RESUMO

Os caminhos percorridos pelas águas pluviais são de suma importância para o sistema de drenagem urbana, uma vez que sua principal função é de capturar, infiltrar ao máximo e controlar o volume de água transportada do solo para a rede existente, até sua chegada nos rios e mares. Com a urbanização desordenada o volume de lixo produzido cresce, e os sistemas de escoamento são prejudicados. Na capital Pernambucana durante o ano de 2022 foram removidos mais de 150.000 toneladas de resíduos sólidos, material que são descartados irregularmente pela população, além de sedimentos que se acumulam na parte inferior destas estruturas, ocasionando transtornos seja pela deficiência do sistema de limpeza, seja pela falta de educação da população, ou pelas duas causas simultaneamente, diminuindo a qualidade de vida e afetando o ecossistema. Deste modo, o presente trabalho analisou o volume de detritos retidos, por meio da implantação de dispositivos móveis nos grupos de micro e macrodrenagem na Cidade do Recife. Na tentativa de facilitar e tornar funcional as remoções, foram sugeridos modelos de produtos para atender desde o sistema introdutório de micro até o principal escoamento das grandes vazões geradas pela urbanização, conhecida pela macrodrenagem. Foram criados três modelos distintos de ecocestos, para serem instalados na parte interna das caixas coletoras, a versão inicial, confeccionada em ferro fundido, não apresentou uma boa viabilidade devido a sua massa, com aproximadamente 30 kg. Criou-se em seguida uma segunda versão em PEAD, apresentando resultados positivos, contudo as interações com alguns agentes externos (principalmente roedores), diminuíram sua vida útil. Por fim, o terceiro modelo foi construído em fibra de vidro, atendendo as expectativas de forma satisfatória. Estruturas flutuantes, nomeadas por ecobarreiras, foram instaladas transversalmente nas calhas dos canais (Setúbal, Jordão e Vasco da Gama), nos trechos próximos à foz, com o objetivo de reter o lixo flutuante, removê-los e dar a destinação adequada. Os resultados obtidos se mostraram convincentes, uma vez que com a implantação de uma quantidade mínima de dispositivos, em ambos sistemas foram removidas mais de 1.000 toneladas de detritos, que iriam provocar maiores transtornos às populações das áreas de planícies, associados ainda às doenças de veiculação hídrica e a poluição das águas urbanas. A utilização destes equipamentos móveis, minimizaram os pontos críticos de alagamentos, desobstruindo as estruturas de drenagem, fazendo com que as águas pluviais circulem com mais facilidade nas caixas coletoras, galerias e nos canais, impedindo ainda que tais resíduos cheguem nos rios e mares. Destacou-se ainda a necessidade de se desenvolver trabalhos sociais, incluindo medidas que busquem o equilíbrio e interação de práticas que combatam o lançamento incorreto deste resíduo, como também uma política de conscientização e educação ambiental para população, e pelas ocupações irregulares às margens de corpos de água.

Palavras-chave: Águas pluviais. Detritos. Ecocesto. Ecobarreira.

ABSTRACT

The paths taken by Rainwater are of paramount importance for the urban drainage system, since its main function is to capture and control the volume of water transported from the ground to the existing network, until its arrival in rivers and seas. With disorderly urbanization, the volume of waste produced grows, and the drainage systems are impaired. In the capital of Pernambuco, during the year 2022, more than 150,000 tons of solid waste were removed, material that is discarded irregularly by the population, in addition to sediments that accumulate in the lower part of these structures, causing inconvenience either by the deficiency of the cleaning system, or by the lack of education of the population, or due to both causes simultaneously, reducing the quality of life and affecting the ecosystem. In this way, the present work analyzed the volume of detritus retained, through the implantation of mobile devices in the micro and macro drainage groups in the City of Recife. In an attempt to facilitate and make removals functional, product models were suggested to serve from the introductory micro system to the main outflow of large flows generated by urbanization, known as macrodrainage. Three different models of eco baskets were created, to be installed inside the collection boxes, the initial version, made of cast iron, did not present a good viability due to its mass, with approximately 30 kg. A second HDPE version was then created, showing positive results, however interactions with some external agents (mainly rodents) reduced its useful life. Finally, the third model was built in fiberglass, meeting expectations satisfactorily. Floating structures, named for eco-barreiras, were installed transversely in the gutters of the channels (Setúbal, Jordão and Vasco da Gama), in the sections close to the mouth, with the objective of retaining the floating garbage, removing it and giving it the proper destination. The results obtained were convincing, since with the implantation of a minimum number of devices, in both systems more than 1,000 tons of debris were removed, which would cause greater inconvenience to the populations of the plains areas, also associated with transmitted diseases. Water and pollution of urban Waters. The use of these mobile equipment minimized critical flooding points, clearing drainage structures, making rainwater circulate more easily in collection boxes, galleries and channels, preventing such waste from reaching rivers and seas. The need to develop social work was also highlighted, including measures that seek balance and interaction of practices that combat the incorrect release of this waste, as well as a policy of environmental awareness and education for the population, and for irregular occupations on the margins of water.

Keywords: Rainwater. Solid Waste. Ecobasket. Ecobarrier.

LISTA DE FIGURAS

Figura 1 – Utilização Irregular das Paredes do Canal da Barriguda (A) e do Canal da Borborema (B), ambos na Cidade do Recife.....	16
Figura 2 – Residente manuseando os resíduos RCC para aterro de sua casa.....	17
Figura 3 – Lixão a céu aberto da Muribeca.....	20
Figura 4 – CTR Candeias (A) e o CTR Igarassu (B).....	20
Figura 5 – Descarte irregular no trecho do Rio Beberibe, paralelo a Rua Cantora Dalva de Oliveira.....	23
Figura 6 – Massa dos resíduos removidos dos canais da Cidade do Recife (<i>toneladas</i>).	24
Figura 7 – Limpeza do Canal do Arruda, no trecho em frente ao estádio José do Rego Maciel.	25
Figura 8 – Avenida Dantas Barreto, limpeza da caixa coletora (A), elemento de drenagem coberto por resíduos (B) e a remoção destes materiais de dentro das caixas (C), ambos na Cidade do Recife.	25
Figura 9 – Descoberta das primeiras tubulações de Drenagem da história.....	26
Figura 10 – Infraestrutura de águas romanas; (A) ruínas de aqueduto perto de Roma; (B) Cloaca Máxima, Roma; (C) banheiro público comum em Ostia Antica (Roma, Itália).	27
Figura 11 – Primeiro do Projeto de Saneamento da Cidade do Recife.	28
Figura 12 – Precipitação acumulada das chuvas (2005 – 2022) na Cidade de Recife-PE.	30
Figura 13 – Localização dos Pontos Críticos na Cidade do Recife.....	31
Figura 14 – Canaleta abobadada na Rua Frei Caneca-Santos Antônio, Recife.....	32
Figura 15 – Rede de retenção de resíduos sólidos, colocada na saída de um tubo de drenagem.	35
Figura 16 – Vista lateral da armadilha concebida.	37
Figura 177 – A chamada boca de lobo azul, instalada em Blumenau/RS.....	38
Figura 18 – Mapa da Cidade do Recife com destaque para os canais e rios.....	39
Figura 19 - Mapa de Localização das Ecobarreiras na Bacia do Rio Tejipió.	40
Figura 20 - Mapa de Localização da Ecobarreira da Bacia do Rio Beberibe.....	41
Figura 21 – Vista área da Cidade do Recife.	41
Figura 22 – Detalhamento do Ecocesto – Ferro fundido.....	44
Figura 23 – Detalhamento do Ecocesto – Tela de PEAD.....	45
Figura 24 – Detalhamento do Ecocesto – Fibra de vidro.	45
Figura 25 – Vista, Projeções e Detalhamento da Ecobarreira.	47

Figura 26 - Localizações onde foram implantados Ecocestos na Cidade do Recife.	49
Figura 27 - Mapa de Localização onde foi implantado o Ecocesto.....	50
Figura 28 - Execução de Limpeza da caixa coletora tipo gaveta com jato de sucção.....	51
Figura 29 – Pintura na caixa coletora da Av. Dantas Barreto, nº719 (A) e a pintura nas caixas da Rua professor Benedito Monteiro (B), ambos na Cidade do Recife.	52
Figura 30 - Modelo do Ecocesto em Ferro Fundido.....	53
Figura 31 – Modelo de ecocesto em PEAD, a área circulada mostra o detalhe da acoragem com $\phi 10$ mm, instalado na Praça Abelardo Baltar (A) e a captura dos resíduos que ficaram retidos na tela (B), ambos na Cidade do Recife.	54
Figura 32 - Massas das Remoções no Ecocesto da Av. Dantas Barreto, nº719.	54
Figura 33 - Modelo do Ecocesto em Fibra (A), com material proveniente de descarte irregular (B), e a sinalização implantada em maio/2022 na Rua Professor Benedito Monteiro (C), na Cidade de Recife.....	56
Figura 34 - Rua Professor Benedito Monteiro, com fluxo normal de carros e pedestres (A e B) e Rua Benfica em frente ao clube, apresentando retenção de veículos devido ao acúmulo de água na via (C e D), na Cidade de Recife.....	58
Figura 35 - Abatimento identificado na Rua Professor Benedito Monteiro, na Cidade do Recife.....	59
Figura 36 - Montagem da Ecobarreira (A) e detalhe para fixação do ponto fixo (B), ecobarreiras em Recife.	60
Figura 37 - Material espreado na parede do canal, para ser removido (A), e as Ferramentas utilizadas para limpeza das ecobarreiras (B), no Canal de Setubal.	61
Figura 38 - Modelo de sinalização, instalado paralelo a ecobarreira do canal de setúbal.....	62
Figura 39 - Remoções na Ecobarreira do Canal de Setúbal.	63
Figura 40 – Ecobarreira no canal de Setúbal rompida (A) e a sua recomposição (B).....	63
Figura 41 - Remoções na Ecobarreira do Canal do Jordão.	64
Figura 42 - Remoção de lixo na ecobarreira do canal do Jordão.	65
Figura 43 - Remoções na Ecobarreira do Canal do Vasco da Gama – Arruda.	65
Figura 44 – Ecobarreira em funcionamento (A), remoção dos resíduos (B) e finalização da limpeza (C) no Canal do Vasco da Gama (Arruda) em Recife.	66
Figura 45 – Precipitação x Maré no dia 28 de maio de 2022	67
Figura 46 – Novos locais de implantação das Ecobarreiras	69
Figura 47-Análise comparativa de Microdrenagem (Ecocesto).....	70
Figura 48- Análise comparativa de Macrodrenagem (Ecobarreira)	71

LISTA DE QUADROS

Quadro 1 – Produção e Reciclagem de Plástico no Mundo em 2019 (<i>toneladas</i>).	21
Quadro 2 – Distribuição dos Elementos no Sistema de Microdrenagem	32
Quadro 3 – Sistema de Macrodrenagem Atual.....	33
Quadro 4 – Informações dos Ecocestos em PEAD Implantados na Cidade de Recife-PE.	55
Quadro 5 - Resumo dos Modelos de Ecocestos.	59
Quadro 6 – Remoções em 2022 das novas Ecobarreiras na Cidade do Recife-PE.	69

LISTA DE TABELAS

Tabela 1 – Classificação das chuvas acumuladas em 24h para a Cidade de Recife-PE.....	43
Tabela 2 – Remoções dos Ecocestos em fibra de vidro.	57
Tabela 3 – Controle de retiradas dos resíduos sólidos nas ecobarreiras.....	68

LISTA DE ABREVIATURAS E SIGLAS

ABNT – Associação Brasileira de Normas Técnicas

CEMADEN – Centro Nacional de Monitoramento e Alertas de Desastres Naturais

CTR – Centro de Tratamento de Resíduos

CONAMA – Conselho Nacional do Meio Ambiente

DHN – Diretoria de Hidrografia e Navegação

EMLURB – Autarquia de Manutenção e Limpeza Urbana

GGE – Grupo Gênese de Ensino

IBGE – Instituto Brasileiro de Geografia e Estatística

NIOSH – National Institute for Occupation Safety and Health

PDDR – Plano Diretor de Drenagem e Manejo das Águas Urbanas do Recife

PEAD – Polietileno de Alta Densidade

PEC – Programa de Pós-Graduação em Engenharia Civil

PNRS – Política Nacional de Resíduos Sólidos

POLI – Escola Politécnica de Pernambuco

RCC – Resíduos da Construção Civil

RMR – Região Metropolitana do Recife

RPA – Regiões Político Administrativas

SUDS – Sustainable Urban Drainage Systems

SWMM – Storm Water Management Model

TR – Tempo de Retorno

UPE – Universidade de Pernambuco

WWF – World Wide Fund for Nature

SUMÁRIO

1 INTRODUÇÃO	12
1.1 Objetivos	15
1.1.1 <i>Objetivo Geral</i>	15
1.1.2 <i>Objetivos específicos</i>	15
2 REFERENCIAL TEÓRICO.....	16
2.1 O Crescimento Urbano Desordenado e suas Relações com a Qualidade de Vida	16
2.2 Legislação e o Descarte Irregular de Resíduos Sólidos	19
2.3 Drenagem Urbana	26
2.3.1 <i>Pontos Críticos do Recife</i>	30
2.3.2 <i>Microdrenagem da Cidade de Recife</i>	32
2.3.3 <i>Macrodrenagem da Cidade de Recife</i>	33
2.4 Dispositivos de Retenção de Resíduos Sólidos.....	34
3 MATERIAIS E MÉTODOS.....	39
3.1 Caracterização da Área em Estudo.....	39
3.1.1 <i>Geografia da Cidade do Recife</i>	41
3.1.2 <i>Histórico de fortes precipitações</i>	42
3.2 Dispositivos Criados	43
3.2.1 <i>Escolha dos locais</i>	43
3.2.2 <i>Ecocesto em ferro fundido</i>	43
3.2.3 <i>Ecocesto em tela de PEAD</i>	44
3.2.4 <i>Ecocesto em fibra</i>	45
3.2.5 <i>Remoções dos Ecocestos</i>	46
3.2.6 <i>Análises comparativas dos Ecocestos</i>	46
3.2.7 <i>Análises operacionais</i>	46
3.3 Ecobarreira	47
3.3.1 <i>Remoções das Ecobarreiras</i>	48
3.3.2 <i>Análises comparativas das Ecobarreiras</i>	48
3.3.3 <i>Análises operacionais</i>	48
4 RESULTADOS E DISCUSSÃO.....	49
4.1 Preparação dos locais receptores de Ecocestos	49
4.2 Ecocesto em Ferro Fundido	52
4.3 Ecocesto em tela de PEAD	53
4.4 Ecocesto de Fibra	55
4.5 <i>Quadro síntese dos modelos criados de ecocesto</i>	59

4.6 Ecobarreira	60
4.6.1 <i>Localizações de implantação das Ecobarreiras na Cidade do Recife</i>	61
4.6.2 <i>Primeira Ecobobarreira – Canal de Setúbal</i>	62
4.6.3 <i>Ecobobarreira – Canal do Jordão</i>	64
4.6.4 <i>Ecobobarreira – Canal do Vasco da Gama (Arruda)</i>	65
4.7 Análise Comparativa dos dispositivos implantados.....	69
5 CONCLUSÕES	72
5.1 Sugestões para trabalhos futuros	73
REFERÊNCIAS	74

1 INTRODUÇÃO

O crescimento populacional desordenado tem produzido grandes transtornos a infraestrutura de recursos hídricos. Um dos principais prejudicados tem sido o sistema principal de escoamento de águas pluviais, mas conhecido como drenagem urbana, de modo que suas características naturais, sofrem sucessivas alterações, gerando um aumento na constância e na magnitude dos alagamentos (RODRIGUES *et al*, 2022). Atualmente um dos fatores relevantes dos centros metropolitanos são os destinos dados aos resíduos sólidos produzidos pela população que a cada dia tende a se concentrar mais nas Cidades. Desta forma, torna-se cada vez mais comum a preocupação que os órgãos públicos possuem para gerir tais problemas resultantes do adensamento populacional.

Sousa *et al*. (2020) relatam que os países em desenvolvimento enfrentam enormes desafios como resultado do aumento da produção de resíduos sólidos, atribuídos principalmente ao crescimento da população urbana. O processo de expansão das Cidades resulta em maiores necessidades quanto à utilização dos recursos naturais, levando, por exemplo, à ocupação das margens dos rios e assentamento irregular da população nestes locais.

Os transtornos, acompanharam o crescimento exponencial da população, com o intuito de reduzir estas problemáticas, relacionadas a enchentes em centros urbanos. Martins *et al*. (2020) apresentam, uma solução pelo meio de inteligência artificial, que faz utilização da lógica Fuzzy, capaz de registrar informações e otimizar as ações de limpeza em elementos hidráulicos, apresentando ainda resultados esperançosos para este modelo de gestão.

Wilfong e Zuckerman (2020) analisaram as relações hidrossociais, da gestão de águas pluviais nos Estados Unidos, relatando a importância da integração de fatores sociais com as águas de chuva, no gerenciamento das Cidades urbanas. O objetivo é enxergar este bem como um recurso e não ser visto como um poluente, levando ainda a reflexão de forma mais ampla, a desigualdade através de um formato hidro social, trazendo uma gestão mais resiliente e sustentável.

Ramos e Campos (2020) também descrevem instrumentos, sobre a otimização dos artificios voltados a gestão da drenagem urbana, com a concepção de um inventário obtidos de informações bibliográficas, utilizando o método de discriminação bibliométrica, a conclusão

direciona para que a temática sobre drenagem em centros urbanos, seja aplicada na base da legislação, onde a aplicação de diretrizes na gestão levará a ganhos significativos para a solução destes transtornos.

De acordo com o Plano Diretor de Drenagem e Manejo das Águas Urbanas do Recife – PDDR, EMLURB (2016), um sistema de drenagem pluvial de uma área urbana é formado por unidades de microdrenagem – sarjetas, galerias, canaletas, entre outros elementos e por unidades de macrodrenagem – rios, riachos, canais, o que constitui a sua rede hidrográfica, propriamente dita. As primeiras dessas unidades são de menor porte e suas falhas têm alcance restrito ao seu entorno imediato; no caso da macrodrenagem, esta constitui a espinha dorsal do sistema de drenagem como um todo e seu mau funcionamento é que provoca os maiores transtornos às populações das planícies urbanas.

Atualmente o sistema de macrodrenagem do Recife é formado por 99 canais principais, com extensão total de 132,79 km, que compõem as redes naturais de drenagem das bacias dos rios Beberibe, Capibaribe, Jiquiá, Jordão, Tejipió e Jaboatão, nas áreas de interseção dessas bacias com a do município. Desse total, 77,195 km (58%) contam com revestimentos e 55,592 km (42%) não são revestidos. Estima-se que no conjunto de todas as bacias acima referidas existem um sistema de microdrenagem com 1.138,43 km de galerias e uma extensão de 416,08 km canaletas (EMLURB, 2016).

Silva Junior e Silva (2016) abordaram a vulnerabilidade do sistema de drenagem urbana da Cidade do Recife sob o aspecto urbanístico e climático, apresentando um diagnóstico sobre as peculiaridades da rede, discutindo as intervenções estruturais e medidas a serem implementadas na Cidade. Para eles, a solução eficiente no escoamento das águas passa por um conjunto de fatores, que incluem não só intervenções clássicas na área de contribuição ao ponto de alagamento, como também medidas que integrem a drenagem com o planejamento urbano, e medidas não estruturais, as quais incluem educação ambiental da população e normas para que cada usuário não amplie a sua contribuição para a rede de águas pluviais.

Além da fragilidade relatada no sistema de drenagem, os elementos sofrem com ações de vandalismo indiscriminado pelo lançamento de resíduos. Bernardo (2021), realizou uma análise objetiva e destinada a implantação de dispositivos nos elementos de drenagem na Cidade de Bauru-SP, tendo em vista o alto percentual de lixo que são lançados no sistema,

com o acolhimento de medidas públicas que visam aperfeiçoar e garantir a integridade do escoamento das águas pluviais no Centro-Oeste de São Paulo, chegando a remover dos cestos que foram instalados dentro das bocas de lobo 2,5 toneladas por ano, de detritos em apenas uma caixa coletora.

Santos e Cardeles (2021) apresentam uma revisão de literatura com variadas maneiras de integrar modelos de automação da drenagem urbana, minimizando os transtornos ocasionados nos dias de fortes precipitações, exibindo exemplos de métodos que podem ser utilizados como os robôs autônomos, bueiros inteligentes entre outros, gerando uma melhoria contínua na gestão e consequente diminuição no tempo de respostas das demandas.

Lopes *et al.* (2020) apresentaram uma possibilidade para melhoria no sistema de microdrenagem, em um trecho da Avenida Mascarenhas de Moraes, na Cidade no Recife, através de uma modelagem hidrológica com o software SWMM. A simulação foi realizada para uma precipitação de 225,83 mm no período de 12h, a rede projetada apresentou bons desempenhos, minimizando em 36,57% a lâmina d'água na via estudada em relação à rede existente, contudo é importante destacar que se faz necessário um conjunto de ações para obter resultados melhores em relação aos alagamentos.

Golveia e Selva (2021) realizaram uma pesquisa qualitativa, sobre a conjuntura do estado nos riachos localizados na Cidade do Recife, enfatizando a importância de melhoria na comunicação entre os órgãos envolvidos com a comunidade, desde a elaboração do projeto até a manutenção destes corpos hídricos, concluindo assim que a adoção destas práticas acarretará em um melhor estado da governança ambiental, proporcionando uma melhoria na gestão.

1.1 Objetivos

1.1.1 Objetivo Geral

Analisar a quantidade dos resíduos sólidos urbanos, que afetam diretamente o funcionamento adequado das estruturas de Micro e de Macrodrenagem e desenvolver formas de retenção e remoção dos detritos no sistema de drenagem.

1.1.2 Objetivos específicos

- Verificar a capacidade de escoamento das águas pluviais, nos pontos críticos de alagamentos, em locais onde foram implantados os dispositivos de retenção e remoção dos resíduos sólidos;
- Analisar as características dos dispositivos implantados e sua geometria, avaliando o que apresenta o melhor desempenho para a Cidade de Recife;
- Verificar a eficiência de armazenamento dos dispositivos, implantados na microdrenagem e analisar a funcionalidade na remoção dos resíduos;
- Verificar a eficiência na retenção dos resíduos flutuantes dos dispositivos, implantados na macrodrenagem e analisar a funcionalidade na remoção dos resíduos;
- Realizar uma análise comparativa do antes e após a implantação dos dispositivos móveis.

2 REFERENCIAL TEÓRICO

O referencial teórico foi subdividido em quatro partes. A primeira corresponde ao que existe na literatura a respeito do crescimento desenfreado, relatando os impactos ocasionados nas infraestruturas de drenagem urbana, provocados por estas construções, obstruindo assim o fluxo das águas pluviais, causando alagamentos. A segunda parte corresponde aos problemas ocasionados pelo descarte irregular de lixo. Em seguida relatamos, dentro da bibliografia, um breve histórico sobre a drenagem urbana e os seus subsistemas. A última parte do referencial, elenca os diversos tipos de dispositivos móveis existentes no mundo para retenção de detritos.

2.1 O Crescimento Urbano Desordenado e suas Relações com a Qualidade de Vida

Um dos principais desafios enfrentados na capital Pernambucana se diz a respeito à construção de moradias em áreas *Non Aedificandi* (áreas não edificantes), ocupadas predominantemente, pela população de baixa renda. A imprescindibilidade de ter um lugar para morar acarreta em situações, como a ocupação em localizações indevidas. Essas práticas tornam as Cidades cada vez mais vulneráveis a tragédias.

A Figura 1 mostram imagens comuns de serem vistas da Cidade do Recife, onde se utilizam as paredes de canais como estruturas de fundação para as construções irregulares. Em ambos os registros não existem espaços vazios, sem que haja uma moradia apoiada na estrutura destes cursos d'água.

Figura 1 – Utilização Irregular das Paredes do Canal da Barriguda (A) e do Canal da Borborema (B), ambos na Cidade do Recife.



Fonte: Elaborado pela autora.

A degradação do meio ambiente, e de seus recursos naturais se agravam com as ocupações irregulares nas margens dos rios. O lançamento de esgoto doméstico e dos resíduos sólidos, que em grande volume vem obstruindo os canais e as redes de drenagem urbana, provocando alagamentos e assoreamento nestes cursos d'água (PINHO, 2019).

Hoffmann; Miguel e Pedroso (2011) discutiram há mais de dez anos, sobre planejamento urbano e a gestão ambiental, colocando em pauta um dos maiores desafios nas administrações das Cidades, que é o avanço sem controle dentro das metrópoles, que tem sido cada vez mais intenso. Modificando as qualidades originais das Cidades e desta maneira, criando uma diferença com o plano diretor, tornando cada vez mais difícil o processo de melhoria e transformação do bem estar.

Considerando ainda a crescente no adensamento populacional, Sousa *et al.* (2020) realizaram a rastreabilidade do lixo, constante na área externa do parque Jiquiá na Cidade de Recife. Verificando que o maior percentual de resíduo encontrado, com 41%, foram de resíduos da construção civil (RCC), este tipo de detrito são utilizados como uma espécie de aterro pelos próprios moradores, para circulação de tráfego do entorno e acesso a suas residências, conforme registro na Figura 2.

Figura 2 – Residente manuseando os resíduos RCC para aterro de sua casa.



Fonte: SOUSA *et al.* (2020).

Tucci (1997) relata que, as inundações nos centros urbanos são situações ocasionadas em sua grande maioria pela falta de educação da própria população. O valor para ser investido nesta melhoria se torna muito caro, tendo em vistas a crescente nas ocupações irregulares. Os métodos de gestão para minimizar estes impactos estão descritos no Plano Diretor de Drenagem Urbana, com alternativas de redução destes transtornos que ocorrem em razão das

fortes chuvas.

O desenvolvimento urbano também foi avaliado por Menezes e Amaral (2014), por meio de registros de transtornos relacionados a eventos climáticos no município de Cuiabá dos anos de 1970 a 2010. Com preenchimentos de cadastros que envolveram órgãos como mídia impressa e editoras, com o objetivo de realizar uma análise comparativa neste aumento populacional com as enchentes no município. Foi constatado um valor de 1,28 acontecimentos por ano, no intervalo dos anos estudados, concluindo que o aumento da impermeabilização em detrimento do crescimento desarmônico, estimulou os transtornos em dias de fortes precipitações, outro fator preponderante para contribuir com estes eventos, são os descartes irregulares de resíduos sólidos prejudicando o escoamento das águas pluviais nos sistemas de drenagem urbana.

Mignot e Dewals (2022) fizeram um resumo sobre a progressão dos transtornos, ocasionados pelas cheias nas áreas urbanas e sua modelação nos últimos quatro anos. Foram levados em consideração vários tipos de perspectivas relacionadas à velocidade nas enchentes das Cidades, fragilidade das pessoas e dos bens nos locais atingidos, segurança no modelo computacional, entre outros. Eles concluíram que o controle de alerta em áreas de risco é um dos maiores desafios numa esfera mundial, sendo um assunto de extrema importância, partindo do princípio que a maior parte da população vive em áreas vulneráveis, se tornando mais suscetíveis a eventos extremos. Por fim, o referido artigo enfatiza a evolução no campo dos modelos computacionais, trazendo mais proximidade para a realidade, melhorando ainda a compreensão nas tomadas de decisão.

Ao longo da história, a Região Metropolitana do Recife (RMR) e sua população foram castigadas por graves alagamentos provocados por chuvas intensas, este problema mais do que um efeito do regime pluviométrico local, é decorrente, sobretudo da forma como ocorreu a ocupação urbana e da configuração física atual da sua rede de macrodrenagem, a qual ficou sobrecarregada por conta desse processo de ocupação. A contribuição da ação do homem para as transformações da paisagem natural do Recife, dificulta o escoamento das águas de chuva (EMLURB, 2016).

O percentual de área impermeabilizada na Cidade do Recife só cresce, fazendo uma conversão da vista natural para apropriação de casas irregulares, causando ainda mais transtornos nos dias de precipitações intensas e tornando cada vez mais difícil a drenagem das

águas pluviais, sendo ainda o principal agente na produção de efluentes (SILVA JUNIOR; SILVA; ALCOFORADO, 2016).

Normalmente, os alagamentos urbanos estão associados às falhas na infraestrutura de drenagem, seja por alguma falha no dimensionamento do sistema, ausência de manutenção, remoção das áreas verdes, atrelado ao crescimento desordenado e descarte irregular de lixo. O município do Recife padece nos períodos de chuvas, pelas características litorâneas da Cidade que atrapalham a funcionalidade do sistema de drenagem, quando há combinação de fortes precipitações e efeito de maré (SANTOS, 2019).

2.2 Legislação e o Descarte Irregular de Resíduos Sólidos

A Lei nº 12.305 do ano de 2010, instituiu a Política Nacional de Resíduos Sólidos (PNRS), buscando organizar e regular a forma com que o país lida com os resíduos, e exige transparência de setores públicos e privados no que diz respeito ao gerenciamento desse lixo.

Os municípios que dispuseram lixo a céu aberto após agosto de 2014 passaram a responder por crime ambiental, sujeitos a pagarem multas previstas que variam de R\$ 5 mil a R\$ 50 milhões.

A PNRS se tornou um marco na legislação ambiental brasileira, pois pela primeira vez na história, foi produzido um documento voltado à problemática dos resíduos sólidos. As principais inovações trazidas por esta lei foram: a implementação da coleta seletiva, elaboração de planos de gestão de resíduos sólidos por todos os entes da federação, a responsabilidade compartilhada dos resíduos gerados, e a valorização e inclusão social dos catadores de materiais recicláveis (LEI Nº 12.305/10).

Na Figura 3 pode ser observado o lixão da Muribeca em operação, que deixou de funcionar, no dia 17 de julho de 2009, depois de servir por mais de duas décadas como destino para os resíduos sólidos das Cidades de Recife, Jaboatão dos Guararapes, Cabo de Santo Agostinho e Moreno.

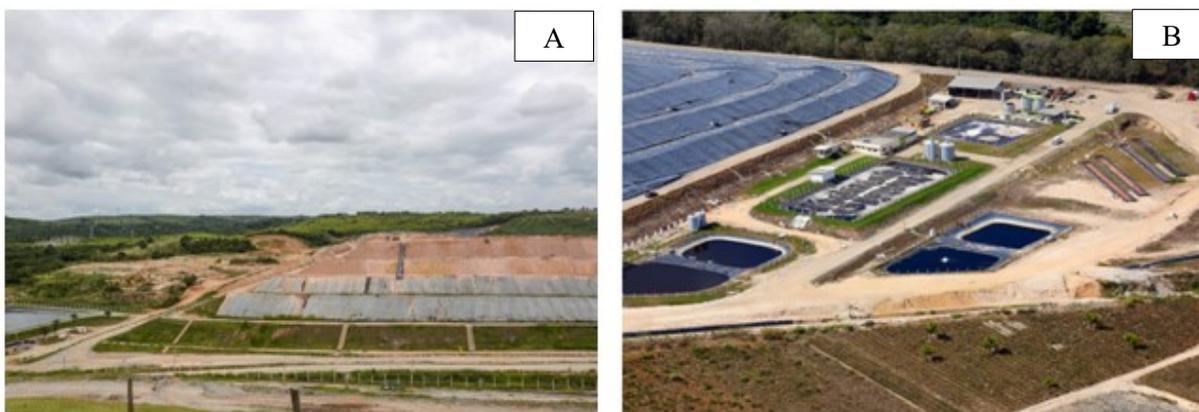
Figura 3 – Lixão a céu aberto da Muribeca.



Fonte: JORNAL DO COMMERCIO, (2019).

Atualmente a Região Metropolitana do Recife (RMR) possuem dois centros de tratamentos de Resíduos: o CTR Candeias e o CTR Igarassu, na Figura 4. Esses locais são utilizados para o depósito dos resíduos sólidos da forma adequada de quase todos os municípios metropolitanos. O CTR Candeias é o primeiro aterro privado em atividade de Pernambuco. O local funciona desde 2007 e recebe cerca de 4.500 toneladas por dia, oriundas de seis municípios da RMR (GOVERNO DO ESTADO DE PE, 2018).

Figura 4 – CTR Candeias (A) e o CTR Igarassu (B).



Fonte: GOVERNO DO ESTADO DE PE, (2018) e ECO NORDESTE, (2020).

Leite *et al.* (2019) avaliaram a transformação dos locais após a implantação da PNRS, relacionado a destinação final dos resíduos. A princípio foi realizado consultas na base de órgãos que controlam os lixões, aterros controlados e aterros sanitários existentes no Brasil entre 2010 e 2017, em seguida foi analisado e estudado os dados relacionados à academia sobre o tema. Foi visto também o crescimento de 76,2% das unidades de tratamento destes resíduos, motivado pela quantidade de lixões a céu aberto, acusam que a Lei 12.305/10 não vem sendo cumprida em sua totalidade, o que dar abertura para os mais diversos tipos de

adversidades no âmbito social e ambiental, em consequência da conjuntura nacional.

O Brasil é o quarto país que mais produz lixo em todo o mundo. Só no ano de 2016 foram produzidos mais de 78 milhões de toneladas de lixo urbano. Se nenhuma mudança acontecer nos próximos anos, até 2030 teremos uma média de 104 milhões de toneladas de plástico poluindo todo o nosso ecossistema (WWF, 2019).

Um levantamento realizado pelo Fundo Mundial para a Natureza (WWF) em 2019, mostra que, no Brasil, é produzido aproximadamente 1kg de lixo plástico por habitante a cada semana. Diante disso, o país encontra-se em 4º lugar no ranking de maiores produtores de lixo plástico do mundo, com 11,3 milhões de toneladas, conforme demonstrado no Quadro 1. A reciclagem ainda mostra-se ínfima com apenas 1,28% (WWF, 2019).

Quadro 1 – Produção e Reciclagem de Plástico no Mundo em 2019 (toneladas).

País	Total de lixo plástico gerado*	Total incinerado	Total reciclado	Relação produção e reciclagem
Estados Unidos	70.782.577	9.060.170	24.490.772	34,60%
China	54.740.659	11.988.226	12.000.331	21,92%
Índia	19.311.663	14.544	1.105.677	5,73%
Brasil	11.355.220	0	145.043	1,28%
Indonésia	9.885.081	0	362.070	3,66%
Rússia	8.948.132	0	320.088	3,58%
Alemanha	8.286.827	4.876.027	3.143.700	37,94%
Reino Unido	7.994.284	2.620.394	2.513.856	31,45%
Japão	7.146.514	6.642.428	405.834	5,68%
Canadá	6.696.763	207.354	1.423.139	21,25%

* Valor total de lixo plástico descartado em resíduos sólidos urbanos, resíduos industriais, resíduos de construção, lixo eletrônico e resíduos agrícolas, na fabricação de produtos durante um ano.

Fonte: WWF / Banco Mundial (What a Waste 2.0: A Global Snapshot of Solid Waste Management to 2050)

Neves e Tucci (2008), caracterizaram os tipos de resíduos cuja produção afeta o sistema de drenagem urbana, demonstrados em dois tipos de origens principais: (a) resíduos de usos da população; (b) sedimentos, vegetação, pedras, entre outros. São mostrados resultados de pesquisas em diversos países, tanto no que diz respeito à quantidade quanto à composição. Faz-se também um relato das medidas de controle pesquisadas recentemente, destacando-se as estruturas de retenção, demonstrando ainda que a gestão de resíduos sólidos urbanos implica em identificar seus componentes e atuar para reduzir a quantidade gerada.

Um dos principais pilares do saneamento básico chama-se drenagem urbana e o manejo dos resíduos sólidos. Daltoé *et al* (2016), realizou uma pesquisa na Cidade de Pelotas/RS com o objetivo de constatar o tipo de material que são descartados de forma irregular nas redes de microdrenagem, as vistorias foram executadas em 11 pontos diversos, comprovando a assiduidade de 100% do material plástico tipo 1. Sendo assim a imprescindibilidade da adoção de medidas de gestão que minimizem estes impactos são de extrema importância para a qualidade de vida das pessoas.

A própria população que reside em locais inadequados, descartam seus lixos – latas, garrafas, plásticos, animais mortos – nos canais. Silva *et al* (2018), estudaram os deveres da sociedade sobre o descarte irregular de resíduos sólidos, admitindo a importância deste tema e dos transtornos que podem ocasionar a sociedade. O capítulo 4 aborda alternativas de gestão que otimizem o processo de melhoria, com viés para atendimento de salubridade ambiental, saúde pública e redução de pontos de alagamento. Com o progresso do trabalho, foi identificado quatro pontos para criação de descarte adequado do lixo, esta problemática é observada em todos os níveis de classes existentes na sociedade, carecendo de apoio tanto da gestão pública, quanto da acadêmica para auxiliar na criação de projetos que adotem melhorias.

Considerando ainda que a melhoria nos sistemas de drenagem carecem de um trabalho conjunto com a sociedade, Souza *et al.* (2017), realizaram uma pesquisa em Curió Utinga, Belém do Pará aplicando exercícios para a população do entorno responder sobre os transtornos ocasionados por alagamentos, principalmente nos pontos mais baixos, dos cursos naturais de água, tendo em vista seu aumento de maneira exponencial nos últimos anos. O estudo concluiu que os somatórios de fatores que envolvem desde a ocupação das calhas, ao manejo incorreto dos resíduos, a ausência de manutenção nos elementos de drenagem, prejudicam a capacidade funcional da circulação das águas pluviais, gerando estes impasses, afetando ainda a saúde e bem estar daqueles que ali residem.

A aprovação dos aterros sanitários foi um caminho para melhoria da preservação ambiental, após a implantação destas estruturas que se deu a partir do ano de 2014, passando a ficarem obsoletos os lixões a céu aberto, houve uma redução dos transtornos que eram causados em detrimento do descarte irregular de resíduos sólidos (CONDE, 2014). Contudo ainda no ano de 2022, pode-se observar conforme registro da Figura 5, um exemplo real da situação no Rio Beberibe na Cidade do Recife, causado pelo descarte irregular, assemelhando a um lixão a

céu aberto.

Figura 5 – Descarte irregular no trecho do Rio Beberibe, paralelo a Rua Cantora Dalva de Oliveira.

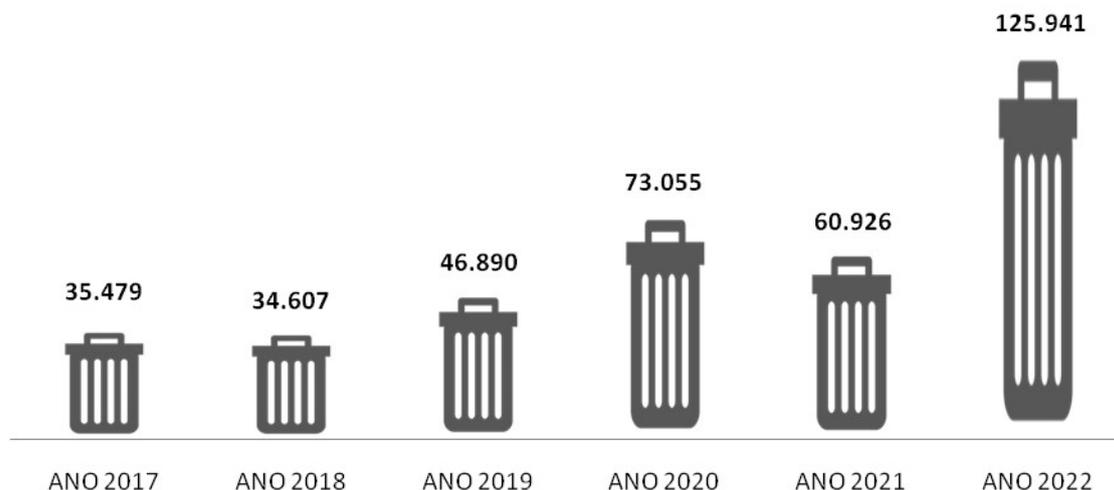


Fonte: Elaborado pela autora.

Santos *et al.* (2022) relatam que, a bacia do rio Beberibe tem uma importância considerável relacionado ao escoamento do centro urbano. Dividida em três regiões (alto, médio e baixo), a extensão da sua parte baixa possui uma concentração atuante de pessoas, ocupando todo o perímetro deste afluente, potencializado ainda pelo lançamento incorreto dos resíduos sólidos, que tomam o espaço da água na calha do rio.

Os serviços de limpeza realizados nos sistemas de macrodrenagem ao longo dos últimos seis anos totalizam mais de 376 mil toneladas de resíduos retirados dentro dos canais em Recife, conforme pode ser visualizado na Figura 6.

Figura 6 – Massa dos resíduos removidos dos canais da Cidade do Recife (toneladas).



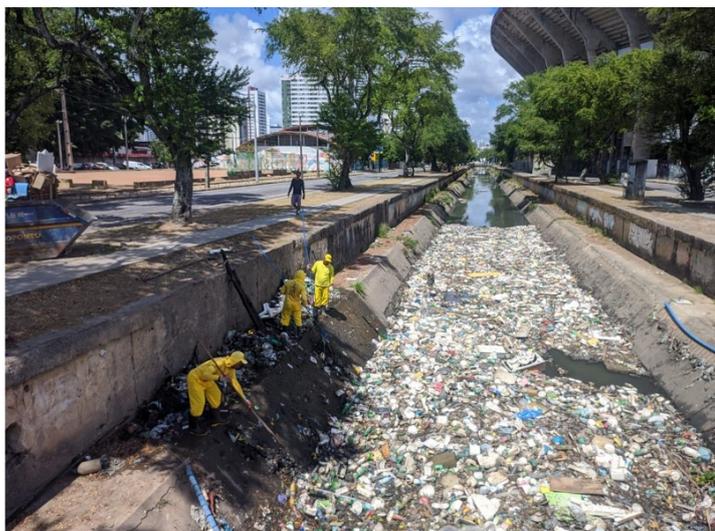
Fonte: Elaborado pela autora.

Do ano de 2019 para 2020, pode ser observado um crescimento significativo nestas remoções, partindo do princípio que a pandemia de COVID-19 trouxe várias mudanças no estilo de vida da população, como o fechamento de escolas e comércios não essenciais. Trabalhadores foram orientados a desenvolver suas atividades em casa, observou-se ainda um crescimento no volume de compras em supermercados aumentando assim o consumo de produtos (MALTA, 2020).

Os serviços de limpeza dos canais vêm sendo realizados pela EMLURB, responsável pela manutenção do município. Essa operação recebe investimentos anuais da ordem de R\$ 7 milhões, (cerca de US \$ 37,73 milhões). No ano de 2022 os investimentos foram mais expressivos, tendo em vista a catástrofe acontecida no mês de maio/2022, com contribuições federais para auxiliar a alta demanda dos problemas causados pelas fortes chuvas. Assim sendo foram realizadas remoções maiores com a retirada de 125.941 toneladas de resíduos, na Figura 6, pode ser observado este crescimento,

O canal do Vasco da Gama, antigo “Rio do Arruda”, é um dos principais afluentes do Rio Beberibe, com quase quatro quilômetros de extensão, vai de Casa Amarela até Campo Grande, desaguando no rio EMLURB, (2016). Este afluente recebe contribuições de descartes irregulares de resíduos sólidos de vários bairros da Zona Norte, como pode ser visto na Figura 7. Dele foram retirados, em média, mais de 6,8 mil toneladas de lixo no ano de 2022.

Figura 7 – Limpeza do Canal do Arruda, no trecho em frente ao estádio José do Rego Maciel.



Fonte: Elaborado pela autora.

A produção diária de lixo constitui um desafio para as Cidades brasileiras, que frequentemente convivem com acúmulo de resíduos não degradáveis em lugares inapropriados, como é o caso dos elementos de drenagem. Com a chuva, esses resíduos acabam provocando a obstrução das vias de escoamento, o que diminui a vazão da água das chuvas e provocam transbordamentos, alagamentos e enchentes, além de ocasionar doenças de veiculação hídrica para a sociedade (NEVES e TUCCI, 2008).

Tudo isso é agravado pelo descarte irregular de resíduos sólidos nas estruturas do sistema de microdrenagem, chegando à macrodrenagem, gerado muitas das vezes pela falta de educação da população, dificultando assim o escoamento das águas, o que potencializa os efeitos dos alagamentos, na Figura 8 podemos visualizar o reflexo do que foi relatado acima.

Figura 8 – Avenida Dantas Barreto, limpeza da caixa coletora (A), elemento de drenagem coberto por resíduos (B) e a remoção destes materiais de dentro das caixas (C), ambos na Cidade do Recife.



Fonte: Elaborado pela autora.

As caixas coletoras que tem por finalidade receber as águas pluviais e direcionalas para as redes de drenagem, trabalham completamente obstruídas por resíduos, causando transtornos em dias de fortes precipitações, prejudicando ainda o escoamento adequado destas águas.

2.3 Drenagem Urbana

Um dos considerados primeiro sistema de drenagem da história, foram descobertos com escavações da década de 1850, na Cidade de Ur, Mesopotâmia, pelo arqueólogo britânico Leonard Woolley e sua esposa Catherina, o momento da exploração foi registrado, conforme Figura 9. As tubulações de cerâmica construídas cerca de 4.000 A.C. eram utilizadas tanto para transportar os efluentes quanto para receber as águas pluviais das antigas residências (GEORGE, 2015).

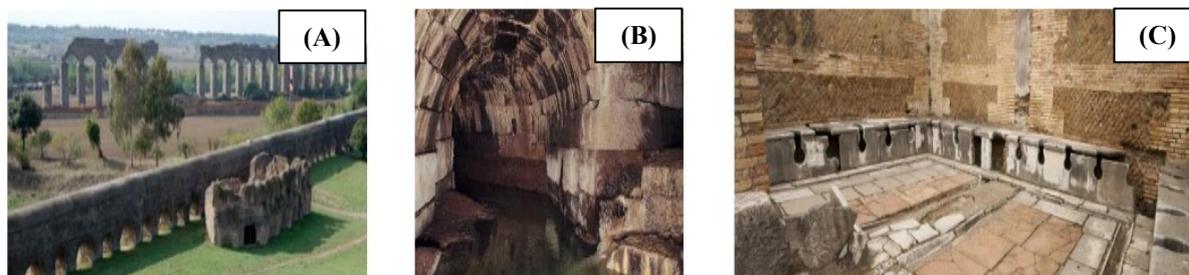
Figura 9 – Descoberta das primeiras tubulações de Drenagem da história.



Fonte: GEORGE, (2015).

Angelakis, Capodaglio e Dialynas (2022) relataram que os romanos foram exímios engenheiros, melhorando os sistemas de drenagem e esgoto, propondo um melhor escoamento das águas residuais, ainda nos dias atuais é possível ver suas obras incríveis de estruturas sanitárias, conforme Figura 10, que teve uma marcante atuação à época.

Figura 10 – Infraestrutura de águas romanas; (A) ruínas de aqueduto perto de Roma; (B) Cloaca Máxima, Roma; (C) banheiro público comum em Ostia Antica (Roma, Itália).

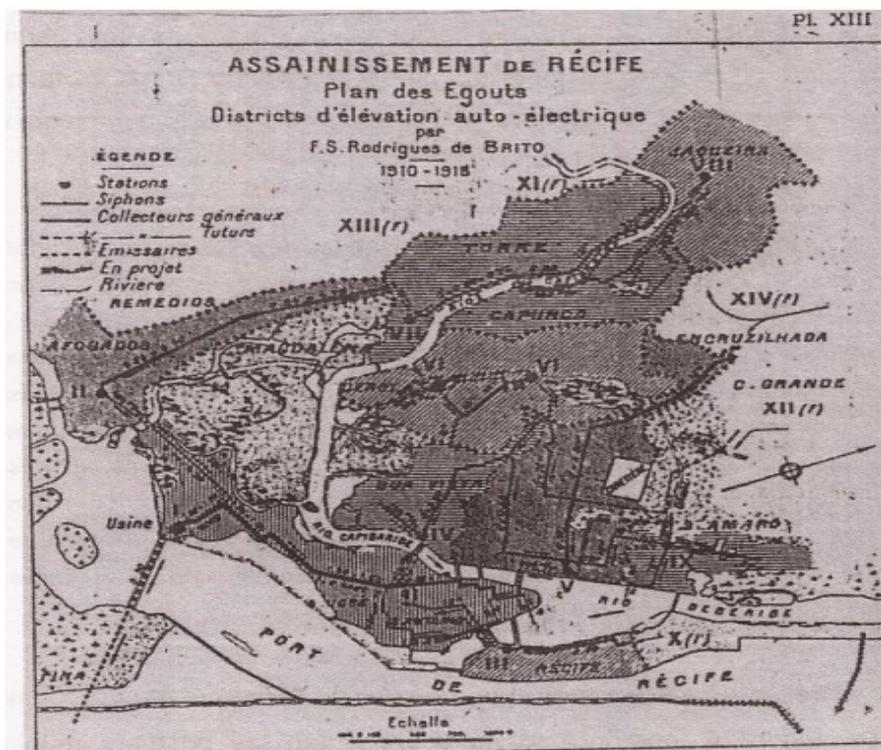


Fonte: Angelakis, Capodaglio e Dialynas (2022).

Silva *et al.* (2019) realizaram uma pesquisa bibliográfica, sobre histórias e evoluções do sistema de drenagem, que tem sido observado anos A. C e vem sendo melhorado ao longo dos tempos, eles relatam que depois da Proclamação da República, o crescimento da população aumentou no Brasil. Os lugares mais vulneráveis que ficam nos pontos baixos e próximos aos curso d'água, geralmente são os primeiros a sofrer com as inundações, devido ao excesso de construções ocupando o espaço das águas. As tubulações primárias de rede de esgoto e água pluvial sucederam no estado do Rio de Janeiro em 1561.

No ano de 1873 foi concebido o Recife Drainage Company Limited com o objetivo de realizar serviços de esgotamento sanitário e tratamento na Cidade. Basicamente o sistema ligava as latrinas a uma rede de esgoto, que transportava os efluentes a estação de tratamento, e depois de tratado ao rio Beberibe. No ano de 1910 foi criada a Comissão de Saneamento dirigida pelo sanitarista Saturnino de Brito, que introduziu os sistemas de abastecimento de água e de esgotamento sanitário, conhecido por suas realizações no saneamentos em Minas Gerais, São Paulo e no Rio de Janeiro. Saturnino de Brito foi contratado para comandar a chamada comissão de saneamento do Recife. A Figura 11 apresenta o projeto de expansão urbana de Brito na Cidade (PREFEITURA DO RECIFE, 2021).

Figura 11 – Primeiro do Projeto de Saneamento da Cidade do Recife.



Fonte: REYNALDO e ALVES (2013).

As águas pluviais e os efluentes, começaram a percorrer caminhos distintos, no início do século XX, tornando cada sistema autônomo do seu próprio material.

O conceito higienista, prevê a rápida expulsão das águas de chuvas e esgotos urbanos da Cidade, para o ponto mais baixo, no intuito de preservar a saúde populacional e acabar com qualquer tipo de incômodo que estes fluidos poderiam gerar. Uma nova formulação, que pensam em técnicas de mitigação desta água e no ecossistema começou a ser implantada a partir dos anos 60 (POLETO, 2011).

Christofidis, Assumpção e Kligerman (2020) realizaram uma pesquisa bibliográfica, sobre a condução das águas de chuva, de 1850 a 1990 a sociedade brasileira vivenciava o (estágio 1) da drenagem urbana, nomeada de higienista sanitaria, com uma falsa impressão de solução, transferindo o problema para a jusante. Uma mudança ocorreu após 1990, com o (estágio 2), em que a preocupação era no intuito de conviver com as águas pluviais, procurando adoção de técnicas de manejo deste fluido, como por exemplo a criação de estruturas para liberação gradativa, reduzindo o volume que chega nos rios, diminuindo o risco de enchentes.

Fletcher *et al.* (2014), relata que a gestão da drenagem urbana e do ciclo da água de forma mais macro, passaram por mudanças nas últimas décadas, com o foco principal de minimizar os alagamentos e uma série de transtornos que eles provocam, com uma gestão mais interativa onde cada um precisa cumprir seu papel, na forma de conduzir a melhoria contínua do manujo das águas pluviais.

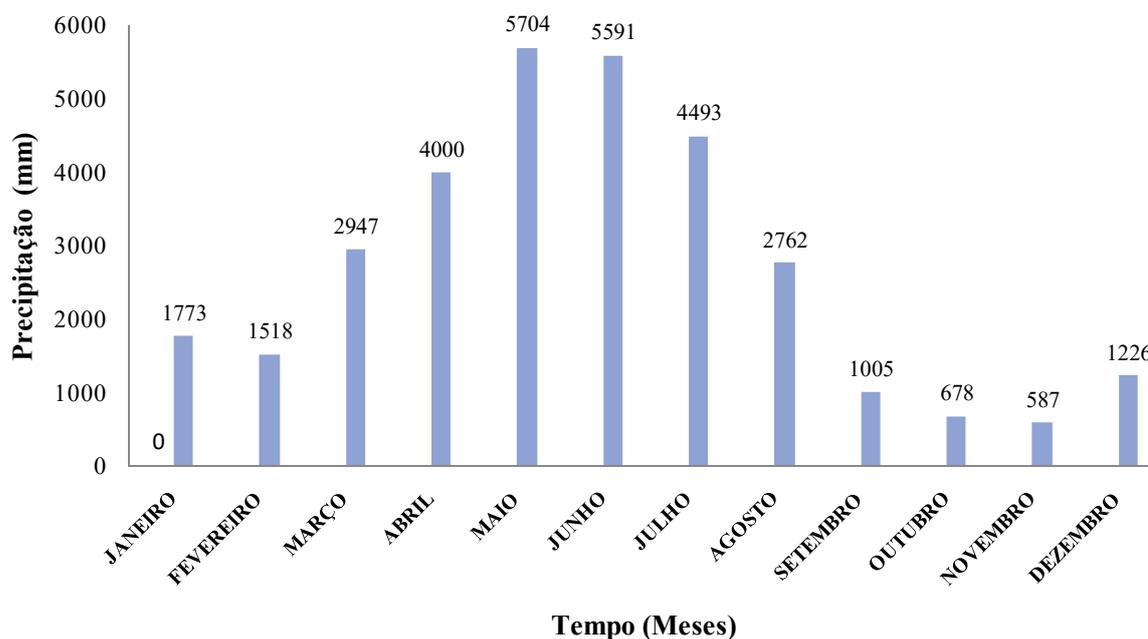
No Brasil, a comunicação sobre a melhoria do gerenciamento de águas urbanas, precisa buscar meios para expandir este conhecimento, minimizando assim os transtornos ocasionados anualmente em detrimento das fortes precipitações. Em 1997, foi instituído o Sistema Nacional de Recursos Hídricos, por meio da Lei n°. 9.433, mais conhecida como Lei das Águas. Dentre os progressos apontados na legislação, a descentralização dos grupos de bacias hidrográficas dentro das prefeituras foi uma benfeitoria alcançada. O crescimento sustentável passou a dar prescrições sobre o modo de ocupação do solo, priorizando sempre o meio natural, assim como o uso de técnicas que reduzam as enchentes no meio urbano (CHRISTOFIDIS; ASSUMPÇÃO; KLIGERMAN, 2020).

Agostinho e Poletto (2012), apresentaram os mais importantes conceitos do Sustainable Urban Drainage Systems (SUDS), como opção para o olhar sustentável e suas respectivas melhorias, aumentando os percentuais de áreas permeáveis dentro dos sistemas hidrográfico, com vantagens de diminuição destes picos de águas pluviais e ganho na qualidade de vida em áreas urbanas.

Guedes; Araujo e Andrade (2021), atestam sobre a relevância de uma gestão aplicada com o olhar para a parte hídrica da Cidade, tendo em vista a fragilidade em dias de fortes precipitações, ratificando sobre a publicação dos planos diretores, minimizando os transtornos e projetando soluções para os pontos críticos de alagamentos, que cresce na Região Metropolitana do Recife em consequência da densidade populacional que expande sem controle, prejudicando assim a estabilidade ambiental.

Embora os eventos com fortes precipitações, na região litorânea do estado de PE aconteçam geralmente entre os meses de março e agosto, conforme pode ser observado na Figura 18. A partir da análise das chuvas diárias e dos impactos decorrentes, percebe-se claramente a vulnerabilidade da Cidade, principalmente, a eventos considerados intensos.

Figura 12 – Precipitação acumulada das chuvas (2005 – 2022) na Cidade de Recife-PE.



Fonte: Elaborado pela autora a partir de dados do CEMADEN, estação pluviométrica da Várzea (2022).

Silva Junior *et al.* (2020) relatam que, as variações climáticas atípicas, causam danos consideráveis no sistema de drenagem urbana das Cidades, e esta capital Pernambucana possui uma sensibilidade em diferenças de marés. Recife já sediou vários acontecimentos de alagamentos, sendo o mais significativo em 1975. Os problemas causados nos dias de fortes chuvas tem sido recorrente ao longo dos anos, os moradores das margens dos principais rios da Cidade (Capibaribe, Beberibe, Tejipió, Jaboatão e Paratibe), perdem seus bens materiais a cada inverno que se passa.

2.3.1 Pontos Críticos do Recife

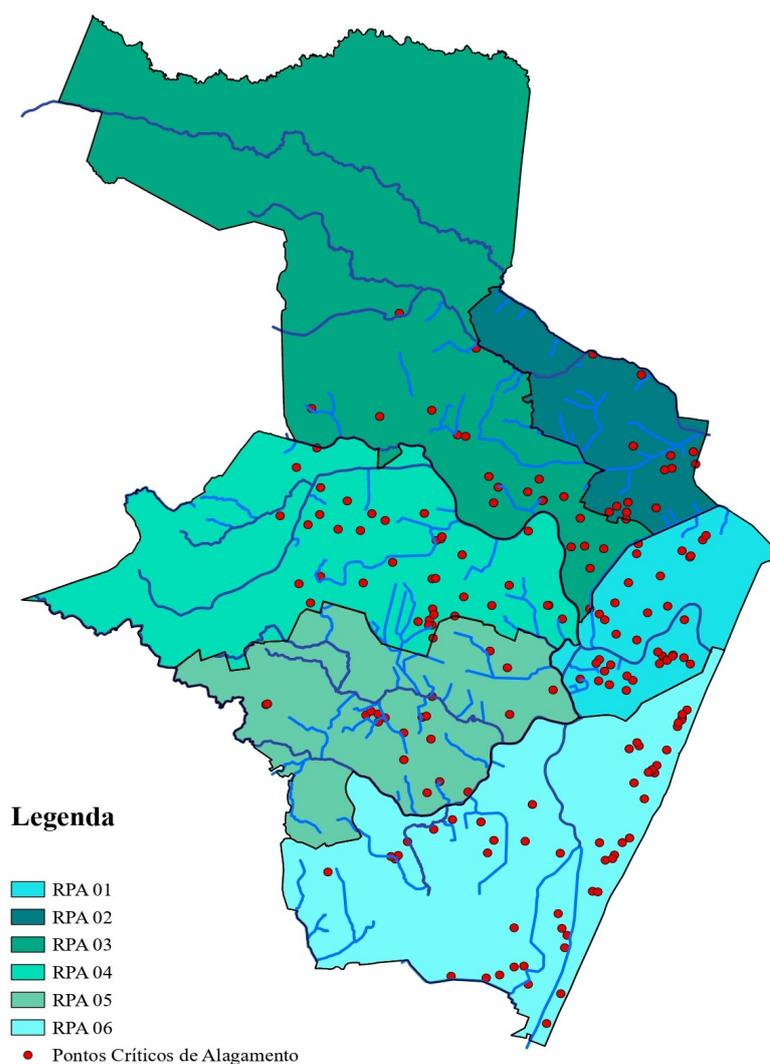
A Cidade do Recife possui peculiaridades geográficas importantes para o funcionamento do sistema de drenagem das águas pluviais. Baixas cotas em relação ao nível do mar, lençol freático próximo a superfície e influências dos níveis das marés são aspectos para considerar relevantes para o escoamento e direcionamento das águas (SILVA JUNIOR, 2017).

Dividida em seis Regiões Político-Administrativas (RPA), conforme distribuição; RPA 1 (Centro), RPA 2 (Norte), RPA 3 (Nordeste), RPA 4 (Oeste), RPA 5 (Sudoeste) e RPA 6 (Sul), pela Lei Municipal nº 16.293 de 22.01.1997. Cada RPA é subdividida em três Microrregiões

que reúne um ou mais dos seus 95 bairros.

Os locais onde existem uma deficiência no funcionamento dos sistemas de drenagem, e existem a recorrência de alagamentos, são reconhecidos como pontos críticos (181 pontos identificados), Figura 13. Onde o fluxo de escoamento das águas de chuvas estão comprometidos, dificultando ou até mesmo impedindo as pessoas circularem. As causas básicas das contrariedades dos sistemas de drenagem estão relacionados ao: nível baixo da região metropolitana do Recife, construções irregulares em áreas ribeirinhas, excesso de sedimentos trazidos pelas áreas de morro e ao descarte de resíduos de forma irregular (EMLURB, 2016).

Figura 13 – Localização dos Pontos Críticos na Cidade do Recife.



Fonte: Elaborado pela autora.

2.3.2 Microdrenagem da Cidade de Recife

O sistema de microdrenagem possui cerca de 1.500 km de galerias e canaletas, fazendo parte do seu cadastramento os elementos de drenagem, conforme Quadro 2 abaixo:

Quadro 2 – Distribuição dos Elementos no Sistema de Microdrenagem

RPA'S - RECIFE							
Cadastro de Microdrenagem	RPA 01 (Centro)	RPA 02 (Norte)	RPA 03 (Noroeste)	RPA 04 (Oeste)	RPA 05 (Sudoeste)	RPA 06 (Sul)	Total
Rede de condutos (km)	128	125	115	248	172	268	1057
Rede de canaletas (km)	10	103	158	21	30	75	398
Poço de visita (un.)	3422	2310	2740	2887	2097	2740	16196
Boca de lobo (un.)	2521	2165	2114	3488	2716	2591	15595
Caixa de gaveta (un.)	4224	4953	3949	10673	7547	12564	43910

Fonte: Elaborado pela autora a partir de dados da (EMLURB, 2016).

A microdrenagem do Recife, implantada em meados do século XX, foi executada à época com materiais em cerâmica, betão e concreto, canaletas com extremidades abobadadas, como pode ser visto na Figura 14. Ao longo dos tempos, estes materiais se deterioraram principalmente devido à característica de elevado grau de lançamento de esgoto ligados nas tubulações de drenagem, diminuindo o seu tempo de vida útil. Atualmente, a substituição/implantação destas tubulações são em tubos de Polietileno de Alta Densidade (PEAD), tendo como as principais vantagens: durabilidade, leveza, rapidez de instalação e mobilidade (SILVA, 2019).

Figura 14 – Canaleta abobadada na Rua Frei Caneca-Santos Antônio, Recife.



Fonte: Elaborado pela autora.

Silva *et al.* (2020), avaliaram os efeitos da manutenção preventiva no desempenho hidráulico de uma rede de microdrenagem no bairro da Madalena em Recife/PE que apresenta pontos de alagamento. Tal análise foi subsidiada pelas simulações hidrológico-hidráulicas de dois eventos de chuva com Tempos de retorno de (TR: 2 anos e TR: 10 anos), utilizando o modelo Storm Water Management Model (SWMM) e comparando os cenários de pré e pós-manutenção. Os resultados mostraram que para o evento com TR de 2 anos, a redução do volume de alagamento foi de 80,65%, enquanto o evento de TR 10 anos apresentou redução de 61,93%. Em linhas gerais, constatou-se que, para a rede em questão, medidas simples de manutenção já seriam suficientes para evitar os alagamentos críticos.

Como alternativa de medidas compensatórias Silva (2018), estudou e propôs alternativas, com o intuito de minimizar os alagamentos na Rua Professor Benedito Monteiro, sendo a primeira opção a desobstrução no sistema de microdrenagem, enfatizando a importância no sistema de captação das águas pluviais em dias de fortes precipitações.

2.3.3 Macrodrenagem da Cidade de Recife

A área plana da Cidade compreende 51% do território e se caracteriza como uma planície estuarina, cortada por rios e seus afluentes em número de 99 (noventa e nove), conforme Quadro 3. A malha da macrodrenagem compreende o sistema as diversas estruturas hidráulicas, tais como: canais, córregos e rios, ela é jusante das redes de microdrenagem existentes e implantadas ao longo de várias décadas (EMLURB, 2016).

Quadro 3 – Sistema de Macrodrenagem Atual

CADASTROS MACRODRENAGEM				
Rios	Nº de canais	Extensão (km)		
		Revestimento (km)	Sem revestimento (km)	Total (km)
Capibaribe	33	29,01	10,24	39,25
Beberibe	25	18,06	12,10	30,16
Tejipió	14	5,50	11,74	17,24
Jordão	3	12,71	0,44	13,14
Jiquiá	18	15,60	9,83	25,43
Jaboatão	6	2,54	5,05	7,58
Total	99	83,40	49,38	132,79

Fonte: Elaborado pela autora a partir de dados do PDDR (2016).

Os lançamentos indevidos de resíduos e os constantes assoreamentos do próprio sistema

influem na necessidade de execução dos serviços de manutenção e limpeza dos canais, córregos e rios, que faz repercutir diretamente na conservação dos logradouros e na qualidade de vida da população. Os serviços de limpeza compreende as intervenções cíclicas e/ou destinadas a garantir o funcionamento satisfatório das estruturas de macrodrenagem, assegurando o prolongamento das condições de escoamento das águas, como também, este tipo de intervenção é diretamente relacionado à saúde pública, visto que a drenagem, caso não seja adequadamente contemplado com serviços de preservação, pode fomentar o surgimento de vetores causadores de doenças, por exemplo, dengue, filariose, cólera, leptospirose, dentre outras (MELO, 2016).

Moura *et al.* (2019), realizaram uma análise das condições do sistema de macrodrenagem da Cidade do Recife-PE sob a ótica do tripé da sustentabilidade, de maneira a identificar os principais pontos críticos para o desempenho sustentável do sistema e sugerir eventuais medidas mitigadoras. Para tal, foram utilizados como elementos de estudo cinco canais da Cidade: Ibura, Derby-Tacaruna, Santa Rosa, Setúbal e Sport. Eles concluíram que o aprimoramento das medidas estruturais e não estruturais deve ser contínuo, e avaliações transdisciplinares devem ser realizados de forma conjunta, entre a sociedade e o Poder Público, refletindo um ganho direto de qualidade de vida para a população, melhoria do meio ambiente e economia futura para os cofres da Cidade, sendo em sua maioria de fácil execução.

2.4 Dispositivos de Retenção de Resíduos Sólidos

A PNRS propõe a prática de hábitos sustentáveis de consumo, além de incentivar a reciclagem e o reaproveitamento dos resíduos sólidos, bem como a destinação ambientalmente adequada dos dejetos e até o fim dos lixões, muita destas medidas de gestão destes resíduos não vem sendo praticadas, assim iniciativas de remediação vêm sendo adotadas para evitar que os mesmos ingressem em galerias pluviais e canais de macrodrenagem.

Com base nisso o conceito que se chega sobre lixo flutuante, é um material sólido que pode permanecer em suspensão em cursos de água que foi disposto em lugares inadequados e por meio de chuvas, foi carregado; ou através do descarte irregular feito pela própria população. Alguns modelos de dispositivos móveis para retenção destes resíduos, são apresentados a

seguir:

Em uma reserva Henley, em Kwinana na Austrália autoridades instalaram no ano de 2020, um novo sistema de filtragem. Consiste em uma rede que é colocada na saída de um tubo de drenagem que auxilia na captura dos resíduos sólidos e protege o meio ambiente da contaminação. Para testar tal dispositivo escolheu-se dois locais na reserva de Henley, pois a drenagem da estrada é despejada em espaços públicos abertos. As redes foram instaladas em tubos de drenagem de concreto de 750 mm e 450 mm de diâmetro como pode ser observado na Figura 15. Sendo limpas três vezes no mês, obtendo um total de 370 kg de resíduos recolhidos pelas redes de drenagem que foram removidos e eliminados. 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 foram projetados e adaptados com as redes para capturar mais resíduos que, de outra forma, seriam carreados para a reserva. Embora a instalação e a fabricação dessas redes exijam investimentos significativos (cerca de US \$ 10.000 cada), o sistema geral ainda é lucrativo porque proporciona economia no futuro, economizando no custo de mão de obra que antes tinha que ser pago para as pessoas que coletavam todo o resíduo manualmente (BRIGHT SIDE, 2016).

Figura 15 – Rede de retenção de resíduos sólidos, colocada na saída de um tubo de drenagem.



Fonte: BRIGHT SIDE, (2016).

Na bacia hidrográfica do Una, em Belém do Pará, Santos *et al.* (2017), construíram uma estrutura improvisada para retenção de resíduos flutuantes daquele curso d'água que se mostrou adequada para esta finalidade. Foi observada uma grande quantidade de lixo que circulam de maneira irregular nestes sistemas de macrodrenagem, podendo chegar aos rios e

nos mares. É importante reforçar sobre a educação ambiental referente ao tema abordado, incorporando os agentes responsável por estas ações, a população.

Dados do estudo de Silva *et al.* (2011) apresentaram, uma estrutura para a captura dos resíduos sólidos carregados pelo fluxo de água em uma bacia com características urbanas, localizada na região central e totalmente contida na Cidade de Santa Maria - RS, exibindo característica robusta para resistir às intempéries, oferecendo ainda condições de continuidade ao monitoramento. Além disso, mostraram a quantificação e qualificação do resíduo carregado pela drenagem em dez eventos de chuva. Por fim, constatou-se que a estrutura implantada foi eficiente na retenção dos resíduos, e que a principal constituição dos resíduos foi matéria orgânica, o material mais abundante com 67% da massa total, sendo composto de folhas, caules, raízes e galhos de árvores, devido à vegetação de grande porte existente em algumas partes das margens do corpo d'água. Também foi verificado que em dias de fortes precipitações, acima de 53mm, se retirava uma grande quantidade de detritos, deixando a equipe técnica alerta para realizar a retirada imediata deste material na estrutura implantada.

Em 2020, Swanepoel, Barnardo e Marlin (2020), analisaram as armadilhas instaladas no canal de águas pluviais Motherwell e canais Uitenhage na região metropolitana de Nelson Mandela, África do Sul. Os autores destacaram, que diversos tipos de dispositivos que podem ser implantados ao longo das calhas dos canais, mas vários fatores influenciam na eficácia do elemento como a frequência da limpeza, a variação do nível da água e o volume de resíduos removidos, a importância de se estudar a sistemática da bacia hidrográfica e seus contribuintes para identificar a melhor forma de reduzir os transtornos causados pelo lixo.

Ghani *et al.* (2011) evidencia a dificuldade em realizar medidas de contenção dos diversos tipos de resíduos presentes nas águas pluviais sem que ocorra a descaracterização do sistema de drenagem através da perda de eficiência que pode ocasionar inundações à montante da armadilha. Os autores realizaram a simulação de uma armadilha de resíduos com 2 compartimentos, um primário e um secundário, onde o primário servia como a principal barreira de retenção de resíduos e o secundário foi utilizado para evitar inundações, uma vez que o mesmo retardava a distribuição do fluxo d'água para a calha principal do canal através de aberturas laterais. A armadilha em análise mostrou-se eficiente retendo grande volume de 71,35% dos resíduos nas diversas alturas 0,3 m, 0,5 m e 0,7 m de lâminas d'água estudadas. Para um melhor controle de alagamentos é necessário desenvolver uma série de ações

gasta aproximadamente uma hora de serviço (BEVILACQUA, 2012).

Como uma solução mais sustentável e com o intuito de minimizar os problemas causados por alagamentos, Tiago Santos de Blumenau–SC desenvolveu um modelo de bueiro inteligente. Instalado perto da loja do comerciante, o dispositivo serve de peneira para toda água da chuva que por ali passa. Feito de ferro, a “peneira” retém material sólido Figura 17. Desta forma, este tipo de bueiro facilita a limpeza, por parte da equipe da prefeitura e evita com que grande parte dos resíduos siga para a rede de drenagem (PETROLI, 2020).

Figura 177 – A chamada boca de lobo azul, instalada em Blumenau/RS.



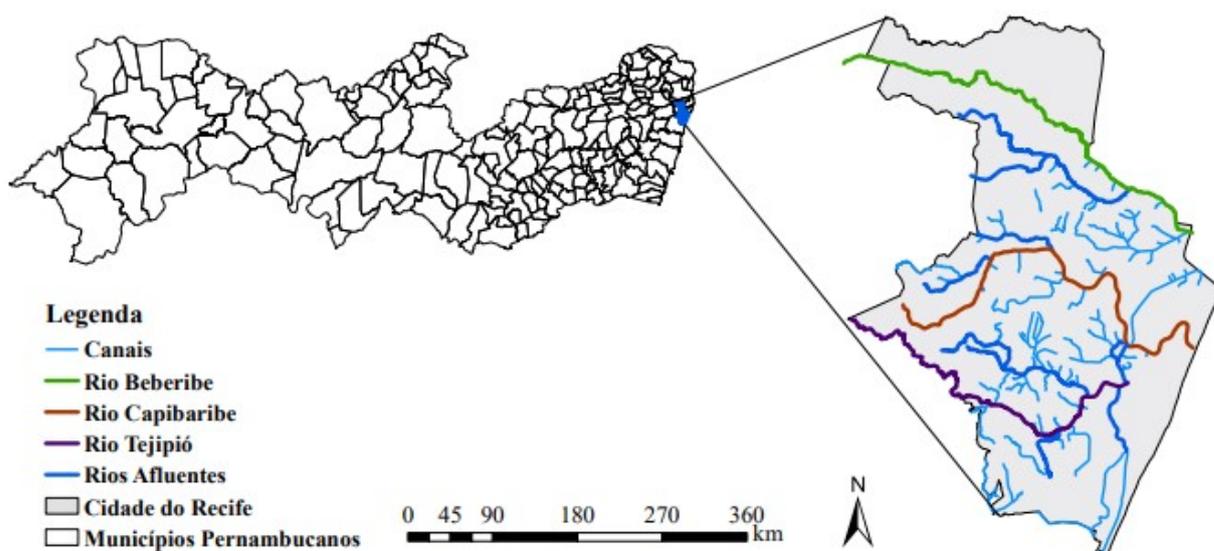
Fonte: PETROLI, (2020).

3 MATERIAIS E MÉTODOS

3.1 Caracterização da Área em Estudo

O estudo foi realizado na Cidade de Recife, capital do Estado de Pernambuco, cortada por três principais rios (Capibaribe, Beberibe e Tejipió), o destaque destes cursos d'água, podem ser vistos na Figura 18, com cerca de 130 Km de extensão de canais. Localizada nas coordenadas: latitude 8° 04' 03'' S e longitude 34° 55' 00'' O, altitude: 4m. A Cidade litorânea contempla uma superfície territorial de 218,50 km², com 1.537.704 habitantes e densidade demográfica de 7.037,61 hab/km² (IBGE, 2010).

Figura 18 – Mapa da Cidade do Recife com destaque para os canais e rios.



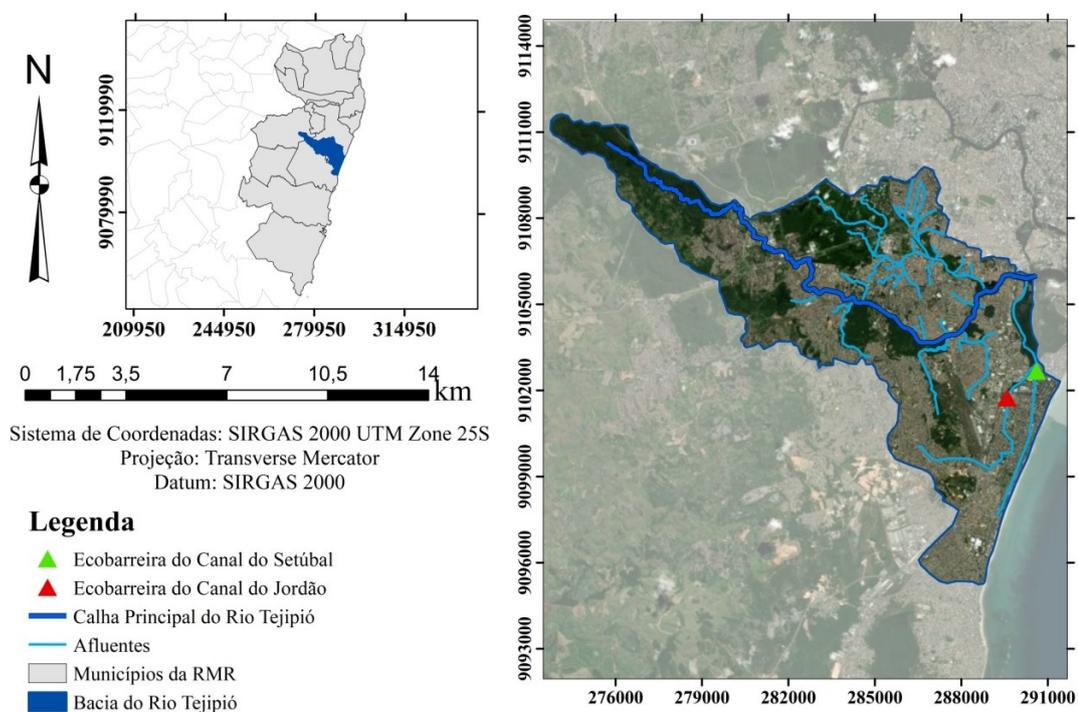
Fonte: Elaborado pela autora.

Os locais foram definidos de forma estratégica com base no volume de resíduos removidos dos canais em anos anteriores e nos locais que apresentaram uma crescente no desenvolvimento do processo de urbanização. As ecobarreiras 1 e 2 colocadas na área da zona sul, RPA06 em Recife. E situa-se nas coordenadas geográficas, para o canal do Jordão - 8°07'18.3"S 34°54'34.5"O e canal de Setúbal - 8°01'39.8"S 34°53'23.9"O. Ambos estão na bacia do Rio Tejipió, com área total de 93,2 Km², inteiramente contida na Região Metropolitana do Recife (RMR) e drena porções dos municípios de Jaboatão dos Guararapes e São Lourenço da Mata. É no seu trecho inferior que o Tejipió recebe seu principal afluente que é o rio Jiquiá. Sua bacia mede 20,38 km², compreendendo partes dos bairros da Várzea,

Cidade Universitária, Jardim São Paulo, Estância, Torrões, San Martin, dentre outros.

A sub-bacia do rio Jordão tem como seu elementar afluente o canal de Setúbal e somando esses dois cursos d'água escoam uma área de 21,17 km², correspondentes aos bairros de Jordão, parte de Setúbal, Imbiribeira, Boa Viagem e Pina, a Figura 19 mostra a localização destes dispositivos implantados. O canal do Setúbal atravessa paralelamente a costa, recebendo contribuições de uma faixa estreita de área litorânea que vai da Lagoa Olho d'Água, em Jaboatão dos Guararapes, até a Rua Antônio Falcão, no início da zona de mangues (EMLURB, 2016).

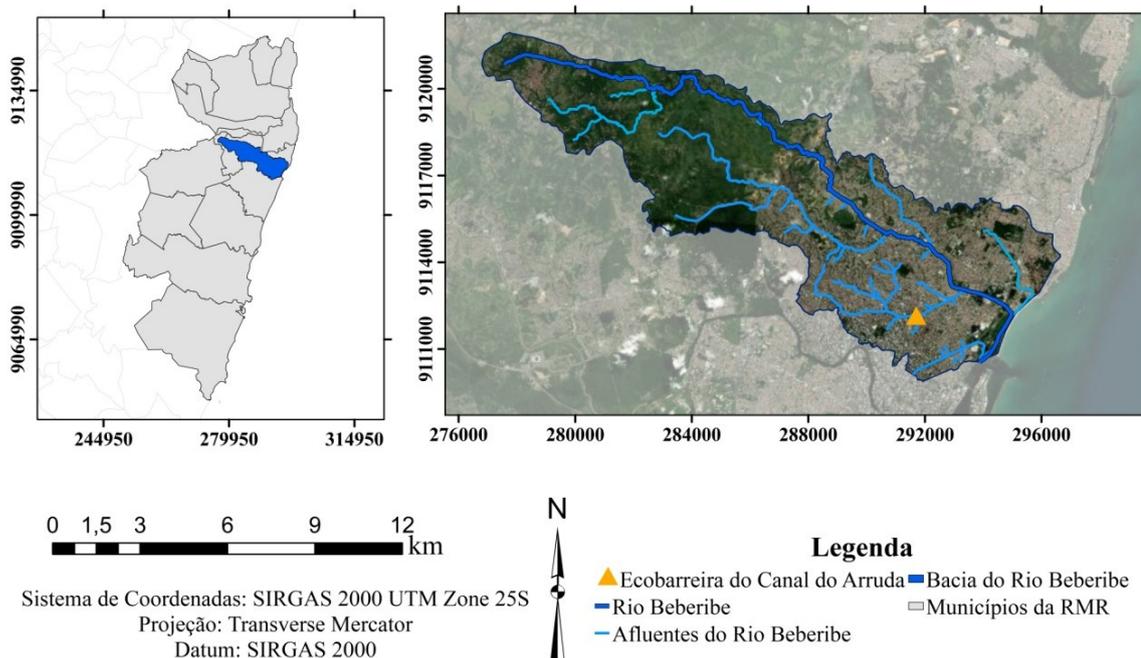
Figura 19 - Mapa de Localização das Eco barreiras na Bacia do Rio Tejipió.



Fonte: Elaborado pela autora.

A eco barreira 3 foi implantada na área urbana do município de Recife –PE, no Bairro do Arruda RPA02, com seção trapezoidal o canal do Vasco da Gama tem extensão de 5.815 metros, cortando as principais ruas: Rua Vasco da Gama, Avenida Norte, Rua Paula Batista, Rua da Harmonia, Estrada Velha de Água Fria, Avenida Beberibe e Rua Petronila Botelho. E situa-se nas coordenadas 8°01'39.8"S 34°53'23.9"O, como mostra Figura 20.

Figura 20 - Mapa de Localização da Ecobarreira da Bacia do Rio Beberibe.



Fonte: Elaborado pela autora.

3.1.1 Geografia da Cidade do Recife

Com 486 anos a Cidade do Recife possui o título de capital do Estado de Pernambuco, seu clima é predominantemente marcado pelas altas temperaturas, podendo chegar em máximas de até 31°. Dentre as suas muitas alcunhas atribuídas, "Veneza Brasileira" é a mais conhecida. O romancista francês Albert Camus esteve no Recife em 1949 e comparou a metrópole a outra Cidade italiana ao descrevê-la, em seu livro *Diário de Viagem*, como a "Florença dos Trópicos" pela quantidade de rios e pontes pertencentes à Cidade, como pode ser visto na Figura 21, (PREFEITURA DO RECIFE, 2021).

Figura 21 – Vista aérea da Cidade do Recife.



Fonte: PREFEITURA DO RECIFE, (2021).

A formação do sítio urbano Recifense foi gerada a partir de varias mudanças no ecossistema das planícies e estuários, e seus espaços composto por manguezais e arrecifes. A geografia deste local foi se caracterizando a partir do afastamento dos sedimentos em uma enseada que lançava nos principais cursos d'água. A reincidência destes movimentos de terra ao longo dos anos resultou na formação de uma planície flúvio marinha em forma de anfiteatro (ALMEIDA, 2012).

O relevo do território do Recife está introduzido na faixa de planície costeira, caracterizado também pela predominância de morros. Sua cota média de elevação varia de 2 a 10 m, envolta por diversos cursos d'água (PAIVA, 2014).

Sua formação geográfica, atrelada ao crescimento desacertado, altos índices pluviométricos e drenagem susceptível à variabilidade das marés, constituem um grande desafio para infraestrutura da drenagem urbana do Recife.

3.1.2 Histórico de fortes precipitações

Souza *et al.* (2012), classificaram a precipitação pluviométrica na Cidade do Recife-PE em seis categorias conforme Tabela 1, e observaram que sempre que ocorrem Chuvas Muito Forte (maiores que 55,3 mm), há escorregamentos de barreiras e diversos pontos de alagamentos. Estes impactos também são observados quando a intensidade das chuvas são consideradas fortes, entre 18,6 e 55,3 mm, ocasionando danos à população, como deslizamentos de barreiras, alagamentos de residências e vias públicas, perdas materiais, quedas de árvores além da proliferação de doenças – malária, febre amarela, leptospirose, entre outras.

Tabela 1 – Classificação das chuvas acumuladas em 24h para a Cidade de Recife-PE

Precipitação (mm)	Classificação
< 2,2	Dia seco
Entre 2,2 e 4,2	Chuva muito fraca
Entre 4,2 e 8,4	Chuva fraca
Entre 8,4 e 18,6	Chuva moderada
Entre 18,6 e 55,3	Chuva forte
Entre 55,3 e 100	Chuva muito forte
Entre 100 e 150	Chuva Extrema
≥ 150	Chuva muito Extrema

Fonte: Souza *et al.* (2012)

3.2 Dispositivos Criados

Os tipos de dispositivos criados, para os sistemas de micro e macrodrenagem, foram pensados com base em estruturas já existentes, adaptadas para realidade da urbanização dos locais estudados na Cidade de Recife.

Se faz necessário relatar que, antes da implantação dos ecocestos, os elementos de drenagem precisam ser limpos e recuperados, garantindo a funcionalidade do sistema e deixando apto para receber tal dispositivo.

3.2.1 Escolha dos locais

Os pontos de implantação dos dispositivos foram estrategicamente definidos com base nos critérios de escolha, conforme mencionados abaixo:

- Existência de uma estrutura adequada para receber tais dispositivos;
- Recorrências de pontos de alagamento;
- Ressurgimento de remoções de resíduos nos sistemas de drenagem.

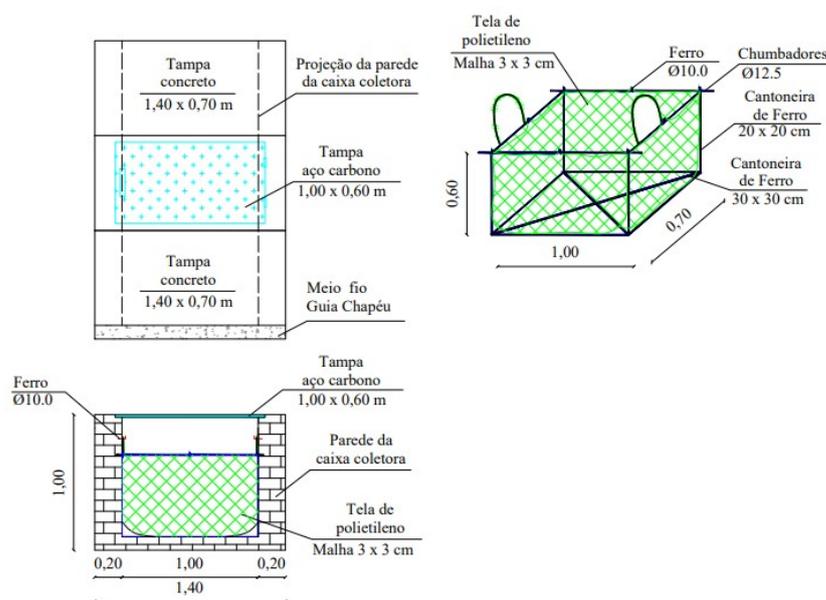
3.2.2 Ecocesto em ferro fundido

O Ecocesto é um sistema que retém os resíduos sólidos que adentram nas caixas coletoras.

Sua primeira projeção foi criada em ferro fundido, por se tratar de um material resistente a ambientes agressivos, possui também um elevado tempo de vida, minimizando o custo de manutenção.

O formato do dispositivo criado é composto por uma estrutura em cantoneiras de ferro fundido, acoplado a uma rede de proteção em poliéster, a liga de aço escolhida corresponde a material cujas potencialidades são inúmeras, podendo ser destacada a durabilidade e resistência a tração. A Figura 22 mostra o detalhamento do ecocesto, com uma massa estimada de 30kg.

Figura 22 – Detalhamento do Ecocesto – Ferro fundido.

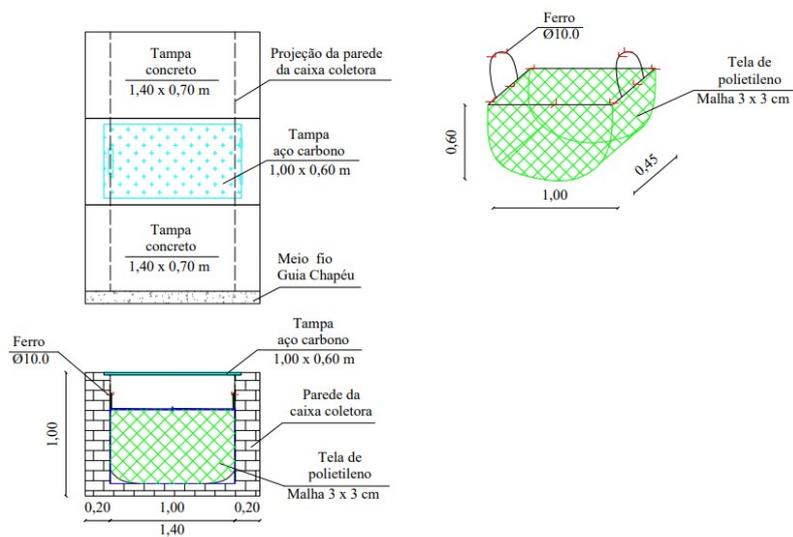


Fonte: Elaborado pela autora.

3.2.3 Ecocesto em tela de PEAD

Tendo em vista diminuir a massa, dando mais funcionalidade e facilidade, a segunda versão do dispositivo foi criada, composta por uma corda de 5 metros de 6 milímetros em polietileno de alta densidade (PEAD), não é soldada, possui nós, suporta 500kg de massa por metro quadrado e possui garantia de 3 anos pelo fabricante. Além das características do material descritas acima, a massa estimada em 0,5kg, a tela oferece flexibilidade, sendo capaz de se adequar a todas as dimensões encontradas nos elementos de drenagem, podendo ser visualizado seu detalhamento da Figura 23.

Figura 23 – Detalhamento do Ecocesto – Tela de PEAD.

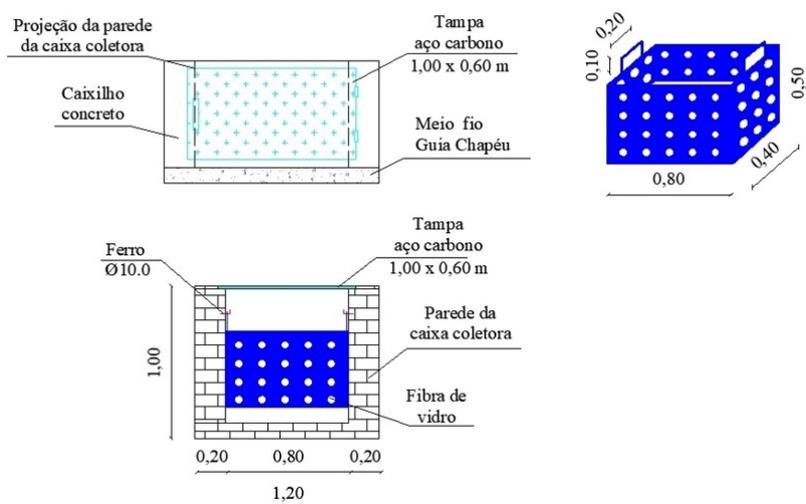


Fonte: Elaborado pela autora.

3.2.4 Ecocesto em fibra

Projetou-se ainda um terceiro modelo de dispositivo em fibra de vidro, com a mesma proposta de uma alternativa prática da limpeza e de impedir a circulação destes resíduos nos sistemas de drenagem. Seu detalhamento é demonstrado na Figura 24, com a massa estimada em 4kg, o material apresenta uma boa resistencia contra os agentes biológicos existentes no ambiente instalado.

Figura 24 – Detalhamento do Ecocesto – Fibra de vidro.



Fonte: Elaborado pela autora.

3.2.5 Remoções dos Ecocestos

A remoção do material capturado pelo ecocesto foi realizada de forma manual com até no máximo duas pessoas, sendo executada em média duas vezes no mês. Em dias de fortes precipitações a equipe tem que estar atenta para realização das remoções. Além disso, é importante relatar que as pessoas que irão fazer tal serviços não precisará entrar dentro da caixa coletora.

3.2.6 Análises comparativas dos Ecocestos

Após a implantação dos três dispositivos, foram realizadas análises comparativas do desempenho de cada estrutura, verificando a massa, capacidade de armazenamento, durabilidade, valor comercial e o custo de investimento de cada dispositivo, comparando o que melhor se adequa as condições de funcionalidade na Cidade de Recife, proporcionando também uma manutenção adequada e garantindo o escoamento no fluxo de águas pluviais, restando apenas os detritos.

3.2.7 Análises operacionais

Antes da implatação dos dispositivos, para ser realizado a atividade de limpeza nas galerias de microdrenagem, se fazia necessário uma equipe, conforme descrição abaixo:

- Jornada de equipe padrão, 10 (dez) ajudantes mais 1 (um) encarregado, para limpeza de redes de microdrenagem;
- Limpeza manual de galeria (M³) com transporte de material retirado com carro de mão até 100M de distância e carga em caçamba estacionária, com insalubridade, equipamento e fardamento;
- Limpeza e desobstrução de galeria com uso de equipamento de hidrojateamento e sucção incluindo operador e dois ajudantes;
- Custos com Administração local de obras;
- Duração estimada para realização desta intervenção, no mínimo 15 dias;

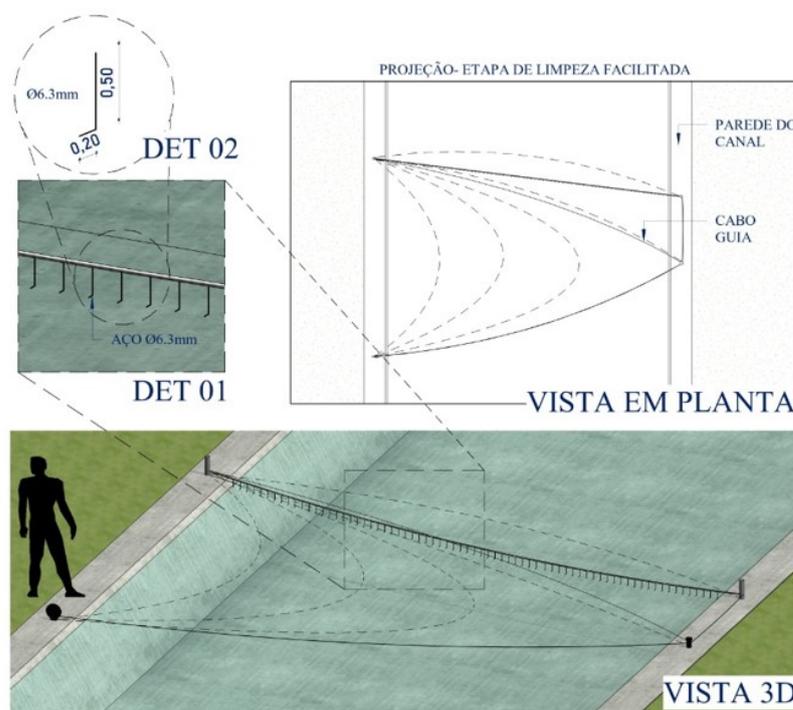
Após a implantação dos ecocestos, com no máximo duas pessoas é realizada a remoção dos resíduos capturados e destinados para o aterro credenciado.

3.3 Ecobarreira

A ecobarreira é um dispositivo que instalados transversalmente nas calhas dos canais nos trechos próximos à foz, tem o objetivo de reter os resíduos sólidos flutuantes, que impedem a passagem do lixo oriundo dos sistemas de microdrenagem a circularem nos canais, e evitar que estes cheguem nos rios e mares.

Composta por: flutuadores que acompanham a variação de maré, através de um cabo de aço envelopado de 3/16 que auxilia no manuseio do dispositivo, fixados a este têm aço do tipo (CA-60 6.3mm), em formato de “L” com altura de 0,50cm como objetivo de reter os resíduos sólidos flutuantes que circulam no canal. Ela é fixada por quatro pontos de apoio em aço, ancorados no perímetro do canal. Através da movimentação do cabo foi possível enviar os resíduos para próximo da parede, e iniciar a remoção. Tendo ainda em sua estrutura um cabo guia de retorno, para voltar ao seu lugar de origem sem que nenhuma pessoa entre na calha do canal, conforme Figura 25.

Figura 25 – Vista, Projeções e Detalhamento da Ecobarreira.



Fonte: Elaborado pela autora.

3.3.1 Remoções das Ecobarreiras

O recolhimento dos resíduos acontecem semanalmente, com no máximo três funcionários capacitados e dimensionados, com duração estimada de 2h para finalização da remoção do lixo de dentro da calha do canal. A programação de limpeza foi realizada de acordo com as variações de maré, tendo em vista que nas marés chamadas de sigízia, com maiores amplitudes, retira-se uma quantidade superior de lixo do que em marés baixa.

3.3.2 Análises comparativas das Ecobarreiras

Após a realização de implatação das ecobarreiras, foram realizadas análises comparativas, através da massa do material removido de cada canal. Os resíduos foram pesados semanalmente e comparados em relação aos anos anteriores que não tinham este tipo de dispositivo nos cursos d'água. Também foi verificado através de registros o comportamento destes afluentes em dias de fortes precipitações.

3.3.3 Análises operacionais

Para realização de ações de limpeza de canais, antes da execução das ecobarreiras, se fazia necessário uma equipe conforme descrição abaixo:

- Retroescavadeira sobre rodas com carregadeira, tração 4x4;
- Escavadeira hidráulica de longo alcance sobre esteiras;
- Transporte com caminhão basculante;
- Remocao de material em caçambas estacionarias;
- Jornada de equipe padrão, 15 (quinze) ajudantes mais 1 (um) encarregado, para limpeza de redes de microdrenagem;
- Custos com Administração local de obras;
- Duração estimada para realização desta intervenção, em torno de 60 dias;

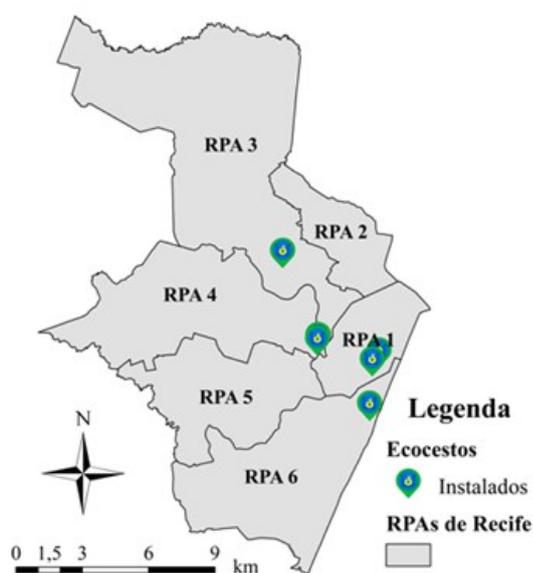
Após a implantação das ecobarreiras, com no máximo três pessoas foi realizada a remoção dos resíduos retidos na rede e destinados para o aterro credenciado.

4 RESULTADOS E DISCUSSÃO

Existem varias localizações na Cidade do Recife, onde tem a recorrências de pontos de alagamento, decorrente de fatores como: subdimensionamento do sistema para os tempos atuais, ou pela má execução do mesmo, obstruções com lixo que são lançados errôneamente, entre outros. Baseado no fator do resíduo, foram selecionados os locais para implantação dos dispositivos, priorizando as regiões que, em dias de fortes precipitações alagam, devido a presença constante deste resíduos descartados irregularmente. Podendo ser constatado que os transtornos foram minimizados, após a implantação destas estruturas.

A Figura 26 mostra, os locais onde os dispositivos móveis, para melhoria no sistema de microdrenagem foram instalados.

Figura 26 - Localizações onde foram implantados Ecocestos na Cidade do Recife.



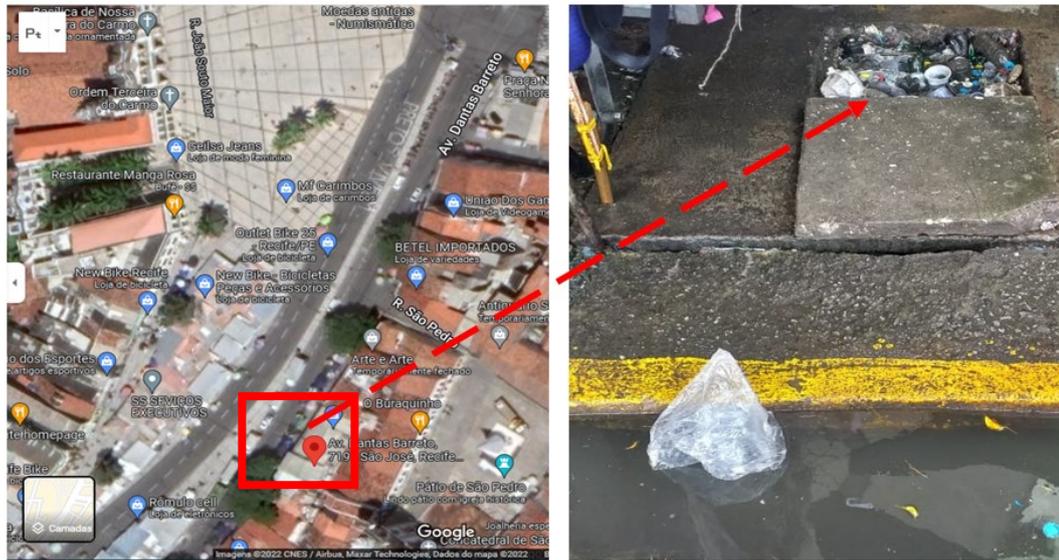
Fonte: Elaborado pela autora.

4.1 Preparação dos locais receptores de Ecocestos

O projeto piloto para implantação do Ecocesto, foi instalado na Avenida Dantas Barreto, nº719, no mês de outubro/2021, conforme localização na Figura 27, o local tem abundância de comércio e ambulantes, que naturalmente produz uma elevada quantidade de resíduos. No destaque da Figura abaixo a caixa coletora está completamente preenchida com material descartado irregularmente, obstruindo a circulação da água, causando ainda pontos de

alagamentos.

Figura 27 - Mapa de Localização onde foi implantado o Ecocesto.



Fonte: Elaborado pela autora.

Foi realizada uma limpeza manual, na caixa coletora do tipo gaveta a fim de remover todos os sólidos (como garrafa pet, papéis, sacola plástica, copos descartáveis e outros materiais), que são descartados irregularmente na via afetando diretamente o funcionamento adequado do sistema de microdrenagem, em seguida foi executado o hidrojateamento, que é um serviço que utiliza um jato de sucção cujo objetivo é limpar ou desobstruir a rede de drenagem.

A alta velocidade da água gera uma pressão suficiente para deslocar objetos ou substâncias que podem estar impedindo o fluxo dentro de uma tubulação sem danificá-la, conforme Figura 28, evitando assim que a sujeira contamine os rios e maré. Após a limpeza, o elemento de drenagem recebeu também uma manutenção, com a realização de melhorias no revestimento interno da caixa e por fim foi implantado o ecocesto em ferro fundido.

Figura 28 - Execução de Limpeza da caixa coletora tipo gaveta com jato de sucção.



Fonte: Elaborado pela autora.

Em fevereiro de 2022, a Rua Professor Benedito Monteiro recebeu os serviços de limpeza nas galerias e nos elementos de drenagem e a recuperação dos mesmos, antes da implantação dos 20 dispositivos, como pode ser verificado na Figura 29 a quantidade de resíduos que foram removidas assim como a quantidade de resíduo que foi vista circulando na canaleta de drenagem da referida via.

Figura 29 – Abertura dos poços de visita (PV) para limpeza (A), remoção dos resíduos e sedimentos dos elementos de drenagem em toda a extensão da via (B) e garrafas pets, que foram descartadas irregularmente circulando na parte interna da canaleta de drenagem (C).



Fonte: Elaborado pela autora.

Com o intuito de aumentar a agilidade da retirada dos resíduos, nos elementos de drenagem que receberam o ecocesto foram instaladas tampas em Aço Carbono com a massa estimada em 15kg, para facilitar a abertura da caixa coletora, com dimensões de 1,00 x 0,60m.

Normalmente o fechamento deste tipo de caixa é utilizado uma tampa pré moldada em concreto armado, não podendo ser adotado no caso em questão, pois inviabilizaria a abertura para realizar manutenções periódicas, devido a massa do material que é aproximadamente 300kg. A operação de limpeza durá em média 5 minutos e o resíduo coletado é descartado de forma adequada para o CTR.

Após a implantação do novo dispositivo, foi realizada ainda uma pintura com intuito de comunicação com os transeuntes que circulam pelas vias na Cidade, inibindo ainda mais a ação do descarte na via pública, seguem as imagens na Figura 30 com os tipos de sinalização que foram executadas.

Figura 29 – Pintura na caixa coletora da Av. Dantas Barreto, nº719 (A) e a pintura nas caixas da Rua professor Benedito Monteiro (B), ambos na Cidade do Recife.



Fonte: Elaborado pela autora.

4.2 Ecocesto em Ferro Fundido

O primeiro protótipo projetado em ferro fundido pode ser observado na Figura 31, com a massa de aproximadamente 30kg, inviabilizou a continuidade do projeto. A ideia da produção dos dispositivos em ferro fundido foi descartada, tendo em vista que só a massa própria (30kg), era impraticável para realizar a manutenção, sem contar com o fato que o dispositivo ainda iria receber a contribuição dos resíduos sólidos.

Figura 30 - Modelo do Ecocesto em Ferro Fundido.



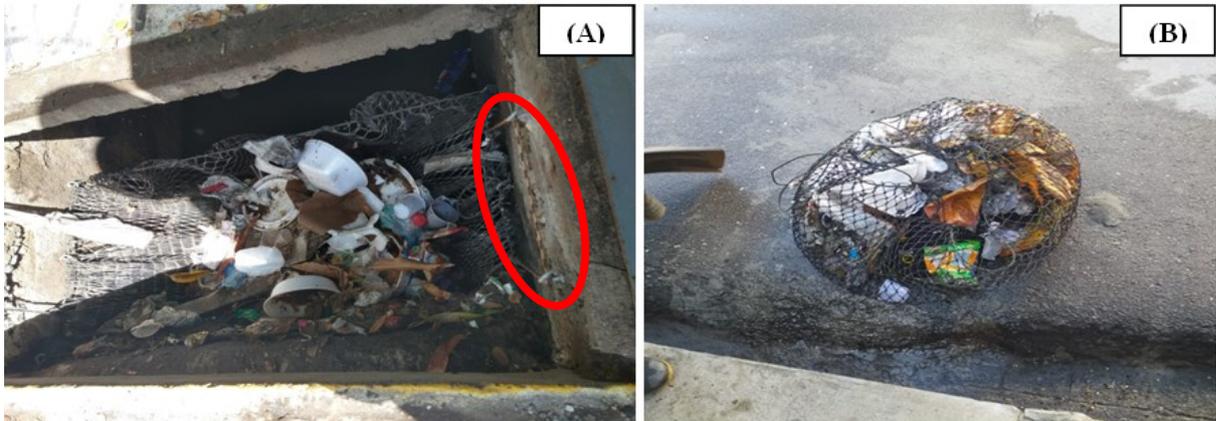
Fonte: Elaborado pela autora.

Após a finalização do projeto deste dispositivo, foi verificado que não seria possível adotá-lo, tendo em vista a massa final com média de 30 kg. Pereira *et al.* (2015) analisaram, o nível de ameaça na lombar dos empregadores que exercem a função de carregar materiais na construção civil, avaliado pelo método National Institute for Occupational Safety and Health (NIOSH), que indica para as melhores condições, um transporte manual máximo é de 23kg. Este ramo é um dos que lideram o ranking de trabalhadores com problemas de coluna vertebral, ocasionados pelo transporte de peso, a experiência foi realizada em 74 funcionários, que foram diagnosticados com elevado risco de problemas na lombar, levando a pensar em uma melhor logística de mobilização e traslado destes elementos.

4.3 Ecocesto em tela de PEAD

A segunda versão do ecocesto em PEAD, Figura 32, demonstrou resultados positivos, com massa de 0,5kg apresentando mais facilidade nas remoções dos resíduos capturados, contudo as interações com alguns agentes externos (principalmente roedores), diminuíram sua vida útil.

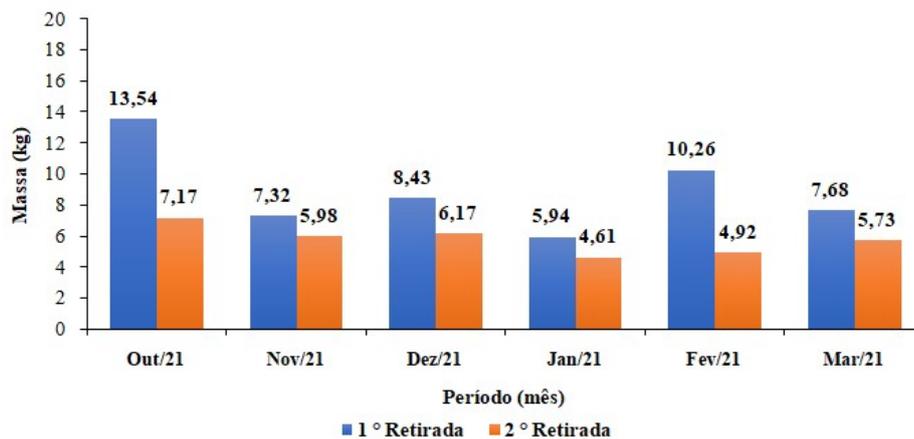
Figura 31 – Modelo de ecocesto em PEAD, a área circulada mostra o detalhe da acoragem com $\phi 10$ mm, instalado na Praça Abelardo Baltar (A) e a captura dos resíduos que ficaram retidos na tela (B), ambos na Cidade do Recife.



Fonte: Elaborado pela autora.

Uma vez instalado tal dispositivo, se faz necessário uma frequência nas remoções dos detritos que ficam retidos, foi avaliado que, a cada 15 dias precisa realizar esta manutenção e destinar o lixo para o local adequado. Após 06 meses de implantação, acompanhado pela equipe técnica da Autarquia de Manutenção e Limpeza Urbana (EMLURB), os dados relacionados as coletas podem ser observado na Figura 33.

Figura 32 - Massas das Remoções no Ecocesto da Av. Dantas Barreto, nº719.



Fonte: Elaborado pela autora.

Foram removidos 87,75kg de lixo, descartados de forma irregular pela sociedade nas vias na Cidade do Recife, que funcionam como agentes causadores de problemas para o sistema de drenagem e sobretudo para o ecossistema.

As segundas remoções sempre apresentaram massas inferiores em relação as primeiras, tendo em vista que, o consumo de produtos é maior nos primeiros 15 dias do mês, em razão do

pagamento da folha salarial, se pressupõe que os descartes de resíduos aumentam.

Considerando que o resultado da instalação do dispositivo foi bastante positivo, tendo em vista o baixo custo de fixação, comparado ao ganho de benefícios, foram instalados mais 05 ecocestos de tela em PEAD nas vias com maiores demandas de lixo, conforme Quadro 4.

Quadro 4 – Informações dos Ecocestos em PEAD Implantados na Cidade de Recife-PE.

INSTALAÇÕES ECOCESTOS EM PEAD					
RPA	QUANTIDADE (Und)	LOCALIZAÇÃO	IMPLANTAÇÃO	ÚLTIMA RETIRADA	PESO REMOVIDO (kg)
1	1	Avenida Dantas Barreto, n° 719 - São José	01/10/2021	29/04/2022	87,75
6	2	Praça Abelardo Baltar - Pina	07/02/2022	20/07/2022	92,7
3	1	Rua Padre Lemos com a Rua Visconde de Taunay - Casa Amarela	22/04/2022	13/07/2022	36,75
3	1	Rua Padre Lemos em frente a Caixa Econômica Federal - Casa Amarela	22/04/2022	13/07/2022	40,2
1	1	Avenida Dantas Barreto em frente ao Banco Bradesco - São José	28/04/2022	19/07/2022	38,9
TOTAL	6				296,3

Fonte: Elaborado pela autora.

Com a implantação de apenas seis ecocestos em PEAD, foram removidos mais de 290kg de resíduos que foram lançados de forma indevida pelos cidadãos que circulam nas ruas da Cidade do Recife, impedindo que este material obstrua o sistema e drenagem e chegue nos mares e nos rios.

4.4 Ecocesto de Fibra

Instalados de forma pioneira na Rua Professor Benedito Monteiro na Cidade do Recife, conforme Figura 34, vinte unidades de ecocestos em fibra de vidro além de leve, com aproximadamente 4kg, é funcional e resistente. Todos os modelos foram pensados com o objetivo de minimizar os alagamentos ocasionados pela obstrução nos elementos de drenagem.

Figura 33 - Modelo do Ecocesto em Fibra (A), com material proveniente de descarte irregular (B), e a sinalização implantada em maio/2022 na Rua Professor Benedito Monteiro (C), na Cidade de Recife.



Fonte: Elaborado pela autora.

A mecânica do ecocesto é simples e as vantagens são inúmeras. Enquanto as caixas coletoras normais ficam obstruídas, transbordam, contaminam e proliferam insetos e roedores, os ecocestos são dispositivos funcionais para melhorar o escoamento das águas que circulam por estas galerias, com um material seguro e de fácil manutenção. Além disso, a água infiltrada por estes elementos bloqueados causam erosão asfáltica, abatimentos, buracos, acidentes, sujeiras e conseqüentemente mais problemas. As remoções foram realizadas a cada 15 dias, após 08 meses da sua implantação, foram removidos mais de 1.500 kg de resíduos, como pode ser observado na Tabela 2.

Tabela 2 – Remoções dos Ecocestos em fibra de vidro.

Localização	*RPA	Quantidade (Und)	Data da implantação	Data da última remoção	Massa removida (kg)
Rua Professor Benedito Monteiro, Madalena/Recife	04	20	Maio/2022	Maio/2022	181,00
Rua Professor Benedito Monteiro, Madalena/Recife	04	20	Maio/2022	Junho/2022	80,20
Rua Professor Benedito Monteiro, Madalena/Recife	04	20	Maio/2022	Julho/2022	120,60
Rua Professor Benedito Monteiro, Madalena/Recife	04	20	Maio/2022	Agosto/2022	197,60
Rua Professor Benedito Monteiro, Madalena/Recife	04	20	Maio/2022	Setembro/2022	244,80
Rua Professor Benedito Monteiro, Madalena/Recife	04	20	Maio/2022	Outubro/2022	250,40
Rua Professor Benedito Monteiro, Madalena/Recife	04	20	Maio/2022	Novembro/2022	247,80
Rua Professor Benedito Monteiro, Madalena/Recife	04	20	Maio/2022	Dezembro/2022	221,46
Total					1.543,86

*RPA – Região Política Administrativa.

Fonte: Elaborado pela autora.

Alguns meses após a implantação dos ecocestos na Rua Professor Benedito Monteiro, choveu o equivalente a 122,22 milímetros. Os dados de precipitação, registrados nas 48h dos dias 02 e 03 de agosto do ano de 2022, foram obtidos pelo Centro Nacional de Monitoramento e Alertas de Desastres Naturais (CEMADEN, 2022). Normalmente este volume de contribuição gerava transtornos na circulação de veículos e pessoas nesta via, a mesma teve suas atividades de trânsito e pessoas normais sem nenhum prejuízo as instituições lotadas nesta localização.

Na Figura 35 pode ser observada que a Rua Professor Benedito Monteiro, onde foram implantadas os 20 ecocestos em fibra, se encontra sem pontos de alagamentos e com circulação de pedestres e veículos normais, já a Rua Benfica em frente ao Clube Internacional do Recife, pode ser visualizado pontos de alagamentos.

Figura 34 - Rua Professor Benedito Monteiro, com fluxo normal de carros e pedestres (A e B) e Rua Benfica em frente ao clube, apresentando retenção de veículos devido ao acúmulo de água na via (C e D), na Cidade de Recife.



Fonte: Elaborado pela autora.

Muito embora não tenha sido realizado, recomenda-se que, antes da implantação dos dispositivos móveis, seja realizada uma vídeo inspeção através de robôs, que circulam na parte interna das tubulações, com o intuito de analisar sua integridade. Tendo em vista que para o sucesso da implantação, estas estruturas precisam estar em pleno funcionamento, evitando a ruptura deste elementos hidráulicos. A Figura 36 é um exemplo real de um abatimento na Rua Professor Benedito Monteiro, ocasionando pontos de alagamento na referida via. É importante destacar que a implantação dos ecocestos não trazem problemas para as tubulações e sim a ausência de manutenção, além do lançamento de esgotos sem tratamento e os resíduos sólidos descartados irregularmente, regredindo o tempo de vida útil destas estruturas.

Figura 35 - Abatimento identificado na Rua Professor Benedito Monteiro, na Cidade do Recife.



Fonte: Elaborado pela autora.

4.5 Quadro síntese dos modelos criados de ecocesto

Dos três modelos de ecocestos criados, o produto em fibra de vidro foi o que apresentou os melhores desempenhos, como pode ser observado do Quadro 5, tendo em vista o atendimento ao conjunto de características observadas para melhor funcionalidade do dispositivo.

Quadro 5 - Resumo dos Modelos de Ecocestos.

SÍNTESE DOS ECOCESTOS			
	FERRO FUNDIDO	PEAD	FIBRA DE VIDRO
PESO	↓	↑	↑
CAPACIDADE DE ARMAZENAMENTO	↑	→	↑
DURABILIDADE	↑	↓	↑
VALOR COMERCIAL	↓	↑	↑
INVESTIMENTO	→	↑	↓

Fonte: Elaborado pela autora.

4.6 Ecobarreira

Diversas metodologias para a coleta de resíduos sólidos têm sido utilizadas, o método de ecobarreiras é bastante interessante, pois através da implantação destes dispositivos, instalados transversalmente ao eixo do curso d'água, próximos à foz, o lixo flutuante fica retido, impedindo que estes materiais sejam lançados nos rios e nos mares, diminuindo assim os transtornos ocasionados por estes lançamentos irregulares e sobretudo os impactos ambientais. A Figura 37 mostra, o processo de preparação destes dispositivos que, foram instalados na Cidade de Recife,

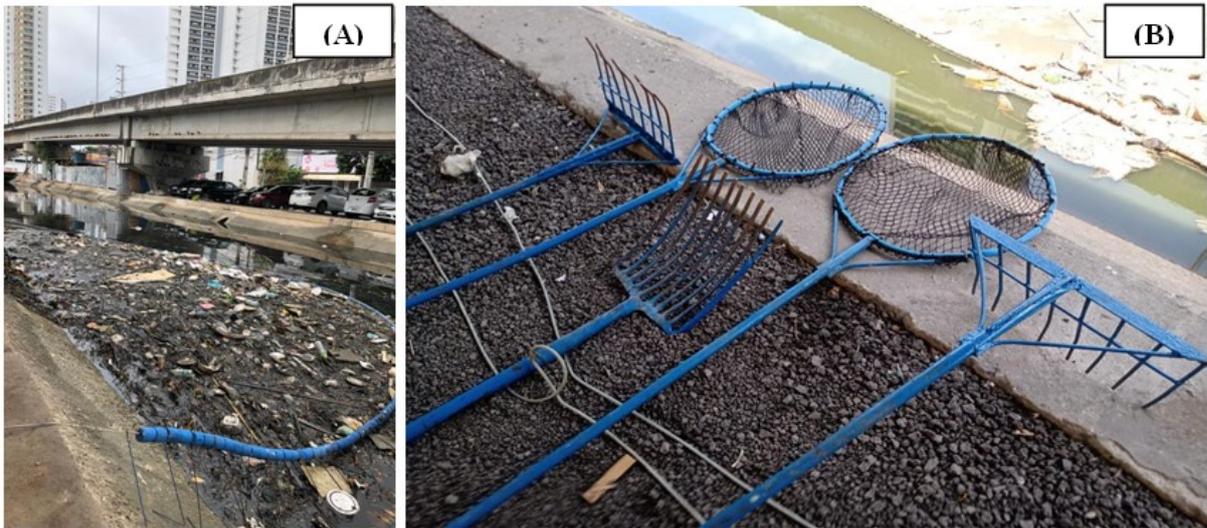
Figura 36 - Montagem da Ecobarreira (A) e detalhe para fixação do ponto fixo (B), ecobarreiras em Recife.



Fonte: Elaborado pela autora.

A princípio o cabo de aço foi fixado em pontos de apoio, de lados distintos, apenas um ponto fica fixo, durante a limpeza solta-se os 2 pontos do cabo de aço, o quarto ponto é onde existe a movimentação, com isso o cabo vem fazendo a varredura do resíduo trazendo-o para a parede do canal, conforme Figura 38. Com o lixo retido na margem no canal é possível fazer a retirada, através de equipamentos de limpeza, evitando que o colaborador entre no canal.

Figura 37 - Material espreado na parede do canal, para ser removido (A), e as Ferramentas utilizadas para limpeza das ecobarreiras (B), no Canal de Setubal.

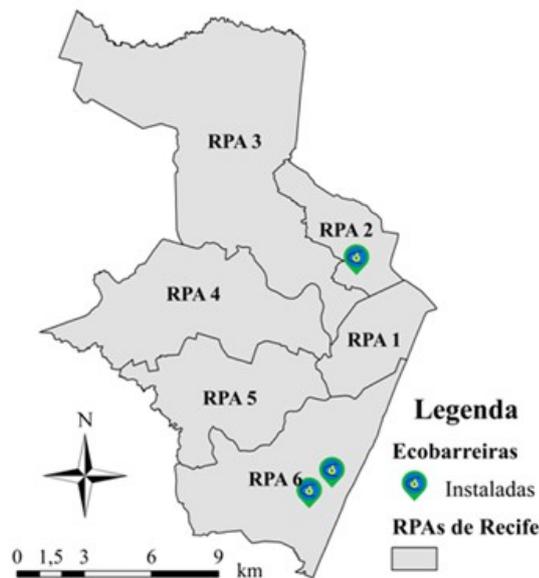


Fonte: Elaborado pela autora

4.6.1 Localizações de implantação das Ecobarreiras na Cidade do Recife

A Figura 39 marca a localização das três primeiras ecobarreiras implantadas da Cidade de Recife. Anualmente estes três importantes cursos d'água recebem investimentos na ordem de R\$1.000.000,00 e são removidos aproximadamente 13 mil toneladas de lixo.

Figura 39 - Localizações onde foram implantadas as Ecobarreiras.



Fonte: Elaborado pela autora.

4.6.2 Primeira Ecobarreira – Canal de Setúbal

No mês de abril de 2021, foi instalada a primeira ecobarreira na Cidade do Recife, a implantação foi no sistema de macrodrenagem no canal de Setúbal, por ter uma contribuição muito acentuada de resíduos circulando em todo seu perímetro. O dispositivo possui algumas vantagens, como: baixo custo de execução; redução de pontos críticos de alagamento, destinação adequada para o lixo, evita que os resíduos cheguem nos rios e mares, dentre outras. Para sinalizar de forma mais clara e didática, foi instalado um totem paralelo ao local da ecobarreira em caráter informativo, conforme Figura 40.

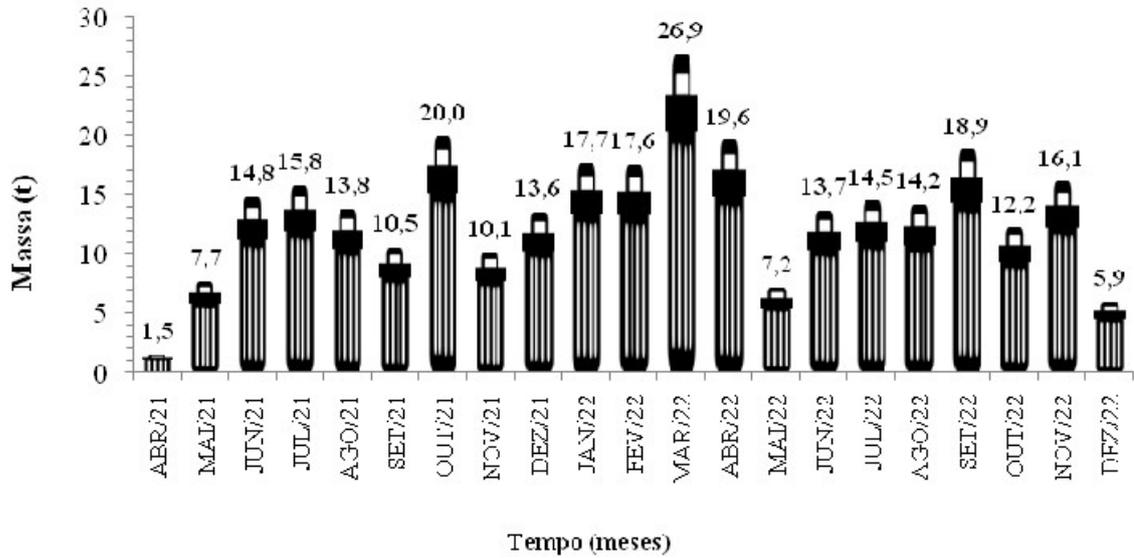
Figura 38 - Modelo de sinalização, instalado paralelo a ecobarreira do canal de setúbal.



Fonte: Elaborado pela autora.

Após 21 meses de implantação a ecobarreira no canal do Setúbal, foram removidos aproximadamente 300 toneladas de lixo, seu principal objetivo é reter o resíduo flutuante, impedindo transtornos para o meio urbano e para o ecossistema. Na Figura 41 pode ser verificado os volumes das remoções realizadas ao longo dos meses.

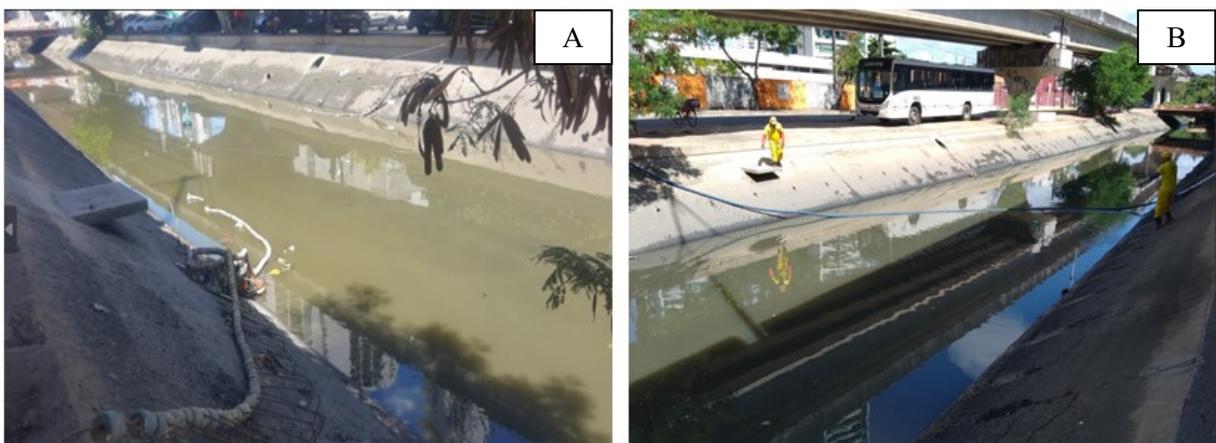
Figura 39 - Remoções na Ecobarreira do Canal de Setúbal.



Fonte: Elaborado pela autora.

No mês de dezembro do ano de 2022 a ecobarreira do canal de Setúbal, sofreu com ações de vandalos, partindo o cabo de aço do dispositivo, como pode ser observado na Figura 42, prejudicando a remoção do material descartado irregularmente, no mesmo mês seguinte foi corrigido tal dano.

Figura 40 – Ecobarreira no canal de Setúbal rompida (A) e a sua recomposição (B).

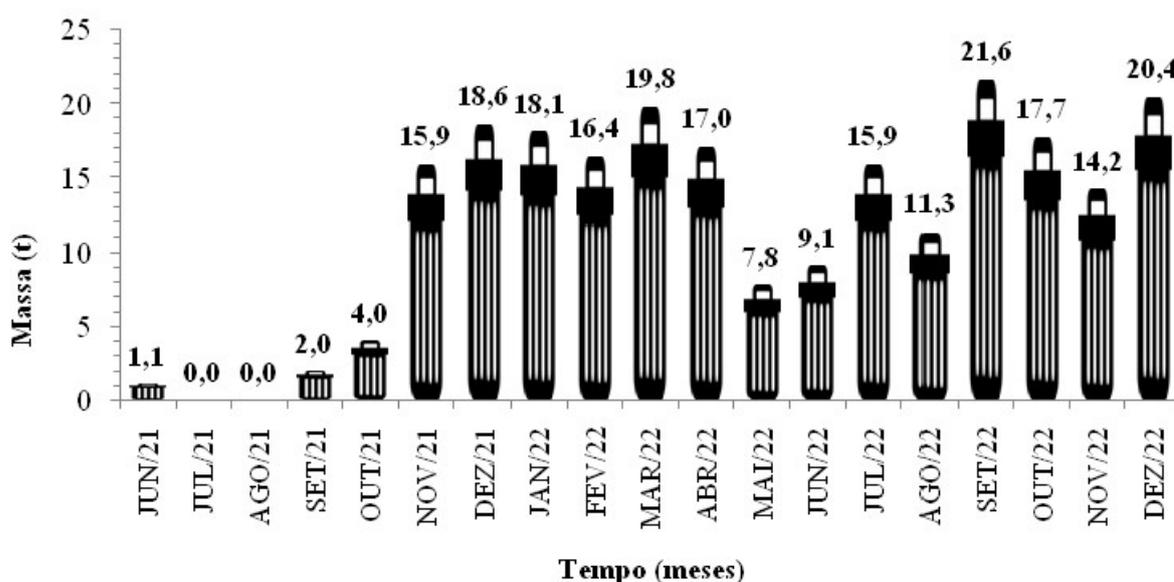


Fonte: Elaborado pela autora.

4.6.3 Ecobarreira – Canal do Jordão

A ecobarreira do canal do Jordão, foi instalada dois meses após a primeira implantação deste dispositivo na Cidade de Recife, no trecho do pontilhão em frente a escola do Grupo Gênese de Ensino – GGE, sofreu ações de vandalismo sendo furtada. Foi estudado um novo local com o intuito que o dispositivo não sofresse com a mesma ação de extravio, no mês de setembro de 2021 foi executado a colocação de uma nova ecobarreira próximo ao túnel Prefeito Augusto Lucena. Desde a sua implantação foram removidos mais de 200 toneladas de lixo, conforme Figura 43.

Figura 41 - Remoções na Ecobarreira do Canal do Jordão.



Fonte: Elaborado pela autora.

A remoção é realizada semanalmente, devido a grande quantidade de resíduos flutuantes que circulam por este principal afluente da Cidade do Recife, visando a melhoria contínua, foi executada uma plataforma de concreto armado, fixado na parte revestida do canal para facilitar a retirada do material, tendo em vista a parede ser inclinada, dificulta o serviço. A população no entorno remove a parte reciclável retida na ecobarreira para revenda, na Figura 44 pode ser visualizado a metodologia de limpeza das ecobarreiras realizada pela equipe da EMLURB.

Figura 42 - Remoção de lixo na ecobarreira do canal do Jordão.

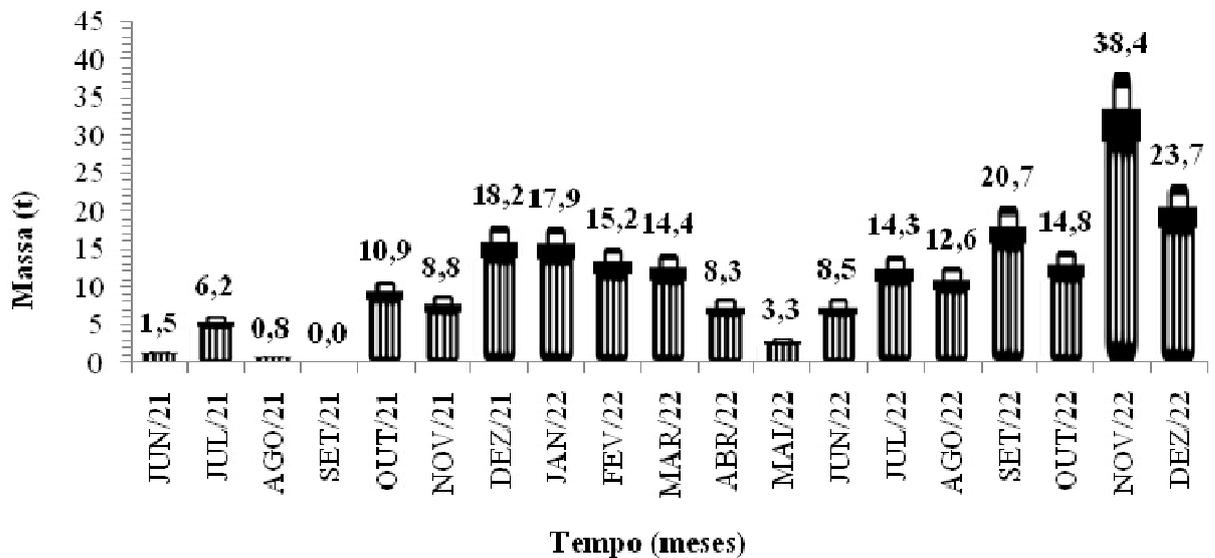


Fonte: Elaborado pela autora.

4.6.4 Ecobarreira – Canal do Vasco da Gama (Arruda)

A ecobarreira do canal do Vasco da Gama, foi instalada no mês de junho/2021, no trecho em frente ao estádio de futebol, o ponto escolhido recebem contribuições dos canais da Bomba do Hemetério e do canal do Jacaré, sendo furçada em meados de agosto/2021 foi replantada no mesmo local. Até o mês de dezembro do ano de 2022 já foram removidos mais de 200 toneladas de resíduos flutuantes da calha do canal, conforme resultados na Figura 45.

Figura 43 - Remoções na Ecobarreira do Canal do Vasco da Gama – Arruda.



Fonte: Elaborado pela autora.

O lixo recolhido do canal é um material muito variado, sendo em sua grande maioria pets conforme pode ser observado na Figura 46, apresentando uma alteração muito grande, desde restos mortais de animais até móveis de casa, estes materiais são um dos principais responsáveis por obstruções nas estruturas hidráulicas, casusando transtornos e danos incalculáveis em dias de fortes precipitações de chuvas.

Figura 44 – Ecobarreira em funcionamento (A), remoção dos resíduos (B) e finalização da limpeza (C) no Canal do Vasco da Gama (Arruda) em Recife.



Fonte: Elaborado pela autora.

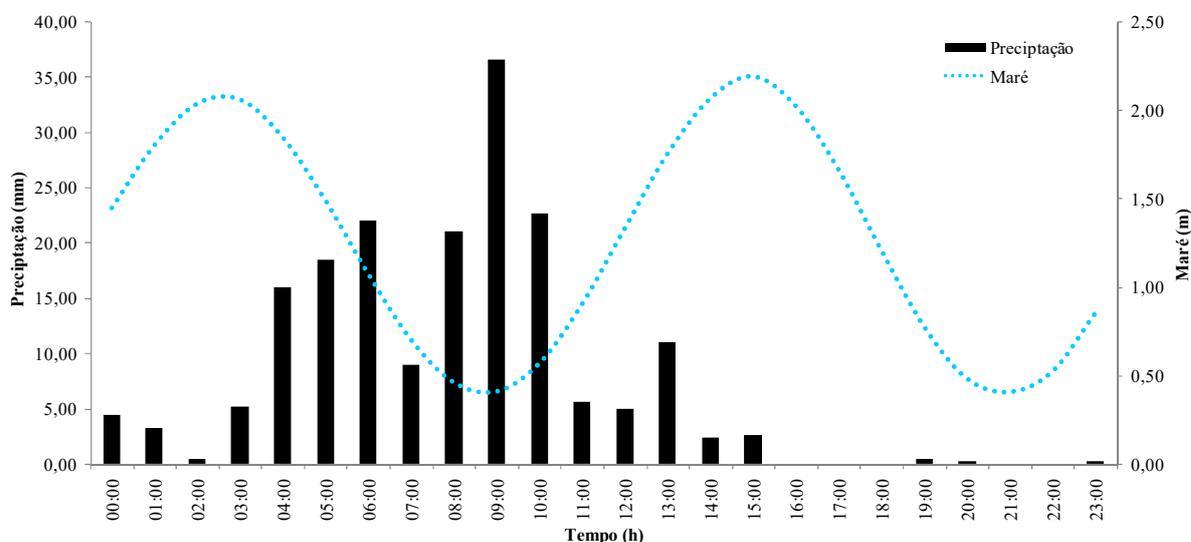
No mês de maio do ano de 2022, os volumes de massas removidas das ecobarreiras, foram inferiores aos meses anteriores, tendo em vista que entre as 0h da sexta feira (27) e às 23h do sábado (28) foram registradas chuvas que chegaram a 186,20 milímetros em alguns pontos da capital Pernambucana, o quantitativo acumulado do mês de maio, chegou a 719,20mm registrado na estação pluviométrica de Areias pelo CEMADEN (2022).

Os eventos meteorológicos atuantes nos dias 28 e 29 de maio, foram decorrentes de Distúrbios Ondulatórios de Leste, o primeiro com convergência de umidade provindo de uma extremidade frontal prévia, Machado *et al.* (2012), analisaram a influência dos DOL's, os quais são sistemas de escala sinótica, de longitudes horizontais da ordem de 1.000 Km ou mais, que ocorrem na baixa Troposfera Tropical. Este distúrbio produz uma forte liberação de

calor latente ocasionando perturbações nos campos de vento e pressão, assim modificando as condições do clima durante sua trajetória.

A pesquisa de Calado e Garnés, 2022 avaliou a influência da maré nesse evento extremo do dia 28 de maio de 2022 como estudo de caso para auxiliar tomadas de decisões futuras. Utilizando o software AstGeoTop – Módulo de Análise de Marés. Após a validação do modelo, é realizada a predição da maré para o ano de 2022 com intervalo de 1 minuto, calculados pelos dados da Marinha, analisando as marés com maiores amplitudes, conhecidas por maré de sizígia e menores amplitudes, marés de quadratura, relacionando ainda com as fases da lua, concluindo que a gravidade na situação ocorreu pelo fato de ser em um período preamares da sizígia nas proximidades da Lua nova, prejudicando o escoamento do fluxo de água, podendo ser ainda mais desastroso, se o pico da precipitação, coincidissem com a preamar, Figura 47.

Figura 45 – Precipitação x Maré no dia 28 de maio de 2022



Fonte: CEMADEM e DHN, adaptado pela autora (2022).

Implantadas em 2021 na Cidade do Recife, as ecobarreiras trouxeram resultados positivos, os dispositivos instalados nos canais impediram que mais de 1000 toneladas de lixo flutuante chegassem nos mares e nos rios, conforme valores descritos na Tabela 3.

Tabela 3 – Controle de retiradas dos resíduos sólidos nas ecobarreiras.

Mês	Setúbal (t)	Jordão (t)	Arruda (t)	Total Geral (t)
Abril/2021	1,50	-	-	1,50
Maio/2021	7,67	-	-	7,67
Junho/2021	14,82	1,11	1,50	17,43
Julho/2021	15,80	-	6,24	22,04
Agosto/2021	13,78	-	0,85	14,63
Setembro/2021	10,53	1,95	-	12,48
Outubro/2021	19,96	4,03	10,86	34,85
Novembro/2021	10,14	15,86	8,78	34,78
Dezembro/2021	13,59	18,59	18,20	50,38
Janeiro/2022	17,68	18,07	17,94	53,69
Fevereiro/2022	17,55	16,38	15,21	49,14
Março/2022	26,91	19,76	14,43	61,10
Abril/2022	19,60	17,03	8,32	45,22
Maio/2022	7,15	7,80	3,25	18,20
Junho/2022	13,65	9,10	8,45	31,20
Julho/2022	14,50	15,86	14,30	44,66
Agosto/2022	14,17	11,31	12,61	38,09
Setembro/2022	18,85	21,58	20,67	61,10
Outubro/2022	12,22	17,68	14,82	44,72
Novembro/2022	16,12	14,17	38,42	68,71
Dezembro/2022	5,92	20,42	23,65	49,99
Total	292,46	230,70	238,48	761,64

Fonte: Elaborado pela autora.

Tendo em vista que o resultado da implantação foi bastante satisfatória, pois com uma quantidade mínima de três instalações, foram impedidos que um grande volume de resíduos fossem destinados de forma incorreta e causasse ainda mais transtornos na Cidade, foram ampliadas a quantidade de colocação das ecobarreiras, com o acréscimo de mais 07 dispositivos, totalizando 10, na Figura 48, pode ser visto os novos locais onde foram inseridas.

Figura 46 – Novos locais de implantação das Ecobarreiras



Fonte: Elaborado pela autora.

No Quadro 6, está o monitoramento das remoções nos novos locais implantadas no ano de 2022, com a retirada de aproximadamente 300 toneladas de lixo destes corpos hídricos.

Quadro 6 – Remoções em 2022 das novas Ecobarreiras na Cidade do Recife-PE.

Mês	Ibiporã	ABC	Arruda II	Torrões	Cavouco	Guarulhos	Jordão II	Massa (t)
Abril	3,31	18,00	13,29	-	-	-	-	34,60
Maio	1,31	2,56	8,08	1,66	1,43	1,18	-	16,22
Junho	5,51	2,93	4,29	3,18	2,80	5,34	1,66	25,70
Julho	4,40	6,36	10,87	3,86	2,61	2,93	3,95	34,98
Agosto	2,49	1,21	10,32	4,11	1,21	3,64	4,89	27,87
Setembro	4,72	4,70	18,11	3,01	4,01	4,34	6,00	44,89
Outubro	4,91	3,95	17,30	4,43	3,68	3,67	3,83	41,77
Novembro	2,25	2,60	8,63	4,29	2,01	2,05	2,35	24,18
Dezembro	1,11	2,97	18,36	2,26	1,96	3,16	12,31	42,13
Total (t)	30,01	45,28	109,25	26,80	19,71	26,31	34,99	292,34

Fonte: Elaborado pela autora.

4.7 Análise Comparativa dos dispositivos implantados

Atualmente, existem 25 ecocestos em fibra que capturam os resíduos no sistema de microdrenagem e 10 ecobarreiras para retenção na macrodrenagem, o material removido é descartado no local adequado, todas estas estruturas foram implantadas dentro da Cidade de Recife.

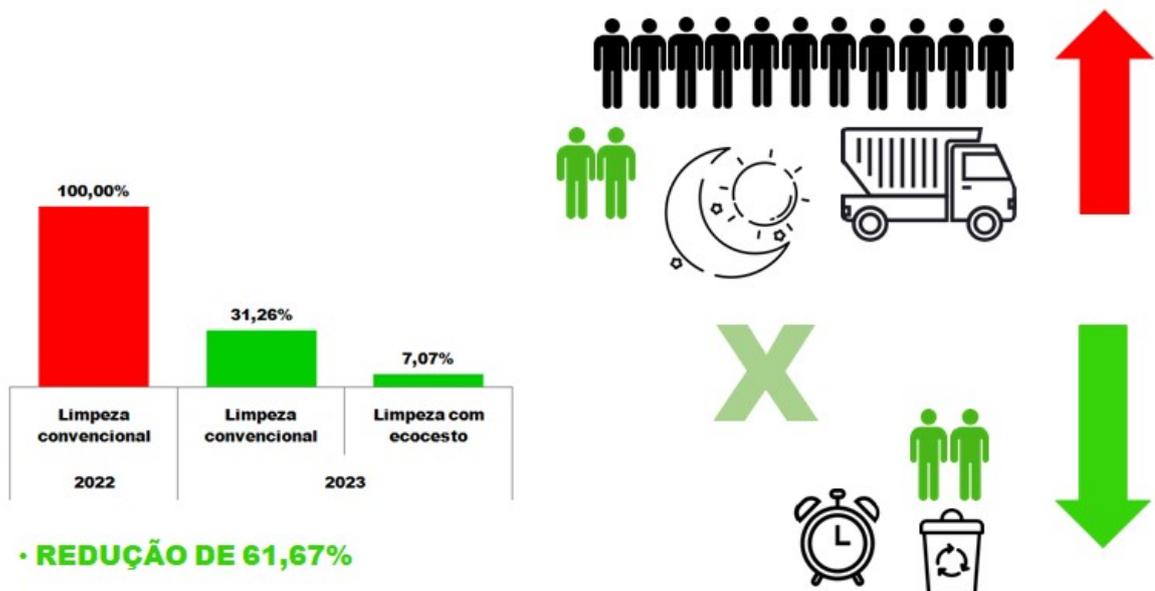
É importante salientar que as próprias características da Cidade do Recife são desafiadoras no quesito de drenagem urbana, tendo em vista os dias com precipitações pluviométricas acima de 100 mm em 24h, naturalmente a Cidade vai ter trantornos. A rotina na manutenção destes

dispositivos auxilia na redução de pontos críticos, contudo não elimina a possibilidade dos problemas em dias de chuvas intensas.

A implantação de ambos os dispositivos não anula a ação de limpeza tradicional. No sistema de microdrenagem, as intervenções anuais deverão ser mantidas, tendo em vista a grande quantidade de sedimentos que se alojam no interior das galerias. Contudo, com a inserção dos ecocestos e sua rotina de limpeza quinzenal, estes serviços realizados anualmente, serão conduzidos em um tempo menor de operação.

Na Figura 47 é demonstrado uma comparação do estudo de caso realizado na Rua Professor Benedito Monteiro, antes da implantação do ecocesto se fazia a limpeza anual (convencional) da galeria em aproximadamente 15 dias com equipes e máquinas trabalhando na interveção, representando 100% do custo operacional, os bonequinhos apresentados na cor verde, significam a equipe de varrição que trabalham em dias alternados na referida via. Após a implantação dos ecocestos a equipe de limpeza convencional passou 05 dias (estimado) na execução do serviço, representando uma redução no custo operacional de 61,67%, relatamos ainda que a equipe de varrição a cada 15 dias, ficará com a proposta de remover os resíduos capturados pelo ecocesto.

Figura 47-Análise comparativa de Microdrenagem (Ecocesto)



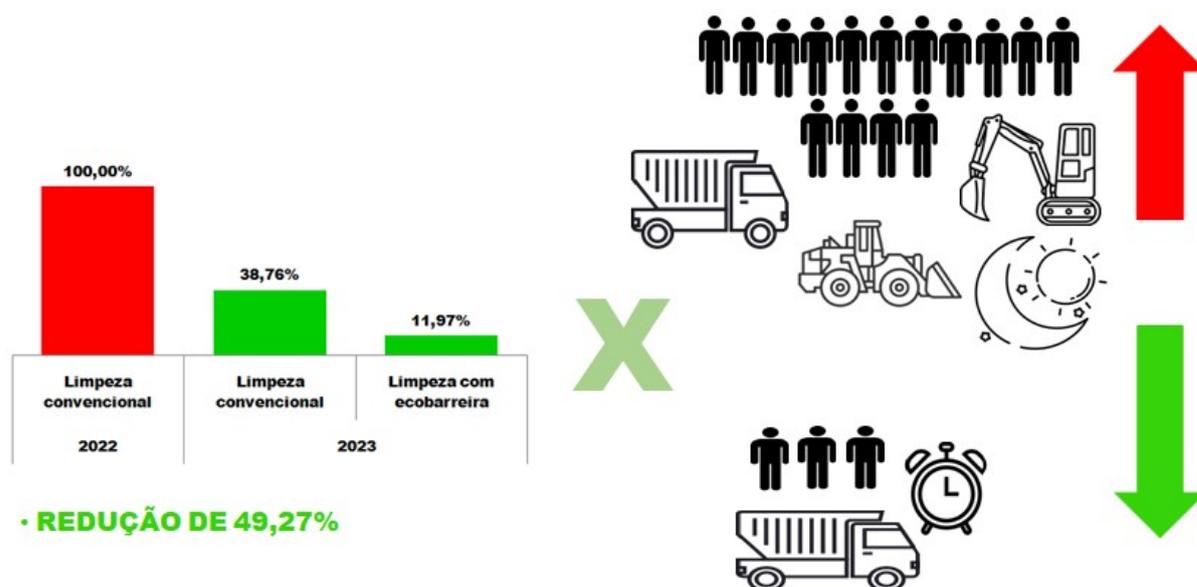
Fonte: Elaborado pela autora.

De igual modo, as ações com máquinas mecanizadas, realizadas nos sistemas de

macrodrenagem anualmente também são necessárias, pois existem uma grande quantidade de sedimentos acumulados, causando o assoreamento na calha destes canais, devido a grande contribuição de esgoto e resíduos que são lançados sem tratamento nestes afluentes, que acumulados ao longo dos anos, criam-se ilhas e dificultam o escoamento das águas nos corpos hídricos.

Contudo, com a implantação das ecobarreiras a operação desta limpeza convencional mecanizada será conduzida em um tempo menor, tendo em vista a rotina da frequência semanal da manutenção, com três operários em aproximadamente 2h realizam a remoção dos resíduos flutuantes nos locais onde foram implantadas as ecobarreiras, conservando a calha destes canais limpos, na Figura 48, observa-se uma comparação desta operação, resultando em redução de 49,27% anual na limpeza convencional.

Figura 48- Análise comparativa de Macrodrenagem (Ecobarreira)



Fonte: Elaborado pela autora.

As vantagens na implantação de ambos dispositivos são a garantia de melhoria no escoamento das águas de chuvas, deixar a Cidade mais limpa, pelo fato de não ter resíduos constantemente nos sistemas de drenagem, a redução nos pontos de alagamento, diminuição das doenças de veiculação hídrica, além de impedir que o quantitativo removido alcancem os rios e mares, prejudicando ainda mais o meio ambiente.

5 CONCLUSÕES

Os dispositivos móveis, implantados nos sistemas de drenagem na Cidade do Recife se mostraram bastante satisfatórios, melhorando o escoamento das águas de chuvas que outrora era prejudicado pelos detritos a qual, circulavam de maneira arbitrária dentro da galeria, impedindo ainda que estes resíduos avancem para os rios e os mares. Após a aplicação destas estruturas, no período estudado com eventos chuvosos superiores a 100 mm, os locais onde foram implantados não apresentaram alagamentos.

O ecocesto elaborado em ferro fundido, demonstrou inviabilidade, prezando pela melhoria da qualidade operacional das remoções. A segunda versão em PEAD, demonstrou resultados positivos, contudo as interações com alguns agentes externos (principalmente roedores), diminuíram sua vida útil. Por fim, o terceiro modelo construído em fibra de vidro, atendeu as expectativas de forma adequada.

Foram removidos 1,8 toneladas de detritos do sistema de micro, minimizando os transtornos na rede, que recebem as primeiras contribuições das águas de chuvas. E para atendimento ao sistema de macrodrenagem, as ecobarreiras implantadas nas calhas dos canais, impediram que mais de 1000 toneladas de resíduos flutuantes chegassem nos rios e nos mares, melhorando ainda o fluxo do escoamento destas águas.

Todos os resíduos removidos dos ecocestos e das ecobarreiras, foram destinados para a Central de tratamento de Resíduo - CTR, que respeitam as legislações aplicáveis aos detritos, com o intuito de diminuir o impacto negativo na saúde humana, assim como no meio ambiente.

Os dispositivos móveis implantados nos sistemas de drenagem na Cidade do Recife se mostraram bastante efetivo, melhorando a eficiência hidráulica da rede, que outrora era prejudicada pelo grande volume de lixo. Ao analisar os gráficos com os volumes retirados, verifica-se que a quantidade é bastante expressiva, com um número reduzido de dispositivos implantados, em dias de maré alta o volume de detrito retirado cresce ainda mais. É possível salientar que além de conter um aspecto sustentável, o tema estudado trata sobretudo de um assunto social e de saúde pública, promovendo uma Cidade mais limpa e segura para as pessoas.

Assim, diante do exposto, conclui-se que a multiplicidade de implantações de técnicas compensatórias, aliçada a uma drenagem urbana planejada que estabeleça diretrizes de gestão pública, consiste em êxito para a solução da problemática.

5.1 Sugestões para trabalhos futuros

O sistema de microdrenagem da Cidade do Recife é composto por aproximadamente 44 mil elementos de drenagem do tipo caixa de gaveta, pensando na melhoria contínua da pesquisa, pode-se analisar alternativas de materiais mais leves, como por exemplo a fibra de vidro, para o acesso a estas caixas, como também implantação de sensores para automação do sistema é um ponto a ser estudado nos dispositivos chamados ecocestos.

Relacionado a macrodrenagem, a Cidade possui uma malha de aproximadamente 130 km de extensão em canais, sendo um total de 99 cadastrados, pode-se estudar outros tipos de dispositivos móveis ou até outros tipos de materiais para serem implantados nas calhas dos canais.

Com o objetivo de melhoria na educação hidroambiental sugere-se a implantação de políticas públicas sobre gestão de resíduos sólidos nas Cidades urbanas, proporcionando uma melhor qualidade de vida das pessoas que vivem em áreas de vulnerabilidade.

Sugeri-se ainda pesquisar sobre estruturas que possam acompanhar estes dispositivos em dias de fortes precipitações, impedindo que os resíduos ultrapassem por cima da estrutura, realizando ainda análises comparativas com as ecobarreiras já instaladas, medindo sua eficiência quanto a retenção dos resíduos flutuantes.

REFERÊNCIAS

ABNT – Associação Brasileira de Normas Técnicas. **ABNT NBR 10.004**: Resíduos Sólidos – Classificação. Rio de Janeiro, ABNT, 2004, 77 p.

AGOSTINHO, M. S. P.; POLETO, C. Sistemas sustentáveis de drenagem urbana: dispositivos. **Holos Environment**, v. 12, n. 2, p. 121-131, 2012.

ALMEIDA, L. Q.; CORRÊA, A. C. B. Dimensões da negação dos rios urbanos nas metrópoles brasileiras: o caso da ocupação da rede de drenagem da planície do Recife, Brasil. **Geo UERJ**, v. 1, n. 23, p. 114-135, 2012.

ANGELAKIS, A. N.; CAPODAGLIO, A. G.; DIALYNAS, E. G. Wastewater Management: From Ancient Greece To Modern Times And Future. **Water**, v. 15, n. 1, p.43-68, 2022.

BERNARDO, P. H. M. **Drenagem urbana sustentável**. Monografia (Iniciação Científica em Engenharia Civil). Centro Universitário Sagrado Coração – UNISAGRADO, Bauru, 2021.

BEVILACQUA, S. Bueiros inteligentes podem ajudar a combater enchentes. **TERRA**. São Paulo, 2012. Disponível em: <https://www.terra.com.br/noticias/ciencia/sustentabilidade/bueiros-inteligentes-podem-ajudar-a-combater-enchentes,ed4839160467b310VgnCLD200000bbcceb0aRCRD.html>. Acesso em 14 abr. 2021.

BRASIL, Lei Nº 12.305 de 02 de agosto de 2010 - Política Nacional de Resíduos Sólidos (PNRS). European Commission, (1996).

CALADO, L. G. L. P.; GARNÉS, S. J. A. A influência da maré em eventos de precipitações extremas: Estudo de caso em Recife-PE. *In: V Simpósio Brasileiro de Geomática, Curitiba – PR, 2022. Anais [...]*. Disponível em: https://cbcg.ufpr.br/?page_id=2345. Acesso em 13 fev. 2023.

CEMADEN. Centro Nacional de Monitoramento e Alertas de Desastres Naturais, (2022). Mapa Interativo. Disponível em: <http://www.cemaden.gov.br>. Acesso em 03 ago. 2022.

CHRISTOFIDIS, D.; ASSUMPCÃO, R. S. F. V.; KLIGERMAN, . C. A evolução histórica da drenagem urbana: da drenagem tradicional à sintonia com a natureza. **Saúde em Debate**, v. 43, n. Especial 3, Rio de Janeiro, p. 94-108, 2020.

CONAMA - Conselho Nacional do Meio Ambiente. Resolução CONAMA Nº 307/ 2002. Estabelece diretrizes, critérios e procedimentos para a gestão dos resíduos da construção civil. Diário Oficial da União: Brasília,DF, 2002. Disponível em: https://cetesb.sp.gov.br/licenciamento/documentos/2002_Res_CONAMA_307.pdf. Acesso em: 17 out. 2021.

CONDE, T.T.; STACHIW, R.; FERREIA, E. Aterro sanitário como alternativa para a preservação ambiental. **Revista Brasileira de Ciências da Amazônia/Brazilian Journal of Science of the Amazon**, v. 3, p. 69-80, 2014.

DALTOÉ, M. F.; CASTRO, A. S.; CORRÊA, L. B.; LEANDRO, D.; BARCELOS, A. A.

Resíduos Sólidos Na Rede De Microdrenagem – Uma Análise Qualitativa Na Cidade De Pelotas/RS. **Revista Monografias Ambientais – REMOA**, v. 15, p.175-188, 2016.

DIRETORIA DE HIDROGRAFIA E NAVEGAÇÃO (DHN). Tábua das marés: Porto de Recife (estado de Pernambuco) - 2022. Disponível em:

https://www.marinha.mil.br/chm/sites/www.marinha.mil.br.chm/files/dados_de_mare/24-porto_de_recife.pdf. Acesso em: 07 mar. 2023

ECO NORDESTE, (2020).Pernambuco prevê universalização dos aterros sanitários para 2022. Disponível em:<https://agenciaeconordeste.com.br/pernambuco-preve-universalizacao-dos-aterros-sanitarios-para-2022/>. Acesso em: 25 fev. 2023

EMLURB. Empresa de Manutenção e Limpeza Urbana. **Plano Diretor de Drenagem e Manejo das Águas Urbanas do Recife: Relatório do diagnóstico do sistema de drenagem existente**. Recife, 2016, 333p.

FLETCHER, T. D.; SHUSTER, W.; HUNT, W. F.; ASHLEY, R.; BUTLER, D.; ARTHUR, S.; TROWSDALE, S.; BARRAUD, S.; DAVIES, A. S.; KRAJEWSKI, J. L. B.; MIKKELSEN, P. S.; RIVARD, G.; UHL, M.; DAGENAIS, D.; VIKLANDER, M. . SUDS, LID, BMPs, WSUD and more – The evolution and application of terminology surrounding urban drainage. **Urban Water Journal**, v. 12, n. 7, p. 525-542, 2014.

FOLHA DE SÃO PAULO, (2022). <https://www1.folha.uol.com.br/cotidiano/2022/05/chuvas-causam-44-mortos-e-deixam-56-desaparecidos-no-grande-recife.shtml#:~:text=Fortes%20chuvas%20deixam%20mortos%20e%20desabrigados%20na%20Grande%20Recife&text=Foram%20recebidas%2048%20ocorr%C3%AAsncias%20cr%C3%ADticas,segundo%20a%20administra%C3%A7%C3%A3o%20do%20munic%C3%ADpio>. Acesso em 14 fev. 2023.

GEORGE, A. R. On Babylonian lavatories and sewers. **IRAQ**, v. 77, p. 75-106, 2015.

GHANI, A. A.; AZAMATHULLA, H. M.; LAU, T. L.; RAVIKANTH, C. H.; ZAKARIA, N. A.; LEOW, C. S.; YUSOF, M. A. M. Flow pattern and hydraulic performance of the REDAC Gross Pollutant Trap. **Flow Measurement and Instrumentation**, v. 22, n. 3, p 215-224, 2011.

Good News: Australia Found a Way to Save Water From Plastic Pollution and We Can Start Doing the Same. **BRIGHT SIDE**. Alemanha, ca. 2016. Disponível em:

<https://brightside.me/wonder-curiosities/good-news-australia-found-a-way-to-save-water-from-plastic-pollution-and-we-can-start-doing-the-same-650510/>. Acesso em: 17 out. 2021.

GOUVEIA, R. L.; SELVA, V.S.F. Governança ambiental na revitalização dos riachos urbanos na Cidade do Recife – Pernambuco – Brasil. **Research, Society and Development**. v.10, n. 12, p.e146101220197, 2021.

GOVERNO DO ESTADO DE PE, (2018). Equipe da Secid acompanha agenda da Comissão de Meio Ambiente da Alepe. Disponível em: Equipe da Secid acompanha agenda da Comissão de Meio Ambiente da Alepe, Acesso em 04 ago. 2022.

GUEDES, R. P.; ARAÚJO, M. P. S.; ANDRADE, A. P. G. Necessidade do gerenciamento dos recursos hídricos em grandes cidades como Recife. **Architecton-Revista de Arquitetura**

e **Urbanismo**, v. 6, n. 9, p. 107-117, 2021.

HOFFMANN, R. C.; MIGUEL, R. A. D.; PEDROSO, D. C. A Importância do Planejamento Urbano e da Gestão Ambiental Para o Crescimento Ordenado das Cidades. **Revista de Engenharia e Tecnologia**, v. 3, n. 3, p. 70-81, 2011.

IBGE. (2010). Economia, Produto Interno Bruto dos Municípios. Diretoria de Pesquisas, Coordenação de Contas Nacionais. Disponível em <http://www.ibge.gov.br>. Acessado em em 12 abr. 2022.

JORNAL DO COMERCIO, (2019).Lixão da Muribeca: 10 anos de fechamento, o que há para celebrar ?. Disponível em: <https://jc.ne10.uol.com.br/blogs/jamildo/2019/07/17/lixao-da-muribeca-10-anos-de-fechamento-o-que-ha-para-celebrar/index.html>, Acesso em 12 abr. 2021.

LEITE, N. D.; PAIVA, B. K. V.; OLIVEIRA, M. Z. F. S.; SANTOS, G. O. Lixões, aterros controlados e aterros sanitários: o que mudou no Brasil após a publicação da Lei Federal 12.305/2010. *In: CONGRESSO BRASILEIRO DE ENGENHARIA SANITÁRIA E AMBIENTAL*, 30., 2019, Natal. **Anais [...]**. Natal: Instituto Federal de Educação, Ciência e Tecnologia do Ceará, 2019. Disponível em: https://repositorio.ufc.br/bitstream/riufc/55137/1/2019_eve_ndleite.pdf. Acesso em: 30 mai. 2022.

LOPES, M. V. A.; SILVA, A. C.; SILVA JUNIOR, M. A. B.; MOURA, M. R. F.; SILVA, A. K. B. Readequação da Rede de Microdrenagem Visando o Controle de Alagamentos em Trecho da Avenida Mascarenhas de Moraes, em Recife-Pe. *In: XIII Encontro Nacional de Águas Urbanas*, Porto Alegre – RS, 2020. **Anais [...]**. Disponível em: <https://anais.abrhidro.org.br/job.php?Job=7127>. Acesso em: 25 fev. 2023.

MACHADO, C.C. C., NÓBREGA, R. S.; OLIVEIRA, T. H. A.; SILVA, K. M. A.(2012). “Distúrbio ondulatório de leste como condicionante a eventos extremos de precipitação em Pernambuco”. **Revista Brasileira de Climatologia**, 11(8)pp.146-188.

MALTA, D. C.; SZWARCOWALD, C. L.; BARROS, M. B. A.; GOMES, C. S.; MACHADO, I. E.; SOUZA JÚNIOR, P. R. B.; ROMERO, D. E.; LIMA, M. G.; DAMACENA, G. N.; PINA, M. F.; FREITAS, M. I. F.; WERNECK, A. O.; SILVA, D. R. P.; AZEVEDO, L. O.; GRAICE, R. A pandemia da COVID-19 e as mudanças no estilo de vida dos brasileiros adultos: um estudo transversal. **Epidemiologia e Serviços de Saúde**, v. 29, n. 4, p. 01-13, 2020.

MARTINS, C. C.; SILVA, A. F. F.; LIMA, D. A. Estudo e modelagem de um controlador para bueiro eletrônico baseado em lógica Fuzzy. *In: Encontro de Pesquisa e Extensão*, 7., 2020. **Anais [...]**. Instituto Federal do Triângulo Mineiro, 2020.

MELO, R. R. **Modelagem batimétrica e dinâmica sedimentar do leito do Rio Capibaribe após dragagem de aprofundamento**. Dissertação (Mestrado). Universidade Federal de Pernambuco, Recife, Pernambuco, 2016.

MENEZES, F. C. M., AMARAL, D. B. Histórico da expansão urbana e ocorrência de inundações na cidade de Cuiabá-MT. **Sociedade & Natureza [online]**, Unerlândia, v. 26, n.

1, p. 159-170, 2014.

MIGNOT, E.; DEWALS, B. Hydraulic modelling of inland urban flooding: Recent advances. **Journal of Hydrology**, v. 609, p. 127763, 2022.

MOURA, M. R. F.; MARTIS, N. N. J. L. N.M.; ALMEIDA, Y. Y. G. A macrodrenagem urbana sob a ótica do tripé da sustentabilidade: uma análise dos canais do Recife-PE. *In*: IBOGU - Simpósio Brasileiro Online de Gestão Urbana, 3., 2019. **Anais [...]**. Disponível em: <https://www.eventoanap.org.br/data/inscricoes/4964/form1478181207.pdf>. Acesso em: 25 jan. 2022.

NEVES, M. G.F.P.; TUCCI, C.E.M. Resíduos Sólidos na Drenagem Urbana: Aspectos Conceituais. **RBRH — Revista Brasileira de Recursos Hídricos**, v. 13, n. 3, p. 01-21, 2008.

PAIVA, A. L. R.; CABRAL, J. J. S. P.; MONTENEGRO, S. M. G. L.; SOBRINHO, A. F. C. Aumento do risco de salinização da água subterrânea na planície de recife devido à elevação do nível do mar. *In*: Congresso Brasileiro de Águas Subterrâneas, 18., 2014. **Anais [...]**. [Fortaleza]: Serviço Geológico do Brasil. Disponível em: <https://aguassubterraneas.abas.org/asubterraneas/issue/view/1303>. Acesso em: em 08 mar. 2022.

PEREIRA, C. C.; DEBIASE, D. F.; FARIAS, J. M.; MADEIRA, K.; LONGEN, W. C. Análise do risco ergonômico lombar de trabalhadores da construção civil através do método NIOSH. **Revista Produção Online**, Florianópolis, v. 15, n. 3, p. 914-924, 2015.

PETROLI, P. A. **Armadilha Para Resíduos Em Bocas De Lobo**. 2020. Monografia (Graduação em Engenharia Ambiental). Instituto de Pesquisas Hidráulicas e Escola De Engenharia, Universidade Federal do Rio Grande Do Sul, Porto Alegre, Rio Grande do Sul, 2020.

PINHO, T. A. S. Análise do processo de degradação ambiental do curso inferior do rio morno sob da perspectiva da ocupação desordenada das áreas do seu entorno. *In* **Anais do XVIII Simpósio Brasileiro de Geografia Física Aplicada**. Fortaleza – CE. 2019

POLETO, C. SUDS (Sustainable Urban Drainage Systems): Uma Contextualização Histórica. **Revista Thema**, v. 8, n. 1, p. 01-12, 2011.

PREFEITURA DO RECIFE, (2021). A Cidade do Recife: Perfil e História. Disponível em: <http://www.recife.pe.gov.br>, Acesso em 14 abr. 2021.

PREFEITURA DO RECIFE. Recife, 2022. Ação de limpeza dos canais do Recife avança. Disponível em: <http://www2.recife.pe.gov.br/noticias/02/03/2022/acao-de-limpeza-dos-canais-do-recife-avanca>. Acesso em 02 mar. 2022.

RAMOS, D. V.; CAMPOS, J. F. Recursos e Instrumentos de Gestão Aplicáveis à Drenagem Urbana no Brasil. **Journal of Exact Sciences – JES**, v. 24, n.1, p. 05-07, 2020.

REYNALDO, A.; ALVES, P. R. M. Origem da expansão do Recife: divisão do solo e configuração da trama urbana. *In*: Seminario Internacional de Investigación en Urbanismo, 5., 2013, Buenos Aires. **Anais [...]**. Universitat Politècnica de Catalunya: 2013.

RODRIGUES, Nathalia Moreira; RODRIGUES, Carlos Eduardo Ferreira; RODRIGUES, Camila Ribeiro. A falta de drenagem urbana nas cidades brasileiras. **Research, Society and Development**, v. 11, n. 6, p. e54911629652, 2022.

SANTOS, C. R. L.; SILVA, G. M.; SANTANA, K. C. S.; LAFAYETTE, K. P. V.; SILVA, S. R. Drenagem Urbana: Uma Análise de Vazão de Cheia para a Sub-Bacia do Rio Beberibe utilizando o modelo ABC6. **Revista Brasileira de Geografia Física**, v. 15, n. 04, p. 2104-2120, 2022.

SANTOS, J. I. N.; TEIXEIRA, L. G.; LIMA, S. R. M.; PACHECO, P. R. C. Avaliação das causas do surgimento de resíduos sólidos na rede de drenagem de uma bacia urbana. In: CONGRESSO ABES FENASAN 2017. **Anais [...]**. Disponível em: <https://abesnacional.com.br/XP/XPEasyArtigos/Site/Uploads/Evento36/TrabalhosCompletoP/DF/IV-196.pdf>. Acesso em 04 nov. 2021.

SANTOS, L. D. J.; GONÇALVES, R. B.; CABRAL, C. J.; GIRÃO, O. VULNERABILIDADES A EVENTOS PLUVIAIS DE ALTA MAGNITUDE DA CIDADE DO RECIFE–PERNAMBUCO/BRASIL. **Revista de Geografia**, v. 9, n. 2, p. 160-185, 2019.

SANTOS, Fernando; CARDELES, Vincenzo. Automação na drenagem urbana: Hoje x Futuro. In: III SIMPÓSIO NACIONAL DE GESTÃO E ENGENHARIA URBANA: SINGEURB, 2021, Maceió. **Anais...** Porto Alegre: ANTAC, 2021. p. 531- 537. Disponível em: https://eventos.antac.org.br/index.php/sin_geurb/issue/view/14

SILVA, B. L. A.; OLIVEIRA, I. C. A.; BUENO, L. L. N.; SILVA, T. P.; RODRIGUES, J. C. S.; AMARANTE, M. S. Conjunto de Drenagem Urbana nas Cidades e sua Importância na Redução de Inundações e Enchentes. **Revista Pesquisa e Ação**, v. 5, n. 2, p. 205-227, 2019.

SILVA JUNIOR, M. A. B.; CABRAL, J. J. S. P.; NETO, G.C.F.; SILVA, P. O.; GUERRA, C. M. F.; SILVA, S. R. Desafios para a adaptação da infraestrutura de drenagem urbana em cenário de mudança do clima no Recife-PE. **Journal of Environmental Analysis and Progress**, v. 5, n. 3, p. 302–318, 2020.

SILVA JUNIOR, M. A. B.; SILVA, S. R. Impactos da urbanização e das alterações climáticas no sistema de drenagem do Recife/PE. **Revista Brasileira de Geografia Física**, v. 9, n. 6, p. 2034-2053, 2016.

SILVA JUNIOR, M. A. B.; SILVA, S. R.; ALCOFORADO, R. M. G. Avaliação do sistema de microdrenagem visando à sustentabilidade de área urbana com problemas de alagamentos e influência das marés. **Revista Nacional de Gerenciamento de Cidades**, v. 4, n. 24, p. 01-17, 2016.

SILVA JUNIOR, M.A. B.; SILVA, S. R.; CABRAL, J. J. C. P. Compensatory alternatives for flooding control in urban areas with tidal influence in Recife-PE. **RBRH - Revista Brasileira de Recursos Hídricos/Brazilian Journal of Water Resources**, Porto Alegre, v. 22, 2017.

SILVA, A. C. **Modelagem hidrológica-hidráulica para atenuação de alagamentos no entorno da Escola Politécnica de Pernambuco**. Dissertação (Mestrado em Engenharia). Escola Politécnica de Pernambuco, Universidade de Pernambuco, Recife, Pernambuco, 2018.

SILVA, A. C.; JUNIOR SILVA, M. A. B.; SILVA, S. R.; CABRAL, J. J. S. P. Os efeitos da manutenção preventiva no desempenho hidráulico de um sistema de drenagem urbana do Recife – PE. **Revista DAE**, São Paulo, v. 68, n. 225, p. 149-166, 2020.

SILVA, A. S.; SILVEIRA, G. L.; WOLFF, D. B.; CRUZ, J. C. Captura de resíduos sólidos drenados de uma bacia hidrográfica urbana. **RBRH -Revista Brasileira de recursos hídricos**, v. 16, n. 4, p. 149-155, 2011.

SILVA, F. C.; LIMA, B. B. S.; CHAVES, A. F. F.; GUTIERREZ, L. A. C. L. Descarte irregular de resíduos sólidos e suas consequências nas proximidades do Campus V da Universidade do Estado do Pará, Belém-PA. *In: Meio Ambiente em Foco*. Belo Horizonte: Poisson, p. 25-39, 2018.

SILVA, P. O. **Modelagem hidrológica do rio Tejiupió por ocasião de chuvas intensas levando em conta o efeito de marés**. Tese (Doutorado). Universidade Federal de Pernambuco, Recife, Pernambuco, 2019.

SOUSA, N. M.; PORTELA, M. F. A.; NASCIMENTO, E. C.; TORRES, D. M.; FIGUEIREDO, A. A. O. Ocupação desordenada e deposição de resíduos sólidos: um estudo sobre o entorno do Parque Jiquiá-Recife/PE. **Revista Brasileira de Gestão Ambiental**, v. 14, n. 2, p. 179-186, 2020.

SOUZA, P. L.; TORRES, E. IE. S. A.; XAVIER, B. V. M. P.; SOUTO, C. K. B.; BARROS, K. C.; TELES, A. I. L.; PRATA, L. K. F.; DIAS, E. C.; ANDRADE, A. A.; GOMES, N. C. R.; BITTENCOURT, G. M.; FERNANDES, L. L. Abordagem Da Atual Situação Do Sistema De Drenagem Urbana E Resíduos Sólidos Do Bairro Curió Utinga-Belém/Pa. *In: Simpósio Brasileiro de Engenharia Ambiental*, 9., 2017. **Anais [...]**. Disponível em: <https://www.proceedings.blucher.com.br/article-details/abordagem-da-atual-situao-do-sistema-de-drenagem-urbana-e-resduos-slidos-do-bairro-curi-utinga-belmpa-26752>. Acesso em: 04 Abr. de 2022

SOUZA, W. M.; AZEVEDO, P.V.; ARAÚJO, L. E. Classificação da Precipitação Diária e Impactos Decorrentes dos Desastres Associados às Chuvas na Cidade do Recife-PE. **Revista Brasileira de Geografia Física**, Recife, v. 5, n. 2, p.250-268, 2012.

SWANEPOEL, S.; BARNARDO, T.; MARLIN, D. Existing Litter Traps in the Nelson Mandela Bay Metropolitan Area. **Sustainable Seas Trust**, Nelson Mandela Bay Municipality, 2020. Disponível em: <https://sst.org.za/wp-content/uploads/2020/08/102-Existing-litter-traps-NMBM-2020-08-18-1.pdf>. Acesso em: 07 mar. de 2022.

TUCCI, C. E. M. PLANO DIRETOR DE DRENAGEM URBANA: PRINCÍPIOS E CONCEPÇÃO. **RBRH - Revista Brasileira de Recursos Hídricos**, Porto Alegre, v. 2, n. 2, p. 5-12, 1997.

WILFONG, M.; PAVAO-ZUCKERMAN, M. Rethinking stormwater: analysis using the hydrosocial cycle. **Water**, v. 12, n. 5, p. 1273-1288, 2020.

WWF - Fundo Mundial para a Natureza (Suíça). **SOLUCIONAR A POLUIÇÃO PLÁSTICA: TRANSPARÊNCIA E RESPONSABILIZAÇÃO**. Gland: 2019. Disponível em:

https://jornalimosocioambiental.files.wordpress.com/2019/03/plastic_report_02-2019.pdf.
Acesso em: 25 de mai de 2021.