

UNIVERSIDADE FEDERAL DE ALAGOAS
CAMPUS DO SERTÃO
CURSO DE ENGENHARIA CIVIL

RENATA SOARES ARAUJO DE MENDONCA

**DRENAGEM URBANA PARA ÁREAS DE ENCOSTAS: ESTUDO DE CASO NO
PROGRAMA VIDA NOVA NAS GROTA EM MACEIÓ - ALAGOAS**

Delmiro Gouveia (AL)

2023

RENATA SOARES ARAUJO DE MENDONCA

**DRENAGEM URBANA PARA ÁREAS DE ENCOSTAS: ESTUDO DE CASO NO
PROGRAMA VIDA NOVA NAS GROTAS EM MACEIÓ - ALAGOAS**

Trabalho de Conclusão de Curso apresentado
ao Curso de Engenharia Civil da Universidade
Federal de Alagoas, como requisito parcial à
obtenção do título de Bacharelado/Licenciatura
em Engenharia Civil.

Orientador: Prof. Dr. Odair Barbosa de
Moraes.

Delmiro Gouveia (AL)

2023

Catálogo na fonte
Universidade Federal de Alagoas
Biblioteca do Campus Sertão
Sede Delmiro Gouveia

Bibliotecária responsável: Renata Oliveira de Souza CRB-4 2209

M539d Mendonça, Renata Soares Araújo de

Drenagem urbana para áreas de encostas: estudo de caso no Programa Vida Nova nas Grotas em Maceió – Alagoas / Renata Soares Araújo de Mendonça. - 2023.

70 f. : il.

Orientação: Odair Barbosa de Moraes.

Monografia (Engenharia Civil) – Universidade Federal de Alagoas. Curso de Engenharia Civil. Delmiro Gouveia, 2023.

1. Drenagem urbana. 2. Encostas. 3. Escadarias drenantes. 4. Rampas drenantes. 5. Programa Vida Nova nas Grotas. 6. Grotas do Estrondo. 7. Maceió – Alagoas. I. Moraes, Odair Barbosa de. II. Título.

CDU: 628.14

Folha de Aprovação

RENATA SOARES ARAUJO DE MENDONCA

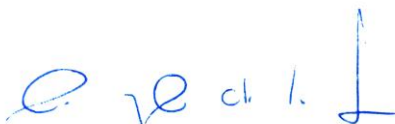
DRENAGEM URBANA PARA ÁREAS DE ENCOSTAS: ESTUDO DE CASO NO PROGRAMA VIDA NOVA NAS GROTAS EM MACEIÓ - ALAGOAS

Trabalho de Conclusão de Curso submetido à banca examinadora do curso de Engenharia Civil da Universidade Federal de Alagoas e aprovada em 10 de outubro de 2023.

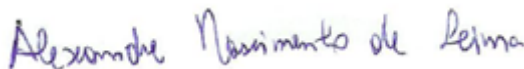


(Orientador – Dr. Odair Barbosa de Moraes, UFAL)

Banca examinadora:



(Examinador(a) Externo(a) – Eng. Caio Maurilio Godoi da Hora)



(Examinador(a) Interno(a) – Me. Alexandre Nascimento de Lima, UFAL)

AGRADECIMENTOS

A Deus, por sempre me guiar e ser minha fortaleza em todos os momentos da minha vida. "Até aqui o Senhor nos ajudou". 1 Samuel 7:12

À minha mãe Gleide, por sempre ter apoiado os meus sonhos, e todo o suporte e esforço fornecido durante todos os anos da graduação.

À minha Tia Neide, minha segunda mãe, que sempre esteve vibrando e torcendo por mim e por minhas realizações.

Às minhas primas Fabiana e Alice por estarem sempre comigo.

Ao meu Tio Jânio, por todo apoio e ombro amigo.

Ao meu orientador Prof. Dr. Odair Barbosa de Moraes, por toda sua paciência, dedicação e conhecimento passado.

Ao meu noivo Caíque, por sempre ser meu ponto de paz e equilíbrio.

Aos meus amigos de graduação, Maria Clara, Gustavo Freitas, Maria Paula, Murilo Costa, Laura Nunes, Emanuel Victor, Kimberlly Ferreira, Luis Costa, por todo conhecimento compartilhado e ter deixado a graduação mais leve.

E a todos que direta ou indiretamente contribuíram nesses anos de graduação.

RESUMO

O tema desse trabalho está ligado a soluções para a drenagem urbana para áreas de encostas, na qual, são áreas que em sua maioria são construídas de maneiras irregulares e que sofrem drasticamente com essa falta de planejamento urbano. Com um estudo de caso voltado para o Programa Vida Nova nas Grotas, que é um programa desenvolvido pelo Governo de Alagoas, com intervenções urbanas para a melhorias dessas localidades. Nesse trabalho buscamos levantar a abordagem do uso das escadarias e rampas drenantes como uma forma de solução de drenagem urbana para grotas em Maceió, Alagoas. Foi escolhida a Grota do Estrondo, para ser a área estudada. Diante dos levantamentos colhidos e visitas exploratórias foi feito uma análise para avaliar a viabilidade de uso desse sistema, além de sugerir propostas para o melhoramento nos estudos voltados para a topografia da área, projetos feitos de formas mais precisas, além de aplicar outras soluções como por exemplo muros de arrimo, áreas de detenção e retenção.

Palavras-chave: Drenagem urbana, Escadarias Drenantes, Grota do Estrondo, Vida Nova nas Grotas.

ABSTRACT

This work is linked to solutions for urban change for hillside areas, which are areas that are mostly built in irregular ways and that suffer significantly from this lack of urban planning. With a specific case study for the Vida Nova nas Grotas Program, which is a program developed by the Government of Alagoas, with urban interventions for improvements in these locations. In this work we seek to raise the approach to using drainage stairs and ramps as a form of urban drainage solution for caves in Maceió, Alagoas. Grota do Estrondo was chosen to be an area studied. Based on the surveys collected and exploratory visits, an analysis was carried out to evaluate the feasibility of using this system, in addition to suggesting proposals for improving studies focused on the topography of the area, projects carried out in more precise ways, in addition to applying other solutions such as example retaining walls, detention and retention areas.

Keywords: Urban drainage, Draining Stairs, Grota do Estrondo, Vida Nova nas Grotas.

LISTA DE FIGURAS

Figura 1 – Evolução da população urbana-rural no Brasil – 1950-2010.....	16
Figura 2 – Evolução da população urbana-rural no Mundo – 1950-2030.....	16
Figura 3 – Influência da urbanização no escoamento superficial.....	19
Figura 4 – Notícia sobre deslizamento de terra em Maceió - 2022.....	20
Figura 5 – Notícia sobre alagamento da cidade de Maceió - 2022	20
Figura 6 – Sistemas de micro e macrodrenagem.....	24
Figura 7 – Medidas de controle da drenagem urbana.....	25
Figura 8 - Bacia de Detenção da Cidade de Porto Alegre - RS.....	28
Figura 9 – Bacia de Retenção da cidade de Guimarães, em Portugal	29
Figura 10 – Boca de Lobo	30
Figura 11 – Sistema de galeria de coleta de águas pluviais	30
Figura 12 - Limpeza de canais e córregos em Santos/SP	32
Figura 13 - Córrego em concreto da cidade de Valinhos - SP	34
Figura 14 - Muros de arrimo por gravidade	35
Figura 15 - Muro de arrimo em concreto ciclópico.....	36
Figura 16 - Muros de arrimo por flexão	36
Figura 17 - Muro de arrimo em Gabião	37
Figura 18 – Muro de arrimo de Pedra com rejunte	37
Figura 19 - Muro de arrimo em bloco de concreto.....	38
Figura 20 - Muro de arrimo em Gabião	38
Figura 21 – Muro de arrimo com pneu.....	39
Figura 22 – Estruturas de dissipação de energia para encostas	39
Figura 23 - Escadaria drenante e rampa drenante em argamassa armada	41
Figura 24 – Tela inicial do programa SisCCoH	43
Figura 25 – Menu de estruturas Hidráulicas do programa SisCCoH	43
Figura 26 – Ilustração do regimes de escoamento Nappe Flow e Skimming Flow	44
Figura 27 - Planejamento de sistemas de drenagem Urbana – Fluxograma das atividades principais	47
Figura 28 – Fluxograma adotado no PDMAT – RMSP (DAEE).....	47
Figura 29 - Área de estudo – Maceió - Alagoas	49
Figura 30 – Limpeza de córrego.....	52
Figura 31 – Mapeamento das grotas de Maceió.....	53
Figura 32 – Ações do Programa Vida Nova nas Grotas.....	54
Figura 33 – Visão Geral das ações do Programa Vida Nova nas Grotas	54
Figura 34 - Escadaria drenante.....	57
Figura 35 - Caixa de inspeção no patamar da escadaria.....	57
Figura 36 - Poço de visita com tubulação de 1000mm	58
Figura 37 - Captação de águas e esgoto vindo do Bairro Feitosa	58
Figura 38 - Projeto base de escadarias – Planta Baixa	59
Figura 39 - Projeto base de escadarias – Corte.....	59
Figura 40 - Projeto base de escadarias – Perspectiva	60
Figura 41 - Escadaria em construção com sistema de drenagem na lateral.	61
Figura 42 - Escavação já existente	61

LISTA DE QUADROS

Quadro 1 - Medidas estruturais em Drenagem Urbana.....	26
Quadro 2 – Comparativo entre Canalização e Reservação	26
Quadro 3 - Tipos de escadarias identificados e nomenclatura proposta	42
Quadro 4 - Seções transversais médias dos tipos de escadas identificadas	42

LISTA DE TABELAS

Tabela 1 -	Taxas de cobertura dos serviços de abastecimento de água, esgoto e resíduos sólidos – Brasil 2010-2021.....	18
Tabela 2 -	Taxas de cobertura dos serviços de drenagem – Brasil 2021.....	18
Tabela 3 -	Dimensionamento de tubulação circular em concreto para escadaria - Máxima Eficiência.....	62
Tabela 4 -	Dimensionamento de escadaria drenante- Regime Nappe Flow	63
Tabela 5 -	Dimensionamento de escadaria drenante- Regime Skimming Flow.....	63

SUMÁRIO

1	INTRODUÇÃO.....	12
1.1	Objetivos.....	13
1.1.1	Objetivo geral.....	13
1.1.2	Objetivos específicos.....	13
1.2	Estrutura do trabalho	13
2	Contextualização do trabalho.....	15
2.	Urbanização e saneamento básico no Brasil.....	15
2.2	Drenagem e manejo de águas pluviais urbanas	21
2.3	Medidas de controle da drenagem urbana	23
2.3.1	Medidas estruturais	25
2.3.2	Medidas não estruturais	45
2.4	Plano Diretor de Drenagem Urbana	46
3	METODOLOGIA	49
3.1	Área de estudo	49
3.2	Levantamento e análise de dados secundários	50
3.3	Visitas exploratórias de campo.....	50
3.4	Análise do uso de escadarias drenantes	51
4	ESTUDO DE CASO.....	52
4.1	Programa Vida Nova nas Grotas	53
4.2	Visita exploratória – Grota do estrondo - Feitosa.....	56
4.3	Análise da possibilidade de uso de escadarias drenantes em Maceió	61
5	CONCLUSÕES	65
	REFERÊNCIAS	66

1 INTRODUÇÃO

O aumento da densidade populacional nas áreas urbanas é um tema de extrema importância e preocupação para a hidrologia urbana. Isso ocorre porque, quando associado à falta de planejamento urbano adequado, pode acarretar uma série de consequências adversas para o sistema de drenagem das cidades. Problemas diversos surgem devido à ocupação irregular dessas áreas, incluindo a erosão do solo, a degradação e alteração dos leitos de corpos d'água, bem como a deterioração da qualidade da água. Além disso, esses problemas impactam significativamente a ocorrência de enchentes e inundações, uma vez que estão diretamente relacionados às mudanças no equilíbrio hídrico e à capacidade de escoamento das bacias hidrográficas.

As ocupações decorrentes da construção de edifícios e infraestruturas urbanas contribuem para a impermeabilização do solo nas áreas urbanas. Isso resulta na redução da capacidade de infiltração da água no solo, o que, por sua vez, leva à diminuição do abastecimento dos aquíferos subterrâneos e ao aumento do escoamento superficial. Todos esses fatores sobrecarregam os sistemas de drenagem urbana e resultam em um aumento no volume de água nos corpos d'água, como destacado por (ZANANDREA, 2016).

Nas grandes cidades brasileiras comumente as áreas de fundo de vale e as encostas são ocupadas informalmente pela população de baixa renda. Visto que são áreas não edificáveis pelo mercado formal, estas áreas não possuem valor financeiro, sendo assim ocupadas ilegalmente por quem não tem condições de moradias em outras áreas da cidade. Essa forma de ocupação traz uma série de problemas urbanos, como o não atendimento aos parâmetros construtivos, arquitetônicos e urbanísticos. A carência de infraestrutura e saneamento básico nestas áreas levam a um ambiente degradado contribuindo negativamente para a qualidade ambiental urbana. Devido as condições de urbanização precárias, essas áreas apresentam riscos relacionados ao manejo das águas de chuva, como as inundações nos fundos de vale e os deslizamentos de terra nas encostas.

A compreensão do manejo de águas pluviais urbanas evoluiu ao longo do tempo, passando por três estágios distintos. Inicialmente, na chamada "drenagem urbana tradicional", o foco principal era mitigar os impactos das enchentes. Em seguida, na segunda fase, surgiu a "drenagem urbana sustentável", que adotou uma abordagem mais abrangente, priorizando o controle das águas pluviais desde sua origem, promovendo a infiltração e retenção da água como meios para restaurar o ciclo hidrológico. Por fim, a terceira fase reconhece a

necessidade de incorporar a perspectiva da "voz" da água, compreendendo que fazemos parte do ecossistema hídrico (CHRISTOFIDIS, ASSUMPÇÃO, KLIGERMAN, 2020).

A cidade de Maceió, em Alagoas, tem apresentado uma série de problemas relacionados a drenagem urbana. São comuns as inundações e alagamentos em diversas áreas da cidade, bem como os deslizamentos de terra nas encostas e grotas da cidade. Diante do exposto, o presente trabalho busca discutir a possibilidade do uso de soluções baseadas nos Sistemas Urbanos de Drenagem Sustentável para a drenagem urbana nas grotas de Maceió, com foco no estudo das escadarias drenantes.

1.1 Objetivos

1.1.1 Objetivo geral

Avaliar a potencialidade do uso de escadarias drenantes como solução de drenagem nas grotas de Maceió-Alagoas.

1.1.2 Objetivos específicos

- Levantar medidas estruturais e não estruturais de drenagem urbana sustentáveis
- Realizar estudo exploratório das ações de urbanização do Programa Vida Nova nas Grotas em Maceió-Alagoas
- Realizar avaliação preliminar do uso da escadaria drenante para drenagem em Maceió.

1.2 Estrutura do trabalho

Além desta introdução, este trabalho possui mais cinco capítulos. No Capítulo 2, referente a contextualização do trabalho, é apresentado uma revisão bibliográfica acerca da urbanização e saneamento básico no Brasil, mostrando esse processo durante as décadas no país. Nesse mesmo capítulo, há uma apresentação sobre a drenagem e manejo de águas pluviais urbanas, em outro tópico é apresentado uma revisão de literatura sobre as medidas de controle da drenagem urbana, que são divididas em medidas estruturais e não estruturais. Fechando o capítulo, é contextualizado sobre o mecanismo Plano Diretor de Drenagem, que todas as prefeituras deveriam aderir.

Já no capítulo 3, é apresentada a metodologia utilizada no presente trabalho, consistindo em uma análise qualitativa e prospectiva, trazendo os dados da área de estudo, levantamento e análise de dados secundários, e a explanação da visita em campo realizada na Grota do Estrondo, em Maceió, Alagoas.

O capítulo 4, é composto pelo estudo de caso, apresentando as características da área de estudo escolhida, além de explicar sobre o programa presente nessa área, Programa Vida Nova nas Grotas. Nesse capítulo também detalha-se a visita exploratória feita e finalizando o capítulo é feita uma análise da probabilidade de uso de escadarias drenantes na cidade de Maceió.

Para fechar o trabalho, o capítulo 5 conta com a conclusão do trabalho, no qual, mostra a definição obtida a partir de todo o estudo feito durante esse trabalho.

2 CONTEXTUALIZAÇÃO DO TRABALHO

2.1 Urbanização e saneamento básico no Brasil

O processo de urbanização global está gerando crescentes conflitos e desafios. Embora a urbanização seja geralmente associada ao desenvolvimento, não tem necessariamente resultado em uma melhor qualidade de vida para todos. O que se tem visto é que o atendimento às necessidades humanas do ponto de vista de infraestrutura urbana tem sido aquém das demandas (BECHTEL, 1997; UNCHS 2002; SALAT, 2006).

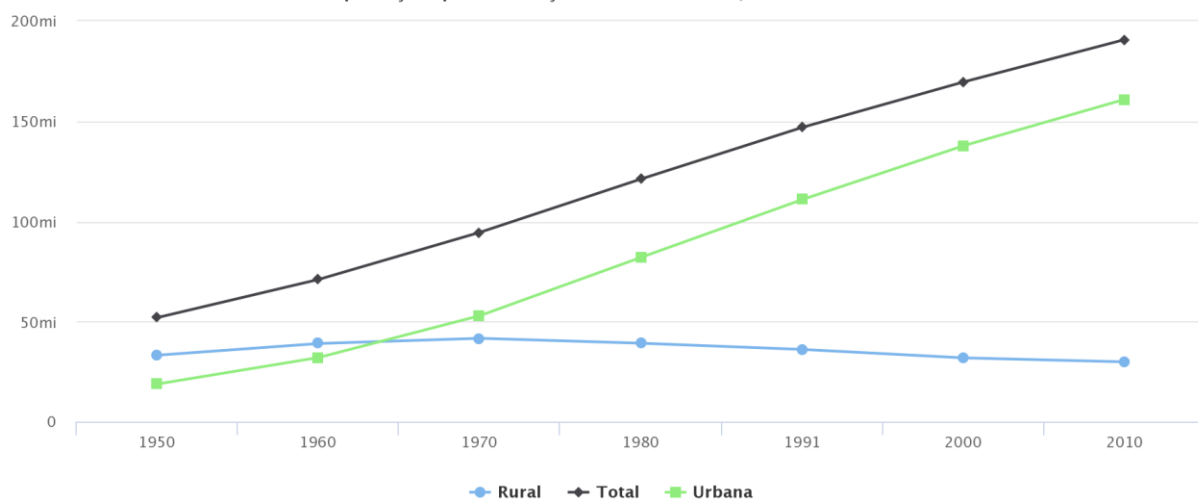
Nas cidades de países em desenvolvimento, existe uma urgente necessidade de lidar com o rápido crescimento populacional, garantir infraestrutura básica, abordar a rápida deterioração dos ambientes físicos e, sobretudo, melhorar as condições de habitação, especialmente para a população de baixa renda.. Cada vez mais surgem assentamentos urbanos deteriorados e degradados que figuram como um dos maiores desafios a serem enfrentados para a promoção do desenvolvimento sustentável e de uma melhor qualidade de vida principalmente nas grandes cidades (MORAES, 2008).

Com as discussões sobre sustentabilidade, tanto no Brasil quanto em outros países em desenvolvimento, dadas as precárias condições de grande parte das habitações, as questões de habitabilidade têm sido amplamente debatidas. Nestes países, a melhoria dessas condições é vista como um passo inevitável em direção à sustentabilidade (RUEDA, 1997).

No Brasil, este processo de urbanização deu-se praticamente no século XX sob a influência de diversos fatores, como a regulamentação do trabalho urbano, incentivo à industrialização e construção de infra-estrutura industrial, entre outras medidas, que reforçaram o movimento migratório campo-cidade (MARICATO, 2003).

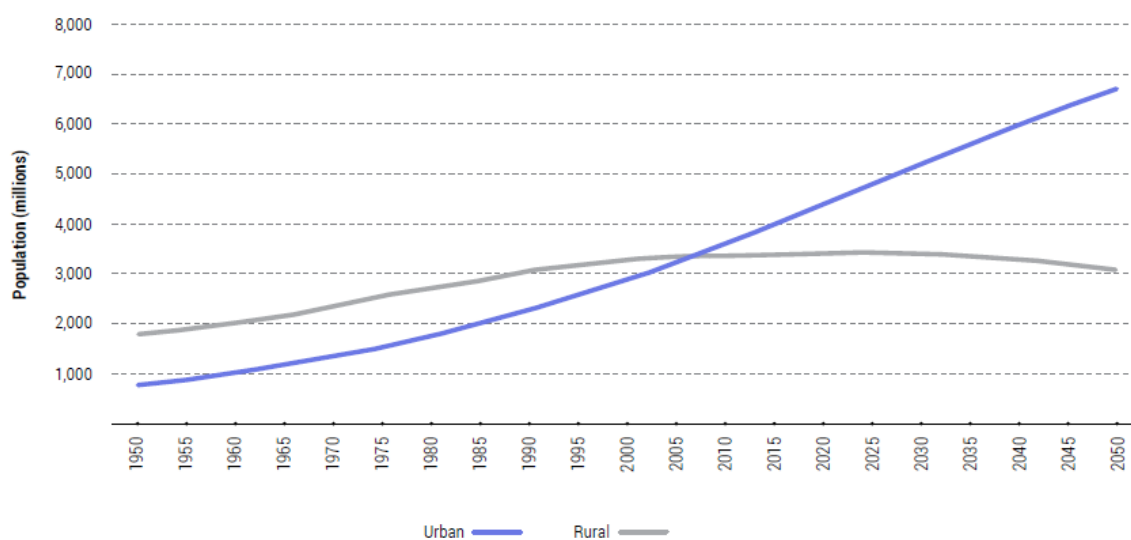
Pode-se verificar na Figura 1 que, no Brasil, a partir de meados dos anos 1960, a população urbana já era igual ou superior a população rural, ocorrendo de forma precoce em relação a população mundial, cuja marca acontece entre os anos 2000 e 2010 (Figura 2).

Figura 1 – Evolução da população urbana-rural no Brasil – 1950-2010
População por situação do domicílio, 1950 – 2010



Fonte: Elaborado com base nos dados do IBGE

Figura 2– Evolução da população urbana-rural no Mundo – 1950-2030



Fonte: UNCHS (2022)

O resultado desse processo de urbanização nos países em desenvolvimento frequentemente resulta em cidades onde o acesso à terra e aos serviços urbanos é desigualmente distribuído. De fato, nas cidades desses países, há uma urgente necessidade de enfrentar o rápido crescimento populacional, fornecer infraestrutura essencial, abordar a degradação do ambiente físico e melhorar as oportunidades de moradia, especialmente para a população de baixa renda (UNCHS, 2022).

No entanto, essa ideia de urbanização associada ao desenvolvimento e melhores condições de vida gerou um gigantesco movimento de construção urbana, necessário para acomodar a grande quantidade de pessoas que se dirigiam às cidades. Assim, as cidades que no início pareciam ser a salvação, onde havia emprego pleno, assistência social providenciada pelo Estado, lazer e novas oportunidades para os filhos, no final do século XX, têm sua imagem associada à violência, poluição das águas e do ar, criança desamparada, tráfego caótico, enchentes (MARICATO, 2003).

A urbanização acabou por concentrar a população em áreas carentes de um planejamento adequado e de uma ocupação sustentável, muitas vezes com infraestrutura limitada de saneamento básico, abrangendo água, saneamento, drenagem e gestão de resíduos sólidos. Os impactos decorrentes são predominantemente os seguintes: (a) poluição das fontes de abastecimento de água, como mananciais; (b) contaminação dos sistemas hídricos urbanos devido a efluentes domésticos e escoamento pluvial, juntamente com a produção de resíduos sólidos; (c) erosão e sedimentação, resultando em áreas degradadas; (d) zonas propensas a inundações e deslizamentos de terra; (e) disseminação de doenças que afetam a saúde pública. O desfecho final é a deterioração da qualidade de vida nas áreas urbanas, uma tendência que se agrava ainda mais no atual contexto de desenvolvimento urbano (TUCCI, 2005, p. 5).

As possibilidades de mudança neste cenário passam necessariamente por ações e intervenções na infraestrutura urbana de saneamento. O Saneamento Básico é composto pelo abastecimento de água potável, o esgotamento sanitário, a limpeza urbana, o manejo de resíduos sólidos e a drenagem e manejo de águas pluviais (BRASIL, 2019).

O acesso ao saneamento básico é um direito humano reconhecido pela Organização das Nações Unidas (ONU) e é essencial para o desenvolvimento sustentável das sociedades. No Brasil, a Lei 14.026 de 2020, chamada de Novo Marco Legal do Saneamento Básico, dá nova redação ao Marco Legal de Saneamento de 2007 e define quais são as diretrizes nacionais que ordenam o saneamento básico e a política de saneamento básico em nível federal. Em seu 2º parágrafo, Artigo 7º. define como um dos serviços básicos:

Drenagem e manejo das águas pluviais urbanas: constituídos pelas atividades, pela infraestrutura e pelas instalações operacionais de drenagem de águas pluviais, transporte, detenção ou retenção para o amortecimento de vazões de cheias, tratamento e disposição final das águas pluviais drenadas, contempladas a limpeza e a fiscalização preventiva das redes (BRASIL, 2020).

Apesar do estabelecimento do Marco Legal de 2007, a drenagem urbana obteve poucos avanços, apresentando os piores indicadores entre os componentes do saneamento básico. A Tabela 1 mostra que em 11 anos, não houveram tantas mudanças significativas nas

taxas apresentadas. Nota-se na Tabela 2 que apenas 43,5% dos municípios da amostra possuem sistema exclusivo de drenagem das águas pluviais urbanas.

Tabela 1 - Taxas de cobertura dos serviços de abastecimento de água, esgoto e resíduos sólidos – Brasil 2010-2021.

	Atendimento com rede Água		Atendimento com rede Esgoto		Cobertura de coleta domiciliar Resíduos Sólidos	
	2010	2021	2010	2021	2010	2021
População Total*	147,7 81,1%	177,0 84,2%	82,7 46,2%	117,3 55,8%	119,3 93,4%	191,3 89,9%
População Urbana*	143,9 92,5%	167,5 93,5%	82,3 53,5%	114,8 64,1%	113,9 97,2%	177,8 98,3%

*em milhões de habitantes

Fonte: Ministério da Integração e do Desenvolvimento Regional (MDR) (2022)

Tabela 2 - Taxas de cobertura dos serviços de drenagem – Brasil 2021.

Sistema de Drenagem Urbana
43,5% dos municípios possuem sistema exclusivo de drenagem
11,9% dos municípios possuem sistema unitário (misto com esgotamento sanitário)
22,1% dos municípios possuem sistema combinado para drenagem
17,0% dos municípios não possuem sistema de drenagem

Fonte: MDR (2022).

É visível o grande crescimento, por muitas vezes de forma desordenada e sem planejamento, dos centros urbanos, causando grandes problemas, principalmente ao meio ambiente, no qual, pelo aumento da população automaticamente é gerado o crescimento da poluição afetando diretamente na impermeabilização dessas cidades resultando em inundações.

Com o grande crescimento da urbanização, há a necessidade do aumento de áreas ocupáveis gerando o aumento de áreas impermeáveis, além da ocupação de áreas de risco em encostas e de áreas de inundações ribeirinhas. De acordo com (Borges 2004, p. 1) “o aumento da população, principalmente em polos regionais de crescimento e a expansão irregular da periferia tem produzido impactos significativos na infra-estrutura de recursos hídricos”.

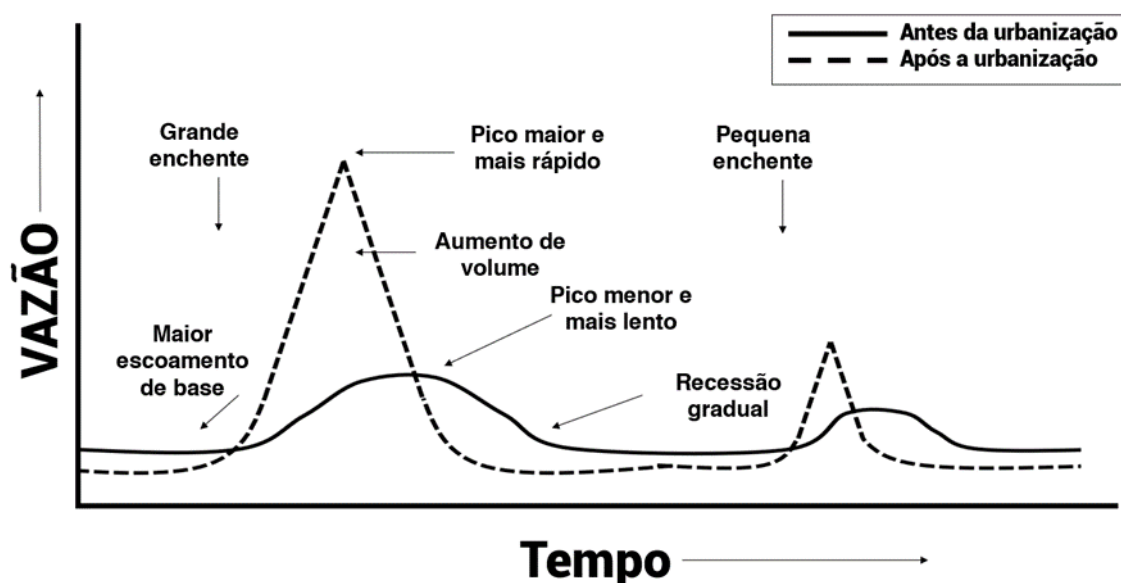
Tucci (2012) explica que a urbanização é capaz de alterar a cobertura vegetal, implicando vários problemas que alteram os componentes do ciclo hidrológico natural. Há uma grande impermeabilização do solo através dos telhados, ruas calçadas e pátios, alterando a infiltração da água, passando a escoar pelos condutos e aumentando o escoamento superficial. Antes, toda a água que era escoada pela superfície do solo ficava retido nas plantas, agora com o desenvolvimento urbano passa a escoar no canal, demandando uma maior capacidade das seções.

Pompêo (2000) cita que o desmatamento e a substituição da cobertura vegetal são os principais agentes modificadores capazes de diminuir o tempo de concentração e aumento do volume de escoamento superficial, acarretando o derramamento dos cursos d'água.

Dentre os problemas gerados pela impermeabilização do solo, pode-se destacar as inundações, que são capazes de gerar grandes prejuízos à população e ao meio ambiente, como perdas materiais e humanas, interrupção da atividade econômica das áreas afetadas pelas inundações, contaminação por doenças de propagação através das águas como leptospirose, cólera, entre outros e a contaminação da água através da inundação de depósito de materiais tóxicos e estações de tratamento (BORGES, 2004).

A Figura 3 apresenta, de forma simplificada, o impacto da urbanização no escoamento superficial em uma determinada área. Nota-se o aumento do pico de vazão e a redução do seu tempo em uma área urbana, com alto grau de impermeabilização, em relação a uma área sem urbanização, com baixo grau impermeabilização. Os efeitos são sentidos de diferentes formas à medida em que o adensamento populacional aumenta, aliado às políticas públicas ineficientes de ordenamento e uso do solo. Os eventos de inundação são aqueles que mais são sentidos e que trazem os maiores prejuízos. Estes eventos têm se tornando cada vez mais frequentes e intensos com o cenário de mudanças climáticas (MAYER, 2021).

Figura 3 – Influência da urbanização no escoamento superficial.



Fonte: Adaptado de TUCCI (2005)

Além das inundações também podemos destacar os deslizamentos de terras, que são um fenômeno natural, porém podem ser potencializados pela ação humana, causando inúmeros prejuízos e a erosão do solo.

Não é difícil encontrarmos exemplos de catástrofes ocorridas devido à falta da gestão da drenagem urbana, principalmente em épocas chuvosas.

Um exemplo desse tipo de ocorrido aconteceu, no dia 23 de março de 2022, na Grot do Ouro Preto, em Maceió, em que parte da estrutura de uma casa desmoronou ao ser atingida por uma barreira que deslizou devido à chuva, ocasionando a morte de uma criança de nove anos quando dormia (Figura 4).

Figura 4 – Notícia sobre deslizamento de terra em Maceió - 2022



Fonte: Portal de notícias G1, 2021.

Outro caso ocorreu no dia 21 de março de 2022, em que vários pontos da cidade de Maceió ficaram alagados, deixando moradores ilhados (Figura 5).

Figura 5 – Notícia sobre alagamento da cidade de Maceió - 2022



Fonte: TNH1, 2022.

A drenagem e manejo de águas pluviais urbanas são elementos fundamentais da infraestrutura urbana e do saneamento. Tucci (2012) afirma que drenagem urbana objetiva reduzir os prejuízos à sociedade e ao ambiente através do manejo do escoamento no tempo e no espaço. A perspectiva atual da gestão gera a integração dos recursos hídricos na bacia hidrográfica e das águas urbanas, incluindo a drenagem urbana. Neste sentido, torna-se essencial o estudo dos impactos da urbanização na drenagem urbana e de possíveis soluções.

2.2 Drenagem e manejo de águas pluviais urbanas

De acordo com o Manual de Saneamento da Fundação Nacional de Saúde (FUNASA), drenagem é um termo que provém do francês *drainage*, e significa a ação de drenar ou escoar, podendo ser entendida como o processo de movimentação de massas líquidas de um local para outro por intermédio de canais naturais ou artificiais. (BRASIL, 2019).

Ainda de acordo com mesmo manual, a drenagem também pode ser definida como a ação de escoar as águas de áreas inundadas através de algum dispositivo como canais, túneis, tubos, fossos e valas, também podendo ser utilizado motores para ajudar no curso. Tais canais podem ser naturais, como exemplo os córregos, ou artificiais, feitos de concreto armado, simples ou gabião (BRASIL, 2019).

Do ponto de vista urbano, a drenagem, juntamente com o manejo das águas pluviais urbanas, consiste em um conjunto de serviços e/ou atividades, infraestruturas e instalações operacionais de transporte, detenção ou retenção para o amortecimento de vazões de cheias, tratamento e disposição final das águas pluviais drenadas nas áreas urbanas.

Podemos definir a drenagem urbana como o gerenciamento das águas pluviais que escoam em meio urbano, com o intuito de diminuir os danos gerados pelas enchentes. É através desse conjunto de medidas que os riscos em que a população está refém, é minimizada, possibilitando, ainda, uma evolução urbana mais sustentável (BORGES, 2004).

Do ponto de vista histórico no Brasil, Christofidis (2019) divide a cronologia da drenagem urbana em três fases. A Fase 1, denominada drenagem urbana tradicional, que se manifestou através de uma perspectiva chamada Higienista, datada no período de 1850 a 1990. Nessa fase, havia a coleta e o afastamento das águas provindas das chuvas para jusante, promovendo o crescimento do transbordamento nos cursos d'água e minimizando o tempo de concentração, piorando a circunstância das cidades, das águas e da população.

Ainda de acordo com Christofidis (2019), a ocupação das cidades no Brasil pode-se apresentar os casos de apropriação em áreas que eram consideradas pantanosas e de baixada levando ao dessecamento de áreas alagadas, aterros em regiões inundáveis e limpeza de rios e correção de outros, em que as condições ambientais os deixavam propícios a epidemias.

Nessa fase, em que houve uma acentuada edificação de cidades no país, os rios foram transformados em canalizações e em alguns casos deram espaço para vias de tráfegos de veículos. Salvador é um exemplo do uso dos vales para as avenidas de tráfego intenso, conhecidas como avenidas de vale. Ou seja, o que antes eram rios acabaram virando vias de trânsito de veículos, trazendo problemas em tempos de chuvas intensas, com grandes chances de voltarem a serem rios novamente (CHRISTOFIDIS, 2019).

Seguindo a cronologia de Christofidis (2019), após 1990, ocorreu uma transição para a Fase 2, denominada Ambientalista. Nessa fase, foi adotado o que vinha sendo feito em outros países sobre o manejo das águas das chuvas. Esta fase também é conhecida como drenagem urbana sustentável. Nela, houve uma mudança significativa nos conceitos relacionados à gestão e ao controle das águas pluviais em áreas urbanas. Passou-se a considerar o gerenciamento das águas da chuva diretamente no local onde caem e a incentivar a infiltração e a retenção das águas como alternativas para restaurar as condições naturais do ciclo hídrico. Isso visa reduzir os picos de enchentes, adiando o momento em que ocorrem, a fim de minimizar os impactos nas áreas aquáticas e nas áreas urbanas próximas. Além disso, essa abordagem oferece maior ênfase, condições e espaço para a implementação de práticas relacionadas ao desenvolvimento sustentável em larga escala.

De acordo com Christofidis (2019), em 2018, surgiu um novo conceito na área de drenagem urbana, que ele chama de terceira fase. Nessa fase, ocorreu uma transformação fundamental na maneira como as pessoas percebem e cuidam da água. Isso envolve uma consciência expandida sobre como entender e proteger os recursos hídricos, destacando a importância das Soluções baseadas na Natureza (SbN) para a gestão da água.

Nessa abordagem, as ações humanas passam a ser centradas em um diálogo contínuo com os ecossistemas aquáticos, envolvendo a interação ativa com a água e a consideração das suas vozes. A gestão da água em harmonia com a natureza eleva o nível da existência humana, permitindo uma maior apreciação e contemplação das águas. Isso é referido como "hidrossuperação" e "hidromaturidade", representando um novo patamar de relação e compreensão da água no contexto humano (CHRISTOFIDIS, 2019).

Sendo assim, pode-se notar a importância de uma gestão de drenagem urbana bem planejada e executada. Para um gerenciamento eficaz da drenagem urbana, Borges (2004)

afirma que é essencial o conhecimento da área, o monitoramento, o planejamento dos procedimentos com o intuito de minimizar os impactos, além da participação e motivação da população da área em questão.

Planejar ou gerenciar sistemas de drenagem urbana envolve administrar um problema de alocação de espaço (SHEAFFER; WRIGHT, 1982 apud CANHOLI, 2014). Canholi (2014) argumenta que é necessário possuir critérios gerais de projeto, operação e manutenção, além da importância de dispor de dados físicos da bacia, hidráulicos, hidrológicos, de uso e ocupação da área estudada, os dados da condição da água (pontuais ou difusos), regulamentação para a aprovação de projetos no âmbito da bacia (escopo mínimo, eficiências, custos e aspectos ambientais), os planos de financiamento (agências internacionais, recursos locais), e por fim as políticas fiscais (taxas de melhoria, descontos para incentivar práticas de conservação etc.).

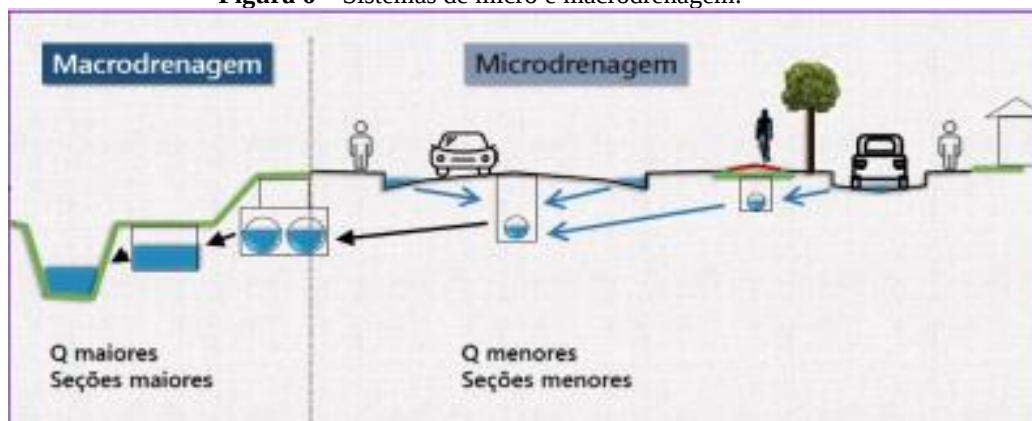
Canholi (2014) deixa claro que o planejamento de drenagem deve ser compreendido como parte englobada de processos de gerenciamento urbano e organizado com os demais planos, como os de saneamento básico, que compreende água e esgoto, e o uso de solo e transportes.

Planejar e implantar a drenagem urbana é de extrema necessidade para a população e o meio em que se está inserido, é através dela que problemas poderão ser diminuídos ou até sanados evitando grandes prejuízos materiais ou até mesmo humano. Neste sentido, devemos conhecer os tipos e medidas possíveis de controle e manejo da drenagem e águas pluviais, as quais podem ser divididas em medidas estruturais e não estruturais, como será discutido a seguir.

2.3 Medidas de controle da drenagem urbana

De maneira fundamental, os sistemas de drenagem de águas pluviais podem ser divididos em microdrenagem e macrodrenagem (Figura 6). A microdrenagem abrange componentes como condutos que coletam água superficialmente em nível local e distribuído, incluindo canais, meios-fios, sarjetas e bocas de lobo. Por outro lado, a macrodrenagem tem a responsabilidade de direcionar as águas acumuladas provenientes do sistema de microdrenagem, com o objetivo de prevenir enchentes. Esse sistema pode ser composto por estruturas construídas, como galerias subterrâneas, ou aproveitar características naturais do terreno, como os talvegues (SILVA et al., 2020).

Figura 6 – Sistemas de micro e macrodrenagem.

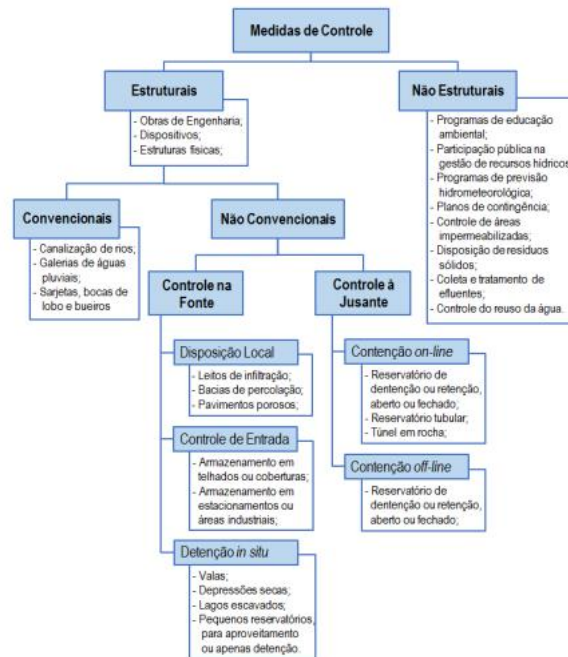


Fonte: MIRANDA, SILVA, 2022.

Nos Cadernos temáticos Saneamento Básico - Drenagem e manejo das águas pluviais urbanas para micro e macrodrenagem do Governo Federal, a microdrenagem é definida como os sistemas iniciais de drenagem que consideram a coleta e afastamento das águas superficiais ou subterrâneas através de pequenas e medias galerias ($\varnothing < 1,5m$) e todos os componentes para que isso ocorra. E a macrodrenagem inclui, além da microdrenagem, as galerias de grande porte ($\varnothing > 1,5m$) e os corpos receptores tais como canais e rios canalizados (BRASIL, 2016).

Com relação as medidas de correção e/ou prevenção, Canholi (2014) explica que estas medidas tem o intuito de reduzir os prejuízos causados pelas enchentes e classificadas em medidas estruturais e medidas não estruturais (Figura 7). É através de um conjunto de medidas estruturais e não estruturais que há o controle de inundações para que populações ribeirinhas diminuam os prejuízos e danos causados pelas enchentes, minimizem suas perdas e mantenham a convivência saudável com o rio. Nesse conjunto de medidas incluem medidas como as obras de engenharia, mas também de cunho social, econômico e administrativo (TUCCI, 2012).

É importante salientar que essas medidas são apenas de correção e/ou prevenção, por si só elas não são capazes de controlar, em sua totalidade, as inundações e danos causados, mas apenas reduzir os prejuízos. É importante um estudo das localidades para que seja definido as melhores soluções de combinações das medidas estruturais e não estruturais, garantindo a população maior segurança.

Figura 7– Medidas de controle da drenagem urbana

Fonte: Adaptado de Canholi (2005) e FCTH (2012)

2.3.1 Medidas estruturais

As medidas estruturais, como o próprio nome pode pressupor, de acordo com Canholi (2014) são medidas que correspondem as obras de engenharia que visam à correção e/ou prevenção dos prejuízos provindos das enchentes. Essas obras de engenharia podem ser classificadas como medidas intensivas ou extensivas.

De acordo com Canholi (2014) as medidas intensivas, são aquelas que agem no rio, podem ser caracterizadas em quatro tipos distintos:

- De aceleração do escoamento, que são as canalizações e obras correlatas;
- De retardamento de fluxo, caracterizado pelos reservatórios (bacias de detenção ou retenção), restauração de calhas naturais;
- De desvio de escoamento definido por túneis de derivação e canais de desvio;
- E medidas que incluam a inserção de ações particulares no intuito de tornar as edificações a prova de enchentes.

Já as medidas extensivas são aquelas que agem nas bacias hidrográficas. Canholi (2014) explica que condizem aos pequenos armazenamentos disseminados na bacia, a reconstituição da cobertura vegetal e ao monitoramento da erosão do solo, no decorrer da bacia de drenagem.

O Quadro 1 a seguir apresenta as principais medidas estruturais:

Quadro 1- Medidas estruturais em Drenagem Urbana

MEDIDA	PRINCIPAL VANTAGEM	PRINCIPAL DESVANTAGEM	APLICAÇÃO
MEDIDAS EXTENSIVAS			
Controle da cobertura vegetal	Redução do pico da cheia	Impraticável para grandes áreas	Pequenas bacias
Controle da erosão do Solo	Reduz o assoreamento		
MEDIDAS INTENSIVAS			
Diques e polders	Alto grau de proteção de uma área	Danos significativos caso falhe	Grandes rios
Melhoria do canal:			
Redução da rugosidade por desobstrução	Aumento da vazão com pouco investimento	Efeito localizado	Pequenos rios
Corte de meandro	Amplia a área protegida e acelera o escoamento	Impacto negativo em rio com fundo aluvionar	Área de inundação estreita
Reservatórios:			
Todos os reservatórios	Controle a jusante	Localização difícil	Bacias intermediárias
Reservatórios com comportas	Mais eficiente e com mesmo volume	Vulnerável a erros humanos	Projeto de múltiplos usos
Reservatórios para cheias	Operação com mínimo de perdas	Custo de implantação não compartilhado	Restrito ao controle de enchentes
Mudança de canal:			
Caminho da cheia	Amortecimento de volume	Depende da topografia	Grandes bacias
Desvios	Reduz a vazão do canal principal		Bacias média e grande

Fonte: Adaptado de SIMONS et al., 1977 apud TUCCI, 2007

Walesh (1989) *apud* Canholi (2014) considera que as diretrizes gerais de projetos de drenagem possuem duas classificações: conceito de canalização e conceito de reservação. No Quadro 2, é apresentado a comparação entre as características desses dois conceitos.

Quadro 2 – Comparativo entre Canalização e Reservação

CARACTERÍSTICA	CANALIZAÇÃO	RESERVAÇÃO
Função	Remoção rápida dos escoamentos	Contenção temporária para subsequente liberação
Componentes principais	Canais abertos/galerias	Reservatórios a superfície livre Reservatórios subterrâneos Reservatórios sub-superficial
Aplicabilidade	Instalação em áreas novas, Construção por fases, Ampliação de capacidade pode se	Áreas novas (em implantação), Construção por fases, Áreas existentes (à superfície ou

	tornar difícil (centros urbanos)	subterrâneas)
Impacto nos trechos de jusante (quantidade)	Aumenta significativamente os picos das enchentes em relação à condição anterior, Maiores obras nos sistemas de jusante	Áreas novas: podem ser dimensionadas para impacto zero (Legislação EUA), Reabilitação de sistemas: podem tornar vazões a jusante compatíveis com capacidade disponível
Impacto nos trechos de jusante (qualidade)	Transporta para o corpo receptor toda a carga poluente afluente	Facilita remoção de material flutuante por concentração em áreas de recirculação dos reservatórios e dos sólidos em suspensão, pelo processo natural de decantação
Manutenção/operação	Manutenção em geral pouco frequente (pode ocorrer excesso de assoreamento e de lixo), Manutenção nas galerias é difícil (condições de acesso)	Necessária a limpeza periódica e fiscalização, Sistema de bombeamento requer operação/manutenção, Desinfecção eventual (insetos)
Estudos hidrológicos/hidráulicos	Requer definição dos picos de enchente	Requer definição dos hidrogramas (volumes das enchentes)

Fonte: Adaptado de CANHOLI, 2015

Para Walesh (1989) *apud* Canholi (2014), o “conceito de canalização” diz respeito às ações de canalizações convencionais praticadas por anos no mundo, principalmente no Brasil, em que há implantação de galerias e canais de concreto, a obstrução dos córregos, à correção de traçados, ao aumento de declividades de fundo e as outras medidas que têm com propósito o afastamento instantâneo dos escoamentos e o uso dos fundos de vale na intenção de vias de tráfego laterais aos canais e também sobre eles.

Canholi (2014) verificou que, na maioria das bacias que sofrem inundações, a ocupação urbana foi desenvolvida de jusante para montante do rio ou córrego. Sendo assim, à medida que há o desenvolvimento da bacia, crescem os picos de vazão afluentes às canalizações nas porções de jusante, causando dificuldades na compatibilização das capacidades, até mesmo pela urbanização nas áreas ribeirinhas aos córregos.

A seguir destacamos algumas medidas estruturais mais comumente encontradas no Brasil.

2.3.1.1 Obras de retenção/retenção

São obras que, geralmente, são intituladas obras de macrodrenagem que, no conceito de drenagem urbana, vem ganhando bastante prestígio. Em casos em que não abrangem a macrodrenagem, podem ser classificadas como pequenos reservatórios (MARQUES, 2019).

São obras geralmente realizadas em vários municípios do Brasil, no qual tem o intuito de amortecer o escoamento, diminuindo a vazão de pico Marques (2019). De acordo com Baptista (2005), as bacias de retenção são estruturas cujo objetivo é regular as vazões provindas das águas das chuvas efluentes de uma bacia hidrográfica. A retenção do escoamento é a perspectiva principal que permite a transferência de vazões conciliáveis com o limite permitido pela rede de drenagem ou curso d'água.

Tomaz (2012) exemplifica que o reservatório de retenção ou piscinão (Figura 8) é um reservatório, podendo ser aberto ou fechado, com o objetivo de regular a vazão de saída num valor desejado minimizando os efeitos a jusante da vazão de entrada.

Figura 8- Bacia de Detenção da Cidade de Porto Alegre - RS



Fonte: Prefeitura de Porto Alegre, 2022

De acordo com Marques (2019):

São estruturas de armazenamento temporário de curto prazo das águas da chuva, por isso são usualmente chamados de armazenamento seco. Dessa forma, esse tipo de sistema acaba sendo uma boa opção para grandes cidades já desenvolvidas. Por não possuírem muitas escapatórias como grandes espaços para a implantação da obra. Normalmente são locais de parques ou com uso recreacionais, áreas verdes e paisagísticas quando em tempos de estiagem. (Marques, 2019, p. 18)

Bichanção *et al* (2006) exemplificam que:

Uma bacia de retenção é uma estrutura que tem por objetivo a regularização dos caudais pluviais afluentes, permitindo a restituição a jusante de caudais compatíveis com um limite previamente fixado ou imposto pela capacidade de vazão de uma rede ou curso de água existente. (Bichanção, 2006, p. 68)

De acordo com Agra (2001) as bacias de retenção (Figura 9) são projetadas para que o seu esvaziamento durante uma enxurrada não seja por completo.

Tucci (1997) explica que, em sua maioria, possuem um fundo de concreto ou terra e a lâmina d'água utilizada constantemente é considerada benéfica para evitar o crescimento de vegetação que venha a crescer na base.

Figura 9 – Bacia de Retenção da cidade de Guimarães, em Portugal



Fonte: Prefeitura de Guimarães, 2022

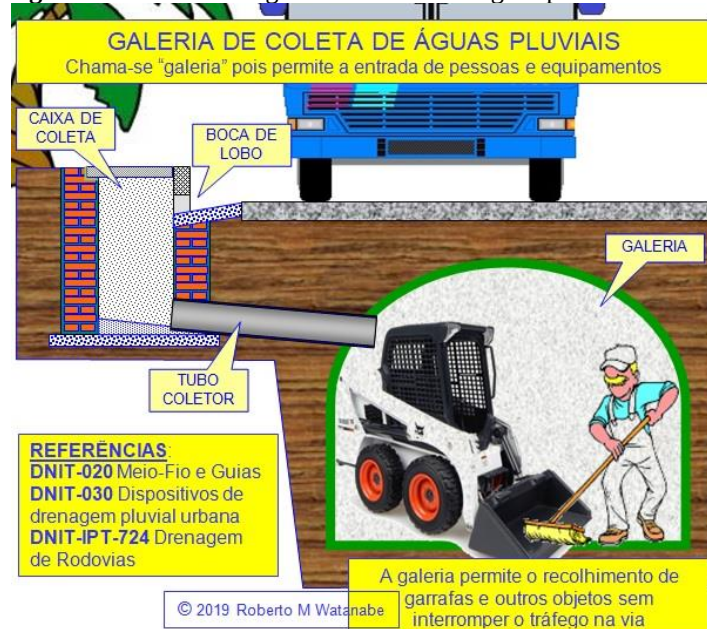
2.3.1.2 Galerias drenantes

A galeria de drenagem é uma esquematização desenvolvida para a coleta e condução de excrementos sólidos e líquidos na área urbana (Figura 10 e Figura 11). O local abriga todos os objetos lançados em calçadas, telhados, ruas e avenidas, tais como areia, folhas de árvore, papéis de bala, gomas de mascar, garrafas, animais mortos, coco, xixi, lixo, chuva etc. Esse sistema é composto por um conjunto de materiais que tem a finalidade de conduzir o escoamento das águas pluviais em áreas verdes e urbanas para os rios, lagos e córregos. Esse sistema faz com que sejam prevenidos possíveis danos provocados por enchentes, alagamentos, erosões etc (EBANATAW, 2020).

Da mesma forma, todo o material acumulado proporciona a proliferação de ratos, baratas e outros seres parasitas que podem trazer doenças como leptospirose, ornitose, etc. Assim, um dos objetivos desse tipo de drenagem é a redução de riscos à população, prevenção de infecções, preservação de campos não urbanizados e a promoção de locais destinados a atividades de lazer (EBANATAW, 2020).

Figura 10– Boca de Lobo

Fonte: Ebanataw, 2020

Figura 11 – Sistema de galeria de coleta de águas pluviais

Fonte: Ebanataw, 2020

Com isso, toda a limpeza e remoção de objetos é feita pela parte inferior através das galerias que dispõem de locais adequados para a movimentação de equipamentos e pessoas, já que a manutenção desses locais precisa ser frequente, assim não atrapalhando o tráfego de pessoas e veículos.

A galeria drenante, também conhecida como pavimento permeável ou piso drenante, é um mecanismo de introdução onde a escoação externa é desencaminhada por meio de um espaço permeável no interior de um depósito de cascalhos situado perante a área externa do terreno (ACIOLI et. al., 2005).

Em conformidade com o pensamento de Araújo (2000), os pisos permeáveis são classificados em três classes: pisos de concreto poroso; pisos de blocos de concreto moldado e abarrotado com materiais granulosos tais como grama e areia e pisos de asfalto poroso. O

primeiro revestimento dos pisos porosos, sendo de concreto ou asfalto, é levantado da mesma maneira dos pisos tradicionais, tendo como diferença principal a parte de areia fina que é removida da combinação de compensados na fabricação do piso. Em seguida, são colocados em cima os blocos vazados de concreto por meio de uma vase de areia. Após isso, os filtros geotêxteis são jogados sob o emboço de areia fina com o intuito de precaver o deslocamento da areia para a parte granular.

Por outro lado, e tomando como base o pensamento de Schueler (1987), os pisos permeáveis são constituídos por dois níveis de agregados, sendo um fino ou médio e outro mais desenvolvido, que são somados ao piso poroso precisamente mencionado.

Ainda assim, vale ressaltar que o traspassamento desses tipos de piso está relacionado ao teto no qual eles estão fixados, não tendo nenhum resultado positivo quando é instalado em cima de um contrapiso a base de concreto. Desta forma, o ideal é envolver o solo com uma margem generosa de brita grossa, outra camada de brita fina e uma camada de areia e, após isso, colocar o revestimento.

De acordo com Marchioni e Silva (2010), os pisos drenantes diminuem os vazamentos das superfícies completamente e ainda fazem com que haja a redução de erosão pelo subleito diminuindo o tempo até o encontro com a água. Da mesma forma, há uma redução do contágio do lençol freático por meio da demão de base granular que atua como um filtro para a água da chuva. Como exemplo de locais em que os pavimentos podem ser utilizados temos centros comerciais, pátios, calçadas, centros industriais, estacionamentos, dentre outros.

Há a possibilidade de os pisos permeáveis serem formados por peças individuais com diversos modelos simétricos que, geralmente, são feitos em concreto e que podem ter uma parte vazada ou podem ser totalmente maciços. Marchioni e Silva (2010) ainda complementam que essas peças são blocos de concreto pré-ajustados que são categorizados como placas de concreto ou objetos de pavimento intertravados em conformidade com suas dimensões que são baseadas através de 26 comprimento/espessura.

De modo igual, as autoras ainda explicam que os objetos de pavimento intertravados são classificados com uma relação maior que 4. Já as placas de concreto possuem uma relação abaixo de 4.

Os pisos drenantes podem ser feitos ainda no local de aplicação através de técnicas adequadas de aplicação e o manuseio de uma dosagem que, para Silva (2006), confirmam alguns benefícios arrolados à aplicação dos revestimentos permeáveis, tais como a diminuição formidável do vazamento e do volume escorrido em cima do local pavimentado; a redução da

proporção da forma de escoamento pluvial; a chance de serem aplicados em locais urbanos etc.

À vista disso, Silva (2006) ainda enfatiza que a utilização de pisos permeáveis possibilita uma sistemática de escoamento urbano sustentável, que contemporiza diminuir o topo da drenagem preservando a valorização das áreas urbanas. Da mesma forma, Cruz (1999) corrobora afirmando que é importante que haja uma manutenção nos mecanismos de infiltração e nos pisos drenantes porque o descaso pode gerar, principalmente no quesito ambiental, a chance de degradação do lençol freático através de contaminadores trazidos pelas águas das chuvas, podendo causar falhas no dispositivo de escoamento.

Por isso, é de suma importância que a revisão seja feita por meio de técnicas que previnam, por exemplo, o processo de degradação dos grãos conduzidos pela água em movimento, além de sobreavisar também o desenvolvimento de plantas nas ligações.

2.3.1.3 Canais e Córregos

Um córrego é um acúmulo pequeno de água corrente que, normalmente, é utilizado para comparar a algo que seja inferior à grandeza de um riacho (**Erro! Fonte de referência não encontrada.**). Geralmente os córregos nascem em áreas superiores do relevo e são responsáveis especialmente por dar início a um rio, sendo primordial para o escoamento das águas em bacias hidrográficas já que fazem a drenagem das águas das chuvas.

Figura 12- Limpeza de canais e córregos em Santos/SP



Fonte: Prefeitura de Santos, 2019

Ainda assim, pode-se afirmar que os córregos são encarregados de fornecer água para as represas que tem como finalidade o fornecimento público de água assim como no

desenvolvimento de energia elétrica. No entanto, as nascentes dos córregos estão sendo afetadas nas áreas rurais e urbanas em decorrência da falta de informação na ocupação do local, desconsiderando o conhecimento geoambiental, fator responsável pelo estudo de condições físico-biológicas do local.

Por outro lado, os canais urbanos apresentam funções de escoamento e drenagem de níveis chuvosos de áreas na cidade com o propósito de impedir contratempos provocados pela aglomeração de águas da chuva como, por exemplo, os alagamentos.

Dessa forma, é importante salientar que a canalização nos polos urbanos é de suma importância visto que prolonga o potencial de vazão principalmente em locais que já possuem um índice de enchente recorrente. Ademais, a execução desse serviço necessita de um planejamento que observe os aspectos hídricos presentes no local. Todo estudo feito tem como propósito fornecer o controle eficiente de intervenção bem como causar resultados mínimos ambientais.

Canholi (2015) explica que “uma das formas mais atuais de canalizar menos radicalmente é utilizar revestimentos porosos e sem restrição de espaço, sendo recomendado o lançamento de materiais que não provoquem alta velocidade e não prejudiquem o grau freático.”

No Brasil, é possível encontrar facilmente numerosos córregos, lagos e rios que atravessam toda a área nacional, como também algumas áreas internacionais. O Rio Amazonas, por exemplo, nasce no Peru e corta o Brasil de leste à oeste.

Da mesma forma, a interferência humana em locais públicos tem como objetivo consertar algum tipo de necessidade da população, tendo como influência fatores como os custos, as áreas mais sensíveis e o atendimento de um determinado público-alvo.

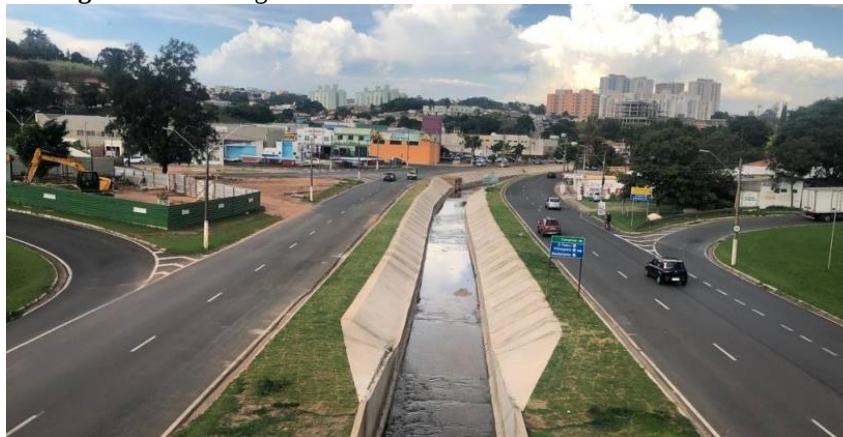
A higienização de canais é uma tarefa de grande relevância porque faz com que evite que o acesso da água seja bloqueado por consequência do despojamento de sobras que é feito pelo povo. A interferência do povo no meio ambiente é um dos obstáculos que precisam ser mencionados no que diz respeito à preservação dos meios naturais. É importante que a população tenha consciência dos recursos ofertados pelo meio ambiente, a fim de diminuir a deterioração atual.

Ainda assim, o processo de canalização dos centros públicos passa por uma etapa árdua de liberação de obra que é o licenciamento ambiental, por não se abster de resultados colaterais. Caso o trabalho realizado não seja feito da forma correta, o processo de canalização torna-se ineficiente, porque acaba transferindo a inundação de um lugar para o outro, ao invés de solucioná-lo.

2.3.1.4 Canais ou Obras de Canalização

As obras de canalização (Figura 13) têm a finalidade de aumentar a capacidade da vazão dos córregos em áreas afetadas pelas enchentes.

Figura 13 - Córrego em concreto da cidade de Valinhos - SP



Fonte: Prefeitura de Valinhos, 2019

De acordo com Marques (2019), essas práticas podem ser explicadas como correção de traçados de córregos e rios, galerias e canais de concreto de desvio com intuito do afastamento instantâneo dos escoamentos ou o emprego para circulação sobre e laterais dos canais.

2.3.1.5 Muro de Arrimo

O muro de arrimo é uma espécie de construção mais resistente feita a fim de conseguir segurar mecanismos mais severos como deslizamentos e barrancos, além de conseguir controlar a pressão de um determinado local, principalmente em terrenos que possuem uma grande inclinação. Seu objetivo principal é segurar e suportar o solo além de proteger e, dessa forma, oferecer estabilidade e segurança ao terreno.

A principal atribuição dada ao muro de arrimo é preservação da segurança, uma vez que ele serve como base de apoio para estabilizar a terra das partes que são mais altas em locais que dispõem de níveis diferentes, assim evitando danos como desmoronamentos, principalmente em casas erguidas perto de morros, já que, quando há chuva nesses locais desnivelados, há uma vasta concentração de água, podendo ocasionar um desmoronamento.

Dessa forma, é definido como uma solução de proteção para locais que possuem terrenos desnivelados e/ou inclinados que vão receber cortes para que possam se tornar planos. Em ribanceiras, por exemplo, os muros fornecem um mecanismo de drenagem de água existente no local para que a força seja balanceada e, desta forma, retenha o controle.

Da mesma forma, o muro de arrimo trata-se de um procedimento que viabiliza o equilíbrio e segurança que o muro oferece. Ele também é conhecido como muro de contenção, tornando-se um instrumento de proteção em solos que possuem inclinações.

Ainda assim, pode ser definido também como um suporte de grande tamanho composto por blocos que tem por fim consolidar declives às edificações em centros urbanos. Sua construção é caracterizada por gastos exagerados de materiais tais como aço e concreto.

À vista disso, os muros de arrimo são capazes de serem levantados com blocos de concreto, estruturas metálicas, blocos de cerâmica ou cimento, gabiões de pedra etc. É provável que a construção desse tipo de muro seja feita de forma inclinada. Assim, é aconselhável que procure a orientação de profissionais da área como engenheiros ou arquitetos para solicitar um projeto apropriado.

Desta forma, uma vez que o muro precisa encarregar-se de suportar toda a bagagem de terra, assim como toda a água que encontrar-se infiltrada, o muro precisa imprescindivelmente ser planejado e efetivado por um agente qualificado e especializado com o objetivo de certificar o seu bom funcionamento. Assim, a assistência técnica permite que haja uma maior garantia na sustentabilidade do muro fazendo com que ele continue firme e não se danifique.

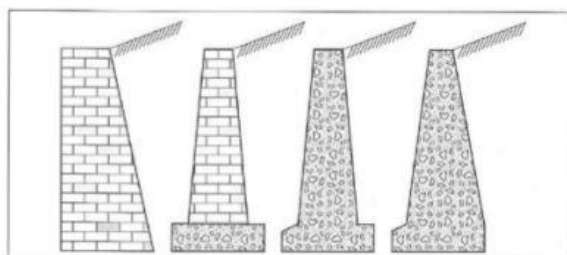
Além disso, existem diversos tipos de muro de arrimo. Eles podem ser categorizados como: muro de peso ou gravidade, muro de concreto protendido, muro de concreto armado etc. Da mesma forma, eles podem ser construídos com concreto simples ou concreto armado, com pedras, gabiões ou até mesmo com pneus e regularmente possuem formas retangulares.

Os muros de arrimo por peso ou gravidade são construções que atacam os empuxos pelo próprio peso e garantem a contribuição da estabilidade do barranco, normalmente usadas para comportar pequenos ou médios desníveis que possam ser menores que 5 metros (Figura 14, Figura 15).

Figura 14 - Muros de arrimo por gravidade

ESTRUTURAS DE CONTENÇÃO

Muros de arrimo por gravidade



Fonte: SALOMÃO, 2019

Figura 17 - Muro de arrimo em Gabião



Fonte: SETPAR Empreendimentos, 2022

Já nos muros feitos com pedra com rejunte, a construção é baseada na união de pedras que acabam impedindo o sistema de dreno da água, de tal maneira que requer técnicas que possibilitem a drenagem da água. O muro pode ser feito em locais com, no máximo, 3 metros de altura e seu custo tende a ser baixo quando comparado ao benefício trazido (Figura 18).

Figura 18 – Muro de arrimo de Pedra com rejunte



Fonte: Doce Obra, 2021

Semelhantemente, os muros feitos com blocos são uma das escolhas que possuem o menor custo já que a utilização é feita com blocos ou tijolos agrupados por meio de argamassa e, por isso, tende a possuir uma força menor de sustentação, sendo apropriado para lugares que possuam pouco declive (Figura 19).

Figura 19 - Muro de arrimo em bloco de concreto



Fonte: Hometeka, 2014

Ainda assim, é possível a construção de muros de arrimo com gabião, que é de fácil construção em razão da dispensa de drenagem de água. As pedras são empilhadas por meio de jaulas de aço que criam uma rede duradoura e permeável (Figura 20).

Figura 20 - Muro de arrimo em Gabião



Fonte: SETPAR Empreendimentos, 2022

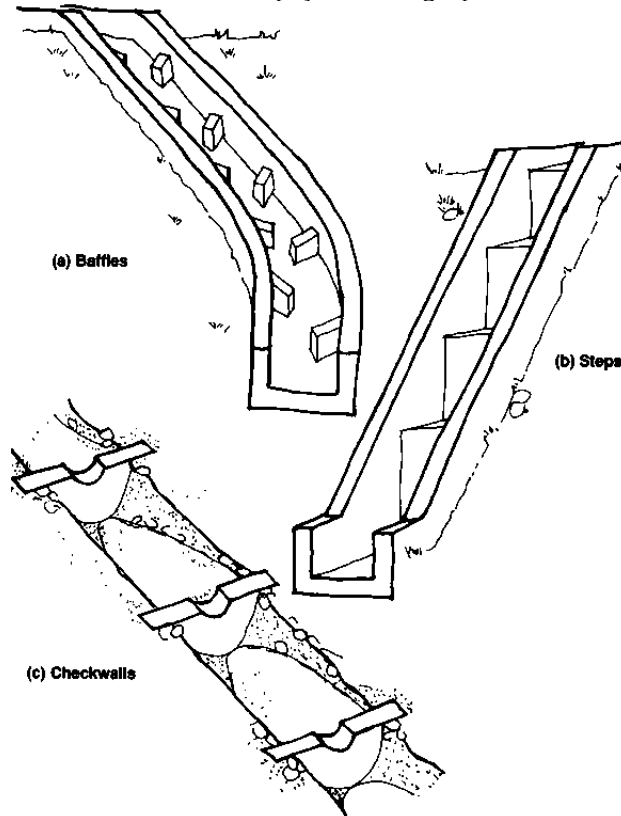
Por fim, o muro de arrimo pode ser feito com pneus velhos reaproveitados. No processo, eles são unidos entre si e criam um muro que se segura com a inclinação. O custo desse tipo de muro tende a ser baixo uma vez que o material utilizado é reciclado. Além disso, o muro feito com pneus desobriga o uso de técnicas extras por possuir uma ótima drenagem de água (Figura 21).

Figura 21 – Muro de arrimo com pneu

Fonte: Doce Obra, 2021

2.3.1.6 Escadarias e rampas drenantes

Devido às altas declividades, a dissipação de energia é um fator muito importante na instalação de sistemas de drenagem em taludes, que são dispositivos comumente usados para drenagem superficial em áreas montanhosas. Alguns métodos de controle de escoamento e erosão em áreas agrícolas também são aplicáveis a áreas urbanas com baixas taxas de urbanização. Dentre eles, destacam-se os chamados *checkwalls* (Figura 22 (c)), que consistem em pequenas barragens escalonadas, geralmente de concreto ou pedra, os degraus (Figura 22 (b)), e os defletores (Figura 22 (a)).

Figura 22 – Estruturas de dissipação de energia para encostas

Os sistemas de drenagem de taludes desempenham um papel importante na estabilidade dos maciços, recolhendo e canalizando adequadamente as águas pluviais e evitando a acumulação e o movimento rápidos das águas pluviais.

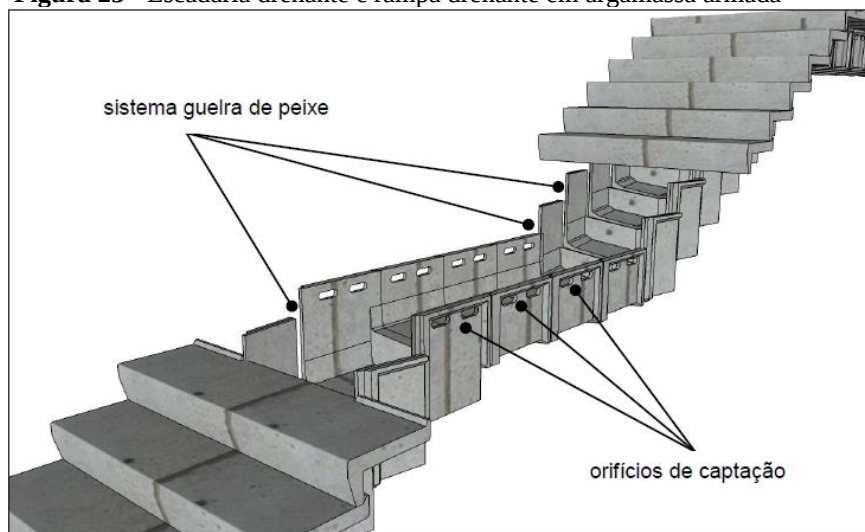
As escadarias e rampas drenantes surgem como alternativa aos sistemas tradicionais. São estruturas de dupla função, operando como canais de drenagem durante períodos chuvosos ao mesmo tempo em que possibilitam o trânsito de pessoas que moram em bairros situados em encostas. Elas foram desenvolvidas em 1979, na cidade de Salvador-Bahia, atuando simultaneamente na coleta, condução de águas pluviais e como via de pedestres, assemelhando-se hidraulicamente aos vertedouros em degraus utilizados em barragens, promovendo a dissipação da energia cinética em excesso e reduzindo a velocidade de escoamento (MANGIERI, 2012; SIMÕES et al, 2020).

As escadarias surgiram da necessidade de integrar a outros elementos urbanísticos, com intuito de mitigar a problemática da ocupação espontânea nos morros e vales da capital baiana, onde as condições sanitárias nas comunidades carentes eram extremamente precárias, com lançamento de resíduos sólidos e esgotos sanitários diretamente sobre o solo. De acordo com relatório da Prefeitura Municipal na época, as construções informais se espalhavam pelos taludes e áreas alagadiças da cidade, os cortes e aterros e a remoção da cobertura vegetal, modificando a drenagem superficial, contribuíram para o processo de instabilidade nos morros quando vários deslizamentos foram registrados pela Defesa Civil do Município (SALVADOR, 2010 *apud* MANGIERI, 2012).

As escadarias e rampas drenantes são construídas usando calhas feitas de argamassa armada que se encaixam por meio de um sistema de ponta e bolsa, e são cobertas com placas e degraus pré-fabricados em concreto armado. Devido à leveza das peças, o peso total é bastante reduzido, o que possibilita o transporte e a montagem manual. Do ponto de vista da construção, foram levadas em consideração a facilidade de execução, os baixos custos de manutenção e a capacidade de se adaptar às características topográficas locais (SALVADOR, 1980a *apud* MANGIERI, 2012).

A coleta das águas pluviais, nos trechos em rampa, ocorre por meio de orifícios nas laterais das calhas e juntas entre as placas de cobertura. Nos trechos em degraus a captação é feita lateralmente por um sistema tipo guelra de peixe, conforme mostrado na Figura 23.

Figura 23 - Escadaria drenante e rampa drenante em argamassa armada



Fonte: Mangieri (2012)

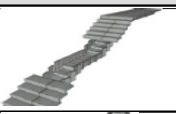
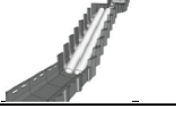
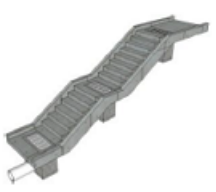
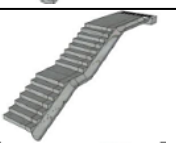
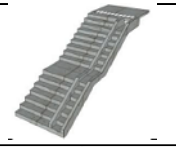
O Quadro 3 e o Quadro 4 apresentam os diferentes tipos de escadas drenantes encontradas em Salvador por Mangieri (2012).

Do ponto de vista hidráulico, é fundamental o conhecimento das características de escoamentos em canais em degraus e em estruturas de drenagem adicionais. Elas funcionam assemelhando-se hidráulicamente aos vertedouros em degraus utilizados em barragens, promovendo a dissipação da energia cinética em excesso e reduzindo a velocidade de escoamento.

O dimensionamento hidráulico do sistema considera dois aspectos, linha e capacidade de captação, sendo que a condição de limitação hidráulica ocorre na entrada do trecho do degrau. A capacidade máxima de uma rampa de drenagem quando conectada a uma seção de degrau é limitada não apenas pela altura útil, mas também pelo alcance dos jatos, e o impacto do jato pode mover os degraus a jusante.

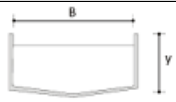
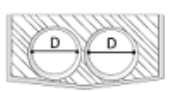
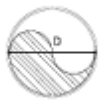
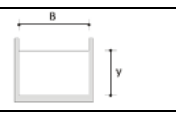
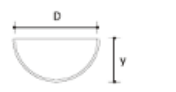
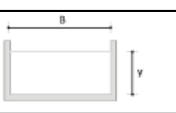
Simões et al (2020) desenvolveram a concepção de uma escadaria drenante com canal central rebaixado empregando simulações numéricas, na qual detalham os procedimentos de cálculo para o seu dimensionamento. Além disso, há possibilidade de uso do software livre SisCCoH - Sistema para Cálculos de Componentes Hidráulicos, para os cálculos hidráulicos para as estruturas em degrau, tanto quanto para estruturas tubulares (ALEXANDRE; BAPTISTA; BARCELOS, 2019).

Quadro 3 - Tipos de escadarias identificados e nomenclatura proposta

NOMENCLATURA PROPOSTA			DESCRIÇÃO
Tipo 01			Escadaria drenante pré-moldada em argamassa armada
Tipo 02			Escadaria drenante pré-moldada em argamassa armada modificada com tubos de PVC de 200mm associados em paralelo
Tipo 03	A		Escadaria convencional em alvenaria de blocos, com drenagem em tubo de concreto de 300mm
	B		Escadaria convencional em concreto simples, moldada in loco com drenagem em tubo de PVC (tipo Ribloc) de 400mm
Tipo 04	A		Escadaria convencional em concreto simples com calha de drenagem lisa e seção retangular
	B		Escadaria convencional em concreto simples com calha de drenagem lisa, pré-moldada em concreto, e seção semi-circular
	C		Escadaria convencional em concreto simples com calha de drenagem com fundo em degraus, e seção retangular

Fonte: Adaptado de Mangieri (2012)

Quadro 4 - Seções transversais médias dos tipos de escadas identificadas

MODELO	SEÇÃO TRANSVERSAL	DIMENSÕES	CARACTERÍSTICAS DAS PAREDES
Tipo 01		B= 0,71m y=0,25m	Calha pré moldada em argamassa armada
Tipo 02		D=0,20m	Tubo de PVC
Tipo 03A		D=0,30m	Tubo de concreto
Tipo 03B		D=0,40m	Tubo de PVC (tipo Ribloc)
Tipo 04A		B= 0,30m y=0,30m	Calha com revestimento em argamassa cimento
Tipo 04B		D=0,30m y=0,15m	Calha com revestimento em concreto
Tipo 04C		B=0,35m y=0,23m	Calha com revestimento em argamassa cimento

Fonte: Adaptado de Mangieri (2012)

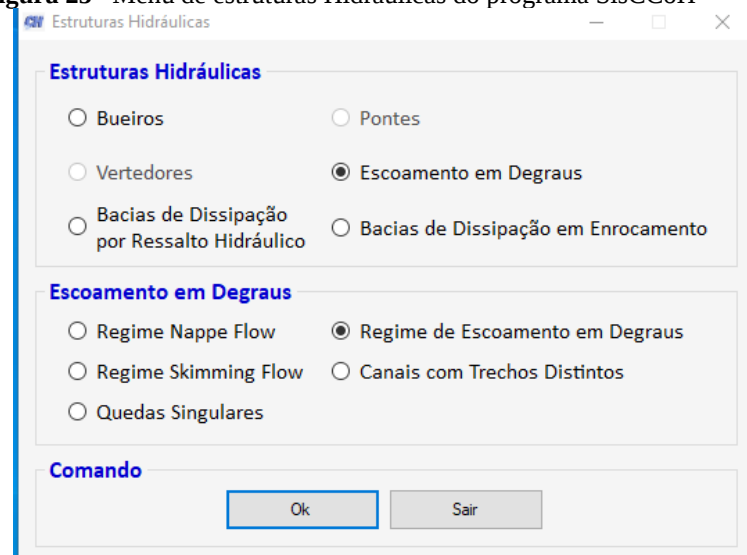
O software SisCCoH disponibiliza em seu menu de dimensionamento a opção de dimensionamento de estruturas hidráulicas, na qual é possível o dimensionamento de estruturas em degrau (Figura 24 e Figura 25).

Figura 24 – Tela inicial do programa SisCCoH



Fonte: Alexandre, Baptista, Barcelos (2019).

Figura 25– Menu de estruturas Hidráulicas do programa SisCCoH

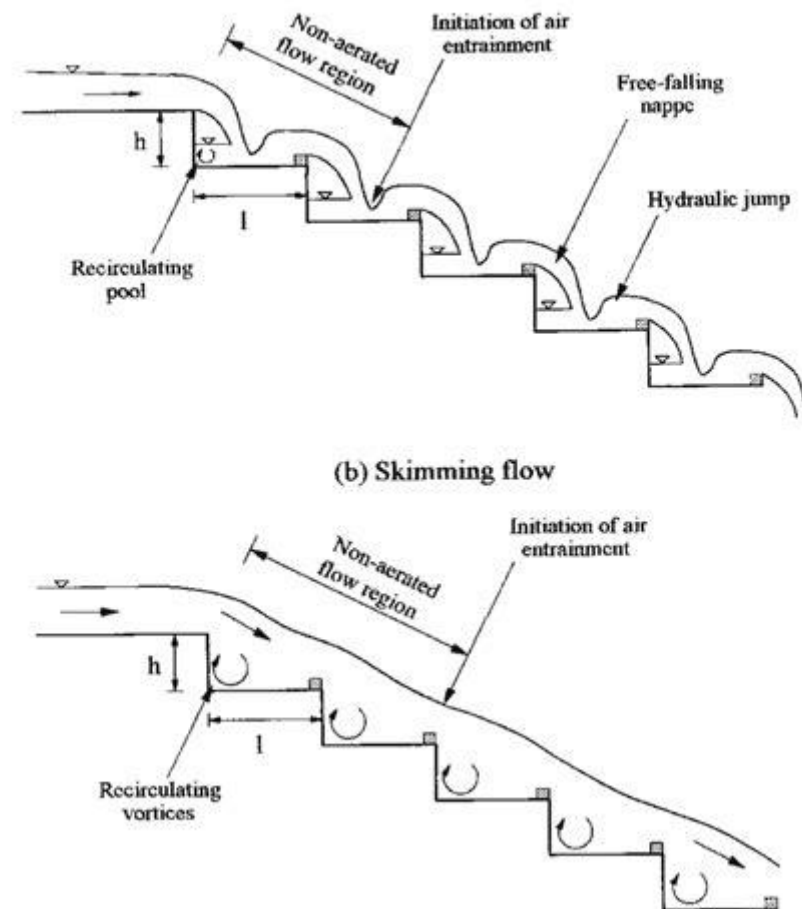


Fonte: Alexandre, Baptista, Barcelos (2019).

O dimensionamento da estrutura em fomato de degraus dependerá do regime de escoamento. No módulo Regime de Escoamento é possível classificá-lo em Nappe Flow, em Skimming Flow, ou regime de transição. O regime Nappe Flow possui a formação de bolsões de ar em cada degrau, conhecido também como quedas sucessivas. O regime Skimming Flow possui a formação de vórtices em cada degrau, conhecido também como escoamento

deslizante sob turbilhões (OHTSU et al.; 2004 *apud* ALEXANDRE; BAPTISTA; BARCELOS, 2019). O regime de transição tanto forma o escoamento aerado, quanto os vórtices em cada degrau, alternando suas características dentre os escoamentos *Nappe Flow* e *Skimming Flow* (MATOS E QUINTELA *apud* ALEXANDRE, BAPTISTA, BARCELOS, 2019) (Figura 26).

Figura 26 – Ilustração do regimes de escoamento *Nappe Flow* e *Skimming Flow*
(a) *Nappe flow*



Fonte: adaptado de Alexandre, Baptista, Barcelos (2019).

O SisCCoH dimensiona o escoamento em degraus com base em estudos empíricos. Uma simplificação na metodologia envolve não considerar o tipo de material do canal nos degraus. A dissipação de energia nesse tipo de fluxo é mais afetada pelas características do próprio degrau do que pela rugosidade do material do canal. Portanto, desde que as geometrias essenciais para calcular o escoamento nos degraus sejam definidas, é possível utilizar diferentes tipos de revestimento, como concreto, pedra argamassada, gabião caixa, entre outros.

No entanto, para estruturas de maior porte ou que possam conduzir escoamentos em alta velocidade, é recomendável utilizar revestimento de concreto. Isso se deve às significativas perturbações no fluxo e à dissipação de energia que ocorrem ao longo do canal em degraus.

Para a identificação do regime do escoamento, os dados requeridos são: a vazão de entrada (Q), a largura do canal (B), altura dos degraus (S) e o comprimento dos degraus (l). E, a partir dos dados de entrada são calculados a razão S/l , o ângulo formado entre um plano horizontal e aquele que contém as quinas dos degraus da escada (θ), a profundidade crítica, a vazão específica e a vazão para a profundidade crítica máxima dos regimes Nappe Flow, Skimming Flow e em transição (ALEXANDRE; BAPTISTA; BARCELOS, 2019).

De qualquer forma, Mangieri (2012) demonstra a eficiência das escadarias, afirmando que as escadarias conseguem em média, dissipar 55% da energia cinética total a montante, minimizando assim processos erosivos nas áreas aplicadas.

2.3.2 Medidas não estruturais

As medidas não estruturais, diferentemente das medidas estruturais, são aquelas que buscam maneiras de reduzir os danos causados pelas enchentes sem a adoção de obras de engenharia.

As medidas não-estruturais não são projetadas para dar uma proteção completa. Isto exigiria a proteção contra a maior enchente possível. Esta proteção é fisicamente e economicamente inviável na maioria das situações. A medida estrutural pode criar uma falsa sensação de segurança, permitindo a ampliação da ocupação das áreas inundáveis, que futuramente podem resultar em danos significativos. As medidas não-estruturais, em conjunto com as anteriores ou sem essas podem minimizar significativamente os prejuízos com um custo menor. O custo de proteção de uma área inundada por medidas estruturais geralmente é superior ao de medidas não-estruturais (TUCCI, 1997, p. 21)

Canholi (2014) explica que as medidas não estruturais buscam disciplinar a ocupação de terras, a forma de consumo das pessoas e as atribuições econômicas. De acordo com Tucci (2003), essas medidas podem ser ordenadas em zoneamento de áreas de inundações através de regulamentação do uso e ocupação do solo, construções à prova de enchentes, seguro de enchente, previsão e alerta de inundação.

O zoneamento de áreas de inundação nada mais é que a regulamentação de áreas propícias a sofrerem inundações ou deslizamentos devido a grande quantidade de chuvas. Tucci (2003) explica as etapas em que constitui o zoneamento dessas áreas: determinação do risco de enchentes, mapeamento das áreas de inundação, levantamento da ocupação da população na área de risco e a definição da ocupação das áreas de risco.

As construções à prova de enchentes são caracterizadas pelo conjunto de soluções projetadas com o intuito de reduzir as perdas em edificações em torno de várzeas de inundações durante a época de fortes chuvas. O seguro garante as pessoas e as empresas a garantia de proteção econômica devido a perdas causadas pelas enchentes. A previsão de alerta de inundação tem o intuito de evitar surpresas à população que, segundo Tucci (2003), pode ser caracterizada por:

Um sistema composto de aquisição de dados em tempo real, transmissão de informação para um centro de análise, previsão em tempo atual com modelo matemático, e Plano de Defesa Civil que envolve todas as ações individuais ou de comunidade para reduzir as perdas durante as enchentes. (Tucci, 2003 p.76).

As medidas de controle não estruturais, bem como as estruturais, não evitam em sua totalidade os danos causados pelas enchentes, mas sim, ajudam a minimizar os prejuízos e a conscientizar a população das melhores formas de uso e habitação do solo e a como se posicionarem em casos de destruições.

2.4 Plano Diretor de Drenagem Urbana

O plano diretor de drenagem urbana é um mecanismo utilizado pelas prefeituras de cada cidade, com o intuito da criação de meios para o gerenciamento da infraestrutura urbana.

Tucci (1997) explica que o plano diretor de drenagem urbana tem como objetivo o planejamento da distribuição da água no tempo e espaço, monitorar a ocupação das áreas de riscos de inundações bem como a convivência das áreas de baixo risco com as enchentes.

Cada plano varia de acordo com a cidade em que está relacionado, levando em consideração os seus aspectos urbanos, naturais e sociais.

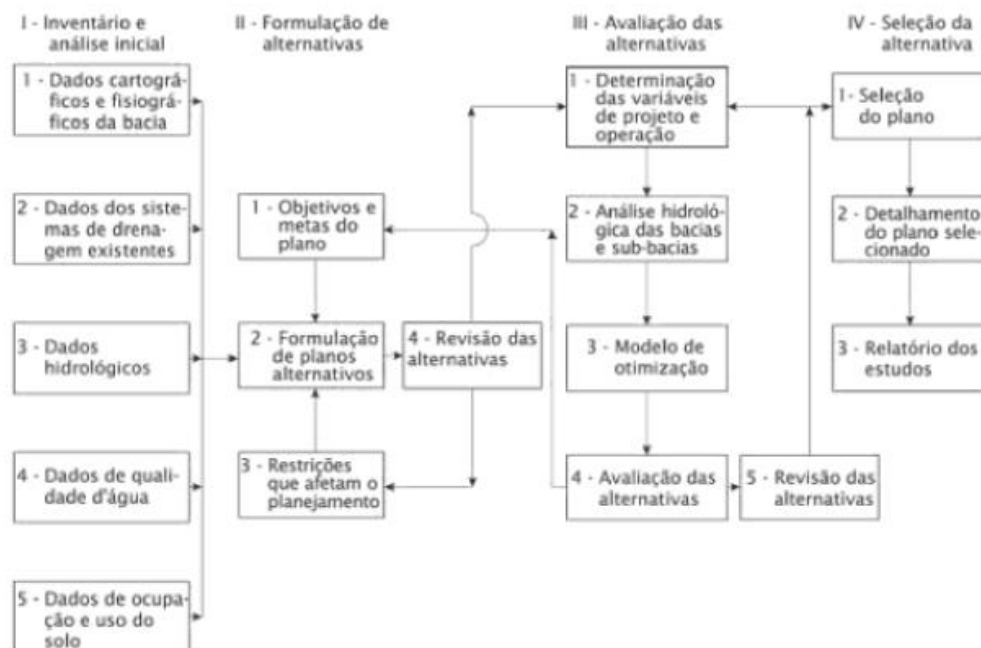
Sheaffer e Wright (1982) apresenta que o plano de drenagem urbana deve obter alguns objetivos principais, como manter as regiões ribeirinhas ainda não urbanizadas em condições que diminuam os problemas com a capacidade de escoamento e armazenamento do talvegue; minimizar aos poucos as ameaças de inundações que as pessoas e edificações estejam expostas; diminuir o nível de prejuízos pelas enchentes; garantir que os projetos de prevenção e correção sejam de acordo com os objetivos gerais do gerenciamento das cidades; reduzir adversidades de erosões e assoreamento; monitorar a poluição difusa; e estimular o uso alternativo das águas pluviais coletadas para uso nas indústrias, irrigação e abastecimento.

Para Canholi (2014), na formulação do plano diretor de macrodrenagem, é de suma importância considerar que a drenagem é um fenômeno de abordagem regional, ou seja, a unidade que gerencia é a bacia hidrográfica, podendo, então, ultrapassar os limites administrativos de cada município. Além disso, a macrodrenagem está vinculada a

infraestrutura urbana, no qual, seu planejamento deve ser multidisciplinar e deve concordar com outros planos e projetos dos outros serviços públicos, principalmente os que estão relacionados com a gestão de águas urbanas.

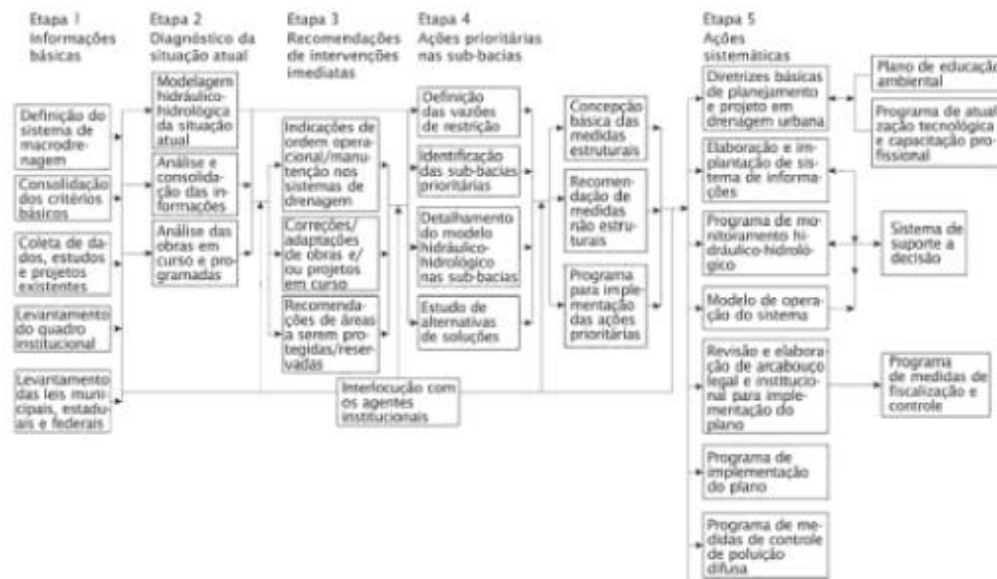
Segundo Canholi (2014), para que um plano diretor de drenagem urbana seja eficiente, deve conter as fases contidas na Figura 27 e Figura 28.

Figura 27- Planejamento de sistemas de drenagem Urbana – Fluxograma das atividades principais



Fonte: Drenagem urbana e controle de enchentes, Aluísio Canholi, 2014

Figura 28 – Fluxograma adotado no PDMAT – RMSP (DAEE)



Fonte: Drenagem urbana e controle de enchentes, Aluísio Canholi, 2014

Sendo assim, é importante cada prefeitura conhecer bem os aspectos de sua cidade em questão e diagnosticar os problemas existentes ou possíveis problemas, para assim poder apontar todas as suas fraquezas e criar um plano diretor de drenagem que seja eficaz, adotando as soluções mais adequadas.

3 METODOLOGIA

Este trabalho possui uma abordagem qualitativa e prospectiva, buscando levantar o potencial do uso das escadarias e rampas drenantes como solução para drenagem urbana em grotas de Maceió-Alagoas. Dessa forma o trabalho foi dividido em 4 etapas: delimitação e caracterização da área de estudo, levantamento e análise de dados secundários, visitas exploratórias de campo; análise do potencial de uso das escadarias e rampas drenantes em Maceió-Alagoas.

3.1 Área de estudo

Maceió é a capital do estado de Alagoas e, de acordo com o Instituto Brasileiro de Geografia e Estatística (IBGE), possui uma área 509,320 km² e 45% da área total compõe a área urbana. De acordo com o último censo de 2022 do IBGE, Maceió possui uma população de 957.916 pessoas, com densidade demográfica de 1.880,77 habitantes por quilômetro quadrado. Ainda de acordo com o IBGE, 47,1% dos domicílios da capital alagoana possui esgotamento sanitário adequado e apenas 32,7% dos domicílios urbanos em vias públicas possui urbanização adequada, ou seja, com presença de bueiros, calçadas, pavimentação e meio-fio. A Figura 29 a localização no mapa da área de estudo do presente trabalho, a cidade de Maceió, Alagoas.

Figura 29 - Área de estudo – Maceió - Alagoas



Fonte: Adaptado de Wikipedia

Maceió é composta por uma grande quantidade de corpos de água (mar, rios, riachos, lagoas, lagunas) porém, apresentam uma péssima qualidade em suas águas devido a má preservação o que impede o uso desse recurso tanto para o abastecimento humano ou até mesmo para recreação. Não é difícil encontrar as famosas “línguas negras”, que são o

encontro de esgotos com o mar, nas praias da cidade, que além de poluírem as águas, também causam um descontentamento das pessoas, principalmente dos turistas que visitam a cidade.

De acordo com dados históricos da cidade, pode-se entender a forma em que se deu a distribuição da população que teve relação com processos político, econômico, social e cultural que houveram no Brasil. Segundo Alencar (2007), a população da cidade de Maceió acelerou a partir da década de 1950, iniciada por um processo migratório e que foi agravado na década de 1960, devido ao êxodo rural originário da alta mecanização do campo no estado de Alagoas.

Foi então, por esse fator, que acarretou o início da ocupação em áreas insalubres para moradia, como áreas de encostas, como as chamadas “grotas” que são: fundos de vales, alguns mais estreitos, outros de maior largura, cuja principal função ambiental é permitir a drenagem de águas provenientes da região mais elevada, localmente conhecida como “tabuleiro”, em direção às planícies mais baixas da cidade.

Por muito tempo as grotas fizeram parte do canto “esquecido” na cidade. Desde que o programa Vida Nova nas Grotas passou a ser reconhecido, as comunidades puderam ser beneficiadas de mobilidade, acessibilidade e inclusão social, tornando seus moradores mais valorizados, cuidados e respeitados e, assim, despertando neles o sentimento de valorização e pertencimento a cidade, levando essas pessoas a objetivarem um futuro melhor bem como outras perspectivas de vida.

3.2 Levantamento e análise de dados secundários

O levantamento dos dados secundários teve como principal fonte os relatórios e dados do Painel da Grotas – Mapa participativo. Este Painel foi desenvolvido pelo Governo do Estado de Alagoas, através da Secretaria de Estado do Planejamento, Gestão e Patrimônio – SEPLAG e da Agência Habitat da Organização das Nações Unidas – ONU – Habitat. A partir dos dados compilados, foi possível caracterizar e entender as demandas sobre infraestruturas de drenagem nas grotas de Maceió.

3.3 Visitas exploratórias de campo

Com vistas ao melhor entendimento da questão, foram realizadas visitas exploratórias em obras do Programa Vida Nova nas Grotas, a fim de confirmar em campo as questões identificadas a partir dos dados secundários.

3.4 Análise do uso de escadarias drenantes

A partir do levantamento das demandas, das observações dos locais e da dinâmica de trabalho do Programa, foram discutidas recomendações e possibilidades para a utilização da escadaria drenante como solução para a drenagem dessas áreas, tempo como pressuposto a utilização de estruturas de drenagem integradas ao espaço urbano já consolidado.

4 ESTUDO DE CASO

Como afirmado anteriormente, a cidade de Maceió, possuía 957.916 habitantes, em 2022, dos quais 70.343, em 2010, estavam expostas em área de risco a inundações, enxurradas e deslizamentos. Destacamos também que, ainda em 2010, o município possuía apenas 32,7% das vias urbanizadas.

Em Maceió (AL), os serviços de limpeza de galerias, canais e córregos são realizados pela Superintendência de Limpeza Urbana de Maceió (SLUM), que buscam impossibilitar as cheias nas ruas da capital, principalmente em bairros onde os alagamentos são mais recorrentes como no bairro Levada (Figura 30), causados principalmente pelo acúmulo de lixo depositado pelos próprios moradores do bairro, intensificando a situação e trazendo problemas como o risco à saúde.

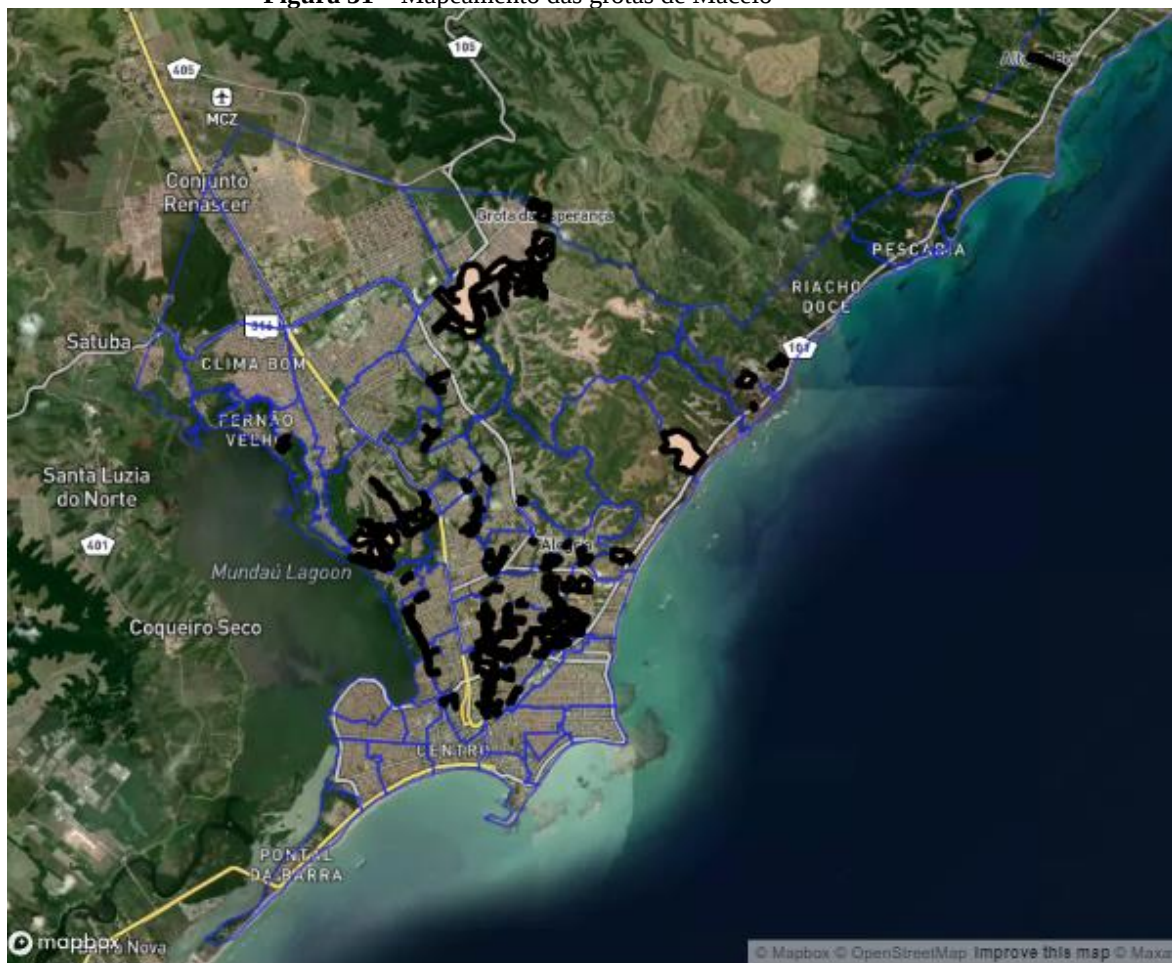
Figura 30 – Limpeza de córrego



Fonte: Prefeitura de Maceió

Segundo o Painel da Grotas, a cidade de Maceió possui 100 grotas e 346 microáreas, totalizando cerca de 101 mil pessoas vivendo nestas áreas (Figura 31). São áreas vulneráveis a riscos de inundações e deslizamentos, mas, progressivamente, vem sendo habitada por pessoas de baixa renda, se sujeitando aos riscos da localidade e com condições precárias e em alguns casos inexistentes de saneamento básico e mobilidade urbana.

Figura 31 – Mapeamento das grotas de Maceió



Fonte: Painel das Grotas

Sendo assim, a importância de um plano direto de Drenagem adequado para minimizar os riscos de acidentes nessas áreas. Além disso, em 2016, o Governo do Estado de Alagoas iniciou um Programa, chamado inicialmente de “Pequenas Obras, Grandes Mudanças”, que tinha como objetivo melhorar a acessibilidade e mobilidade das grotas da cidade de Maceió, com a construção de escadarias, passeios, pontilhões e corrimões.

Com o melhoramento da qualidade de vida dos moradores, devido a essas pequenas mudanças, o programa foi reestruturado e intitulado de “Vida Nova nas Grotas”, com o objetivo de construir uma plataforma de ações para promover o desenvolvimento urbano, social e econômico nessas áreas da cidade.

4.1 Programa Vida Nova nas Grotas

O Programa Vida Nova nas Grotas (antigo Pequenas obras, Grandes Mudanças) foi iniciado em 2015 a fim de viabilizar a melhoria na vida das pessoas que fazem parte das

comunidades alagoanas que, até então, não eram beneficiadas de políticas públicas voltadas ao saneamento básico, melhorias da mobilidade urbana, assim como da infraestrutura social, territorial e ambiental dessas localidades (Figura 32, Figura 33).

Figura 32 – Ações do Programa Vida Nova nas Grotas

GROTA DO ESTRONDO



ANTES



DEPOIS

GROTA DO ESTRONDO



ANTES



DEPOIS

Fonte: SETRAND

Figura 33– Visão Geral das ações do Programa Vida Nova nas Grotas



Fonte: SETRAND

Inicialmente, o trabalho desenvolvido pela SETRAND (Secretaria de Transporte e Desenvolvimento Urbano) de Alagoas estava voltado apenas para a mobilidade urbana, mas acabou tomando uma dimensão maior e passou a promover também a inclusão socio territorial, fazendo com que fosse elevada a autoestima das famílias que residem nesses ambientes.

A proposta foi extraordinária no Brasil e teve, como objetivo inicial, proporcionar a 25% da população maceioense mais vulnerável que habita em grotas a melhoria na qualidade de vida através de serviços básicos de infraestrutura e promover a inclusão socio territorial da população.

Em 2016, o projeto foi lançado com o intuito de realizar avanços urbanos e, em 2017, obteve ampliação a partir do apoio oferecido e, pela cooperação estabelecida em julho de 2017 com a ONU-Habitat (Programa das Nações Unidas para Assentamentos Humanos) com o propósito de fomentar as ações que o Governo de Alagoas, já vem aplicando na Região Metropolitana de Maceió. Hoje em dia, o projeto conta com a união das secretarias de Alagoas na viabilização da inclusão social, desenvolvimento econômico, saúde, educação etc.

O projeto Vida Nova nas Grotas ficou conhecido internacionalmente, ganhando prêmios importantes. Em 2019, venceu o Prêmio “Eduardo Campos” (GOBERNARTE: EL ARTE DEL BUEN GOBIERNO) - INICIATIVAS PARA UMA GESTÃO URBANA BASEADAS EM EVIDÊNCIAS, em Buenos Aires. Já em 2020, em meio a uma pandemia, levou o Prêmio Internacional: Melhores Práticas para Melhoria das Condições de Vida em Dubai e o Prêmio: *World Smart City Awards* - Melhoria de favelas com base em evidências e desenvolvimento urbano, em Barcelona, na categoria “Qualidade de Vida e Inclusão” fortalecendo o compromisso de avanços na qualidade de vida dos moradores das comunidades que eram esquecidas pelo poder público.

Além disso, a iniciativa vem concretizando seus objetivos por meio de mediações urbanas que ajudam no desenvolvimento da inclusão social e mobilidade urbana, construindo muros de contenção, escadarias, pontilhões, passeios, canaletas de drenagem e pintando fachadas de casas ao longo das intervenções, dessa forma atendendo ao conceito básico da “urbanização moderna” que possibilita o deslocamento dos habitantes de forma rápida e eficaz.

Da mesma forma, o programa contribui para a formação social, educacional e esportiva de crianças, jovens e adultos que residem nas grotas de Maceió, além de ajudar na formação de indivíduos competentes à cidadania, tendo alcançado um público com cerca de 328 pessoas.

O projeto já ajudou cerca de 71 comunidades por meio de um investimento de R\$ 142 milhões que busca até o final de 2022 cobrir as 100 grotas de Maceió. Um dos pontos de melhorias pra essas comunidades foi a inserção de jovens de 15 a 24 anos que desejam fazer parte do Programa Juventudes, Comunicação e Cidade. A intenção do projeto é atrair jovens que tenham interesse em políticas comunitárias e divulguem suas comunidades. A seleção dará prioridades a mães e jovens com deficiência, negros e negras, romanis, LGBTQIAP+ e indígenas.

4.2 Visita exploratória – Grota do estrondo - Feitosa

A Grota do Estrondo é uma subárea compreendida entre os bairros do Feitosa e Pitanguinha. Devido ao fato desta Grota não constar no Painel das Grotas, não foi possível determinar as suas características básicas, como população, densidade e a avaliação dos sistemas básicos de infraestrutura urbana. Dessa forma, foi feita uma caracterização básica por meio das informações coletadas na visita exploratória.

O acesso à Grota do Estrondo é feito por meio de escadarias que dão acesso aos becos e vielas da ocupação, onde existe um corpo hídrico utilizado para disposição tanto das águas pluviais como de esgotamento sanitário. O padrão habitacional predominante é de casas de alvenaria, sem reboco externo e telhado de telhas cerâmicas ou de fibrocimento.

Durante a visita à Grota do Estrondo, foi possível observar alguns aspectos como, por exemplo, o relevo bastante acidentado e os processos construtivos utilizados na intervenção. Foi possível conversar com o engenheiro responsável pelas intervenções da localidade no qual ele explicou sobre as obras de drenagem feitas.

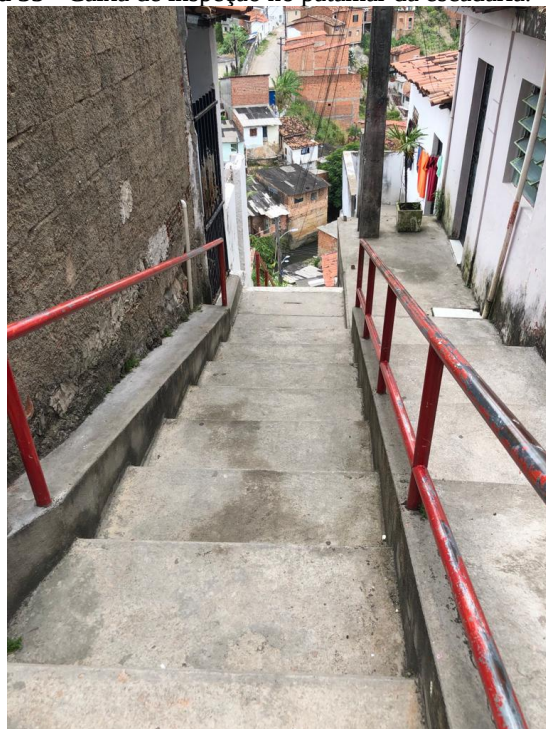
No momento da visita, já haviam sido construídas 3 escadarias com sistemas drenantes. Essas escadarias possuem tubulações em seu interior variando de 25 mm a 1000 mm, em que, a cada patamar possui uma caixa de inspeção para possíveis manutenções. Cabe destacar que este modelo é equivalente ao escoamento simples em canais, não podendo ser considerado como escoamento em degraus (Figura 34, Figura 35).

Figura 34 - Escadaria drenante.



Fonte: Autor, 2022

Figura 35 - Caixa de inspeção no patamar da escadaria.



Fonte: Autor, 2022

Além das caixas de inspeções, pelo passeio da grota foram construídos poços de visitas com tubulações de 1000 mm (Figura 36).

Figura 36 - Poço de visita com tubulação de 1000mm



Fonte: Autor, 2022

Importante salientar que esses sistemas não são apenas para a drenagem das águas pluviais, mas também esgoto. Na Grota do Estrondo essas escadarias servem para eliminar essa vazão aplicada em apenas uma descida que flui da parte de cima do Bairro do Feitosa e desagua em um córrego localizado na Grota (Figura 37).

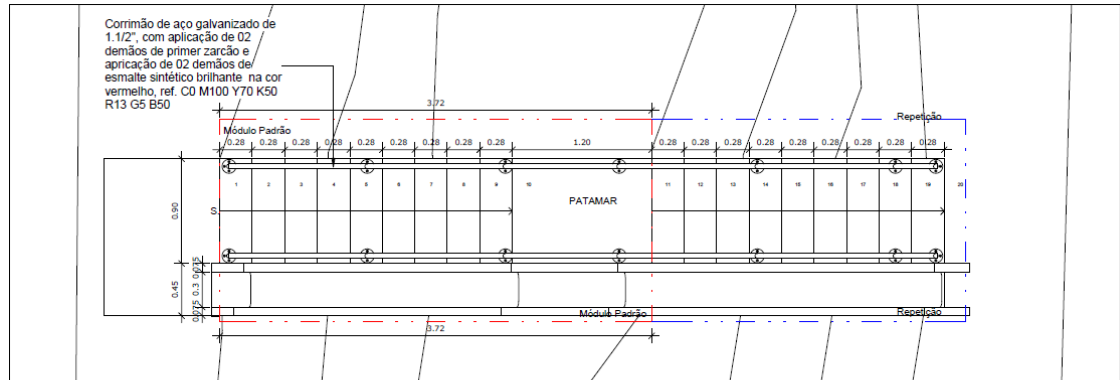
Figura 37 - Captação de águas e esgoto vindo do Bairro Feitosa



Fonte: Autor, 2022

Não há projetos específicos para cada escadaria que foi ou será construída. Existe um projeto base de 2015 para essas escadarias e o engenheiro vai adaptando de acordo com o terreno, direção que ela deverá tomar (Figura 38, Figura 39 e Figura 40).

Figura 38 - Projeto base de escadarias – Planta Baixa

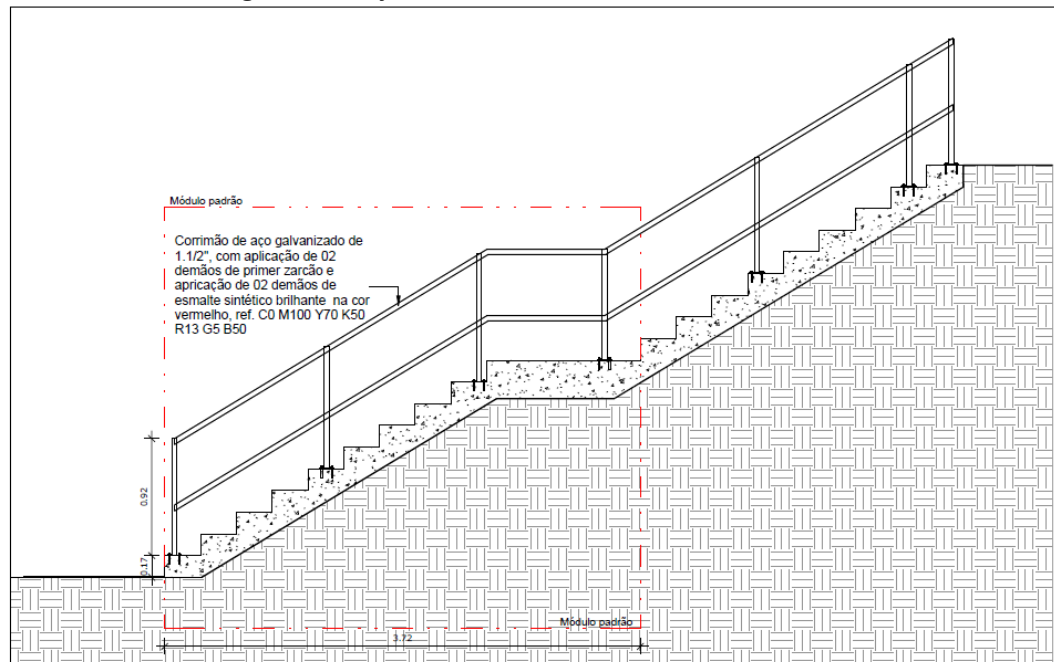


1 ESCADA TIPO 01
1 : 25

1 : 25

Fonte: SETRAND AL, 2015

Figura 39- Projeto base de escadarias – Corte

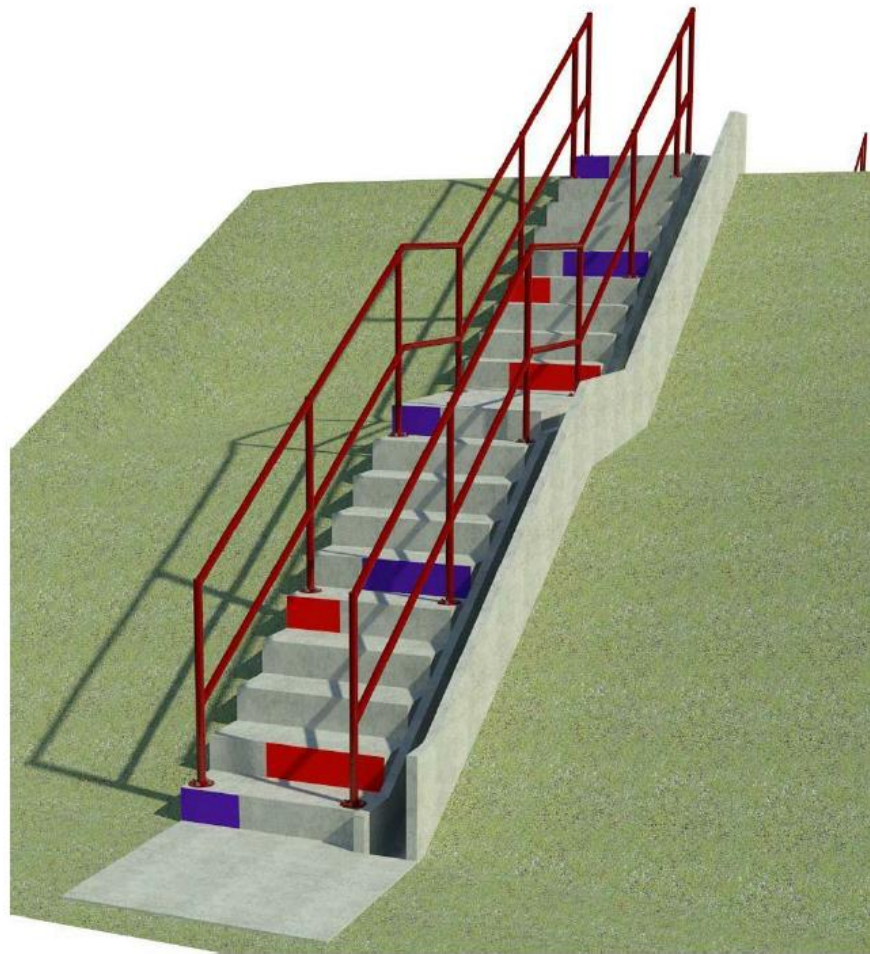


2 CORTE LONGITUDINAL
1 : 25

1 : 25

Fonte: SETRAND AL, 2015

Figura 40- Projeto base de escadarias – Perspectiva



5 IMAGEM 01
1:1

Fonte: SETRAND AL, 2015

A obra de uma quarta escadaria já estava em andamento, mas diferente das outras, a tubulação passava na lateral da escadaria, pois já um caminho por onde essas águas passava, o que seria aproveitado essa escavação (Figura 41 e Figura 42).

Figura 41 - Escadaria em construção com sistema de drenagem na lateral.



Fonte: Autor, 2022

Figura 42 - Escavação já existente



Fonte: Autor, 2022

4.3 Análise da possibilidade de uso de escadarias drenantes em Maceió

De acordo com o Painel das Grotas, Maceió apresenta cerca de 100 grotas, na obra visitada estavam em construção 4 escadarias. Pode-se supor, que pelo menos 100 escadarias

precisariam ser construídas em Maceió e tomando a necessidade da obra em andamento como referência, teríamos em torno de 400 escadarias, esta quantidade de escadas por si só já justificaria a estruturação de uma fábrica de escadas em pré-moldados como foi feito em Salvador.

Do ponto de vista de dimensionamento, percebe-se a necessidade de capacitação e estudos mais detalhados para o efetivo funcionamento destas estruturas como obras hidráulicas. Percebeu-se, nas visitas de campo, a necessidade de levantamento de dados básicos para o dimensionamento das escadarias hidráulicas, tais como a topografia da área para a delimitação das áreas de influência de cada escada, bem como para o correto dimensionamento do seu traçado.

Tomando como referência o projeto fornecido pela SETRAND, foi realizada a simulação de um lance da escada drenante. Visto que não foi possível levantar dados suficientes para o dimensionamento real, como vazão de projeto e perfil do terreno, tomamos como referência as vazões máximas obtidas por Mangieri (2014) para Salvador e a vazão limite para o regime Nappe Flow. Ressaltamos que, por meio da curva IDF existente para Maceió, seria possível obter a vazão de projeto local, no entanto o não fornecimento da planta de curvas de nível da região não permitiu entender e delimitar a área de influência da escadaria. Dessa forma, a simulação realizada tem apenas efeito comparativo entre a solução tradicional, tubos de concreto e a escadaria drenante.

Pode-se observar na comparação da Tabela 3 - Tabela 4 - Tabela 5 - m/s para o escoamento em tubos circulares e 3,235 m/s para o regime Nappe Flow e 4,04 m/s para o regime Skimming Flow.

Tabela 3 - Dimensionamento de tubulação circular em concreto para escadaria - Máxima Eficiência

Dados de Entrada		
Vazão (m³/s)	0,13	0,5
Coefficiente de Manning	0,015	0,015
Declividade (m/m)	0,53	0,53
Resultados		
Área Molhada (m²)	0,019	0,051
Coefficiente de Manning	0,015	0,015
Declividade (m/m)	0,53	0,53
Diâmetro (m)	0,217	0,36
Número de Froude	7,599	8,266
Profundidade do Fluxo (m)	0,109	0,18
Vazão (m³/s)	0,13	0,5
Velocidade (m/s)	6,9749	9,7678

Fonte: SisCCoH - Sistema para Cálculos de Componentes Hidráulicos, 2023

Tabela 4 - Dimensionamento de escadaria drenante- Regime Nappe Flow

Dados de Entrada	
Vazão - Q (m³/s)	0,130
Largura do Canal - B (m)	1,000
Altura dos Degraus - S (m)	0,170
Comprimento dos Degraus - l (m)	0,320
Desnível do Trecho - Hd (m)	1,700
Número de Degraus	10,000
Resultados	
Parâmetros Hidráulicos	
Ângulo com a Horizontal (graus)	27,979
Vazão (m³/s.m)	0,130
Profundidade Crítica (m)	0,120
Número de Queda	0,351
Dados para Dimensionamento	
Comprimento de Queda (m)	0,551
Comprimento do Ressalto (m)	1,074
Altura da Parede (m)	0,300
Energia Residual (m)	0,574
Energia Dissipada (m)	1,306
Energia Máxima (m)	1,880
Eficiência (%)	69,478
Profundidade Final do Escoamento (m)	0,040
Velocidade Final (m/s)	3,235
Froude Final	5,153

Fonte: SisCCoH - Sistema para Cálculos de Componentes Hidráulicos, 2023

Outra questão que merece destaque no caso do regime Skimming Flow é o risco de cavitação, que neste caso ficou abaixo do limite de velocidade, corroborando a eficiência da escadaria (Tabela 5 -).

Tabela 5 - Dimensionamento de escadaria drenante- Regime Skimming Flow

Dados de Entrada	
Vazão (m³/s)	0,500
Largura do Canal (m)	1,000
Altura do Degrau (m)	0,170
Comprimento do Patamar do Degrau (m)	0,320
Desnível do Trecho (m)	1,700
Resultados	
Escoamento não uniforme - Tipo A	
Ângulo com a Horizontal (graus)	27,979
Vazão (m³/s.m)	0,500
Profundidade Crítica (m)	0,294

Concentração Média de Ar	0,401
Dados para dimensionamento	
Profundidade Aerada do Escoamento (m)	0,207
Velocidade do Escoamento Aerado (m/s)	2,420
Profundidade Final do Escoamento (m)	0,124
Velocidade Final do Escoamento (m/s)	4,040
Energia Residual (m)	0,941
Altura de Referência da Parede (m)	0,289
Cálculo do Ponto de Início do Escoamento Aerado	
Altura da rugosidade do degrau - k (m)	0,150
Posição do Início da Aeração - LA (m)	3,696
Profundidade do Início da Aeração - Ya (m)	0,142
Risco de Cativação	
Velocidade no Início da Aeração - Va (m/s)	3,522
Velocidade Crítica de Cavitação no Início da Aeração - Vcra (m/s)	17,771
Fonte: SisCCoH - Sistema para Cálculos de Componentes Hidráulicos, 2023	

Os resultados acima confirmam a eficiência das estruturas em formato de degraus para uso em áreas de encosta, neste caso com potencial de uso nas grotas de Maceió.

5 CONCLUSÕES

O manejo de águas pluviais urbanas evoluiu ao longo do tempo, passando por diferentes fases. Da drenagem tradicional, que buscava escoar a água acumulada em uma região para outra, para uma e uma fase mais recente que reconhece a necessidade de integrar a perspectiva ambiental na gestão de recursos hídricos urbanos, potencializando as demais etapas do ciclo hidrológico como a infiltração.

O aumento da densidade populacional nas áreas urbanas tem gerado preocupações significativas para a hidrologia urbana, especialmente quando não há um planejamento adequado. Isso pode resultar em problemas como erosão do solo, deterioração de corpos d'água, degradação da qualidade da água e aumento de enchentes e inundações. A ocupação desordenada de áreas de fundo de vale e encostas por populações de baixa renda, devido à falta de opções habitacionais, agrava ainda mais os problemas urbanos e de drenagem, uma vez que essas áreas não são adequadas para construção.

No contexto de Maceió, Alagoas, a cidade enfrenta desafios significativos relacionados à drenagem urbana, incluindo inundações, alagamentos e deslizamentos de terra em grotas e encostas. Este trabalho buscou avaliar a viabilidade do uso de escadarias drenantes como solução de drenagem sustentável nas grotas de Maceió. Durante este estudo, foi possível observar que a drenagem urbana dentro do Programa Vida Nova nas Grotas carece de maior atenção, visto que os projetos são definidos em campo, sem um maior detalhamento de seu funcionamento hidráulico. Apesar dos grandes benefícios que o Programa têm trazido às comunidades, a drenagem ainda é vista de forma secundária e assemelha-se mais a visão tradicional de drenagem que ao modelo atual.

Sugere-se que o projeto das estruturas seja feita de forma mais precisa para evitar retrabalhos e potencializar o seu uso. Recomenda-se o estudo aprofundado de outras soluções integrando elementos, tais como os muros de arrimo, escadarias drenantes e áreas de retenção/retenção.

O projeto dessas estruturas requerem o conhecimento mínimo do terreno para que se possa direcionar de forma adequada os fluxos de água, bem como propor elementos complementares ao manejo das águas pluviais.

Por fim, conclui-se que, apesar do grande potencial de utilização das escadarias drenantes no Programa Vida Nova nas Grotas, ainda não há elementos suficientes para o seu correto dimensionamento.

REFERÊNCIAS

- ACIOLI, Laura Albuquerque. **Estudo experimental de pavimentos permeáveis para o controle do escoamento superficial na fonte**. Dissertação de Pós-Graduação em Recursos Hídricos e Saneamento Ambiental da Universidade Federal do Rio Grande do Sul. Porto Alegre. 2005.
- AGRA, Sidnei Gusmão. **Estudo experimental de microrreservatórios para controle do escoamento superficial**. 2001.
- ALENCAR, Ana Paula Acioli de. **A expressão das desigualdades urbanas: análise espacial da distribuição da infraestrutura na cidade de Maceió, Alagoas**. 2007. 214f. Dissertação (Mestrado em Arquitetura e Urbanismo) – Faculdade de Arquitetura e Urbanismo, Universidade Federal de Alagoas, Maceió, 2007.
- ALEXANDRE, Gladstone Rodrigues. BAPTISTA, Márcio Benedito. BARCELOS, Josiane Marinho. **Manual Técnico do SisCCoH**. Belo Horizonte: Pimenta de Ávila Consultoria e Departamento de Engenharia Hidráulica e Recursos Hídricos – EHR UFMG, 2019.
- ARAÚJO, P. R., TUCCI, C. E. M., GOLDENFUM, J. A. 2000. **Avaliação da eficiência dos pavimentos permeáveis na redução do escoamento superficial**. RBRH – Revista Brasileira dos Recursos Hídricos. Volume 5, n. 3, Jul/Set 2000. 21-29.
- BAPTISTA, M.; NASCIMENTO, N.; BARRAUD, S. **Técnicas compensatórias em drenagem urbana**. 1ª edição Porto Alegre: ABRH, 2005. 266p.
- BECHTEL, Robert B.. **Environment & behavior: an introduction**. Thousand Oaks, California: Sage Publications, 1997. 679p.
- BICHANÇA, Maria de Fátima et al. **Bacias de retenção em zonas urbanas como contributo para a resolução de situações extremas: cheias secas**. 2006.
- BRASIL. Cadernos temáticos saneamento básico. **Drenagem e manejo das águas pluviais urbanas**. 2016.
- BRASIL. **Lei nº 14.026, de 15 de julho de 2020**. Brasília, 2020.
- BRASIL. Ministério da Saúde. **Manual de saneamento**. Ministério da Saúde, Fundação Nacional de Saúde. – 5.ed. Brasília: Funasa, 2019.
- CÂMARA DE GUIMARÃES INAUGURA BACIAS DE RETENÇÃO NO PARQUE DAS HORTAS E APRESENTA 2ª FASE DE OBRAS. **Município de Guimarães**, 2022. Disponível em: <<https://www.cm-guimaraes.pt/participar/guimaraes-mais-verde/noticia/camara-de-guimaraes-inaugura-bacias-de-retencao-no-parque-das-hortas-e-apresenta-2-fase-de-obras>>. Acesso: 22/07/2022.
- CANALIZAÇÃO DO CÓRREGO INVERNADA É CONCLUÍDA. **Folha de Valinhos**, 2019. Disponível

em:<<https://www.folhadevalinhos.com.br/artigos/valinhos/cidade/canalizacao-do-corrego-invernada-e-concluida>>. Acesso em: 22/07/2022

CANHOLI, A. P. **Drenagem Urbana e Controle de Enchentes**. 2. ed. São Paulo: Oficina de Textos, 2015.

CANHOLI, Aluísio. **Drenagem urbana e controle de enchentes**. Oficina de textos, 2015.

CHAVES, Theo. **Chuva intensa deixa ruas de Maceió alagadas e moradores ilhados; veja imagens**. TNH1, Maceió, 21/03/2022. Disponível

em:<<https://www.tnh1.com.br/noticia/nid/chuva-intensa-deixa-ruas-de-maceio-alagadas-e-moradores-ilhados-veja-imagens/>>. Acesso em: 22/07/2022.

CHRISTOFIDIS, Demetrios; ASSUMPÇÃO, Rafaela dos Santos Facchetti Vinhaes; KLIGERMAN, Débora Cynamon. A evolução histórica da drenagem urbana: da drenagem tradicional à sintonia com a natureza. **Saúde em Debate**, v. 43, p. 94-108, 2020.

CONSTANCE, P. **Apoio firme para áreas de risco**. BIDAMÉRICA.

CRUZ, M. A. S., ARAÚJO, P. R., SOUZA V. C. B., 1999. **Estruturas de controle do escoamento urbano na micro-drenagem**. In: Simpósio Brasileiro de Recursos Hídricos, 13., 1999, Belo Horizonte. Anais. Belo Horizonte: ABRH. 21p.

DETENÇÃO - AS BACIAS QUE FICAM SECAS. **Prefeitura de Porto Alegre**, 2022. Disponível

em:<https://www2.portoalegre.rs.gov.br/dep/default.php?p_secao=69#:~:text=As%20bacias%20de%20deten%C3%A7%C3%A3o%20s%C3%A3o,apenas%20nos%20dias%20de%20chuva.>. Acesso em: 22/07/2022.

FERNANDES, N. B. **Planejamento territorial e águas urbanas em Maceió: o Plano Diretor e a Bacia Hidrográfica Urbana do Riacho Reginaldo**. Dissertação (Mestrado em Arquitetura e Urbanismo). Universidade Federal de Alagoas. 2010.

GALERIA DE DRENAGEM. **Ebanataw**, 2020. Disponível em <<https://www.ebanataw.com.br/drenagem/galeria.htm>>. Acesso em: 20 de julho de 2023.

JAYAWARDENA, A. **Upgrading living standards in slums: Lessons from**.

LIMPEZA DE CÓRREGOS E CANAIS RETIRA MAIS DE 119 TONELADAS EM SANTOS. **Prefeitura de Santos**, 2019. Disponível

em:<<https://www.santos.sp.gov.br/?q=noticia/limpeza-de-corregos-e-cana-is-retira-mais-de-119-toneladas-em-santos>>. Acesso em: 22/07/2022.

LOPES, Douglas. **Menino de 9 anos morre em casa atingida por deslizamento de terra no Ouro Preto, em Maceió**. G1, Maceió, 23/03/2022.

Disponível:<<https://g1.globo.com/al/alagoas/noticia/2022/03/23/menino-morre-apos-casa-onde-morava-ser-atingida-por-um-deslizamento-de-barreira-no-ouro-preto-em-maceio.ghtml>> Acesso em: 22/07/2022.

MANGIERI, Lúcio Sérgio Garcia. **Avaliação dos sistemas de escadarias e rampas drenantes implantadas em assentamentos espontâneos na cidade do salvador - bahia**.

Salvador, 2012. Dissertação (mestrado) - Universidade Federal da Bahia. Escola Politécnica, 2012.

MARCHIONI, M.; SILVA, Cl. O. **Sistemas Construtivos: Pavimentos Permeáveis** - ABCP Associação Brasileira de Cimento Portland. São Paulo, 2010.

MARICATO, Ermínia. Metrópole, legislação e desigualdade. In: **Estudos Avançados**. São Paulo: IEA/USP. v. 17, n. 48, p. 151-167, mai/ago 2003.

MARQUES, Victor Pereira. **Estudo de medidas estruturais em planos diretores de drenagem urbana**. Monografia (Graduação em Engenharia Civil) - Escola de Minas, Universidade Federal de Ouro Preto. Ouro Preto, 2019.

MAYER, Lidiane et al. **Parques lineares para o controle da macrodrenagem urbana: Estudo de caso do Parque Linear Via Verde em Jaraguá do Sul/SC**. 2021.

MDR, Ministério da Integração e do Desenvolvimento Regional, 2022. **Estudo do Governo Federal mostra que Brasil tem 753,2 mil km de redes de esgoto**. Disponível em: <<https://www.gov.br/mdr/pt-br/noticias/estudo-mostra-que-brasil-tem-753-2-mil-km-de-redes-de-distribuicao-de-agua-e-365-mil-de-esgoto>>. Acesso em: 03/05/2023.

MIRANDA, A. G. da S. ., Silva, G. S. da .. **PATOLOGIAS NA PAVIMENTAÇÃO E DRENAGEM URBANA ESTUDO DE CASO: AV. PERIMETRAL, EM BELÉM-PA, BRASIL**. Revista Ibero-Americana De Humanidades, Ciências E Educação, 8(4), (2022) 273–288.

MORAES, Odair Barbosa de. **Método de análise de dados para avaliação de áreas urbanas recuperadas – uma abordagem utilizando a lógica Fuzzy**. Tese (Doutorado em Engenharia Civil). Universidade de São Paulo. 2008.

MURO DE ARRIMO: O QUE É, MATERIAIS, COMO FAZER E PREÇOS!. **Doce Obra**, 2021. Disponível: <<https://casaconstrucao.org/materiais/muro-de-arrimo/>>. Acesso em: 28/07/2022.

O QUE É MURO DE ARRIMO? ENTENDA SUA IMPORTÂNCIA E COMO DEVE SER CONSTRUÍDO. **Hometeka**, 2014. Disponível em: <https://www.hometeka.com.br/f5/o-que-e-muro-de-arrimo-entenda-sua-importancia-e-como-deve-ser-construido/>. Acesso em: 25/07/2022.

PARA QUE SERVE O MURO DE ARRIMO? QUANDO DEVO USÁ-LO?. **SETPAR Empreendimentos**, 2022. Disponível em: <https://www.setpar.com.br/blog/para-que-serve-o-muro-de-arrimo-quando-devo-usa-lo/>. Acesso em: 22/07/2022.

PEREIRA, Caio. **Muro de arrimo: O que é e principais tipos**. Escola Engenharia, 2016. Disponível em: <https://www.escolaengenharia.com.br/muro-de-arrimo/>. Acesso em: 12 de outubro de 2022.

POMPÊO, Cesar Augusto. Drenagem urbana sustentável. **Revista Brasileira de Recursos Hídricos**, v. 5, n. 1, p. 15-23, 2000.

RUEDA, Salvador. **Habitabilidad y calidad de vida**. Madrid: UPM, jun. 1997. Disponível em: <<http://habitat.aq.upm.es/cs/p2/a005.html>>. Acesso em: 24 fev. 2023.

SALAT, Serge (ed.). **The sustainable design handbook** – China. France: CSTB, 2006.

SALOMÃO, Pedro Emílio Amador. **Verificação dos principais tipos de contenções de taludes existentes na cidade de Teófilo Otoni**. Universidade Federal de Itajubá. 2019.

SCHUELER, Thomas R. et al. **Controlling urban runoff: A practical manual for planning and designing urban BMPs**. Washington, DC: Metropolitan Washington Council of Governments, 1987.

SETRAND – AL. Secretaria de Estado de Transporte e Desenvolvimento urbano, 2022.

SILVA, G. B. L., **Avaliação Experimental Sobre a Eficiência de Superfícies Permeáveis com Vistas ao Controle do Escoamento Superficial em Áreas Urbanas**. Brasília: UnB, 2006. Tese (Doutorado em Tecnologia Ambiental e Recursos Hídricos). Universidade de Brasília, 2006.

SILVA, Jorge Luis Oliveira et al. Drenagem Urbana com Foco Sustentável para loteamento. **Brazilian Journal of Animal and Environmental Research**, v. 3, n. 3, p. 2440-2452, 2020.

SIMÕES, André Luiz Andrade. **Concepção de uma escadaria drenante com canal central rebaixado empregando simulações numéricas**. XIII ENAU - Encontro Nacional de Águas Urbanas e III SRRU - Simpósio de Revitalização de Rios Urbanos. **Anais...**Porto Alegre: ABRHidro. 2020.

TOMAZ, Plínio. Águas de chuva. **Ciclo ambiental da água: da chuva à gestão**, p. 432, 2012.

TUCCI, C. E. M. **Gestão da drenagem urbana**. Distrito Federal: CEPAL. Escritório no Brasil/IPEA, 2012. Disponível em: https://www.cepal.org/sites/default/files/publication/files/38004/LCBRSR274_pt.pdf Acesso em: 23 fev. 2022.

TUCCI, Carlos E. M. **Revista brasileira de recursos hídricos**. Volume 2, n 2. Jul/Dez, 1997.

TUCCI, Carlos EM. **Gestão de águas pluviais urbanas**. Programa de Modernização do Setor Saneamento, Secretaria Nacional de Saneamento Ambiental, Ministério das Cidades, 2005.

UNITED NATIONS CENTRE FOR HUMAN SETTLEMENTS. **Sustainable Urbanisation**. Nairobi: UNCHS, 2002. Disponível em: <<http://www.unhabitat.org/>>. Acesso em 28 mar. 2007.

UNITED NATIONS CENTRE FOR HUMAN SETTLEMENTS. **World Cities Report 2022. Envisage the future of cities**. Nairobi: UNCHS, 2022. Disponível em: <<http://www.unhabitat.org/>>. Acesso em 25 abr. 2023.

VAZ, Valéria Borges. **Drenagem urbana**. Comitê de Gerenciamento da Bacia Hidrográfica do Rio Pardo-Comitê Pardo. Boletim Informativo N.º, v. 5, 2004.

ZANANDREA, Franciele. **Avaliação de técnicas de baixo impacto no controle de impactos hidrológicos em uma bacia urbana em consolidação**. 2016. 93 f. Dissertação (Mestrado) - Curso de Recursos Hídricos e Saneamento Ambiental, Instituto de Pesquisas Hidráulicas, Universidade Federal do Rio Grande do Sul, Porto Alegre, 2016.