

INSTITUTO FEDERAL DE EDUCAÇÃO, CIÊNCIA E TECNOLOGIA DE SERGIPE

CAMPUS ARACAJU

DIRETORIA DE ENSINO

COORDENADORIA DE ENGENHARIA CIVIL

CURSO DE BACHARELADO EM ENGENHARIA CIVIL

GRACE KELLY SANTOS FERREIRA

**ANÁLISE DA IMPLEMENTAÇÃO DE DISPOSITIVOS SUSTENTÁVEIS NO
CENTRO DA CIDADE DE ARACAJU, NA AVENIDA COELHO E CAMPOS E NA
RUA DOM QUIRINO, PARA REDUZIR A VAZÃO AFLUENTE A DOIS CANAIS DE
DRENAGEM URBANA.**

MONOGRAFIA

ARACAJU/SE

2023

GRACE KELLY SANTOS FERREIRA

**ANÁLISE DA IMPLEMENTAÇÃO DE DISPOSITIVOS SUSTENTÁVEIS NO
CENTRO DA CIDADE DE ARACAJU, NA AVENIDA COELHO E CAMPOS E NA
RUA DOM QUIRINO, PARA REDUZIR A VAZÃO AFLUENTE A DOIS CANAIS DE
DRENAGEM URBANA.**

Monografia apresentada como requisito parcial
à obtenção do título de Bacharel, da
Coordenação do Curso de Engenharia Civil, do
Instituto Federal de Sergipe – Campus Aracaju.

Orientador(a): Profa. Msc Louise Francisca
Sampaio Brandão

ARACAJU/SE

2023

Ficha Catalográfica elaborada pela Bibliotecária: Elizabete T. Ramos - CRB-5/1028.
Dados fornecidos pelo(a) autor(a).

Ferreira, Grace Kelly Santos

F383a Análise da Implantação de Dispositivos Sustentáveis no Centro da Cidade de Aracaju, na Avenida Coelho e Campos e na Rua Dom Quirino, para reduzir a Vazão do Afluente a Dois Canais de Drenagem Urbana. Aracaju/SE. / Grace Kelly Santos Ferreira. – Aracaju, 2023.

93 f. : il.

Orientador: MSc. Louise Francisca Sampaio Brandão. Monografia (Graduação - Engenharia civil) - Instituto Federal de Sergipe, 2023.

1. Sistemas Sustentáveis. 2. Drenagem Urbana. 3. Canal Coelho e Campo e Dom Quirino. 4. Pavimento Permeável. I. Brandão, Louise Francisca Sampaio. II. Título.

CDU 624.1

INSTITUTO FEDERAL DE EDUCAÇÃO, CIÊNCIA E TECNOLOGIA DE SERGIPE

CAMPUS ARACAJU

CURSO DE BACHARELADO EM ENGENHARIA CIVIL

TERMO DE APROVAÇÃO

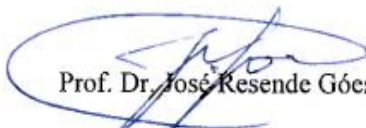
Título da Monografia Nº 276

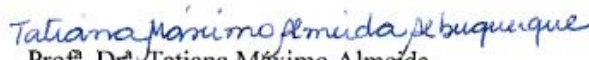
**ANÁLISE DA IMPLEMENTAÇÃO DE DISPOSITIVOS SUSTENTAVEIS NO
CENTRO DA CIDADE DE ARACAJU, NA AVENIDA COELHO E CAMPOS E NA
RUA DOM QUIRINO, PARA REDUZIR A VAZÃO AFLUENTE A DOIS CANAIS DE
DRENAGEM URBANA**

GRACE KELLY SANTOS FERREIRA

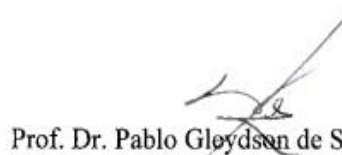
Esta monografia foi apresentada às 08h30 do dia 08 de Janeiro de 2024 como requisito parcial para a obtenção do título de BACHAREL EM ENGENHARIA CIVIL. O candidato foi arguido pela Banca Examinadora composta pelos professores abaixo assinados.

Após deliberação, a Banca Examinadora considerou o trabalho aprovado.


Prof. Dr. José Resende Góes
(IFS – Campus Aracaju)


Prof. Dr. Tatiana Máximo Almeida
Albuquerque
(IFS – Campus Aracaju)


Prof. M.Sc. Louise Francisca Sampaio
Brandão
(IFS – Campus Aracaju)
Orientador


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

AGRADECIMENTOS

Agradeço a Deus por me dar discernimento e encorajamento nas minhas escolhas, e me guiar nessa longa trajetória.

A Minha mãe e ao meu Pai, por tudo que fizeram por mim até hoje, por sempre me apoiarem e me incentivarem em minhas escolhas nunca permitindo que eu desistisse. Ao meu irmão por sempre estar ao meu lado.

À minha orientadora Louise Francisca Sampaio Brandão, por toda a disponibilidade e orientação, que permitiram a realização e conclusão desse trabalho.

E a todos que estiveram do meu lado de forma direta ou indireta, na busca para a realização desse sonho.

RESUMO

FERREIRA, Grace Kelly santos. **ANÁLISE DA IMPLEMENTAÇÃO DE DISPOSITIVOS SUSTENTÁVEIS NO CENTRO DA CIDADE DE ARACAJU, NA AVENIDA COELHO E CAMPOS E NA RUA DOM QUIRINO, PARA REDUZIR A VAZÃO AFLUENTE A DOIS CANAIS DE DRENAGEM URBANA.** 93 folhas, Monografia (Bacharelado em Engenharia Civil) – Instituto Federal de Educação, Ciência e Tecnologia de Sergipe – Campus Aracaju. 2023.

A impermeabilidade do solo em áreas urbanas é um dos principais fatores de alagamento. O que torna os sistemas de drenagem sustentáveis uma opção relevante pra minimizar esse tipo de problema. A sustentabilidade é muito falada no século XXI, porém muitos desconhecem o seu uso para reduzir o volume do sistema drenante convencional. Dentre os dispositivos mais usados encontram-se o pavimento permeável, o jardim de chuva, a vala de infiltração, dentre outros que compõe os sistemas drenantes sustentáveis. Este trabalho tem como objetivo analisar a implantação dos dispositivos de drenagem sustentáveis em um projeto de drenagem tradicional, realizando dimensionamentos, e estimativa de custo e prazo. Foi usado como metodologia a análise quantitativa e softwares de desenho gráfico como Autocad, orse entre outros que ajudaram no levantamento de informações para realização dos cálculos e levantamento de custo e prazo. Diante das informações obtidas com o projeto dos canais da avenida Coelho e Campos e rua Dom Quirino, foi possível obter as área de implementação dos dispositivos drenantes. Assim foi concluído que os dispositivos têm a capacidade de armazenar um volume de 529,44 m³ de água com um custo de implementação para o jardim de chuva de R\$: 219,61/m² e para o pavimento permeável R\$: 201,52/m², com um período de execução de 1 mês e 15 dias para o jardim de chuva e 13 meses e meio para o pavimento permeável. Esse volume pode ser infiltrado no solo e, dessa forma, o porte dos canais poderia ser reduzido caso o projeto contemplasse a inserção desses dispositivos sustentáveis na área de estudo.

Palavras-chaves: Sistemas sustentáveis; drenagem urbana; canal Coelho e Campo e Dom Quirino, jardim de chuva; pavimento permeável.

ABSTRACT

FERREIRA, Grace Kelly Santos. ANALYSIS OF THE IMPLEMENTATION OF SUSTAINABLE DEVICES IN THE CENTER OF THE CITY OF ARACAJU, ON AVENIDA COELHO E CAMPOS AND RUA DOM QUIRINO, TO REDUCE THE FLOW FLOW INTO TWO URBAN DRAINAGE CHANNELS. 93 pages, Monograph (Bachelor's Degree in Civil Engineering) – Federal Institute of Education, Science and Technology of Sergipe – Aracaju Campus. 2023.

Soil impermeability in urban areas is one of the main factors for flooding. Which makes sustainable drainage systems a relevant option to minimize this type of problem. Sustainability is much talked about in the 21st century, but many are unaware of its use to reduce the volume of the conventional drainage system. Among the most used devices are permeable pavement, rain gardens, infiltration ditches, among others that make up sustainable drainage systems. This work aims to analyze the implementation of sustainable drainage devices in a traditional drainage project, carrying out sizing, and estimating costs and deadlines. Quantitative analysis and graphic design software such as Autocad, orse, among others, were used as a methodology that helped in gathering information to carry out calculations and survey costs and deadlines. Given the information obtained with the project of the channels on Avenida Coelho e Campos and Rua Dom Quirino, it was possible to obtain the implementation areas of the drainage devices. Thus, it was concluded that the devices have the capacity to store a volume of 529.44 m³ of water with an implementation cost for the rain garden of R\$: 219.61/m² and for the permeable pavement R\$: 201.52 /m², with an execution period of 1 month and 15 days for the rain garden and 13 and a half months for the permeable pavement. This volume can be infiltrated into the soil and, in this way, the size of the channels could be reduced if the project included the insertion of these sustainable devices in the study area.

Keywords: Sustainable systems; urban drainage; Coelho e Campo and Dom Quirino channel, rain garden; permeable pavement.

LISTA DE GRAFICOS

Gráfico 01: Crescimento Populacional	19
Gráfico 02: Processo do Ciclo Hidrológico	24
Gráfico 03 :Constituição de Uma Bacia de Retenção.	48
Gráfico 04: Rede de atividade do pavimento permeável	81
Gráfico 05: Rede de atividade do Jardim de Chuva	84

LISTA DE SIGLAS

C.C	Coelho e Campos
D.Q.	Dom Quirino
ORSE	Sistema de Orçamento de Obras de Sergipe
PEAD	Polietileno de alta densidade
PERT	Técnica de Avaliação e Revisão de Programas
SINAPI	Sistema Nacional de Pesquisa de Custo e Índice da Construção Civil

LISTA DE FIGURAS

Figura 01: Divisor Topográfico de Canais em Uma Bacia Hidrográfica.....	25
Figura 08: Tubo de PEAD	29
Figura 09: Galerias pré- moldadas	29
Figura 10: Camadas que Compõem do Pavimento Permeável.....	35
Figura 11: Tipos de Blocos Permeáveis	38
Figura 12: Escavação do poço	41
Figura 13: Calha da Cobertura	41
Figura 14: Instalação dos Anéis	41
Figura 15: Colocação da Manta	42
Figura 16: Colocação da Brita	42
Figura 17 e 18 Condutores Verticais e Horizontais	42
Figura 19: Tampa de Concreto.....	43
Figura 20: Corte do Poço de Infiltração	43
Figura 21: Trincheira de Infiltração e Seus Componentes.....	44
Figura 22: Trincheira de Infiltração	46
Figura 23: Bacia de Retenção	47
Figura 24: Classificação das Bacias.....	49
Figura 25: Plano de Implementação de Maputo	51
Figura 26: Bacia de retenção da Praça Niterói/RJ.....	52
Figura 27: Camadas do jardim de chuva.....	53
Figura 28: Retirada da cobertura inicial e escavação.....	55
Figura 29: Instalação das peças de concreto	55
Figura 30: Concretagem das áreas de entrada e saída	56
Figura 31: Preparação do Solo.....	56
Figura 32: Faixa filtrante em zona urbana	57
Figura 33: Sarjetas e Calçada Drenante	57
Figura 34: Vala de Infiltração.....	59
Figura 36: Alagamento na Avenida Coelho e Campos.....	61
Figura 37: Avenida Coelho e Campos.....	61
Figura 38: Estacionamento.....	63
Figura 39: Praça de Eventos.....	63
Figura 40: Calçada Coelho e Campos	63

Figura 41:Calçada Coelho e Campos	63
Figura 42; Calçada Dom Quirino	63
Figura 43:Área 01.....	67
Figura 44: Área 02.....	67
Figura 45:Calçada Dom Quirino	67
Figura 46:Área 03.....	67
Figura 48:Camada Porosa Reservatório de Água.....	72
Figura 49: Camada Porosa Reservatório de Água.....	72
Figura 50: Espessura da camada de brita da rua Coelho e Campos	76
Figura 51: Espessura da camada de brita da rua Dom Quirino.....	77

LISTA DE TABELAS

Tabela 01: Medidas Estruturais.....	30
Tabela 02: Granulométrica.....	36
Tabela 03: Legislação sobre poços de infiltração no Brasil.....	40
Tabela 04: Técnica compensatório e nível de importância.....	58
Tabela 05: Áreas de projeto do pavimento permeável	63
Tabela 06: Parâmetro da equação IDF	67
Tabela 07: Volume Máximo em Lâmina de Água.....	71
Tabela 08: Lâmina de água e volume do reservatório	72
Tabela 09: Áreas e dimensões do jardim de chuva.....	73
Tabela 10: Intensidade e precipitação para cidade de Aracaju	73
Tabela 11: Vazão máxima de entrada.....	74
Tabela 12: Volume de entrada em função do tempo.....	74
Tabela 13: Volume de saída do reservatório.....	75
Tabela 14: Volume armazenado pelo jardim de chuva	75
Tabela 15: Dados para o cálculo da camada de brita	76
Tabela 16: Espessura da camada de brita.....	76
Tabela 17: Custo para Execução do Pavimento Permeável	77
Tabela 18: Custo para Execução do Jardim de chuva	78
Tabela 19: Prazo para Pavimento Permeável Elaborada Através do ORSE.....	80
Tabela 20: Lista de Atividades	81
Tabela 21: Prazo para Jardim de Chuva Elaborada Através do ORSE.....	82
Tabela 22 :Lista de Atividades	83

SUMÁRIO

1.0 INTRODUÇÃO	15
2.0 OBJETIVO.....	17
2.1 Objetivo Geral	17
2.2 Objetivos Específicos	17
3.0 REVISÃO BIBLIOGRÁFICA	18
3.1 O Impacto da Urbanização no Escoamento Superficial e o Ciclo Hidrológico.....	18
3.1.1 - Urbanização e a Drenagem Urbana.....	19
3.1.2 Microdrenagem.....	20
3.1.3 Macrodrenagem	21
3.1.4 Problemas Decorrentes da Urbanização	22
3.1.5 Bacias Hidrográficas.....	24
3.2 Elementos de um Sistema de Drenagem Urbana	25
3.2.1 Guias	26
3.2.2. Sarjeta	26
3.2.3 Boca de Lobo	27
3.2.4 Tubulações de Ligação	28
3.2.4.1 Tubo de Concreto Armado	28
3.2.4.2 Tubos de Polietileno de Alta Densidade (PEAD).....	28
3.2.5 Galeria.....	29
3.3 Medidas de Controle Estruturais e Não Estruturais.....	30
3.4 Sistemas de Drenagem Sustentável	31
3.4.1 Pavimento Permeável	32
3.4.1.1 - Pavimento de Concreto Permeável.....	36
Preparação do Subleito	36
Procedimento de Mistura.....	37
Transporte:	37
Lançamento:.....	37
3.4.1.2 - Pavimento de Asfalto Poroso	37
3.4.1.3 - Pavimento de Bloco de Concreto Vazado	38
3.4.1.4 - Vantagens e Desvantagens de Um Pavimento Permeável	39
3.4.2 - Sistemas de Infiltração	39
3.4.2.1 - Poços de Infiltração.....	40

3.4.2.2 - Trincheira de Infiltração.....	44
3.4.2.3 - Bacias de Retenção	47
3.4.2.4 - Bacias de Detenção	49
Bacias abertas.....	51
Bacias Subterrâneas	52
3.4.2.5 - Jardim de Chuva	52
3.4.2.6 - Valas de Infiltração.....	57
4- METODOLOGIA	60
4.1- Área de estudo.....	60
4.2- Ferramentas Utilizadas Para Levantamento de Dados.....	61
4.2.1 Software	61
4.2.3 Projeto de drenagem	62
4.3 Definições da área de estudos e dos dispositivos sustentáveis implementados ..	62
4.4 Dimensionamento do Pavimento Permeável.....	62
Intensidade de precipitação.....	64
Curva de afluente	64
Volume máximo de armazenamento	65
4.5 Dimensionamentos do Jardim de Chuva.....	66
Intensidade de Precipitação	67
Vazão Máxima.....	68
Volume de Entrada.....	68
Volume de Saída.....	68
Camada de armazenamento	69
4.6 Estimativa de custo	70
4.7 Estimativa de prazo	70
5.RESULTADOS E DISCURSSOES.....	71
5.1 Pavimento Permeável	71
5.2 Jardim de chuva	73
Intensidade e precipitação.....	73
Volume de entrada.....	74
Volume de saída	74
Volume retido	75
Camada de armazenamento	75
5.3 Estimativa de Custo e Prazo	77
Estimativa de Prazo	80

6- CONCLUSÃO	85
7.0 REFERÊNCIA BIBLIOGRÁFICA	87

1.0 INTRODUÇÃO

De acordo com dados do IBGE de 2022, cerca de 61% da população brasileira vive em áreas urbanas, um dos fatores que propiciam essa porcentagem é a busca por melhores oportunidades de emprego e uma melhor condição de vida. A diminuição das áreas permeáveis em centros urbanos é consequência desse elevado número de habitantes.

O resultado obtido com essa impermeabilidade, são os alagamentos que costumam assolar as áreas urbanas, uma das soluções viáveis para as consequências desta falta de permeabilidade do solo, são os dispositivos de drenagem sustentável. Apesar de algumas destas soluções serem de fácil e rápida execução, muitos ainda tem uma grande resistência na sua aplicação.

Segundo Mendes e Santos (2022), apenas uma pequena parcela dos municípios brasileiros adota algum tipo de solução sustentável de drenagem urbana. Destes apenas 23,4 % apresentam algum tipo de drenagem sustentável, dos quais 280 municípios declaram ter parques lineares e somente 174 realizaram cadastros dos dispositivos de retenção ou detenção.

Mesmo o nome sustentabilidade estando cada vez mais presente na vida da população, muitos desconhecem a existência dos dispositivos de drenagem sustentáveis. Dessa forma se faz necessária uma abordagem maior sobre esse tema, para que se tenha uma aplicação cada vez mais frequente.

Segundo Silvia e Pinheiro (2023), a definição de sustentabilidade se tornou um padrão mundial sofrendo apenas algumas variações. A definição consiste em considerar que uma comunidade é sustentável, quando atinge sua necessidade de forma que as futuras gerações também as façam. Da mesma forma que o processo de agrupamento humano não possa interferir no ciclo da natureza.

Neste contexto, como medida para preservar o escoamento natural, foram desenvolvidas algumas técnicas de drenagem sustentável, com o intuito de diminuir a vazão e aumentar o controle de escoamento. Dessa forma essas medidas foram chamadas de técnicas compensatórias de drenagem sustentável.

O pavimento permeável, a trincheira de infiltração, as bacias, valas de infiltração e o jardim de chuva são alguns dispositivos de drenagem sustentáveis que são mais utilizados, que se baseiam na detenção, retenção, interceptação e infiltração das águas pluviais.

Dessa forma, este trabalho apresenta um estudo sobre a execução de dois dispositivos de drenagem sustentável, sendo um pavimento permeável e um jardim de chuva como alternativa para minimizar a vazão de drenagem a ser captada, minimizando o porte dos canais que serão construídos na avenida Coelho e Campos e na rua Dom Quirino na cidade de Aracaju-SE, para solucionar problemas de alagamentos que são recorrentes na região.

2.0 OBJETIVO

2.1 Objetivo Geral

- Analisar sob o ponto de vista técnico e econômico a proposta de implantação de elementos de drenagem sustentável em um projeto de drenagem convencional e seus efeitos significativos.

2.2 Objetivos Específicos

- Calcular a redução de vazão suprimida da rede de drenagem com a implantação, no projeto original, de elementos de drenagem sustentável;
- Realizar levantamento de custo para implementação do jardim de chuva e pavimento permeável;
- Estimar a economia gerada com a implantação desses elementos em termos financeiros;
- Comparar o projeto de drenagem convencional com elementos sustentáveis em termo de eficiência, custo e tempo de construção de obras.

3.0 REVISÃO BIBLIOGRÁFICA

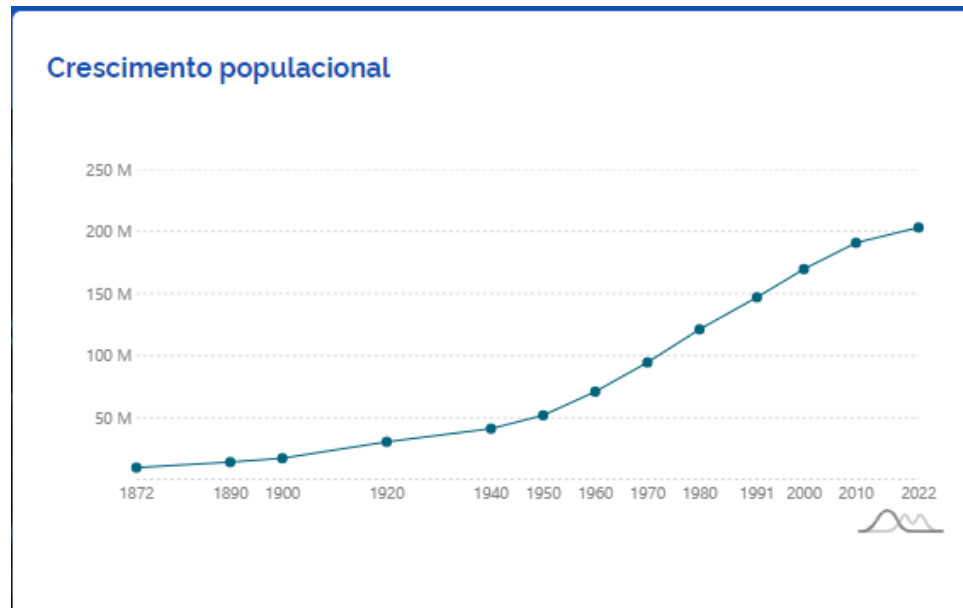
3.1 O Impacto da Urbanização no Escoamento Superficial e o Ciclo Hidrológico

Segundo Canholi (2005), a grande intensificação de áreas urbanas é uma questão que vem sendo observada durante alguns anos no Brasil e em outros países. Uma característica que detém grande observação, é que o crescimento acontece em áreas baixas e próximas a rios, várzeas e a beira mar, pois essas áreas contribuem como fonte de alimento, transporte e para outras atividades que direcionam o desenvolvimento e crescimento populacional.

De acordo com os dados do IBGE, em 2022 a população brasileira obteve um aumento em relação a 2010 de 6,5% na sua população. Os centros urbanos são pontos onde a população e os empreendedores costumam instalar os seus empreendimentos, o que proporciona as capitais se tornarem centro de decisões políticas, econômicas e culturais.

Em 2022, foi obtido através do censo do IBGE uma estimativa de que no Brasil há 124,1 milhões de pessoas vivendo em zonas urbanas e em arranjos populacionais. Os arranjos são formados por municípios que tem grande integração, geralmente são bem conturbados, e essas aglutinações formam unidades espaciais como a grande São Paulo, que tem um núcleo de concentração urbana de 37 municípios. O crescimento populacional ocorrido em 12 anos, resultou em um aumento da população urbana de 9,2 milhões de habitantes, e um crescimento no Brasil de 12,3 milhões.

No Gráfico 1 abaixo é possível ver que o crescimento ocorre acentuadamente a partir do ano de 1950. A cada dez anos é feita uma pesquisa no país que mede o crescimento dos seus habitantes. A partir de 1950, a taxa populacional sempre foi crescente, e nesta mesma década, a população era de aproximadamente 50 milhões, no ano de 2022 essa porcentagem teve um aumento de no mínimo 400% em 72 anos.

Gráfico 01: Crescimento Populacional

Fonte: IBGE (2023)

Segundo o Instituto Brasileiro de Geografia e Estatística (2022), as cidades de São Paulo, Brasília e o Amazonas tiveram um grande aumento em sua população, porém, na última coleta de dados realizada pelo instituto em 2022, foram constatados um dos menores aumentos anuais da população, aproximadamente 0,52% anual.

Atualmente, milhões de pessoas ainda vivem nas áreas rurais, porém, foi constatado que as áreas urbanas ainda ocupam a maior porcentagem populacional, confirmando que o êxodo rural ainda é muito alto, o que aumenta o crescimento urbano, fazendo com que as cidades cresçam e consequentemente haja um aumento das zonas impermeabilizadas, elevando a probabilidade de alagamento e diminuindo o escoamento das águas pluviais.

3.1.1 - Urbanização e a Drenagem Urbana

De acordo com Trancoso et. al. (2022), antes da drenagem ser implementada nas áreas urbanas o sistema era exclusivamente composto por valas a céu aberto que atravessavam as ruas para impedir que a água ficasse empossada. Com o passar do tempo, foi observada uma necessidade de melhoras neste sistema e foi concebida a ideia de construir dutos cobertos. No início os dutos eram feitos de bloco de argila cozido e cimento com barro.

No século XIX, a humanidade passou por uma grande evolução com a chegada das indústrias; as fábricas começaram a crescer e as pessoas em busca de trabalho e de uma condição de vida melhor, começaram a migrar do campo para cidades. A partir deste avanço os centros das cidades, onde geralmente ficavam as fábricas, começaram a aumentar o consumo e o descarte de água nas ruas.

Esse êxodo para os centros ocasionou um aumento exacerbado da população para as capitais que, com a pouca estrutura dos sistemas de drenagem acabou culminando em alagamentos e enchentes.

Assim de acordo com Lima (2008):

“A civilização moderna é caracterizada por alta demanda de água. A quantidade de água necessária para o sustento da vida, apenas, é relativamente pouca. Mas mesmo nas sociedades mais simples as pessoas precisam de uma quantidade adicional de água para se lavar, preparar alimentos etc. Nos tempos passados, o consumo "per capita" diário, considerando todos os usos, inclusive a água de beber, era de cerca de 12 - 20 litros. Atualmente, o consumo doméstico "per capita" é de aproximadamente 300 litros por dia. Computados todos os fatores de produção (uso doméstico, irrigação, industrial, na agricultura etc.) o consumo gira ao redor de 15.000 litros por pessoa por dia. A demanda de água aumenta com o aumento de população e com a melhoria do padrão de vida.”

Desta forma, os sistemas de drenagem começaram a sentir os efeitos do crescimento populacional desordenado e acelerado. E cada vez mais há a necessidade de novas ampliações dos sistemas que geralmente não conseguem acompanhar o desenvolvimento das cidades.

3.1.2 Microdrenagem

A drenagem urbana é dividida em microdrenagem e macrodrenagem; e a junção destes dois sistemas compõem a drenagem urbana convencional que é conhecida no Brasil e em outros países.

A microdrenagem é a base do sistema de drenagem convencional, e é formada pela união de vários elementos que o compõem, dentre eles guias, sarjetas, boca de lobo, tubos de ligação, caixas de passagem, sarjentões, poços de visita, galerias. Todos esses elementos têm a função de levar a água pluvial para os canais retirando o fluido das ruas, impedindo enchentes e alagamentos. Cada elemento da

microdrenagem tem sua característica definida para que esse o sistema seja funcional e eficiente.

Entretanto, alguns impedimentos acabam diminuindo a eficiência destes elementos, como o descarte de lixo de forma inadequada, que é um dos principais fatores que acaba impossibilitando que o sistema atinja a sua eficiência total. Muitas vezes o problema das ruas alagadas não é causado pelo sistema de drenagem existente, mas sim pelo entupimento dos elementos drenantes pela presença de resíduos sólidos urbanos e a manutenção inadequada.

“A microdrenagem aplica-se a áreas onde o escoamento natural não é bem definido e, portanto, acaba sendo determinado pela ocupação do solo. Em uma área urbana, a microdrenagem é essencialmente definida pelo traçado da rua. (Tucci,2009).”

De acordo com a Funasa (2004), a microdrenagem é definida como um sistema de condutos pluviais para uma rede de um loteamento ou de rede primaria de drenagem urbana, que ocupa um espaço urbano por uma forma artificial de assentamento. São formados por:

- Boca de Lobo: Dispositivos para captação de águas pluviais, captadas através das sarjetas;
- Sarjetas: Elemento de drenagem localizados nas vias públicas, que escoam pelas calhas, elas são as condutoras das águas pluviais;
- Poço de Visita: Dispositivos localizados em pontos estratégicos do sistema de drenagem que permitirá mudanças de direção, declividade, diâmetro e limpeza da canalização;
- Tubos de Ligação: São condutores de águas pluviais.

3.1.3 Macrodrenagem

A macrodrenagem é um conjunto de obras que busca melhorar as condições de escoamento de forma a atenuar os problemas de erosões, assoreamento e inundações ao longo das principais valas. Ela também é responsável pelo escoamento final das águas, a qual pode ser formada por canais naturais ou artificiais, galerias de grandes dimensões e estruturas auxiliares.

“Segundo Tucci (2009), caracteriza a macrodrenagem os escoamentos em fundo de valas que normalmente são bem definidos mesmo que não correspondam a um curso de água perene. Essas bacias possuem área de pelo menos 5 km², dependendo da cidade e do grau de urbanização.”

Segundo Tominaga (2003), a microdrenagem é a rede primaria onde é coletada a água pluvial, já a macrodrenagem é o sistema que recebe toda a água que vem da rede de microdrenagem e os seus principais elementos são os canais abertos e fechados. Para que o escoamento da água corra o percurso previsto vários meios devem ser calculados e analisados para que o sistema de drenagem das águas pluviais urbanas ocorra conforme foi projetado.

A macrodrenagem tem maior dimensão, e recebe as águas pluviais que são direcionadas pelo microssistema de drenagem. No sistema macro a água tem um escoamento bem definido, mesmo que não tenha um curso de água perene, tem como função evitar as enchentes das cidades com a construção dos seus dispositivos de detecção, reservatórios de águas pluviais, barramentos e canalizações.

3.1.4 Problemas Decorrentes da Urbanização

O aumento do crescimento populacional desordenado vem acompanhado de uma urbanização sem controle. A falta de planejamento urbano e o acúmulo de lixo nos canais, são causas de um sistema de drenagem ineficiente, que culmina em alagamentos e enchentes nos centros urbanos. Assim, para Goncalves, Baptista e Ribeiro (2016), o aumento populacional urbano tem como um dos seus principais resultados o aumento no número de áreas impermeabilizadas; Como consequência, as águas pluviais que precipitam nas áreas urbanas acabam percorrendo outros destinos para o seu escoamento, o que acarreta mudanças no ciclo hidrológico natural. Para tentar deter os impactos têm se aplicado manejos sustentáveis para mitigar os efeitos impermeabilizantes aplicados em áreas de escoamento.

Os sistemas de drenagem sustentáveis podem minimizar os problemas existentes nas áreas urbanas. O principal objetivo da implementação desses sistemas é aumentar tanto a permeabilidade do solo, quanto a velocidade de escoamento, diminuindo assim, os picos de vazões e reduzindo o tempo de concentração.

Para Canholi (2005), o uso de forma desordenada do solo acaba diminuindo a capacidade de absorção dos fluidos, o que resulta na busca da água por outros

caminhos. Como tentativa de solucionar esses desvios, são feitas outras obras de drenagem que tem o objetivo de aumentar a velocidade de escoamento.

“Com a impermeabilização do solo por meio de telhados, ruas, calçadas e pátios, a água que antes infiltrava, passa a escoar pelos condutos, aumentando o escoamento superficial. O volume que escoava lentamente pela superfície do solo e ficava retido pelas plantas, pelos efeitos da urbanização, passa a escoar através de superfícies impermeáveis, condutos e canais, exigindo maior capacidade de escoamento e aumento das seções e declividade do conduto ou canal. Tucci (2005).”

Segundo Tucci (2005), com o aumento da urbanização são encontradas algumas mudanças no ciclo hidrológico:

- Diminuição da infiltração no solo;
- Aumento no escoamento e consequentemente aumento de acúmulo de água na superfície;
- Diminuição do lençol freático
- Diminuição da evapotranspiração.

A impermeabilização também causa impacto no ciclo hidrológico devido a cobertura da vegetação que afeta o processo de evapotranspiração do solo. Segundo Lima (2008) a hidrologia estuda a água em todas as suas formas, sobre e sob a superfície terrestre, incluindo sua distribuição, circulação, comportamento, propriedades físicas e químicas, e suas reações com o meio.

Na prática, a hidrologia para a engenharia é utilizada para a coleta de dado, planejamento, gerenciamento e gestão. Estes elementos são analisados e são feitos estudos que consistem em elaboração de mapas, cartas e realização de levantamentos. Desta forma é feita a aplicação de fórmulas e modelos para solucionar os problemas existentes e os futuros que consequentemente venham a aparecer.

Segundo Tucci (2009) o aumento da população mundial tanto urbana quanto rural, e o desenvolvimento socioeconômico e o aumento do padrão de vida da população, aumentará o volume e demanda por água e alimentos e o uso de energia nas cidades. Assim em 2050 a população ultrapassará 9 bilhões de habitantes. Ao passar do tempo a hidrologia se torna uma importante fonte de estudo e pesquisa e

principalmente de preservação da natureza para que o ciclo nunca seja interrompido conforme o gráfico abaixo:

Gráfico 02: Processo do Ciclo Hidrológico



Fonte: Adaptação de LIMA (2008)

O conhecimento do ciclo hidrológico e a identificação da bacia hidrográfica onde a área urbanizada está inserida são de fundamental importância para a análise dos problemas de drenagem e a busca pela melhor solução.

3.1.5 Bacias Hidrográficas

A bacia hidrográfica é a junção das águas da chuva que escoam na superfície do terreno até que encontrem um ponto de contribuição. De acordo com Tucci (1997), através de um conjunto de superfícies de vertentes, que é formada por cursos de água que fluem até a formação de um leito único na foz.

A bacia hidrográfica é uma região definida geograficamente, sobre o território, como um recorte da superfície. Abrange a rede de drenagem, incluindo um rio principal (o de maior extensão) e seus afluentes, fazendo com que todas as águas dali precipitadas converjam para uma única saída, como a seção transversal do rio principal – que é chamada de exutório ou seção de controle da bacia hidrográfica. Silva (2015). Em síntese a bacia hidrográfica é uma área onde as águas precipitadas são naturalmente captadas e escoam até um único ponto onde se encontram.

Segundo Tucci (2009) a precipitação quando cai sobre a vertente é infiltrada totalmente no solo, podendo ocasionar a saturação na superfície, é nesse momento que surgem os crescentes escoamentos superficiais se continuar havendo

precipitação. Estas vertentes vão para a rede de drenagem que as transporta para rede de saída das bacias.

As bacias hidrográficas, são classificadas em bacias naturais, urbanas e rurais. Existem alguns aspectos que modificam as características naturais das bacias, como os descartes de forma irregular de fluidos nos rios pelas indústrias e o esgotamento sanitário, e na zona rural a forma como os agrotóxicos e os dejetos dos animais são dispensados nas nascentes, ou ao longo do rio pelos proprietários de terras que acabam prejudicando as bacias hidrográficas e consequentemente a fauna e a flora.

Os rios podem ser classificados pela sua constância de escoamento. Um canal pode ser considerado perene quando mantém o seu fluxo durante todo o ano inclusive nas épocas que não ocorre chuva. O canal efêmero é aquele que só há fluxo de água quando ocorre a chuva ou após eventos chuvosos. Já o canal intermitente tem água na época do mês em que o período de chuva é mais constante e não tem fluxo no período seco. A Figura 01 abaixo, estão os divisores topográficos que separam a drenagem da precipitação.

Figura 01: Divisor Topográfico de Canais em Uma Bacia Hidrográfica.



Fonte: Silva 2015

3.2 Elementos de um Sistema de Drenagem Urbana

3.2.1 Guias

De acordo com a Associação brasileira de Cimento Portland (1997), as guias ou meio fio como é mais conhecido tem a função de delimitar o passeio e o calçamento asfáltico ou em paralelepípedo. A guia é feita de brita, areia e cimento (concreto), e geralmente é encontrada pré-moldada. No mercado é encontrada em várias dimensões, e a mais utilizada em Sergipe é de 30cm por 100cm, com espessura de 10 cm. As guias têm como nome popular e mais conhecido “meio fio”. Também são usadas para delimitar espaços de canteiros para jardinagem, e para sua durabilidade deve ser respeitado o tempo de cura e adicionado uma composição química para garantir uma maior resistência. As Figuras 02 e 03 abaixo mostram a instalação do meio fio.

Figura 02: Instalação de meio fio



Fonte: Autora (2023)

Figura 03: Meio fio Canteiro



Fonte: Autora (2023)

3.2.2. Sarjeta

De acordo com Teixeira e Filho (2020), as sarjetas costumam ser feitas em concreto simples ou de paralelepípedo com argamassa. As sarjetas são pisos que escoam a água da chuva por indução das ruas que na teoria devem ter o aspecto abaulado.

Na colonização do Brasil não havia sarjetas, o escoamento da água da chuva era centralizado nas ruas, com o crescimento dos centros e a dificuldade de locomoção do transporte foi adotado um novo método para o escoamento da água, para facilitar o seu escoamento, como mostra a figura 04.

Figura 04: Sarjeta Moldada com Massa Asfáltica



Fonte: Autora (2023)

3.2.3 Boca de Lobo

A boca de lobo é um dispositivo que recolhe a água da chuva que escoar pela sarjeta, o dispositivo tem o objetivo de encaminhar o fluido para os tubos ou galerias. Na execução deve ser realizado a escavação do solo, após deve-se colocado um lastro de concreto, e em seguida inicia-se a execução da parede de tijolinho, após a conclusão da alvenaria as paredes devem ser chapiscadas e rebocadas.

Segundo Botelho (2011), a boca de lobo consiste em:

- Rebaixamento da sarjeta (para facilitar a captação);
- Guia chapéu (feito de concreto armado ou granito);
- Caixa de captação (alvenaria de tijolinho ou bloco de concreto);
- Tampa de concreto (feito de concreto armado);
- Conexões da caixa até a galeria pluvial, feita por meio de tubo de concreto.

Figura 05: Boca de lobo para rede de drenagem



Fonte: Autora (2023)

3.2.4 Tubulações de Ligação

As águas que são coletadas pelas bocas de lobo são esgotadas pelos tubos de ligação; estes geralmente são feitos de concreto armado ou de PEAD em diâmetro diversos, e encaminham a água pluvial até a canalização principal.

3.2.4.1 Tubo de Concreto Armado

Os tubos de concreto armado são os mais comuns e os mais usados em rede de drenagem convencional são pré-moldados. Nas extremidades apresentam ponta e a bolsa para facilitar o encaixe, e são encontrados com comprimento de um metro e com diâmetros distintos.

Figura 06: Manilha de Concreto



Fonte: Autora (2023)

Figura 07: Manilha de Concreto



Fonte: Autora (2023)

3.2.4.2 Tubos de Polietileno de Alta Densidade (PEAD)

De acordo com Marcondes (2016), os tubos de PEAD são usados a mais de 70 anos na área de drenagem, para canalização de rios e manejo de fluidos. Estes substituem facilmente os tubos de concreto, por ter uma montagem mais rápida que as manilhas tradicionais. São encontrados no mercado lisos ou corrugados, quando o tubo é corrugado na parte externa ele aumenta a sua resistência, consequentemente, elevando a sua força estrutural. Na figura 02 abaixo é apresentado o tubo de PEAD.

Figura 08: Tubo de PEAD



Fontes: EMMSA (2020)

3.2.5 Galeria

De acordo com a Funasa(2016), a galeria destina as águas pluviais das bocas de lobo e das ligações das redes privadas para canalizações posteriores. As galerias pré-moldadas são encontradas no mercado em dois formatos, em U para canais abertos e fechadas em formados retangulares que apresentam encaixes pra sua melhor fixação. A Figura 09 mostra o processo de execução de uma galeria de formato retangular.

Figura 09: Galerias Pré- moldadas



Fonte :January (2016)

Apesar da adoção de galerias e outros dispositivos de drenagem como medida auxiliaadoras para escoamento, ainda se é necessário o uso de medidas estruturais para diminuir possíveis riscos.

3.3 Medidas de Controle Estruturais e Não Estruturais

Para Canholi (2005), as medidas não estruturais são atos que buscam a regulamentação e a ocupação territorial, o comportamento das pessoas em relação ao consumo e as suas movimentações econômicas. Já para as medidas estruturais para Canholi são obras que têm como principal objetivo minimizar o risco de enchentes, e assim como Tucci (2005), dividem em medidas intensivas e extensivas. As medidas intensivas tem como objetivo o aumento da proteção de uma área, já a medidas extensiva busca a alteração da cobertura de vegetação, como forma de reduzir risco de cheias. Na Tabela 01 abaixo está citado as principais vantagens e desvantagens das medidas estruturais.

Tabela 01: Medidas Estruturais

Medidas	Principais Vantagens	Principais Desvantagens	Aplicação
Medidas extensivas			
<u>Alteração da cobertura vegetal</u>	Alteração da cobertura vegetal Redução do pico de cheia	Impraticável para grandes áreas	Pequenas bacias
<u>Controle de perda do solo</u>	Reduz assoreamento	Idem ao anterior	Pequenas bacias
Medidas intensivas			
<u>Diques e Polders</u>	Alto grau de proteção de uma área	Danos significativos caso falhe	Grandes rios e na planície.

Fonte: Tucci (2005)

3.4 Sistemas de Drenagem Sustentável

O sistema sustentável de drenagem urbana (SUDS Sustainable Urban Drainage Systems) é uma alternativa para a drenagem urbana convencional. É um conjunto de técnicas de controle de águas pluviais que tem como característica aumentar a taxa de infiltração das águas da chuva no solo, assim diminuindo os impactos ocasionados pelo escoamento das águas pluviais na superfície.

“Os sistemas sustentáveis de drenagem urbana (SUDS - Sustainable Urban Drainage Systems) surgiram como alternativa à drenagem urbana convencional. O conjunto de técnicas sustentáveis de controle e gestão das águas pluviais vem como possibilidade de aumento da taxa de infiltração das águas de chuva no solo e consequente minimização dos impactos negativos gerados pelo escoamento superficial. Dessa forma, a utilização de tais mecanismos opera diretamente no gerenciamento de riscos de alagamentos nos locais implantados e na preservação da bacia hidrográfica”. Almeida (2020).”

Segundo Gutierrez e Carpes (2017) os projetos sustentáveis estão se tornando elementos que estão integrando a infraestrutura hidráulica urbana, preferivelmente naturalizados, e tem como objetivo a filtração, retenção, infiltração, transporte e armazenamento das águas pluviais, de modo que não sofra nenhuma degradação, ou inclusive permita a eliminação, de forma natural, de parte da carga contaminante que possa ter adquirido por processos de escoamento urbano prévio.

Outras técnicas têm o objetivo de diminuir os impactos causados pelo homem como:

- GI (Green infrastructure): tem como princípio o planejamento urbano e arquitetônico, com consequência a certificação verde;
- BMP (Best Management Practices): técnica para trata ou previne poluição da água;
- LID (Low Impact Developmed): tem como característica o desenvolvimento urbano estratégico, controle de escoamento e balanceamento hídrico.

De acordo com Loureço (2014), Os SUDS são projetados, e quando construídos de maneira correta com manutenção adequada são mais sustentáveis que o sistema convencional e têm como objetivos:

- Reduzir tanto as vazões de ponta e o volume de escoamento superficial;
- Minimizar o transporte de poluição das áreas urbanas para o meio hídrico receptor – Melhoria da qualidade da água;
- Melhorar os regimes de escoamento nos cursos de água (mais naturais);
- Recolher as águas pluviais de forma a substituir a água da rede em aplicações que não exijam níveis de qualidade da água elevados;
- Integrar o tratamento das águas pluviais na paisagem – Melhoria da qualidade da paisagem urbana;
- Promover a recarga natural dos aquíferos/águas subterrâneas (quando a água é apropriada);
- Criar zonas de recreio e lazer (têm em consideração o ambiente natural e as necessidades da comunidade);
- Fornecer um melhor habitat para a vida selvagem.

A drenagens sustentáveis, tem vários elementos que podem ser aplicados como cooperadores do sistema de drenagem convencional, que podem ser de grande ajuda como medida preventiva para o controle de alagamentos.

3.4.1 Pavimento Permeável

Para Alessi et. al. (2006), o pavimento permeável ou pavimento poroso tem como principal objetivo a infiltração da água da chuva; como este pavimento tem um aumento de vazios, permite que a água precipitada passe pelos poros. Contribuindo, assim, para a drenagem das cidades, pois diminui a vazão que iria para rede.

De acordo com Silvestre (2018), a vazão de entrada é determinada através do método racional. Esse método é aplicado a bacias pequenas.

$$Q = 0,278 \cdot C \cdot i \cdot A \quad (1)$$

Onde:

Q = vazão máxima (m³ /s);

C = coeficiente de escoamento superficial ponderado;

i = máxima de intensidade de precipitação (mm/h);

A = área da bacia contribuinte (km²).

Segundo Balbo (2020), os pavimentos sustentáveis em termos gerais de preservação de recursos naturais, energia e custos de operação e de manutenção, são aqueles que atendem pelo maior período de tempo a suas finalidades sem a necessidade de manutenção pesada.

Os pavimentos que são considerados permeáveis surgiram como uma alternativa para que fosse possível reduzir os impactos de impermeabilização dos solos nas zonas urbanas. Estes podem ser aplicados em locais como calçadas, passeios, ciclovias, pátios de residências, comercio e vias de tráfego leves, onde não haja grande volume de carga.

"O pavimento permeável ou poroso foi inicialmente empregado na França, nos anos 1945-1950, porém sem muito êxito, pois, na época, a qualidade do ligante asfáltico se apresentava heterogênea e de pouca trabalhabilidade, não sustentando as ligações da estrutura por causa do excesso de vazios. Foi novamente utilizado vinte anos mais tarde, no final dos anos 1970, quando alguns países como a França, os Estados Unidos, o Japão e a Suécia voltaram a se interessar pelo pavimento poroso." Suzuki, Azevedo e Júnior (2013)"

Segundo Marchioni e Silva (2011), o pavimento permeável é caracterizado por possuir espaços livres na sua estrutura onde a água pluvial pode atravessar. Além do pavimento asfáltico pode ser usado o concreto. A camada do pavimento permeável nos sistemas a base de cimento pode ser executada com concreto poroso que pode ser moldado *in loco* ou pré-moldado.

O que é conhecido como pavimento permeável começou na década 1970, no EUA na cidade da Filadélfia e pode ser construído em asfalto ou em concreto. Os pavimentos permeáveis podem ser classificados segundo a composição e infiltração. É importante conhecer as características de cada classificação para decidir o tipo correto que será aplicado, devido as características do local. (FONSECA 2023).

Para a determinação da lâmina de água acumulada em relação a área de projeto é necessário calcular o parâmetro, onde β é produto do coeficiente de escoamento (runoff) pela razão entre a área contribuinte e a área do dispositivo definida por (SILVEIRA e GOLDENFUM 2007):

$$\beta = \frac{A_{pav} + C.A}{A_{pav}} \quad (2)$$

Onde:

A_{pav} = área do pavimento permeável (m²);

C = coeficiente de escoamento superficial ponderado;

A = área impermeável cujo escoamento será absorvido pelo pavimento permeável (m²).

O pavimento permeável é composto por três camadas duas de agregados e uma de massa asfáltica, sendo assim a primeira é composta pelo pavimento permeável, a segunda pelo filtro, formado por agregados finos ou médios, e a terceira pelo reservatório de agregados graúdos. Dentro destas camadas são acumuladas as lâminas de entrada e saída que são calculas através das Equações (3) e (4), onde é possível estimar o tamanho da lamina que é infiltrada no solo é a lamina de agua que entra no dispositivo.

$$He = \beta \frac{K \cdot Ta}{t+b} \cdot \frac{t}{60} \quad (3)$$

Em que:

He = altura d'água de entrada acumulada medida sobre a área em planta da medida de controle;

a = parâmetro da IDF;

T = tempo de retorno (anos);

b = parâmetro da IDF;

t = duração da chuva (min);

E a lâmina de saída é determinada através da multiplicação da vazão de saída constante.

$$Hs = \gamma H \cdot qs \cdot \frac{t}{60} \quad (4)$$

Sendo:

qs = vazão de saída constante do dispositivo, em mm/h;

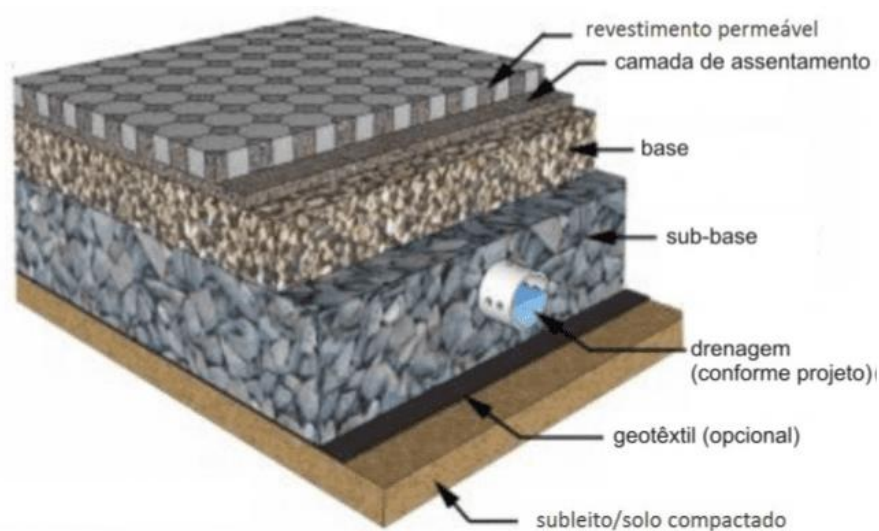
γH = razão entre área de percolação e do dispositivo em planta e H é a profundidade média, em mm, do volume de acumulação do dispositivo;

t = duração da chuva em minutos.

São classificados como pavimento permeável os pavimentos de asfalto poroso, pavimento de concreto poroso, e pavimento de concreto vazado que é preenchido por concreto granular. Segundo Fonseca (2023), a camada superficial dos pavimentos é construída de forma parecida com os pavimentos convencionais. Os blocos de concreto vazados são colocados acima de uma camada de base granular, e filtros de manta geotêxtilis são colocados sob a camada de areia fina para prevenir a migração da areia fina para a camada granular.

Segundo Balbo (2020), os pavimentos permeáveis têm a capacidade de filtragem de contaminantes que estão contidos em águas pluviais; muitos destes contaminantes decorrem de carreamento superficial devido ao escoamento dessas águas sobre terrenos naturais ou elementos urbanos, como a própria via ou calçamento. Na Figura 10 são mostradas todas as camadas que compõem o pavimento permeável.

Figura 10: Camadas que Compõem do Pavimento Permeável



Fonte: Mello (2023)

3.4.1.1 - Pavimento de Concreto Permeável

Os principais procedimentos para execução do pavimento em revestimento de concreto permeável, são as preparações do subleito, procedimento de mistura, transporte, lançamento e consolidação, cabe ainda enfatizar que todo procedimento deve ter um maior cuidado ao ser manuseado. Batezini (2013).

Preparação do Subleito

De acordo com Batezini (2013), subleito deve estar em uniformidade, e seu grau de compactação adequado variando entre 90% e 95% em relação ao peso específico aparente. Deve ser considerado que com o aumento do peso específico existe uma tendência de decréscimo de sua permeabilidade, situação que é desfavorável em relação ao asfalto permeável uma vez que o solo precisa estar com elevado teor de coeficiente de permeabilidade para que ele seja funcional. Como o concreto permeável possui uma baixa relação a/c e contém um elevado índices de vazios, deve-se tomar cuidado para que o asfalto não perca água prematuramente. Dessa forma o subleito precisa estar umedecido para que a água da superfície do concreto não seja absorvida.

Na tabela 02, está apresentada a granulometria recomendada para camadas de sub-base e base de um pavimento permeável:

Tabela 02: Granulométrica

Peneira com abertura de malha	Sub-base(%retira)	Base(%retida)
75 mm	0	
63 mm	0 a 10	
50 mm	30 a 65	
37 mm	85 a 100	0
25 mm		0 a 5
19 mm	95 a 100	
12,5 mm		40 a 75
4,75 mm		90 a 100
2,36 mm		95 a 100

Fonte: Adaptado de Machiote e Silva(2011)

- **Procedimento de Mistura:**

Segundo Batezini (2013), por ter uma propriedade específica o asfalto permeável necessita de um cuidado e controle maior na sua mistura, em ênfase a água deve ser limitada com o objetivo de garantir a sua resistência e permeabilidade, a baixa quantidade de água também favorece a diminuição da queda da pasta sobre o agregado, evitando a obstrução dos poros.

- **Transporte:**

Para Batezini (2013), como o concreto permeável tem uma quantidade de água menor que o tradicional deve-se tomar bastante cuidado com o seu transporte, o concreto deve ser descarregado no máximo uma hora após a sua mistura. O uso de retardadores que aumentam o tempo para a pega pode ser um auxiliador no deslocamento do concreto.

- **Lançamento:**

Assim para Batezini (2013), o concreto é lançado manualmente com formas laterais, como não pode ser bombeado, ele é descarregado por caminhão, em sequência o material é espalhado ao redor das formas. Para sua compactação é usada uma régua vibratória que ajuda no seu nivelamento e na sua compactação.

3.4.1.2 - Pavimento de Asfalto Poroso

O asfalto poroso não possui areia fina na mistura dos agregados dos pavimentos, e é conhecido como camada porosa do asfalto, esta é a única coisa que diferencia o pavimento convencional do poroso.

Segundo Canholi (2005), “os porosos são constituídos normalmente de asfalto convencional, dos quais foram retiradas as partículas mais finas. Podem ser construídos sobre camadas permeáveis, geralmente bases de material granular.”

O concreto poroso é parecido com o asfalto poroso na sua composição, também possui um aumento nos números de vazios para que aumente a percolação da água pluvial. Segundo Fonseca (2023), os pavimentos de concreto poroso são

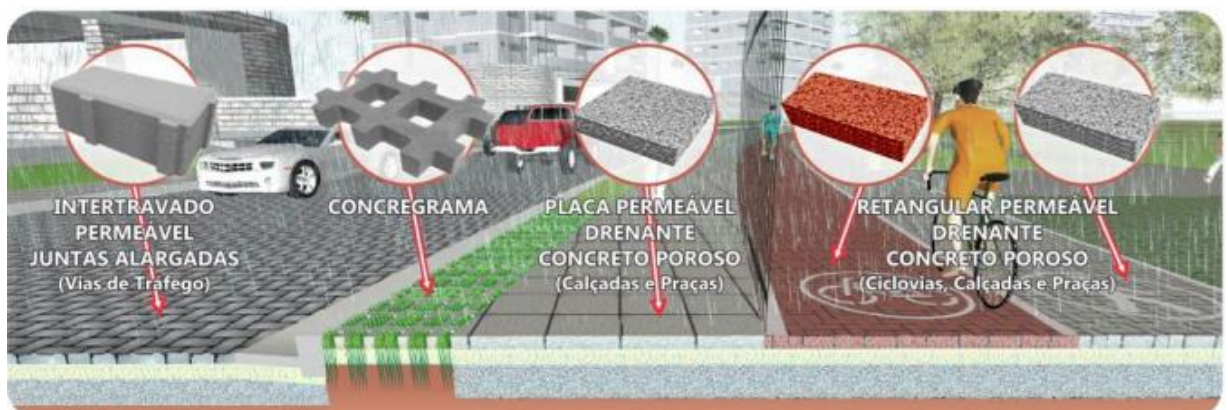
indicados para um tráfego mais leve ou médio, pois sua resistência quando comparada ao concreto comum é menor.

De acordo com Balbo (2020), “O concreto permeável, com sua grande quantidade de vazios, suscita no engenheiro atento a preocupação com suas características de desempenho mecânico. Sabe-se que a existência de vazios em um material e as dimensões desses vazios afetam de maneira importante tanto sua resistência quanto seu módulo de elasticidade; também alteram seu comportamento à fratura e à fadiga. Seria deveras pueril esperar que um concreto com 25% de porosidade se comportasse de modo idêntico a um concreto denso convencional, fosse plástico ou seco.”

3.4.1.3 - Pavimento de Bloco de Concreto Vazado

Segundo Ono, Balbo e Cargnin (2017), tendo como dimensão 20 centímetros de comprimento por 20 centímetros de largura e 8 cm de altura, o bloco de concreto possui na sua superfície inferior duas cavidades na direção transversal, que permitem a passagem da água para o dreno, além disso, a peça caracteriza-se pela presença de articulações na direção longitudinal que possibilita um encaixe que trava os blocos, fazendo com que trabalhem em conjunto como uma estrutura única. Dessa forma, não é necessário rejuntamento para garantir o travamento, o que dará uma maior agilidade ao processo de execução. Com relação à passagem da água pluvial pelo bloco, esta ocorre através dos espaços vazios formados entre os blocos de aproximadamente 1 milímetro, Figura 11.

Figura 11: Tipos de Blocos Permeáveis



Fonte: Gutierrez e Ramos 2017

3.4.1.4 - Vantagens e Desvantagens de Um Pavimento Permeável

Os pavimentos permeáveis possuem vantagens em relação aos demais sistemas de drenagem:

- Redução do volume da água que iria para o sistema de drenagem convencional;
- Pode ser colocado em locais que não tenha rede de drenagem convencional;
- Por diminuir a sobrecarga na rede diminui a necessidade de ampliar as redes existentes;
- Execução simples e rápida;
- Diminui a necessidade de guias e canais;
- É um elemento que compõem a obra e não é necessário um espaço só para este.

Desvantagens:

- Pode haver contaminação da água subterrânea;
- Tem pouca durabilidade;
- Não pode ser utilizados em locais com grande tráfego;
- É necessário mão de obra qualificada para a execução;
- Manutenção periódica com o intuito de evitar o entupimento dos poros.

3.4.2 - Sistemas de Infiltração

De acordo com Almeida (2020), o sistema de infiltração possui alguns dispositivos de drenagem, que auxiliam nas taxas de escoamento superficial, quando há um aumento no volume de água subterrânea. Assim, existem alguns sistemas que auxiliam nesse processo como poços, trincheiras e bacias de infiltração. Estes locais são destinados ao acúmulo ou escoamento das águas pluviais. Apesar da sua eficiência, ainda existe um item que deve ser considerado com bastante atenção, o tipo de solo, pois é ele que irá influenciar no volume de água que será infiltrada e se o dispositivo poderá ser implementado no local.

3.4.2.1 - Poços de Infiltração

Almeida (2020), define poços de infiltração como poços de pequena dimensão e altura, instalados localmente, que tem o objetivo de armazenar e realizar uma lenta infiltração direta de parte das águas pluviais no solo. De acordo com Vieira et al. (2020), neste sistema são escavados poços e no fundo destes são colocados agregados graúdos; em seguida são revestidos por tubos de concreto, geralmente pré-moldados que tem em média 1,10m de diâmetro, que são colocados uns sobre os outros. Estes tubos são perfurados e envolvidos por uma manta geotêxtil e depois são instalados os tubos que serão os condutores da água até o poço. Essas medidas permitem a infiltração da água captada para o solo.

Os poços de infiltração são como piscinas que retêm a água da chuva, de acordo com Vieira et al (2020). No Brasil existem alguns municípios que possuem legislação que tratam sobre os poços de infiltração. A seguir é apresentada a Tabela 04 com alguns desses estados e as suas leis.

Tabela 03: Legislação sobre poços de infiltração no Brasil

Lei	Estado	Data
nº 13.276	São Paulo	15/03/2002
nº 9.520	Ribeirão Preto	18/02/2002
nº 06	Mogi das cruces	20/09/2002
nº 3.528	Mauá	29/10/2002

Fonte: Adaptado de Vieira et al. (2020)

Para maior compreensão da montagem de um poço de infiltração, vamos tomar como exemplo o estudo realizado por Vieira et al. (2020), que fala sobre a análise de um protótipo de um poço de infiltração em uma edificação como uma técnica compensatória de drenagem urbana. A seguir serão apresentados os passos realizados para a execução do poço de infiltração. A pesquisa foi feita no Instituto Federal de Sergipe em uma cobertura de uma pequena construção.

1-Realização da escavação do poço.

Figura 12: Escavação do poço



Fonte: Vieira et al. (2020)

2-Colocação da calha na cobertura da construção.

Figura 13: Calha da Cobertura



Fonte: Vieira et al. (2020)

3-Colocação dos anéis de concreto pré-moldado já furado no buraco escavado.

Figura 14: Instalação dos Anéis



Fonte: Vieira et al. (2020)

4 -Colocação da manta geotêxtil ao redor dos anéis.

Figura 15: Colocação da Manta



Fonte: Vieira et al. (2020)

5- Colocação da brita nos fundos e na lateral ao redor dos anéis

Figura 16: Colocação da Brita



Fonte: vieira et al. (2020)

6 -Colocação dos condutores vertical e horizontal.

Figura 17 e 18 Condutores Verticais e Horizontais



Fonte: Vieira et al. (2020)



Fonte: Vieira et al. (2020)

7- Em seguida foi inserida a tampa de concreto.

Figura 19: Tampa de Concreto



Fonte: Vieira et al. (2020)

Figura 20: Corte do Poço de Infiltração



Fonte: Ribeiro (2019).

Além de ser um sistema de rápida instalação os poços de infiltração têm outras vantagens na sua utilização como:

- Sistema de baixo custo;
- Reestabelecimento dos lençóis freáticos;
- Melhoramento da qualidade da água pluvial.

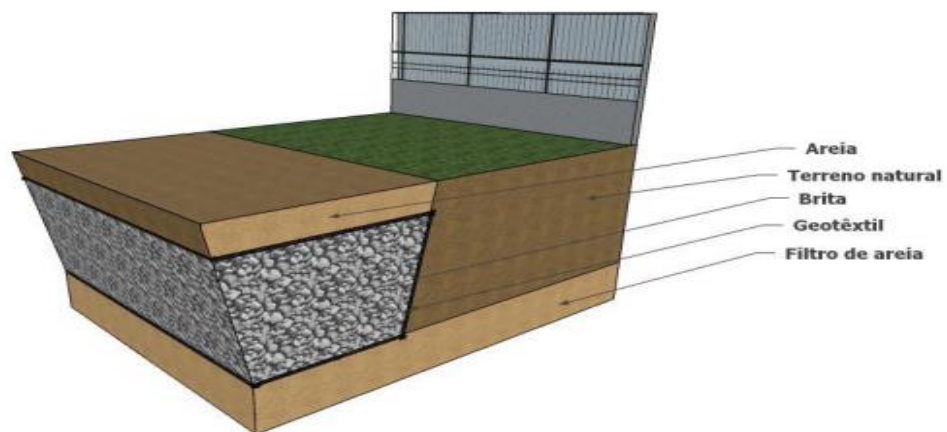
Dessa forma, os poços de infiltração são uma solução viável para um sistema de drenagem sustentável, pois colabora com o sistema de drenagem urbano desafogando o sistema convencional.

3.4.2.2 - Trincheira de Infiltração

De acordo com Souza (2018), É uma técnica de infiltração, que capta a água da superfície armazenando água temporariamente e aumentando a sua infiltração. São mais usadas em praças, estacionamentos e áreas verdes em geral. Assim sendo, as trincheiras têm o objetivo de coletar, armazenar e filtrar a água das chuvas.

“Segundo Souza (2018), as águas provenientes da precipitação pluviométrica são interceptadas pelas folhas e galhos de árvores, infiltradas e escoadas superficialmente, quando o solo já não suporta mais absorver a água. Assim, as águas que não são infiltradas podem ser destinadas as estruturas de retenção/detenção, pela área superficial do dispositivo, por uma de malha de tubulações de drenagem ou por uma associação das duas maneiras anteriores.”

Figura 21: Trincheira de Infiltração e Seus Componentes



Fonte: Souza (2018)

Segundo Feitosa et al (2020), o dispositivo tem como função principal o armazenamento temporário das águas pluviais, para depois serem liberadas através do processo de infiltração. A trincheira é constituída de uma vala preenchida com um material granular que tem uma porosidade que varia entre 30% e 50%, sendo mais usado seixo, pedra de mão ou brita, que deve ser envolvida por uma manta geotêxtil para evitar que partículas finas migrem para o seu interior.

Almeida (2020), diz que esses sistemas são mais adequados em locais de solos permeáveis e onde o nível do lençol freático é encontrado em maior profundidade, abaixo do fundo da trincheira. Nesse sentido, áreas urbanas densas,

cujos solos apresentam baixa infiltração, devem ser evitadas para que o sistema de drenagem sustentável obedeça ao que foi projetado.

Para analisar melhor este sistema pode-se observar o estudo feito por Feitosa et al. (2020), sobre a avaliação do uso de trincheiras de infiltração na cidade de Crato no Ceará. Foi escolhido um bairro no município, Mirandão, que é um local com um alto desenvolvimento e avanço da urbanização.

Para a implantação de um sistema de técnicas compensatórias é necessário o estudo do solo local, a fim de observar os parâmetros hidrogeológicos inerentes a cada camada do solo, já que em um perfil longitudinal de solo, há diversos tipos de materiais sólidos com litologia e características hidrodinâmicas diferentes.

Foi realizada uma avaliação de duas situações, uma com o uso de trincheira e a outra sem o seu uso, e a partir deste estudo foi mostrado que sem o uso da trincheira é encontrado um cenário mais crítico com uma lâmina d'água escoando com 30 cm, ocorrendo após 12 minutos da precipitação. Já com o uso da trincheira, foi observada a redução da altura da lâmina de escoamento superficial das ruas, sendo sua situação de maior pico após 12 minutos e tendo uma lâmina d'água com altura de 18 cm.

Vantagens do sistema de trincheira de infiltração:

- Alívio do sistema de drenagem;
- Melhoria do escoamento pra a jusante;
- Redução do custo do sistema de drenagem convencional;
- Reabastecimento do lençol freático;
- Aumento da qualidade das águas pluviais.

Abaixo segue a Figura 22 onde é ilustrado como executar uma trincheira de infiltração:

Figura 22: Trincheira de Infiltração



Fonte: Gutierrez e Ramos 2017

3.4.2.3 - Bacias de Retenção

Segundo Canholi (2005), a bacia de retenção consiste em um reservatório que contém um volume substancial de água, e permite servir com finalidade recreacional, paisagística e para abastecimento de água como também para outras funções.

“Segundo Ceolin (2019), quando preenchidas permanentemente, as bacias são classificadas como bacias de retenção e o seu principal objetivo é controlar a qualidade d’água pluvial, retendo-a por tempo suficiente para que as partículas suspensas presentes na água se depositem.”

Figura 23: Bacia de Retenção



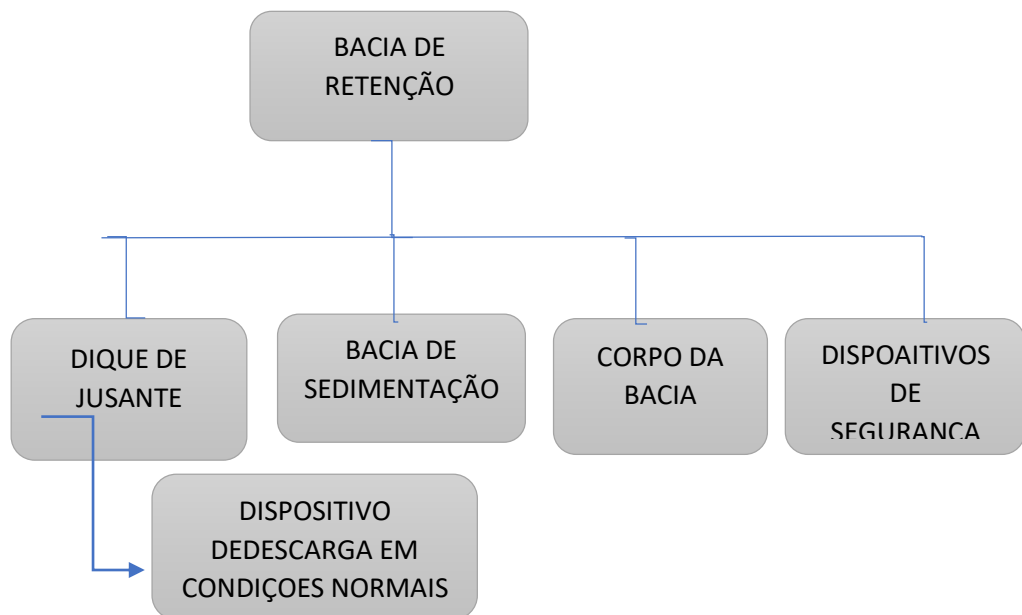
Fonte: Sabino (2023)

Assim, para Pires (2017), o escoamento pluvial afluente amortece as vazões de ponta permitindo a comparação do valor de vazões e dos efluente com limites previamente fixados. O dispositivo de descarga da bacia não permite, em situações de forte pluviosidade, o escoamento da totalidade da vazão afluentes. Com o passar do tempo as cheias recorrentes acabam dissipando, e o que sai da bacia passa a ser

superior ao que entra, diminuindo o nível de água da bacia até que ela atinja a situação de equilíbrio. Sem levar em consideração as ordens funcionais e econômicas, as bacias de retenção têm vários interesses, sociais, estéticos e ambientais. E quando as bacias de retenção são bem construídas, podem valorizar e contribuir para a sociedade. Assim, temos alguns objetivos que se obtém com a construção das bacias de retenção e um gráfico com a sua constituição de acordo com Lourenço (2014):

- Diminuição das inundações das cidades;
- Quando construídas podem se tornar um ponto de encontro para a população;
- Nas zonas rurais são reservatórios de água para a população agrícola;
- Proteção do meio ambiente;
- Aumento de reservatório de água doce para os centros urbanos;
- Aumento de áreas verdes ao redor das bacias.

Gráfico 03 :Constituição de Uma Bacia de Retenção.

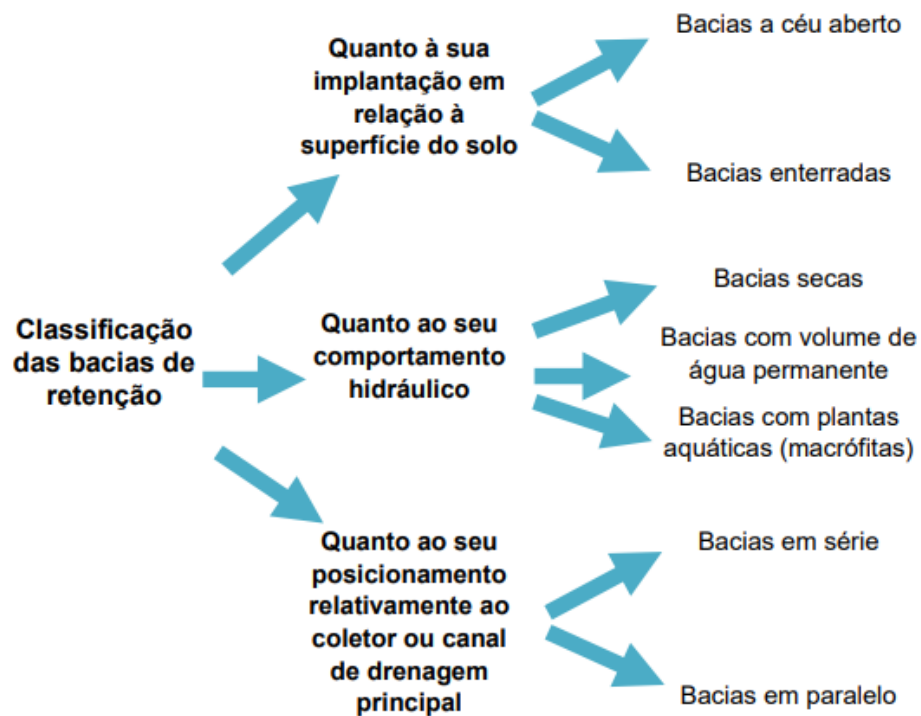


Fonte: Adaptado de Lourenço 2014

A bacia de retenção é o corpo da bacia, os diques e jusantes é onde estão instalados os dispositivos de segurança para bacia é muito grande. E o dispositivo de descarga busca assegurar a regularização da vazão afluente.

Na Figura 24 abaixo é apresentado a classificação das bacias de retenção quanto à sua implantação em relação à superfície do solo, comportamento hidráulico e posicionamento em relação à drenagem principal.

Figura 24: Classificação das Bacias



Fonte: Pires (2017)

Para Lourenço (2014), as bacias de retenção podem ser implementadas de duas formas, a céu aberto ou enterradas. Para sua construção são utilizados tubos de grandes diâmetros ou câmaras, ambos são usados no subsolo. Quando não há área suficiente as bacias são implantadas no subterrâneo, porém elas demandam um custo mais elevado. Além de possuírem capacidade de armazenamento bem menor que as bacias de retenção a céu aberto, como as bacias subterrâneas não consegue reter o poluente, tem sempre que tomar medidas a mais para resolver esse tipo de empecilho.

3.4.2.4 - Bacias de Detenção

As bacias de detenção têm a capacidade de armazenar a água da chuva, com isso amortecendo a vazão nos locais onde elas são instaladas, e diminuindo, assim, as inundações nos centros urbanos. Segundo Pereira (2020), as bacias de detenção

secas só serão ocupadas em tempos chuvosos e por um determinado período de tempo após a chuva. Elas não resolvem por definitivo o problema relacionado a impermeabilidade do solo, que gera um elevado volume de água, porém minimiza e ajuda a manter o rio com cota máxima mais baixa, o que acaba diminuindo os efeitos negativos das inundações.

Para se implantar uma bacia de retenção devem ser analisadas as características da estrutura para se ter um controle do lote onde será construído:

- Deve ser analisado o ponto onde será executado o projeto, pois em locais baixos as bacias podem aumentar a inundação;
- Diminuição de efeitos poluentes transportados pela chuva, sendo esse efeito ligado mais aos sólidos;
- Dificil sensibilização e aceitação dos proprietários de lotes nas partes altas da bacia a instalar as estruturas;
- Dificuldade de fiscalização pelas autoridades governamentais, uma vez que as intervenções são extensivamente distribuídas pela bacia e em propriedades privadas.

Segundo Pereira (2020), as bacias de retenção têm algumas vantagens e também desvantagens. Dentre as vantagens deste tipo de reservatório pode-se listar:

- Valores de custos relativamente baixos em relação a implantação, operação e manutenção;
- Facilidade na administração da construção;
- Capacidade de integrar soluções urbanísticas e paisagísticas com o controle de enchente.

Como desvantagens, podem ser citados:

- Dificuldade de achar locais adequados;
- Custo de aquisição da área;
- Reservatórios grandes podem ter rejeição da população.

Os reservatórios de retenção podem ser revestidos com concreto ou apenas não ter revestimento. Se não tiver o revestimento tem a vantagem de facilitar a infiltração no solo, assim tornando o dispositivo de retenção mais vantajoso, porém por outro lado os reservatórios que obtém o revestimento são normalmente menos profundos, pois existe a necessidade do fundo do reservatório estar acima do lençol freático, sob pena de diminuir o volume útil, sendo necessárias áreas de maior

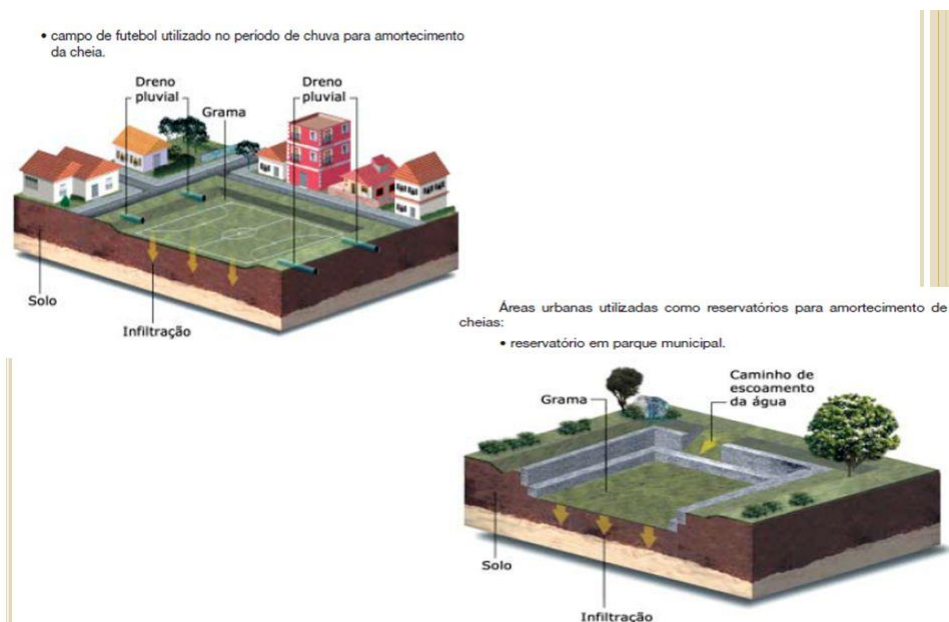
abrangência. O que acaba sendo difícil de ser encontrado em áreas urbanas. Ainda existe a necessidade de taludes de escavação menos profundos o que exige a demanda de áreas maiores.

Existem dois tipos de bacias de retenção as bacias abertas e as bacias subterrâneas. A seguir serão apresentadas mais informações sobre cada um dos tipos:

Bacias abertas

De acordo com Perreira (2020), As praças, pistas de skate, campos de futebol, podem ser usadas como bacia aberta, se estiverem rebaixadas abaixo do nível do terreno. Assim recebendo a água da chuva e fazendo o armazenamento temporário, em seguida devolvendo-a ao corpo hídrico. Dessa forma, tendo duas funções uma de lazer e outra como reservatório de água. Para que a sua funcionalidade dupla atenda o que foi planejado deve ser realizada uma manutenção para que se mantenha a limpeza, sempre levando em conta os possíveis sedimentos e lixo que são carregados pela água da chuva. A figura 25 a seguir mostra dois exemplos de bacia aberta no município de Maputo, sendo um campo de futebol e o outro uma parque municipal.

Figura 25: Plano de Implementação de Maputo



Fonte: Plano de Implantação de Maputo(2014)

Bacias Subterrâneas

As bacias subterrâneas são cobertas por laje, e podem ter sobre suas estruturas praças, quadras poliesportivas ou outro tipo de área que possa ser destinada para o lazer da população daquela região. Dessa forma esse tipo de bacia tem sua limpeza realizada com menos frequência que a bacia aberta citada acima, apresenta também um custo maior que o outro dispositivo de retenção por ser necessária uma estrutura de construção mais elaborada, e de maior porte, demandando um maior tempo de execução. Na figura 26 a seguir será apresentado um exemplo de bacia de retenção

Figura 26: Bacia de retenção da Praça Niterói/RJ



Fonte; Fonseca (2023)

3.4.2.5 - Jardim de Chuva

Segundo Rocha (2021), O jardim de chuva é uma das técnicas bastante eficazes para combater os alagamentos, pois utilizam a Biorretenção que auxilia na captação de águas superficiais das áreas urbanas através de uma área escavada e preenchida com solos que tenham uma boa permeabilidade e com materiais orgânicos.

É chamado de jardim de chuva ou de sistema de Biorretenção, uma área onde são plantadas na sua superfície vegetações normalmente nativas, tornando essa área verde capaz de armazenar o escoamento da superfície das áreas impermeáveis. A água que fica no jardim infiltra para o solo ou evapora na atmosfera. Segundo Saatkam

(2019), uma das grandes vantagens dos jardim de chuva é a sua flexibilidade quanto a sua implantação, podendo ser instalado em áreas pequenas como quintal ou em grandes áreas como em um estacionamento. Além dessa grande vantagem ele ainda pode ser integrado a outros sistemas sustentáveis como o pavimento permeável e trincheiras de infiltração. Quando a capacidade do jardim de chuva excede a capacidade para a qual ele foi projetado a água que excedeu a sua capacidade é lançada para o sistema de drenagem usual.

A vazão de entrada onde será armazenado o escoamento da água é calculado através do método racional que será mostrado a seguir:

$$Q = \frac{C \cdot i \cdot A \cdot 10^{-3}}{3600} \quad (5)$$

Sendo:

Q = vazão máxima, em metros cúbicos por segundo;

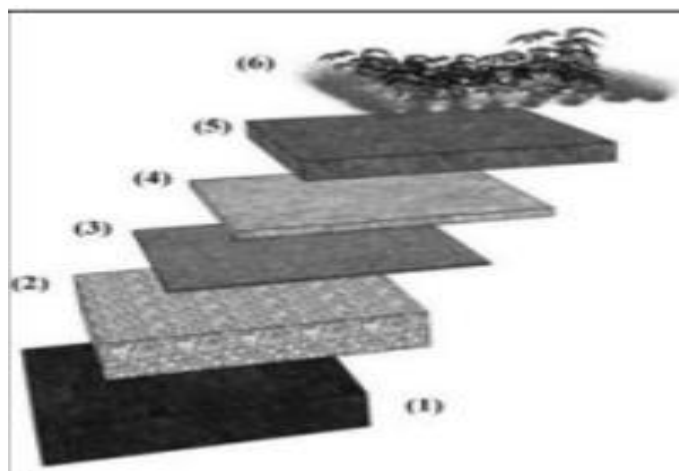
C = coeficiente de escoamento;

i = intensidade de precipitação, em mm/h;

A = área da bacia de contribuição em m².

De acordo com Brandão (2011), o jardim de chuva é composto por seis camadas dentre elas estão:

Figura 27: Camadas do jardim de chuva



Fonte: Adaptado de Brandão 2021

1- Onde a água é usada para recarga subterrânea;

2- Tem na sua composição uma camada de brita ou cascalho, onde a água é temporariamente abrigada antes de ser destinada ao solo natural;

3- Camada de manta geotêxtil, destinada a retenção de finos carreados no processo de infiltração;

4- Camada formada em sua maioria, por areia para estimular a infiltração e a redistribuição da água no solo;

5- Local que contém todos os nutrientes que darão suporte a cobertura vegetal utilizada;

6- Camada onde é colocada as vegetações do jardim de chuva, recomendando-se a utilização de gramíneas plantas rasteira, arbustivas e de espécies nativas

Segundo Saatkamp (2019), as camadas podem variar de acordo com o armazenamento, e devem ser dimensionadas as suas camadas, a camada internas de areias de britas e as camadas inferiores, além dos volumes de armazenamentos de desnível de areia e de brita. Assim os volumes de entrada e saída são:

$$Ve = Q \cdot t \quad (6)$$

$$Vs = Ai \cdot Ia \quad (7)$$

Sendo:

Ve: volume de entrada (m³);

Q: vazão de projeto(m³/s);

t: Duração da chuva(min);

Vs: Volume de saída(m³);

Ai: Área de infiltração(m²);

Ia: taxa de infiltração(mm).

Segundo Yazaki, et. al. (2013), no projeto técnico de jardins de chuva, existem vantagens e precauções que devem ser observadas à implementação.

- Vantagens:

- Aumentar a beleza paisagística das ruas;
- Diminuir o escoamento superficial em relação ao volume;
- Reduzir os sedimentos finos como: metais, nutrientes e bactérias;

- Flexibilizar desenhos de projetos;
- Diminuir o tamanho e os custo do sistema de drenagem;
- Reduzir inundações na bacia.
- Precauções:
 - Não deve ser utilizado para grandes áreas;
 - Pode sofrer colmatagem que é o acumulo nos vazios dos sistemas drenante que podem provocar barreiras para infiltração;
 - Não deve ser usado em locais limitados pois reduz o espaço de tráfego.

Locais mais indicados para o uso do jardim de chuva:

- Ruas largas com pouco tráfego;
- Em locais que se deseje diminuir a velocidade dos veículos, como escolas, hospitais e bairros residenciais;
- Calçadas largas;
- Pátios e estacionamentos.

De acordo com Yazaki, et. al. (2013), esse é o passo a passo para a montagem do jardim de chuva. Inicialmente é feita a retirada da cobertura inicial e realizado a escavação das valas conforme pode ser visto na Figura 28 a seguir.

Figura 28: Retirada da cobertura inicial e escavação



Fonte: Yazaki, et. al. (2013)

Em seguida é feita a instalação das peças pré-moldadas de concreto que serão as paredes do jardim, conforme apresentado na Figura 29 abaixo.

Figura 29: Instalação das peças de concreto



Fonte: Yazaki, et. al. (2013)

Após a instalação das paredes do jardim, é feita a concretagem das áreas de entrada e saída das águas de escoamento superficial na estrutura.

Figura 30: Concretagem das áreas de entrada e saída



Fonte: Yazaki, et. al. (2013)

Nesta etapa deve-se preparar o solo e em seguida fazer o preenchimento da estrutura com o material, logo após a Construção das barragens e por fim realizar o plantio da vegetação e trabalhos de jardinagem. Na Figura 31 pode-se ver a preparação do solo.

Figura 31: Preparação do Solo



Fonte: Yazaki, et. al.(2013)

3.4.2.6 - Valas de Infiltração

Segundo Moraes (2018), as valas de infiltração são depressões preenchidas com solos e vegetações, entre outros elementos que tem a capacidade de infiltração. Os elementos que são usados como o preenchimento tem o objetivo de realiza a limpeza da água da chuva. Assim as valas transportam e detém a água, além de ter a função de sedimentação e infiltração.

De acordo com Almeida (2020), as valas têm como objetivo um pré-tratamento do escoamento de áreas que são impermeáveis adjacentes que são impermeáveis, que promove uma sedimentação, filtração e infiltração. Sendo assim se instaladas antecedendo outros sistemas, permitem o prolongamento da vida útil através da retenção de partículas, além de auxiliarem no tratamento de águas de chuva.

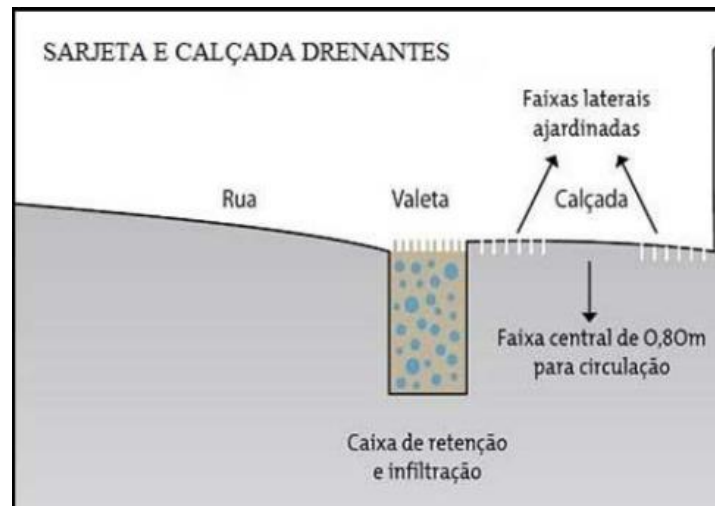
“Para Lourenço (2014), as faixas filtrantes são uma solução adequada ao tratamento de águas pluviais de áreas relativamente pequenas como: estradas, coberturas e parques de estacionamento.”

Figura 32: Faixa filtrante em zona urbana



Fonte: Lourenço (2014)

Figura 33: Sarjetas e Calçada Drenante



Fonte: Gutierrez e Ramos (2017)

De acordo com Gutierrez (2017), as valas recolhem as águas da chuva, realizando seu armazenamento temporariamente e por fim, permitindo a infiltração. As valetas possibilitam majorar o tempo de escoamento, reduzindo a velocidade.

Existem algumas restrições pra se aplicar uma vala de infiltração. Segundo Gutierrez e Ramos (2017), os níveis de importância variam de grande importância para pequena importância. A tabela 05 abaixo irá elencar os níveis de importância com a sua técnica compensatória.

Tabela 04: Técnica compensatório e nível de importância

Técnica compensatória	Nível de importância
Permeabilidade do solo:	Grande importância
Declividade:	Grande importância
Proximidade do lençol freático:	Grande importância
Proximidade do leito rochoso:	Grande importância
Aporte de Sólidos:	Grande importância
Restrições ao Uso do Solo:	Pequena importância

Fonte: Adaptado de Gutierrez e Ramos (2017)

Em um projeto de drenagem sustentável, para se obter uma maior infiltração deve ser implementado mais de um tipo de sistema. Na Figura 34 a seguir, é apresentada uma vala de infiltração aliada a um jardim verde, o que auxiliar na capacidade de infiltração do dispositivo de drenagem.

Figura 34: Vala de Infiltração



Fonte: Gutierrez e Ramos (2017)

Os sistemas de drenagem sustentáveis são medidas que permitem a redução de o aumento do escoamento, assim são usados como medidas preventivas, que podem ser aplicadas em diferentes áreas e locais, dependendo do dispositivo sustentável.

4- METODOLOGIA

4.1- Área de estudo

As áreas escolhidas para estudo estão localizadas no centro da capital sergipana, nos bairros Dezoito do Forte e Industrial, na avenida Coelho e Campos e na rua Dom Quirino. Para a escolha dos locais de implementação dos dispositivos, foi levando em consideração onde será construído dois canais, que tem o intuito de desafogar o canal da avenida Airton Teles com desvio de $23,065\text{m}^3/\text{s}$ de vazão tendo um custo de construção dos dois novos canais de 21.865,379,6 (vinte e um milhões oitocentos e sessenta e cinco mil trezentos e setenta e nove reais e sessenta centavos). Assim o objetivo dos dispositivos sustentáveis é redução da quantidade de vazão que poderá ser retida da drenagem convencional que será direcionado para o sistema drenagem sustentável.

Outro parâmetro, que foi de grande importância para a escolha da região, foi a quantidade de volume de água que fica retido nas ruas durante o período de chuva intenso, o que acaba promovendo pontos de alagamentos principalmente na avenida Coelho e Campos próximo ao antigo restaurante Padre Pedro. Na Figura 35, onde em vermelho está demarcado a rua Dom Quirino e a avenida Coelho e Campos ambas onde irá passar os canais.

Figura 35: Localização dos canais na avenida Coelho e Campos e Dom Quirino

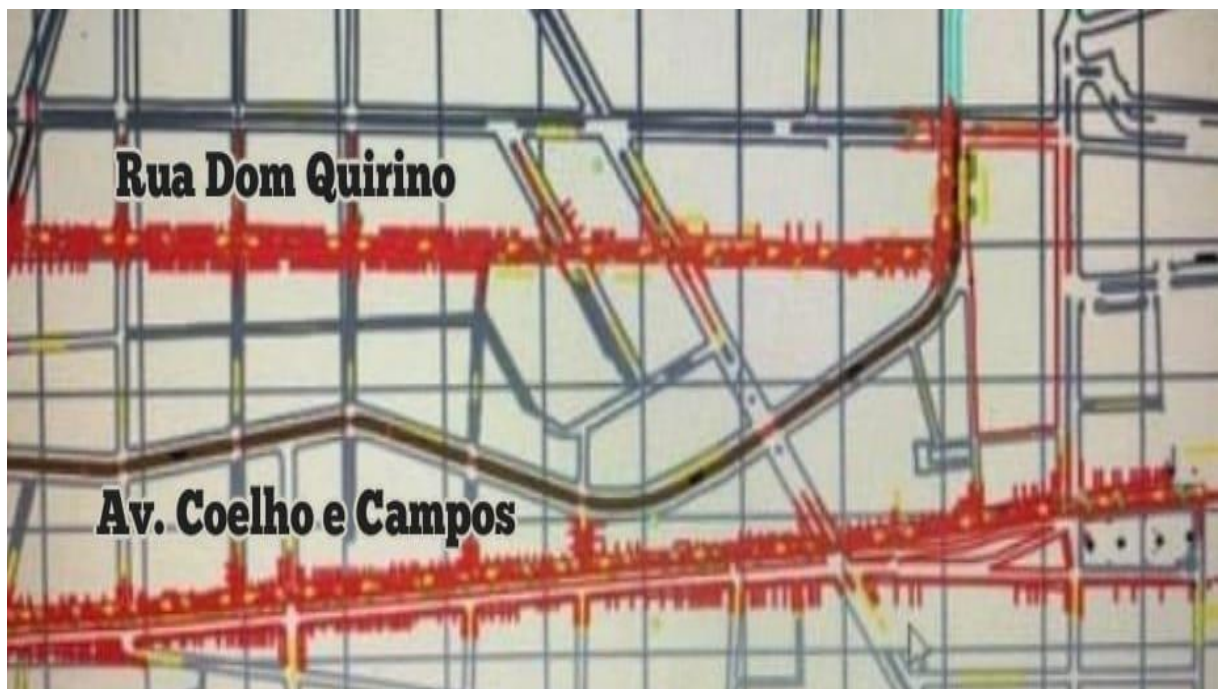


Figura 36: Alagamento na Avenida Coelho e Campos



Fonte: Radar Sergipe (2019)

Figura 37: Avenida Coelho e Campos



Fonte: G1 Sergipe (2022)

O método utilizado para realização desse trabalho foi o quantitativo, que está diretamente ligado a um problema específico e também descritivo já que busca descrever os fenômenos de determinada localidade. Desta forma, nesta pesquisa foi escolhida uma área localizada entre o bairro Industrial e Dezoito do Forte na cidade de Aracaju.

4.2- Ferramentas Utilizadas Para Levantamento de Dados.

Para realizar os levantamentos de dados das áreas e curvas, foi utilizado o software Autocad e google Maps para captura de imagens das áreas delimitadas. Além das revisões bibliográficas, que foram utilizadas como estudos sobre drenagem urbana e, sistema de drenagem sustentáveis, também foi estudado o projeto do canal nas rua Dom Quirino e avenida Coelho e Campos.

4.2.1 Software

O Autocad é um software de desenho técnico, que possibilitou a coleta de dados para a realização de levantamento de informações para o presente trabalho.

Além deste, foi usado o google maps que permitiu a captura de imagens das áreas escolhidas para a instalação dos sistemas de drenagem sustentável, que serão implantados no trabalho.

4.2.3 Projeto de drenagem

Foi realizado um estudo do projeto de drenagem dos canais Dom Quirino e Coelho e Campos idealizado pela Prefeitura de Aracaju, com o intuito de promover a retirada de volume de água do sistema de drenagem convencional, para verificar quanto a utilização de medidas sustentáveis no sistema de drenagem pode reduzir a vazão que é lançada nos canais projetados.

4.3 Definições da área de estudos e dos dispositivos sustentáveis implementados

Nesta fase foi definida a área de estudo onde serão implementados os dispositivos com base nos conhecimentos adquiridos com o projeto do canal, e com visitas na região estudada. Os locais escolhidos para a implantação do sistema drenante sustentável, na rua Dom Quirino foram as calçadas, já para a Avenida Coelho e Campos foi definido como área a praça de eventos do mercado e o estacionamento localizado próximo à praça e três áreas na avenida, além das calçadas ao longo da via.

Dentre todos os sistemas drenantes abordados, optou-se pela implementação do pavimento permeável e do jardim de chuva. O pavimento foi dimensionado nas duas ruas, assim como o jardim de chuva. O pavimento permeável foi projetado para as calçadas, na praça de eventos e no estacionamento. Já o jardim de chuva será implantado nas três áreas do bairro dezoito do forte na avenida Coelho e Campos. E para rua Dom Quirino serão projetados 101 canteiros ao longo das calçadas tendo como dimensão $1,0 \times 0,60$ o que resulta em um canteiro de $0,60 \text{ m}^2$ de área.

4.4 Dimensionamento do Pavimento Permeável

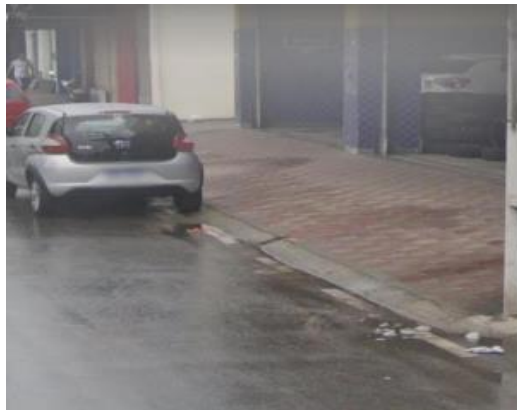
Para o presente trabalho foi dimensionado um pavimento permeável com base nas áreas delimitadas de $22.110,44 \text{ m}^2$, como mostra a Tabela 06. E para garantir que não haja extravasamento em pouco tempo, foi admitido um período de retorno de (T) de 20 anos e a duração de chuva (t) de 5 minutos. A seguir, nas Figuras 38 à 42, são apresentadas as áreas delimitadas para implantação dos elementos sustentáveis de drenagem urbana.

Figura 38: Estacionamento

Fonte: Google Maps (2023)

Figura 39 Praça de Eventos

Fonte: Google Maps (2023)

Figura 40: Calçada Coelho e Campos

Fonte: Google Maps (2023)

Figura 41: Calçada Coelho e Campos

Fonte: Google Maps (2023)

Figura 42; Calçada Dom Quirino

Fonte: Google Maps (2023)

Tabela 05: Áreas de projeto do pavimento permeável

RUA	LOCAL	ÁREA(m²)
AV. Coelho e Campos (CC)	Calçadas sentido centro	3.857,99
AV. Coelho e Campos (CC)	Calçadas sentido Siquera campos	3.434,18

AV. Coelho e Campos (CC)	Praça de Eventos	7.227,952
AV. Coelho e Campos (CC)	Estacionamento próximo ao mercado	4.322,352
AV. Coelho e Campos (CC)	Calçada ao redor do Estacionamento	580,3921
Dom Quirino (DQ)	Calçada lado cemitério	1.074,81
Dom Quirino (DQ)	Calçada sentido contrário ao cemitério	1.612,77

Fonte: Desenvolvida pela autora

Intensidade de precipitação

A intensidade para TUCCI (2009), é a precipitação e altura que foi precipitada por unidade de tempo, sendo assim determinado pela equação intensidade-duração-frequência (IDF). A equação varia de acordo com o estado ou localização, tempo de retorno e a duração da chuva.

Assim a expressão de Talbot é a seguinte:

$$i = \frac{K \cdot T^a}{(t+b)^c} \quad (8)$$

Onde:

i = intensidade da chuva em (mm/h);

T = Período de retorno (anos);

t = duração da chuva (min);

a= Parâmetro da curva IDF;

b= Parâmetro da curva IDF;

c= Parâmetro da curva IDF;

K= Parâmetro da curva IDF.

Após utilizar o cálculo da equação IDF, foi calculado o volume de vazão de entrada usando a Equação (1), determinado a partir do método racional.

Curva de afluente

A afluência da curva é dada pela curva HDF (altura-duração-frequência das chuvas), que é afetada pela relação da área e do coeficiente de escoamento. Assim define-se a variação de massa em relação ao tempo.

Para calcular a lâmina de água de entrada acumulada foi utilizada a expressão da equação (3), onde He é constituída por IDF multiplicada pelo tempo e por fatores de escoamento em relação a sua área. Para He ser calculado, é necessário encontrar

o valor de beta que é o coeficiente de escoamento, dado pela fórmula abaixo desenvolvida por Silveira e Goldenfum (2007):

$$\beta = \frac{Apav + C \cdot A}{Apav} \quad (9)$$

Onde:

$Apav$ = área do pavimento permeável (m²);

C = coeficiente de escoamento superficial ponderado;

A = área impermeável cujo escoamento será absorvido pelo pavimento permeável (m²).

Volume máximo de armazenamento

O volume máximo de armazenamento é obtido pelo dimensionamento da espessura da camada de suporte poroso, onde se tem a área de percolação igual a área de dispositivo. Para se obter esse volume é usada a equação 10, onde:

$$Vmáx = \left(\sqrt{\frac{a}{60}} \cdot \sqrt{\beta} \cdot T^{\frac{b}{2}} - \sqrt{\frac{c}{60}} \cdot \sqrt{\gamma \cdot \sqrt{H \cdot \sqrt{qs}}} \right) \quad (10)$$

Onde:

qs = vazão de saída constante do dispositivo, em mm/h;

γH = razão entre área de percolação e do dispositivo em planta e H é a profundidade média, em mm, do volume de acumulação do dispositivo;

β = Lamina de água acumulada;

a = Parâmetro da IDF;

b = Parâmetro da IDF;

c = Parâmetro da IDF;

T = Tempo de retorno (anos).'

Para o pavimento permeável é admitida uma camada porosa, e será dimensionada a espessura para essa camada. Para esse trabalho a área de percolação será igual a área do dispositivo planejado.

Dessa forma:

$$Vmáx = \left(\sqrt{\frac{a}{60}} \cdot \sqrt{\beta} \cdot T^{\frac{b}{2}} - \sqrt{\frac{c}{60}} \cdot \sqrt{qs} \right) \quad (11)$$

No pavimento permeável é admitida uma camada suporte porosa (revestimento), e é dimensionada a espessura dessa camada. Nesse caso têm-se a área de percolação igual a área do dispositivo em planta

Para o cálculo do volume de saída, ou seja, o volume que é retirado do dispositivo é necessário encontrar o coeficiente hidráulico de saturação do solo (K_{sat}), cuja fórmula é dada por:

$$qs = \alpha \cdot K_{sat} \quad (12)$$

Onde:

qs = vazão de saída constante do dispositivo (mm/h);

α = coeficiente de colmatção;

K_{sat} = condutividade hidráulica saturada do solo (mm/h).

A partir do volume máximo é encontrado o cálculo da espessura da camada reservatório do pavimento.

$$H = \frac{Vmáx}{10 \cdot \eta} \quad (13)$$

4.5 Dimensionamentos do Jardim de Chuva

Nesta etapa foi dimensionado um jardim de chuva com o objetivo de captação do volume de água não aproveitado. Assim foi dimensionado com base em três áreas da avenida Coelho e Campos e em canteiros distribuídos ao longo de um dos lados da calçada na rua Dom Quirino.

O dimensionamento do jardim de chuva foi dividido em duas partes, área e estrutura. A área do dispositivo é 3.041,81m² e os elementos utilizados no dimensionamento foram: intensidade de precipitação, volume de entrada, volume de saída e camada de brita. A seguir da Figura 43 à 46 são mostrados os locais onde serão instalados os jardins de chuva.

Figura 43:Área 01

Fonte: Google Maps (2023)

Figura 44: Área 02

Fonte: Google Maps (2023)

Figura 45:Calçada Dom Quirino

Google Maps (2023)

Figura 46:Área 03

Fonte: Google Maps (2023)

Fonte:

Intensidade de Precipitação

A intensidade de precipitação é determinada pela Equação 14, onde os dados para a cidade de Aracaju/SE são:

Tabela 06:Parâmetro da equação IDF:

Posto	K	a	b	c
Aracaju	1250,88	0,188	10,52	0,753

Fonte: Desenvolvida pela autora

$$i = \frac{1250.88 \cdot T^{0,188}}{(t+10,53)^{0,753}} \quad (14)$$

O tempo de retorno (T) foi de 20 anos e a duração da chuva (t) é 5 minutos. Esses dados foram retirados do projeto do canal da rua Dom Quirino e da avenida Coelho e Campos.

Vazão Máxima

O volume de entrada para o jardim de chuva Equação 5, foi determinado pelo método racional onde a área de concentração de entrada é multiplicada pela intensidade de precipitação e coeficiente de escoamento, que neste trabalho será adotado o que foi especificado no projeto do canal.

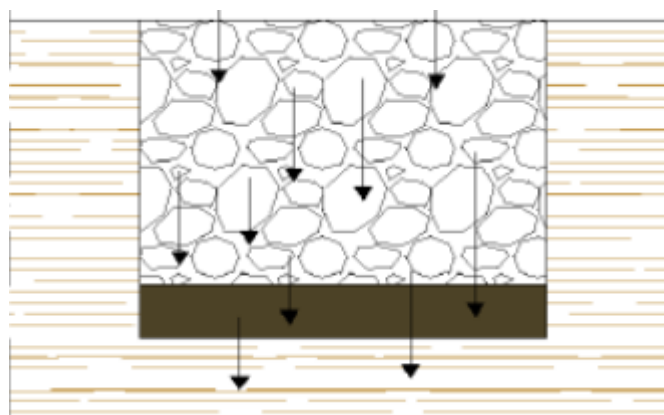
Volume de Entrada

O volume de entrada do jardim de chuva é calculado pela Equação 6 onde o volume de vazão máximo é multiplicado pelo tempo de precipitação da chuva em segundos.

Volume de Saída

Segundo Melo (2011), o volume de saída equação 7 é a quantidade de água que sai do jardim de chuva, e se infiltra no solo abaixo da superfície da camada de brita. O teste de infiltração determina a lâmina de água acumulada, além do comportamento d'água dentro do dispositivo. Já para o comportamento da água foi adotado que ele tem o comportamento no sentido vertical, como demonstrado na Figura 47.

Figura 47: Comportamento da água verticalmente



Fonte: Adaptado de Melo (2011)

Com os valores do volume de entrada e saída foi possível calcular o volume de armazenamento dentro do dispositivo de drenagem sustentável, assim obtemos a equação 15.

$$V_{armaz} = V_{entrada} - V_{saída} \quad (15)$$

Onde:

V_{armaz} : Volume de armazenamento (m^3);

$V_{entrada}$: volume de entrada no dispositivo (m^3);

$V_{Saída}$: volume que sai do dispositivo (m^3).

Camada de armazenamento

Para Melo, (2011), a camada de brita e de areia é descrita pela soma dos volumes de armazenamento. Na composição do jardim de chuva há uma camada de areia entre a brita e o solo, que funciona como um filtro natural

Melo (2011), também diz que o cálculo para o dimensionamento da altura tem que ser o suficiente para ter um armazenamento temporário do volume da água infiltrada para o tempo de retorno e duração de chuva do projeto.

Assim, para determinar a altura da camada de brita é utilizado a Equação (16).

$$H_b = \frac{V_e - V_s - (h_a \cdot B \cdot L \cdot \eta_a)}{B \cdot L \cdot \eta_b} \quad (16)$$

Sendo:

H_b = altura da brita, em metros;

V_e = volume de entrada, em metros cúbicos;

V_s = volume de saída, em metros cúbicos;

B e L = largura e comprimento da base do jardim, em metros;

h_a = altura da camada de areia, em metros;

η_a e η_b = porosidade da areia e da brita, respectivamente.

Para a camada de areia foi adotado 10cm, e para a camada de brita uma margem de segurança de 5cm. (MELO 2011). A camada de brita no sistema além de potencializar o movimento da água, também armazena a água infiltrada, nos casos de chuvas muito intensas ou onde o solo já está saturado.

4.6 Estimativa de custo

Para realizar a estimativa de custo do jardim de chuva e do pavimento permeável, foram utilizados preços relativos ao comercial da cidade de Aracaju, com base nas planilhas do sistema nacional de pesquisa e custo e índice da construção (SINAPI), com valores referentes a outubro de 2023, e do sistema de orçamento de obras de Sergipe (ORSE), com valores referentes a outubro de 2023.

Os levantamentos realizados tiveram o objetivo de determinar os recursos necessários para a construção do pavimento permeável e do jardim de chuva nas áreas delimitadas para a implantação dos dispositivos.

4.7 Estimativa de prazo

Para realizar o levantamento de prazo de execução dos dispositivos de drenagem sustentável, foi adotado o método (PERT). De acordo com Lima e Bezerra (2022), o método PERT/CPM é uma ferramenta muito utilizada em gerenciamento de cronograma de projeto. Tem origem militar, onde foi desenvolvido nos anos 50 pelo escritório da marinha dos Estados Unidos em parceria com empresas de gerenciamento.

Assim como estimativa de dias e meses foram considerado os dados obtidos pelo software de orçamento de obras do estado de Sergipe. A partir das informações adquiridas foi possível estimar um prazo, através da rede de atividades.

5.RESULTADOS E DISCUSSÕES

5.1 Pavimento Permeável

Para fazer o dimensionamento do pavimento permeável foi necessário o cálculo da intensidade de chuva máxima para a cidade de Aracaju/SE, para um período de retorno (T) de 20 anos e a duração de chuva (t) de 5 minutos, com uma intensidade de 278,65mm/h.

Para o presente projeto foi escolhido através de orçamentos realizados com empresas da área o bloco de concreto drenante, mais conhecido como Paver drenante de 20x10x08 cor natural, que de acordo com a empresa fabricante ele tem um teor de vazios entre 15% e 25 %, e um teor mínimo de finos na sua composição. Por terem uma maior quantidade de vazios, são criados poros que possibilitam quase 100% da infiltração da água.

Encontrando o coeficiente beta, foi iniciado o dimensionamento através da equação (9), sendo que a área de contribuição impermeável do pavimento é de 19 422,87m² para a Avenida Coelho e Campos e 2687,58m² para a Rua Dom Quirino, com um beta de 1,80 e 1,70.

Para encontrar o valor de q_s foi necessário encontrar a permeabilidade de saturação do solo para a cidade de Aracaju. Segundo Santos (2010), foi feita uma média de valores para encontrar a saturação, sendo $ksat = 4,12$ mm/h e para vazão de saída do pavimento permeável, foi considerado um coeficiente de colmatação de 0,1 proposto por Silveira e Goldenfum (2007), assim foi encontrado um $q_s = 0,412$ mm/h. Através dos parâmetros e dos valores de IDF, e sabendo os valores de q_s foi encontrado o volume máximo do reservatório em lâmina de água, para as duas ruas.

Tabela 07: Volume Máximo em Lâmina de Água

Ruas	V_{máx}(mm)
Coelho e Campos	61,61
Dom Quirino	58,08

Fonte: Autora (2023)

Assim, através da Equação (13), usando brita com porosidade de $\eta=0,43$ para material de preenchimento, tem-se uma camada porosa de 0,14m de altura para a Avenida Coelho e Campos e 0,135m para a Rua Dom Quirino.

Figura 48: Camada Porosa Reservatório de Água



Fonte: Fonte: Autora (2023)

Figura 49: Camada Porosa Reservatório de Água



Fonte: Fonte: Autora (2023)

A partir da Equação (3), foi encontrado a entrada de água acumulada no sistema para as duas ruas, em seguida esse valor é multiplicado pela área onde foi projetado o dispositivo. Assim se obtém o volume de água armazenado no sistema. Abaixo segue os valores resultantes dos cálculos citados acima.

Tabela 08: Lâmina de água e volume do reservatório

Ruas	He(m)	Área(m²)	Volume(m³)
Coelho e Campos	0,02123	19 422,87	412,36
Dom Quirino	0,02005	2 687,58	55,09

Fonte: Fonte: Autora (2023)

Dessa forma, somando os volumes de entrada das duas ruas se obtém um desvio de escoamento de 468,26 m³ de água que seria lançado no sistema de drenagem tradicional existente.

Ao comparar a espessura do reservatório dimensionado neste trabalho e no dimensionado por Cabral (2019), foi encontrado uma diferença. No trabalho de Cabral a altura da camada de armazenamento foi de 1,05 m e no dimensionado neste estudo de 1,14m para avenida Coelho e Campos e para Dom Quirino 0,135 m de reservatório.

5.2 Jardim de chuva

O dimensionamento do jardim de chuva pode ser feito de várias formas. Para esse trabalho foi utilizado o método adotado por Melo et al (2014), onde é definido um critério mínimo de dimensionamento de 5% da área de cobertura. Dessa forma, o jardim de chuva teve duas áreas distintas, para a Avenida Coelho e Campos. Foram projetados três jardins de chuva com uma área cada um de 48,23 m² e para a Rua Dom Quirino 101 canteiros de 0,60 m², somando uma área de 60,6 m².

Tabela 09: Áreas e dimensões do jardim de chuva

Rua	Área do jardim de chuva(m²)	Área total por rua (m²)	Comprimento(m)	Largura(m)
Coelho e Campos	48,23	144,69	7,5	6,43
Dom Quirino	0,60	60,6	1,0	0,60

Fonte: Autora (2023)

Intensidade e precipitação

Para o dimensionamento do jardim de chuva foi necessário realizar o cálculo da intensidade e precipitação, assim como foi calculado para o pavimento permeável, o tempo de retorno e duração da chuva em projeto são de 20 e 5 minutos, respectivamente. Assim obteve-se uma precipitação de 278,65 mm/h.

Tabela 10: Intensidade e precipitação para cidade de Aracaju

Tempo de retorno (anos)	Duração da chuva(min)	Intensidade e precipitação (mm/h)
20	5	278,65

Fonte: Autora (2023)

Volume de entrada

A partir do cálculo da precipitação e usando os valores da vazão máxima da (Equação 5), foi possível calcular a vazão de entrada para as duas ruas. Para realizar o cálculo da vazão máxima foi necessário saber o coeficiente de escoamento para a avenida e a rua em questão. Assim foram adotados dois valores distintos, pois foram seguidos os mesmos coeficientes usados para o cálculo do canal (projeto convencional). Dessa forma, para rua Coelho e Campos é adotado um coeficiente de 0,80 e para rua Dom Quirino, um coeficiente de 0,70. Com esses dados é possível calcular o volume de entrada em função do tempo para ambas as ruas da cidade de Aracaju, com o auxílio da Equação (6).

Tabela 11: Vazão máxima de entrada

Rua	Coeficiente de escoamento	Intensidade de precipitação	Área da superfície impermeável(m²)	Vazão máxima(m³/s)
Coelho e Campos (C.C.)	0,80	278,65	2 893,61	0,18
Dom Quirino (D.Q.)	0,70	278,65	1 196,01	0,065

Fonte: Fonte: Autora (2023)

Tabela 12: Volume de entrada em função do tempo

Rua	Vazão máxima(m³/s)	Tempo de Duração da chuva (min)	Volume de entrada(m³)
Coelho e Campos (C.C.)	0,18	5	54
Dom Quirino (D.Q.)	0,065	5	19,5

Fonte: Fonte: Autora (2023)

Volume de saída

Segundo a (equação 7), a determinação do volume de saída, depende da lâmina de água acumulada e da área de infiltração, assim, segundo Sena e Mendes

(2018), a taxa de infiltração média para o município de Aracaju na zona norte é de 120mm/h.

Tabela 13: Volume de saída do reservatório

Rua	Área de infiltração (m²)	Lâmina infiltrada acumulada	Volume de saída (m³)
Coelho e Campos (C.C.)	144,68	0,06	8,68
Dom Quirino (D.Q.)	60,6	0,06	3,64

Fonte: Fonte: Autora (2023)

Volume retido

Para encontrar o volume retido dentro do dispositivo sustentável, é só realizar a subtração entre o volume de entrada e o volume de saída, assim foi encontrado o volume armazenado pelo jardim de chuva como mostra a Tabela (14).

Tabela 14: Volume armazenado pelo jardim de chuva

Rua	Volume de entrada(m³)	Volume de saída (m³)	Volume retido (m³)
Coelho e Campos (C.C.)	54	8,68	45,32
Dom Quirino (D.Q.)	19,5	3,64	15,86

Fonte: Fonte: Autora (2023)

Camada de armazenamento

Para armazenar o volume da água dentro do sistema é necessário saber a espessura da camada de brita do sistema drenante, logo, após os cálculos feitos acima, foi necessário realizar o cálculo da camada de brita que irá armazenar esse volume, como apresenta a Equação (16).

Foi usado para o cálculo a porosidade da brita(η_b), com a ordem de 52% para brita 2 e porosidade da areia (η_a) como 25% para areia média, além da espessura de areia de 10cm como indica Melo (2011).

Assim como demonstrado na Tabela 15 a seguir:

Tabela 15: Dados para o cálculo da camada de brita

Rua	Volume de entrada(m³)	Volume de saída (m³)	Altura da camada de areia	$\eta a(\%)$	$\eta b(\%)$	B	L
Coelho e Campos (C.C.)	54	8,68	0,10	25	52	7,5	6,43
Dom Quirino (D.Q.)	19,5	3,64	0,10	25	52	1,0	0,6

Fonte: Fonte: Autora (2023)

Para a espessura da camada de brita foi adotado como margem de segurança 5 cm de acordo com Melo et al (2014), assim a partir dos dados dos cálculos da camada de brita obtidos pela equação (16) e considerado a margem de segurança, foi obtida a espessura mostrada na Tabela 16 a seguir.

Tabela 16: Espessura da camada de brita

Rua	Altura da camada de brita (m)	Margem de segurança(m)	Altura com margem de segurança(m)
Coelho e Campos (C.C.)	0,15	0,05	0,20
Dom Quirino (D.Q.)	0,45	0,05	0,50

Fonte: Fonte: Autora (2023)

Figura 50: Espessura da camada de brita da rua Coelho e Campos



Fonte: Fonte: Autora (2023)

Figura 51: Espessura da camada de brita da rua Dom Quirino

Fonte: Fonte: Autora (2023)

A partir dos cálculos realizados foi possível verificar que pode ser retido um total de 61,18 m³ de água, volume que não será mais direcionado para o sistema de drenagem convencional, já que foi armazenado pelo jardim de chuva.

Ao longo do seu estudo, Almeida (2021), identificou que o jardim de chuva seria capaz de reter 87% do volume de água que seria destinado ao sistema de drenagem convencional, o que é um grande volume a ser considerado. Neste estudo foi obtido um acúmulo médio de 83% de água que será retido nas duas ruas. Ao se comparar ambos os trabalhos tem-se porcentagens de retenção bem similares quando adotado um critério mínimo de dimensionamento de 5% da área de cobertura.

5.3 Estimativa de Custo e Prazo

Para realizar a estimativa de custos para os dois dispositivos estudados foram utilizados o (ORSE) e o (SINAPI), onde foram obtidos os dados para realizar os orçamentos, além destes, também foi feito um orçamento com empresas prestadoras de serviços para pavimentos drenantes para que fosse possível uma estimativa de custo mais preciso, já que não foi encontrado esse item no sistema de orçamento de obras de Sergipe.

Tabela 17: Custo para Execução do Pavimento Permeável

Código	Descrição do Serviço	Unid	Custo Unit.	QTD	Valor Total
90091/SI NAPI	Escavação mecanizada com profundidade até 1,50. Em solo de 1 categoria.	m ³	5,96	2494,938	14869,83

93358/SI NAPI	Escavação manual de vala com profundidade menor ou igual a 1,30 m	m ³	84,97	3032,675	257686,39
00016/OR SE	Demolição manual de piso cimentado sobre lastro de concreto - Rev 01	m ²	24,3	22110,45	537283,93
11447/OR SE	Compactação manual com compactador a percussão sapinho, sem controle do grau de compactação	m ³	11,91	997,9	11884,98
104742/S INAPI	Compactação de valas com rolo compressor.	m ²	8,36	12130,7	101412,65
102693/S INAPI	Dreno espinha de peixe (seção 0,40 x 0,40 m), com tubo de pvc corrugado rígido perfurado, dn 100 mm, enchimento com brita, envolvido com manta geotêxtil, inclusive conexões	m	128,52	3869,59	497319,71
09154/OR SE	Impermeabilização - Fornecimento e aplicação de manta geotêxtil RT-21, resistencia a tração=21 kN/m (antigo Bidim OP-40 ou similar) em colchões drenantes	m ²	27,95	22110,45	617987,08
02582/OR SE	Base com brita graduada, exclusive transporte da brita	m ³	201,97	3095,463	625190,66
12764/OR SE	Camada drenante com areia média	m ³	131,47	2211,045	290686,08
111111	Paver drenante 20x20x08cm cor natural	m ²	67,9	22110,45	1501299,55
					4.455.620,886

Fonte: Fonte: Autora (2023)

Através do orçamento, foi possível obter o custo total e o custo por metro quadrado para a execução do pavimento permeável dentro da área delimitada para as duas ruas. Assim o custo para execução é de R\$ 201,52/m².

De acordo com Nascimento (2020), o custo para execução do pavimento permeável para cidade de Caxias do Sul é de R\$ 130,00/m², assim quando comparamos com os resultados obtidos com o cálculo do orçamento do trabalho realizado, é possível observar um custo de 35% a mais que no trabalho estudado; Esses fatores podem variar de acordo com a cidade e com o aumento dos custos em relação ao tempo.

Tabela 18: Custo para Execução do Jardim de chuva

	JARDIM DE CHUVA				
Código	Descrição do Serviço	Unid	Custo Unit.	QTD	Valor Total

00016/O RSE	Demolição manual de piso cimentado sobre lastro de concreto - Rev 01	m ²	24,3	205,29	4988,54
93358/SI NAPI	Escavação manual de vala com profundidade menor ou igual a 1,30 m	m ³	84,97	51,322 5	4360,87
02582/O RSE	Base com brita graduada, exclusive transporte da brita	m ³	201,97	29,767 05	6012,05
09154/O RSE	Impermeabilização - Fornecimento e aplicação de manta geotêxtil RT-21, resistência a tração=21 kN/m (antigo Bidim OP-40 ou similar) em colchões drenantes	m ²	27,95	205,29	5737,85
12764/O RSE	Camada drenante com areia média	m ³	131,47	20,529	2698,94
10234/O RSE	Grama esmeralda em placas, fornecimento e plantio	m ²	25,02	102,65	2568,30
08763/O RSE	Planta - Abacaxi Ornamental h=1,00m, fornecimento e plantio	Unid.	22,83	50	1141,50
11117/O RSE	Planta - Abacaxi roxo (tradescantia spathacea) , fornecimento e plantio	Unid.	21,51	50	1075,50
09122/O RSE	Planta - Abacaxi vermelho (Ananas bracteatus striatus) , fornecimento e plantio	Unid.	23,35	50	1167,50
09123/O RSE	Planta - Andiroba (Carapa guianensis) h=1,00m, fornecimento e plantio	Unid.	85,75	50	4287,50
07667/O RSE	Planta - Alamanda amarela (allamanda cathartica), fornecimento e plantio	Unid.	19,75	50	987,50
11156/O RSE	Planta - Murici (byrsonima crassifolia) h= 0,80 a 1,00m, fornecimento e plantio	Unid.	70,9	50	3545,00
08760/O RSE	Planta - Palmeira Areca (alt=1,00m), fornecimento e plantio	Unid.	162,84	40	6513,60
TOTAL					45.084,67

Fonte: Fonte: Autora (2023)

Com os valores encontrados, foi estimado o custo para implantação do jardim de chuva, onde serão feitos 3 canteiros com 48,23m² cada para a avenida Coelho e Campos e 101 canteiros com 0,60 m² para a rua Dom Quirino, sendo o custo para a execução de R\$ 219,61/m²

Para se obter uma comparação em relação ao custo de execução do jardim de chuva, foi tomado como referência o orçamento realizado por Almeida (2021); E nos custos definidos pelo autor, foi encontrado um valor de R\$ 172,14/m² essa soma tem como base o levantamento do ano de 2020. Para o orçamento da avenida e Coelho e Campos e da rua Dom Quirino, foi realizado um levantamento no ano de 2023, onde foi obtido um valor de R\$ 219,61/m² uma diferença de R\$ 47,47/m² essa alteração de valores pode ser entendida pela região e o tempo, que são distintos entre os trabalhos.

Estimativa de Prazo

Para a construção do canal Dom Quirino e Coelho e Campos, foi adotado um cronograma de 12 meses para o canal da avenida Coelho e Campos e 12 meses para rua Dom Quirino, assim para tomar como comparativo de prazo, foi estimado uma duração em relação ao tempo para a construção dos dispositivos de drenagem sustentável, utilizando como base os prazos obtidos pelo ORSE. Para estimar o prazo do jardim de chuva e do pavimento permeável foi adotado o método (PERT), que é Program Evaluation Review Technique (PERT), que na sua tradução para o português significa Técnica de Avaliação e Revisão de Programas.

Tabela 19: Prazo para Pavimento Permeável Elaborada Através do ORSE

Descrição do Serviço	HORAS	QTD	HORAS TOTAL	DIAS	MESES	FUNCION- ARIOS	MESES/ FUNCIO NRIOS
Escavação manual de vala com profundidade menor ou igual a 1,30 m	3,956	2494,94	9869,97	1096,66	36,55	63	0,58
Escavação mecanizada com profundidade até 1,50. Em solo de 1 categoria.	0,0736	3032,67	223,20	24,80			1
Demolição manual de piso cimentado sobre lastro de concreto - Rev 01	2,86	22110,45	63235,89	7026,21	234,21	63	3,72
Compactação manual com compactador a percussão sapinho, sem controle do grau de compactação	3,525	997,9	3517,59	390,84	13,02	63	0,20
Compactação de valas com rolo compressor.	0,0627	12130,7	760,59	84,51	2,82	63	0,044
Dreno espinha de peixe (seção 0,40 x 0,40 m), com tubo de pvc corrugado rígido perfurado, dn 100 mm, enchimento com brita, envolvido com manta geotêxtil, inclusive conexões	0,4656	3869,59	1801,68	200,18	6,67	63	0,10
Impermeabilização - Fornecimento e aplicação de manta geotêxtil RT-21, Resistência a tração=21 kN/m (antigo Bidim OP-	0,7	22110,45	15477,32	1719,70	57,32	63	0,91

40 ou similar) em colchões drenantes							
Base com brita graduada, exclusive transporte da brita	11,584 8	3095,46 3	35860,3 2	3984,48	132,82	63	2,10
Camada drenante com areia média	2,6	2211,04 5	5748,72	638,75	21,29	63	0,34
Paver drenante 20x20x08cm cor natural	3,2	22110,4 5	70753,4 4	7861,49	262,04	63	4,16
TOTAL							13,17

Fonte: Fonte: Autora (2023)

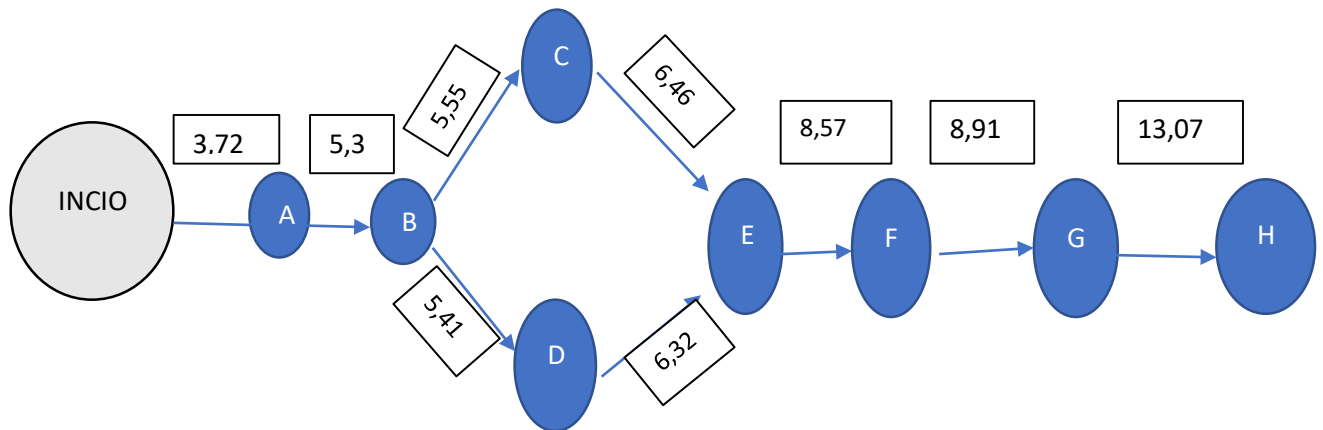
A partir dos dados obtidos através da tabela 19 foi possível elaborar a rede de atividade e a tabela de atividades do sistema proposto. Logo através deste método foi estimada a execução dos dispositivos. O prazo será de 13,5 meses pra sua finalização contando com a cooperação de 63 colaboradores divididos nas 7 áreas que foram destinadas para a aplicação do pavimento permeável, resultando em 9 trabalhadores por área.

Tabela 20: Lista de Atividades

PAVIMENTO PERMEAVEL			
ATIVIDADE	DESCRIÇÃO	ATIVIDADE POSTERIOR	DURAÇÃO
A	DEMOLIÇÃO		3,72
B	ESCAVAÇÃO	A	1,58
C	COMPACTAÇÃO	B	0,255
D	DRENO	B	0,11
E	IMPERMEABILIZAÇÃO	D-C	0,91
F	BRITA	E	2,11
G	AREIA	F	0,34
H	PAVER	G	4,16

Fonte: Fonte: Autora (2023)

Gráfico 04: Rede de atividade do pavimento permeável



Fonte: Fonte: Autora (2023)

Após a definição do prazo de execução do pavimento permeável através do ORSE foi feita a rede PERT, com a rede foi possível saber se há possibilidade de redução do período de execução da obra. Assim foi visto que a maioria das atividades são precedentes uma da outra, ou seja, uma depende da conclusão da tarefa anterior para começar a próxima, como resultado foi visto que houve uma redução, porém irrelevante. A tabela 21 abaixo tem o prazo para execução do jardim de chuva juntos com os serviços descritos.

Tabela 21: Prazo para Jardim de Chuva Elaborada Através do ORSE

Descrição do Serviço	HORAS	QTD	HORAS TOTAL	DIAS	MESES	FUNCIONARIOS	MESES/FUN-CIONARIOS
Demolição manual de piso cimentado sobre lastro de concreto - Rev 01	2,86	205,29	587,13	65,23	2,17	5	0,43
Escavação manual de vala com profundidade menor ou igual a 1,30 m	3,96	51,32	203,01	22,55	1	5	0,2
Base com brita graduada, exclusive transporte da brita	11,58	29,77	344,84	38,32	1,27	5	0,25
Impermeabilização - Fornecimento e aplicação de manta geotêxtil RT-21, resistência a tração=21 kN/m (antigo Bidim OP-40 ou similar) em colchões drenantes	0,7	205,29	143,70	15,96	0,53	5	0,11
Camada drenante com areia média	2,6	20,529	53,37	5,93	0,19	5	0,03
Grama esmeralda em placas, fornecimento e plantio	0,4	102,65	41,06	4,56	0,15	5	0,03

Planta - Abacaxi Ornamental h=1,00m, fornecimento e plantio	0,6	50	30	3,33	0,111111	5	0,02
Planta - Abacaxi roxo (tradescantia spathacea) , fornecimento e plantio	0,36	50	18	2	0,066	5	0,01
Planta - Abacaxi vermelho (Ananas bracteatus striatus) , fornecimento e plantio	0,36	50	18	2	0,066	5	0,01
Planta - Andiroba (Carapa guianensis) h=1,00m, fornecimento e plantio	2,86	50	143	15,89	0,52	5	0,10
Planta - Alamanda amarela (allamanda cathartica), fornecimento e plantio	0,36	50	18	2	0,066	5	0,01
Planta - Murici (byrsonima crassifolia) h= 0,80 a 1,00m, fornecimento e plantio	2,86	50	143	15,89	0,52	5	0,10
Planta - Palmeira Areca (alt=1,00m), fornecimento e plantio	1	40	40	4,44	0,14	5	0,02
TOTAL DE MESES							1,37

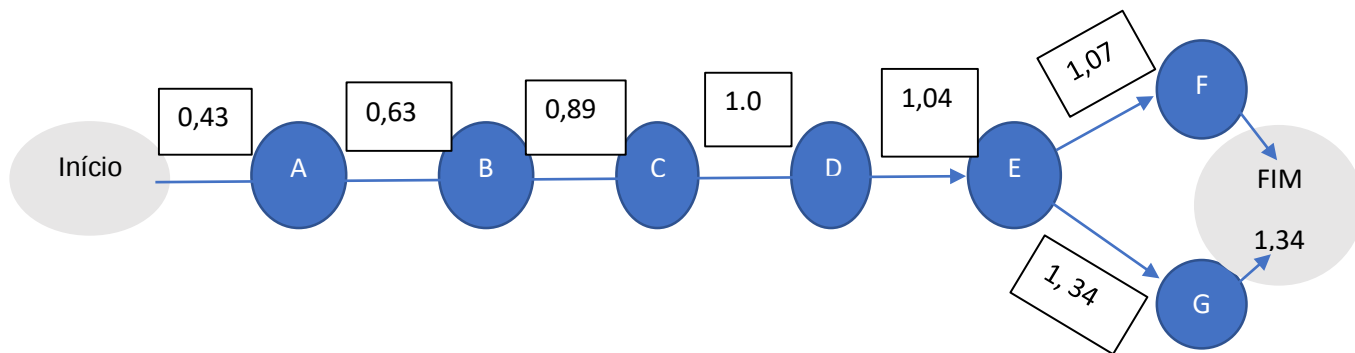
Fonte: Fonte: Autora (2023)

Tabela 22 :Lista de Atividades

ATIVIDADE	DESCRIÇÃO	ATIVIDADE P	DURAÇÃO
A	DEMOLIÇÃO		0,43
B	ESCAVAÇÃO	A	0,2
C	BASE DE BRITA	B	0,26
D	IMPERMEABILIZANTE	C	0,11
E	AREA MÉDIA	D	0,04
F	GRAMA ESMERALDA	E	0,03
G	PLANTAS	E	0,3

Fonte: Fonte: Autora (2023)

Gráfico 05: Rede de atividade do Jardim de Chuva



Fonte: Fonte: Autora (2023)

Para realizar o levantamento de prazo foi usado o ORSE (orçamento de obras de Sergipe) e o método PERT/CPM, através deles foi possível encontrar as horas que cada serviço necessitava, assim foi realizado um somatório transformando horas em dias, e dias em meses. Com isso delimitando um período de tempo para a execução dos sistemas drenantes.

Dessa forma, com base no método é estimado que para o pavimento permeável, será necessário um período de 13,5 meses para a construção do pavimento permeável na avenida e na rua. E para o jardim de chuva um prazo de 1,5 meses para a sua finalização.

6- CONCLUSÃO

Neste trabalho, foi proposta a construção de dois dispositivos de drenagem sustentáveis, para Avenida Coelho e Campos e rua Dom Quirino na cidade de Aracaju, sendo um pavimento permeável e um jardim de chuva. Estes dispositivos apresentam-se como potenciais soluções para minimizar os efeitos negativos da urbanização, como exemplo os alagamentos que assolam as ruas em questão e arredores.

Diante do estudo destes dois sistemas, foi observado que os dispositivos citados apresentaram resultados satisfatórios em relação a redução de volume de água retido no sistema drenante, além do prazo e do custo que também obteve um resultado positivo quando comparados com os valores e prazos do canal da avenida Coelho e Campos e rua Dom Quirino, que foram tomados como base para o trabalho.

Para o pavimento permeável, as áreas escolhidas para implementação do sistema, foram as calçadas, praça de evento e o estacionamento, somando uma área total de 22.110,44 m² de pavimento permeável; Foi escolhido como tipo de pavimento o Paver drenante de 20x10x08 cm cor natural. Onde foi obtido um volume de 468,26m³ de água retido no dispositivo, com uma camada de reservatório média de 0,14 m. Em relação ao prazo, este foi estimado de acordo com o ORSE, assim obtendo um prazo de execução de 13 meses e meio para sua finalização. Com um custo total de R\$: 4, 455.620.89 (quatro milhões quatrocentos e cinquenta e cinco mil e oitenta e nove centavos).

Como o pavimento permeável é um dispositivo que não apresenta grandes complicações, é de grande importância seu uso em universidades e institutos como forma de incentivar o seu estudo, para que aumente o conhecimento sobre esse método e que se tenha mais pesquisas para que no futuro haja um aprimoramento desse método de drenagem sustentável.

Em relação ao jardim de chuva, foram escolhidas três áreas na avenida Coelho e Campos e a calçada na rua Dom Quirino, para a instalação do sistema. Somando uma área de jardim de chuva de 205,28m² que remove do sistema de drenagem tradicional um volume de 61,18m³ de água. Para sua execução foi estimado um prazo de 1 mês e 15 dias para ambas as vias, e um custo total para sua implementação de R\$: 45,084,68 (Quarenta e cinco mil oitenta e quatro reais e sessenta e oito centavos), nas duas vias.

O jardim de chuva é um dispositivo de fácil execução e de muita ajuda para centros urbanos que apresentam grandes áreas impermeabilizadas, deste modo a adoção da implementação se torna uma excelente forma de propiciar uma pequena parte da natureza em locais extremamente urbanos, com isso contribuindo para o paisagismo nas cidades.

Assim, quando é feita uma análise comparativa entre o canal e os dispositivos sustentáveis encontra-se uma variação em relação ao volume, tempo e custo. A construção dos canais Coelho e Campos e Dom Quirino, tem o objetivo de desafogar o canal do bairro Industrial, que corre pela Avenida Airton Teles com o desvio de 23,076 m³/s de volume de água. Já com a construção de ambos os dispositivos foi obtido uma redução de volume de 529,44 m³, com uma vazão de 0,15 m³/s de água retido nos dispositivos, com a mesma variação de tempo de retorno de 20 anos e uma variação de 5 minutos.

O custo, para a Construção do canal de acordo com a os dados obtidos com a tabela de orçamento é de R\$: 21.865.379,6 (Vinte e um milhões oitocentos e sessenta e cinco mil trezentos e setenta e nove reais e sessenta centavos). Já para a construção dos dois dispositivos será investido R\$: 4.500.705,6 (Quatro milhões quinhentos mil setecentos e cinco reais e sessenta centavos). Assim comparando os custos se obtém uma diferença de montante de R\$: 17.364.674 (Dezessete milhões trezentos e sessenta e quatro mil e seiscentos e setenta e quatro reais). O que torna a aplicação dos dispositivos viáveis para o desafogamento de água no sistema drenante convencional existente para fins de implantação, porém o pavimento drenante e o jardim de chuva necessitam de maiores custos de manutenção de funcionamento, o que pode torna-los ineficientes quando não se tem uma manutenção periódica.

7.0 REFERÊNCIA BIBLIOGRÁFICA

ALESSI, Fernando; KOKOT, Pedro Júnior; GOMES, Júlio. Comparação do Escoamento Superficial Gerado Por Pavimentos Permeáveis em Blocos de Concreto e Asfalto Poroso. Ano **2006**, v. **3**, n. **1**, p. **139-156**, 2006.

ALMEIDA, MAYARA REIS DE. **ANÁLISE DA VIABILIDADE DE IMPLANTAÇÃO DE JARDIM DE CHUVA PARA MANEJO DE ÁGUAS PLUVIAIS NO INSTITUTO FEDERAL DO ESPÍRITO SANTO CAMPUS VITÓRIA.** 2021. 82 p. Trabalho de conclusão de Curso (Engenharia Sanitária e Ambiental) - INSTITUTO FEDERAL DO ESPÍRITO SANTO CURSO DE ENGENHARIA SANITÁRIA E AMBIENTAL, [S. l.], 2021.

ALMEIDA, ISIS DE CASTRO. **Sistemas Sustentáveis de drenagem urbana: uma proposta para a bacia hidrográfica do córrego são Pedro, em juiz de fora.** Trabalho de conclusão de curso (Engenharia Ambiental e Sanitária) - UNIVERSIDADE FEDERAL DE JUIS DE FORA.

Associação Brasileira de Cimento Portland. **Meio fio Pré- Moldado de concreto**, São Paulo.1987.

BALBO, José Tadeu. **Pavimentos de Concreto Permeáveis: uma Visão Ambiental da Tecnologia Sustentável Emergente.** 1. ed. São Paulo: Oficina de Texto, 2020. 176 p.

BAPTISTA, Diogo José Fernandes. **Afluência Indevidas nas Redes de Drenagem Públicas. Efeitos das Bacias de Retenção.** 2021. 218 p. Trabalho de Conclusão de Curso (Mestrado em Engenharia Civil) - Faculdade de Engenharia da Universidade do Porto, Porto- PORTUGAL, 2021.

BATEZINI, Rafael. **Estudo Preliminares de concreto permeável como revestimento de pavimento para áreas de veículos leves.** Trabalho de conclusão de curso (Mestrado em engenharia)- Universidade de Passos Fundo, São Paulo, 2009.

BOTELHO, M.H.C - **Águas de chuva: Engenharia das águas pluviais.** Editora; Blucher. São Paulo, 2011.

CABRAL, Erika de Lima. **DIMENSIONAMENTO DE UM PAVIMENTO PERMEÁVEL COMO MEDIDA DE CONTROLE DE DRENAGEM URBANA.** 2019. 16 p. Trabalho de Conclusão de Curso (Bacharelado em engenharia civil) - UNIVERSIDADE FEDERAL DA GRANDE DOURADOS, DOURADOS, 2019.

CANHOLI, Aluísio Pardo. **Drenagem Urbana e Controle de Enchentes:** Oficina de Texto, 2005.

CEOLIN, Luísa de Faria Machado. **Análise Hidráulica -Hidrológica da Implantação de Bacias de retenção e Detenção em Vicente Pires.** 2019. 99 p. Trabalho de Conclusão de Curso (Bacharelado em engenharia civil) - Universidade de Brasília Faculdade de Tecnologia Departamento de Engenharia Civil e Ambiental, Brasília - DF, 2019.

DE 2010 a 2022, população brasileira cresce 6,5% e chega a 203,1 milhões. 2023. Disponível em: De 2010 a 2022, população brasileira cresce 6,5% e chega a 203,1 milhões | Agência de Notícias (ibge.gov.br). Acesso em: 3 jul. 2023.

DE 2010 a 2022, população brasileira cresce 6,5% e chega a 203,1 milhões. Disponível em: <https://agenciadenoticias.ibge.gov.br/agencia-noticias/2012-agencia-de-noticias/noticias/37237-de-2010-a-2022-populacao-brasileira-cresce-6-5-e-chega-a-203-1-milhoes>. Acesso em: 3 jul. 2023.

FEITOSA, Francisco Fabio de Souza; TAVARES, Paulo Roberto Lacerda; CASTRO, Marco Aurélio Holanda de; COSTA, Celma Torres Ferreira da. **Revista AIDIS. Avaliação de uso de trincheiras de infiltração para atenuação de Picos de Cheias na Cidade do Crato-CE, Brasil**, ceara, v. 13, n. 2, p. 485-499, 2019.

FERREIRA, Thays Santos; BARBASSA, Ademir Paceli; MORUZZI, Rodrigo Braga. Artigo Técnico. **Controle de enchentes no lote por poço de infiltração de água pluvial sob nova concepção**, São Carlos (SP), v. 23, n. 3, p. 437-443, 2018.

FONSECA, Pedro Luiz Lanzillotta da. **Resiliência Urbana Associada aos Sistemas de Drenagens Sustentáveis: Técnicas Compensatórias em Manejo de Água Pluviais**. 2023. 101 p. Trabalho de Conclusão de Curso (Mestrado em Engenharia Civil e Ambiental) - Universidade Federal Paulista - UNESP, Bauru- São Paulo, 2023.

Fundação Nacional de Saúde. **DRENAGEM e MANEJO das ÁGUAS PLUVIAIS URBANAS**. Maranhão. 20216

G1 Sergipe. [S. l.], 10 jul. 2022. Disponível em: [https://s2-g1.glbimg.com/PsrR6ceyDS7ImPFYtX1srR7Pcg=/0x0:1700x1082/984x0/smart/filters:strip_icc\(\)/i.s3.glbimg.com/v1/AUTH_59edd422c0c84a879bd37670ae4f538a/internal_photos/bs/2022/p/p/HnxdkSTOAaxB5zcs8QxQ/avenidaracaju.jpg](https://s2-g1.glbimg.com/PsrR6ceyDS7ImPFYtX1srR7Pcg=/0x0:1700x1082/984x0/smart/filters:strip_icc()/i.s3.glbimg.com/v1/AUTH_59edd422c0c84a879bd37670ae4f538a/internal_photos/bs/2022/p/p/HnxdkSTOAaxB5zcs8QxQ/avenidaracaju.jpg). Acesso em: 5 out. 2023

GARCEZ, Lucas Nogueira; ALVAREZ, Guillermo Acosta. **Hidrologia**. 2. ed. rev. e atual. São Paulo: Blucher, 1988. 304 p.

GONÇALVES, Luciana Márcia; BAPTISTA, Luana F.da Silva; RIBEIRO, Rochele Amorim. O USO DE TÉCNICAS COMPENSATÓRIAS DE DRENAGEM PARA CONTROLE DOS IMPACTOS DA URBANIZAÇÃO. **FORUM AMBIENTAL DA ALTA PAULISTA**, São Paulo, v. 7, ed. 1, p. 1241-1256, 2016.

GUTIERREZ, Adriana Idalina Rojas; RAMOS, Ivanete Carpes. **Guias de técnicas sustentável de drenagem urbana**. 2017. 30 p. Trabalho de Conclusão (Pós-graduação em Gestão da Drenagem Urbana) - Universidade Federal do Mato Grosso do Sul - UFMS, Mato Grosso do Sul, 2017.

JÚNIOR, Antenor Rodrigues Barbosa. **Elementos de hidrologia aplicada**. 1. ed. São Paulo: Blucher, 2022. 608 p.

JÚNIOR, Rui Caio Henriques. **Telhados verdes: usos e perspectivas**. 2018. 89 p. Trabalho de Conclusão de Curso (Bacharelado em especialista em Sistemas Tecnológicos e Sustentabilidade Aplicados ao Ambiente Construído.) - Universidade Federal de Minas Gerais Escola de Arquitetura, Belo Horizonte- Minas Gerais, 2018.

LIMA, Henrique Vitor Dantas de; BEZERRA, Ítalo Sabino Arrais. **GESTÃO DE PLANEJAMENTO DE ATIVIDADES POR MEIO DA TÉCNICA PERT/CPM APLICADA AO SUBSISTEMA DE DESIGN DO PROJETO BAJA SAE DA UFRN**.

2021. 12 p. Trabalho de conclusão de Curso (Engenheiro Mecânica) - Universidade Federal do Rio Grande do Norte, 2021.

LIMA, Walter de Paula. **Hidrologia Florestal Aplicada ao Manejo de Bacias Hidrográficas**. 2. ed. Piracicaba- São Paulo: Escola Superior de Agricultura “Luiz de Queiroz” Departamento de Ciências Florestais Universidade de São Paulo, 2008. 256 p.

LOURENÇO, Rossana Ramos de Abreu. **Sistemas Urbanos de Drenagem Sustentáveis**. 2014. 164 p. Trabalho de Conclusão de Curso (Mestrado em Engenharia Civil, Especialização em Construção Urbana) - Instituto Politécnico de Coimbra INSTITUTO SUPERIOR DE ENGENHARIA DE COIMBRA, Coimbra-Portugal, 2014.

MANUAL de Saneamento. 3. ed. rev. Brasília - DF: Fundação Nacional de Saúde, 2004. 165 p.

MARCONDES, Ricardo Augusto de Castro. Estudo do uso das Tubulações de PEAD em sistemas de distribuição de água no Brasil. (Mestrado em ciência). Escola politécnica da Universidade de São Paulo. 2016.

MARCHIONI, Mariana L.; SILVA, Cláudio Oliveira. Conceitos e Requisitos para Pavimentos Inter travado Permeável. **Sistema Construtivo Pavimentos Permeáveis**, ed. 1, p. 1-8, 2016

MARCHIONI, Mariana; SILVA, Cláudio Oliveira. **Melhores Práticas Pavimento Inter travado Permeável**. 1. ed. rev. São Paulo: Associação Brasileira de Cimento Portland, 2011. 24 p.

MATOS, Henrique de; CAUDURO, Flávia. Drenagem e a Urbanização – Estudo de caso dos impactos da urbanização no sistema de drenagem em uma cidade de pequeno porte. **REVISTA TECNICA E CIENTIFICA DE ENGENHARIA CIVIL**, Santa Catarina, v. 1, ed. 1, 2019.

MELO, Tássia dos Anjos Tenório de. **Jardim de chuva: Sistema de Biorretenção como técnica compensatória no manejo de águas pluviais urbanas**. 2011. 137 p. Mestre em Engenharia civil (Mestrado em Engenharia Civil) - Universidade Federal de Pernambuco – UFPE, 2011

MELO, Tássia dos Anjos Tenório de; COUTINHO, Artur Paiva; CABRAL, Jaime Joaquim da Silva Pereira; ANTONINO, Antônio Celso Dantas; CIRILO, José Almir. Jardim de chuva: sistema de Biorretenção para o manejo das águas pluviais urbanas. **Associação Nacional de Tecnologia do Ambiente Construído**. Associação Nacional de Tecnologia do Ambiente Construído. Porto Alegre, ano 2014, v. 14, ed. 4, p. 147-165, 14 jul. 2014.

MELLO, Fernanda Barbosa Gomes. RIGO, Daniel. **Comparativo de custos de implantação de pavimento convencional e pavimento permeável**. Revista Científica Multidisciplinar Núcleo do Conhecimento. Ano. 08, Ed. 04, Vol. 04, pp. 05-25. Abril de 2023. ISSN: 2448-0959.

MENDES, Alesi Teixeira; SANTOS, Gesmar Rosa dos. **DRENAGEM E MANEJO SUSTENTÁVEL DE ÁGUAS PLUVIAIS URBANAS: O QUE FALTA PARA O BRASIL ADOPTAR?** Rio de Janeiro, ano 2022, v. 1, n. 54, p. 1-54, 11 ago. 2022.

MORAES, Daniella Ferreira Costa. **Drenagem Urbana Sustentável: Projeto de Intervenção Para o Córrego do Sapo, Rio Verde-GO**. 2018. 48 p. Trabalho de Conclusão de Curso (Bacharelado em especialista em Elaboração e Gerenciamento de Projetos para a Gestão Municipal de Recursos Hídricos.) - Instituto Federal de Educação, Ciência e Tecnologia do Ceará - IFCE, Rio Verde - Goiás, 2018

NASCIMENTO, LEONEL PARISSENTI DO. **PROJETO DE PAVIMENTAÇÃO PERMEÁVEL PARA UM LOTEAMENTO LOCALIZADO NO MUNICÍPIO DE CANELA, RS**. 2020. 70 p. Trabalho de conclusão de Curso (Bacharelado em engenharia civil) - UNIVERSIDADE DE CAXIAS DO SUL, CAXIAS DO SUL, 2020.

NETO, Ethel Geraldo Canabrava; ALMEIDA, Aleska Kaufmann; LEITE, Izabel Rodrigues; GUARIENTI, José Antônio; ALMEIDA, Isabel Kaufmann de. GREEN ROOF: SUSTAINABLE ALTERNATIVE FOR SURFACE FLOW. **Telhado Verde: Alternativa Sustentável Para a Drenagem do Escoamento Superficial**, Florianópolis, v. 7, n. 2, 2021.

NETTO, Azevedo; MARTINIANO, José. **Manual de Hidráulica**. 8. ed. aum. [S. l.]: Edgard Blucher LTDA, 2013

ONO, Bruno Watanabe; BALBO, José Tadeu; CARGNIN, Andréia Posser. Transportes. **Drenagem Subsuperficial de Pavimentos: Conceitos e Dimensionamento**, São Paulo, ano 2017, v. 25, n. 2, 29 set. 2017. Associação nacional de pesquisa e ensino de transporte, p. 1-12.

PANORAMA censo. 2023. Disponível em: Panorama do Censo 2022 (ibge.gov.br). Acesso em: 3 jul. 2023.

PEREIRA, Miguel Joffer de Oliveira. **Estudo de Implantação de Bacias de Detenção Para Mitigação dos Efeitos de Inundação em Nova FRIBURGO/RJ**. 2018. 76 p. Trabalho de Conclusão de Curso (Bacharelado em engenharia civil) - Universidade Federal do Rio de Janeiro, Escola Politécnica, Curso de Engenharia Civil, Rio de Janeiro, 2018.

PINTO, Nelson L. de Souza; HOLTZ, Antônio Carlos Tatit; MARTINS, José Augusto; GOMIDE, Co Luiz Sibut. **Hidrologia Básica**. 2017.

PIRES, Bruno Miguel Rodrigues. **Caracterização de Bacias de Retenção no Algarve**. 2017. 212 p. Trabalho de Conclusão de Curso (Mestrado em Engenharia Civil) - UAlg - Universidade do Algarve, Algarve, 2017.

PIRES, Rodrigo Azevedo Gonçalves; CARRILHO, Bruna Brandini; GALVÃO, Golin. **Asfalto Convencional ou Permeável? Viabilidade técnica na prevenção de enchentes**. XVIII Enanpur, ano 2019, ed. 1, p. 1-28, 2019.

REIS, Ana Paula Cabral. Paramétrica. **Pavimentação Permeável: Conceitos e Fundamentos**, Minas Gerais, ano 2022, v. 14, n. 2, p. 1-15, 15 dez. 2022.

REIS, Ricardo Prado Abreu; OLIVEIRA, Lúcia Helena de; SALES, Maurício Martinés. Associação Nacional de Tecnologia do Ambiente Construído. **Sistemas de drenagem na fonte por poços de infiltração de águas pluviais**, v. 8, n. 2, p. 99-117, 2008.

RIBEIRO, Matheus de Souza. **Avaliação de critério de dimensionamento de poços de infiltração de água de chuva quando submetidos a diferentes tipos de chuva**

de projeto. 2019. 21 f. Trabalho de Conclusão de Curso (Bacharelado em engenharia civil) - Universidade Federal do Goiás, 2019.

ROCHA, Bruno Jerry Brandão. **Jardim de Chuva: Técnica Compensatória de Manejo de Águas Pluviais Urbanas para uma Microrregião do Município Valparaíso de Goiás (GO).** 2021. 41 p. Trabalho de Conclusão de Curso (Bacharelado em engenharia civil) - Centro Universitário do Planalto Central Aparecido dos Santos - UNICEPLAC, Gama- DF, 2021.

ROCHA, Paloma Valéria Dos. **A importância dos jardins de chuva para o paisagismo funcional.** 2023. 114 p. Trabalho de Conclusão de Curso (Licenciatura em Ciências Biológicas) - Universidade Federal de São Carlos, Araras, 2023.

SAATKAMP, Gabriela. **Jardim de Chuva: Estudo Comparativo de um Sistema de Biorretenção e uma Bacia de Amortecimento Pluvial.** 2019. 98 p. Trabalho de Conclusão de Curso (Bacharelado em engenharia civil) - Universidade Federal do Rio Grande do Sul Escola de Engenharia, Porto Alegre, 2019.

SABINO, Guilherme. **O papel das bacias de retenção na drenagem de água** Disponível em: <https://suadecoracao.com/papel-das-bacias-de-retencao-na-drenagem-de-agua/>. Acesso em 25 de julho de 2023.

SANTOS, Agna Aliny Mariano dos; CALVARIO, Aislan Cazéli do; SOUZA, Júnio Ferreira. **SISTEMAS COMPENSATÓRIOS DE DRENAGEM URBANA: UM ESTUDO SOBRE A APLICABILIDADE DE POÇOS DE INFILTRAÇÃO.** 2021. 50 p. Trabalho de Conclusão de Curso (Pós-graduação em Engenharia de Infraestrutura Urbana) - Ifes Campus Vitória. Espírito Santo, 2021.

SANTOS, THIAGO TAVARES. **Delimitação Espacial e simulação Hidrossedimentológica na bacia do rio Japarutuba Mirim em Sergipe.** 2010. 95 p. Trabalho de conclusão de Curso (Mestrado em Agro ecossistema) - Universidade de Sergipe, São Cristóvão/SE, 2010.

SENA, Denison dos Santos de; MENDES, Ludmilson Abritta. Análise dos impactos sobre o escoamento superficial decorrentes da urbanização em bairros da zona norte de Aracaju, Sergipe. **6º Congresso Internacional de Tecnologias para o Meio Ambiente**, ano 2018, p. 1-7, 12 abr. 2018.

SETTA, Bruno Rocha Silva. **Telhados Verdes Como Políticas Públicas Ambientais Para o Município de Volta Redonda– RJ.** Revista LABVERDE, Rio de Janeiro, ano 2017, v. 8, n. 1, p. 1-23, 2017.

SILVA, André Brito da; PINHEIRO, Erika Cristina Nogueira Marques. **SISTEMA DE DRENAGEM SUSTENTÁVEL COMO MEIO DE MITIGAÇÃO DE INUNDAÇÕES – ESTUDO DE CASO**, Manaus, ano 2023, ed. 122, p. 1-, 11 maio 2023.

SILVA, Luciene Pimentel da. **Hidrologia Engenharia e Meio Ambiente.** 1. ed. Rio de Janeiro: GEN LTC, 2015. 352 p.

SILVA, Marianne Rillary Vieira da; LIMA, Auryane Barros Pontes; SANTOS, Erika Ribeiro dos; GONZAGA, Giordano Bruno Medeiros. **Jardins de Chuva: Técnicas Compensatórias Para Sistemas de Drenagem.** Cadernos de Graduação, Maceió-Alagoas, ano 2018, v. 5, n. 1, p. 13-20, 2018.

SILVA, Rayanne Caires; TEIXEIRA, Kananda de Oliveira; SANTOS, Vanderson Aguiar. **Elaboração de Projeto de Jardins de Chuvas Para Minimização Das Enchentes**. Revista CONSTUINDO, Belo Horizonte, ano 2020, v. 12, n. 1, p. 56-66, 2020.

SILVA, Sérgio Manoel da. **O EFEITO DAS TÉCNICAS DE INFILTRAÇÃO EM UMA REDE DE DRENAGEM URBANA: ESTUDO DE CASO PARA A CIDADE DO RECIFE**. 2018. 59 p. Trabalho de Conclusão de Curso (Bacharelado em engenharia civil) - Universidade Federal de Pernambuco – UFPE, Pernambuco, 2018.

SILVA, Wellington Souza. **Desempenho do Sistema e Telhado Verde Como Estratégia de Condicionamento Térmico Passivo no Semiárido Alagoano**. 2020. 208 p. Trabalho de Conclusão de Curso (Pós-graduação em Arquitetura e Urbanismo) - UNIVERSIDADE FEDERAL DE ALAGOAS FACULDADE DE ARQUITETURA E URBANISMO PROGRAMA DE PÓS-GRADUAÇÃO EM ARQUITETURA E URBANISMO, Maceió, 2020.

SILVEIRA, André Luiz Lopes da; GOLDENFUM, Joel Avruch. **Metodologia Generalizada para Pré-Dimensionamento de Dispositivos de Controle Pluvial na Fonte**, RBRH — Revista Brasileira de Recursos Hídricos, ano 2007, v. 12, ed. 2, p. 157-168, 2 abr. 2007.

SOUZA, Victor Gabriel Alves de. **IMPLANTAÇÃO, MONITORAMENTO E SIMULAÇÃO DE UMA TRINCHEIRA DE INFILTRAÇÃO EM UMA BACIA URBANA NA CIDADE DO RECIFE**. 2018. 118 p. Trabalho de Conclusão de Curso (Pós-graduação em Engenharia Civil) - Centro de Tecnologia e Geociências da Universidade Federal de Pernambuco, Recife, 2018.

SPONCHIADO, Éllora. **Poço de infiltração e pavimento permeável como técnica compensatória de drenagem urbana de controle na fonte**. 2021. 26 p. Trabalho de Conclusão de Curso (Bacharelado em engenharia civil) - Universidade Federal da Grande Dourados, Dourado, 2021.

STAMM, Cristiano; STADUTO, Jefferson Andronio Raimundo; LIMA, Jandir Ferreira de; WADI, Yonissa Marmitt. A população urbana e a difusão das cidades de porte médio no Brasil. **Universidade Estadual do Oeste do Paraná (UNIOESTE) Universidade Estadual do Oeste do Paraná (UNIOESTE)**, Toledo-PR, v. 14, n. 2, p. 251-265, 2013.

SUZUKI, Carlos Yuki; AZEVEDO, Ângela Martins; JÚNIOR, Felipe Issa Kabbach. **Drenagem Subsuperficial de Pavimentos: Conceitos e Dimensionamento**. 1. ed. São Paulo: Editora Oficina de Textos, 2013. 240 p.

TRANCOSO, Cláudia Aparecida Gomes, LYRIO, Matheus Carvalho, MARTINS, Wemington Lourenço, OLIVEIRA, Cecilia Montibeller. **DRENAGEM URBANA NO CONTROLE DE ENCHENTES**. Cariacica.

TOMINAGA, Erika Naomi de Souza. **Urbanização e cheias: medidas de controle na fonte**, São Paulo, 2013. Dissertação (Mestrado) – Escola Politécnica da universidade de São Paulo, Departamento de Engenharia Hidráulica e Ambiental, São Paulo, 2013.

TUCCI, Carlos E. M. **Hidrologia ciência e aplicação**. 4. ed. ABRH, 2009.

Tucci, Carlos E.M. **Gestão de Águas Pluviais Urbanas/** – Ministério das Cidades – Global Water Partnership - World Bank – Unesco 2005.

TUCCI, C. E. M. 1997. **Hidrologia: ciência e aplicação**. 2.ed. Porto Alegre: ABRH/ Editora da UFRGS, 1997.

VIEIRA, Zacarias Caetano; BARROSO, Marcos Luciano Alves; SANTOS, Daniel Luiz; FERRO, Camilla Fernandes. Revista Expressão Científica. **ANÁLISE DE UM PROTÓTIPO DE POÇO DE INFILTRAÇÃO PARA USO EM EDIFICAÇÕES COMO TÉCNICA COMPENSATÓRIA EM DRENAGEM URBANA**, Aracaju SE, ano 5, v. 5.

YAZAKI, Luiz Fernando Orsini de Lima *et al.* PROJETO Técnico: Jardins de Chuva. **Soluções Para as Cidades** v. 1, p. 1-13, 10 JULHO. 2020