

FANESE

**FACULDADE DE ADMINISTRAÇÃO E NEGÓCIOS DE SERGIPE - FANESE
CURSO DE ENGENHARIA CIVIL BACHARELADO**

DANILLA OLIVEIRA DOS SANTOS

**DIMENSIONAMENTO DE UMA BACIA DE DETENÇÃO DE ÁGUAS
PLUVIAIS NA COMUNIDADE RECANTO DA PAZ, ARACAJU/SE.**

**ARACAJU
2023**



**FACULDADE DE ADMINISTRAÇÃO E NEGÓCIOS DE SERGIPE - FANESE
CURSO DE ENGENHARIA CIVIL BACHARELADO**

DANILLA OLIVEIRA DOS SANTOS

**DIMENSIONAMENTO DE UMA BACIA DE DETENÇÃO DE ÁGUAS PLUVIAIS NA
COMUNIDADE RECANTO DA PAZ, ARACAJU/SE.**

Trabalho de Conclusão de Curso apresentado ao Curso de Engenharia Civil da Fanese como requisito final e obrigatório para a obtenção do Grau de Bacharel em Engenharia Civil.

Orientador: Prof. Dr. Erwin Henrique Schneider

Coordenador do Curso: Prof. Elisio Cristovão Souza dos Santos

**Aracaju
2023**



FACULDADE DE ADMINISTRAÇÃO E NEGÓCIOS DE SERGIPE - FANESE
CURSO DE ENGENHARIA CIVIL BACHARELADO

S237d

SANTOS, Danilla Oliveira dos

Dimensionamento de uma bacia de retenção de águas pluviais na comunidade recanto da paz, aracaju/se / Danilla Oliveira dos Santos. - Aracaju, 2023. 61 f.

Trabalho de Conclusão de Curso (Monografia)
Faculdade de Administração e Negócios de Sergipe.
Coordenação de Engenharia Civil.

Orientador (a): Prof. Dr. Erwin Henrique Scheneider

1. Engenharia civil 2 Drenagem sustentável
3. Paisagens mistas 4. Hidrologia I. Título

CDU 624 (043.2)

DANILLA OLIVEIRA DOS SANTOS

DIMENSIONAMENTO DE UMA BACIA DE DETENÇÃO DE ÁGUAS PLUVIAIS NA COMUNIDADE RECANTO DA PAZ, ARACAJU/SE.

Trabalho de Conclusão de Curso apresentado à Coordenação do curso de Engenharia Civil Bacharelado da FANESE, em cumprimento da disciplina Projeto de Engenharia II Obrigatório e elemento obrigatório para a obtenção do grau de bacharel em Engenharia de Civil, no período de 2023.

Aracaju (SE), 04 de Dezembro de 2023.

Nota/Conteúdo: 100 _____
Nota/Metodologia: 100 _____
Média Ponderada: 100 _____

Danilla Oliveira dos Santos

Danilla Oliveira dos Santos

Erwin Henrique Schneider

Prof. Dr. Erwin Henrique Schneider

Helôisa Thais Rodrigues de Souza

Prof. Dr. Helôisa Thais Rodrigues de Souza

Eudes de Oliveira Bonfim

Prof. Eudes de Oliveira Bonfim



FACULDADE DE ADMINISTRAÇÃO E NEGÓCIOS DE SERGIPE - FANESE
CURSO DE ENGENHARIA CIVIL BACHARELADO

AGRADECIMENTOS

“Tu te tornas eternamente responsável por aquilo que cativas” Antoine de Saint – Exupéry

Primeiramente agradeço e entrego aquele que é dono de todas as coisas e de minha vida, ao meu bom DEUS esses anos de curso por ter me sustentado e principalmente nessa reta final. Toda honra e glória seja dada a ti, obrigada meu Deus.

Não foi e nem é o jeito que queria dedicar esse trabalho e tudo que durante esses 5 anos foi conquistado, mais Deus na sua glória fez o que era melhor pra gente e pra mim. Dedico inteiramente esse trabalho a meu amor maior e toda minha força e minha inspiração de vida, a minha MÃE (*in memoriam*), mãe tudo é e será por e pela senhora.

Hoje meu estímulo e força pra continuar foi do amor e dedicação que a senhora nos deixou, hoje meu coração está em pedaços, meu mundo não tem mais cor e essa graduação foi tão sonhada por nós duas, obrigada por tudo durante esses anos, te amo infinitamente.

Agradeço a minha família, ao meu pai Roberto e a minha irmã Vitória por toda força durante esse tempo, e principalmente nesse momento de dor e luto que estamos vivendo, amo vocês por todo sempre.

Aos meus avôs Sr. Amarinho Carlos (Bibi) (*in memoriam*) e Maria José que são meus amores incondicionais, amo vocês com toda a minha força.

Aos meus tios e primos agradeço por todo incentivo sempre, mais em especial a vocês que nunca soltaram a minha mão e me deram forças pra continuar e não desisti, minha Tia /Madrinha Edileide e minha Prima Fernanda, amo vocês demais.

Agradeço também aos meus amigos de uma longa data que sempre foram meus refúgios e a quem me ouviu quando mais precisei minha eterna gratidão, amo vocês e especial a (Dulce, Juliana, Ana Aline, Leany, Viviane Rodrigues, Andressa), a minha amiga de curso, minha companheira e parceira, a quem dividiu dias de alegrias e tenso, durante esses anos de graduação Eulyna Helena, amiga amo você.

Minha gratidão a você que chegou e transformou o que estava bagunçado em calma, a você que me motiva a continuar e nunca desisti, ao meu parceiro de profissão e da vida, ao meu namorado Felipe Ribeiro, Te amo.

E não menos importante às duas pessoas que foram essenciais nesses dois últimos períodos e que me motivaram, me acolheu e confortaram e sempre dizendo calma vai da tudo certo, dedico e agradeço ao meu Orientador Prof. Dr Erwin Schneider e a minha Orientadora Prof e Dr Heloisa Thais, vocês foram meus maiores incentivadores nesses últimos momentos meu muito obrigado e gratidão por tudo e por todo ensinamento passado.

E por fim agradeço a mim, que em meio a tudo que aconteceu durante esse ano de 2023, que foi o ano mais difícil de todo curso por ter um sentido muito importante e por não ter mais minha base aqui comigo, me fiz forte e lutei com toda a minha força que podia pra continuar e concluir o meu maior sonho e da minha mãe, gratidão, até aqui o senhor me sustentou.

Deus meu amor maior!

FANESE

**FACULDADE DE ADMINISTRAÇÃO E NEGÓCIOS DE SERGIPE - FANESE
CURSO DE ENGENHARIA CIVIL BACHARELADO**

Dedico inteiramente a minha base, a
minha mãe (*in memoriam*)



**FACULDADE DE ADMINISTRAÇÃO E NEGÓCIOS DE SERGIPE - FANESE
CURSO DE ENGENHARIA CIVIL BACHARELADO**

LISTA DE QUADROS

Quadro 1 – Esquema das tipologias das bacias de detenção a céu aberto	28
Quadro 2 – Ações de manutenção na bacia de detenção	29
Quadro 3 – Custos de implantação, reconstituição e operação de bacias de detenção.....	30
Quadro 4 – Coeficiente de escoamento superficial (Runoff)	43



**FACULDADE DE ADMINISTRAÇÃO E NEGÓCIOS DE SERGIPE - FANESE
CURSO DE ENGENHARIA CIVIL BACHARELADO**

LISTA DE TABELAS

Tabela 1 – Demonstração os principais elementos e suas principais funções.....	18
Tabela 2 – Capacidade das vias e cálculo das vazões.....	49
Tabela 3 – Resultados para o período de atual urbanização pelo método racional	52
Tabela 4 – Resultados para o período de pós-desenvolvimento pelo método racional.....	52
Tabela 5 – Dimensões do reservatório de retenção projeto pelo método racional	53
Tabela 6 – Dimensões do vertedor retangular de soleira delgada	54
Tabela 7 – Dimensionamento hidráulico para verificação de vazão da saída	55



**FACULDADE DE ADMINISTRAÇÃO E NEGÓCIOS DE SERGIPE - FANESE
CURSO DE ENGENHARIA CIVIL BACHARELADO**

LISTA DE ABREVIATURAS E SIGLAS

ABNT- Associação Brasileira de Normas Técnicas

ABRH- Associação Brasileira de Recursos Hídricos

DU- Drenagem Urbana

DNIT- Departamento Nacional de Infraestrutura de Transporte

PV- Poço de Visita

BL- Boca de Lobo

IBGE- Instituto Brasileiro de Geografia e Estatística

DESO- Companhia de Saneamento de Sergipe

TC- Tempo de Concentração

IDF- Intensidade Duração Frequência

SB - Sub-bacia

LISTA DE FIGURAS

Figura 1 – Ciclo Hidrológico em Diferentes Condições de Urbanização.....	16
Figura 2 – Boca de Lobo (BL).....	19
Figura 3 – Travessias das galerias pluviais.....	19
Figura 4 – Travessias das galerias pluviais.....	19
Figura 5 – Finalização da travessia da galeria com a ponta de ala.....	20
Figura 6 – Ponta de ala.....	21
Figura 7 – Final da ponta de ala.....	21
Figura 8 – Esquema das tipologias das bacias de retenção a céu aberto.....	25
Figura 9– Evolução do uso das bacias de retenção.....	33
Figura 10 – Desenho esquemático de um reservatório de retenção aberto.....	34
Figura 11 – Localização da comunidade recanto da paz	36
Figura 12 – Domicílios por tipo de esgotamento sanitário.....	36
Figura 13 – Domicílios por forma de destinação do lixo.....	37
Figura 14 – Localização da comunidade recanto da paz.....	39
Figura 15 – Indicação da sub-bacia SB 1 e seus componentes.....	40
Figura 16 – Indicação da sub-bacia SB 2 e seus componentes.....	41
Figura 17 – Rua antes da implantação do sistema de drenagem tradicional.....	46
Figura 18 - Escavação para o sistema de drenagem tradicional.....	46
Figura 19 – Assentamento do tubo de concreto.....	47
Figura 20 – Ligação da rede de água.....	47
Figura 21 – Rua depois da implementação do sistema de drenagem tradicional.....	47

Figura 22 - Área de vegetação.....	48
Figura 23 - Área de vegetação.....	48
Figura 24 – Valores para o coeficiente metcalf e Edaly “k”	55

RESUMO

Drenagem urbana é o sistema de manejo projetado pelo poder público do município para coletar águas provenientes da chuva e escoá-las para galerias de águas pluviais e esgoto pluvial até um sistema hídrico capaz de recebê-las. Sendo assim, a pesquisa objetivou-se fazer uma análise crítica do projeto de drenagem urbana desenvolvido para a Comunidade Recanto da Paz, Bairro Aeroporto, Aracaju/Se. Para isso, foram definidos os seguintes objetivos, analisar a evolução das metodologias de drenagem urbana tradicionais, Identificar a importância da drenagem urbana sustentável, Enumerar vantagens e desvantagens de medidas estruturais e não estruturais de técnicas compensatórias de drenagem. O ciclo hidrológico é um meio apropriado para delimitar aproximadamente o campo da Hidrologia de Superfície, como a parte compreendida entre a precipitação sobre o terreno e o retorno de tal água para atmosfera ou oceano. Serve também para ressaltar as fases básicas de interesse para o hidrólogo: precipitação, evapotranspiração, escoamento superficial e água subterrânea. As bacias de retenção é o controle de inundações e da poluição de origem pluvial. Porém há usos distintos que não chegam a definir novas tipologias para estas bacias, e sim uma nova abordagem dessas estruturas dentro do meio urbano. Nesta pesquisa foram apresentados os procedimentos metodológicos, sendo assim, a pesquisa possui caráter quali-quantitativa com a finalidade de identificar os possíveis motivadores para tal, além de suas vantagens e desvantagens, que guiaram o presente estudo, com a finalidade de realizar uma análise dos fatores que influenciam a gestão de obras e na coleta de resíduos sólidos com a drenagem urbana para garantir a eficiência de ambos os sistemas. O presente trabalho avaliou a redução do tempo de recorrência de enchentes na área de estudo ao captar o escoamento superficial gerado pela tubulação de drenagem em implantação e destinando-o a uma bacia de retenção, aqui proposta como solução, foi realizada coleta de dados visando identificar as condições geomorfológicas e hidrológicas da bacia, tais como dimensões, declividades, ocupação, regime de chuvas e cotas de enchente. Para isso foram utilizados levantamentos topográficos, aerofotogramétricos e visitas *in loco*.

Palavras - Chave: Drenagem Sustentável; Paisagens mistas; Hidrologia.



**FACULDADE DE ADMINISTRAÇÃO E NEGÓCIOS DE SERGIPE - FANESE
CURSO DE ENGENHARIA CIVIL BACHARELADO**

ABSTRACT

Urban drainage is the management system designed by the municipality's public authorities to collect water from rain and drain it through rainwater galleries and storm sewers to a water system capable of receiving them. Therefore, the research aimed to carry out a critical analysis of the urban drainage project developed for the Recanto da Paz Community, Bairro Aeroporto, and Aracaju/Se. To this end, the following objectives were defined: analyze the evolution of traditional urban drainage methodologies, identify the importance of sustainable urban drainage, list the advantages and disadvantages of structural and non-structural measures of compensatory drainage techniques. The hydrological cycle is an appropriate way to roughly delimit the field of Surface Hydrology, as the part between precipitation over land and the return of such water to the atmosphere or ocean. It also serves to highlight the basic phases of interest to the hydrologist: precipitation, evapotranspiration, surface runoff and groundwater. Detention basins control floods and pollution from rainwater sources. However, there are different uses that do not define new typologies for these basins, but rather a new approach to these structures within the urban environment. In this research, the methodological procedures were presented, therefore, the research has a qualitative and quantitative character with the purpose of identifying the possible motivators for this, in addition to its advantages and disadvantages, which guided the present study, with the purpose of carrying out an analysis of the factors that influence the management of works and the collection of solid waste with urban drainage to ensure the efficiency of both systems. The present work evaluated the reduction in the recurrence time of floods in the study area by capturing the surface runoff generated by the drainage pipe being implemented and allocating it to a detention basin, proposed here as a solution, data collection was carried out in order to identify the geomorphological and hydrological conditions of the basin, such as dimensions, slopes, occupation, rainfall regime and flood levels. For this, topographic and aerial photogrammetric surveys and on-site visits were used.

Keywords: Sustainable Drainage; Mixed landscapes; Hydrology.

SUMÁRIO

1. INTRODUÇÃO	13
2. REFERENCIAL TEÓRICO	15
2.1 Urbanização impactos sobre o ciclo hidrológico.....	15
2.2 DRENAGEM DAS ÁGUAS PLUVIAIS URBANAS	17
2.2.1 Microdrenagem.....	17
2.2.2 Macrodrenagem.....	20
2.3 TÉCNICAS COMPENSATÓRIAS EM MANEJO DAS ÁGUAS PLUVIAIS	22
2.3.1 Medidas estruturais.....	22
2.3.2 Medidas não estruturais.....	22
2.4 BACIAS DE DETENÇÃO DE ÁGUAS PLUVIAIS	23
2.4.1 Definição e utilização.....	23
2.4.2 Tipos de Bacias de retenção.....	25
2.4.3 Concepção e projeto das bacias de retenção.....	26
2.4.4 Manutenção e operação.....	28
2.4.5 Custos.....	30
2.4.6 Inserção urbana das bacias de retenção.....	32
3. METODOLOGIA	35
3.1 Caracterização da área de estudo.....	35
3.2 Caracterização do tipo de pesquisa.....	38
3.3 DIMENSIONAMENTO DE BACIAS DE DETENÇÃO	39
3.3.1 Identificação das bacias de contribuição e uso e ocupação do solo.....	39
3.3.2 Divisão da sub-bacia e localização dos reservatórios de retenção.....	40
3.3.3 Dados hidrológicos.....	42
4. ANÁLISE DE RESULTADOS E DISCUSSÕES	45
5. CONSIDERAÇÕES FINAIS	56
REFERÊNCIAS	57

1. INTRODUÇÃO

É de conhecimento de todos que o crescimento da população traz por consequência o aumento da urbanização, decorrente da crescente migração da população das zonas rurais para os centros urbanos, em busca de melhores condições de vida. O processo de urbanização, ao longo dos anos, tomou uma proporção cada vez maior, impulsionado pelas modernizações oriundas dos constantes avanços e das descobertas tecnológicas, desde as pequenas até as grandes cidades, com ênfase nas grandes metrópoles de todo o mundo.

Todavia, com o aumento da urbanização, ocorre também à impermeabilização do solo, seja ela parcialmente ou totalmente, decorrente da construção de rodovias, edificações, residências, calçadas, dificultando ou até mesmo impedindo parcialmente ou totalmente o processo natural de absorção das águas pelo solo (Holtz, 2011).

A interrupção desse processo natural resulta em consequências drásticas, principalmente nos períodos de chuvas, como enchentes, alagamentos, o que trazem prejuízos financeiros e de qualidade de vida às pessoas. Logo, para amenizar e/ou evitar esse problema é necessária à implantação de um sistema de drenagem.

As causas decorrentes do mau escoamento superficial da água são devidas a projetos e planejamento inadequados de drenagem urbana, falta de disciplina na ocupação urbana, aumento das áreas impermeáveis das cidades, representadas pelas áreas de passeio (calçadas), ruas, rodovias, estacionamentos e telhados e, conseqüente aumento da capacidade do escoamento da drenagem por condutos e canais. (Alessi et al.1997, 2003).

Conforme Villanueva et al. (2011) o processo de urbanização, que traz como consequência a impermeabilização do solo, é um sinal claro de prosperidade e crescimento de uma cidade, porém, por outro lado, isso significa uma maior demanda da necessidade da existência de um sistema de drenagem.

FACULDADE DE ADMINISTRAÇÃO E NEGÓCIOS DE SERGIPE - FANESE CURSO DE ENGENHARIA CIVIL BACHARELADO

O mesmo tem como papel transportar as águas pluviais coletadas em seu traçado até um corpo hídrico apropriado, como rios, lagos, córregos, para que essas águas continuem seu ciclo natural sem causar transtornos à população (Tucci,2009).

Sistema de drenagem tem um papel fundamental na vida de uma cidade, independente do porte, pois carrega as águas que caem na cidade para as bacias hidrográficas. Evitando possíveis alagamentos e previne enchentes (Tucci,2012).

Os projetos de drenagem urbana têm como filosofia o escoamento da água precipitada o mais rápido possível para fora da área projetada. Este critério aumenta de algumas ordens de magnitude as vazões máximas, a frequência e o nível de inundação de áreas.

Drenagem urbana (DU) é o sistema de manejo projetado pelo poder público do município para coletar águas provenientes da chuva e escoá-las para galerias de águas pluviais e esgoto pluvial até um sistema hídrico capaz de recebê-las.

Os elementos que compõem o sistema de drenagem urbana estão: pavimentos de ruas, guias e sarjetas, bocas de lobo (BL), galerias de drenagem, sistema de retenção e infiltração nos lotes, trincheiras e valas, Assentamento de tubo de concreto para redes coletoras de águas pluviais (manilhas).

Sendo assim, a pesquisa tem como objetivo fazer uma análise crítica do projeto de drenagem urbana desenvolvido para a Comunidade Recanto da Paz, Bairro Aeroporto, Aracaju/Se. Para isso, foram definidos os seguintes objetivos específicos:

- Analisar a evolução das metodologias de drenagem urbana tradicionais;
- Identificar a importância da drenagem urbana sustentável;
- Enumerar vantagens e desvantagens de medidas estruturais e não estruturais de técnicas compensatórias de drenagem.

Dessa forma, o trabalho está dividido nas seguintes seções, além desta introdutória que apresenta o tema e os objetivos: na seção 02 (dois), encontra-se a referencial teórico que guia a pesquisa; a seção 03 (três) apresenta a metodologia empregada; na seção 04 (quatro), os objetivos específicos citados acima são abordados, junto com as melhorias propostas; e, por fim, são feitas as considerações finais a respeito da pesquisa na seção 05 (cinco).

2. REFERENCIAL TEÓRICO

2.1. URBANIZAÇÃO E IMPACTOS SOBRE O CICLO HIDROLÓGICO

As causas decorrentes do mau escoamento superficial da água são devidas a projetos e planejamento inadequados de drenagem urbana, falta de disciplina na ocupação urbana, aumento das áreas impermeáveis das cidades, representadas pelas áreas de passeio (calçadas), ruas, rodovias, estacionamentos e telhados e, conseqüente aumento da capacidade do escoamento da drenagem por condutos e canais. (Alessi et al ,1997, 2003).

Hidrologia é uma ciência aplicada que estuda a água da natureza, abrangido as suas propriedades e processos que interferem na sua ocorrência e distribuição na atmosfera, na superfície terrestre e no subsolo.

Essencial à vida, a água é um elemento necessário a diversas atividades humanas, além de constituir componente fundamental na paisagem e meio ambiente. Recurso de valor inestimável apresenta utilidades múltiplas, como geração de energia elétrica, abastecimento domésticos industrial, irrigação, navegação, recreação, turismo, aquicultura, piscicultura, pesca e ainda assimilação de esgoto.

A água estar num movimento entre a superfície e a atmosfera terrestre, no que se constituiu denominado ciclo hidrológico, o vapor da água das nuvens se condensa, sob o efeito de mudança de temperatura e precipita sob a forma de chuva, neve, etc. Parte desta precipitação não atinge, propriamente, a superfície terrestre, evaporando-se durante a queda sobre a vegetação ou superfícies impermeáveis; a maior parte, no entanto, atinge o solo e segue os seguintes caminhos: evapora-se sobre o solo ou escoam sob a forma de água de escoamento (DNIT, 2006, apud, p. 158).

Constitui as correntes superficiais onde pode infiltrar-se até a água subterrânea; em outros casos, ao contrário, a água subterrânea dá origem às correntes superficiais.

O ciclo hidrológico é um meio apropriado para delimitar aproximadamente o campo da Hidrologia de Superfície, como a parte compreendida entre a precipitação sobre o terreno e o retorno de tal água para atmosfera ou oceano. Serve também para ressaltar as fases básicas de interesse para o hidrólogo: precipitação, evapotranspiração, escoamento superficial e água subterrânea.

Na visão de Gonçalves (2022) o ciclo da água e os efeitos combinados de urbanização, industrialização e crescimento da população afetam as respostas hidrológicas das bacias. Apesar dos princípios fundamentais serem os mesmos, o ciclo hidrológico é severamente modificado em áreas urbanas.

A Figura 1 ilustra as diferenças no ciclo hidrológico natural e urbano com e sem aplicação de técnicas de drenagem sustentáveis.

Figura 1 – Ciclo hidrológico em diferentes condições de Urbanização



Fonte: LUAN GONÇALVES (2022)

O microclima urbano é superior entre 4 a 7 °C em relação ao seu entorno, o que causa um aumento da taxa de evaporação entre 5 a 20%. Para um único evento de chuva, esse incremento pluviométrico pode ser até 30% maior. O valor absoluto de transpiração das árvores e da vegetação reduz significativamente uma vez que há redução das áreas verdes. Por fim, a infiltração é reduzida pela impermeabilização das áreas e construção de sistemas de drenagem.

2.2. DRENAGEM DAS ÁGUAS PLUVIAIS URBANAS

A drenagem urbana (DU) é uma rede de infraestrutura da cidade, tida como um de seus equipamentos urbanos. Sabemos que a drenagem faz parte do conjunto de sistemas que compõem o leque do saneamento ambiental, que congrega, de forma integrada.

Os sistemas de drenagem urbana englobam dois subsistemas principais característicos como a microdrenagem e a macrodrenagem.

2.2.1 MICRODRENAGEM

Microdrenagem refere-se a sistemas de drenagem de água em pequena escala, geralmente usados para evitar inundações e acúmulo de água em áreas urbanas. E a principal função é gerenciar o escoamento da água da chuva de forma controlada e eficaz.

Segundo Rio-Águas (2019) microdrenagem é o sistema composto pelo pavimento das ruas, sarjetas, caixas de ralo, galerias de águas pluviais, canaletas e canais de pequenas dimensões, com vazões inferiores ou iguais a $10\text{m}^3/\text{s}$; geralmente, dimensionado para um período de retorno de 10 anos.

Os principais elementos de uma microdrenagem são galeria, poços de visita, bocas de lobo entre outros que fazem ligação com sistema de Macro-drenagem.

FACULDADE DE ADMINISTRAÇÃO E NEGÓCIOS DE SERGIPE - FANESE CURSO DE ENGENHARIA CIVIL BACHARELADO

Tabela 1. Demonstração dos principais elementos e suas principais funções.

COMPENETES DA MICRODRENAGEM	
ELEMENTOS	DESCRIÇÃO
Galeria	Canalizações utilizadas para a condução das águas pluviais que adentramos sistema por meio das bocas de lobo e das ligações privadas.
Poços de visita (PV)	Dispositivos localizados em pontos estratégicos do sistema de galerias para permitirem a inspeção e limpeza. São localizados em média a cada 100m
Trecho	Porção da galeria situada entre dois poços de visita.
Bocas de lobo (BL)	Dispositivos localizados nas sarjetas, para a captação de águas pluviais.
Condutos de ligação	Canalizações que conduzem as águas pluviais captadas nas bocas de lobo para as caixas de ligação ou poços de visita à jusante.
Caixas de ligação	Caixas de concreto ou alvenaria, sem tampão externo ou visitável ao nível da rua.
Meios-fios	Estruturas dispostas entre o passeio e a via de rodagem, paralelas ao eixo da rua e cuja face superior posiciona-se no mesmo nível do passeio.
Sarjetas	Canais situados junto ao meio-fio e ao longo da via, que recebem as águas do escoamento superficial e as conduz para os locais de captação (bocas de lobo).
Sarjetões	Calhas localizadas nos cruzamentos das vias, que conduzem o fluxo das águas na travessia de ruas transversais ou desviam o fluxo de um lado para o outro.
Estruturas de dissipação de energia hidráulica	São utilizadas nas saídas das galerias em cursos d'água para evitar erosão causada pela concentração do escoamento pluvial.
Condutos forçados	Elementos que conduzem as águas pluviais sob pressão diferente da atmosférica
Estações de bombeamento	Equipamentos utilizados para conduzir as águas pluviais em locais onde o escoamento por gravidade não é possível.
Regularização do fluxo	Estruturas que ajudam a controlar o fluxo de água para evitar inundações e alagamentos
Controle de erosão	Medidas para evitar a erosão do solo devido ao escoamento da água.

Fonte:Fonseca. (2023)

Na microdrenagem: é o controle que age sobre o hidrograma resultante de um ou mais loteamentos.

Figura 2 - Boca de lobo (BL)



Fonte: Autora (2023)

Figura 3 e 4– Travessias das galerias pluviais.



Fonte: Autora (2023)

Transição da Microdrenagem para Macrodrenagem, pois não tem mais fluxo de captação oriundas da água da chuva.

2.2.2. MACRODRENAGEM

É o planejamento e a gestão de sistemas de drenagem em uma grande área, como uma cidade ou bacia hidrográfica pra controlar o escoamento da água.

A macrodrenagem corresponde à rede de drenagem natural, pré-existente à urbanização, constituída por rios e córregos, que pode receber obras que a modificam e complementam, tais como canalizações, barragens, diques e outras (Aquafluxus, 2022). O sistema de macrodrenagem se constitui:

Por sistemas naturais ou constituídos, que recebem as águas de uma bacia de drenagem e as leva para outra estrutura de macrodrenagem a jusante – rios, córregos, lagoas, represas-ou para oceano. Desta forma, a microdrenagem realiza uma captação primária das águas de chuva e as conduz para os sistemas de macrodrenagem. Engineering Sciences, 2020, p.5.

Ao se projetar um sistema de macrodrenagem urbana, deve-se pensar em adotar canais abertos, uma vez que estes são vistos como soluções por apresentar vantagens e facilidade de limpeza, manutenção, economia nos investimentos e maior facilidade para possíveis ampliações caso seja necessário. (Farias, 2017)

Figura 5 - Finalização da travessia da galeria com a ponta de ala.



Figura 6 – Ponta de ala



Fonte: Autora (2023)

Figura 7 – Final da Ponta de ala



Fonte: Autora (2023)

2.3. TÉCNICAS COMPENSATÓRIAS EM MANEJO DE ÁGUAS PLUVIAIS

2.3.1. MEDIDAS ESTRUTURAIS

As medidas extensivas são responsáveis por intervenções destinadas à recomposição da cobertura vegetal, ao controle de erosão e pequenos armazenamentos. (Canholi, 2014).

As medidas estruturais correspondem às obras que possuem como principal objetivo a correção e prevenção dos problemas decorrentes pelas inundações no ambiente urbano.

Podem ser classificadas como medidas intensivas e extensivas. São intensivas quando implicam a realização de quatro tipos de intervenções obras que acelerem o escoamento, por exemplo, canalizações; obras responsáveis por retardar o fluxo, como é o caso dos reservatórios; restauração de calhas naturais; obras que fomentem o desvio do escoamento; e a construção de diques e polders (Canholi, 2014).

Como exemplo dessas medidas pode-se citar medidas de reservação. Essas medidas podem ser divididas em bacias de retenção e detenção, e em algumas obras podem- se ter os dois tipos de reservatórios em um mesmo ponto do sistema (Canholi, 2005).

2.3.2. MEDIDAS NÃO ESTRUTURAIS

As medidas não estruturais, quando colocadas corretas no cenário atual podem ser eficazes a custos mais baixos e com horizontes mais longos de atuação.

As ações não estruturais procuram conscientizar a população em relação a disciplinar a ocupação territorial, o comportamento de consumo e as atividades econômicas. Entre as ações mais adotadas, pode-se citar: ações de regulamentação do uso e ocupação do solo, educação ambiental voltada ao controle da poluição difusa, erosão e lixo, seguro-enchente, sistemas de alerta e previsão de inundações. Segundo Barbosa (2006) apud Machado e Poleza (2017).

As medidas não estruturais defendem na sua concepção a melhor convivência da população com as cheias. Não são projetadas para dar proteção completa, já que para isso teria que prever o maior evento possível o que não é uma tarefa fácil e nem confiável. (Barbosa apud Machado e Poleza, 2017).

2.4. BACIAS DE DETENÇÃO DE ÁGUAS PLUVIAIS

2.4.1. DEFINIÇÃO E UTILIZAÇÃO

Segundo Baptista, et al. (2015) as bacias de retenção são estruturas de armazenamento temporário e/ou de infiltração das águas pluviais, que possuem três principais funções relacionadas, de forma direta, com a drenagem das águas pluviais:

- Controlar as inundações pelo amortecimento de cheias em meio urbano;
- Reduzir o volume de escoamento superficial pelo armazenamento e infiltração das águas pluviais;
- Reduzir a poluição difusa no meio urbano.

De maneira geral, estas estruturas minimizam os impactos da urbanização sobre os processos hidrológicos em áreas urbanas, através de um volume de espera (armazenamento e/ou infiltração), uma estrutura hidráulica de controle de saída e um vertedor de emergência (Baptista, Nascimento e Barraud, 2015).

De acordo Gribbin (2014) a liberação lenta da água é realizada por uma estrutura de saída que dispõe de um orifício ou vertedor, ou a combinação destes, para a regulação da vazão de saída.

A composição estrutural básica das bacias de retenção, segundo Nakazone (2005) consiste em estruturas de armazenamento, de entrada e de descarga, além de dispositivos de extravasão.

A área destinada ao armazenamento da água pode ser constituída pelo próprio solo ou revestida dos mais variados materiais, com o aproveitamento ou a criação de depressões. Já as estruturas de entrada e de descarga podem ser por gravidade ou por bombeamento, sendo que este último acarreta custos com energia e práticas especiais para operação e manutenção.

Por fim, os dispositivos de extravasão garantem a segurança do sistema no caso da ocorrência de eventos de precipitação de grandes magnitudes; e podem ou não estar acopladas às estruturas de descarga. Nakazone (2005) ressalva cuidados especiais com o aporte de resíduos sólidos para o interior das bacias de detenção, indicando, como prática desejada e corriqueira, a implantação de gradeamento ou similares.

O autor trata ainda sobre o entupimento das estruturas de saída, devido seus diâmetros pequenos; lembrando que estas estruturas são primordiais para o sistema, uma vez que controlam a vazão de saída, o volume detido e o nível d'água na bacia.

Conforme Baptista, et al. (2015) esclarecem ainda sobre a localização das bacias de detenção: em série ou em paralelo ao sistema de drenagem.

Nas bacias em série, o armazenamento é realizado pela construção de barramentos no talvegue do sistema de drenagem. Já as bacias em paralelo são escavadas lateralmente ao sistema de drenagem.

Essa escolha dependerá da eficiência no controle de inundações e da poluição pluvial, com as características do local.

Como ressalva Tucci e Genz (2015), a bacia de detenção tem como vantagem a redução de custos, em comparação com grande quantidade de controles distribuídos, e quanto à operação e manutenção das unidades, bem como a facilidade de gerenciar uma área adequada, o custo de aquisição da área e a oposição da população para reservatórios de grande dimensão.

De acordo com Righetto (2009) as bacias de detenção não são recomendadas para áreas de drenagem menores que 5 ha (hectares), além de requerem manutenção contínua devido a provável obstrução da estrutura de saída da unidade por matéria sólida.

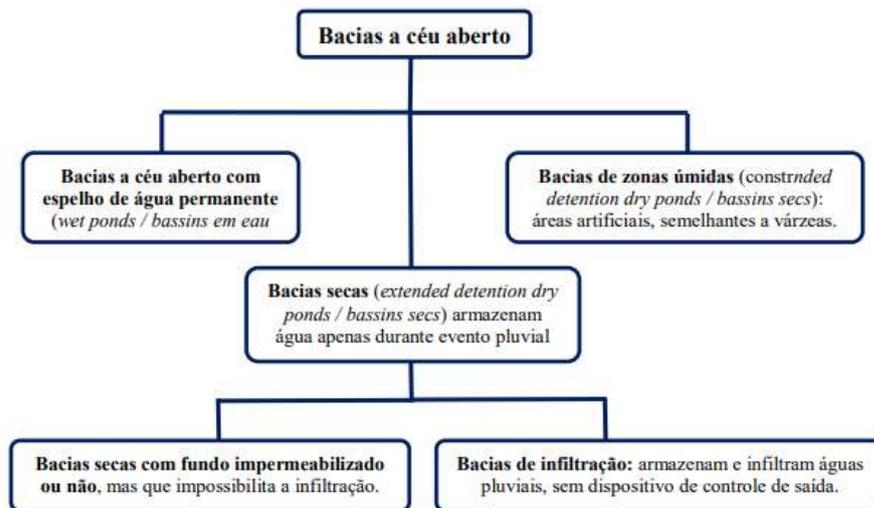
Por fim, Baptista, Nascimento e Barraud, 2015, ressalva sobre a importância da incorporação da poluição de origem pluvial nas fases de concepção, projeto e operação das bacias de detenção.

2.4.2. TIPOS DE BACIAS DE DETENÇÃO

As tipologias de bacias de retenção são estabelecidas de acordo com sua forma, uso e localização das unidades em relação ao sistema de drenagem. Quanto à forma, o referido autor, as bacias de retenção são divididas em bacias a céu aberto e bacias subterrâneas ou cobertas. A primeira possui subdivisões demonstradas na Figura 08.

Enquanto que as bacias subterrâneas são estruturas típicas de regiões densamente ocupadas que não possuem espaço para a implantação de estruturas a céu aberto.

Figura 8 - Esquema das tipologias das bacias de retenção a céu aberto



Fonte: Peroni. (2018)

De acordo com suas funções hidrológicas, Baptista, Nascimento e Barraud (2015) classifica as bacias de retenção em bacias de tempestades (storm basins/bassin d’orage); bacias de decantação (settling tanks/bassins de décantation) e bacias de retenção (detention basins/bassins de retenue).

As primeiras são utilizadas em redes unitárias de esgotamento sanitário e pluvial para o armazenamento temporário de parte ou todo escoamento durante o evento de precipitação.

FACULDADE DE ADMINISTRAÇÃO E NEGÓCIOS DE SERGIPE - FANESE CURSO DE ENGENHARIA CIVIL BACHARELADO

As bacias de decantação e bacias de retenção são utilizadas em sistemas separadores de drenagem urbana. Enquanto a primeira tem a função de decantar sedimentos provenientes da água pluvial, a segunda amortecida as cheias e controla a poluição difusa (Baptista, Nascimento e Barraud, 2015).

Para o presente trabalho a tipologia utilizada é bacia a céu aberto, do tipo seca e, quanto à função hidrológica, definida como bacia de retenção.

2.4.3. CONCEPÇÃO E PROJETO DAS BACIAS DE RETENÇÃO

A concepção e o projeto de bacias de retenção é um processo complexo que requer uma visão holística para sua melhor eficiência, portanto é essencial que no corpo de técnicos responsáveis haja engenheiros hidrólogos, hidráulicos e geotécnicos, urbanistas, geógrafos e sociólogos, assim como representantes do poder público e usuários (Baptista, Nascimento e Barraud, 2015).

As principais etapas para a concepção e projeto das bacias são:

- Estudo de diagnóstico e formulação do problema;
- Definição de objetivos do projeto
- Definição de um elenco de alternativas;
- Escolha da solução;
- Projeto Executivo;
- Elaboração do manual de projeto, construção e operação da bacia de retenção.

De acordo com os referidos autores, a etapa de estudo de diagnóstico e formulação do problema compreende, inicialmente, estudos de diagnósticos de sistemas de drenagem existentes e dos meios receptores. E por fim, faz-se.

Necessária à coleta de dados para construção de cenários e modelagem do sistema em análise.

FACULDADE DE ADMINISTRAÇÃO E NEGÓCIOS DE SERGIPE - FANESE CURSO DE ENGENHARIA CIVIL BACHARELADO

Os produtos desta etapa são: escopo detalhado dos estudos de diagnóstico e de concepção a ser desenvolvida, uma definição preliminar dos objetivos potenciais a serem alcançados com a implantação de uma bacia de retenção e o elenco de dados e informações a serem disponibilizados para permitir a realização dos estudos de diagnóstico.

Este diagnóstico é composto por características físicas da bacia hidrográfica, uso do solo atual e futuro e o cadastro do sistema de drenagem pluvial (Baptista, Nascimento e Barraud, 2015).

Outra etapa de relevância indicada é a análise dos locais potenciais para implantação e escolha do tipo de bacias de retenção. Essa análise é realizada segundo critérios físicos, urbanísticos, econômicos e ambientais, que conduzem a escolha do tipo de bacia de retenção e dos usos complementares a implantar junto às bacias, se conveniente.

Righetto (2009) ressalva ainda o tempo de funcionamento da unidade, parâmetro de concepção, que corresponde ao tempo de enchimento e o tempo de descarga ou tempo gasto para o esvaziamento da estrutura.

Esse parâmetro pode ser utilizado de duas formas: variável de volume e variável de concepção. A primeira consiste na imposição de uma vazão de saída para calcular o volume de armazenamento; enquanto que a segunda consiste na utilização do tempo de descarga para fixar a vazão de saída. Segundo o mesmo autor e Baptista, Nascimento e Barraud (2015), o tempo de descarga, de maneira geral, deve ser inferior a 24 horas.

O projeto completo de uma bacia de retenção envolve projetos estruturais, estudos geotécnicos, hidrológicos e hidráulicos. Inclusive estes últimos visam determinar o volume útil de armazenamento, a vazão de saída para fins de controle de cheias e a vazão de projeto do vertedor, como elemento de emergência (Baptista, Nascimento e Barraud, 2015).

Segundo Nascimento, Baptista e Von Sperling (1999) aponta critérios a serem considerados no projeto de uma bacia de retenção urbana (Quadro 1) e ressalva que alguns pontos são de difícil equacionamento devido “a inexistência de estudos sistemáticos, a ‘posteriori’, das experiências sobre o uso desta técnica.”

Quadro 1 - Esquema das tipologias das bacias de retenção a céu aberto

Critério	Elementos de análise	
Funcional	Primária	Vazão de pico, forma do hidrograma, características de reservação e descarga.
	Secundária	Área e perímetro do reservatório, controle do assoreamento, acessos.
Ambiental	Proteção	Qualidade da água, ecologia aquática, controle de insetos.
	Urbanismo	Inserção paisagística, equipamentos de lazer, convivência, acesso de veículos e pedestres, estacionamento.
Construtivo	Praça de trabalho, acessos, disponibilidade de materiais e mão de obra.	
Operacional	Inspeção e manutenção do reservatório e das estruturas hidráulicas, remoção de sedimentos e lixo, manutenção dos equipamentos urbanos	
Legal	Regulamentação de uso como equipamento urbano, regulamentação quantitativa e qualitativa das águas afluentes.	

Fonte: Peroni. (2018)

2.4.4. MANUTENÇÃO E OPERAÇÃO

De acordo com Canholi (2005) a manutenção das bacias de retenção deve garantir o adequado desempenho da função hidráulica e a integridade física das estruturas ao longo da vida útil da bacia, bem como o conforto e segurança de pessoas.

Além disso, o adequado estado de conservação das bacias evita a proliferação de insetos, favorece no aspecto visual agradável e cria várias possibilidades de multiuso do espaço para atividades de recreação e lazer.

As ações a serem realizadas para as principais estruturas e dispositivos das bacias de retenção estão sintetizadas no Quadro 2.

Quadro 2 - Ações de manutenção na bacia de detenção

Estruturas	Ações de manutenção
Estruturas hidráulicas (comportas e outras estruturas de regulação de vazões; sensores de nível d'água e outros equipamentos de monitoramento hidrológico)	Ação preventiva: retirada de obstruções, sobretudo resíduos sólidos. Recomenda-se a vistoria destas estruturas após cada evento pluvial e durante esse evento manter uma equipe permanente mobilizada para estas ações.
Dispositivos de pré-tratamento (caixas de areia, grades, decantadores e estruturas de retenção de óleos e graxas)	Condições operacionais necessárias consistem na remoção de sedimentos, resíduos sólidos, óleos e graxas, com frequência a ser analisada a partir de observação do funcionamento da estrutura.
Limpeza do corpo d'água (Bacias secas e Bacias dotadas de espelho d'água)	Ações de manutenção preventiva e ordinária consistem na remoção de resíduos sólidos, em particular os flutuantes. Além de iniciativas de educação e sensibilização de usuários e da população circunvizinha (instalar cestos de lixo e a instalação de placas iniciativas à preservação da qualidade ambiental da área). Outro ponto importante é quanto ações para controle do assoreamento e vistorias regulares para reduzir a presença e crescimento excessivo de vegetação. Estas bacias devem ser esvaziadas uma vez a cada 5 a 10 anos, permitindo a manutenção das estruturas, renovação da massa d'água, contato da massa presente no fundo com a atmosfera e controle da população piscícola, quando existente.
Limpeza do corpo d'água (Bacias subterrâneas)	Maior dificuldade de acesso e da insalubridade do meio. Remoção de resíduos sólidos de maneira manual ou mecanizada. Estas bacias podem estar equipadas com dispositivos que possibilitem a manutenção corrente.
Tratamento de áreas verdes	Risco elevado de ocorrência de poluição acidental de diferentes tipos. É recomendado, portanto, que desde a concepção, as bacias contenham dispositivos que visem facilitar o controle da poluição acidental, seguindo normas e recomendações por órgão responsável e/ou realizando estudos complementares que possibilite identificar possíveis atividades e indústrias com potencial de poluição acidental, assim como mapas de vulnerabilidade dos corpos receptores, laboratórios de análise da qualidade da água, recursos humanos e estrutura de gestão municipal e estadual, e rede hospitalar para tratar problemas de contaminação por produtos tóxicos.

Fonte: Adaptado de Peroni, 2018

Na visão de Fonseca (2006) a manutenção das bacias de detenção é uma prática obrigatória para garantir o adequado desempenho e vida útil das unidades, sendo fundamental o estabelecimento de programas de manutenção e monitoramento das bacias.

Estes programas devem considerar as cargas de poluentes provenientes dos aportes de precipitação, destacando-se resíduos sólidos orgânicos dispostos nas vias públicas, com fração de resíduos da demolição e construção civil, resíduos de veículos automotores, ligações clandestinas de esgoto cloacal, entre outros.

Para Canholi (2005) na elaboração de projetos ou manuais de manutenção e operação das bacias de detenção, devem ser considerados aspectos relativos à segurança e proteção de pessoas; à estética ou paisagismo; à inclusão de patamares para multiuso da área, à remoção de sedimentos; e rampas de acesso para a limpeza mecanizada.

2.4.5. CUSTOS

Conforme Baptista, et al. (2015) as bacias de retenção podem apresentar custos expressivos, a depender da área de drenagem que controlam. Desta forma, tanto os custos com implantação, manutenção e operação são dinâmicos, variando de acordo com o porte da obra e tipo da bacia.

Os custos de implantação, manutenção e operação, e a vida útil do sistema de drenagem urbana tradicional e de técnicas compensatórias em drenagem urbana, incluindo as bacias de retenção. Ressalva-se que os custos são apresentados em Reais e baseados no Índice Nacional de Custos na Construção, calculado pela Fundação Getúlio Vargas, com data base em janeiro de 2000 (Moura,2004).

Para Baptista, et al. (2015) os custos elaborados por Moura (2004) foram adaptados e apresentados de forma resumida no quadro 3 , o que facilita a análise dos custos para as tipologias de bacias de retenção abordadas no estudo citado.

Quadro 3 - Custos de implantação, reconstituição e operação de bacias de retenção

Tipo de Bacia	Vida Útil (anos)	Custos		
		Implantação (RS/m ³)	Reconstituição (RS/m ³)	Operação (RS/m ³)
Abertas gramadas	10 – 15	28,91	2,38	-
Abertas em concreto	30	35,69	0,16	-
Enterrada em concreto	30	119,63	1,00	0,93
Infiltração	5-10	23,00	3,28	-

Fonte: Baptista, Nascimento e Barraud, 2015.

Moura (2004) descreve que a manutenção das bacias de retenção gramadas compreende a retirada dos resíduos sólidos dentro da bacia, carregados pelo escoamento superficial, e a manutenção da grama. Ambas as práticas devem ocorrer bianualmente. Para a retirada de resíduos sólidos o custo apresentado foi de R\$ 190/ano por hectare de área drenada para a bacia, enquanto que a reconstituição da grama, afetada pela primeira prática, tem um custo de R\$ 12,56/ano por metro cúbico de bacia.

Para as demais bacias as práticas de manutenção consistem na retirada de resíduos sólidos e reconstituição do revestimento da bacia. De maneira geral, o custo com a retirada de sólidos foi semelhante a bacia de detenção gramada.

A variação de custo foi observada na reconstituição do revestimento, sendo de R\$ 12,09/ano por metro cúbico de bacia aberta em concreto, de R\$ 22,17 por metro cúbico de bacia enterrada em concreto e de R\$ 2,67/ano por metro cúbico de bacia de infiltração.

A eficiência e vida útil dos reservatórios estão intimamente ligadas à operação e manutenção. Desde a fase de planejamento deve-se pensar em custos e facilidades de operação e manutenção de todas as estruturas em bacias de detenção.

Asce (1992), apud Canholi (2005), citou que dentre os critérios de projeto de bacias de detenção devem estar: garantir o funcionamento hidráulico e a integridade física das estruturas por toda vida útil da obra; evitar a infestação por insetos; garantir a segurança e o conforto dos visitantes; preservar o aspecto visual agradável; permitir a utilização múltipla.

Os aspectos operacionais das bacias de detenção devem levar em conta ainda o problema da qualidade da água. Apesar do Brasil ainda apresentar outros problemas sanitários, espera-se que num futuro estas estruturas sirvam para o controle da qualidade das águas que afluem a corpos receptores.

Os dispositivos implantados nas bacias de detenção devem facilitar a remoção de diversos poluentes e/ou contaminantes.

Dentre as medidas de projeto que auxiliam a manutenção das bacias de detenção Canholi (2005) destacou:

- Previsão de acessos ao fundo do reservatório e seus dispositivos de entrada e saída – estes acessos devem permitir a entrada de caminhões pesados e escavadeiras;

- Instalação de dispositivos que permitam a drenagem total de bacias com espelho d'água permanente, permitindo a remoção de sedimentos desta;

- Em bacias com espelho d'água permanentes devem-se restringir lâminas que auxiliem a proliferação de plantas aquáticas;

FACULDADE DE ADMINISTRAÇÃO E NEGÓCIOS DE SERGIPE - FANESE CURSO DE ENGENHARIA CIVIL BACHARELADO

- Introdução de patamares em bacias destinadas a diversos usos, de maneira que apenas eventos menos frequentes inundem áreas destinadas à recreação;

- Em reservatórios destinados a usos múltiplos devem ser implantadas medidas que alertem os frequentadores das áreas de lazer sempre que forem previstos eventos chuvosos intensos;

- Devem ser previstos sistemas de ventilação e iluminação em reservatórios subterrâneos.

A vida útil e o bom funcionamento de bacias de retenção estão intimamente ligados aos critérios operacionais e às medidas de manutenção adotadas. Desta forma é imprescindível que um projeto desta natureza apresente critérios condizentes com a realidade enfrentada na localidade protegida e um programa de manutenção adequado à realidade financeira do órgão gestor.

2.4.5. INSERÇÃO URBANA DAS BACIAS DE DETENÇÃO

Na visão de Baptista, et al. (2015) o uso principal das bacias de retenção é o controle de inundações e da poluição de origem pluvial. Porém há usos distintos que não chegam a definir novas tipologias para estas bacias, e sim uma nova abordagem dessas estruturas dentro do meio urbano.

Assim, faz-se distinção entre bacias de retenção de caráter apenas hidrológico e bacias de retenção multifuncionais, cujos principais usos são:

- **Bacias com espelho d'água permanente:** podem estar associadas com áreas verdes, reservas ecológicas, espaços para a realização de atividades de lazer e sua incorporação em projeto urbanístico, buscando valorizar a presença da água no meio urbano.

- **Bacias secas:** podem estar associadas com áreas verdes, praças públicas e espaços para prática de esportes como quadras e velódromos.

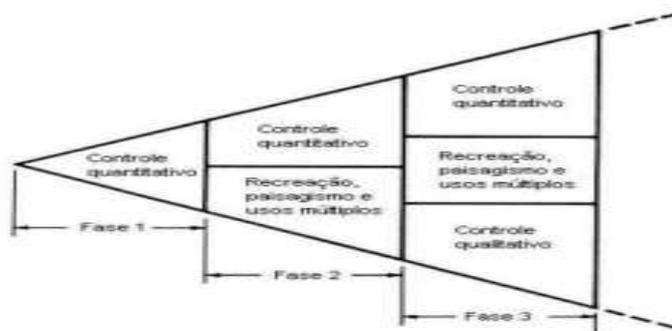
As bacias de retenção uni-funcionais ou apenas de caráter hidrológico podem acarretar vários problemas de funcionamento e operação, tornando-se áreas de deposição de resíduos sólidos e proliferação de vetores de doenças. Portanto, sua combinação com usos complementares, amortiza o elevado custo do solo urbano e favorece a manutenção destas estruturas, pela apropriação da população por estes espaços e, também, pelo compartilhamento de serviços entre os setores técnicos públicos das áreas de drenagem pluvial e parques e jardins (Baptista, Nascimento e Barraud, 2015).

Segundo Nascimento, Baptista e von Sperling (1999), a inserção das bacias de retenção como equipamento urbano, pode desencadear a valorização das “condições cênicas” do espaço e criar opções de lazer. De acordo com o mesmo autor, é necessário um enfoque ampliado no emprego destas estruturas, em decorrência de duas vertentes:

- A incidência de poluição, sedimentos, resíduos sólidos e assoreamento das unidades e ainda os problemas provocados pelo uso indevido destes espaços pela população demonstram a inviabilidade técnica e operacional das bacias de retenção, implantadas apenas com a finalidade hidrológica;
- Maior demanda pela melhoria da qualidade ambiental, no tocante aos corpos d’água, em meio urbano.

Na Figura 9 é apresentada a evolução dos usos multifuncionais para as bacias de retenção apresentada por McCuen, Walesh e Rawls (1983) e adaptado por Nakazone (2005).

Figura 9 - Evolução do uso das bacias de retenção



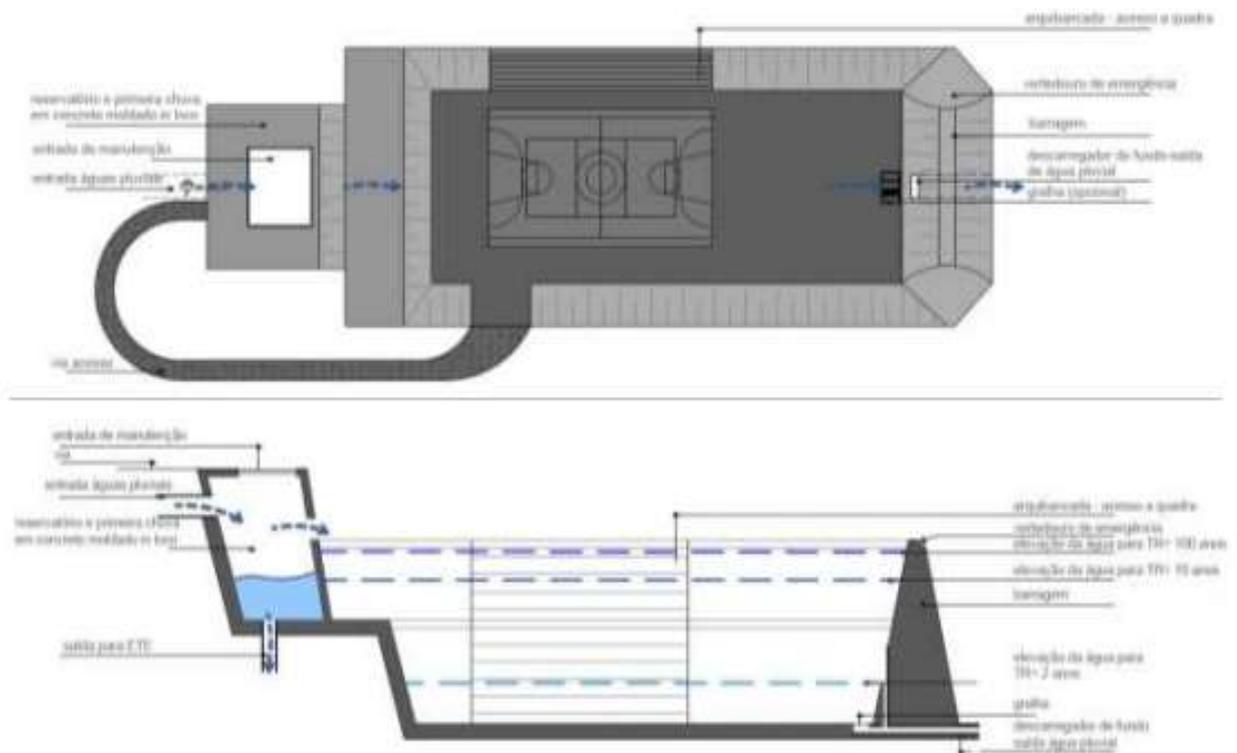
Fonte: Adaptado por Nakazone,2005.

Para Fonseca (2006) as integrações urbanas das bacias de retenção podem criar inúmeras opções de lazer, como áreas para a prática de esportes e para contemplação. Para as bacias de retenção seca, é comum a sobreposição espacial de funções, incorporando a função de amortecimento de cheias, durante o evento de precipitação, com áreas de prática de esportes, praças públicas, parques polidesportivos entre outros.

FACULDADE DE ADMINISTRAÇÃO E NEGÓCIOS DE SERGIPE - FANESE CURSO DE ENGENHARIA CIVIL BACHARELADO

Mota (s.d.) apresentou um desenho esquemático de um reservatório de detenção aberto (Figura 10) que, embora seja apenas uma referência projetual, exemplifica a proposição do multiuso destas unidades, com a implantação da quadra poliesportiva. Além de representar as várias possibilidades de criação de espaços de lazer, sobrepostos a função hidrológica das bacias de detenção.

Figura 10 - Desenho esquemático de um reservatório de detenção aberto



Fonte: Mota, s.d.

De acordo com Cruz et al (2001) o grande desafio da gestão das águas pluviais em meio urbano é solucionar os problemas de inundações urbanas, em conjunto com a criação de espaços integrados e bem-adaptados que melhorem também a qualidade de vida população

Assim percebe-se a complexidade das bacias de detenção, em termos de concepção, dimensionamento e gestão, demonstrando a real necessidade de equipes multidisciplinares, com uma visão holística, incorporem aspectos hidrológicos, ambientais e urbanísticos nos projetos destas unidades, permitindo adequações ambientais das bacias de detenção (Nascimento, Baptista e Von Sperling, 1999).

3. METODOLOGIA

Neste capítulo, são apresentados os procedimentos metodológicos que guiaram o presente estudo, com a finalidade de realizar uma análise dos fatores que influenciam a gestão de obras associada aos serviços de Infraestrutura em uma obra de grande porte.

3.1. CARACTERIZAÇÃO DA ÁREA DE ESTUDO

O município de Aracaju abrange uma área de 182,163 km², com população total estimada em 672.614 habitantes (IBGE, 2021). Limita-se ao norte com o rio do Sal que o separa do município de Nossa Senhora do Socorro; na extremidade sul limita-se com o rio Vaza Barris; a oeste, com os municípios de São Cristóvão e Nossa Senhora do Socorro e a Leste com o rio Sergipe e Oceano Atlântico (Araújo, 2006).

Em Aracaju predomina clima sub-úmido com características semelhantes ao clima mediterrâneo, pois apresenta um regime seco de primavera/verão e chuvoso de outono/inverno. Resulta das interações de atuação dos sistemas meteorológicos, que se relacionam com outros fatores locais, como a posição geográfica litorânea, em latitude tropical (Carvalho et al, 2016, p. 1433).

No período de 1961-2010, a temperatura apresentou média anual por volta dos 27°C, com temperaturas médias mínima de 22°C e máxima de 31°C. A umidade relativa mensal esteve acima dos 70% e os meses de abril a agosto foram os mais chuvosos, contribuindo para os índices pluviométricos anuais elevados variando entre 1500 a 2000 mm.

A área de estudo localiza-se na comunidade Recanto da Paz que fica situada na região sul da cidade de Aracaju, tem aproximadamente um total previsto 2.470 mil habitantes, no Bairro Aeroporto, tendo como limite norte a avenida Senador Júlio César Leite, leste a avenida Melício Machado, oeste o canal Beira Rio e sul a Zona de Expansão de Aracaju (Figura 11). Seus principais acessos se dão pelas avenidas Senador Júlio César Leite e Melício Machado.

Figura 11 – Localização da Comunidade Recanto da Paz

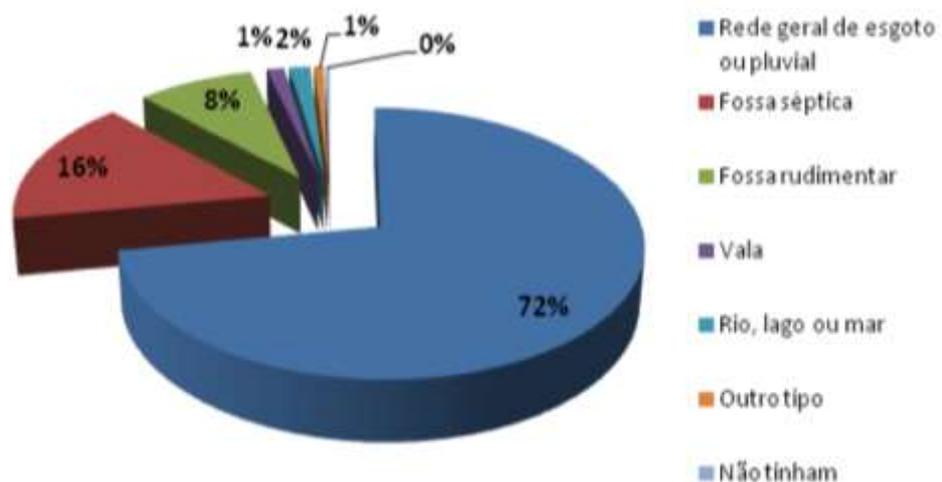


Fonte: GOOGLE EARTH – (2023)

Segundo a Monografia Social do Estado de Sergipe (SERGIPE, 2019), o bairro Aeroporto se destaca, assim como os bairros Santa Maria, Farolândia, Zona de Expansão, Porto Dantas, Jabotiana, Bugio, Soledade e Japãozinho, por possuir grande número de seus domicílios com rede de esgoto irregular, ou seja, que não estão ligados à rede geral da Companhia de Saneamento de Sergipe (DESO).

Essas habitações normalmente lançam seus efluentes em fossas sépticas, fossas rudimentares e, até mesmo, os depositavam em valas ou rios (Figura 12).

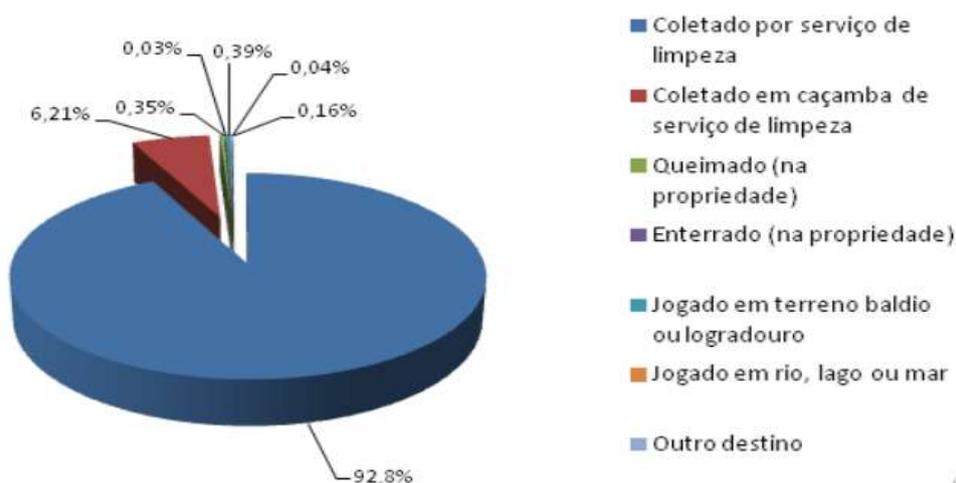
Figura 12 – Domicílios por tipo de esgotamento sanitário



Fonte: SERGIPE (2019)

Ainda segundo o mesmo trabalho, o mesmo bairro se destaca, assim como outros da zona Sul de Aracaju, por possuir coleta de lixo irregular, ou seja, por não receber coleta por serviço de limpeza ou em caçamba de serviço de limpeza. Dentre as grandes consequências dessa irregularidade na coleta dos resíduos sólidos urbanos destaca-se as alternativas disponíveis para tal disposição como, por exemplo, queimada, enterro na própria propriedade ou em uma área desabitada/abandonada, lançamento em terreno baldio, logradouro ou em corpos de água (Figura 13).

Figura 13 – Domicílios por forma de destinação do lixo



Fonte: SERGIPE (2019)

Sabe-se que os sistemas de esgotamento sanitário, de coleta e manejo de resíduos sólidos e de drenagem urbana estão interligados dentro do contexto do saneamento básico e da infraestrutura urbana. Ambos lidam com o manejo adequado da água e influenciam diretamente a qualidade de vida nas cidades.

O esgotamento sanitário está relacionado ao tratamento e à disposição adequada dos resíduos líquidos e sólidos provenientes de atividades domésticas, industriais e comerciais. Isso inclui águas residuais de pias, banheiros, indústrias, entre outros.

O sistema de esgotamento sanitário coleta, trata e descarta adequadamente esses resíduos, evitando a contaminação do meio ambiente e protegendo a saúde pública.

Já a coleta de resíduos sólidos é o processo de recolher, transportar e descartar adequadamente os resíduos gerados pelas atividades domésticas, comerciais industriais.

Estes resíduos podem incluir materiais como lixo orgânico, plástico, papel, vidro, entre outros. O objetivo da coleta de resíduos é evitar a acumulação desordenada de lixo nas ruas, prevenir a contaminação do solo e dos recursos hídricos, além de reduzir os riscos à saúde pública e o impacto ambiental.

Em regiões que esses sistemas supracitados não estão implantados ou não são eficazes, a disposição incorreta desses resíduos líquidos e sólidos podem impactar negativamente no sistema de drenagem urbana.

O contato dos efluentes domésticos descartados em corpos d'água ou em sistemas individuais sem manutenção ou do lixo descartado de forma imprópria com a água pluvial acumulada pela falta do referido sistema ocasiona graves consequências à saúde pública local, visto a possibilidade de contato e até mesmo ingestão com a água contaminada.

3.2. CARACTERIZAÇÃO DO TIPO DE PESQUISA

O presente trabalho foi construído embasado na coleta e levantamento bibliográfico das tecnologias de drenagem tradicional e sustentável e a justificativa de sua implantação – caracterização e comportamento do solo, chuva de projeto, viabilidade econômica e técnica.

O ato da pesquisa foi uma ação indispensável para realização deste trabalho, podendo interferir na busca por definições e estudos sobre o tema proposto, visando assim, explorar novas ideias no que diz a respeito da importância da substituição dos projetos tradicionais pelos sustentáveis.

Conforme Santos e Candeloro (2006) existem duas naturezas diferentes para uma pesquisa metodológica, são elas, qualitativa e quantitativa.

Sendo assim, a pesquisa possui caráter qualiquantitativa com a finalidade de identificar os possíveis motivadores para tal, além de suas vantagens e desvantagens. Primeiramente, foi definido o objeto da pesquisa através do problema proposto.

A coleta de dados durante a pesquisa, entre os meses de março e setembro de 2023, consistiu em realizar levantamentos de referências já investigadas e publicadas em artigos, livros, teses e monografia e em sites acadêmicos, possibilitando compreender informações que já foram estudadas sobre o tema abordado, tendo como foco o detalhamento mais preciso das características técnicas, econômicas ambientais de cada uma das tecnologias de escoamento superficial urbano.

3.3. DIMENSIONAMENTO DE BACIAS DE DETENÇÃO

3.3.1 IDENTIFICAÇÃO DAS BACIAS DE CONTIBUIÇÃO E USO E OCUPAÇÃO DO SOLO

Para definição das características topográficas da área de estudo foi utilizado um arquivo em “dwg”, obtido pela empresa SERCOL, que está executando as obras de implantação e sistematização da drenagem local. O arquivo contém sistema viário, hidrografia, curvas de nível com equidistância de dois metros e pontos altimetricamente cotados, como pode ser observado na Figura 11. A partir dessa planta aerofotogramétrica detalhada, foram traçadas as sub-bacias e analisadas suas respectivas declividades.

Já para classificar a distribuição e ocupação do solo na área de estudo foi utilizada uma imagem obtida através do software Google Earth, como já apresentado anteriormente na Figura 11 e replicado abaixo (Figura 14).

Figura 14 – Localização da Comunidade Recanto da Paz



Fonte: GOOGLE EARTH (2023)

Além disso, contou-se com a experiência da própria, que, atualmente, é estagiária na empresa supracitada, responsável pela execução das obras de captação e destinação fluvial.

O levantamento da topografia e do uso e ocupação do solo são essenciais ao conhecimento do potencial de escoamento gerado em função da declividade local e índice de absorção do mesmo pelo solo.

3.3.2. DIVISÃO DA SUB-BACIA E LOCALIZAÇÃO DOS RESERVATÓRIOS DE DETENÇÃO

No presente trabalho, a sub-bacia estudada foi dividida em duas sub-bacias com o objetivo de não sobrecarregar o sistema em função do escoamento gerado e evitar extravasamentos. As sub-bacias SB1 e SB2 estão delimitadas e destacadas abaixo com suas áreas de contribuição, como mostram as Figuras 15 e 16 respectivamente.

Figura 15 – Indicação da sub-bacia SB1 e seus componentes



Fonte: Adaptado do GOOGLE EARTH (2023)

Figura 16 – Indicação da sub-bacia SB2 e seus componentes



Fonte: Adaptado do GOOGLE EARTH – (2023)

Para escolha das características do reservatório, levou-se em consideração a profundidade do lençol freático da região que, por apresentar características de fácil afloração, torna inviável a implantação de um reservatório de retenção, visto que a capacidade de armazenamento da água seria pouco relevante à problemática local.

Como alternativa a tal empecilho, tem-se o rebaixamento do lençol freático, contudo tal obra tem custo expressivo, além de causar consequências desastrosas às tubulações já instalados no local e às patologias nas fundações das edificações e morte da vegetação existente no entorno.

Sendo assim, e dado todo contexto socioeconômico local, o trabalho decidiu por sugerir a implantação de um (01) reservatório de detenção visto que, o mesmo, tem potencial para mitigar futuros desastres relacionados ao acúmulo de água em vias, além de possibilitar o uso recreativo quando o mesmo estiver sem uso, ou seja, seco.

3.3.3. DADOS HIDROLOGICOS

Para determinar a intensidade da chuva de projeto foi utilizada a equação Intensidade-Duração-Frequência (IDF) de Aracaju, proposta por Aragão et. al (2013), apresentada na Equação 1.

$$i = \frac{20,848 \times Tr^{0,188}}{(t + 10,52)^{0,753}} \quad (1)$$

onde i é a intensidade da chuva de projeto (mm/hora), Tr é o período de retorno (anos); e t é o tempo de duração do evento chuvoso (min).

O tempo de concentração é um parâmetro bastante complexo de ser definido em função das inúmeras variáveis envolvidas.

Costa (2018) recomenda o uso da fórmula de Kirpich para tal, contudo a declividade da área não é um dado de fácil determinação.

Sendo assim foi utilizado o software de Análise de Ondas de Cheias para Bacias Complexas (ABC6), desenvolvido pelo Laboratório de Sistemas de Suporte a Decisões em Engenharia Ambiental e Recursos Hídricos (LabSid), o qual é parte do Departamento de Engenharia Hidráulica e Ambiental da Escola Politécnica da Universidade de São Paulo, para determinação não apenas da declividade, mas também a diferença de cotas e intensidade da chuva (Costa ,2018).

A determinação do tempo de concentração deu-se por meio da equação Califórnia Culverts Practise, como apresentado na Equação (2).

$$Tc = 57 \times L^{1,155} \times H^{-0,385} \quad (2)$$

Sendo Tc é o tempo de concentração (min); L é o comprimento do talvegue (km); e H é a diferença de cotas entre a saída da bacia e o ponto mais alto do talvegue (m). Como a área da bacia é menor que 2 km², fez-se uso do método Racional na determinação dos hidrogramas afluente e efluente.

Assim, o valor do coeficiente de escoamento superficial da bacia foi determinado a partir da média ponderada dos coeficientes das áreas parciais (Quadro 4).

Quadro 4 – Coeficiente de escoamento superficial (*runoff*)

Tipologia da área de drenagem	Coeficiente de escoamento superficial
Áreas comerciais	0,70 - 0,95
Áreas centrais	0,70 - 0,95
Áreas de bairros	0,50 - 0,70
Áreas residenciais	
Residências isoladas	0,35 - 0,50
Unidades múltiplas, separadas	0,40 - 0,60
Unidades múltiplas, conjugadas	0,60 - 0,75
Áreas com lotes de 2.000 m ² ou maiores	0,30 - 0,45
Áreas suburbanas	0,25 - 0,40
Áreas com prédios de apartamentos	0,50 - 0,70
Áreas industriais	
Área com ocupação esparsa	0,50 - 0,80
Área com ocupação densa	0,60 - 0,90
Superfícies	
Asfalto	0,70 - 0,95
Concreto	0,80 - 0,95
Blocket	0,70 - 0,89
Paralelepípedo	0,58 - 0,81
Telhado	0,75 - 0,95
Solo compactado	0,59 - 0,79
Áreas sem melhoramento ou naturais	
Solo arenoso, declividade baixa (< 2%)	0,05 - 0,10
Solo arenoso, declividade média (entre 2% e 7%)	0,10 - 0,15
Solo arenoso, declividade alta (> 7%)	0,15 - 0,20

Fonte: Adaptado de MENDES, 2018.

**FACULDADE DE ADMINISTRAÇÃO E NEGÓCIOS DE SERGIPE - FANESE
CURSO DE ENGENHARIA CIVIL BACHARELADO**

Considerou-se para tal área, mediante vistorias *in loco*, uma fase pós-urbanização, que se caracteriza por possuir taxas de 95% de impermeabilização. A conversão dessa taxa em escoamento superficial deu-se pela fórmula de Schueler, apresentada na Equação (3).

$$C = 0,05 + 0,009 \times AI \quad (3)$$

onde AI é a percentagem da área impermeabilizada.

No dimensionamento preliminar do reservatório de detenção usou-se o Método Racional - Equação (4) - que se caracteriza por ser o mais simples e fácil de ser aplicado (Brito,2020). Sua fórmula leva em consideração o conceito de pré-desenvolvimento e pós-desenvolvimento.

$$V = 0,5 \times (Q_{pós} - Q_{pré}) \times tb \quad (4)$$

Sendo V é o volume de acumulação (m^3); $Q_{pós}$ é a vazão de pico no pós-desenvolvimento (m^3/s); e $Q_{pré}$ é a vazão de pico no pré-desenvolvimento (m^3/s); tb é dado como 3 vezes o tempo de concentração (TOMAZ, 2010).

Para a estrutura de saída do reservatório escolheu-se o vertedor retangular de soleira delgada em virtude da facilidade construtiva e de equacionamento mais simples. A equação escolhida depende apenas de um coeficiente de vazão Cd , que condensa os efeitos da viscosidade, tensão superficial, rugosidade da placa e do padrão de escoamento à montante (Brito,2020). Por meio da Equação (5) determina-se a vazão que passará no vertedor retangular de soleira delgada.

$$Q = 1,55 \times Cd \times \sqrt{2 \times g} \times L \times H^{1,5} \quad (5)$$

Onde Q é a vazão máxima (m^3/s); Cd é o coeficiente de vazão; g é a aceleração da gravidade (m/s^2); L é o comprimento da soleira (m); e H é a carga hidráulica sobre a soleira (m).

O cálculo do coeficiente de vazão foi feito pela equação de Bazin, como mostra a Equação (6) (Brito,2020).

$$Cd = \left(0,6075 + \frac{00,0045}{h}\right) \times \left[1 + 0,55 \times \left(\frac{h}{h+P}\right)^2\right] \quad (6)$$

Sendo h a carga hidráulica sobre a soleira (m); P a altura do vertedor até a soleira (m); e sujeito a $008 < h < 0,50$ m, $0,20 < P < 2,0$ m.

4. ANÁLISE DE RESULTADOS E DISCUSSÕES

A sub-bacia hidrográfica a qual foi aplicada a metodologia caracteriza-se por uma elevada urbanização nas últimas décadas e um considerável histórico de enchentes.

O presente trabalho avaliou a redução do tempo de recorrência de enchentes na área de estudo – localizada na Comunidade Recanto da Paz, bairro Aeroporto – ao captar o escoamento superficial gerado pela tubulação de drenagem em implantação e destinando-o a uma bacia de retenção, aqui proposta como solução.

Como descrito no capítulo anterior, foi realizada coleta de dados visando identificar as condições geomorfológicas e hidrológicas da bacia, tais como dimensões, declividades, ocupação, regime de chuvas e cotas de enchente. Para isso foram utilizados levantamentos topográficos, aerofotogramétricos e visitas *in loco*.

Os divisores e talvegues da bacia do rio Ressaca foram cuidadosamente identificados, separados em sub-bacias, cujas áreas foram calculadas no programa computacional AutoCAD.

Na área sujeita à inundação a jusante das Avenidas Melício Machado e Senador Júlio César Leite foram identificadas a geometria do canal e as obras de travessia, com levantamento topográfico, para estabelecer a vazão efluente máxima, necessária à aplicação do processo.

Com as imagens aéreas do *Google Earth* foi possível estimar a taxa de urbanização para definição do coeficiente de escoamento superficial.

Além disso, foram ponderados fatores, como a distribuição da chuva (ano hidrológico) e potencial de crescimento da região, para melhorar a aproximação do método racional e comparado com o método do hidrograma unitário.

Figura 17 – Rua antes da implementação do sistema drenagem tradicional



Figura 18 – Escavação para o sistema de drenagem tradicional



Figura 19 – Assentamento de tubo de concreto (manilhas)



Figura 20 – Ligação da rede de água



Figura 21 – Rua depois da implementação do sistema de drenagem tradicional



Figura 22 – Área de vegetação



Figura 23 – Área de vegetação



FACULDADE DE ADMINISTRAÇÃO E NEGÓCIOS DE SERGIPE - FANESE CURSO DE ENGENHARIA CIVIL BACHARELADO

Com base na restituição topográfica e nas imagens aéreas foram obtidas as características da bacia contidas no tabela 2.

Tabela 2 – Capacidade das vias e cálculo das vazões

Localização	Cotas Topográficas (m)		Declividade (m/m)	Tempo de Concentração (min)	Área de Contribuição do Trecho (ha)	Coeficiente de Escoamento Superficial	Intensidade Pluviométrica (l/s.ha)	Vazão do Trecho (l/s)
	Montante	Jusante						
Rua N.S.da Paz	5,57	5,50	0,0018	11,35	0,18	0,70	327,41	41,25
Rua N.S.da Paz	5,57	5,38	0,0053	11,98	0,30	0,70	321,88	67,59
Rua N.S.da Paz	5,75	5,38	0,0082	12,76	0,63	0,70	315,26	139,03
Rua N.S.da Paz	5,75	5,68	0,0027	13,21	0,88	0,70	311,59	191,94
Rua N.S.da Paz	5,68	5,60	0,0030	13,67	0,95	0,70	307,88	204,74
Trav. N.S. da Paz II	5,38	5,30	0,0018	11,37	0,16	0,70	327,30	36,66
Trav. N.S. da Paz I	5,90	5,50	0,0400	10,01	0,03	0,70	340,09	7,14
Trav. N.S. da Paz I	5,75	5,50	0,0052	10,79	0,17	0,70	332,63	39,58
Rua Manoel Cândido	7,70	6,88	0,0357	10,36	0,08	0,70	336,70	18,86
Rua Manoel Cândido	6,88	5,70	0,0319	10,94	0,14	0,70	331,17	32,45
Rua Manoel Cândido	7,70	7,06	0,0320	10,31	0,03	0,70	337,14	7,08
Rua Manoel Cândido	7,06	6,64	0,0300	10,91	0,09	0,70	331,48	19,72
Rua Manoel Cândido	6,64	6,58	0,0075	11,04	0,18	0,70	330,24	41,61
Rua Manoel Cândido	6,58	6,40	0,0064	11,51	0,30	0,70	325,97	68,45
Rua Manoel Cândido	6,40	6,27	0,0118	11,69	0,62	0,70	324,37	140,78
Rua Manoel Cândido	6,27	6,10	0,0142	11,89	0,68	0,70	322,66	153,59
Rua Manoel Cândido	6,10	5,93	0,0063	12,34	0,71	0,70	318,76	158,42
Rua 7 de Setembro	6,00	5,75	0,0093	10,45	0,08	0,70	335,87	18,81
Rua 7 de Setembro	5,75	5,70	0,0021	10,86	0,15	0,70	331,96	34,86
Rua 7 de Setembro	5,80	5,70	0,0059	11,07	0,32	0,70	329,97	73,91
Rua 7 de Setembro	5,88	5,80	0,0100	11,20	0,47	0,70	328,76	108,16
Rua 7 de Setembro	6,00	5,88	0,0075	10,27	0,05	0,70	337,61	11,82
Rua 7 de Setembro	5,88	5,60	0,0100	10,73	0,12	0,70	333,18	27,99
Rua 7 de Setembro	5,78	5,50	0,0088	10,53	0,04	0,70	335,06	9,38
Rua 7 de Setembro	5,69	5,50	0,0058	11,10	0,13	0,70	329,76	30,01
Rua 7 de Setembro	5,69	5,60	0,0033	11,56	0,24	0,70	325,55	54,69
Rua 7 de Setembro	5,71	5,60	0,0039	12,04	0,36	0,70	321,29	80,97
Rua 7 de Setembro	5,71	5,60	0,0033	12,61	0,46	0,70	316,45	101,90

FACULDADE DE ADMINISTRAÇÃO E NEGÓCIOS DE SERGIPE - FANESE CURSO DE ENGENHARIA CIVIL BACHARELADO

Rua Valdomiro Santos	6,88	6,52	0,0225	10,26	0,03	0,70	337,72	7,09
Rua Valdomiro Santos	6,52	5,80	0,0189	10,87	0,08	0,70	331,89	18,59
Trav. Sem. Júlio C. Leite	5,88	5,80	0,0027	11,71	0,46	0,70	324,23	104,40
Trav. Sem. Júlio C. Leite	5,80	5,62	0,0032	12,65	0,63	0,70	316,18	139,43
Rua Padre Cícero	5,71	5,64	0,0030	10,40	0,06	0,70	336,34	14,13
Rua Padre Cícero	5,80	5,64	0,0145	10,59	0,07	0,70	334,51	16,39
Rua Padre Cícero	5,71	5,59	0,0032	10,64	0,13	0,70	334,01	30,39
Rua Padre Cícero	5,65	5,50	0,0050	11,16	0,23	0,70	329,19	53,00
Rua Padre Cícero	5,65	5,45	0,0083	11,57	0,27	0,70	325,44	61,51
Rua Padre Cícero	5,44	5,10	0,0094	11,08	0,06	0,70	329,89	13,86
Rua Padre Cícero	5,50	5,10	0,0160	10,40	0,17	0,70	336,28	40,02
Rua Padre Cícero	5,50	5,30	0,0080	10,42	0,23	0,70	336,17	54,12
Rua Padre Cícero	5,37	5,30	0,0030	10,81	0,31	0,70	332,43	72,14
Rua Padre Cícero	5,45	5,37	0,0036	11,19	0,35	0,70	328,92	80,59
Rua N.S. da Paz (2)	6,05	5,72	0,0080	14,00	1,10	0,70	305,32	235,09
Rua N.S. da Paz (2)	5,90	5,72	0,0069	13,29	0,84	0,70	310,88	182,80
Rua N.S. da Paz (2)	6,24	5,90	0,0117	12,81	0,75	0,70	314,79	165,27
Rua N.S. da Paz (2)	6,24	6,00	0,0073	11,79	0,21	0,70	323,48	47,55
Rua N.S. da Paz (2)	6,00	5,80	0,0091	10,36	0,05	0,70	336,67	11,78
Rua N.S. da Paz (2)	5,80	5,60	0,0091	11,50	0,23	0,70	326,07	52,50
Rua N.S. da Paz (2)	5,60	5,45	0,0043	13,32	0,87	0,70	310,64	189,18
Rua N.S. da Paz (2)	5,60	5,45	0,0043	13,93	1,56	0,70	305,89	334,03
Rua José Gilberto S. Silva	7,17	7,16	0,0003	10,60	0,04	0,70	334,36	9,36
Rua José Gilberto S. Silva	7,17	6,77	0,0154	10,42	0,07	0,70	336,11	16,47
Rua José Gilberto S. Silva	6,77	6,40	0,0132	10,88	0,13	0,70	331,74	30,19
Rua José Gilberto S. Silva	6,40	5,80	0,0353	11,14	0,15	0,70	329,35	34,58
Rua José Raimundo	7,06	6,48	0,0129	10,73	0,09	0,70	333,13	20,99
Rua José Raimundo	6,48	6,00	0,0155	11,24	0,12	0,70	328,46	27,59
Rua Manoel Henrique (2)	6,46	6,28	0,0064	10,49	0,06	0,70	335,47	14,09
Rua Manoel Henrique (2)	6,39	6,33	0,0030	9,20	0,11	0,70	348,44	26,83
Rua Manoel Henrique (2)	6,33	6,24	0,0043	11,44	0,21	0,70	326,65	48,02

FACULDADE DE ADMINISTRAÇÃO E NEGÓCIOS DE SERGIPE - FANESE CURSO DE ENGENHARIA CIVIL BACHARELADO

Rua Maria Júlia Santos	6,58	6,50	0,0028	10,50	0,04	0,70	335,32	9,39
Rua Maria Júlia Santos	6,50	6,42	0,0030	11,10	0,07	0,70	329,74	16,16
Rua Maria Júlia Santos	6,48	6,42	0,0040	10,26	0,01	0,70	337,71	2,36
Rua Maria Júlia Santos	6,42	6,33	0,0050	11,40	0,10	0,70	326,98	22,89
Rua Manoel Henrique	6,35	6,00	0,0117	10,49	0,02	0,70	335,44	4,70
Rua Manoel Henrique	6,35	6,15	0,0057	10,59	0,05	0,70	334,49	11,71
Rua Manoel Henrique	6,20	6,15	0,0013	11,30	0,13	0,70	327,92	29,84
Rua Manoel Henrique	6,34	6,20	0,0044	11,85	0,24	0,70	322,98	54,26
Rua Manoel Henrique	6,34	6,24	0,0038	12,42	0,29	0,70	318,04	64,56
Travessa B	5,81	5,73	0,0020	10,74	0,06	0,70	333,04	13,99
Travessa B	5,81	5,51	0,0091	11,26	0,12	0,70	328,22	27,57
Praça Melício Machado	6,00	5,90	0,0045	10,37	0,05	0,70	336,57	12,49
Praça Melício Machado	6,00	5,86	0,0045	10,53	0,11	0,70	335,09	25,80
Praça Melício Machado	5,86	5,78	0,0114	10,64	0,15	0,70	334,02	35,07
Praça Melício Machado	5,82	5,78	0,0044	10,80	0,18	0,70	332,53	41,90
Praça Melício Machado	6,39	5,82	0,0168	11,38	0,30	0,70	327,14	68,70
Praça Melício Machado	6,39	5,82	0,0190	11,92	0,39	0,70	322,39	88,01
RUA SEM NOME (3)	6,07	5,90	0,0100	10,29	0,02	0,70	337,42	4,72
Rua Manoel Lotério	6,10	5,88	0,0073	10,50	0,08	0,70	335,35	18,78
Rua Manoel Lotério	5,88	5,72	0,0052	11,03	0,17	0,70	330,41	39,32
Rua Maria do Rosário	6,75	6,71	0,0020	10,35	0,04	0,70	336,79	10,14
Rua Maria do Rosário	6,71	6,64	0,0022	10,91	0,09	0,70	331,46	20,88
Rua Maria F.Cavalcante	6,75	6,69	0,0024	10,44	0,04	0,70	335,97	9,41
Rua Maria F.Cavalcante	6,71	6,58	0,0057	10,83	0,07	0,70	332,27	16,28
Rua D (1)	6,68	6,35	0,0097	10,56	0,07	0,70	334,77	16,40
Rua D (1)	6,35	6,18	0,0121	10,79	0,12	0,70	332,60	27,94
Rua D (1)	6,18	6,11	0,0028	10,79	0,16	0,70	332,63	37,25
Rua D (1)	6,14	6,11	0,0014	10,36	0,05	0,70	336,74	11,79
RUA D (3)	6,40	6,15	0,0100	10,41	0,05	0,70	336,20	11,77
RUA D (3)	6,40	6,04	0,0129	10,46	0,06	0,70	335,77	14,10
Rua Maria A. de Jesus	6,27	6,18	0,0030	11,31	0,31	0,70	327,80	71,13
A. Júlio Cesar	5,62	5,47	0,0038	13,32	0,70	0,70	310,68	152,23
A. Júlio Cesar Leite	5,47	5,35	0,0029	14,03	0,85	0,70	305,11	181,54
A. Júlio Cesar Leite	5,78	5,35	0,0148	14,52	0,98	0,70	301,39	206,76

FACULDADE DE ADMINISTRAÇÃO E NEGÓCIOS DE SERGIPE - FANESE CURSO DE ENGENHARIA CIVIL BACHARELADO

A. Júlio Cesar Leite	5,78	5,60	0,0060	15,03	1,05	0,70	297,65	218,78
A. Júlio Cesar Leite	5,60	5,51	0,0026	15,63	3,64	0,70	293,42	747,63
A. Júlio Cesar Leite	5,51	5,35	0,0145	15,82	3,79	0,70	292,10	774,94
A. Júlio Cesar Leite	5,65	5,35	0,0071	16,54	3,93	0,70	287,23	790,18
A. Júlio Cesar Leite	5,65	5,35	0,0143	16,90	3,97	0,70	284,88	791,67
A. Melício Machado	6,05	5,93	0,0019	13,43	0,71	0,70	309,76	153,95
A. Melício Machado	6,05	5,82	0,0061	14,66	1,86	0,70	300,38	391,09
A. Melício Machado	5,82	5,80	0,0008	15,10	2,25	0,70	297,15	468,01

Fonte: Adaptado pela SERCOL, 2023.

Nota-se um crescimento significativo das vazões nas vias principais (Avenidas Júlio César Leite e Melício Machado) em virtude, principalmente, do aumento de escoamento gerado impermeabilização asfáltica das vias.

Segundo o Método Racional, para as situações de urbanização atual e de pós-desenvolvimento da área de estudo, foram obtidos os volumes de retenção para 10 anos de tempo de retorno e com duração de chuva igual ao tempo de concentração, conforme se observa na Tabelas 3 e 4, respectivamente.

Tabela 3 – Resultados para o período de atual urbanização pelo Método Racional

Parâmetros	Sub-bacia
Coeficiente de escoamento superficial	0,70
Tempo de concentração (min)	35,51
Intensidade de chuva n	102,09
Vazão de projeto	13,80
Volume de retenção	32.948,47

Fonte: Autora (2023)

Tabela 4 – Resultados para o período de pós-desenvolvimento pelo Método Racional

Parâmetros	Sub-bacia
Coeficiente de escoamento superficial	0,91
Vazão de projeto	20,15
Volume de retenção	56.751,69

Fonte: Autora (2023)

**FACULDADE DE ADMINISTRAÇÃO E NEGÓCIOS DE SERGIPE - FANESE
CURSO DE ENGENHARIA CIVIL BACHARELADO**

O volume de retenção encontrado para a situação de pós-urbanização tiveram aumento significativo se comparado com o volume de retenção para a situação atual de urbanização. Esse aumento, que correspondeu a mais de 50%, ocorreu devido à previsão de grande urbanização da área de estudo, adotando-se 95% de área impermeabilizada.

Com relação à disponibilidade de área para a construção dos reservatórios, tanto a área disponibilizada para o reservatório na atual urbanização (0,033 km²) quanto no período pós-desenvolvimento (0,057 km²) são suficientes para implantação dos reservatórios com uma profundidade de 1,2 m (Figura 14). As dimensões do reservatório são apresentadas na Tabela 5.

Tabela 5 – Dimensões do reservatório de Detenção Projetado pelo Método Racional

Dimensões	Reservatório
Área disponível (km²)	0,057 km²
Área do reservatório (km²)	0,033 km²
Profundidade (m)	1,20 m

Fonte: Autora (2023)

Já que os reservatórios serão cobertos, toda a área disponível poderá ser aproveitada para a implantação de áreas de recreação como quadras de esportes, praças e parques, além de possibilitar a manutenção de áreas verdes.

O vertedor retangular de soleira delgada foi projetado a partir da profundidade dos reservatórios e da vazão máxima de saída (01 m³/s), escolhida em função da pequena variação de declividade local. As dimensões do vertedor retangular, assim como suas variáveis, estão apresentadas na Tabela 6.

Tabela 6 – Dimensões do vertedor retangular de soleira delgada

Dimensões	Reservatório
Coeficiente de vazão	0,75
Vazão de saída (m³/s)	1,00
Carga hidráulica sobre a soleira (m)	0,35
Altura do vertedor até a soleira (m)	1,00
Comprimento da soleira (m)	1,96

Fonte : Autora (2023)

Para a verificação da vazão, foi utilizada a fórmula de Manning, conforme se observa na Equação (1).

$$Q = \frac{K \times S^{0,5} \times D^{2,67}}{n}$$

(1)

Sendo Q é a vazão de saída (m³/s), K é o coeficiente de Metcalf & Eddy, S é a declividade (m/m), D é o diâmetro da tubulação (m) e n é o coeficiente de rugosidade de Manning.

Para a verificação da vazão de saída relacionou-se o diâmetro da tubulação de águas pluviais existente e a declividade da bacia. Para obter o valor do coeficiente de Metcalf & Eddy (K) foram utilizados os valores de y/D (80%) e da declividade (0,00047 m/m), sendo determinado na Tabela 5. O coeficiente de rugosidade de Manning para o concreto é de 0,016, conforme se pode observar na figura 17.

Figura 24 – Valores para o coeficiente Metcalf & Eddy “K”.

$\frac{d^h}{D}$	0.00	0.01	0.02	0.03	0.04	0.05	0.06	0.07	0.08	0.09
0.0	0.000047	0.00021	0.00050	0.00093	0.00150	0.00221	0.00306	0.00407	0.00521
0.1	0.00651	0.00795	0.00953	0.0113	0.0131	0.0152	0.0173	0.0196	0.0220	0.0246
0.2	0.0273	0.0301	0.0331	0.0362	0.0394	0.0427	0.0461	0.0497	0.0534	0.0572
0.3	0.0610	0.0650	0.0691	0.0733	0.0776	0.0820	0.0864	0.0910	0.0956	0.1003
0.4	0.1050	0.1099	0.1148	0.1197	0.1248	0.1298	0.1349	0.1401	0.1453	0.1506
0.5	0.156	0.161	0.166	0.172	0.177	0.183	0.188	0.193	0.199	0.204
0.6	0.209	0.215	0.220	0.225	0.231	0.236	0.241	0.246	0.251	0.256
0.7	0.261	0.266	0.271	0.275	0.280	0.284	0.289	0.293	0.297	0.301
0.8	0.305	0.308	0.312	0.315	0.318	0.321	0.324	0.326	0.329	0.331
0.9	0.332	0.334	0.335	0.335	0.335	0.335	0.334	0.332	0.329	0.325
1.0	0.312									

Fonte: Tomaz (2013).

Tabela 7 – Dimensionamento hidráulico para verificação da vazão de saída.

Parâmetros	Dimensionamento hidráulico
Coeficiente de Metcalf & Eddy (K)	0,305
Declividade (m/m)	0,00047
Diâmetro (m)	1,5
Coeficiente de rugosidade de Manning (n)	0,016
Vazão de saída calculada (m/s)	1,13

Fonte: Autora (2023)

Os vertedores foram projetados como medida de segurança, com a função de descarregar o excesso de água do reservatório em casos de chuvas torrenciais. Como a região fica próxima de uma área de mangues, a descarga de água do reservatório dimensionado será através de canal com comporta.

De maneira geral o presente trabalho avaliou a redução do tempo de recorrência de enchentes na área de ao captar o escoamento superficial gerado pela tubulação de drenagem em implantação e destinando a uma bacia de detenção.

Durante a visita in loco observou-se condições geomorfológicas e hidrológicas da bacia, dimensões, declividades, ocupação e cotas de enchentes. Para isso foram utilizados levantamentos topográficos, aerofotogramétricos.

Sintetizando é viável uma implementação de uma bacia de detenção mesmo com o distanciamento em relação as residências , a unidade apresenta, alta visibilidade.

5. CONSIDERAÇÕES FINAIS

Portanto, é crucial para a gestão urbana integrar a coleta de resíduos sólidos com a drenagem urbana para garantir a eficiência de ambos os sistemas. Isso implica em práticas de coleta adequadas, conscientização sobre descarte adequado de resíduos, limpeza regular de bueiros e sistemas de drenagem, além do incentivo à reciclagem e ao reaproveitamento de materiais, visando à minimização dos impactos ambientais e à proteção das cidades contra inundações e outros problemas decorrentes da obstrução do sistema de drenagem urbana.

Por exemplo, se o sistema de esgoto estiver inadequadamente conectado à rede de drenagem pluvial, pode haver transbordamentos de esgoto durante fortes chuvas, contaminando as áreas urbanas e corpos d'água próximos. Isso representa um risco à saúde pública e ao meio ambiente. Portanto, a integração eficiente e correta entre os sistemas de esgotamento sanitário e drenagem urbana é crucial para garantir a saúde e o bem-estar das comunidades urbanas.

Conclui-se, portanto, que dentro do contexto urbano abordado, a prática de implantar bacia de retenção se caracteriza como um avanço na gestão das águas pluviais.

Desta maneira é primordial que na fase de planejamento e projeto desta bacia, esforços sejam feitos para integrar estas unidades com seu entorno, aproveitando estes espaços para suprir demandas de áreas de lazer, parques lineares, entre outros, nos períodos de estiagem, onde esta bacia não estará desempenhando sua função hidrológica.

Referente aos objetivos do estudo de caso, todos foram cumpridos com êxito, uma vez que foi possível realizar a redução de enchentes na área de estudo.

REFERÊNCIA

ASSUNÇÃO, Vitor Rafael de Andrade. **Proposta de Metodologia de Cálculo para Reservatórios de Detenção em Bacias Hidrográficas Urbanizadas**. Dissertação (Mestrado em Engenharia Hidráulica e Saneamento) – Escola de Engenharia. Universidade Federal de São Paulo, 2012.

BAPTISTA, M.; NASCIMENTO, N.; BARRAUD, S. **Técnicas Compensatórias em Drenagem Urbana**. 2ª Edição Porto Alegre: Associação Brasileira de Recursos Hídricos (ABRH), 2015, 318 p.

BRITO A. J; Conserva C. S.; Araújo, C. B.; Lavinhas, E. C.; Andrade, L. M. S. **Expansão urbana e drenagem: análise das soluções propostas para manejo de águas pluviais em região produtora de água na bacia do Paranoá, DF**. In: Revista Gestão & Sustentabilidade Ambiental., Florianópolis, v. 9, p. 588-605, fev.2020.

CALDEIRA, L.A. C, LIMA, D.P. **Drenagem urbana: uma revisão de literatura**. Engineering Sciences, v.8, n.2, p.5.2020.

CANHOLI, A. P. **Drenagem urbana e controle de enchentes**. 2ª edição ampliada e atualizada. Editora Oficina de Textos. São Paulo. 2014.

CANHOLI, A. P. **Drenagem Urbana e Controle de Enchentes**. São Paulo: Oficina de Textos, 2005. 302 p.

CURITIBA. **Plano Diretor da Região Metropolitana de Curitiba**. Relatório.Manual de Drenagem Urbana da Região Metropolitana de Curitiba. Curitiba-PR, 2002.30f.

COSTA, G. A. M. **Viabilidade da construção de um sistema de drenagem por meio do método racional no meio urbano de São Luís: estudo de caso da Avenida dos Africanos**. Trabalho de Conclusão de Curso (Bacharelado em Engenharia Civil), São Luís, 2018.

FACULDADE DE ADMINISTRAÇÃO E NEGÓCIOS DE SERGIPE - FANESE CURSO DE ENGENHARIA CIVIL BACHARELADO

DNIT. Departamento Nacional de Infraestrutura de Transportes. **Manual de drenagem de rodovias**. Publicação IPR-719.3. Ed. Rio de Janeiro, 2006b.

DNIT. **Manual de hidrologia básica para estruturas de drenagem**. Rio de Janeiro, 2005.

FONSECA, P. L. da; NASCIMENTO, E. A. do; LONGO, O. C. **Gestão ambiental de bacias hidrográficas: medidas não convencionais no controle de cheias urbanas – principais aspectos, considerações e ações integradas**, in XIII Simpósio de Engenharia de Produção, Bauru, 2006.

FONSECA, Pedro Luís Lanzillotta Da. **Resiliência Urbana Associada aos Sistemas de Drenagem Sustentáveis: Técnicas compensatórias em manejo de águas Pluviais**. 2023. 34f. Dissertação – Universidade Estadual Paulista Júlio de Mesquita Filho, Bauru, 2023.

GONÇALVES, Luan Serafim Mendes. **Desenvolvimento de ferramenta para simulação de dispositivos de drenagem urbana sustentável utilizando eventos de chuva característicos**. 2022. 25f. Tese – Universidade Federal de São Carlos, São Carlos, 2022.

GOOGLE EARTH. [ARCAJU/SE]. Acesso em: 10/10/2023.

GOUVEIA, Mariana Aparecida de Oliveira. **Asfalto Drenante proporções granulométricas e aplicabilidade**. 2019. 15 f. Trabalho de Conclusão de Curso – Instituto Federal Goiano – Campus Rio Verde. 2019. acesso: 10/10/2023 – 18:58

HÖLTZ. Fabiano da Costa. **Uso de concreto permeável na drenagem urbana: Análise da viabilidade técnica e do impacto ambiental**. Dissertação (Mestrado em Engenharia Civil) – Escola de Engenharia. Universidade Federal do Rio Grande do Sul, Porto Alegre. 2011. 138f.

INSTITUTO BRASILEIRO DE GEOGRAFIA E ESTATÍSTICA. **População Estimada de Aracaju**. Rio de Janeiro: IBGE, 2021.

FACULDADE DE ADMINISTRAÇÃO E NEGÓCIOS DE SERGIPE - FANESE CURSO DE ENGENHARIA CIVIL BACHARELADO

MACHADO, O. J; POLEZA, M. M. **Medidas estruturais e não estruturais implementadas para minimizar impactos com as inundações no município de Taió.** UNIDAVI - Centro Universitário do Alto Vale do Itajaí, 2017.

MOURA, P. M. **Contribuição para a Avaliação Global de Sistemas de Drenagem Urbana.** Dissertação (Mestrado) – Universidade Federal de Minas Gerais. Belo Horizonte, 2004.

NAKAZONE, L. M. **Implantação de reservatórios de retenção em conjuntos habitacionais: a experiência da CDHU.** Dissertação (Mestrado) – Escola Politécnica da Universidade de São Paulo. São Paulo, 2005

PERONI, Carolina Sulzbach Lima. **Avaliação de bacias de retenção na gestão de águas pluviais em Araraquara, SP.** Dissertação (Pós- Graduação em Engenharia Urbana) – Escola de Engenharia. Universidade Federal de São Carlos ,São Paulo 2018.

REVISTA BRASILEIRA DE CLIMATOLOGIA. **A Relação Clima /Tempo e Dengue no Espaço Urbano de Aracaju/Se.** Aracaju, 2022.

SERGIPE. SECRETARIA DE ESTADO DA SAÚDE. **Arboviroses em Sergipe, 2015 - 2016.** Diretoria de Planejamento. Secretaria de Estado da Saúde: Aracaju, 2017. 19 p.

TUCCI, C. E. M.; GENZ, F. **Controle do impacto da urbanização.** In: TUCCI, C. E. M.; PORTO, R. La L.; BASTOS, M. T. **Drenagem Urbana.** Porto Alegre: ABRH, 2015. p. 277-343