

INSTITUTO FEDERAL DE EDUCAÇÃO, CIÊNCIA E TECNOLOGIA DE SERGIPE

CAMPUS ARACAJU

DEPARTAMENTO DE DESENVOLVIMENTO DE ENSINO

COORDENADORIA DE ENGENHARIA CIVIL

CURSO DE BACHARELADO EM ENGENHARIA CIVIL

ANTONIO VINICIUS SANTOS SILVA

**ANÁLISE COMPARATIVA DA GESTÃO DA DRENAGEM URBANA ENTRE OS
MUNICÍPIOS DE ARACAJU, MACEIÓ E SALVADOR**

MONOGRAFIA

ARACAJU

2023

INSTITUTO FEDERAL DE EDUCAÇÃO, CIÊNCIA E TECNOLOGIA DE SERGIPE

CAMPUS ARACAJU

DEPARTAMENTO DE DESENVOLVIMENTO DE ENSINO

COORDENADORIA DE ENGENHARIA CIVIL

CURSO DE BACHARELADO EM ENGENHARIA CIVIL

MONOGRAFIA

**ANÁLISE COMPARATIVA DA GESTÃO DA DRENAGEM URBANA ENTRE OS
MUNICÍPIOS DE ARACAJU, MACEIÓ E SALVADOR**

ANTONIO VINICIUS SANTOS SILVA

Trabalho de conclusão de curso apresentado ao Instituto Federal de Sergipe - Campus Aracaju como pré-requisito para a obtenção do grau de Bacharel em Engenharia Civil.

Orientadora: Prof. MSc. Louise Francisca Sampaio Brandão.

ARACAJU

2023

Ficha catalográfica elaborada pela Bibliotecária Geocelly Oliveira Gambardella / CRB-5 1815, com os dados fornecidos pelo(a) autor(a).

Silva, Antonio Vinicius Santos.

S586a Análise comparativa da gestão de drenagem urbana entre os municípios de Aracaju, Maceió e Salvador. / Antonio Vinicius Santos Silva. – Aracaju, 2023.

64 f. : il.

Orientadora: Profª. Ma. Louise Francisca Sampaio Brandão.
Monografia (Graduação - Bacharelado em Engenharia Civil) - Instituto Federal de Sergipe, 2023.

1. Drenagem sustentável. 2. Plano diretor. 3. Código de obra. I. Brandão, Louise Francisca Sampaio. II. Título.

CDU 631.62

INSTITUTO FEDERAL DE EDUCAÇÃO, CIÊNCIA E TECNOLOGIA DE SERGIPE

CAMPUS ARACAJU

CURSO DE BACHARELADO EM ENGENHARIA CIVIL

TERMO DE APROVAÇÃO

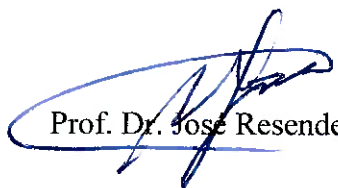
Título da Monografia Nº 260

**ANÁLISE COMPARATIVA DA GESTÃO DA DRENAGEM URBANA ENTRE OS
MUNICÍPIOS DE ARACAJU, MACEIÓ E SALVADOR**

ANTONIO VINICIUS SANTOS SILVA

Esta monografia foi apresentada às 09 h 30 do dia 18 de Julho de 2023 como requisito parcial para a obtenção do título de BACHAREL EM ENGENHARIA CIVIL. O candidato foi arguido pela Banca Examinadora composta pelos professores abaixo assinados.

Após deliberação, a Banca Examinadora considerou o trabalho aprovado.



Prof. Dr. Jose Resende Goes

(IFS – Campus Aracaju)


Prof. Dr. Tatiana Máximo Almeida
Albuquerque

(IFS – Campus Aracaju)


Prof. Msc. Louise Francisca Sampaio
Brandão

(IFS – Campus Aracaju)
Orientadora


Prof. Dr. Pablo Gleydson de Sousa
(IFS – Campus Aracaju)
Coordenador da COEC

**“Então cerre os punhos, sorria. E jamais volte pra sua
quebrada de mão e mente vazias.”**

(EMICIDA)

AGRADECIMENTOS

Gostaria de começar este texto agradecendo ao principal responsável por tornar possível a conclusão desse sonho tão aguardado, eu mesmo. Sim, eu, Antonio Vinicius gostaria de deixar registrado nesse documento tão importante e que simboliza a concretização desse sonho o autorreconhecimento por ter suportado todas as fases difíceis, todas as rejeições, todos os não sozinho, por várias vezes me erguer quando tudo colaborava pra que ficasse no chão e para que eu fosse apenas mais "neguin", mais uma estatística para essa máquina de moer pobre que é o sistema e a sociedade brasileira, sim essa sociedade que valoriza o cidadão com bens e não o cidadão de bem. Hoje eu me orgulho dessa caminhada árdua e muita das vezes solitária, sabendo também que esse é apenas o ponta pé inicial para uma nova etapa em minha vida. Nesse momento me sinto muito orgulhoso pela minha transformação como ser humano que cultivou valores verdadeiros durante esse tempo na graduação onde pude adquirir conhecimento e criar amizades que contribuíram, e muito, nessa minha formação como ser humano e que levarei pra toda vida.

Não poderia de deixar de agradecer à minha orientadora Louise Brandão, por sua paciência e conhecimento que contribuiu significativamente na elaboração deste trabalho. Também quero lembrar dos amigos Elyakim Aguiar, Oscar Shmit, Lucas Góes, Leandro de Assis, José Vitor, Adelson Paulino e Arthur Junqueira por tornarem a rotina no Campus mais leves e descontraída, pelos conselhos e ensinamentos, pelas discussões e pela parceria, eu não sei se teria suportado todo esse tempo sem vocês, espero que nossa amizade seja mais resistente que o aço e mais resiliente que a borracha. Além do sentimento de gratidão por vocês, deixo registrado a minha torcida pelo sucesso de cada um e saibam que me orgulho por suas conquistas como se fossem minhas também.

Por fim, agradeço a Deus por ser meu principal refúgio nos momentos de aflição, por me fazer mais forte a cada dia e por permitir que eu pudesse chegar até esse momento.

RESUMO

SANTOS, Antonio Vinicius Silva. **Análise Comparativa da Gestão da Drenagem Urbana entre os Municípios de Aracaju, Maceió e Salvador**. 64 folhas. Monografia (Bacharelado em Engenharia Civil) – Instituto Federal de Educação, Ciência e Tecnologia de Sergipe – Campus Aracaju. 2023.

A industrialização e urbanização levaram a mudanças econômicas e sociais, resultando em migração para áreas urbanas em busca de trabalho. O crescimento populacional nas cidades continuou devido a avanços tecnológicos, melhorias na infraestrutura e desenvolvimento econômico. Esse crescimento apresenta desafios e requer planejamento urbano eficiente para garantir infraestrutura adequada, serviços básicos, qualidade de vida e sustentabilidade. Para isso, os instrumentos legais que regem a expansão das cidades devem cada vez mais levar em consideração a adoção de técnicas que contribuam com a preservação natural do ambiente. Neste trabalho, foram analisadas as principais normativas para as cidades sobre a gestão das águas pluviais, dando foco às medidas sustentáveis de drenagem para cada município. As técnicas compensatórias de drenagem são estratégias projetadas para mitigar os problemas de alagamentos, enchentes e enxurradas nas áreas urbanas. Essas técnicas visam compensar os impactos negativos da impermeabilização e do rápido escoamento da água da chuva, promovendo uma gestão mais eficiente das águas pluviais. Ao analisar as principais normativas para o desenvolvimento urbano (Código de obras, Plano Diretor e Plano Municipal de Saneamento Básico) do município de Aracaju em relação às duas capitais vizinhas (Maceió e Salvador), assim como também os dados fornecidos pelo Sistema Nacional de Informações sobre Saneamento – SNIS, pode-se identificar que, apesar de apresentar normativas desatualizadas e em desacordo com o que vem sendo aplicado por regimentos mais atuais quanto à gestão da drenagem urbana, Aracaju apresentou resultados práticos satisfatórios para a gestão prática, apesar da ausência de planos que estabeleçam diretrizes para o serviço de drenagem urbana.

Palavras-chave: Drenagem sustentável; Plano diretor; Código de obras; Aracaju.

ABSTRACT

SANTOS, Antonio Vinicius Silva. **Análise Comparativa da Gestão da Drenagem Urbana entre os Municípios de Aracaju, Maceió e Salvador**. 64 folhas. Monografia (Bacharelado em Engenharia Civil) – Instituto Federal de Educação, Ciência e Tecnologia de Sergipe – Campus Aracaju. 2023.

The industrialization and urbanization have led to economic and social changes, resulting in migration to urban areas in search of work. The population growth in cities has continued due to technological advancements, improvements in infrastructure, and economic development. This growth presents challenges and requires efficient urban planning to ensure adequate infrastructure, basic services, quality of life, and sustainability. To achieve this, the legal instruments governing city expansion must increasingly consider the adoption of techniques that contribute to the natural preservation of the environment. In this study, the main regulations for cities regarding stormwater management were analyzed, focusing on sustainable drainage measures for each municipality. Drainage compensatory techniques are strategies designed to mitigate problems such as flooding and stormwater runoff in urban areas. These techniques aim to offset the negative impacts of impermeability and rapid rainwater runoff, promoting more efficient management of stormwater. By analyzing the main regulations for the municipality of Aracaju in relation to the two neighboring capitals (Maceió and Salvador), as well as the data provided by the National Sanitation Information System (SNIS), it can be identified that despite having outdated regulations that do not align with more current guidelines for urban drainage management, Aracaju has achieved satisfactory practical results in its management, despite the absence of plans that establish guidelines for urban drainage services.

Keywords: Sustainable drainage; Master plan; Building code; Aracaju.

LISTA DE ILUSTRAÇÕES

Figura 01 - Principais eventos hidrológicos	5
Figura 02 - Elementos do sistema de microdrenagem	6
Figura 03 - Sistema de drenagem urbana	7
Figura 04 - Ciclo hidrológico	9
Figura 05 - Medidas sustentáveis de drenagem	10
Figura 06 - Sistema de combate à enchente, “G Cans”, da cidade de Tóquio-JA.....	12
Figura 07 - Pavimento permeável	14
Figura 08 - Poço de infiltração	15
Figura 09 - Trincheira de infiltração	16
Figura 10 - Retrato do Saneamento Básico no Brasil.....	20
Figura 11 - Taxas de permeabilidade, ocupação e coeficiente de aproveitamento estabelecidos em Aracaju	22
Figura 12 - Parque Poxim	42

LISTA DE TABELAS

Tabela 01 - Principais artigos para a gestão de águas pluviais do Plano Diretor de Maceió.....	23
Tabela 02 - Principais artigos para a gestão de águas pluviais do Plano Diretor de Salvador	25
Tabela 03 - Metodologia abordada pelos municípios para a gestão	30
Tabela 04 - Dados gerais dos municípios.....	33
Tabela 05 - Dados sobre a infraestrutura dos municípios. (1/2)	34
Tabela 06 - Dados sobre a infraestrutura dos municípios. (2/2)	36
Tabela 07 - População afetada por eventos hidrológicos extremos.....	37
Tabela 08 - Mapeamento e monitoramento dos municípios.....	39
Tabela 09 - Cursos d'água urbanos	40

LISTA DE ABREVIATURAS E SIGLAS

ABNT - Associação Brasileira de Normas Técnicas

BNH - Banco Nacional de Habitação

EMURB – Empresa Municipal de Obras e Urbanização de Aracaju

FINANSA - Programa de Financiamento para Saneamento

FUNASA – Fundação Nacional de Saúde

IBGE – Instituto Brasileiro de Geografia e Estatística

NBR - Norma Brasileira

PDDU – Plano Diretor de Desenvolvimento Urbano

PMSB – Plano Municipal de Saneamento Básico

PLANASA– Plano Nacional de Saneamento

SNIS – Sistema Nacional de Informações sobre Saneamento

SNS - Secretaria Nacional de Saneamento

MDR - Ministério do Desenvolvimento Regional

SUMÁRIO

1.	INTRODUÇÃO.....	1
1.1.	Objetivos	3
1.1.1.	Geral	3
1.1.2.	Específicos.....	3
2.	REVISÃO BIBLIOGRÁFICA	4
2.1.	Drenagem Urbana	4
2.2.	Elementos do Sistema de Drenagem Urbana	6
2.2.1.	Microdrenagem.....	6
2.2.2.	Macrodrenagem.....	7
2.2.3.	Ciclo Hidrológico	7
2.3.	Técnicas Compensatórias de Drenagem Urbana.....	9
2.3.1.	Medidas Compensatórias que Induzem ao Armazenamento.....	11
2.3.1.1.	Reservatório ou Bacia de Detenção.....	11
2.3.1.2.	Reservatório ou Bacia de Retenção	12
2.3.2.	Medidas Compensatórias que Induzem à Infiltração	12
2.3.2.1.	Pavimentos Permeáveis	13
2.3.2.2.	Poço de Infiltração.....	14
2.3.2.3.	Trincheira de Infiltração	15
2.4.	Legislação	16
2.4.1.	O Plano de Desenvolvimento Urbano	17
2.4.2.	Marco Legal do Saneamento - Lei nº 14.026/2020	18
2.4.3.	O Plano Diretor e o Código de Obras de Aracaju - Proposta para a Gestão de Águas Pluviais	21
2.4.4.	O Plano Diretor e o Código de Obras de Maceió - Proposta para a Gestão de Águas Pluviais	22
2.4.5.	O Plano diretor e o Código de Obras de Salvador - Proposta para a Gestão de Águas Pluviais	24
3.	METODOLOGIA.....	27
3.1.	Contextualização da Pesquisa.....	27
3.1.1.	Descrição dos Critérios Adotados	27
3.1.2.	Caracterização da Área de Estudo	28
3.2.	Análise das Principais Normativas	29
3.3.	Coleta e Análise dos Dados do Sistema Nacional de Informação sobre Saneamento - SNIS	29
3.4.	Alternativas Sustentáveis de Drenagem para o Município de Aracaju.....	29
4.	RESULTADOS	30
4.1.	Análise Sobre os Planos Diretores de Desenvolvimento Urbano e Código de Obras dos Municípios Quanto à Drenagem Urbana	30
4.2.	Análise Comparativa da Série Históricas de 2017-2021 de Aracaju, Maceió e Salvador, a Partir de Dados do SNIS, Em Termos de Ações Efetivas para o Manejo de Águas Pluviais	32
4.3.	Apresentação de Técnicas Compensatórias Que Podem Ser Implantadas no Município de Aracaju para Melhorar o Serviço de Drenagem Urbana.	42
	CONCLUSÃO.....	45
	REFERÊNCIAS.....	47
	ANEXO 01 – Mapeamento de áreas de riscos em Aracaju	52

1. INTRODUÇÃO

Desde o início das primeiras civilizações humanas é evidente a relação do homem com a natureza e a água como item fundamental à sobrevivência e desenvolvimento. Como exemplo dessa relação, podemos citar a civilização egípcia, que usava rios e canais para irrigar seus campos cultivados e também para navegação e escoamento da produção. O aprimoramento de técnicas para o uso da água como recurso não só para a navegação, levou ao desenvolvimento das cidades próximas aos corpos d'água.

Com o desenvolvimento das cidades, o homem passou a interferir progressivamente na natureza, ocupando áreas cada vez maiores devido ao crescimento da população. Desta forma surgiu a necessidade de canalizar rios, criar diques e represas, bem como suprimir áreas verdes reduzindo, assim, as áreas permeáveis naturais, áreas essas que, através da infiltração e interceptação, são de grande relevância para ciclo o hidrológico, sendo responsáveis por captar boa parte do volume de água precipitado alimentando as águas subterrâneas e renovando o ciclo da água na natureza. Como consequência deste fato, houve uma redução nas áreas permeáveis com a expansão dos principais centros urbanos, que se deu, em grande parte, sem nenhum planejamento para a distribuição espacial da população. Desta forma, o crescimento populacional e da cidade não foi acompanhado por medidas estruturais para atender essa população, levando ao aumento progressivo das áreas impermeabilizadas, o que reduz significativamente a capacidade de infiltração das águas de chuva no solo e interfere diretamente no ciclo hidrológico. Com isso, o volume que antes da urbanização e impermeabilização da bacia hidrográfica, abastecia as águas subterrâneas, com a impossibilidade de infiltração, aumentará o escoamento superficial em vias públicas. Isso demandou a necessidade de criação de sistemas que pudessem coletar as águas pluviais precipitadas nas cidades e que as encaminhassem ao seu destino natural.

A ocupação desordenada, aliada à falta de planejamento do uso do solo, ocasiona cenários inconvenientes para o desenvolvimento, contribuindo para uma maior frequência de desastres hidrológicos, como enchentes, inundações e aumento da exposição a doenças de veiculação hídrica (TUCCI, 1995).

Essa situação orientou a elaboração de projetos de drenagem que eram, a princípio, concebidos para unicamente escoar as águas pluviais o mais rápido possível, encaminhando o volume captado de montante para jusante na rede de drenagem. Esta metodologia de drenagem, conhecido como modelo Higienista de drenagem, torna o sistema ineficiente/subdimensionado,

pois demanda aumento da capacidade da rede toda vez que houver um incremento de vazão, apesar disso, essa ainda é a forma mais comum de tratamento das águas pluviais, principalmente em países em desenvolvimento como o Brasil.

A experiência nacional e internacional mostra, entretanto que tais medidas, além de onerosas, não representam por si só solução eficaz e sustentável dos problemas mais complexo de drenagem urbana (TUCCI, 2001)

Mesmo com nível aceitável de eficiência ao longo do tempo, essa forma de tratar as águas pluviais sempre demandará investimentos para a atualização da rede, pois o problema é apenas transferido de um local para outro exigindo que o sistema de drenagem seja cada vez mais robusto com o tempo. Contraponto as soluções clássicas, buscando evitar a rápida transferência do escoamento para jusante e controlar ao máximo os excedentes de água gerados, são introduzidos os conceitos de tecnologias compensatórias aplicáveis ao sistema de drenagem (VIELMO, 2021).

Os projetos sustentáveis de drenagem buscam atenuar os efeitos gerados pela urbanização, reduzindo o volume de escoamento superficial e aliviando o sistema público uma vez que os mecanismos de drenagem sustentáveis visam, principalmente, captar o volume precipitado podendo este volume ser armazenado e ser reutilizado posteriormente, como também, o volume retido pode ser liberado para a rede pública após decorrido certo tempo da precipitação; além disso, esses mecanismos podem agir captando e infiltrando o volume precipitado no solo. Este conceito apresenta entre suas vantagens a possibilidade de adoção desses mecanismos de forma difusa na bacia associados, ou não, a rede tradicional de drenagem, e além disso, eles podem integrar o conceito paisagístico da região onde estão situados, a exemplo tem-se os parques alagáveis, os parques lineares ou corredor verde, as trincheiras de infiltração ou jardim de chuva e os pavimentos permeáveis.

Esse conceito vem sendo adotado em diversos países e no Brasil também como medida para um desenvolvimento sustentável das cidades. Para isso, a revisão de normativas para as cidades têm sofrido alteração nesse sentido, beneficiando as boas práticas para com o meio ambiente de modo que a expansão da cidade não signifique a supressão total do ambiente natural prejudicando as gerações presentes e futuras.

O saneamento é um recurso básico associado ao controle e distribuição (abastecimento, tratamento e distribuição de água, esgoto sanitário, destino e coleta de lixo, limpeza pública, drenagem), e a sua falta pode exercer efeitos nocivos sobre

o bem estar, físico, mental e social de cada cidadão. No Brasil, foi constatada no Manual de Saneamento da Funasa (2004), que para cada R\$1,00 (um real) investido no setor de saneamento gera uma economia de R\$4 (quatro reais) com a prevenção de doenças causadas pela sua falta. Sabe-se que, o saneamento básico está diretamente relacionado à qualidade de vida, desenvolvimento da sociedade, tendo um enorme impacto na saúde da coletividade. Investir e estudar o tema em questão garante uma economia ao estado, por se tratar de prevenção (FIGUEIREDO, 2022).

A adoção e implementação dessas medidas estruturais passam pela elaboração, atualização e adequação de medidas não-estruturais como as legislações de desenvolvimento urbano das cidades como é o caso dos Planos Diretores de Desenvolvimento Urbanos - PDDU e os Planos Municipais de Saneamento Básico - PMSB, além das demais legislações complementares para os Estados e Municípios. A elaboração dessas normativas devem levar em consideração as peculiaridades regionais, como também promover a participação da sociedade para elaboração e conhecimento da existência de tais documentos.

Nesse sentido, as técnicas de drenagem sustentável têm se apresentado como uma alternativa de solução para essa problemática, visto que tem apresentado resultados satisfatórios quando aplicadas em sistemas de drenagem urbana. Desta forma, este trabalho analisou a legislações de desenvolvimento urbano em três cidades do Nordeste, bem como a utilização de técnicas de baixo impacto na solução ou minimização dos problemas em drenagem urbana.

1.1. Objetivos

1.1.1. Geral

Analisar a gestão de águas pluviais em Aracaju e capitais de estados vizinhos, baseado nos instrumentos públicos existentes.

1.1.2. Específicos

1. Analisar o Plano diretor, o Plano Municipal de Saneamento Básico e o código de obras dos municípios de Aracaju, Maceió e Salvador e compará-los entre si;
2. Analisar as séries históricas de 2017-2021 do SNIS, de Aracaju e comparar com Maceió e Salvador, em termos de ações efetivas para o manejo de águas pluviais;

3. Apresentação de técnicas compensatórias que podem ser implantadas no município de Aracaju para melhorar a drenagem.

2. REVISÃO BIBLIOGRÁFICA

2.1. Drenagem Urbana

Como decorrência do crescimento desordenado das cidades e a ocupação de áreas de infiltração das águas pluviais, criou-se uma problemática comum nas zonas urbanas, as enchentes e os alagamentos. Esses fenômenos ocorrem devido à baixa capacidade de absorção/infiltração que o solo oferece para as águas pluviais, interferindo diretamente no ciclo hidrológico, criando-se um volume maior de escoamento superficial.

A elevação no volume de escoamento superficial, por sua vez, é gerada pois a bacia hidrográfica não é mais capaz de absorver o mesmo volume como antes do processo de urbanização da mesma. A impermeabilização e, conseqüentemente, elevação no volume do escoamento superficial na bacia traz consigo vários inconvenientes à população, tais como enxurradas, enchentes e alagamentos. A ocorrência desses eventos é cada vez mais comum nas cidades brasileiras e suas conseqüências vão de perdas materiais a óbitos.

Sobre os principais inconvenientes gerados a partir da precipitação, a Defesa Civil de Aracaju conceitua:

Enchente: situação em que há transbordamento de água dos rios e mares ou um volume anormal de chuvas.

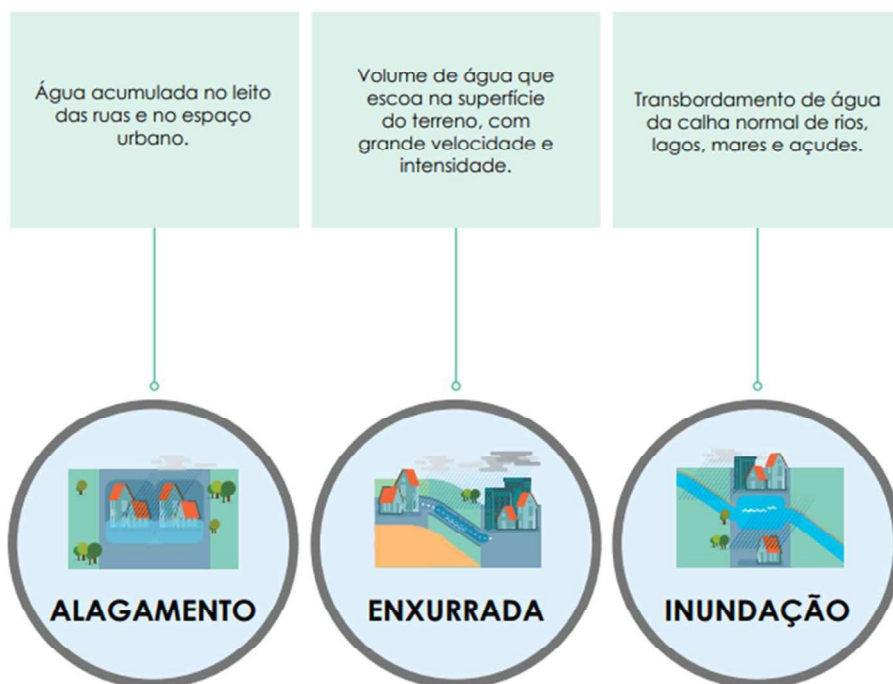
Inundação: tipo particular de enchente, onde a elevação do nível da água normal atinge tal magnitude que as águas não se limitam à calha principal do rio, extravasando para áreas marginais, habitualmente não ocupadas pelas águas. Uma inundação pode ser o resultado de uma chuva que não foi suficientemente absorvida pelo solo e outras formas de escoamento, causando transbordamentos. Também pode ser provocada de forma induzida pelo homem através da construção de barragens e pela abertura ou rompimento de comportas de represas.

Alagamento: o alagamento é o acúmulo momentâneo de águas em determinados locais por deficiência no sistema de drenagem.

Enxurrada: grande quantidade de água que corre com violência, resultante de chuvas abundantes (ARACAJU, 2019).

Esses eventos são apresentados na Figura 01 a seguir.

Figura 01: Principais eventos hidrológicos



Fonte: Diagnóstico temático drenagem e manejo de águas pluviais Out/2022 - SNIS, 2022

Como solução para esta situação característica das áreas urbanizadas, surgem as obras de drenagem que tem por objetivo remover as águas da chuva em excesso de forma mais rápida possível para evitar transtornos, prejuízos e riscos de inundações. Drenagem também pode ser conceituada como o conjunto de medidas que tenham por objetivo minimizar os riscos a que as populações estão sujeitas, diminuir prejuízos causados por inundações e possibilitar o desenvolvimento urbano de forma harmônica, articulada e sustentável. Dessa forma a drenagem urbana, trata-se de uma medida estrutural que abrange a engenharia e a política de desenvolvimento urbano e social (TUCCI, et al 2009).

Sendo um sistema de suma importância para as zonas urbanas, é a drenagem que conduz o escoamento superficial até os corpos d'água através de elementos como sarjetas, bueiros e galerias. Esses elementos são partes integrantes do sistema e são dimensionados em dois níveis principais: macrodrenagem e microdrenagem.

Para um melhor entendimento desses termos, se faz necessário compreender o sistema de drenagem como um todo e seus elementos.

2.2. Elementos do Sistema de Drenagem Urbana

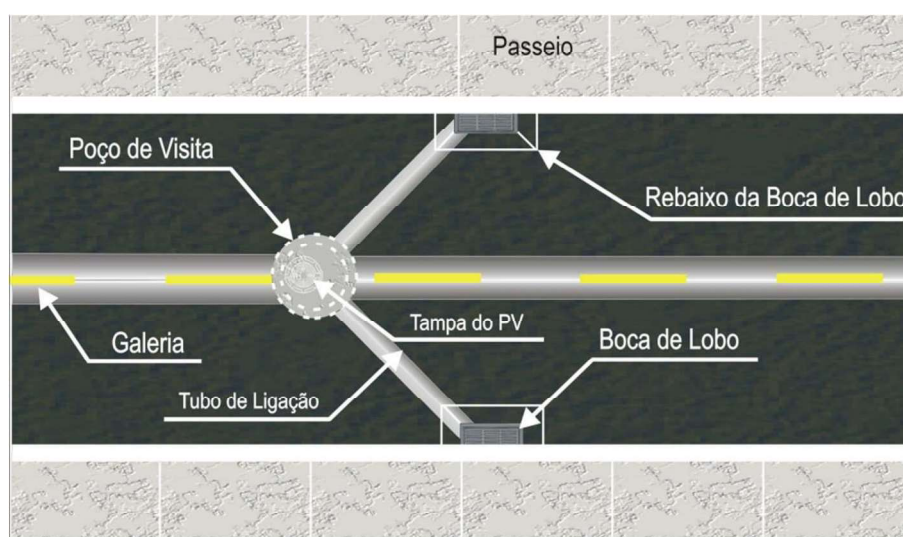
2.2.1. Microdrenagem

Constituem a microdrenagem, estruturas de captação e condução de águas pluviais que chegam aos elementos viários como ruas, praças e avenidas, e são provenientes não apenas da precipitação direta sobre eles, mas também das captações existentes nas edificações e lotes lindeiros. Pode-se entender a microdrenagem como a estrutura de entrada no sistema de drenagem das bacias urbanas (SÃO PAULO, 2012).

Os elementos de microdrenagem, em geral, são artificiais e são pensados para proporcionar o conforto dos usuários em vias públicas, dando vazão a água precipitada nestas. São elementos de microdrenagem as sarjetas, os sarjetões, meios-fios, bocas coletoras, galerias pluviais e os poços de visitas.

Sarjetas, sarjetões e meios-fios são elementos comuns em via pública que permitem o escoamento da água da chuva até as bocas coletoras. As bocas coletoras, por sua vez, são elementos posicionados estrategicamente, preferencialmente no ponto mais baixo ao qual está direcionado o escoamento, para que as sarjetas e/ou sarjetões possam desaguar. Após chegar às bocas coletoras a água é encaminhada, através de canalizações, para a galeria pluvial que é o elemento que reúne todas as contribuições advindas dos bueiros e a conduz para jusante até o corpo d'água mais próximo. Os poços de visita além de permitir mudança de direção, também são necessários para a manutenção e limpeza das galerias de água pluviais.

Figura 02: Elementos do sistema de microdrenagem

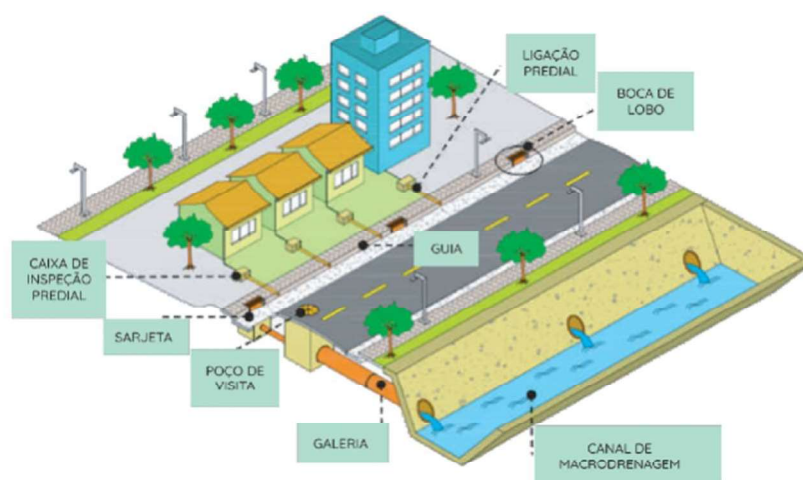


Fonte: OLIVEIRA, [s.d]

2.2.2. Macrodrenagem

Entende-se por macrodrenagem as intervenções em fundos de vale que coletam águas pluviais de áreas providas de sistemas de microdrenagem ou não. (TUCCI, *et al* 2009). Normalmente é constituído de elementos naturais tais como córregos e rios, com a possibilidade de intervenção de engenharia neles, como também é comum a criação de elementos auxiliares como reservatórios de detenção, diques e represas com a finalidade de evitar sobrecargas aos elementos naturais e evitar transtornos como enchentes e inundações.

Figura 03: Sistema de drenagem urbana



Fonte: FUNNASA/UFCG, [s.d]

Para dimensionar o sistema de drenagem é necessário calcular alguns parâmetros importantes como precipitação, área da bacia de drenagem, tempo de concentração, coeficiente de deflúvio, período de retorno e vazão. Estes parâmetros são encontrados no estudo do ciclo hidrológico da área de projeto.

2.2.3. Ciclo hidrológico

A circulação contínua e a distribuição da água sobre a superfície terrestre, subsolo, atmosfera e oceanos é conhecida como ciclo hidrológico (HELLER, 2010).

O ciclo hidrológico é mantido, principalmente, pela radiação solar e descreve as diferentes fases e escoamentos da água dentro do nosso planeta. Este é composto por diferentes etapas e elementos, sendo alguns deles:

- Precipitação
- Escoamento superficial
- Infiltração
- Evapotranspiração
- Bacia de drenagem
- Tempo de concentração
- Coeficiente de deflúvio
- Período de retorno
- Vazão

O ciclo tem início com a evapotranspiração, que é a evaporação da água contida na superfície terrestre e na vegetação, como consequência da incidência da radiação solar sobre estas. Esse vapor condensa levando a formação das nuvens que, *através da dinâmica das massas de ar, realiza a principal transferência de água da atmosfera para a superfície terrestre que é a precipitação, a chuva.* (TUCCI, et al 2009).

Ao precipitar, parte dessa água é interceptada pela vegetação ficando retida em folhas e raízes. Ainda na superfície, outra parte da água é retida pelo solo, abastecendo o lençol freático até a saturação superficial do solo, com o solo saturado a água deixa de infiltrar nele e passa a escoar superficialmente, orientado pela topografia da bacia e com auxílio da gravidade, alimentando os corpos d'água presentes na bacia de drenagem, “encerrando” assim, o ciclo hidrológico (TUCCI, et al 2009).

A bacia hidrográfica, por sua vez, é entendida *como uma área de captação natural da água da precipitação que faz convergir os escoamentos para um único ponto de saída, seu exultório* (TUCCI et al 2009). Ela é formada pela junção de corpos d'água convergindo para um único leito.

Dessa forma, as características da bacia hidrográfica devem ser muito bem analisadas no dimensionamento do sistema de drenagem. Uma dessas características que devem ser observadas é a vazão, que pode ser definida como o volume escoado, na seção analisada, em um intervalo de tempo.

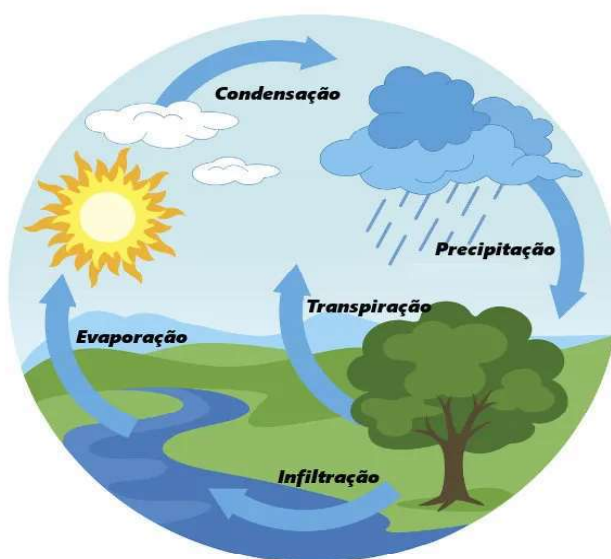
Assim como a vazão, outros fatores são relevantes para a elaboração de um sistema de drenagem, sendo eles o tempo de concentração, o coeficiente de deflúvio e o período de retorno.

Para Gomide et al (1976), o tempo de concentração relativo a uma seção de um curso de água é o intervalo de tempo contado a partir do início da precipitação para que toda a bacia hidrográfica correspondente passe a contribuir na seção em estudo.

O coeficiente de deflúvio é a relação entre a quantidade total de água escoada pela seção e a quantidade total de água precipitada na bacia hidrográfica; pode referir-se a uma dada precipitação ou a todas as que ocorreram em um determinado intervalo de tempo.

Já o período de retorno, pode ser definido como o intervalo temporal para que um evento possa ser igualado ou superado; para a drenagem urbana o evento a ser considerado é a chuva.

Figura 04: Ciclo hidrológico



Fonte: SANTOS, [s.d]

2.3. Técnicas Compensatórias de Drenagem Urbana

Como já mencionado, as enchentes e os alagamentos são fenômenos muito comuns em centros urbanos dado que são zonas antropizadas, ou seja, são áreas que tiveram suas condições naturais afetadas pelo homem e a tendência é que essas regiões se tornem ainda maiores com o passar do tempo. Dessa forma, mesmo em cidades com infraestrutura de drenagem já estabelecida, em grande parte delas, o sistema consiste em apenas recolher a precipitação e encaminhá-la o mais rápido possível para o exultório. Essa concepção vem se tornando ineficiente, visto que a expansão das cidades e, conseqüentemente, a alteração nas condições naturais do solo traz consigo o aumento da vazão escoada superficialmente e redução no tempo de concentração da bacia, pressionando ainda mais o sistema de drenagem e fazendo necessário elevar a capacidade deste, demandando mais investimentos nesse setor.

Segundo Tucci *et al* (2009) medidas estruturais são necessárias e mesmo essenciais para a solução de um grande número de problemas de inundações urbanas. A experiência nacional e internacional mostra, entretanto, que tais medidas, além de

onerosas, não representam por si só solução eficaz e sustentável dos problemas mais complexos de drenagem urbana.

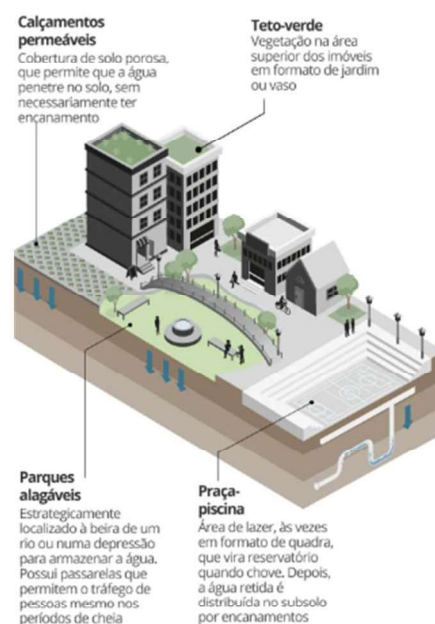
Nesse sentido, se faz necessário uma visão integrada entre o crescimento urbano e a preservação das condições pré-existentes com o intuito de afetar minimamente o ciclo hidrológico da área a ser explorada. Modernamente, diversas ações têm sido adotadas com o objetivo de conter ou atenuar as gerações de enchentes urbanas, as quais recebem a denominação de técnicas compensatórias (ASSIS *et al.*, 2023).

As técnicas alternativas ou compensatórias de drenagem urbana foram criadas nos anos 70, como forma de buscar neutralizar os efeitos de urbanização sobre os processos hidrológicos (BAPTISTA *et al.*, 2005). Desde então, várias cidades do mundo têm criado legislações para incentivar e regular a adoção de técnicas compensatórias com controle na fonte e melhorar a gestão do sistema de drenagem urbana (PETRUCCI *et al.*, 2013).

Existem inúmeras técnicas compensatórias que podem ser utilizadas no auxílio do controle de enchentes, e as mais difundidas possuem enfoque em medidas de armazenamento (reservatórios de detenção, retenção e em lote) e de infiltração (telhado verde, vala de infiltração, pavimento permeável, trincheira de infiltração, poço de infiltração, entre outros). (LISBOA 2019, apud ASSIS et al 2023).

Além disso, essas técnicas podem ser adotadas em escalas diferentes e podem estar associadas ao sistema convencional de drenagem, possibilitando redução da vazão de pico e mitigando os problemas decorrentes de um sistema ineficiente, como é apresentado na Figura 05 abaixo.

Figura 05: Medidas sustentáveis de drenagem



Fonte: Médici e Macedo, 2020

2.3.1. Medidas Compensatórias que Induzem ao Armazenamento

São medidas cujo intuito é reduzir o volume escoado no momento da precipitação, redistribuindo-o ao longo do tempo. Seus principais benefícios são redução da vazão à jusante e aumento do tempo de concentração da bacia.

2.3.1.1. Reservatório ou Bacia de Detenção

Reservatórios ou bacias de detenção podem ser definidos como reservatórios que armazenam as águas de descargas pluviais por curto período, ajudando na redução de vazões de pico. Não reduzem, no geral, o volume de escoamento direto, o que acontece é a redistribuição da vazão em um maior período formando um volume útil temporário (SOUSA, 2020).

Esse tipo de elemento auxilia na redução das vazões e na qualidade da água transportada para jusante, visto que os resíduos carregados pelo escoamento até o sistema de captação sofrem o processo de decantação nesses reservatórios, assim contribuindo também com a redução de assoreamento de rios, córregos e canais e redução das seções de canalização necessária para a condução do volume precipitado.

A sua área de ocupação, normalmente é seca e pode ser utilizada para fins recreacionais. O armazenamento superficial os reservatórios de detenção, tem o potencial de produzir os seguintes benefícios: reduzir problemas de inundações localizadas; reduzir custos de um sistema de galerias de drenagem, devido à redução das dimensões das galerias; melhorar a qualidade da água; minorar problemas de erosão nos pequenos tributários devido à redução das vazões; aumentar o tempo de resposta do escoamento superficial; melhorar as condições de reuso da água e recarga dos aquíferos; reduzir as vazões máximas de inundação a jusante (TUCCI, 2001).

Essa solução, assim como a maioria das técnicas compensatórias, pode ser adotada tanto no local onde o escoamento é gerado (lotes) como pode ser instalada no sistema público, a exemplo, os populares piscinões são uma alternativa comum nas cidades brasileiras e que vem sendo substituída pelos parques alagáveis, uma solução com o mesmo objetivo dos piscinões que contribui também no aspecto urbanístico, visto que a área ocupada pelos parques poderá servir de uso aos cidadãos na época de seca.

O Japão é um exemplo no uso de reservatório de detenção, é lá que se encontra um dos maiores, senão o maior, sistema de combate às enchentes do mundo com uma rede de túneis e reservatórios de grandes proporções que são utilizados para evitar o transbordamento de rios da cidade.

O G-CANS Project é considerado o maior sistema de drenagem do mundo. É composto por cinco reservatórios subterrâneos interligados por um túnel de 6,3 quilômetros de comprimento e 10 metros de diâmetro, enterrado a 50 metros de profundidade. O tanque principal possui uma capacidade de 340 mil de metros cúbicos

e dimensões de 177 metros de comprimento, 24 metros de altura e 77 metros de largura (COSTA e ROCHA, 2019).

Na Figura 06 é possível ter ideia das dimensões do sistema de combate à enchente da cidade de Tóquio.

Figura 06 - Sistema de combate à enchente, “G Cans”, da cidade de Tóquio-JA



Fonte: Guilherme Hass, 2013

2.3.1.2. Reservatório ou Bacia de Retenção

Os reservatórios ou bacias de retenção, podem ser definidos como um reservatório que possui um volume mínimo permanente servindo para o uso da população e além desse volume, esse elemento tem a capacidade de armazenar parte da precipitação local, liberando-a após determinado tempo. Os principais benefícios da implantação desse elemento associado ao sistema tradicional de drenagem são: redução da vazão de pico, aumento do tempo de concentração e melhoramento da qualidade da água à jusante do reservatório.

Assim como os reservatórios de detenção, os reservatórios ou bacias de retenção são medidas que induzem ao armazenamento do volume precipitado. Contudo, os reservatórios de retenção são concebidos de modo que funcionem como uma fonte de recurso, nesse caso a água, como também são elementos que fazem parte do conceito paisagístico da área de implantação e podem ser reutilizados para fins recreativos pela população.

2.3.2. Medidas Compensatórias que Induzem à Infiltração

São alternativas utilizadas para aumentar a infiltração da água, promovendo condições semelhantes às condições de pré-urbanização. Essas medidas estão relacionadas diretamente

com as condições locais apresentadas pelo solo, visto que este terá o papel de absorver o volume captado, por isso é importante conhecer as características do solo, principalmente aquelas relacionadas a sua capacidade de infiltração, no local onde serão implantadas essas técnicas.

Dentre os principais benefícios associados a essas medidas estão a recarga das águas subterrâneas, além de redução na vazão de pico resultante do escoamento superficial, bem como redução de sedimentos carregados para jusante dos elementos de infiltração.

2.3.2.1. Pavimentos Permeáveis

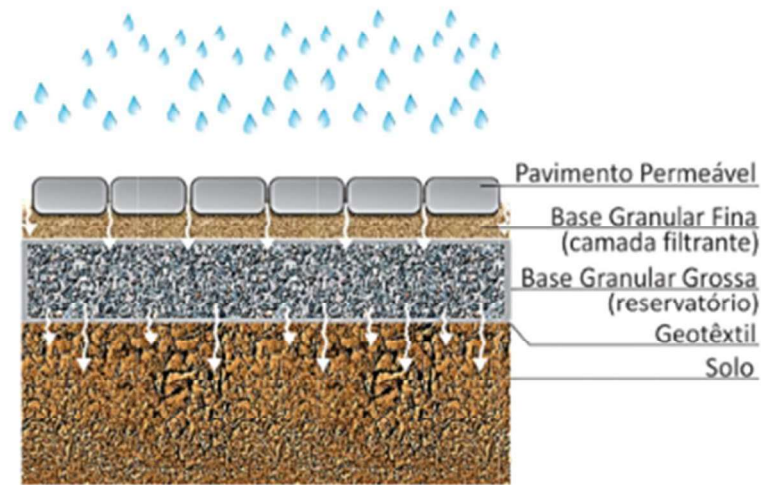
Para Rodrigues (2020), pavimentos permeáveis são dispositivos que reduzem o escoamento superficial por meio da infiltração e, ou, armazenamento de água. São formados por duas camadas distintas, uma composta de agregados graúdos e outra de agregados miúdos.

Os pavimentos permeáveis tratam-se de uma medida local adotada em áreas com circulação de pedestres e tráfego leve, permitindo através da sua estrutura, a infiltração total ou parcial e até a detenção temporária sem a infiltração no solo do volume precipitado, alimentando o lençol freático ou encaminhando-o para a rede pública logo após. Essa medida reduz o escoamento superficial, reduzindo a possibilidade de formação de alagamentos e enchentes.

Esses tipos de pavimentos, bem como as demais camadas que o compõem, devem fornecer características mecânicas e hidráulicas mínimas estabelecidas pela norma ABNT NBR 16416: 2015 - Pavimentos permeáveis de concreto - requisitos e procedimentos. Os principais tipos de pavimentos permeáveis são os pisos em bloco intertravado ou vazados de concreto, placas permeáveis de concreto e o concreto permeável moldado no local.

Assim como todas as medidas até aqui apresentadas, sua implantação depende de fatores locais como declividade do terreno, nível de lençol freático, taxa de permeabilidade do solo e tipo de solicitação ao qual o pavimento estará sujeito.

Figura 07 - Pavimento permeável



Fonte: Reis, 2018

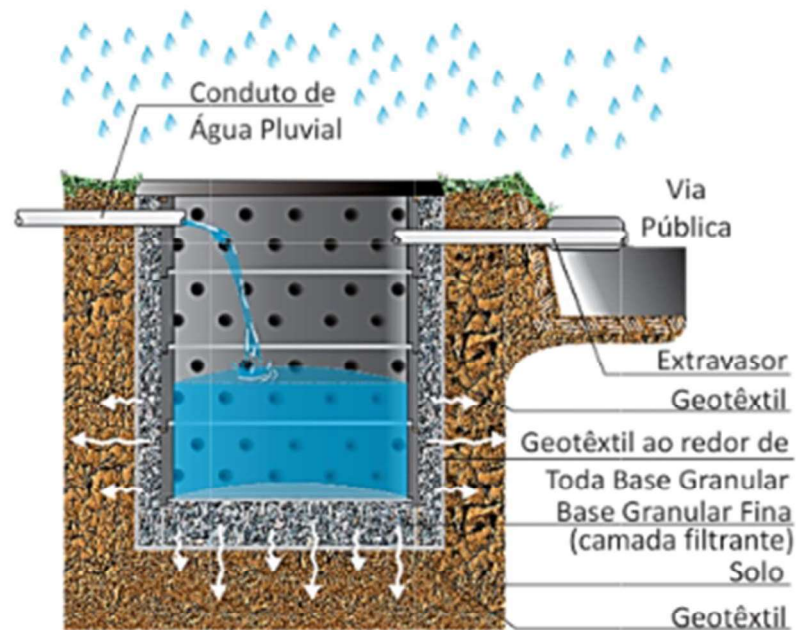
2.3.2.2. Poço de Infiltração

Poços de infiltração são estruturas de controle pontuais que propiciam reduções das vazões de pico e necessitam de pequenas áreas para sua execução, facilitando sua implantação e integração com o ambiente urbano (VIELMO, 2021). Os poços podem atuar recebendo as águas do sistema de drenagem da edificação e/ou captar a água proveniente do escoamento superficial.

Assim como os pavimentos permeáveis, os poços de infiltração têm como objetivo conduzir a água para ser absorvida pelo solo e este a encaminha até os aquíferos subterrâneos, possibilitando condições semelhantes ou equivalentes às condições naturais. Essa alternativa é mais indicada para controle de geração de escoamento na fonte ligado à rede pública.

Os poços normalmente são construídos com paredes perfuradas em anéis de concreto ou utilizando tijolo maciço em crivo, seu fundo pode ser revestido com agregados graúdos ou outro material com granulometria suficiente para permitir a infiltração da água, além do fundo as paredes também são revestidas com material drenante e manta geotêxtil, essa medida impede que materiais finos, carregados pela água, sejam absorvidos pelo solo e possam contaminar as águas subterrâneas, além disso o poço possui um extravasor ligado à rede pública o que permite a liberação do volume excedente à capacidade do elemento (CARVALHO, 2020).

Figura 08 - Poço de infiltração



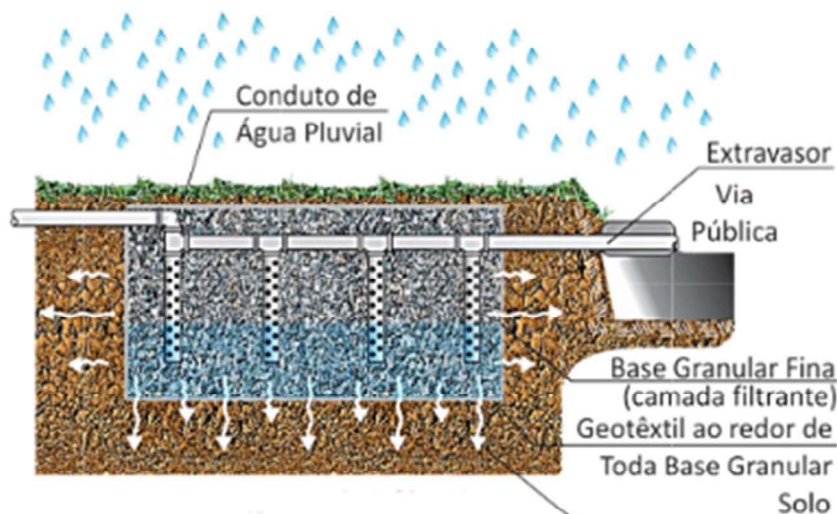
Fonte: Reis, 2018

2.3.2.3. Trincheira de Infiltração

As trincheiras de infiltração são depressões lineares tipicamente instaladas dentro ou próximas de áreas pavimentadas como pátios de estacionamento ou ao longo de ruas e calçadas (RODRIGUES, 2020). Elas atuam recebendo parte do escoamento, fazendo com que este seja absorvido pelo solo, mas também podem funcionar retendo parte desse escoamento e encaminhando para o sistema convencional.

As trincheiras tratam-se de valas escavadas, preenchidas por agregado graúdo com fundo e paredes revestidas por manta geotêxtil, localizadas paralelamente às vias e são caracterizadas por uma seção longitudinal muito superior à sua seção transversal (SILVA; POLETO, 2017). Dentre os benefícios estão o abastecimento das águas subterrâneas e redução no grau de contaminação das águas encaminhadas para os corpos d'água.

Figura 09 - Trincheira de infiltração



Fonte: Reis, 2018

2.4. Legislação

A fim de manter a sociedade organizada, as leis são instrumentos que exercem papel fundamental na formação das cidades estabelecendo direitos e deveres aos cidadãos, e por meio destas é possível estabelecer diretrizes gerais e específicas em diversos setores de uma comunidade. Dentre os regimentos que norteiam a organização da sociedade de maneira geral está a Constituição Federal, nela são estabelecidos direitos e deveres básicos para todos os cidadãos de um país, e além disso, também serve de base para a elaboração de outras leis nas esferas estaduais e/ou municipais.

O processo de democratização no país, tendo como marco institucional e legal a Constituição Brasileira de 1988, propiciou a organização de uma nova ordem legal urbana que confere um papel preponderante ao Município como ente federativo para atuar no campo legislativo, administrativo e econômico na promoção das políticas de desenvolvimento urbano, no planejamento e ordenamento de uso e ocupação de seu território (urbano e rural), e na promoção de políticas públicas que propiciem o pleno desenvolvimento das funções sociais da cidade e da propriedade e do bem estar de seus habitantes. Essa responsabilidade preponderante do Município não exclui de forma alguma as responsabilidades e competências da União e dos Estados para enfrentar os problemas urbanos (LIBORIO; SAULE, 2017).

Se tratando de política de desenvolvimento urbano brasileiro, no âmbito federal podemos citar o artigo 182 e 183 da constituição federal que são regulamentados pelo Estatuto da Cidade (Lei federal nº 10.257/2001) que, por sua vez, estabelece diretrizes gerais para o desenvolvimento sustentável, bem como a obrigatoriedade de elaboração de regimento

municipal para a garantia das funções sociais da cidade. Esses direitos devem ser resguardados pelos municípios através da elaboração de legislação própria para o desenvolvimento urbano, para a garantia às condições básicas de infraestrutura e de ocupação do solo, um exemplo disso é o plano de desenvolvimento urbano (Plano Diretor).

O Plano Diretor nada mais é que uma política de caráter municipal que orienta o desenvolvimento (econômico, social, cultural, ambiental e urbano) da cidade levando-se em conta a participação da comunidade e peculiaridades específicas de cada município.

2.4.1. O Plano de Desenvolvimento Urbano

Erenbergh (2008 apud ALVES, 2018) conceitua o plano diretor da seguinte forma:

O Plano Diretor ou Plano Diretor de Desenvolvimento Integrado, como modernamente se diz, é o conjunto de normas legais e diretrizes técnicas para o desenvolvimento global e constante do Município, sob os aspectos físico, social, econômico e administrativo, desejado pela comunidade local. Deve ser a expressão de aspirações dos munícipes quanto ao progresso do território municipal no seu conjunto de cidade-campo. É o instrumento técnico-legal definidor dos objetivos de cada Municipalidade e, por isso mesmo, com supremacia sobre os outros, para orientar toda a atividade da Administração e dos administrados nas realizações públicas e particulares que interessem ou afetem a coletividade.

Em seu artigo 182, a constituição federal versa sobre o plano diretor como ferramenta para o desenvolvimento urbano e de garantia da função social das cidades. A saber:

§ 1º O plano diretor, aprovado pela Câmara Municipal, obrigatório para cidades com mais de vinte mil habitantes, é o instrumento básico da política de desenvolvimento e de expansão urbana.

§ 2º A propriedade urbana cumpre sua função social quando atende às exigências fundamentais de ordenação da cidade expressas no plano diretor (BRASIL, 1988).

O Estatuto da cidade, Lei 10.257/2001, reforça o compromisso da administração pública para com as políticas de desenvolvimento urbano, conforme apresentado no Artigo 2º:

Art. 2º A política urbana tem por objetivo ordenar o pleno desenvolvimento das funções sociais da cidade e da propriedade urbana, mediante as seguintes diretrizes gerais:

I – garantia do direito a cidades sustentáveis, entendido como o direito à terra urbana, à moradia, ao saneamento ambiental, à infraestrutura urbana, ao transporte e aos serviços públicos, ao trabalho e ao lazer, para as presentes e futuras gerações;

II – gestão democrática por meio da participação da população e de associações representativas dos vários segmentos da comunidade na formulação, execução e acompanhamento de planos, programas e projetos de desenvolvimento urbano;

XVIII - tratamento prioritário às obras e edificações de infraestrutura de energia, telecomunicações, abastecimento de água e saneamento (BRASIL, 2001).

Para que essas demandas sejam atendidas, na esfera municipal, uma das ferramentas é o plano municipal de desenvolvimento (Plano Diretor), como afirma o artigo 40 do Estatuto da Cidade.

Art. 40. O plano diretor, aprovado por lei municipal, é o instrumento básico da política de desenvolvimento e expansão urbana (BRASIL, 2001).

No § 3º do art. 39, o Estatuto também prevê a revisão, a cada dez anos, da lei que institui o Plano Diretor.

Sobre o conteúdo mínimo exigido para o plano diretor, o artigo 42 e 42-A do estatuto da cidade estabelece:

Art. 42. O plano diretor deverá conter no mínimo:

I – a delimitação das áreas urbanas onde poderá ser aplicado o parcelamento, edificação ou utilização compulsórios, considerando a existência de infraestrutura e de demanda para utilização, na forma do art. 5º desta Lei;

II – disposições requeridas pelos arts. 25, 28, 29, 32 e 35 desta Lei;

III – sistema de acompanhamento e controle (BRASIL, 2001).

2.4.2. Marco Legal do Saneamento - Lei nº 14.026/2020

Criado na década de 1970 durante o regime militar, o extinto Plano Nacional de Saneamento - PLANASA foi a primeira política de universalização dos serviços de saneamento básico do país. Através do PLANASA foram criadas as primeiras estatais vinculadas à cada unidade federativa do país para a prestação dos serviços de saneamento com a atuação dos Estados e o financiamento da União por meio, principalmente, do Banco Nacional de Habitação - BNH.

O PLANASA permitiu ao país avançar no setor com a implantação, em todo território nacional, de infraestrutura para promoção do aumento na cobertura aos serviços de água e esgoto para a população.

Daltro Filho e Neri (2010 apud Pereira, 2020) descrevem a situação para o setor após o fim do BNH e do PLANASA na década 1980.

Nos anos de 1980 o setor de saneamento básico sofreu uma grande crise, pois por mudanças na política federal, o principal órgão das políticas de saneamento o Banco Nacional de Habitação – BNH, em 1986 foi extinto, vindo posteriormente em 1989 o

FINANSA também a não mais existir. Na década de 90 todos os órgãos de política urbana e saneamento foram extintos e sendo criada a Secretaria Nacional de Saneamento ficando responsável pelo setor de saneamento básico.

Diante da crise nos anos 80 e 90, influenciada pela falta de investimentos no setor de saneamento no nosso país, surgiram dificuldades nos serviços de saneamento nos municípios brasileiros mais pobres, pois não tinham como dar seguimento a universalização dos serviços de saneamento básico. Levando a população mais necessitada a conviver em condições insalubres e propícias a adquirir doenças.

A Constituição Federal brasileira em seu art. 21, que versa sobre as competências da união, no seu inciso XX atribui também à união o papel de *instituir diretrizes para o desenvolvimento urbano, inclusive habitação, saneamento básico e transportes urbanos* (BRASIL, 1988).

Com o fim do PLANASA e a falta de investimentos para o setor, o Brasil viveu um longo período de carência no sentido de elaboração de políticas de desenvolvimento e ampliação para o saneamento básico. Sobre o tema, apenas em 2007 com a promulgação da Lei 11.445 denominada Lei Nacional do Saneamento Básico - LNSB chamada também de marco legal do saneamento básico, foi possível dar continuidade e aprimorar diretrizes anteriormente criadas no PLANASA, norteando ações para a universalização dos serviços de saneamento no país. Esta Lei atribui aos estados e municípios a titularidade pelo serviço de saneamento, sendo estes responsáveis pela elaboração de planos e políticas de saneamento básico levando-se em conta suas peculiaridades regionais, medidas que favoreçam a preservação ambiental e a integração com políticas regionais de desenvolvimento urbano, bem como pela definição de parâmetros e metas a serem alcançadas e pela criação de órgãos de fiscalização e prestação de serviços, podendo ou não este ser concedido para a iniciativa privada.

Figueiredo (2022), destaca alguns dos aspectos que levaram ao surgimento desta Lei, trazendo também a definição de saneamento apresentado pela redação desta normativa.

Fatores como evitar epidemias, doenças e desastres foram os que motivaram a adoção de normas cada vez mais necessárias para a implantação de medidas voltadas para o Saneamento, que agrupa fatores como: “*abastecimento de água potável, esgotamento sanitário, limpeza urbana e manejo de resíduos sólidos e drenagem e manejo das águas pluviais urbanas.*” (BRASIL, 2007 apud FIGUEIREDO, 2022)

É fato que o acesso a esses tipos de serviços ainda não é uma realidade em vários locais no Brasil, ou seja, estados da região norte e nordeste são os que tiveram e continuam tendo baixo índice, no que diz respeito a manejo de águas pluviais, esgotamento sanitário, dentre os serviços inerentes ao Saneamento Básico.(FIGUEIREDO, 2022)

O baixo índice de saneamento básico nas regiões Norte e Nordeste é constatado em dados coletados pelo Sistema Nacional de Informações sobre o Saneamento - SNIS, apresentados pela Agência Nacional de Águas e Saneamento Básico – ANA. Essa informação pode ser observada na Figura 10.

Figura 10 - Retrato do Saneamento Básico no Brasil

	Abastecimento de água	Esgotamento sanitário	Manejo de resíduos sólidos urbanos	Drenagem e manejo de águas pluviais urbanas
	% Pop. Total	% Pop. Total	% Pop. Total	% Domicílios em situação de risco de inundação
Brasil	84.1	55.0	90.5	3.9%
Norte	58.9	13.1	80.7	4.0%
Nordeste	74.9	30.3	83.1	3.1%
Sudeste	91.3	80.5	96.1	4.1%
Sul	91.0	47.4	91.5	4.1%
Centro-Oeste	90.9	59.5	91.3	4.1%

Fonte: SNIS, 2020

Gomes *et al* (2022) descreve os anos sucessores da promulgação da Lei 11.445/2007.

Em junho de 2010, foi editado o Decreto 7.217/2010, que regulamentou a referida lei. Em dezembro de 2013 o governo federal lançou o Plano Nacional de Saneamento Básico (Plansab), elaborado por meio de processo participativo, com vigência de 2014 a 2033. O Plansab contém metas de curto, médio e longo prazos, três programas (dois com medidas estruturais-expansão de ativos e um com medidas estruturantes-gestão de ativos) e investimentos previstos de R\$ 508,45 bilhões, atualizados para R\$ 597,88 bilhões em sua revisão realizada em 2019.

O setor privado não se mostrou satisfeito com a Lei 11.445 nem com o Plansab e, ao longo do tempo, realizou seguidas investidas para modificá-los. Em outubro de 2015, o Partido do Movimento Democrático Brasileiro (PMDB—atual Movimento Democrático Brasileiro MDB) apresentou à sociedade brasileira o documento *Uma Ponte para o Futuro*, que veio a se constituir nas bases do novo projeto político-social do governo Temer (ago. 2016 – dez. 2018). Na área de saneamento básico, o documento expôs um conjunto de estratégias para a alteração do marco legal regulatório, visando à formação de um ambiente para uma expressiva ampliação da atuação da iniciativa privada na prestação dos serviços públicos, principalmente os de abastecimento de água e de esgotamento sanitário.

A Lei 14.026/2020 conhecida como novo marco legal do saneamento, edita a redação e amplia as metas da, ainda em vigor, Lei 11.445/2007. Dentre as metas propostas pela nova normativa está a de atender 99% da população com água potável (atualmente em 84,1%, de acordo com a ANA) e 90% da população com tratamento de esgoto (atualmente em 55,0%, de acordo com a ANA) até 2033.

A normativa também visa atrair o capital privado para o setor, criando a exigência de licitação para que estados e municípios possam fazer a contratação de empresas prestadoras de serviço, em um processo de concorrência envolvendo empresas públicas e privadas. Visto que hoje grande parte das cidades são atendidas por empresas estatais, ou seja, o capital investido no saneamento depende diretamente da arrecadação de tributos pela administração pública, a possibilidade de abertura para investimento privado beneficia a administração pública aliviando o dispêndio com novos investimentos para a área podendo ela apenas exercer o papel fiscalizador sobre a prestação dos serviços e contratos.

A Política Nacional prevê a elaboração, por parte dos municípios, do Plano Municipal de Saneamento Básico como forma destes obterem, junto ao governo federal, financiamento para a implantação de políticas/medidas para o setor. Como descrito pela Secretaria Municipal de Infraestrutura e Obras Públicas de Salvador.

O Decreto nº 7.217/2010, alterado pelo Decreto nº 10.203/2020, determina que, a partir de 2023, os municípios só receberão os recursos da União destinados aos investimentos em saneamento básico, caso tenham elaborado seu Plano, priorizando assim o uso eficiente dos recursos públicos, através do planejamento adequado e do controle social (SALVADOR, 2020).

2.4.3. O Plano Diretor e o Código de Obras de Aracaju - Proposta para a Gestão de Águas Pluviais

Instituído pela Lei Complementar nº 42, de 4 de outubro de 2000, o plano diretor da capital sergipana é o mais antigo dentre as 26 capitais e o Distrito Federal. Tal como os demais planos, o plano diretor de Aracaju regulamenta a expansão da cidade e o desenvolvimento urbano em diversos aspectos (econômicos, ambientais e sociais). O documento conta com 281 artigos divididos em 8 temas diferentes e, apesar disso, ainda é deficiente em aspectos ambientais como a gestão de águas pluviais e parcelamento, uso e ocupação do solo, que por sua vez, é uma, senão a única, medida prevista para o controle da ocupação da cidade e consequentemente controle da taxa de permeabilidade do solo. O anexo IV – A (Figura 11) do

plano diretor elenca as taxas de ocupação, permeabilidade e coeficiente de aproveitamento para as diferentes zonas da cidade.

Figura 11 - Taxas de permeabilidade, ocupação e coeficiente de aproveitamento estabelecidos em Aracaju



ESTADO DE SERGIPE
PREFEITURA MUNICIPAL DE ARACAJU

ANEXO IV - A
QUADRO DE CRITÉRIOS DE OCUPAÇÃO DO SOLO

Obs.: A partir do terceiro pavimento, inclusive, contados a partir do nível da via, em qualquer zona, a taxa de ocupação máxima é de 40%. A dimensão contínua máxima de qualquer edificação é de 30m, salvo para usos especiais, que deverão ser aprovados pelo Conselho de Desenvolvimento Urbano.

ZONAS	TAXA DE PERMEABILIDADE MÍNIMA	TAXA DE OCUPAÇÃO MÁXIMA	COEFICIENTE DE APROVEITAMENTO MÁXIMO
ZAR - 1	25%	70%	0,8
ZAR - 2	25%	60%	0,6
ZAC - 1	25%	70%	2
ZAC - 2	20%	75%	2,5
ZAB - 1	20%	70%	1,5
ZAB - 2	20%	75%	2,0
ZAB - 3	20%	75%	3,0
ZAB - 4	20%	75%	2,5
ZAB - 5	20%	65%	2,0
ZAP - 1	5%	90%	3,5
ZAP - 2	5%	90%	3,0
ZAP - 3	15%	80%	3,5
ZAP - 4	15%	80%	3,5

Fonte: Aracaju, 2010

Esta medida também se encontra no código de urbanismo do município (Lei nº 19, de 10/06/1966), diferenciando os percentuais de taxas de ocupação para as zonas residenciais, comerciais e industriais.

De acordo com o que prevê o Estatuto da cidade, os planos diretores devem ser atualizados a cada 10 anos. Além do plano diretor, Aracaju conta com um plano de saneamento, estabelecido pela Lei nº 4.793/2017, que por sua vez aborda apenas questões relativas ao diagnóstico e metas para o abastecimento de água e coleta e tratamento de esgoto, não englobando o serviço de drenagem urbana e manejo das águas pluviais como preconizado pelo novo marco legal do saneamento (Lei 14.026/2020) e já previsto pela sua primeira versão (Lei 11.445/2007).

2.4.4. O Plano Diretor e o Código de Obras de Maceió - Proposta para a Gestão de Águas Pluviais

O Plano Diretor e o código de obras da capital Alagoana, instituídos pelas Lei 5.486/2005 e Lei 5.593/2007, respectivamente, seguem linha semelhante ao que é apresentado pelo Plano Diretor e o código de obras de Aracaju. Em relação a legislação apresentada pela

capital sergipana, a legislação alagoana é mais clara e vai um pouco além quanto às diretrizes para a gestão da drenagem urbana estabelecendo taxas de ocupação e permeabilidade para cada zona da cidade, prevendo a utilização de soluções de drenagem na fonte como pavimentos permeáveis e trincheiras de infiltração em estacionamentos de uso coletivo (art. 129, § 10 do código de obras), como também a proteção de áreas de recarga dos aquíferos, restringindo a ocupação nessas áreas.

A seguir foi elaborada a Tabela 01 com os principais artigos para a gestão das águas pluviais presentes no Plano Diretor da cidade.

Tabela 01 - Principais artigos para a gestão de águas pluviais do Plano Diretor de Maceió

(Continua)

Incisos	Artigo 25 - São diretrizes gerais para a gestão do Sistema Ambiental do Município de Maceió:
III	Priorização na implementação de ações que levem à mitigação de processos de degradação ambiental decorrentes de usos e ocupações incompatíveis e das deficiências de saneamento ambiental.
Incisos	Artigo 68 - Constituem prioridades para a implementação da gestão do saneamento ambiental no Município de Maceió:
I	Implementação da Política Municipal de Saneamento Ambiental, de acordo com a lei municipal no 5.239, de 7 de novembro de 2002 e em consonância com as políticas estadual e federal de saneamento.
II	Elaboração e implementação do Plano Diretor de Esgotamento Sanitário de Maceió considerando os municípios da Região Metropolitana
III	Definição do Plano Diretor de Drenagem Urbana com revisão das soluções previstas para o tabuleiro e para o aproveitamento de águas pluviais na recarga dos aquíferos de Maceió
IV	Implantação de um sistema de gerenciamento dos resíduos sólidos que adote uma gestão integrada e participativa, com a definição de um local adequado para destinação final, promovendo a recuperação ambiental da área degradada de Jacarecica, com a inserção social dos catadores de materiais recicláveis; (Continuação)
Incisos	Artigo 69 - São diretrizes gerais para a gestão do saneamento ambiental no Município de Maceió:
I	Integração das políticas, programas e projetos de abastecimento de água, coleta e tratamento de esgotos, drenagem pluvial, coleta e disposição final de resíduos sólidos
II	Integração nos programas e projetos da infraestrutura de saneamento básico, componentes de educação ambiental, de melhoria da fiscalização, do monitoramento e da manutenção das obras
III	Adequação das características tecnológicas e do dimensionamento da infraestrutura dos sistemas de saneamento básico às características do meio ambiente e às condições de ocupação do solo no Município
IV	Articulação dos órgãos responsáveis pelo planejamento e controle urbano com a concessionária de água e esgoto para integrar as diretrizes e medidas relativas ao uso do solo à capacidade de infraestrutura implantada e prevista para o Município.
V	Articulação com municípios vizinhos para ações conjuntas de apoio na implantação ou adequação dos sistemas de saneamento básico.
VI	Atendimento dos serviços de saneamento básico de acordo com a vulnerabilidade ambiental das áreas urbanas e da intensidade da ocupação, especialmente por população de baixa renda.
VII	Apoio no cadastramento e mapeamento de equipamentos e serviços de infraestrutura de saneamento básico.
Incisos	Artigo 72 - São diretrizes específicas para a gestão do sistema de drenagem urbana:
I	Adequação do sistema de drenagem urbana com a ampliação e recuperação das galerias de águas pluviais existentes.
II	Articulação entre órgãos municipais e entidades comunitárias para implementação de um programa de prevenção à obstrução das galerias de águas pluviais, através da educação ambiental.

II	Ampliação do conhecimento das condições de drenagem com a identificação e mapeamento das principais áreas de recarga de aquíferos de Maceió.
Incisos	Artigo 74 - Deverão ser contempladas na legislação urbanística as seguintes medidas relativas ao saneamento básico:
IV	Exigências quanto à permeabilidade do solo, compatíveis com as necessidades de absorção das águas pluviais, especialmente para empreendimentos de grande porte e nas áreas alagáveis da Cidade.
V	Preservação das áreas de recarga de aquíferos, restringindo o uso e a ocupação urbana.

Fonte: Plano Diretor de Maceió, 2007

O município também conta com um Plano Municipal de Saneamento Básico (PMSB) previsto pelo artigo 68 do Plano Diretor e instituído pela Lei Estadual nº 7.081/2009, documento que conta com a elaboração de estudos, diagnósticos e metas de curto, médio e longo prazo acerca dos serviços de abastecimento de água, esgotamento sanitário, drenagem e manejo de águas pluviais e limpeza urbana e manejo de resíduos sólidos prestados pelo município.

A Política Pública e o Plano de Saneamento Básico, instituídos pela referida lei, são os instrumentos centrais da gestão dos serviços. Conforme esse dispositivo, o Plano de Saneamento estabelece as condições para a prestação dos serviços de saneamento básico, definindo objetivos e metas para a universalização e programas, projetos e ações necessários para alcançá-la (MACEIÓ, 2016).

O plano é do ano de 2016 por isso segue diretrizes estabelecidas, até então, pela Lei 11.445/2007 atualizada pela Lei 14.026/2020.

Dentre as metas estabelecidas para a gestão das águas pluviais pelo PMSB de Maceió está a criação de um Plano Diretor de Drenagem (até o ano corrente, o Plano Diretor de drenagem do município não foi estabelecido), o qual deverá nortear a gestão dos recursos hídricos através da elaboração de medidas estruturais e não estruturais.

2.4.5. O Plano Diretor e o Código de Obras de Salvador - Proposta para a Gestão de Águas Pluviais

Datada do ano de 2016, a Lei no 9.069/2016 que se refere ao Plano Diretor de Desenvolvimento Urbano do Município de Salvador – PDDU apresenta abordagem ampla para a gestão das águas pluviais com definição de diretrizes que vão além do estabelecimento de limite de taxa de ocupação do solo. Nessa normativa também são considerados a adoção de medidas mais sustentáveis do ponto de vista ambiental para a gestão das águas pluviais, um modelo que tem ganhado força em todo o mundo dada a necessidade de integrar o crescimento exponencial dos centros urbanos a medidas de preservação do meio ambiente.

As diretrizes para a gestão e o tratamento das águas pluviais estabelecidas pelo PDDU da capital baiana tem como base a Lei 11.445/2007, visto que foi publicado antes da atualização da redação pela Lei 14.026/2020. O documento contempla também a elaboração do Plano Municipal de Saneamento Básico, que se encontra em fase de aprovação na data corrente, medida que é prevista pela Política Nacional de Saneamento.

Entre as medidas, para gestão das águas pluviais, estabelecidas pelo Plano Diretor de Salvador há de se destacar aquelas que visam mitigar o processo de impermeabilização e erosão do terreno natural, o Plano traz como alternativas para solucionar esses problemas o conceito de drenagem sustentável onde são priorizados meios que possibilitem maior retenção e infiltração das águas pluviais no próprio terreno. Como medidas estruturais e não estruturais, trazidas pelo PDDU, a se destacar tem-se a criação de parques lineares e parques alagáveis como também a criação de Fundo Municipal de Saneamento Básico - FMSB e controle de ocupação de áreas suscetíveis a deslizamentos ou inundações como várzeas, encostas e fundos de vales

A Tabela 02 elenca algumas diretrizes, objetivos e princípios da lei municipal para o tratamento das águas pluviais.

Tabela 02 - Principais artigos para a gestão de águas pluviais do Plano Diretor de Salvador

(Continua)

Inciso (s)	Artigo 20 - São diretrizes para a conservação, manutenção da qualidade ambiental, recuperação e uso sustentável das águas urbanas superficiais e subterrâneas no território do Município:
I	Controle e fiscalização da ocupação e da impermeabilização do solo nas áreas urbanizadas, mediante a aplicação de critérios e restrições urbanísticas regulamentados na legislação de ordenamento do uso e ocupação do solo;
VII	Estabelecimento, como fator de prioridade, da implantação e ampliação de sistemas de esgotamento sanitário, bem como intensificação de ações de limpeza urbana e manejo de resíduos sólidos, de modo a evitar a poluição e contaminação dos cursos d'água e do aquífero subterrâneo, em especial nas áreas de proteção de mananciais;
Inciso (s)	Artigo 91 - São objetivos e diretrizes gerais da Política Municipal de Saneamento Básico:
I	Criação e regulamentação do Sistema Municipal de Saneamento Básico;
II	Estruturação de órgão regulador e fiscalizador do funcionamento técnico, socioambiental, financeiro e institucional das empresas delegatárias ou concessionárias de serviços públicos de saneamento básico, com competência para estabelecer normas e especificações de desempenho;
V	Elaboração, implementação, monitoração, avaliação e revisão do Plano Municipal de Saneamento Básico, como instrumento fundamental da Política Municipal de Saneamento Básico;
VI	Organização e implementação de sistema de informações geográficas (SIG) sobre Saneamento Básico, integrado ao Sistema Nacional de Informações em Saneamento Básico (SINISA) e ao SIM-Salvador;
Inciso (s)	Artigo 96 - A drenagem e o manejo de águas pluviais urbanas orientam-se segundo

III	O maior equilíbrio entre absorção, retenção e escoamento de águas pluviais, objetivando o controle da ocupação do solo e do processo de impermeabilização do solo;
IV	A preservação das áreas livres, definindo índices de permeabilidade para as zonas e normas para o emprego de materiais que permitam a permeabilidade e implantação de dispositivos de retenção e reuso de águas pluviais nos empreendimentos
V	A manutenção e monitoração preventiva e periódica, seguindo as orientações do Plano Preventivo de Defesa Civil e do Plano Municipal de Saneamento Básico
Inciso (s)	Artigo 97 - As diretrizes para a drenagem e o manejo de águas pluviais urbanas são:
III	Análise de alternativas e medidas integradas, estruturais e estruturantes de natureza preventiva e institucional, criando parques lineares, a recuperação de várzeas, matas ciliares, implantação de valas de infiltração gramadas, reservatórios de contenção de cheias, que poderão estar articuladas a áreas de lazer e quadras esportivas, e em áreas mais ocupadas, inclusive o jardim de chuva;
IV	Ampliação da geração de dados e conhecimento dos processos hidrológicos nas bacias hidrográficas e de drenagem natural do Município e sua região, do impacto da urbanização nesses processos e das consequências das inundações
VII	Definição de mecanismos de fomento para usos do solo compatíveis com áreas de interesse para drenagem, tais como parques lineares, área de recreação e lazer, hortas comunitárias e manutenção da vegetação nativa.
VIII	Desenvolvimento de projetos de drenagem de águas pluviais urbanas que considerem, entre outros aspectos, a sustentabilidade, a mobilidade de pedestres e pessoas com deficiência ou mobilidade reduzida, a paisagem urbana e o uso para atividades de lazer.
Inciso (s)	Artigo 98 - São objetivos prioritários para o Sistema de Drenagem e o Manejo de Águas Pluviais Urbanas:
III	Elaborar, implementar, monitorar e avaliar o Plano Municipal de Drenagem e Manejo de Águas Pluviais Urbanas;
IV	Elaborar Manual de Drenagem e Manejo de Águas Pluviais, em conformidade com a legislação superveniente
VII	Incrementar política de captação de águas pluviais e de reutilização de águas servidas para controle dos lançamentos, de modo a reduzir a sobrecarga no sistema de drenagem urbana;

Fonte: Plano Diretor de Salvador, 2016.

Além do PDDU, Salvador conta com a elaboração do Plano Municipal de Saneamento Básico. Plano que é subdividido em planejamento, consultas e audiências públicas, cadastramento e caracterização do município, diagnóstico e plano de execução.

O plano abrange soluções/metast estruturais e não-estruturais para o correto tratamento das águas pluviais tais como aquelas apresentadas no PDDU. Dentre as medidas apresentadas no plano, estão aquelas que promovam o desenvolvimento mutuamente entre a urbanização da cidade e a infraestrutura para coleta e manejo das águas. Nesse documento é sugerida a priorização de medidas que promovam a infiltração, retenção e o reaproveitamento dessas águas dado os elevados custos para ampliação da rede convencional de drenagem, como também do cadastro de zonas vulneráveis às inundações com o objetivo de orientar a atualização da legislação urbanística vigente para o zoneamento, uso e ocupação do solo.

O documento também trata da ocupação de áreas vulneráveis às inundações

Assim, este programa visa garantir uma qualidade de vida para as pessoas que moram em áreas de inundação, seja através de um processo de requalificação urbana, para áreas em que essas intervenções são possíveis e os riscos são mitigáveis, seja mediante

remoção e reassentamento, para locais onde o risco não é mitigável. Soma-se a isso o objetivo de também proteger as áreas naturalmente inundáveis evitando sua ocupação, possibilitando que estas cumpram uma função importante de amortecimento desses eventos, minimizando o impacto em outras áreas urbanizadas. (SALVADOR, 2020)

3. METODOLOGIA

3.1. Contextualização da Pesquisa

O presente trabalho teve como enfoque a análise das principais normativas para o desenvolvimento urbano, como Código de Obras, o Plano de Desenvolvimento Urbano - PDDU ou Plano Diretor e o Plano Municipal de Saneamento Básico - PMSB. O trabalho é baseado inteiramente em pesquisa bibliográfica, utilizando trabalhos científicos, autores de relevância sobre o tema, legislação federal vigente e os próprios documentos públicos e comuns a todos os municípios com população mínima de 20 mil habitantes.

A análise desses documentos fora direcionada exclusivamente para a gestão das águas pluviais, de modo que fosse possível fazer a comparação entre as normativas do município de Aracaju com normativas mais atuais (Salvador) e normativas com data de publicação mais próxima (Maceió) ao do referido município quanto ao tema supracitado e adoção de medidas sustentáveis de drenagem.

3.1.1. Descrição dos Critérios Adotados

O principal critério utilizado para a comparação das normativas dos municípios foi a adoção de medidas sustentáveis de drenagem. Então, as normativas foram analisadas sob a previsão de medidas estruturais, ou seja, obras que efetivamente impactem positivamente a população, como também foi analisado a previsão de medidas não-estruturais, que podem ser definidas como um plano para que se atinja um determinado objetivo. Como exemplo tem-se a elaboração de Planos diretores de drenagem, formação de comitês e campanhas de conscientização acerca do assunto.

Outro critério utilizado foi o ano de publicação dessas normativas, verificando se estavam atualizadas dentro do prazo estabelecido pela legislação federal em relação aos prazos para revisão.

Todos os dados reunidos e apresentados por meio da elaboração de tabelas foram retirados desses documentos públicos disponibilizado pelos municípios e pelo governo federal

e por meio da compilação dessas informações foi possível responder as problemáticas elencadas neste trabalho.

3.1.2. Caracterização da Área de Estudo

Aracaju é a capital do estado de Sergipe, localizada na região Nordeste do Brasil. O município está situado na foz do Rio Sergipe, próximo ao Oceano Atlântico, e possui uma área total de aproximadamente 182 km² (IBGE, 2022).

Quanto ao relevo, Aracaju é predominantemente plano, com uma altitude média de cerca de 4 metros acima do nível do mar. Sua topografia suave facilita a ocupação e expansão urbana. A cidade é caracterizada por extensas planícies costeiras, algumas áreas de manguezais e pequenas colinas

Aracaju, cidade mais populosa do estado de Sergipe, é dividida em diversos bairros que compõem sua organização urbana. Alguns dos principais bairros da cidade são: Centro, Farolândia, Atalaia, Coroa do Meio, Jardins, Grageru, Santos Dumont, São Conrado, entre outros. Cada bairro possui suas particularidades, oferecendo infraestrutura diversificada, áreas residenciais, comerciais e de lazer (IBGE, 2022).

Em relação à sustentabilidade, Aracaju tem buscado adotar medidas voltadas para a preservação ambiental e o desenvolvimento sustentável. O município possui parques urbanos, áreas verdes e espaços destinados à prática de atividades ao ar livre.

Historicamente, Aracaju enfrenta alguns problemas relacionados a alagamentos, enchentes e enxurradas. Em períodos de chuvas intensas, algumas áreas mais baixas da cidade, especialmente as próximas aos rios e canais, podem ser afetadas.

Salvador e Maceió são duas cidades importantes do Nordeste do Brasil, cada uma com suas características distintas. Salvador, capital da Bahia, destaca-se por sua rica história, cultura afro-brasileira e arquitetura colonial. Sua topografia é mais acidentada, com colinas, sendo o Pelourinho um dos principais bairros históricos. A cidade possui uma mescla interessante de edifícios históricos e áreas modernas, com diversos bairros como Barra, Rio Vermelho, Itapuã e Ondina, conhecidos por suas praias, vida noturna animada e opções culturais (IBGE, 2022).

Quanto à gestão da drenagem urbana, Salvador enfrenta desafios devido à topografia e ao alto volume de chuvas. Para lidar com isso, a prefeitura tem tomado medidas como

construção de canais, sistemas de escoamento de água e técnicas sustentáveis para gerenciar as águas pluviais (SALVADOR, 2020).

Maceió, por sua vez, é a capital de Alagoas e está localizada à beira-mar. Sua topografia é predominantemente plana, com manguezais e lagoas costeiras. A cidade é famosa por suas belas praias, águas claras e coqueirais. Em termos urbanos, Maceió apresenta uma combinação de áreas modernas e históricas, com bairros como Ponta Verde, Pajuçara, Jatiúca e Farol, que oferecem infraestrutura completa, restaurantes, comércio e opções de lazer (IBGE, 2022).

Na gestão da drenagem urbana, Maceió enfrenta desafios semelhantes a Salvador, devido ao clima tropical e às chuvas frequentes. A prefeitura tem adotado medidas como desenvolvimento de sistemas de drenagem, construção de canais e aplicação de técnicas sustentáveis para minimizar problemas de enchentes e alagamentos (MACEIÓ, 2016).

3.2. Análise das Principais Normativas

A análise considerou as informações disponíveis nos Planos Diretores e códigos de obras das cidades, destacando diferenças entre as abordagens adotadas por Aracaju, Salvador e Maceió em relação à gestão das águas pluviais e drenagem urbana. Foram observadas as datas de publicação e revisão desses planos, bem como a metodologia e medidas adotadas em relação à gestão das águas pluviais e drenagem urbana.

3.3. Coleta e Análise dos Dados do Sistema Nacional de Informação sobre Saneamento - SNIS

Para entender como funciona o serviço de drenagem e tratamento de águas pluviais nos municípios foi necessário a coleta de dados fornecidos pelos órgãos prestadores do referido serviço ao governo federal e divulgado anualmente através do SNIS, vinculado à Secretaria de Saneamento – SNS do Ministério do Desenvolvimento Regional – MDR.

A série histórica analisada foi de 2017-2021, onde foi possível ter uma visão de como funciona, na prática, a gestão municipal para o serviço de drenagem urbana. Os dados coletados e reunidos aqui por meio de tabelas nos fornecem informação sobre população urbana, infraestrutura, exclusividade do sistema, adoção de práticas sustentáveis para o serviço, monitoramento de áreas de risco e população afetada por eventos extremos.

3.4. Alternativas Sustentáveis de Drenagem para o Município de Aracaju

Constatado o reduzido número de práticas sustentáveis presentes nos principais instrumentos normativos para o município e a recorrência de eventos hidrológicos em determinados pontos das

idades, foi elaborado, a partir de soluções presentes na bibliografia, possíveis alternativas sustentáveis de drenagem que pudessem mitigar a problemática existente na região analisada.

4. RESULTADOS

4.1. Análise Sobre os Planos Diretores de Desenvolvimento Urbano e Código de Obras dos Municípios Quanto à Drenagem Urbana

A partir das informações presentes nas principais normativas para o desenvolvimento urbano das capitais analisadas foi possível elaborar a Tabela 03, onde são apresentados dados sobre a gestão para drenagem urbana abordado por estes instrumentos.

Tabela 03 - Metodologia abordada pelos municípios para a gestão

(Continua)

Cidades	Órgão responsável pelos serviços de Drenagem do município	Ano da última atualização /publicação do PDDU	Metodologia abordada pelo PDDU para a gestão das águas pluviais (Higienista ou Sustentável)	Medidas para controle do volume de escoamento superficial	Previsão de criação de Plano Municipal de Drenagem	Situação do Plano Municipal de Saneamento Básico	Medidas para controle do volume de escoamento superficial prevista no cód. de obras
Aracaju	EMURB	2001	Metodologia higienista	Limitação na taxa de ocupação/permeabilidade dos lotes	Inexistente	Publicado	Limitação na taxa de ocupação/permeabilidade dos lotes
Maceió	SEMINFRA	2005	Higienista + Sustentável	Limitação na taxa de ocupação/permeabilidade dos lotes Uso de pavimentos permeáveis em estacionamentos	Em fase de elaboração	Em fase de elaboração	Limitação na taxa de ocupação/permeabilidade dos lotes; Pavimentos permeáveis e trincheira de infiltração
Salvador	SEINFRA	2016	Higienista + Sustentável	Parques lineares; valas de infiltração gramadas, Parques	Em fase de elaboração	Em fase de elaboração	Limitação na taxa de ocupação/permeabilidade dos lotes

Cidades	Órgão responsável pelos serviços de Drenagem do município	Ano da última atualização /publicação do PDDU	Metodologia abordada pelo PDDU para a gestão das águas pluviais (Higienista ou Sustentável)	Medidas para controle do volume de escoamento superficial	Previsão de criação de Plano Municipal de Drenagem	Situação do Plano Municipal de Saneamento Básico	Medidas para controle do volume de escoamento superficial prevista no cód. de obras
Aracaju	EMURB	2001	Metodologia higienista	Limitação na taxa de ocupação/permeabilidade dos lotes	Inexistente	Publicado	Limitação na taxa de ocupação/permeabilidade dos lotes
				alagáveis, jardim de chuva;			

Fonte: O Autor, 2023.

Tomando como base o Estatuto da cidade, Lei federal nº 10.257/2001, o único Plano Diretor atualizado dentro do prazo, conforme o previsto pela referida Lei, é o Plano Diretor de Salvador, revisado em 2016. As demais capitais, Aracaju e Maceió, encontram-se com sua legislação desatualizada em relação ao que diz o Estatuto da cidade tendo sido publicadas em 2001 e 2005 respectivamente. Atualmente, tanto o Plano Diretor da capital sergipana, como o Plano da capital alagoana encontram-se em processo de revisão, ambos sem data para conclusão até o presente momento.

Dentre os três PDDU's analisados para a gestão das águas pluviais, o da capital sergipana é o mais deficitário em relação ao tema drenagem urbana, ficando limitado ao estabelecimento de taxas de ocupação e permeabilidade. Quanto a isso, Maceió e Salvador apresentam Planos mais robustos sobre o assunto, criando alternativas menos nocivas para o tratamento e destinação das águas que precipitam sobre estas cidades.

Entre as medidas estruturais comum aos planos e códigos de obras das três cidades, encontra-se a limitação na taxa de ocupação/permeabilidade dos lotes. No Plano de Maceió, consta a previsão de utilização de pavimentos permeáveis em estacionamentos públicos, já para Salvador há a previsão de priorização de medidas que induzam à captação e infiltração da água precipitada, além disso Salvador conta com a previsão de criação de parques lineares na cidade.

Maceió e Salvador se diferenciam por abordar alternativas/diretrizes/métodos mais sustentáveis e que tornam possível a redução de investimentos tanto para a elevação da capacidade do sistema convencional de drenagem, direcionando esse capital para novas alternativas que agregam em aspectos urbanísticos, tornando as cidades mais “verdes” através de parques lineares e da preservação de matas ciliares e encostas, como para a qualidade de vida dos munícipes, reduzindo os eventos inconvenientes gerados pelo excesso de água presente no meio urbano, melhorando a qualidade da água que será conduzida até os corpos d’água e possibilitando a captação desses recursos para posterior uso.

Além das medidas estruturais citadas anteriormente, o PDDU do município de Maceió e de Salvador prevê como medida não-estrutural, a elaboração do Plano Municipal de Saneamento Básico - PMSB e/ou Plano Municipal de drenagem que abordará o tema junto à população para a criação de medidas alternativas para a gestão de esgoto, drenagem urbana, abastecimento de água e coleta e tratamento de resíduos sólidos. Nas duas capitais, a criação desses planos tem como objetivo revisar a metodologia de drenagem adotada no município e, além disso, educar/conscientizar a população para que esses possam colaborar com a implantação de novas medidas e manutenção das medidas tradicionais já adotadas. Para Aracaju, não há previsão no Plano Municipal de Saneamento Básico, de medidas para o setor de drenagem urbana. O PMSB de Aracaju limita-se aos setores de abastecimento de água e tratamento de esgoto sanitário, não contemplando medidas e diretrizes para o tratamento e coleta das águas pluviais.

Analisando os códigos de obra das cidades, percebe-se que, em todos, a medida obrigatória aos munícipes é a limitação da taxa de permeabilidade e ocupação. Esta medida tradicional tornará o sistema público de drenagem ineficiente à medida que novas edificações passarem a contribuir para a rede. Mesmo para legislações mais recentes, como a de Salvador, não é possível notar medidas que causem menor repercussão na rede de drenagem.

4.2. Análise Comparativa da Série Históricas de 2017-2021 de Aracaju, Maceió e Salvador, a partir de Dados do SNIS, em Termos de Ações Efetivas para o Manejo de Águas Pluviais

Através de dados do Sistema Nacional de Informação sobre Saneamento - SNIS foi possível fazer uma análise comparativa a respeito de medidas, ações, infraestrutura, agentes de

fiscalização e principais eventos hidrológicos, sobre o tratamento e coleta das águas pluviais nos municípios estudados em uma série de dados coletados de 2017 a 2021.

A Tabela 04 adaptada dos dados do SNIS apresenta os dados gerais da população, como população geral e urbana, como também o setor responsável pela gestão da drenagem urbana de cada município.

Tabela 04: Dados gerais dos municípios

Ano de Referência	Nome do Município	Setor Responsável	População Total	População Urbana	% da população urbana	Taxa de crescimento da população urbana ao longo da série (2017-2021)	Área (km²)
2021	Maceió	Secretaria Municipal de Infraestrutura	1.031.597	1.030.912	99,93%	0,24%	509,91
2020			1.025.360	1.024.680	99,93%	0,63%	
2019			1.018.948	1.018.272	99,93%	0,65%	
2018			1.012.382	1.011.710	99,93%	-1,63%	
2017			1.029.129	1.028.446	99,93%	-	
2021	Salvador	Secretaria Municipal de Infraestrutura e Obras Públicas - SEINFRA	2.900.319	2.899.524	99,97%	-1,82%	692,82
2020			2.886.698	2.885.907	99,97%	0,50%	
2019			2.872.347	2.871.560	99,97%	0,53%	
2018			2.857.329	2.856.546	99,97%	-3,27%	
2017			2.953.986	2.953.177	99,97%	-	
2021	Aracaju	Empresa Municipal de Obras e Urbanização (EMURB)	672.614	672.614	100,00%	3,46%	181,86
2020			664.908	664.908	100,00%	1,20%	
2019			657.013	657.013	100,00%	1,24%	
2018			648.939	648.939	100,00%	-0,18%	
2017			650.106	650.106	100,00%	-	

Fonte: Adaptado de SNIS, 2023.

Através da Tabela 04 é possível notar que o crescimento populacional é praticamente igual ao crescimento da população urbana dos municípios, atingindo uma média de 99,97% nos

municípios apresentados, valor acima da média nacional de 93,2%, de acordo com dados do SNIS. Dentre os três, Aracaju se destaca por ser composto apenas de população urbana, também sendo a capital com maior crescimento da mesma população, saindo de 650.106, em 2017, para 672.614 cidadãos em 2021, um crescimento relativo acumulado de 3,46% da população urbana, enquanto Maceió cresceu 0,24% e Salvador observou redução de 1,82% desse indicador em relação ao período inicial, saindo de 2.953.177 para 2.899.524 ocupantes da zona urbana.

Esses indicadores são importantes para entender a dinâmica de ocupação do município, de modo que o crescimento da população urbana deve ser acompanhado de medidas que comportem e atendam necessidades básicas dessa população; dentre as medidas estão aquelas associadas à infraestrutura urbana como é o caso do saneamento básico, medida integrante de todos os municípios visto como uma política de investimento, de forma indireta, em saúde e bem estar da população dado que a inexistência dos serviços de Saneamento Básico contribui para a proliferação de doenças associadas ao ambiente insalubre onde dejetos, resíduos humanos e o abastecimento de água para consumo se misturam.

As Tabelas 5 e 6 que serão apresentadas a seguir, são relativas à infraestrutura de drenagem dos municípios, para o período analisado, e foram alimentadas com dados como, tipologia (sistema exclusivo ou combinado) do sistema e os elementos que compõem esse sistema, sendo quantificados quanto à sua extensão e número de unidades. Também é analisada a adoção de medidas sustentáveis de drenagem nos municípios.

Tabela 05: Dados sobre a infraestrutura dos municípios. (1/2)

(Continua)

Ano de Referência	Nome do Município	Existem obras ou projetos em andamento, no ano de referência, para o sistema de Drenagem e Manejo das Águas Pluviais Urbanas?	Qual é o tipo de sistema de Drenagem Urbana?	Extensão total de vias públicas urbanas com pavimento e meio-fio (ou semelhante) (km):	Quantidade de bocas de lobo existentes no município:	Espaçamento, em metros, entre as bocas de lobo (Extensão total de vias pavimentadas / N° de Bocas de lobo) x 1000
2021	Maceió	Sim	Exclusivo (quando 100% do sistema de drenagem é destinado exclusivamente às águas pluviais)	1099,8	21.641,00	50,82
2020		Sim		1091,3	21.500,00	50,76
2019		Não		1090	21.500,00	50,70
2018				1086	21.300,00	50,99
2017				1073	21.200,00	50,61

2021	Salvador	Sim	Combinado (quando parte do sistema de drenagem é exclusivo e parte é unitário)	2472	200.000,00	12,36
2020			Exclusivo (quando 100% do sistema de drenagem é destinado exclusivamente às águas pluviais)	1870,32	200.000,00	9,35
2019		Não		1882,32	200.000,00	9,41
2018				1870,32	200.000,00	9,35
2017				1860,32	200.000,00	9,30
2021	Aracaju	Sim	Exclusivo (quando 100% do sistema de drenagem é destinado exclusivamente às águas pluviais)	1785	24.477,00	72,93
2020		Sim		1245	20.086,00	61,98
2019		Sim		1174	19.118,00	61,41
2018				1174	18.409,00	63,77
2017				1172	18.000,00	65,11

Fonte: Adaptado de SNIS, 2023.

Na Tabela 05 é possível desprender que até o último ano da série em estudo, todas as três capitais possuíam obras voltadas para o sistema de drenagem urbana, significando expansão do sistema, informação que é confirmada nas colunas seguintes que são alimentadas com a extensão e número de bocas de lobo ao longo da série.

Sobre a exclusividade do sistema de drenagem, das três cidades, apenas Salvador deixou de ter o sistema exclusivo para a condução de águas pluviais, passando o sistema a ser compartilhado também com o sistema de esgoto doméstico. Nas demais capitais a rede é exclusiva para o encaminhamento das águas pluviais.

A decisão de ter a rede compartilhada na capital baiana, no último ano da série, prejudica a qualidade dos corpos d'água que receberão a água contaminada pelo esgoto, afetando a vida desses corpos d'água com a degradação gerada pela contaminação por esgoto. Além disso, torna o tratamento do esgoto mais caro visto que o volume aumentará significativamente na temporada de chuvas.

Essa decisão também não representa aquilo que é proposto em sua legislação, tanto em seu Plano Diretor (artigos 20 e 97) como em seu Plano Municipal de Saneamento Básico, que

prevê a preservação de corpos receptores e desenvolvimento de projetos sustentáveis de drenagem, além de outras medidas favoráveis ao meio ambiente.

Analisando a distância média das bocas de lobos em relação à extensão das vias pavimentadas, Aracaju maiores distâncias entre esses elementos. Ou seja, a maior distância entre essas bocas coletoras possibilita que um maior volume se acumule nas vias e sarjetas, podendo ocasionar alagamentos das vias de acordo com a intensidade da precipitação. Os dados fornecidos para Salvador podem estar errados ou divergentes da realidade já que o espaçamento estimado resultou em valores muito pequenos e não usuais. Isso pode ser confirmado pelo valor repetido em todos os anos. Este fato vai de encontro à resposta positiva para a existência de obras no município de Salvador.

Continuando os dados sobre a infraestrutura das capitais, na Tabela 06 é observado a extensão total de vias com rede ou canais e da extensão de vias com faixas ou valas de infiltração.

Tabela 06: Dados sobre a infraestrutura dos municípios. (2/2)

(Continua)

Ano de Referência	Nome do Município	Extensão total de vias públicas urbanas com redes ou canais de águas pluviais subterrâneos (km):	Existem vias públicas urbanas com canais artificiais abertos?	Extensão total de vias públicas urbanas com soluções de drenagem natural (faixas ou valas de infiltração) (km):
2021	Maceió	457,2	Sim	
2020		450		
2019		450		
2018		422		
2017		422		
2021	Salvador	13,5	Sim	1,35
2020		13,05		
2019		13,5		1,35
2018		13,05		1,35
2017		2		1,35
2021	Aracaju	471,13	Sim	
2020		471,16		

2019		471,16		
2018		471,16		
2017		469		

Fonte: Adaptado de SNIS, 2023.

Em relação à extensão da rede, todas as cidades apresentaram expansão, sendo em Maceió a maior delas saindo de 422 km para 457,2 km ao fim da série e Aracaju a menor delas, apresentando oscilação ao longo da série, variando de 469 km no início da série para 471,16 km de 2018 a 2020, reduzindo sua extensão para 2021 ao fim da série.

Sobre a adoção da medida sustentável de drenagem, apenas Salvador registrou esse tipo de infraestrutura, enquanto as outras cidades não observaram nem um dado em relação à essa técnica de drenagem.

O número ainda inexpressível ou inexistente mostra a prevalência da metodologia Higienista de drenagem muito presente ainda no Brasil, metodologia que necessitará sempre de intervenções para elevação de sua capacidade sendo necessário novos investimentos a cada intervenção.

Tabela 07: População afetada por eventos hidrológicos extremos

(Continua)

Ano de Referência	Nome do Município	Número de alagamentos na área urbana do município, nos últimos cinco anos, registrado no sistema eletrônico da Secretaria Nacional de Proteção e Defesa Civil (Fonte: S2ID):	Número de pessoas desabrigadas ou desalojadas, na área urbana do município, devido a eventos hidrológicos impactantes nos últimos cinco anos, registrado no sistema eletrônico da Secretaria Nacional de Proteção e Defesa Civil (Fonte: S2ID):	Número de imóveis urbanos atingidos por eventos hidrológicos impactantes, no ano de referência:	Quantidade de desabrigados ou desalojados por eventos pluviométricos nos últimos 5 anos
2021	Maceió	1	3.282,00	24	3.512,00
2020		1	3.282,00		3.282,00
2019		1	3.282,00		3.282,00
2018		1	3.282,00		3.532,00
2017		2	3.282,00	1602	5.782,00
2021	Salvador	0	0,00	1546	6.371,00

2020		0	0,00		2.305,00
2019		0	0,00		4.050,00
2018		0	0,00	3562	2.305,00
2017		1	0,00		2.216,00
2021	Aracaju	3	115,00		115,00
2020		2	112,00	27	112,00
2019		1	0,00		280,00
2018		1	0,00	4	0,00
2017		1	0,00	28	344,00

Fonte: Adaptado de SNIS, 2023

Em Aracaju, apesar de haver mais alagamentos registrados do que Maceió e Salvador, o número de pessoas desabrigadas é o menor. Isso pode ser explicado pela existência de mapeamento integral das áreas de risco e sistema de alerta de riscos hidrológicos, diferente dos outros dois municípios. Isso mostra a importância das ações adotadas pela Defesa Civil do município na mitigação de prejuízos gerados a partir de eventos meteorológicos. Os trabalhos de Santos (2019) e Oliveira, Bezerra e Rezende (2019) mostram informações sobre a ocupação e características geomorfológicas e mapeamento de áreas vulneráveis/suscetíveis aos riscos hidrológicos, respectivamente de Aracaju e dos municípios que compõem a Grande Aracaju.

Essas iniciativas adotadas pelo município por meio da Defesa Civil são importantes para a redução de perdas econômicas, materiais e de vidas. A manutenção dessas atividades assim como a adoção de medidas cujo objetivo deve ser zerar qualquer possibilidade de inconveniente para a população é sempre válido e deve ser objeto de estudo e investimento público.

Também foi possível, através dos dados do SNIS, obter dados sobre o monitoramento de áreas de riscos hidrológicos (Tabela 08), número de domicílios expostos a estes riscos e, além disso, o registro e mapeamento dessas áreas.

Esses dados são importantes para nortear a administração pública na tomada de decisão para a mitigação dos riscos e na elaboração de medidas estruturais e não estruturais para as áreas mais vulneráveis, evitando a perda de bens, desabrigamento e perdas de vidas geradas a partir desses eventos.

Tabela 08: Mapeamento e monitoramento dos municípios

Ano de Referência	Nome do Município	Existem sistemas de alerta de riscos hidrológicos (alagamentos, enxurradas, inundações) no município?	Existe cadastro ou demarcação de marcas históricas de inundações?	Existe mapeamento de áreas de risco de inundação dos cursos d'água urbanos?	O mapeamento é parcial ou integral?	Qual o percentual da área total do município está mapeada?	Quantidade de domicílios sujeitos a risco de inundação
2021	Maceió	Sim	Sim	Sim	Parcial	De 26% a 50%	8.087,00
2020		Sim	Não	Sim		De 26% a 50%	0,00
2019		Não	Não	Sim		De 26% a 50%	1.000,00
2018		Não	Não	Não			4.000,00
2017		Não	Não	Sim		De 26% a 50%	0,00
2021	Salvador	Sim	Não	Sim	Parcial	De 1% a 25%	346,00
2020		Sim				De 1% a 25%	3.400,00
2019		Sim				De 1% a 25%	3.400,00
2018		Sim				De 1% a 25%	3.400,00
2017		Não				De 1% a 25%	3.400,00
2021	Aracaju	Sim	Sim	Sim	Integral		3.088,00
2020							3.255,00
2019							3.255,00
2018							2.534,00
2017							12.866,00

Fonte: Adaptado de SNIS, 2023.

Até o último ano da série todas as capitais contavam com sistema de alerta de riscos hidrológicos, como também mapeamento dessas áreas mais vulneráveis. Das capitais, apenas Aracaju conta com o mapeamento integral das áreas mais suscetíveis aos riscos hidrológicos, esse mapeamento é utilizado e atualizado pela Defesa Civil. Esse mapeamento identifica as

principais regiões, possíveis riscos (inundação, enchente e alagamento), rota de fuga, número de imóveis e população, além do grau de risco associado à região, como é mostrado no Anexo 01.

Como comentado anteriormente, a identificação dessas áreas de risco associada ao sistema de alerta torna possível o monitoramento durante a época de chuvas pelos órgãos de fiscalização e pela população, também permite que a administração dos municípios adote medidas estruturais e não estruturais para a mitigação de riscos aos ocupantes dessas áreas.

Em todos os municípios é possível observar que houve uma redução no número de domicílios sujeitos a risco de inundação. Em Maceió, onde o mapeamento é parcial, houve aumento. Não é possível saber se novas áreas de risco surgiram e/ou se o percentual de mapeamento aumentou, ainda dentro da faixa de 26% a 50%. Em Salvador a redução foi de cerca de 90%. O que pode indicar que o mapeamento está tendo um efeito positivo na retirada da população das áreas de risco. Em Aracaju, cujo mapeamento é integral, a redução ao longo do período de 2017 a 2021, foi de 76%. Isso pode indicar a eficiência do mapeamento das áreas de risco e a retirada da população dessas áreas, denotando, então, um resultado positivo do trabalho feito pela Defesa Civil do município.

Na Tabela 09, são apresentados os dados acerca da extensão dos canais em área urbana e informação relativa ao tratamento das águas pluviais.

Tabela 09: Cursos d'água urbanos

(Continua)

Ano de Referência	Nome do Município	Extensão total dos cursos d'água naturais perenes canalizados abertos em áreas urbanas (km):	Extensão total dos cursos d'água naturais perenes canalizados fechados em áreas urbanas (km):	Extensão total de parques lineares ao longo de cursos d'água naturais perenes em áreas urbanas (km):	Existe algum tipo de tratamento das águas pluviais?
2021	Maceió	8	3		Não existe tratamento
2020		8	3		
2019		8	3		
2018		8	3		
2017		8	3		

2021	Salvador	35	15		Não existe tratamento
2020		10	5		
2019		35	10		
2018		35	10	3	
2017		30	10	3	
2021	Aracaju	2,68	0		Reservatório de amortecimento
2020		2,68	0		
2019		2,68	0		
2018		2,68	0		
2017		2,68	0	10,44	

Fonte: Adaptado de SNIS, 2023.

Dentre os três municípios analisados, Aracaju é o único que não tem nenhum curso d'água canalizado fechado. Além disso, ainda tem a menor extensão de curso d'água canalizado. Isso é positivo visto que os cursos d'água canalizados e ainda fechados não se apresentam como uma alternativa sustentável para a drenagem de uma área urbanizada. Quanto menor a interferência antrópica em um curso d'água natural melhor será para o fluxo natural das águas. Desta forma, Aracaju sai na frente no quesito sustentabilidade em relação aos outros municípios. Atualmente já estão sendo desenvolvidas técnicas para a revitalização e preservação desses rios canalizados, muito comum no meio urbano e que acabam se tornando local de despejo de resíduos pela população, uma dessas técnicas é a associação de reservatórios de retenção ao longo desses canais, reduzindo possíveis enchentes causadas pelo transbordamento e melhorando a qualidade da água reduzindo a quantidade de poluentes da superfície urbana que são carregados através dos canais.

Das três capitais, Aracaju se destaca pela existência de alternativas de preservação do meio ambiente e para o tratamento das águas pluviais. Os parques lineares são soluções para a preservação das várzeas de corpos d'água, visto que são estruturas bem dotadas de vegetação natural e, além disso, úteis para o desenvolvimento de atividades físicas e lazer para a população. Na capital sergipana podemos destacar o Parque dos Cajueiros e o Parque Ecológico Poxim. Quanto ao tratamento da água da chuva, é um serviço necessário para a preservação da qualidade da água nos corpos receptores e/ou para o reuso desse volume captado. Um desses reservatórios de amortecimento da cidade de Aracaju é o reservatório do Conjunto Costa do

Sol, localizado no bairro Atalaia, construído em 2018 para mitigar os efeitos das enchentes nessa comunidade.

Figura 12 – Parque Ecológico Poxim



Fonte: Aracaju, 2020

4.3. Apresentação de Técnicas Compensatórias que podem ser Implantadas no Município de Aracaju para Melhorar o Serviço de Drenagem Urbana

A partir das alternativas sustentáveis de drenagem aqui apresentadas, foi feita uma análise daquelas que poderiam ser adotadas para a capital sergipana bem como dos locais de possíveis instalações desses mecanismos.

Primeiramente foi pensado nas melhores alternativas para os piores pontos da cidade, onde a ocorrência dos principais eventos provenientes da precipitação como alagamentos, enchentes e enxurradas são recorrentes. Entre os locais se destacam a região central, e outros locais mais específicos como a Avenida Hermes Fontes, o bairro 13 de julho e o bairro Jabotiana (Largo da Aparecida), essas são algumas das regiões que são afetadas durante a época de chuvas em Aracaju, que vai de junho à agosto. Há de se destacar que as alternativas aqui trazidas podem estar ou não associadas à rede convencional de drenagem ou associadas a outras alternativas sustentáveis, como podem ter suas capacidades alteradas para pequenos e grandes volumes, além de permitir a instalação de maneira difusa na bacia hidrográfica.

Começando pela região central de Aracaju, que abriga boa parte de casarões históricos e grande parte de edificações do comércio popular, percebe-se que essa região concentra

elevado fluxo de pessoas todos os dias, e tem uma ocorrência de alagamentos recorrentes devido ao alto índice de impermeabilização do solo nesta região, somado ao grande volume de resíduos descartados pela população em vias públicas que acabam por obstruir os elementos da microdrenagem (sarjetas e bueiros). Esta região, além de calçadas, conta com passeios que possuem dimensões consideráveis tanto em largura como em extensão a exemplo temos o passeio da Avenida Barão de Maruim que, de acordo com código de obras, devem possuir largura mínima de 5 metros, porém, ao contrário dos calçados do centro comercial que são revestido por pedra portuguesa, grande parte desses passeios são revestidos por concreto, material com índice muito baixo de porosidade, ou seja, que não possibilita que parte do volume precipitado infiltre até o solo, gerando maior volume de escoamento sobre as vias.

Como uma possível solução para essa problemática, pode-se destacar os pavimentos permeáveis, como por exemplo as pedras portuguesas já utilizadas nos calçados, alternativa que reduzirá o volume de escoamento superficial e que pode ser instalada em regiões de tráfego leve como é o caso de passeios e estacionamentos para veículos leves, podendo estes locais serem integralmente revestidos por este elemento. Além da alternativa anterior, é possível a instalação de trincheiras de infiltração e/ou jardins de chuva ao longo dos passeios públicos, alternativas que agregam esteticamente a paisagem urbana e que produzirão efeito semelhante ao pavimento permeável.

A Avenida Hermes Fontes, é uma das principais vias de Aracaju que conecta o Distrito Industrial de Aracaju - DIA ao centro da cidade e recentemente passou por obras de alargamento das vias para a criação de corredores exclusivos para ônibus, suprimindo parte do canteiro central e derrubando mais de 250 árvores de médio porte já consolidadas. A avenida se tornou uma região caótica e extremamente desconfortável para aqueles que transitam durante o período de chuvas e durante horários de maior incidência do sol na região, criando o fenômeno de ilha de calor nos dias ensolarados causado pelo baixo índice de cobertura vegetal na região. Ainda quando se havia maior cobertura verde na região eram recorrentes os casos de alagamentos na região de cruzamento com a Avenida Nestor Sampaio e ao longo de toda a avenida, situação que continua até os dias atuais.

Uma possível alternativa para a Av. Hermes Fontes poderia ser a adoção de poços e/ou reservatórios de infiltração/detenção nas edificações, comerciais e residências da região. Devido ao elevado volume de escoamento gerado mesmo em situações de baixa precipitação, esses mecanismos de drenagem agiriam reduzindo a vazão de pico e distribuindo melhor o volume precipitado. Também é possível a instalação de trincheiras de infiltração ao longo de

todo canteiro central, visto que é um local em que não é possível a circulação de pedestres e possuindo pouco mais de 2km de extensão.

As medidas citadas anteriormente podem estar associadas à rede pública ou podem fazer parte de um sistema de drenagem sustentável ainda maior, adotando-se um reservatório de retenção de grandes dimensões (um piscinão, por exemplo) para o aproveitamento do volume captado pelo sistema.

Outra localidade bastante afetada nos períodos chuvosos da capital sergipana é a comunidade do Largo da Aparecida, comunidade que está situada em uma região de bastante especulação imobiliária nos últimos anos, a Jabotiana. A comunidade está situada às margens da Avenida Tancredo Neves à Leste e limitada pelo rio Poxim à Oeste, a localidade citada é composta por moradores de baixa renda e está circundada por grande número de condomínios fechados.

Ao longo de anos o Largo da Aparecida é afetado com o transbordamento do rio Poxim que prejudica diretamente a vida dos munícipes que ali habitam, claramente um problema decorrente da ocupação irregular das várzeas do rio que se soma ao efeito gerado pelo modelo tradicional de drenagem que aumenta a vazão no sentido montante-jusante. Associado aos problemas citados anteriormente, a ausência de infraestrutura na região também é fator determinante para a recorrência do evento ao longo de anos; infelizmente, muito comum aos bairro/conjuntos/comunidades de menor renda de Aracaju e das grandes cidades brasileiras e que possibilita ainda mais a segregação espacial gerada pela ausência de infraestrutura mínima para o atendimento dessas populações direcionando-as às margens das cidades, privilegiando as grandes construtoras e a especulação imobiliária.

Para o caso citado acima, o problema está localizado à montante, ou seja, nas regiões que antecedem o Largo da Aparecida e que contribuem para o aumento da vazão e transbordamento do rio, obviamente a ocupação irregular também contribui para a problemática e por isso é necessário que a população ocupante da várzea seja remanejada para locais mais adequados. Ainda sobre a redução do volume que escoar no rio, é necessário reduzir o pico de vazão com soluções de grande porte como é o caso de reservatórios de detenção/retenção, os famosos piscinões que funcionam como unidade de amortecimento durante a elevação do volume que percorre o rio distribuindo e/ou infiltrando no solo ao longo do tempo, o volume captado.

CONCLUSÃO

Diante das pesquisas realizadas, atendendo aos objetivos deste trabalho, a análise detalhada da legislação municipal de Aracaju em função dos parâmetros normativos estabelecidos, propiciou uma avaliação de grande relevância, pois permitiu constatar que o plano diretor da capital sergipana deveria, até o ano de 2020, ter passado por 2 revisões/atualizações, seu código de obras também já poderia ter passado por revisão visto que é datado do ano de 2010. O Plano Municipal de Saneamento Básico da capital sergipana, por sua vez, não contempla diretrizes para o sistema de drenagem urbana além de ser um documento de difícil acesso, não sendo possível localiza-lo em sites da prefeitura ou EMURB.

Dessa forma, a gestão das águas pluviais encontra-se deficitária do ponto de vista legal, de modo que os instrumentos legais que deveriam nortear tal prática encontram-se desatualizados e/ou abordam medidas insuficientes para a boa gestão. Apesar disso, Aracaju obteve destaque na adoção de técnicas sustentáveis de drenagem como a criação de parques lineares e reservatório de amortecimento, o município também se destacou por possuir mapeamento integral das áreas de riscos, sistema de alerta e o baixo número de pessoas afetadas pelo efeito de eventos hidrológicos extremos.

Foi possível concluir que as políticas de meio ambiente devem ser articuladas ou integradas não somente com as políticas de gestão das águas, mas também com as políticas de desenvolvimento urbano, de habitação, de saneamento básico, de saúde ambiental, ou seja, os conceitos que orientam a gestão ambiental, em geral, também deverão ser válidos para essas políticas, todas diretamente relacionadas com a melhoria da qualidade da vida nos centros urbanos. A gestão urbana, em várias escalas territoriais e político-administrativas, envolve articulações entre esferas diferentes de competências no trato da gestão das águas e na gestão do espaço urbano.

A administração pública poderá propor, como forma de incentivar a adoção de técnicas sustentáveis pela população, um plano de cooperação com os cidadãos. Esse plano seria embasado por meio de estudos técnicos para adoção da melhor técnica para as diferentes regiões do município permitindo que a infraestrutura adotada tenha o seu rendimento maximizado. Somado ao estudo, a gestão pública poderá "recompensar", como forma de incentivo, aqueles que adotarem tais medidas com abatimento e/ou desconto proporcional ao valor investido pelo cidadão em impostos cobrados pela administração pública como as taxas de esgoto e o IPTU.

As soluções estruturais das problemáticas propostas por este trabalho devem ser precedidas de estudos prévios das condições locais para que sejam adotadas aquelas que apresentam melhor desempenho e sejam viáveis economicamente e tecnicamente. Para as soluções de caráter não-estruturais é de grande valia a formação de grupos de estudos composto por membros da sociedade civil, sociedade acadêmica e órgãos relacionados ao tema, como também se faz necessário a busca por soluções tomadas por municípios semelhantes e/ou municípios que apresentam melhor desempenho para as problemáticas aqui trazidas de modo que seja possível utilizá-los como referência para adoção de políticas e diretrizes eficazes

Como se observa em escala planetária, na Região da Grande Aracaju, geralmente as localidades com baixa exposição aos efeitos drásticos por incidência dos eventos hidrológicos e geomorfológicos, são aquelas dotadas de uma melhor infraestrutura urbana, proporcionando bem-estar e melhor qualidade de vida às pessoas. De forma contrária, ocorre com a população de baixo poder aquisitivo (até $\frac{1}{2}$ salário mínimo per capita) residente em áreas de infraestrutura urbana deficiente desprovidas de um sistema de drenagem compatível com as necessidades do ambiente, pavimentação de ruas e saneamento básico. Como regra, possuem precárias condições de habitação, concentração de aglomerados subnormais, alto adensamento populacional e índice de analfabetismo, além da presença numerosa de crianças. A alta susceptibilidade desse ambiente, aglomerando tais características, sem dúvida, aumenta a probabilidade de eventos extremos provocarem danos materiais, de mobilidade ou até mesmo risco a vida humana. Diante desse estudo, o trabalho cumpriu com seu objetivo geral propiciando conhecimentos na área específica e para análises de gestão de águas pluviais urbanas nos municípios.

REFERÊNCIAS

ALVES, S. A. **Plano diretor de desenvolvimento urbano de Aracaju e a função social da propriedade urbana**. São Cristóvão: UFS, 2018

ASSIS, L. de A. F. et al. **Poço de infiltração como medida compensatória de drenagem urbana: Uma análise financeira**. Revista Interdisciplinar e o Meio Ambiente, 2023.

ARACAJU. **Código Municipal de Obras e Edificações**. Aracaju: 2010.

ARACAJU. **Lei nº 4.973**, de 11 de dezembro de 2017. Plano Municipal de Saneamento Básico de Aracaju. Aracaju: 2017.

ARACAJU. **Lei Complementar Municipal nº 42**, de 04 de outubro de 2000. Plano Diretor de Desenvolvimento Urbano de Aracaju. Aracaju: 2000.

ARACAJU. Parque Poxim será mais uma opção de lazer para os aracajuanos. **Prefeitura de Aracaju**, Aracaju, 06 de junho de 2020. Disponível em: https://www.aracaju.se.gov.br/noticias/86627/parque_poxim_sera_mais_uma_opcao_de_lazer_para_os_aracajuanos.html. Acesso em 27/07/2023

ARACAJU. Defesa Civil de Aracaju. **Plano de Contingência: Períodos Chuvosos**, de 11 de fevereiro de 2019. Aracaju: 2019.

BAPTISTA, M.B., NASCIMENTO, N. de O. e BARRAUD, S. **Técnicas Compensatórias em Drenagem Urbana**. 1. Ed. Porto Alegre: ABRH, 2005.

BRASIL. **Lei 11.445/2007**, de 5 de janeiro de 2007. Lei do Saneamento Básico. Diário Oficial da União, Brasília, 2007

BRASIL. Constituição (1988). **Constituição da República Federativa do Brasil**. Brasília, Senado Federal, 1988

BRASIL. **Lei federal nº 10.257/2001**, de 10 de julho de 2001. Estatuto da Cidade. Diário Oficial da União, Brasília, 2001

BRASIL. **Lei nº 14.026/2020, de 15 de julho de 2020.** Marco Legal do Saneamento Básico. Diário Oficial da União, Brasília, 2020

CANHOLI, A. P. **Drenagem Urbana e Controle de Enchentes.** 2ª edição. São Paulo: Oficina de textos, 2016.

CARVALHO JÚNIOR, R. de. **Instalações Prediais Hidráulico-Sanitárias: princípios básicos para elaboração de projeto.** 4. ed. São Paulo: Blucher, 2020.

COSTA, A. J. S. T. da; ROCHA, I. V. da S. O Uso de Grandes Reservatórios para a Armazenagem da Água da Chuva no Controle de Enchentes Urbanas. **Ciência Geográfica**, Bauru, Vol. XXIII, nº 2, p. (556 – 566), janeiro/dezembro de 2019. Disponível em: https://www.agbbauru.org.br/publicacoes/revista/anoXXIII_2/agb_xxiii_2_web/agb_xxiii_2-completa.pdf. Acesso em: 25/07/2023

GOMIDE, F. L. S.; PINTO, N. L. S.; HOLTZ, A. C. T.; MARTINS, J. A. **Hidrologia Básica.** São Paulo: Blucher, 1976.

GOMES, U. A. F.; PENA, J. L.; QUEIROZ, J. T. M. **Dicionário de saneamento básico [livro eletrônico]: pilares para uma gestão participativa nos municípios.** Belo Horizonte: Projeto SanBas, 2022.

FIGUEIREDO, L. de B. S. **Novo marco legal do saneamento básico.** João Pessoa: UFPB, 2022.

FUNASA; UFCG. **Saneamento Básico.** Campina Grande, [s.d]. Disponível em: <https://pmsb-funasa.uaec.ufcg.edu.br/index.php/saneamento-basico>. Acesso em: 17/03/2023

HELLER, Léo; PÁDUA, V. L. de. **Abastecimento de água para consumo humano.** Belo Horizonte: Editora UFMG, 2010.

IBGE – INSTITUTO BRASILEIRO DE GEOGRAFIA E ESTATÍSTICA. **IBGE Cidades: Conheça Cidades e Estados do Brasil.** Rio de Janeiro: IBGE, 2022. Disponível em: <https://cidades.ibge.gov.br/>. Acesso em: 27/07/2023

LIBÓRIO, D. C.; SAULE, N. J. **Direito à cidade e institutos de proteção dos territórios urbanos de grupos sociais vulneráveis.** São Paulo: PUCSP, 2017.

MACEIÓ. **Lei Municipal Nº 5.593,** de 08 de fevereiro de 2007. Código de Urbanismo e Edificações do Município de Maceió. Maceió: 2007.

MACEIÓ. **Lei Municipal Nº 5.486**, de 30 de dezembro de 2005. Plano Diretor do Município de Maceió. Maceió: 2005.

MACEIÓ. **Plano de Saneamento Básico e de Gestão Integrada dos Resíduos Sólidos do Município de Maceió/AL**. Maceió: 2016.

MÉDICI, D.; MACEDO, L. Cidades-esponja: conheça iniciativas pelo mundo para combater enchentes em centros urbanos. **G1**, 16 fev. 2020. Disponível em: <https://g1.globo.com/mundo/noticia/2020/02/16/cidades-esponja-conheca-iniciativas-pelo-mundo-para-combater-enchentes-em-centros-urbanos.ghtml>. Acesso em: 20/03/2023

PETRUCCI, G., RIOUST, E., DEROUBAIX, J., TASSIN, B. **Do stormwater source control policies deliver the right hydrologic outcomes?** Journal of Hydrology 485 (2013), p. 188–200, 2013.

PEREIRA, G. P. **Lei de saneamento básico de Aracaju/SE: participação e do controle social**. 2020. Dissertação (Mestrado) – Curso de Pós-Graduação em Desenvolvimento e Meio Ambiente, Universidade Federal de Sergipe, São Cristóvão, 2020.

REIS, R. P. A.; ILHA, M. S. de O.; TEIXEIRA, P. de C. **Sistemas prediais de infiltração de água de chuva: aplicações, limitações e perspectivas** (D.O.I.: 10.5216/reec.v7i3.27672). REEC - Revista Eletrônica de Engenharia Civil, [S. l.], v. 7, n. 3, 2013. DOI: 10.5216/reec.v7i3.27672. Disponível em: <https://www.revistas.ufg.br/reec/article/view/27672>. Acesso em: 10/05/2023.

RODRIGUES, A. L. M. **Técnicas compensatórias no controle de drenagem em bacias hidrográficas urbanas: diagnóstico, viabilidade e modelagem**, 2020. Dissertação (Mestrado) - Curso de Pós-Graduação em Engenharia Agrícola, Universidade Federal de Viçosa, Viçosa, 2020.

SALVADOR. **Lei nº 9.281**, de 03 de outubro de 2017. Código de Obras do município de Salvador. Salvador: 2017

SALVADOR. **Lei nº 9.069**, de 01 de julho de 2016. Plano Diretor de Desenvolvimento Urbano do Município de Salvador – PDDU. Salvador: 2016.

SALVADOR. **Plano Municipal de Saneamento Básico de Salvador**. Salvador: 2020.

SANTOS, A. dos. **Vulnerabilidade e riscos geomorfológicos e hidrológicos na região da grande Aracaju**. 2019. Tese (Doutorado) – Curso de Pós-Graduação em Geografia, Universidade Federal de Sergipe, São Cristóvão, 2019.

SANTOS, V. S. dos. "**Ciclo da água**"; Brasil Escola. Disponível em: <https://brasilescola.uol.com.br/biologia/ciclo-agua.htm>. Acesso em 24/04/2023.

São Paulo (cidade). Secretaria Municipal de Desenvolvimento Urbano. **Manual de drenagem e manejo de águas pluviais: aspectos tecnológicos; diretrizes para projetos, Vol III**. São Paulo: SMDU, 2012.

SILVA, K. C. DA; POLETO, C. Drenagem Urbana Sustentável: Aspectos Hidrológicos, Influência dos Sedimentos e o Reequilíbrio dos Ciclos Naturais. **II Congresso Internacional de Hidrossedimentologia**, v. Anais, p. 6, 2017.

SOUSA, J. V. dos S. **Drenagem urbana: O uso de técnicas compensatória de manejo de águas pluviais como medidas mitigadoras para as cheias urbanas na avenida Heráclito Graça em Fortaleza-CE**. 2020. Monografia (Graduação) – Curso de Engenharia Civil, Centro Universitário Christus, Fortaleza, 2020.

OLIVEIRA, R. de F. Introdução a Drenagem Urbana: Microdrenagem. Crato: URCA, [s.d]. Disponível em: <http://wiki.urca.br/dcc/lib/exe/fetch.php?media=drenagem-urbana-microdrenagem.pdf>. Acesso em: 13/03/2023

TUCCI, C. E. M.; PORTO, R. L. L.; BARROS M. T. **Drenagem Urbana**. Porto Alegre: ABRH / Editora da UFRGS, 1995.

TUCCI, C. E. M. **Gestão de Águas Pluviais Urbanas**. Porto Alegre: UFRGS, 2005.

TUCCI, C. E. M. **Hidrologia: ciência e aplicação. 2.ed.** Porto Alegre: ABRH/Editora da UFRGS, 2001.

TUCCI, C. E. M. **Hidrologia: ciência e aplicação. 4ª edição**. Porto Alegre: Editora UFRGS, 2009

OLIVEIRA, K. S.; BEZERRA, M. L. da S; REZENDE, P. S. N. **Mapeamento Temático de áreas vulneráveis a riscos de inundações na cidade de Aracaju-SE**. Aracaju: XII Encontro de Recursos Hídricos em Sergipe, 2019.

VIELMO, V. L. **Associação de técnicas compensatórias ao sistema de drenagem urbana.** 2021. Monografia (Graduação) – Curso de Engenharia Civil, Universidade Federal de Santa Maria, Santa Maria, 2021.

ANEXO 01 – Mapeamento de áreas de riscos em Aracaju

