



**FUNDAÇÃO EDSON QUEIROZ
UNIVERSIDADE DE FORTALEZA - UNIFOR
VICE-REITORIA DE ENSINO DE PÓS-GRADUAÇÃO - VRE
MESTRADO PROFISSIONAL EM CIÊNCIAS DAS CIDADES - MPCC**

TARCISIO LIMA MOTA

**A APLICABILIDADE DE TÉCNICAS COMPENSATÓRIAS DE DRENAGEM URBANA
EM UMA COMUNIDADE CARENTE NA CIDADE DE FORTALEZA-CE**

**FORTALEZA-CE
NOVEMBRO, 2022**

TARCISIO LIMA MOTA

**A APLICABILIDADE DE TÉCNICAS COMPENSATÓRIAS DE DRENAGEM
URBANA EM UMA COMUNIDADE CARENTE NA CIDADE DE FORTALEZA-CE**

Dissertação apresentada ao curso de Mestrado Profissional em Ciências da Cidade da Universidade de Fortaleza como requisito Parcial para a obtenção do Título de Mestre em Ciências da Cidade.

Linha de Pesquisa: Ciências e Tecnologias da Cidade

Orientador: Prof. Dr. André Gadelha de Oliveira

**FORTALEZA
NOVEMBRO,2022**

Ficha catalográfica da obra elaborada pelo autor através do programa de geração automática da Biblioteca Central da Universidade de Fortaleza

Mota, Tarcisio Lima.

A aplicabilidade de técnicas compensatórias de drenagem urbana em uma comunidade carente na cidade de Fortaleza-CE. / Tarcisio Lima Mota. - 2022
169 f.

Dissertação (Mestrado Profissional) - Universidade de Fortaleza. Programa de Mestrado Profissional Em Ciências Da Cidade, Fortaleza, 2022.

Orientação: Prof. Dr. André Gadelha De Oliveira.

1. Drenagem Urbana. 2. Urbanização. 3. Técnicas compensatórias. I. De Oliveira, Prof. Dr. André Gadelha . II. Título.

TARCISIO LIMA MOTA

**A APLICABILIDADE DE TÉCNICAS COMPENSATÓRIAS DE DRENAGEM URBANA
EM UMA COMUNIDADE CARENTE NA CIDADE DE FORTALEZA-CE**

Defesa de Dissertação apresentada ao curso de Mestrado Profissional em Ciências da Cidade da Universidade de Fortaleza como requisito Parcial para a obtenção do Título de Mestre em Ciências da Cidade.

Linha de Pesquisa: Ciências e Tecnologias da Cidade

Dissertação de Mestrado Defendida em: 29 de Novembro de 2022

Banca examinadora:

Prof. Dr. André Gadelha de Oliveira
Orientador

Instituição: UNIFOR – UNIVERSIDADE DE FORTALEZA

Prof. Dr^a. Raquel Jucá de Moraes Sales
Avaliador

Instituição: UNIFOR – UNIVERSIDADE DE FORTALEZA

Prof^a. Dr^a. Teresa Raquel Lima Farias
Avaliador

Instituição: IFCE – INSTITUTO FEDERAL DE EDUCAÇÃO, CIÊNCIA E
TECNOLOGIA DO CEARÁ.

A Deus.

Aos meus pais, Tarcísio e Roberta.

A Minha namorada Nara Maíra.

AGRADECIMENTOS

A Deus.

A meu orientador e conselheiro, Professor André Gadelha, pela parceria, paciência e toda a disponibilidade para tornar este trabalho possível.

À minha mãe Roberta Mota, por ter literalmente feito tudo que estava a seu alcance para que eu pudesse ter conquistado meus objetivos.

A meu pai Tarcísio Filho, pelo incentivo, orientações e todo o apoio para o desenvolvimento profissional e acadêmico.

A Nara Máira Rodrigues, por me ajudar a extrair o melhor de mim e pelo companheirismo nos meus melhores e piores dias.

A José de Ribamar Soares de Sousa, por todas as conversas, conselhos e troca de experiências que estimularam o meu ato de pensar e contribuíram para o meu desenvolvimento.

À minha irmã Raphaelle Mota, pelo incentivo e por ter me presenteado com meu sobrinho Bento, despertando um amor que até então era desconhecido.

À coordenação do Mestrado Profissional em Ciências das Cidades, pelo apoio.

À Secretaria de Infraestrutura do município de Fortaleza pelos dados que foram fornecidos.

Ao engenheiro Pedro Almi da Costa Freire por todos os ensinamentos e lições que certamente levarei para sempre em minha vida.

À toda a equipe do PROINFRA principalmente pelo acolhimento e ajuda durante toda a realização do estudo.

“O sucesso é ir de fracasso em fracasso sem perder o entusiasmo.”

(Winston Churchill)

RESUMO

O crescimento das cidades inevitavelmente acaba por provocar mudanças no ciclo hidrológico local. Este processo de urbanização, aliando a rapidez com que ocorre e a falta de um planejamento urbano adequado é fator preponderante para o aumento das áreas impermeabilizadas que gera como principal consequência o agravamento das inundações urbanas, principalmente em comunidades carentes. Ciente disto, diversas concepções de projetos de drenagem urbana sustentáveis têm sido pesquisadas, tentando trazer uma alternativa ao conceito higienista e buscando uma abordagem menos agressiva ao meio ambiente na gestão das águas pluviais urbanas. Diante do exposto, a presente dissertação tem como objetivo principal avaliar o potencial de aplicação de técnicas de drenagem sustentável em uma comunidade carente na cidade de Fortaleza, Ceará. O objetivo busca ser atingido através da elaboração de dois artigos de temáticas semelhantes e complementares, onde no primeiro foi realizada uma revisão bibliográfica sistemática sobre o conceito de técnicas compensatórias de drenagem urbana no cenário nacional, a fim de se verificar o que a literatura local disserta sobre o assunto, no segundo artigo foi realizado um estudo de caso baseado em projeto de drenagem convencional elaborado pela prefeitura de Fortaleza, onde foi proposta a inserção de pavimentos permeáveis, jardins de chuva e telhados verdes na área de abrangência do mesmo, buscando verificar o impacto de redução de diâmetro e de vazão acumulada após a aplicação das técnicas compensatórias dentro da área em questão.

Palavras chave: Drenagem Urbana. Urbanização. Técnicas Compensatórias.

ABSTRACT

The growth of cities inevitably ends up causing changes in the local hydrological cycle. This urbanization process, combining the speed with which it occurs and the lack of adequate urban planning, is a preponderant factor for the increase in waterproofed areas, which generates as a main consequence the worsening of urban floods, especially in poor communities. Aware of this, several conceptions of sustainable urban drainage projects have been researched, trying to bring an alternative to the hygienist concept and seeking a less aggressive approach to the environment in the management of urban rainwater. Given the above, the main objective of this dissertation is to evaluate the potential for the application of sustainable drainage techniques in a poor community in the city of Fortaleza, Ceará. The objective seeks to be achieved through the elaboration of two articles on similar and complementary themes, where in the first one a systematic bibliographic review was carried out on the concept of compensatory techniques of urban drainage in the national scenario, to verify what the local literature says. on the subject, in the second article, a case study was carried out based on a conventional drainage project developed by the city of Fortaleza, where it was proposed to insert permeable pavements, rain gardens, and green roofs in the area of coverage of the same, seeking to verify which would be the impact of applying these compensatory techniques in the area in question.

Keywords: Urban Drainage. Urbanization. Compensatory Techniques.

LISTA DE FIGURAS

Figura 1 - Ciclo Hidrológico e seus componentes	20
Figura 2 - Ciclo Hidrológico (Atmosfera - Superfície).....	21
Figura 3 - Bacia Hidrográfica	23
Figura 4 - Divisão Hidrográfica Brasileira.....	25
Figura 5 - Formação da Precipitação	28
Figura 6 – Processo de Formação do escoamento superficial.....	32
Figura 7 - Crescimento da População Urbana e Rural.....	45
Figura 8 - Impactos do escoamento superficial na paisagem urbanizada	48
Figura 9 - Exemplo de Sarjeta.....	52
Figura 10 - Exemplo de Boca de Lobo e seus Tipos.....	52
Figura 11 - Exemplo de Poço de Visita	53
Figura 12 - Fluxograma para Projetos de Drenagem Urbana	54
Figura 13 – Hidrograma de uma Bacia Genérica Com condições Após a Construção da Urbanização	60
Figura 14 – Técnicas Compensatórias e um Lote Urbano	66
Figura 15 - Seção típica de um jardim de chuva.....	68
Figura 16 - Jardins de chuva implantados nas áreas comuns do condomínio.....	68
Figura 17 - Pavimento Permeável de Concreto ou Asfalto Poroso.....	73

Figura 18 - Pavimneto Permeável de Blocos de Concreto Vazado e Preenchidos com Grama	74
Figura 19 - Tipos de Infiltrações em Seções Transversais.....	75
Figura 20 – Fluxograma com Etapas de um Projeto de Pavimento Permeável	76
Figura 21 – Corte Esquemático de um Telhado Verde	80
Figura 22 - Elementos Considerados Cruciais ao LID.....	88
Figura 23 - Mapa das Publicações	93
Figura 24 - Respostas para as Questões 1 e 2	93
Figura 25 - Respostas para as Questões 3 e 4	94
Figura 26 - Mapa com a Delimitação da Região de Estudo.....	108
Figura 27 - Vista para a Rua Mozart Anselmo	109
Figura 28 - Pontos de Alagamento na Rua 5.....	109
Figura 29 - Esgotamento a Céu Aberto na Comunidade Renascer.....	110
Figura 30 - Layout Geral do Projeto de Microdrenagem para a Comunidade Renascer	111
Figura 31 - Recorte e Ampliação da Galeria 6.....	112
Figura 32 - Corte Esquemático de um Sistema de Microdrenagem.....	116
Figura 33 - Distribuição dos Telhados Verdes pela Comunidade Renascer.....	117
Figura 34 - Distribuição do Pavimento Permeável e Jardins de Chuva.....	118

LISTA DE QUADROS

Quadro 1 - Fases do desenvolvimento das águas urbanas (TUCCI, 2005).....	59
Quadro 2 – Definição de Técnicas compensatórias de Drenagem Urbana.....	64
Quadro 3 – Vantagens, Desvantagens e Recomendações sobre Jardins de Chuva.....	71
Quadro 4 – Vantagens, Desvantagens e Recomendações sobre Telhados Verdes	78
Quadro 5 – Vantagens, Desvantagens e Recomendações sobre Telhados Verdes	83
Quadro 6 - Triagem das Publicações Analisadas.....	89
Quadro 7 - Detalhes das Publicações Analisadas	91
Quadro 8 - Dados Complementares Encontrados nas Pesquisas Analisadas.....	96
Quadro 9 - Informações Complementares Sobre as Publicações.....	97
Quadro 10 - Área das Técnicas Escolhidas.....	118
Quadro 11 - Novos Coeficientes de Escoamento Superficial	119
Quadro 12 - Síntese das Vazões e Diâmetros do Trecho Final.....	124

LISTA DE TABELAS

Tabela 1 - Coeficiente de Runoff.....	40
Tabela 2 - Coeficiente De Runoff para o Método McMath.....	42
Tabela 3 - Impactos da Urbanização Sobre a Bacia Hidrográfica	49
Tabela 4 - Valores do Coeficiente "C" Segundo Tucci (2004).....	114
Tabela 5 - Planilha de Dimensionamento Hidráulico (Projeto Original).....	120
Tabela 6 - Planilha de Dimensionamento Hidráulico (Jardins de Chuva).....	121
Tabela 7 - Planilha de Dimensionamento Hidráulico (Pavimentos Permeáveis)	122
Tabela 8 - Planilha de Dimensionamento Hidráulico (Telhados Verdes)	123
Tabela 9 - Planilha de Dimensionamento Hidráulico (Técnicas Combinadas)	123
Tabela 10 - Resumo do Percentual de Redução de Vazão em Diversos Trabalhos.....	126

LISTA DE EQUAÇÕES

$$Q = \frac{C x I x A}{360} \quad (1)$$

$$tc = 57 x \left(\frac{L^3}{H}\right)^{0,385} \quad (2)$$

$$i = \frac{K x Tr^m}{(t+t_0)^n} \quad (3)$$

$$i = \frac{2345,29 x Tr^{0,173}}{(t+28,31)^{0,904}} \quad (4)$$

$$i = \frac{21,711 x (Tr-2,070)^{0,138}}{(t+13,800)^{0,768}} \quad (5)$$

$$Q = 0,0091 x C x I x A^{\frac{4}{5}} x S^{\frac{1}{5}} \quad (6)$$

$$Q = \frac{C x i x A x \varphi}{360} \quad (7)$$

$$\varphi = \frac{1}{N \sqrt{100 x A}} \quad (8)$$

$$Q = \frac{C x I x A^D}{360} \quad (9)$$

LISTA DE GRÁFICOS

Gráfico 1 - Curva IDF para a cidade de Fortaleza (CE)	39
---	----

LISTA DE ABREVIATURAS E SIGLAS

PROINFRA	Programa de Infraestrutura em Educação e Saneamento
SUDS	Sustainable Drainage System
WMO	World Meteorological Organization
PMP	Precipitação Máxima Provável
IDF	Intensidade – Duração - Frequência
DNIT	Departamento Nacional de Infraestrutura e Transportes
LID	Low Development Impact
BMP	Best Management Practises
WSUDS	Water Sustainable Drainage System
EPA	Environmental Protection Agency
CNHR	Conselho Nacional de Recursos Hídricos
SCS	Soil Conservation Service
SEINF	Secretaria Municipal de Infraestrutura
PEAD	Polietileno de Alta Densidade

LISTA DE SÍMBOLOS

%

\$

SUMÁRIO

1 INTRODUÇÃO	15
1.1 Justificativa	17
1.2 Objetivos.....	18
<i>1.2.1 Objetivo Geral.....</i>	<i>18</i>
<i>1.2.2 Objetivos Específicos.....</i>	<i>18</i>
1.3 Metodologia.....	19
2 FUNDAMENTAÇÃO TEÓRICA.....	20
2.1 Elementos do ciclo hidrológico	20
<i>2.1.1 Conceitos gerais.....</i>	<i>20</i>
<i>2.1.2 Bacia Hidrográfica.....</i>	<i>22</i>
<i>2.1.3 Precipitação</i>	<i>26</i>
<i>2.1.4 Escoamento Superficial</i>	<i>31</i>
<i>2.1.5 Métodos para Estimativa de Vazões de Projeto.....</i>	<i>33</i>
<i>2.1.6 O Método Racional como Metodologia de Estimativa de Vazão.....</i>	<i>34</i>
2.1.6.1 Tempo de Concentração	36
2.1.6.2 Intensidade de Precipitação	37
2.1.6.3 Coeficiente de Escoamento Superficial (Coeficiente de Runoff).....	39
2.1.6.4 Método Racional Modificado	41
2.2 DESENVOLVIMENTO URBANO	44
<i>2.2.1 Conceitos Gerais.....</i>	<i>44</i>
<i>2.2.2 Impactos do desenvolvimento urbano na bacia hidrográfica.....</i>	<i>47</i>
2.3 Drenagem Urbana	51
<i>2.3.1 Sistemas Clássicos de Drenagem Urbana</i>	<i>51</i>
<i>2.3.2 Evolução da Drenagem Urbana</i>	<i>54</i>
<i>2.3.3 Drenagem Urbana Sustentável.....</i>	<i>59</i>
2.4 Técnicas Compensatórias.....	62
<i>2.4.1 Conceitos Gerais.....</i>	<i>62</i>
<i>2.4.2 Jardins de Chuva.....</i>	<i>67</i>
<i>2.4.3 Pavimentos Permeáveis.....</i>	<i>72</i>
<i>2.4.4 Telhados Verdes</i>	<i>79</i>
3 ARTIGO 1.....	84
3.1 RESUMO.....	85
3.2 INTRODUÇÃO	85
3.3 METODOLOGIA.....	88
3.4 RESULTADOS E DISCUSSÕES.....	90

3.5 CONCLUSÃO.....	99
3.6 REFERÊNCIAS.....	100
4 ARTIGO 2.....	104
4.1 RESUMO.....	104
4.2 INTRODUÇÃO	105
4.3 METODOLOGIA.....	107
4.3.1 CARACTERIZAÇÃO DO LOCAL.....	108
4.3.2 CRITÉRIOS DE CÁLCULO	112
4.3.2.1 INTENSIDADE PLUVIOMÉTRICA	113
4.3.2.2 MÉTODO RACIONAL	113
4.3.2.3 TEMPO DE CONCENTRAÇÃO	115
4.3.2.4 DETERMINAÇÃO DO DIÂMETRO DAS GALERIAS	115
4.3.3 APLICAÇÃO DAS TÉCNICAS COMPENSATÓRIAS	117
4.4 RESULTADOS E DISCUSSÕES.....	119
4.5 CONCLUSÃO.....	127
4.6 REFERÊNCIAS BIBLIOGRÁFICAS	128
5 CONCLUSÃO.....	131
REFERÊNCIAS BIBLIOGRÁFICAS	133
ANEXO A – PLANILHAS DE DIMENSIONAMENTO HIDRÁULICO.....	143

1 INTRODUÇÃO

O processo de industrialização, que foi fator preponderante para o impulsionamento da urbanização mundial, se iniciou no continente Europeu por volta do século XVIII, e se configurou em um processo que acabou induzindo a explosão no desenvolvimento das cidades, processo de desenvolvimento esse que resultou em concentrações urbanas gigantescas e de densidades muitas vezes consideradas até alarmantes (LEFEBVRE, 1991). Esse fenômeno foi mundial, no entanto teve o seu ritmo de ápice diferente nas mais variadas partes do mundo.

Na América Latina, e conseqüentemente no Brasil objetivando promover o desenvolvimento industrial, diversas reformas urbanas foram propostas e executadas, o que acabou gerando o investimento elevando de recursos em obras de infraestrutura, muitas vezes sem o planejamento adequado. A prova disso vai do fato da grande maioria das cidades brasileiras que passaram por estas reformas não abrangeram soluções de moradia para os trabalhadores saídos das regiões rurais, atraídos do campo e das pequenas cidades para as grandes, pela ampla oferta de trabalho (OSÓRIO, 2004). Esses migrantes foram absorvidos pelas grandes cidades, mas não foram, no entanto, integrados às mesmas (ROLNIK, 2013).

O resultado desse processo de urbanização acelerado e sem o devido planejamento são cidades em que os sistemas de infraestrutura adequados, a prestação de serviços essenciais, e um sistema de saneamento básico eficiente estão disponíveis e funcionando de forma mais adequada apenas em partes mais favorecidas da cidade. As outras partes das cidades, as quais apresentam diversos problemas de infraestrutura e necessitam de intervenções em caráter emergencial, estão nas partes menos centralizadas, ou seja, nas periferias e nas favelas (SILVA, 2011)

Quando se aborda a cidade de Fortaleza, que é o cenário em questão no presente estudo, dados da empresa Geofusion (2014), em pesquisa intitulada como Raio-X das comunidades carentes no Brasil, em 2015 apontam que cerca de 16% da população de Fortaleza é composta por habitantes de comunidades carentes, o que corresponde a aproximadamente 420 mil habitantes da capital cearense que se encontram divididos nas mais de 194 comunidades de baixa renda existentes na cidade, um número bastante elevado. Quando se trata da urbanização os dados são ainda mais impressionantes, através da realização do último censo pelo IBGE em

2010 ficou constatado que apenas 13,2% dos domicílios urbanos distribuídos por Fortaleza possuem uma infraestrutura adequada, ou seja, presença de bueiros, pavimentação adequada, calçada, rede coletora de esgoto e meio-fio, um número alarmante principalmente pelo fato de mostrar a desigualdade existente na 5º maior capital do país.

No contexto geral, historicamente em todo o Brasil, a drenagem urbana é a parcela do saneamento básico com o menor enfoque durante o planejamento e execução do processo de modernização e expansão da cidade. A chamada “visão higienista”, que é o pensamento que reforça a teoria de que o objetivo único e principal de um sistema de drenagem clássico é escoar as águas pluviais o mais rápido possível para longe das cidades, com a qual de forma majoritária ainda se trabalha a drenagem no Brasil já é considerada antiquada na maior parte do mundo. Ao mesmo tempo, a maior parte das intervenções e manejo nos sistemas de drenagem acabam surgindo na forma de obras de caráter corretivo ou de intervenção emergencial a fim de resolver uma crise como uma inundação em um ponto específico da cidade. Dessa forma, o gerenciamento da drenagem urbana brasileira, em sua maioria, pode ser sintetizado através da busca de soluções por meio de obras de controle de enchentes e inundações (MARTINS, 2017)

O desenvolvimento da drenagem urbana no resto do mundo foi iniciado através de uma mudança no pensamento de como se lidar com o manejo de águas pluviais, após uma série de observações de que as medidas adotadas ao serem realizadas de forma corretiva traziam mais transtornos do que se fossem realizadas de forma preventiva. Se antes, como citado no parágrafo acima tinha-se a visão higienista como balizador principal das ideias, hoje procura-se recuperar as características naturais de escoamento das bacias hidrográficas através da redução do volume escoado em áreas urbanas já consolidadas. Essa nova abordagem recebeu o nome de drenagem urbana sustentável. (CANHOLI, 2005)

O principal conceito da drenagem urbana sustentável versa justamente sobre o controle tanto da quantidade como da qualidade das águas pluviais utilizando medidas como o controle do escoamento superficial, aumento do tempo de trânsito de escoamento, maior integração de áreas verdes a paisagem urbana, remoção de poluentes das águas pluviais e outros. Para que estas medidas sejam realizadas de maneira coesa e eficiente faz-se necessário além de um planejamento adequado a utilização de dispositivos específicos para tal objetivo, também conhecidos como técnicas compensatórias, que podem ser definidas como estruturas que compensam através de dispositivos de infiltração e retenção os efeitos que a urbanização

acelerada trouxe a determinadas áreas da cidade. Alguns exemplos de estrutura que exercem esse tipo de função são as trincheiras de infiltração, pavimentos permeáveis, células de bioretenção, jardins de chuva e telhados verdes. (MARTINS, 2017)

A aplicação destas técnicas compensatórias de drenagem urbana, aliada a medidas não estruturais como a elaboração de planos diretores visando trazer organização ao uso do solo na cidade e também a garantia de áreas voltadas ao manejo das águas pluviais, tem excelentes resultados se executadas em regiões em expansão, entretanto em locais urbanos já adensados, principalmente nas comunidades carentes, os problemas de drenagem tendem a ser mais críticos e emergenciais, a aplicação das técnicas de drenagem sustentável nessas áreas tende a ser difícil, pela dificuldade de um local adequado para a sua execução, custos de aplicação e também saber como a população reagiria a tal aplicação (BAPTISTA; NASCIMENTO; BARRAUD, 2005)

A área que servirá de estudo para a validação da eficácia da aplicação de técnicas compensatórias em comunidades carentes, será a comunidade do Barroso em Fortaleza – CE, uma das 45 comunidades da cidade contempladas pelo Programa PROINFRA, programa de infraestrutura em educação e saneamento, que foi concebido em 2015 pela Prefeitura de Fortaleza e objetiva a realização de intervenções de Drenagem, esgotamento sanitário e pavimentação em 45 comunidades de baixa renda na cidade de Fortaleza, sendo estas comunidades escolhidas de acordo com a urgência de intervenção nas mesmas.

Sendo assim, a presente dissertação aplica uma metodologia de escolha de técnicas compensatórias em uma bacia hidrográfica cujas intervenções de infraestrutura já foram realizadas, e irá avaliar por meio de uma simulação hidrológica, o resultado da aplicação destas técnicas em relação ao dimensionamento original da solução de drenagem escolhida para a comunidade em questão.

1.1 Justificativa

A infraestrutura precária de comunidades de baixa renda na capital cearense gera desde adversidades relacionadas a saúde e qualidade de vida, pela falta de um sistema de drenagem adequado, como problemas de deslocamento entre pontos de interesse gerados pela ausência de um modelo de pavimentação eficiente.

Devido muitas vezes a urgência de se resolver os problemas encontrados nessas comunidades, técnicas de drenagem vinculados ao modelo higienista ainda são comumente aplicadas e em face disso se faz relevante a aplicação de simulações hidrológicas utilizando técnicas compensatórias para que seja verificada a aplicabilidade das mesmas e, conseqüentemente, o incentivo do seu uso dentro dessas comunidades.

A presente dissertação se faz importante pois objetiva através de uma simulação hidrológica em uma intervenção real buscar demonstrar a eficácia ou não da aplicação de técnicas compensatórias de drenagem urbana a uma comunidade carente, fazendo assim uma contribuição relevante a comunidade acadêmica

1.2 Objetivos

1.2.1 Objetivo Geral

Avaliar a potencialidade de redução do escoamento superficial e do diâmetro de projeto de uma propositura de solução inicial com a utilização das técnicas compensatórias de pavimentos permeáveis, jardins de chuva e telhados verdes em uma comunidade carente na cidade de Fortaleza, no estado do Ceará.

1.2.2 Objetivos Específicos

- Realizar uma revisão bibliográfica sistemática de citações das técnicas compensatórias existentes na literatura brasileira;
- Caracterizar a área da comunidade escolhida em relação ao uso e ocupação do solo para instalação das técnicas compensatórias;
- Estimar o volume de escoamento superficial em três cenários diferentes, sendo o primeiro com a utilização da técnica proposta pela prefeitura de Fortaleza, o segundo com a utilização das técnicas conjuntas, e o terceiro, com as técnicas aplicadas de forma individual;
- Verificar a redução do diâmetro de projeto estimado pela prefeitura de Fortaleza em sua propositura inicial mediante a inserção de medidas compensatórias;

1.3 Metodologia

A presente dissertação consiste na elaboração de um estudo de caso dividido em dois artigos com temáticas complementares sobre técnicas compensatórias de drenagem urbana e sua aplicabilidade em uma comunidade carente na cidade de Fortaleza.

O estudo se inicia com uma introdução sobre temáticas como desenvolvimento urbano, contextualizando dados atuais e conceitos de drenagem urbana e drenagem sustentável, posteriormente é realizada uma revisão bibliográfica que aborda conceitos de ciclo hidrológico, desenvolvimento urbano, drenagem urbana e técnicas compensatórias de drenagem urbana, com a finalidade de dar o embasamento teórico que o estudo precisa para o seu desenvolvimento. Após o embasamento teórico são desenvolvidos dois artigos sobre a temática proposta, o primeiro consiste na elaboração de uma revisão bibliográfica sistemática sobre as técnicas compensatórias de drenagem urbana mais citadas na bibliografia brasileira e o segundo artigo consiste em um estudo de caso com a finalidade de se checar o potencial de redução de escoamento superficial em uma comunidade carente em relação a comparação com a utilização da técnica proposta pela prefeitura de Fortaleza para a solução da mesma comunidade em questão, Por fim é realizada uma conclusão geral sobre a temática a fim de resumir os conceitos abordados na presente dissertação.

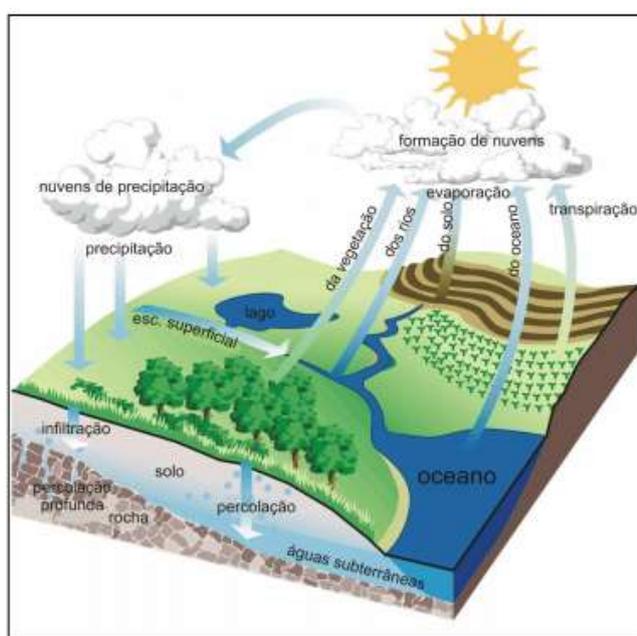
2 FUNDAMENTAÇÃO TEÓRICA

2.1 Elementos do ciclo hidrológico

2.1.1 Conceitos gerais

O conceito de ciclo hidrológico pode ser definido de forma simples como um fenômeno global caracterizado pela circulação fechada de água entre a superfície do globo terrestre e a atmosfera, sendo impulsionado por alguns fatores como a força da gravidade, a rotação planetária e a irradiação de energia solar. O ciclo pode ser descrito com o seu início na atmosfera, onde o vapor d'água é condensado pelas condições meteorológicas, e através dessa condensação são formadas microgotículas de água, que vão se aglomerando com partículas de poeira e gelo também presentes na atmosfera, dando origem a uma espécie de gás, que posteriormente irá sofrer efeitos das dinâmicas de movimento das massas de ar, e consequentemente dando origem ao principal meio de transferência de partículas de água da atmosfera para a superfície do plano terrestre, que é a precipitação (SILVEIRA, 2015). O Ciclo e seus elementos podem ser vistos de forma detalhada na Figura 1.

Figura 1 - Ciclo Hidrológico e seus componentes



Fonte: Adaptado de EPA (1998).

Trazendo outra definição do conceito de ciclo hidrológico, Miranda, Oliveira e Silva (2010) afirmam que o ciclo se caracteriza através de uma sucessão de processos naturais pelos quais as moléculas de água iniciam sua trajetória indo de um ponto de estágio inicial até retornar a sua posição original no final do processo. Este ciclo de circulação fechada entre toda a superfície terrestre e a atmosfera é impulsionado por energias externas que são vitais para o funcionamento do mesmo. Ainda de acordo com Miranda, Oliveira e Silva (2010) estima-se cerca de 10% do valor total de vapor de água evaporado seja reciclado através do ciclo diariamente.

O intercâmbio entre as circulações da superfície terrestre pode ocorrer em dois fluxos diferentes, no sentido superfície atmosfera, onde o fluxo de água irá ocorrer fundamentalmente através da evaporação das águas do oceano e através da evapotranspiração continental e no sentido atmosfera superfície, onde a transferência das moléculas de água ocorre em qualquer estado físico em que ela esteja, sendo as parcelas mais significativas através de precipitações pluviométricas, granizo e neve (LIMA, 2000). O conceito do ciclo que ocorre no sentido atmosfera – superfície, é ilustrado de forma mais aproximada na Figura 2.

Figura 2 - Ciclo Hidrológico (Atmosfera - Superfície)



Fonte: Miranda, Oliveira e Silva (2010)

Assim sendo, considerando os conceitos abordados anteriormente, sabe-se que a ausência ou presença de água afeta diretamente o balanço energético terrestre. Por essa razão, os conceitos de ciclo hidrológico são aplicados em escala planetária, considera-se que o volume disponível em cada parte do ciclo é constante, porém ao se considerar uma área limitada em

termos de tamanho, as quantidades de água em cada parte do ciclo podem variar de forma contínua e esse fenômeno acaba explicando a abundância ou escassez de chuvas em determinadas partes do globo terrestre.

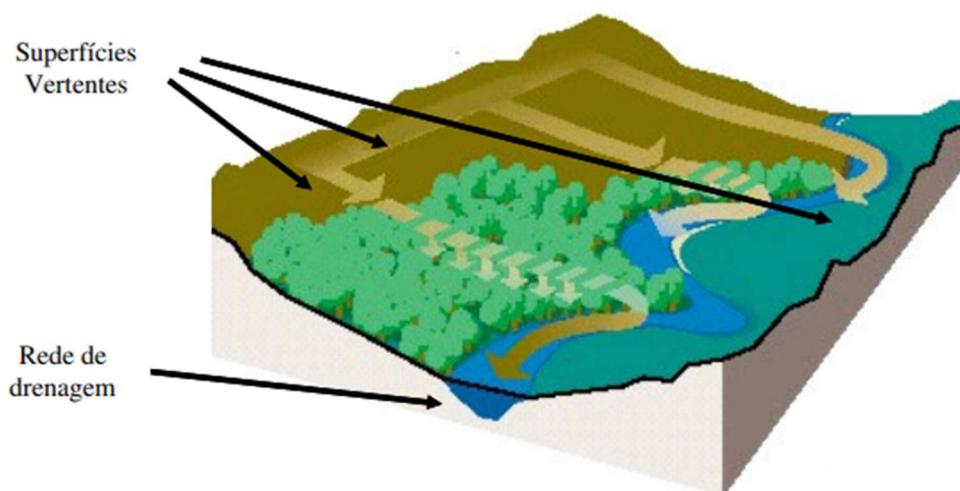
Os principais elementos que fazem parte do ciclo hidrológico como um todo e complementam as definições citadas no presente tópico serão dissertadas com mais detalhes nos tópicos abaixo.

2.1.2 Bacia Hidrográfica

As mais variadas definições de bacia hidrográfica foram elaboradas e difundidas ao longo dos anos por diversos artigos, obras e estudos. Percebe-se que, na abordagem da grande maioria dos autores há uma certa semelhança nos conceitos e definições baseados na área de concentração de determinada rede de drenagem, entretanto um fato interessante é que as definições que tratam das subdivisões da bacia hidrográfica como um todo (sub-bacias e microbacias), apresentam abordagens de conceitos mais opostos entre si. No decorrer deste tópico serão elencados conceitos instituídos por alguns autores de forma a explicar de forma geral o conceito de bacia hidrográfica e suas divisões.

A expressão bacia hidrográfica pode ser utilizada como um conceito bem definido para que seja denotado o mecanismo de captação natural da água de precipitação que une os escoamentos para um único ponto de saída, esse denominado como exutório. A bacia em si é constituída, por um conjunto de superfícies conhecidas como vertentes, como o terreno sobre qual a água precipitada escoar, e também por uma rede de drenagem composta por cursos de água que se unem até resultar em um único ponto de saída como ilustrado na Figura 3 (EPA, 1998).

Figura 3 - Bacia Hidrográfica



Fonte: Adaptado de Epa (1998)

Dando continuidade ao conceito de bacia hidrográfica, Barella (2001) em sua obra trata este conceito definindo a bacia como um conjunto de terras drenadas por um rio e seus afluentes, onde a mesma é inicialmente formada nas regiões mais altas do relevo por divisores de água, sendo que as águas provenientes de precipitação, ou escoam superficialmente formando os riachos e rios, ou acabam se infiltrando no solo para que ocorra a formação das nascentes e do lençol freático. As águas superficiais escoam por gravidade para as partes mais baixas do terreno, onde são formados os pontos de acúmulo como rios e riachos, sendo que as cabeceiras são formadas por riachos que acabam surgindo em terrenos íngremes das serras e montadas e à medida que a água dos riachos descem, juntam-se a outros riachos, aumentando o volume e formando os primeiros rios, esses rios continuam seus trajetos recebendo água de outros tributários, formando em consequência rios maiores até os mesmos desembocarem no oceano (BARELLA, 2001).

Lima e Zakia (2000) em seu estudo, acrescentam uma abordagem sistêmica ao conceito de bacia hidrográfica, no conceito instituído por esses autores as bacias hidrográficas são sistemas abertos, que recebem energia através de agentes climáticos e perdem energia através do deflúvio, podendo ser descritas em termos de variáveis dependentes que oscilam em torno de um conceito padronizado e desta forma, mesmo quando perturbadas por ações provenientes

do ser humano as mesmas encontram-se em equilíbrio dinâmico. Assim qualquer modificação que ocorra no recebimento de energia, acarretará em uma mudança compensatória que tende a minimizar o efeito da modernização do local e restaurar o equilíbrio dinâmico. (LIMA E ZAKIA, 2000)

Os termos sub-bacia e microbacia hidrográfica também estão incorporados na literatura técnico-científica, todavia, não apresentam a mesma convergência conceitual apresentada para bacia hidrográfica conforme comentado.

Para Faustino (1996), sub-bacias são bacias hidrográficas que possuem áreas maiores que 100 km² e menores que 700 km², já para Santana (2004), os termos bacia e sub-bacia hidrográfica são relativos, pois para este autor cada bacia hidrográfica interliga-se com outra de ordem hierárquica superior, constituindo-se em relação a última uma sub-bacia, por isso a relatividade entre as mesmas.

Quando se trata de Micro bacia, Cecílio e Reis (2006), utilizam fatores de área para definir a mesma considerando que uma bacia hidrográfica pode ser considerada uma micro bacia somente se tiver uma área reduzida, não havendo consenso de qual seria a área máxima, porém os autores estabelecem um valor entre 0 a 100 km² como base.

Após a conceituação de termos importantes, pode-se começar a se desenvolver a assertiva de que, sobre o território definido como bacia hidrográfica é que se desenvolvem as mais diversas atividades humanas. Todas e quaisquer áreas, sejam elas urbanas, industriais, agrícolas ou de preservação ambiental fazem parte de algum tipo de bacia hidrográfica. Pode-se afirmar categoricamente, que, no exutório da bacia, estarão representados todos os processos que fazem parte desse sistema de atividades humanas. O que ocorre no final deste sistema é consequência única e exclusiva das formas de ocupação do território e da utilização das águas que ali estão convergindo (ZANELLA; OLÍMPIO; COSTA; DANTAS, 2013). Assim, os problemas relativos as águas são tratadas pensando na bacia hidrográfica onde estão inseridos, cuja delimitação prevalece sobre os limites estaduais e municipais. Por isso, a Lei 9.433 (1997) estabelece como um dos princípios a definição da bacia hidrográfica como unidade territorial para implementação da Política Nacional de Recursos Hídricos (PORTO; PORTO, 2008).

O planejamento por bacias, principalmente com relação ao uso da água, é respaldado pela Lei Federal nº 9.433 de 1997 (BRASIL, 1997), a qual consiste na unidade territorial de implantação da Política Nacional de Recursos Hídricos, instrumento básico de ordenamento

territorial, tendo a função de orientar o desenvolvimento, indicar as diretrizes para o crescimento econômico associado à justiça social em condições ecologicamente equilibradas, envolvendo os aspectos naturais e humanos das bacias, além de ser um instrumento potencialmente indutor da conservação e recuperação ambiental (BRAGA, 2009).

O território brasileiro foi contornado num primeiro nível de macro divisão hidrográfica, através das Regiões Hidrográficas Brasileiras. A Resolução de número 32 do Conselho Nacional de Recursos Hídricos, de 15 de outubro de 2003, define a divisão hidrográfica nacional em regiões hidrográficas, como ilustrado na Figura 4.

Figura 4 - Divisão Hidrográfica Brasileira



Fonte: Adaptado de CNHR (2003)

É importante que seja ressaltado que as regiões hidrográficas apresentem um conceito que difere do estabelecido por bacias hidrográficas, onde as regiões, que podem ser visualizadas na Figura 4, foram traçadas com base nas bacias hidrográficas no Brasil, porém respeitando alguns limites geopolíticos. Como exemplo disso, pode-se citar a Região Hidrográfica Amazônica, em que parte da bacia que contribui hidrograficamente para a mesma está

representada fora da região traçada no mapa, todavia por motivos geopolíticos a mesma não foi representada (PORTO; PORTO, 2008).

Em síntese, afirma-se que enquanto unidade natural, a bacia hidrográfica pode ser conceituada como uma área da superfície terrestre que drena água, sedimentos e materiais dissolvidos em um canal fluvial (COELHO NETO, 2007). Entretanto, a necessidade de uso das águas, planícies, terraços fluviais e demais áreas emersas resultou em diversos impactos, mudanças na paisagem e na dinâmica natural, de modo que o conceito de bacia atual transcende o simples espaço natural. Tal afirmação torna-se ainda mais assertiva quando se analisa a situação ambiental das cidades (BOTELHO, 2011), na qual o comportamento hidrodinâmico das águas foi alterado por uma série de intervenções nos canais fluviais, assim como modificações no ciclo hidrológico e na composição física, química e biológica das águas.

Neste sentido, as bacias hidrográficas estão estruturadas como um sistema, no qual as relações entre os diferentes componentes formam uma paisagem singular, marcada por uma dinâmica específica. Enfatiza-se que os componentes não se limitam aos elementos naturais, mas envolvem a sociedade, através dos reflexos de suas ações (processo produtivo, relações imateriais e as condições sociais, econômicas e institucionais) sobre a dinâmica hidrológica e dos demais processos associados. Portanto, a bacia hidrográfica é uma unidade de investigação de comportamento sistêmico, no qual as variáveis naturais e humanas nela presentes estão sempre em interação. Sua importância como unidade de pesquisa, planejamento e gestão territorial se justifica pela possibilidade de visualização concreta das inter-relações entre os seus componentes. (ZANELLA; OLÍMPIO; COSTA; DANTAS, 2013)

Deste modo, considera-se que a bacia hidrográfica corresponde a uma unidade de planejamento ambiental, pois permite conhecer os componentes, processos e interações que nela ocorrem, com intuito de subsidiar um ordenamento territorial pautando sobre princípios da sustentabilidade. Nela é possível analisar como determinada ação humana repercutirá sobre o equilíbrio hidrológico da bacia, refletindo na estabilidade e na qualidade ambiental (BOTELHO; SILVA, 2004).

2.1.3 Precipitação

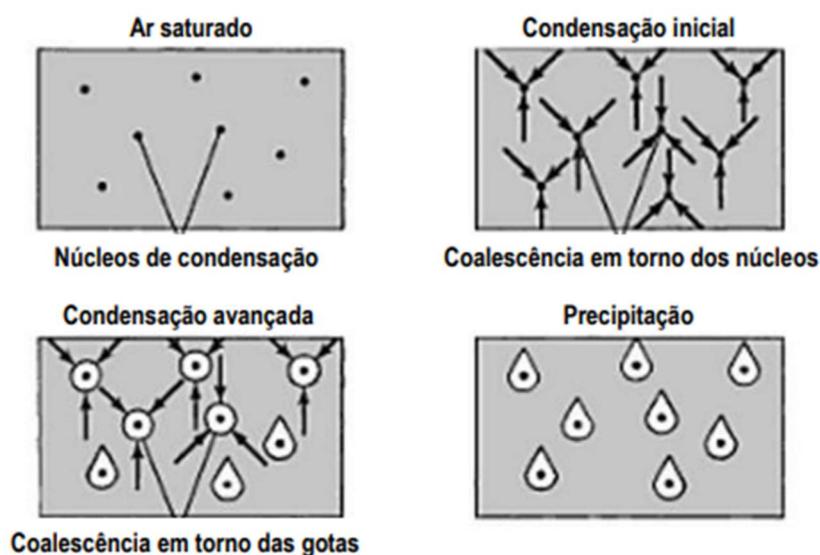
O termo precipitação é conceituado de maneira geral como qualquer forma em que a água que provém da atmosfera atinge a superfície terrestre, seja em formato de neve, granizo, chuva,

geada e etc. O que diferencia as várias formas de precipitação é o estado em que a molécula de água presente na mesma se encontra.

A formação da precipitação começa através da presença do vapor de água contido na atmosfera terrestre, que se configura como um potencial reservatório de água, que ao passar pelo processo de condensação possibilita que ocorram os eventos de precipitação, ou chuva. As nuvens podem ser caracterizadas como uma espécie de aerossol constituídas por uma mistura de ar, vapor de água e gotículas em estado líquido ou sólido. As partículas de ar que envolvem as gotículas das nuvens se encontram em um estado muitas vezes bem próximo ao da saturação máxima e, por vezes, até supersaturado. Este aerossol se mantém em suspensão pelo efeito da turbulência no meio atmosférico e a existência de correntes de ar ascendentes que proporcionam um contrabalanceamento na força da gravidade (Bertoni e Tucci, 2007.)

O processo que origina o fenômeno de precipitação está fortemente ligado ao crescimento das gotículas dentro das nuvens como citado no parágrafo anterior. A condensação do vapor atmosférico ocorre sobre estas partículas que possuem potencial de formar núcleos de condensação. Então, para que as gotas de água presentes nas nuvens precipitem, é necessário que as mesmas atinjam um tamanho suficiente para isso, tamanho esse que é de aproximadamente 0,1 mm, este tamanho se faz necessário para que as gotículas tenham capacidade de vencer as componentes verticais ascendentes dos movimentos atmosféricos. (Mays, 2005). A Figura 5 ilustra esse processo de formação da precipitação.

Figura 5 - Formação da Precipitação



Fonte: Adaptado de Marsh (1987)

De maneira resumida, a formação do processo de precipitação requer a ascensão de massas de ar que resfriam a atmosfera e condensam o vapor d'água. Existem três mecanismos principais para esta subida de ar: as precipitações frontais, orográficas e convectivas (Mays, 2005). As precipitações frontais ocorrem quando há o encontro de massas de ar quentes e frias, as mesmas são de grande duração e atingem grandes áreas com intensidade moderada. As precipitações orográficas se ocasionam quando ventos quentes e úmidos encontram uma barreira montanhosa e precisam se elevar para vencer esta barreira, neste processo de elevação ocorre um resfriamento dos mesmos e formação deste tipo de precipitação, esse tipo de precipitação possui pequena intensidade, grande duração e cobrem pequenas áreas. Finalmente, as precipitações convectivas se desenvolvem quando o ar úmido é aquecido na vizinhança do solo, atinge uma temperatura maior do que o ar que está em sua volta e ocorre uma Ascensão brusca do local do ar, quando é atingindo o nível de condensação, há uma forte inversão de temperatura que acaba ocasionando uma chuva de grande intensidade e pequena duração (Pielke, 2001).

Conhecendo-se o processo de precipitação e seus tipos, adentra-se nas suas formas de verificação e medição, que podem ser realizados tanto no solo terrestre, como na atmosfera. A aquisição de dados pluviométricos em solo terrestre pode ser realizada através de dois

equipamentos, o pluviômetro ou o pluviógrafo. Estes equipamentos atuam de forma pontual por medirem apenas a precipitação interceptada por uma pequena área na parte superior do aparelho, fornecendo assim apenas dados limitados de representatividade temporal e espacial dos eventos chuvosos registrados. A grande diferença entre ambos os equipamentos citados pode ser caracterizada pelo fato de o pluviógrafo registrar os dados automaticamente e o pluviômetro necessitar de que uma pessoa ou operador faça as leituras em espaços de tempo predeterminados, geralmente sendo estes espaços de 12 ou 24 horas (Chevallier, 2007)

Quando se trata da atmosfera, a precipitação pode ser medida por meio de satélites e radares meteorológicos. Através dos satélites é possível observar o deslocamento de grandes massas de ar e estimar, em sistemas convectivos uma quantidade bem aproximada de água líquida resultante da transformação hipotética de todo o vapor de água de uma coluna da atmosfera, em um referido ponto ou área selecionada. Utilizando essa tecnologia, é possível atingir áreas e obter dados em um raio de aproximadamente 180 km (Pessoa, 2007).

Tendo-se ciência das formas de medição e verificação de dados que podem ser obtidos através das chuvas, as grandezas que as caracterizam de acordo com Bertoni e Tucci (2015) são a altura pluviométrica, a duração da chuva, a intensidade e a frequência, também denominada de tempo de retorno. De acordo com os autores a altura pluviométrica é definida como a espessura média da lâmina de água precipitada que poderia recobrir a região atingida pela precipitação em questão admitindo como premissa que essa água não vai infiltrar, evaporar e nem escoar fora dos limites desta região em questão, duração pode ser caracterizada como o período de início ao fim da precipitação, intensidade é definida pelos autores como o volume precipitado por unidade de tempo, apresentando uma certa variabilidade temporal, entretanto, para análise dos processos hidrológicos, geralmente são definidos intervalos de tempo fechados nos quais a chuva é considerada mais constante, por fim a frequência é interpretada como um número médio de anos durante o qual se espera que o mesmo valor de precipitação analisado seja igualado ou superado. (BERTONI e TUCCI, 2015)

Ainda de acordo com Bertoni e Tucci (2015), mesmo sendo um evento de escala natural, a precipitação é um fenômeno que possui distribuição espacial e temporal, a quantidade de chuva que incide dentro de uma bacia hidrográfica é quantificada pela precipitação média na área, que pode ser definida como uma lâmina de água de altura constante que é distribuída sobre

toda a área em questão, sem deixar de se levar em consideração a questão topográfica de sua superfície e arredores.

As medidas de precipitações médias, citadas no parágrafo anterior apesar de sua importância dentro do conceito de precipitação, não são geralmente usadas no dimensionamento de obras de arte de engenharia. O parâmetro mais utilizado na elaboração de projetos como metodologia de cálculo reside na precipitação máxima, uma vez que é através destas que se chega ao valor de vazão de enchente de uma bacia a final, o projeto deve ser dimensionando prevendo o cenário mais adverso possível (COELHO, 2014). A precipitação máxima pode ser considerada como a ocorrência máxima de um evento de chuva, ou seja, um evento que ocorre em um alto período de retorno, com duração, distribuições temporais e espaciais críticas para uma bacia hidrográfica qualquer. Sendo esse tipo de precipitação delimitada pelas curvas de intensidade, duração e frequência, também nomeadas de curva IDF, e pela Precipitação Máxima Provável (PMP) (COELHO, 2014).

A Precipitação Máxima Provável (PMP), de acordo com a World Meteorological Organization (WMO, 2009), é caracterizada como sendo a maior altura de uma precipitação possível de ocorrer sobre uma bacia hidrográfica pré-determinada, correspondente a uma dada duração e época do ano, sem levar em consideração as tendências climáticas de longo prazo. (SILVA, PALÁCIO e CAMPOS, 2013)

Percebe-se de forma natural que o estudo da precipitação realmente tem um papel fundamental na hidrologia, justamente por ser um dos fenômenos de maior influência dentro do ciclo hidrológico. Dados retirados através da análise de séries de chuva durante anos podem nos render informações de questões importantíssimas como a precipitação máxima e média de uma área, distribuição temporal da precipitação, tempo de retorno de uma chuva e distribuição espacial da precipitação na região (COELHO, 2014).

Ainda segundo Coelho (2014), estas informações obtidas pelo estudo da precipitação são fundamentais para realização de outros estudos relacionados a projetos de engenharia como estudos hidrológicos de área de inundação, cálculos de balanço hídrico, dimensionamento de sistemas de aproveitamento de água, dimensionamento de estruturas hidráulicas de micro e macrodrenagem dentre outras. Por fim, o conhecimento sobre a ocorrência da precipitação possui também grande importância quando se trata a fatores atrelados a situações diárias do governo e da população. Grandes centros meteorológicos distribuídos pelos estados e países

monitoram e analisam o comportamento da atmosfera através de estações meteorológicas, radares e satélites, registrando tudo que está acontecendo, e fornecendo informações valiosas que auxiliam os especialistas na previsão de eventos críticos e trazem assertividade e agilidade para a tomada de decisões urgentes, fazendo assim o monitoramento, estudo e previsão meteorologia em tempo real de eventos pluviométricos, papel fundamental não só na elaboração de projetos de engenharia, mas para a elaboração de sistemas de alerta, gerenciamento de alagamentos e inundações, evacuação de áreas de risco e operação hidráulica para obras de controle das cheias por exemplo (COELHO, 2014).

2.1.4 Escoamento Superficial

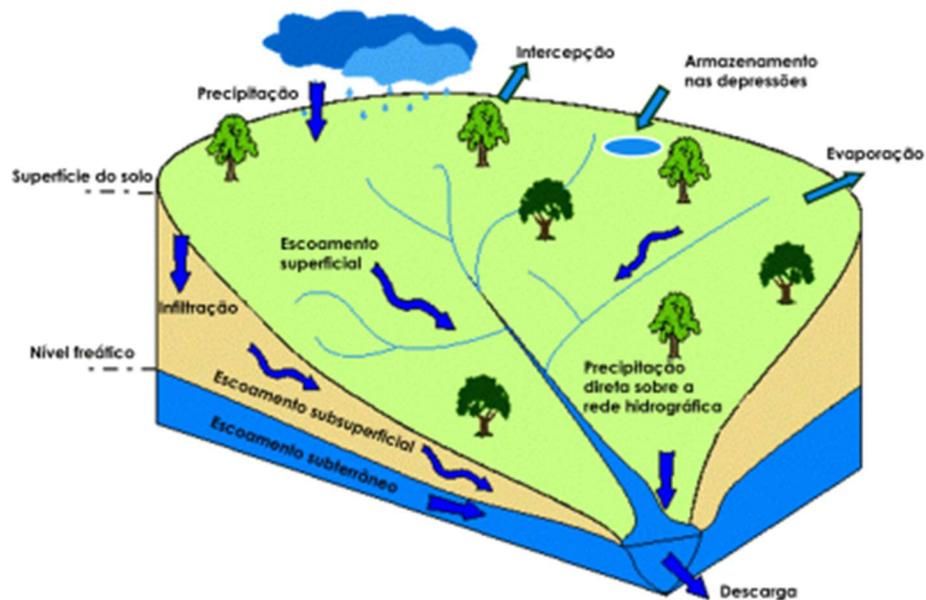
Entre todas as componentes do ciclo hidrológico, o escoamento superficial certamente é uma das variáveis mais importantes para o projetista. A maioria dos estudos hidrológicos tem como objetivo final a quantificação do escoamento superficial, que servirá como base para a elaboração de projetos hidráulicos com as mais diversas finalidades (macro drenagem, micro drenagem, dispositivos de retenção e etc.). O escoamento de uma bacia hidrográfica pode ser conceituado como a quantidade total de água que atravessa uma seção de um curso de água em um determinado intervalo de tempo pré-estabelecido (mês, dias, anos e etc.). O escoamento pode ser expresso em medidas volumétricas como m^3 , hm^3 e km^3 ou em altura de coluna de água uniformemente distribuída sobre a área da bacia hidrográfica, essa medida sendo observada em mm (GUIMARÃES, 2017)

O processo do escoamento de água é o produto final gerado pela precipitação sobre uma determinada área, podendo ser dividido em várias parcelas. No início, a água pode ser interceptada pela vegetação existente ou por obstáculos que por estarem instalados sob o solo natural, impedem a sua penetração e se a precipitação consegue prosseguir através destes obstáculos, a água atinge a superfície terrestre e pode tomar três destinos distintos, a evaporação, a infiltração ou a retenção em depressões (QUINTELA, 1992).

Considerando o momento em que a precipitação excede a capacidade máxima de retenção dos processos descritor anteriormente, o volume de água em excesso irá escoar da superfície do terreno até a linha de água mais próxima, dando origem ao escoamento superficial (Lencastre e Franco, 2003).

Quando se trata da retenção superficial, refere-se a parcela de água que não se infiltrou através do escoamento superficial, ou seja, refere-se à água interceptada e armazenada nas depressões do solo e as partículas de água que passam para o estado gasoso durante a ocorrência da precipitação. (GUIMARÃES, 2017). O Processo de formação do escoamento pode ser visto de forma mais detalhada na Figura 6.

Figura 6 – Processo de Formação do escoamento superficial



Fonte: Adaptado de Guimarães (2017)

De acordo com Tucci (2015), a saída do sistema descrito acima, ou seja, o escoamento, é modelado por leis físicas e quantificado através de índices como vazão, profundidade e velocidade, além disso, é caracterizado também por equações de conservação de massa, processos de energia e movimento.

É através do escoamento de uma bacia hidrográfica que as cheias naturais são promovidas, nas regiões com vegetação natural onde o solo não se encontra impermeabilizado seja por ação antrópica ou não, não há impactos consideráveis, porém, em áreas que sofreram esse tipo de ação, o processo de escoamento tende a ser um problema. Logo, tornou-se uma necessidade o desenvolvimento de modelos e métodos que transformassem os dados obtidos

através de análises da chuva em medidas de vazão, de forma que possa possibilitar o dimensionamento de dispositivos de uma rede de drenagem eficiente. (GUIMARÃES, 2017)

2.1.5 Métodos para Estimativa de Vazões de Projeto

Muitas metodologias estão disponíveis na literatura corrente com o intuito de quantificar vazões máximas de projeto para uma determinada região hidrográfica. Os métodos mais citados e usuais para calcular vazões máximas de projeto a partir de dados pluviométricos são os métodos empíricos, ao qual se insere o método racional, que será descrito com mais detalhes em tópico posterior, as metodologias baseadas em hidrogramas unitários e os métodos estatísticos. É de bom tom ressaltar que, na literatura atual, vários métodos empíricos são apresentados para a estimativa de vazão, no entanto, estes métodos podem gerar resultados distintos, pois utilizam parâmetros de cálculo diferentes (SANTOS,2010).

Quando se trata dos métodos baseados em hidrogramas unitários, Santos (2010) estabelece que esse tipo de metodologia tem sua utilização recomendada quando o objeto de estudo se trata de bacias de pequeno e médio porte, com um curto período de registro de vazões e um extenso período de registro de precipitações. Dessa forma é possível realizar um estudo probabilístico dos dados de chuva, e estas chuvas de projeto são aplicadas a hidrógrafa unitária, possibilitando uma previsão de vazões. Neste método, a vazão de projeto é obtida através da aplicação da observação da chuva crítica de determinado hidrograma unitário, este calculado a partir das cheias registradas no passado.

O método baseia-se principalmente no princípio de que duas chuvas idênticas ocorrem na mesma bacia hidrográfica e as hidrógrafas de escoamento superficial serão idênticas. Assim, hidrógrafa unitária é aquela resultante de uma precipitação efetiva com altura unitária (1 cm, 1mm e etc.). Ainda existem os modelos baseados na Hidrógrafas Unitárias Sintéticas, que são aquelas cujas ordenadas são obtidas através de características físicas da bacia, com finalidade de utilização em bacias onde não existem registros de vazões. Dentre os principais métodos propostos com essa finalidade e metodologia de cálculo estão o Método de Snyder e o Soil Conservation Service. (BAUNGARTEN, 2003)

Desenvolvido pelo Departamento de Agricultura dos Estados Unidos, O método NRCS (*National Resources Conservation Service*) utiliza dois tipos de equação, de acordo com a

característica (escoamento superficial ou escoamento em canal) do local onde está sendo feito o cálculo), é um método baseado na metodologia de hidrograma unitário sendo recomendada a sua utilização quando a bacia hidrográfica de estudo em questão ultrapassa os 2Km² (COLLISCHON, 2013).

O Método de Snyder, também denominado de *Colorado Urban Hydrograph Procedure* (CUHP), é indicado para bacias maiores que 1km² e em locais onde inexistem dados chuva-deflúvio (CETESB, 1979). De acordo com Porto (1995) e Pinto et al (1976) os estudos de Snyder datam de 1938, e são baseados em observações de rios na região montanhosa dos Apalaches, Nos Estados Unidos da America (SANTOS, 2010).

Já os Métodos estatísticos, são métodos de previsões de cheias futuras (associadas a um período de recorrência) baseados nos registros de cheias passadas (série histórica). Recomenda-se a aplicação de métodos probabilísticos, na presença de dados pluviométricos considerados adequados, de série histórica considerável. Na aplicação de modelos probabilísticos, quanto maior é a série, maior a segurança do modelo, uma vez que os eventos extremos, como as grandes vazões estão diretamente relacionados ao período de retorno (SANTOS, 2010).

2.1.6 O Método Racional como Metodologia de Estimativa de Vazão

O método racional foi idealizado pelo estudioso irlandês Thomas Mulvaney em 1851, porém só em 1889 essa metodologia foi utilizada pelo engenheiro americano Emil Kuichling, que o intitulou de fórmula racional, fazendo com que esse processo metodológico de cálculo fosse difundido e amplamente utilizado para determinar a vazão de pico de uma determinada bacia hidrográfica, considerando uma seção de estudo pré-definida. (TOMAZ, 2002).

Dentro do conceito de Vazão Máxima, Tucci (1993) estabelece que a vazão máxima pode ser estabelecida com base no ajuste de uma distribuição estatística, na regionalização das vazões ou através da precipitação. Quando existem dados históricos de vazão na área de estudo e as condições originais não foram alteradas, se faz possível a determinação desta vazão por uma distribuição estatística, quando não há dados, ou a série é pouco extensa, utiliza-se a regionalização de vazões máximas onde se é permitida a estimativa dessa vazão em locais sem dados, com base em postos de coleta da região. No caso de bacias hidrográficas que não apresentam grande complexidade e contém uma pequena área de drenagem, a vazão costuma

ser usualmente determinada pelo Método Racional. Embora seja uma metodologia bastante simples, nenhum outro método alcançou o mesmo nível de aceitação geral de acordo com o autor. A aplicação adequada do método pode conduzir resultados bastante satisfatórios em projetos de drenagem urbana ou em áreas rurais (DAEE, 1994)

Quando se estabelece que o método racional deve ser apenas utilizado em bacias de pequeno porte, ascende-se uma discussão interessante, tendo em vista de que o conceito de bacia pequena é bastante variável entre os hidrólogos e estudiosos da área. Não existe consenso entre a definição correta de bacia pequena, média ou grande (TOMAZ, 2013). Observa-se essa discordância pelo fato de diversos autores e obras dissertarem de forma diferente sobre a utilização do método racional, o DAEE (1994) recomenda o método racional para bacias de até, no máximo, 2 km². Para Porto et. al. (1993), o método é aplicável em bacias com área inferior a 3 km² ou quando o tempo de concentração for inferior a uma hora. Akan (1993) admite área de drenagem de até 13 km², já de acordo com Lencastre (1991), não há consenso relativo a um limite de área para aplicabilidade do método, ainda que o mesmo apresente resultados satisfatórios em bacias com áreas inferiores a 25 km².

A metodologia básica do método racional, é descrita por Tucci (1993) em sua obra da seguinte forma: Primeiramente é considerada a duração da precipitação intensa de projeto igual ao tempo de concentração adotado, portanto admite-se, que a bacia hidrográfica é suficientemente pequena já que a duração da precipitação é inversamente proporcional a intensidade, pois em bacias pequenas, as condições mais severas ocorrem devido a precipitações de pequena duração e intensidade elevada, em seguida, adota-se um coeficiente único de perdas, denominado C, e estimado com base nas características de cada bacia, por fim, o volume de cheia e distribuição temporal das vazões não são avaliados e considerados na metodologia (TUCCI, 1993). A metodologia do método racional pode ser colocada e resumida sob a Equação 1, apresentada a seguir.

$$\frac{Q=C \times I \times A}{360} \quad (1)$$

Onde:

- Q = vazão máxima (m³/s);
- C = coeficiente de escoamento superficial;
- i = intensidade da chuva crítica (mm/h);

- A = área da bacia de contribuição (ha);

A boa aplicabilidade do método de acordo com PMSP (1999) depende dos seguintes dados e informações: Conhecimento do local para determinação da planimetria da bacia para conhecimento da área, elaboração de uma curva intensidade-duração-frequência representativa do regime de chuvas intensas na área em questão, estabelecimento de um coeficiente de escoamento superficial representativo das condições da bacia, de acordo com as características da mesma e por fim, escolha do tempo de concentração, ou seja, o tempo de percurso da água desde o ponto mais distante da bacia até a seção de interesse, após o tempo de concentração, toda a área da bacia estará contribuindo para o escoamento, desde que a duração da chuva excedente seja, no mínimo, igual ao tempo de concentração (PMSP, 1999).

De forma geral, o Método Racional é utilizado quando está disponível uma grande quantidade de dados de chuva e poucos dados de vazão, o que ocorre com frequência devido à grande quantidade de postos meteorológicos em funcionamento e poucos postos fluviométricos em plena atividade. Ainda, os modelos mais complexos de estimativa de vazões, que consideram a variabilidade espacial e temporal do evento, requerem um levantamento exaustivo de dados, o que representa uma de suas maiores limitações quando comparados ao Método Racional (VIEIRA, 2015)

2.1.6.1 Tempo de Concentração

O entendimento teórico de tempo de concentração é, de certa maneira, consenso entre os cientistas e comunidade técnica, porém a maneira prática de determiná-lo utilizando dados de chuva e vazão não é muito precisa. Consiste em definir o tempo entre o final da chuva efetiva e o ponto de inflexão do hidrograma resultante daquele evento, ou momento final do escoamento direto (MOTA, 2012).

O tempo de concentração é caracterizado como a medida de tempo necessária para a água precipitada no ponto mais distante da bacia deslocar-se até a seção principal. É um fator decisivo dentro do Método Racional (TUCCI, 1993).

Analisando-se a literatura observa-se que existem diversas fórmulas para estimar o tempo de concentração de uma bacia hidrográfica, algumas estão relacionadas às características físicas

da bacia como a metodologia proposta pelo estudo de Dooge (1956), onde o mesmo considera que o tempo de concentração não apresenta variância com a condição anterior do solo e com as características da precipitação, outras fórmulas mudam conforme a intensidade de precipitação como a proposta por Loukas & Quick, (1996) em seu estudo de bacias hidrográficas montanhosas. Para a aplicação o cálculo do tempo de concentração, utiliza-se com frequência a equação proposta por Kirpich (1940), que foi desenvolvida para áreas agrícolas nos Estados Unidos (AKAN, 1993). O tempo de concentração pela fórmula de Kirpich, é dado pela Equação 4.

$$tc = 57 x \left(\frac{L^3}{H}\right)^{0,385} \quad (2)$$

Onde:

- Tc = Tempo de Concentração (min)
- L= comprimento do talvegue (km)
- H= Desnível entre Cotas (m)

2.1.6.2 Intensidade de Precipitação

A intensidade é definida como a quantidade de chuva que ocorre na unidade de tempo adotada, para uma dada frequência e duração igual ao tempo de concentração. Como citado em tópicos anteriores as relações entre intensidade, duração e frequência de chuvas intensas são deduzidas a partir de observações de precipitações ocorridas durante um período de tempo suficientemente grande para que seja possível considerar as frequências como probabilidades (MARTINEZ JUNIOR; MAGNI, 1999)

Bertoni e Tucci (2015), em sua obra estabelecem que para a elaboração de projetos de sistemas de drenagem, dimensionamento de bueiros e outros, é fundamental reconhecer as três grandezas que formam a curva IDF, mencionada no tópico de precipitação. A relação entre estas grandezas (Intensidade, Duração e Frequência), deve ser formulada a partir de observações de chuvas intensas de um determinado local por um período considerado longo e que represente com fidelidade a fase crítica do evento de chuva dentro do local. Estas observações podem ser estudadas em séries anuais ou parciais, dependendo do tamanho da série disponível e também do objetivo da observação, geralmente as series parciais são utilizadas

quando o número de anos é pequeno (12 anos, de acordo com os autores). Já as séries anuais são baseadas na seleção das maiores precipitações anuais de uma determinada duração a ser escolhida, onde os valores são ajustados a uma distribuição dos extremos mais compatíveis aos valores (BERTONI; TUCCI, 2015).

De acordo com Penner e Lima (2016), a construção da curva IDF segue uma sequência metodológica definida e concisa, onde, para cada tempo de duração, são obtidas as precipitações máximas anuais com os dados obtidos na leitura dos pluviográficos ou pluviômetros, para cada duração selecionada é ajustada uma distribuição estatística e ao dividir-se a precipitação pela sua duração se obtém a intensidade. As curvas resultantes do gráfico da sequência descrita representam a relação entre intensidade, duração e frequência ou período de retorno.

De forma generalista, as curvas IDF seguem o modelo matemático demonstrado na Equação (3).

$$i = \frac{K \times Tr^m}{(t+t_0)^n} \quad (3)$$

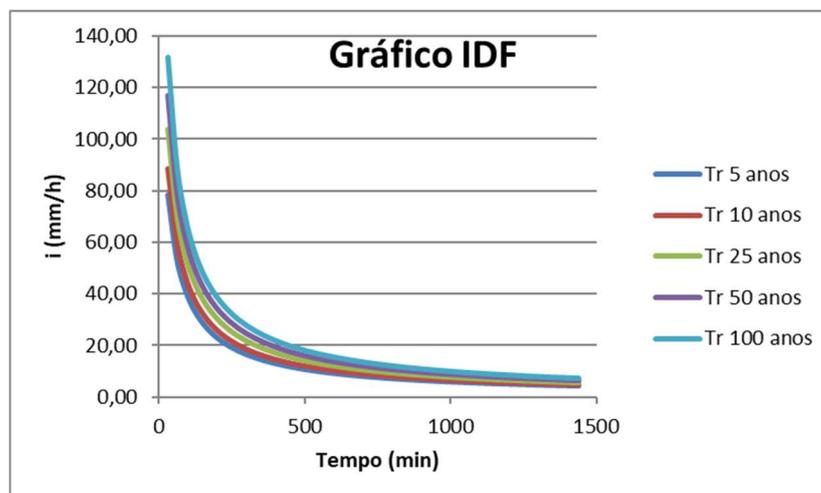
Onde:

- I = Intensidade (mm/min)
- K; m; t₀ e n = Padrões empíricos obtidos de acordo com cada localidade.

Quando se trata da cidade de Fortaleza-CE, que é a cidade onde esse estudo se baseia, a Secretaria Municipal de Infraestrutura do município utiliza para o dimensionamento da intensidade pluviométrica a equação elaborada de acordo com Silva, Palácio e Campos (2013), onde os parâmetros empíricos da equação (1) tomam os valores mostrados logo a seguir de forma que a equação da chuva para a cidade de Fortaleza-CE, toma forma como mostrada na Equação (4). A equação foi obtida através da curva IDF construída no estudo, e representada pelo Gráfico 1.

$$i = \frac{2345,29 \times Tr^{0,173}}{(t+28,31)^{0,904}} \quad (4)$$

Gráfico 1 - Curva IDF para a cidade de Fortaleza (CE)



Fonte: o Autor (2021), adaptado de Silva, Palácio e Campos (2013)

É importante citar também o estudo elaborado por Batista (2017), onde a autora desenvolveu uma ferramenta que caracterizou as chuvas intensas no Estado do Ceará por meio, principalmente, do desenvolvimento da equação IDF de cada município utilizando dados de pluviômetros, chegando a Equação 5 para as chuvas no município de Fortaleza.

$$i = \frac{21,711 \times (Tr - 2,070)^{0,138}}{(t + 13,800)^{0,768}} \quad (5)$$

2.1.6.3 Coeficiente de Escoamento Superficial (Coeficiente de Runoff)

O coeficiente de escoamento superficial, também conhecido como coeficiente de *Runoff*, é caracterizado pela razão entre o volume de água escoado superficialmente por ocasião de uma chuva, pelo volume total de água precipitada (JÚNIOR, 2015). Os coeficientes de escoamento superficial baseados em eventos de chuvas podem fornecer informações altamente úteis e interessantes sobre a resposta hidrográfica das bacias em questão (BLUME et al., 2007).

Este valor de coeficiente, pode se referir a uma chuva isolada, ou corresponder a um certo intervalo de tempo, no qual várias chuvas ocorreram. Este conceito está sempre presente em estudos e dissertações voltadas para a previsão da vazão máxima produzida por uma chuva

intensa. Para uma determinada chuva intensa de dada duração, pode-se determinar o coeficiente de escoamento superficial de outra precipitação de magnitude diferente da primeira analisada, porém ambas devem ter a mesma duração (JÚNIOR, 2015). O coeficiente de escoamento deve variar com a magnitude da precipitação, já que à medida que aumenta a precipitação as perdas iniciais e a capacidade de infiltração são atendidas, desta forma o escoamento superficial aumenta o que resulta num maior coeficiente de escoamento (TUCCI, 2000).

O coeficiente de escoamento superficial é amplamente utilizado e normalmente encontrado de forma tabelada, na qual se relaciona o coeficiente de escoamento superficial com a natureza da superfície onde ela ocorre. Porém, esses coeficientes podem variar de acordo com a intensidade, distribuição temporal e espacial dos eventos de precipitação, condições de umidade do solo e abstrações iniciais, portanto, seus valores, ao serem tabelados, como se fossem constantes, podem não corresponder à realidade, como citado anteriormente.

Tabela 1 - Coeficiente de Runoff

Natureza da Superfície	Coeficiente "C"
Pavimentadas com concreto	0,80 a 0,95
Asfaltadas em Bom Estado	0,85 a 0,95
Asfaltadas e Má Conservadas	0,70 a 0,95
Pavimentadas com Paralelepípedo Rejuntado	0,75 a 0,85
Pavimentadas com Paralelepípedo Não Rejuntado	0,50 a 0,70
Pavimentadas com Pedras Irregulares e Sem Rejuntamento	0,40 a 0,50
Macadamizadas	0,25 a 0,60
Escancalhadas	0,15 a 0,30
Passeios Públicos	0,75 a 0,85
Telhados	0,75 a 0,95
Terrenos Livres e Ajardinados	
Solos Arenosos	
I = 2%	0,05 a 0,10
2% < I < 7%	0,10 a 0,15
I = 7%	0,15 a 0,20
Solos Pesados	

$I = 2\%$	0,15 a 0,20
$2\% < I < 7\%$	0,20 a 0,25
$I = 7\%$	0,25 a 0,30

Fonte: Adaptado de Tucci (2004)

2.1.6.4 Método Racional Modificado

Segundo o DNIT (2005), o Método Racional tem sido utilizado preferencialmente em bacias com pequenas áreas de drenagem, mas não há indicações de que não possa ser adaptado para bacias maiores, prática comum em projetos rodoviários de outros países. Para tanto, é necessário corrigir a fórmula com um fator de redução da área, já que o Método Racional tende a superestimar as vazões no caso de bacias mais complexas (FCTH, 1999).

De acordo com o DNIT (2005), A metodologia utilizada pelo método racional tem sido utilizada de forma preferencial em bacias consideradas pequenas, como citado em tópicos anteriores, todavia não há indícios ou indicações de que o mesmo não possa ser utilizado para bacias de áreas maiores do que as recomendadas pela literatura vigente, prática essa comum em projetos rodoviários de outros países. Para viabilizar essa utilização, se faz necessária a correção da fórmula com um fator de redução de área, já que a metodologia do método racional tende a majorar as vazões, superdimensionando o sistema no caso de sua aplicação em bacias mais complexas (FCTH, 1999).

Sabendo-se disso, foi observado durante a pesquisa que diversas bibliográficas apresentam a metodologia de cálculo do método racional com a aplicação deste fator redutor de área, e as principais serão apresentadas de forma resumida logo em seguida.

O Método de McMath é expresso pela equação 5, e apresenta como principal diferencial, além do expoente redutor na variável área, o acréscimo da declividade do talvegue principal na equação e o valor do Coeficiente de runoff sendo determinado pela soma das três principais características da bacia, como exposto na Tabela 2.

A fórmula proposta por McMath pode ser utilizada em bacias com áreas de contribuição superiores a 50 ha, já que o fator de correção impede que a vazão aumente na mesma proporção que a área da bacia. Entretanto, a fórmula fornece valores relativamente baixos para bacias com área superior a 800 ha (BATISTA et al., 2002).

$$Q = \frac{(0,0091 \times C \times I \times A^{\frac{4}{5}} \times S^{\frac{1}{5}})}{360} \quad (6)$$

Onde:

- Q = vazão máxima (m³/s);
- C = coeficiente de escoamento de MacMath;
- i = intensidade da chuva crítica (mm/h);
- A = área da bacia de contribuição (ha);
- S = Declividade no talvegue principal (m/m)

Tabela 2 - Coeficiente De Runoff para o Método McMath

Condições de Escoamento	Tipo de Cobertura Vegetal		Tipo de Solo		Condições Topográficas da Bacia	
Baixa	Área coberta de gramíneas	0,08	Areia	0,08	Área plana	0,04
Média	Cobertura vegetal intensa	0,12	Textura leve	0,12	Ligeiramente ondulada	0,06
Moderada	Cobertura razoável a rala	0,16	Textura média	0,16	Ondulada a montanhosa	0,08
Alta	Cobertura rala a esparsa	0,22	Textura pesada (argilosa)	0,22	Montanhosa a escarpada	0,11
Muito Alta	Cobertura esparsa e solo descoberto	0,30	Textura pesada a área rochosa	0,30	Escarpada	0,15

Fonte: Adaptado de Batista et al. (2002)

Uma opção para bacias com área de contribuição de até 10 Km², pode ser a utilização do método racional com coeficiente de retardo, conforme a Equação 6. O coeficiente de

retardamento procura corrigir o fato do escoamento superficial sofrer um retardamento em relação ao início da precipitação. Se este fato fosse considerado no Método Racional, seria escolhida uma chuva mais longa e, conseqüentemente, com intensidade mais baixa. Com a aplicação do coeficiente de retardamento, que varia entre 0 e 1, procura-se uma compensação para este efeito, que não é considerado no Método Racional. (IGAM, 2010).

$$Q = \frac{C \times i \times A \times \phi}{360} \quad (7)$$

Onde:

- Q = vazão máxima (m³/s);
- C = coeficiente de escoamento superficial;
- i = intensidade da chuva crítica (mm/h);
- A = área da bacia de contribuição (Km²);
- ϕ = Coeficiente de Retardado Caracterizado pela Equação 7.

$$\phi = \frac{1}{\sqrt[N]{100 \times A}} \quad (8)$$

Onde:

- N = 4 (Para declividades inferiores a 0,5%);
- N = 5 (Para declividades Entre 0,5% e 1,0%);
- N = 6 (Para Declividades superiores a 1,0%);

Por fim, entre as modificações aplicadas no método racional mais visualizadas na bibliografia atual, tem-se o método racional com expoente redutor de área, onde se é aplicado um expoente redutor D sobre a área de drenagem da bacia. O método apresenta a formulação descrita na Equação 8 (CCN, 1991 apud STEFFEN; RONDON, 2000; VALEC, 2010).

$$Q = \frac{C \times I \times A^D}{360} \quad (9)$$

Onde:

- Q = vazão máxima (l/s);
- C = coeficiente de escoamento superficial;
- i = intensidade da chuva crítica (mm/min);
- A = área da bacia de contribuição (Ha);
- D = expoente redutor de área, igual a 1,0 para bacias com área até 50 ha e 0,9 para bacias com área superior a 50 ha.

Todas as modificações do Método Racional buscam amenizar o aumento da vazão proporcional ao aumento da área da bacia, com a inserção de fatores de redução nas fórmulas utilizadas. Assim, é possível estimar as vazões máximas para as fases iniciais de projeto sem recorrer a métodos muito elaborados, apenas adaptando o Método Racional para diferentes situações (VIEIRA, 2015).

2.2 DESENVOLVIMENTO URBANO

2.2.1 Conceitos Gerais

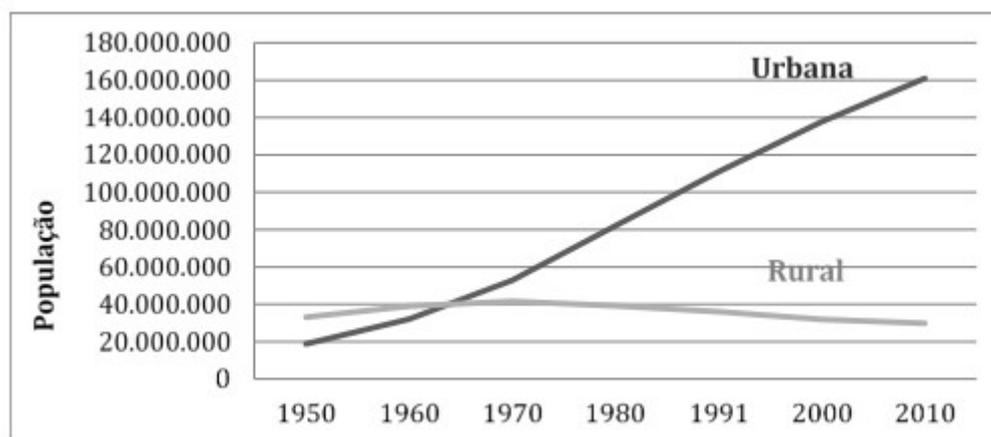
A noção e a percepção de desenvolvimento urbano estão fortemente relacionadas ao processo de produção das cidades, que por sua vez está relacionada as relações que tomam lugar no espaço. Aspectos políticos, institucionais, econômicos, sociais, culturais ambientais, por exemplo, bem como estruturas históricas das cidades, isto é, as condições e os legados de sua formação, compõem de maneira multidisciplinar e complexa essas relações, de desenvolvimento urbano e processo de produção da cidade e que foram e continuam se modificando ao longo do tempo (COSTA, 2017)

De acordo com o estudo de Silva (2011), a população mundial urbana entre 1950 e 1990 apresentou um salto significativo de 200 milhões de habitantes para 2 bilhões, tornando o centro urbano como a moradia de maior concentração populacional de fato. Com essa afirmação, a cidade pode ser caracterizada segundo o autor como uma das maiores responsáveis pela produção e consumo dos recursos naturais, propiciando em consequência disso um grande

impacto ambiental. Por conta disso, a grande adversidade versa justamente sobre essa ocupação ser o principal fator capaz de mudar o destino de vida do planeta como um todo (SILVA, 2011).

Trazendo a questão para o território brasileiro, o Brasil passou um por um rápido crescimento populacional nas últimas décadas. De acordo com dados do IBGE (2013), em 1950 a população do país girava em torno de 50 milhões de habitantes, sendo que a mesma atingiu a marca de 200 milhões no ano de 2010, ou seja, a população multiplicou-se em quatro vezes em um período de 60 anos (apresentando um crescimento aproximado de 32% por década). Além deste crescimento acelerado, a população que antes residia nos centros rurais foi migrando para as zonas urbana. Ainda de acordo com o IBGE (2010a), no início da década de 1950, por volta de um terço da população brasileira total vivia nas áreas urbanas, nos dias atuais esse percentual é superior a 84%. Em números absolutos a população urbana brasileira aumentou de 20 milhões na metade do século para 160 milhões em 2010, de acordo com o último censo realizado pelo IBGE (2010b), representando um crescimento de oito vezes em 60 anos. A Figura 7 representa um gráfico que ilustra bem o que foi elencado.

Figura 7 - Crescimento da População Urbana e Rural



Fonte: IBGE (2013)

De acordo com Garcia (2018), esse fenômeno de migração é influenciado por diversos fatores, por um lado a mecanização, ou o avanço tecnológico na produção agropecuária acaba por diminuir a demanda por mão de obra do campo, e, por outro lado, a industrialização do país que trouxe inúmeras oportunidades de emprego nas cidades. Deve, se considerar também outras motivações importantes como o fato de as cidades facilitarem o acesso a serviços de saúde,

educação, atividades de lazer e compras, além do que, e tão importante quanto, a cidade é um lugar de encontro, oferece a possibilidade de convívio e desenvolvimento de uma vida social intensamente interligada a outras pessoas (GARCIA, 2018).

O rápido crescimento das cidades, aliado, a carência ou inadequação de um planejamento adequado corroborado pela intensa migração de pessoas dos centros rurais para os centros urbanos e a permissividade do estado em relação ao uso do solo, trouxeram um conjunto de problemas gravíssimos aos centros urbanos, como a grande proliferação de comunidades sem a mínima infraestrutura básica, cobertos de deficiências no fornecimento de serviços básicos aos habitantes (saneamento, água hidratada, iluminação e coleta de lixo) sem contar a segregação social e todas as consequências que a mesma gera (CERVERO, 2013).

Não só para as cidades brasileiras, mas para as comunidades urbanas de todo o mundo, é um enorme desafio conciliar o desenvolvimento econômico com sustentabilidade ambiental e justiça social, o que acaba gerando grandes debates em torno do papel das cidades enquanto se observa o intenso acúmulo de pessoas dentro das mesmas. Com base nisso, passa a ser fundamental observar as tendências socioeconômicas das cidades e se fazer uma análise da intensa urbanização com relação à perda das funcionalidades básicas das mesmas, contando também fatores como desperdícios, má gestão dos recursos naturais, das restrições nos sistemas de educação, saúde e segurança pública, obsolescência e limitação da mobilidade urbana e durabilidade das infraestruturas públicas (WEIS, BERNANDES & CONSONI, 2015).

Tendo ciência de todas as adversidades citadas, observa-se na literatura disponível sobre o assunto teses, trabalhos e dissertações sobre sustentabilidade, sua relevância e benefícios para a cidade, bem como a preservação ambiental do planeta para as gerações futuras. Segundo a Secretaria do Meio Ambiente de São Paulo (SEMA), em acervo publicado no Caderno das Águas, São Paulo (2020), o conceito de sustentabilidade se iniciou a partir de 1972 na Conferência das Nações Unidas em Estocolmo, que partir desse momento passou-se a iniciar a metodologia para a percepção ambiental de forma mundial.

As alterações climáticas observadas nos últimos tempos resultaram em um divisor de águas para o setor da construção civil, pois a partir desse momento o foco em alternativas de construção que gerassem o mínimo impacto ambiental possível foi cada vez maior, incluindo também na década de 90 o foco cada vez maior no desenvolvimento do conceito de drenagem sustentável, que será abordado com mais detalhes em tópicos posteriores. Cada vez mais a

sociedade vem cobrando posicionamentos sustentáveis dos gestores, empresas e de produtos oferecidos para a mesma (CERVERO, 2013).

Tendo que ter de conviver com o grande desafio que é ter um prognóstico de desenvolvimento urbano cada vez mais acelerado ao futuro, faz necessário que haja um alinhamento ao desenvolvimento equilibrado nos mais variados setores. De acordo com Vitiello, Conti, Oliveira Quaresma e Miztuani (2019) com um planejamento estratégico a longo prazo e construção e evolução urbana, aderindo as questões ambientais e de sustentabilidade, mantendo sempre a vertente destes temas quando a temática for cidades sustentáveis tende-se a ter um desenvolvimento urbano mais tranquilo e suavizado em detrimento ao que ocorreu em épocas posteriores. Faz-se necessário, portanto, falar sobre a sustentabilidade dentro da contextualização urbana. A derivação da sustentabilidade nos mais variados setores é de vital importância para um melhor desenvolvimento das sociedades urbanas (LEITE, 2012). A presente dissertação foca nos conceitos relacionados a drenagem urbana e o desenvolvimento de técnicas compensatórias visando uma diminuição do impacto de técnicas clássicas nos centros urbanos, entretanto é notório que se deve ter a mesma consciência nas mais diversas áreas ligadas ao desenvolvimento urbano como um todo.

2.2.2 Impactos do desenvolvimento urbano na bacia hidrográfica

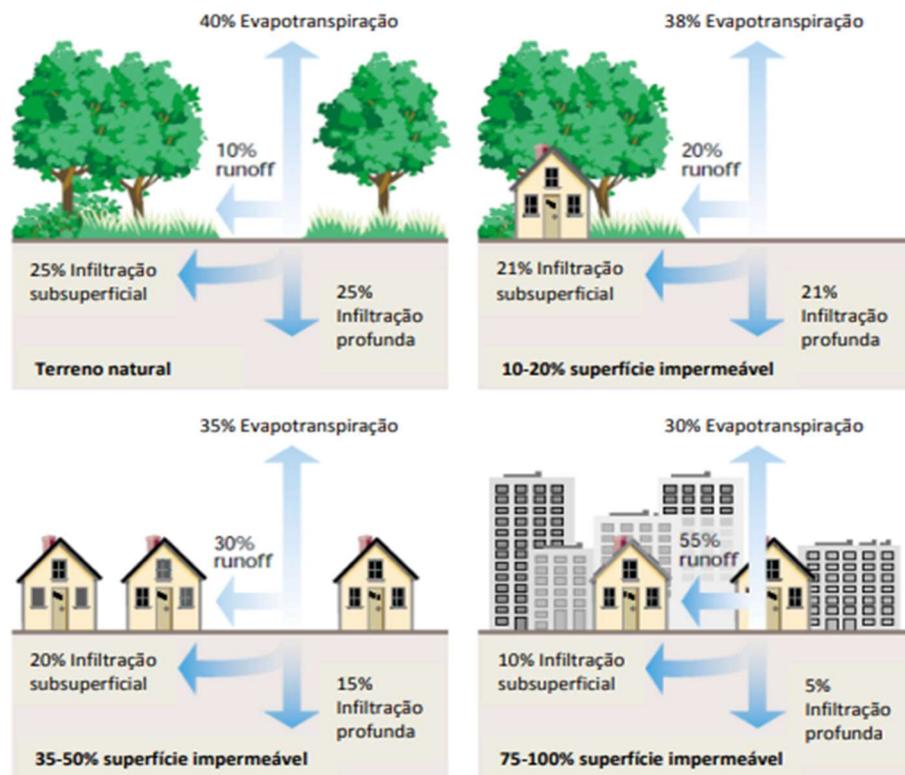
De acordo com a obra de Santos et al. (2013), o estudo de fatores físicos e humanos que de uma forma ou de outra acabam influenciando a dinâmica de funcionamento natural de uma bacia hidrográfica, bem como as suas inter-relações dentro do seu ciclo fechado, mostra-se fundamental e indispensável para que todos os processos envolvidos em um determinado sistema ambiental sejam de fato compreendidos, ainda de acordo com os autores, pesquisas que abordam a dinâmica fluvial de uma bacia hidrográfica são importantes pois discutem o seu funcionamento natural ou alterado pela ação antrópica.

A realidade da necessidade de conhecimento do impacto da urbanização em bacias hidrográficas se torna mais evidente quando se trata da dinâmica das mesmas. Segundo Silva (2011), as mudanças nas paisagens geradas pela crescente urbanização e estabelecimento das cidades sem o planejamento adequado, afetam diretamente e categoricamente a dinâmica hidrológica, reorientando os caminhos de circulação das águas e mudando de forma drástica o

ciclo hidrológico com a retirada das vegetações naturais. Caso a ocupação e avanço do crescimento urbano seja realizado de forma desordenada, a degradação dos solos é ainda maior, processos como esse podem ter consequências como eventos erosivos, movimentos de massa e inundações, o que podem acabar gerando danos consideráveis a áreas urbanas (TUCCI, 2005).

Os conceitos relacionados ao controle de inundações geradas por essa urbanização desordenada, estão em constante desenvolvimento e evolução. As cheias dos rios são processos naturais e ocorrem de maneira sazonal, desempenhando um papel importantíssimo no ambiente como citado anteriormente. Quando a precipitação ocorre sobre um terreno natural, parte de água pluvial recebida por este terreno é retida pela vegetação, parte é recolhida pelo solo através da infiltração e o restante escoam superficialmente em direção as áreas mais baixas pelo processo de gravidade. A principal modificação nesse sistema natural e funcional introduzida pela urbanização é o aumento na produção de escoamento superficial como pode ser visto com mais detalhes na Figura 8.

Figura 8 - Impactos do escoamento superficial na paisagem urbanizada



Fonte: Adaptado de FISRWG, 2001

De forma habitual e as vezes até corriqueira, o processo de urbanização tem a sua iniciação nos pontos mais baixos da bacia hidrográfica, pontos esses que possuem uma acessibilidade melhor e condições superiores para construção em relação aos pontos mais altos da bacia, permitindo assim o estabelecimento e instalação de comunidades produtivas (REZENDE, 2010). Com a ocupação das áreas mais planas, e com a pouca disponibilidade de espaços, o crescimento das cidades acaba de uma forma ou outra se expandindo para as áreas mais altas da bacia hidrográfica, substituindo assim de forma gradual a vegetação natural por áreas impermeáveis e, desta forma, dificultando a retenção e escoamento das águas provenientes da chuva. O aumento da velocidade e do volume de água escoado para áreas mais baixas acaba provocando inundações de grande porte nestes locais (SILVA JUNIOR; CABRAL; FONSECA NETO; SILVA; GUERRA; SILVA, 2020). Os diferentes impactos da urbanização sobre as bacias hidrográficas são resumidos na Tabela 3, que foi adaptada da obra de Miguez e Magalhães (2010).

Tabela 3 - Impactos da Urbanização Sobre a Bacia Hidrográfica

Causas	Efeitos
Remoção da vegetação natural	Aumento dos volumes de escoamento e das vazões de pico; aumento das velocidades de escoamento; intensificação da erosão do solo e, conseqüentemente, do assoreamento dos canais e galerias.
Aumento das taxas de impermeabilidade	Aumento dos volumes de escoamento e das vazões de pico; redução das depressões para detenção nas superfícies; e aumento das velocidades de escoamento.
Construção de uma rede de drenagem artificial	Aumento significativo das velocidades de escoamento e redução do tempo em que acontece o pico das vazões.
Ocupação das margens e da planície de inundação do rio	População diretamente exposta à inundação periódica em áreas naturalmente alagáveis e ampliação da extensão das áreas inundadas,

Eliminação de resíduos sólidos e águas residuais na rede de drenagem	<p>uma vez que há menos espaço para armazenamento e fluxo das águas</p> <p>População diretamente exposta à inundação periódica em áreas naturalmente alagáveis e ampliação da extensão das áreas inundadas, uma vez que há menos espaço para armazenamento e fluxo das águas</p>
--	--

Fonte: Adaptado de Miguez e Magalhães (2010)

A abordagem tradicional, para resolver este problema, focando na própria rede de drenagem, organiza os canais e tubulações em um sistema de escoamento artificial, com o objetivo de conduzir os excedentes das águas pluviais para áreas distantes do local de interesse. Em um primeiro momento, a canalização é capaz de solucionar o incômodo gerado por inundações em uma determinada área, transferindo as águas para jusante sem maiores consequências. No entanto, com o passar do tempo, a urbanização é intensificada e áreas mais extensas da bacia se tornam impermeáveis. O desenvolvimento urbano, da parte mais a montante da bacia acaba sobrecarregando o sistema como um todo e a rede de drenagem que foi projetada como solução acaba falhando novamente. Desta forma, a dependência de forma única e exclusiva da melhoria dos canais e tubulações, e o foco somente em obras pontuais de drenagem urbana não é considerado como forma ideal de controlar o comportamento do sistema como um todo (MIGUEZ E MAGALHÃES, 2010).

Diante do exposto se faz necessária um novo ponto de vista, uma visão mais abrangente e sistêmica, que seja capaz de oferecer uma maior sustentabilidade aos processos de controle de inundações se mostra, então, fundamental e pode até ser considerada urgente. Este fato promoveu, ainda durante a década de 1970, a mudança da concepção da tradicional gestão das águas pluviais, baseada em modelos tradicionais de desague do excedente de águas, para uma abordagem mais nova focada no armazenamento, com foco maior sobre a detenção das águas pluviais e recarga dos lençóis freáticos, ou seja, uma tentativa de volta ao aspecto mais natural. Posteriormente, com a evolução deste conceito nas décadas de 80 e 90, as águas pluviais passaram a ser consideradas como uma fonte significativa de poluição. Com isso, os grandes objetivos da gestão de águas pluviais mudaram mais uma vez, agora para proteger o ciclo

natural da água e os sistemas ecológicos através da introdução de medidas de controle direto na fonte, trazendo uma introdução aos conceitos de infraestrutura verde e drenagem sustentável, que serão descritos com mais detalhes nos tópicos posteriores (Niemczynowicz, 1999).

2.3 Drenagem Urbana

2.3.1 Sistemas Clássicos de Drenagem Urbana

Em linhas gerais, a drenagem urbana é considerada como um conjunto de processos ou medidas que tem como principal objetivo minimizar os riscos e diminuir os prejuízos causados por inundações de forma geral, possibilitando o desenvolvimento urbano de forma mais harmônica e sustentável (PORTO et al, 2012).

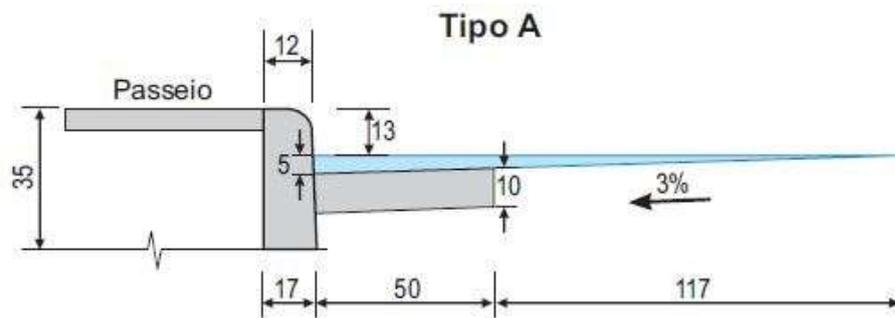
De forma a complementar o conceito estabelecido no parágrafo anterior Canholi (2014) entende como conceito de drenagem, todo e qualquer procedimento seja ele executado pela natureza ou por intervenção antrópica, de remoção do excesso de água de um terreno, sendo eles originados de precipitações ou qualquer outro tipo de conduto de água.

Todo tipo de drenagem realizada objetivando um escoamento de fluidos em vias afetadas pela urbanização pode ser caracterizada como drenagem urbana, bem como o conjunto de todos os seus componentes. É importante ressaltar que dependendo do tamanho da área a ser drenada, tem-se um ou mais sistemas de drenagem integrados. (CANHOLI, 2014)

O sistema tradicional de drenagem urbana segue um fluxo de funcionamento que pode ser descrito como tendo início com a captação das águas escoadas pela via, sejam elas frutos de precipitação ou ação antrópica, atrelada a captação das águas oriundas da sarjetas pelas bocas de lobo e a sua condução para as galerias pluviais que ficam soterradas abaixo das vias urbanas, estas galerias por sua vez direcionam o escoamento superficial coletado no exutório da bacia hidrográfica em questão, que podem ser cursos d'água naturais, lagos, solos permeáveis e em alguns casos até mesmo o oceano (RITHETTO, 2009).

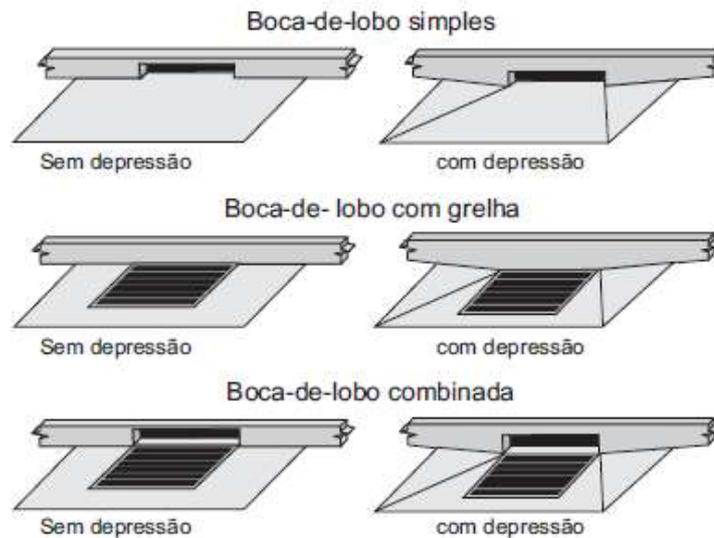
A composição do sistema de drenagem urbana possui dois níveis bem definidos, a microdrenagem e a macrodrenagem. A primeira é a mais usual e simples sendo composta por sarjetas, bocas de lobo, galerias e poços de visita, enquanto a segunda é caracterizada pelos escoamentos em fundos de vale e canais naturais ou artificiais (PORTO et al., 2012). As Figuras 9,10 e 11 ilustram estruturas de microdrenagem e seus tipos e detalhes.

Figura 9 - Exemplo de Sarjeta



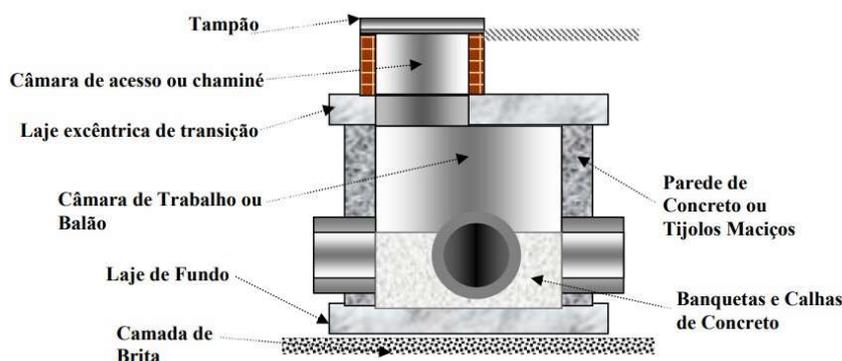
Fonte: Diogo e Sciammarella (2008)

Figura 10 - Exemplo de Boca de Lobo e seus Tipos



Fonte: Diogo e Sciammarella (2008)

Figura 11 - Exemplo de Poço de Visita



Fonte: Diogo e Sciammarella (2008)

Nos municípios brasileiros, o planejamento dos sistemas de drenagem urbana ainda é recente (AURÉLIO; CRUZ; TUCCI, 2008) fato esse exposto e confirmando, pois, apenas no ano de 2007 a drenagem urbana foi considerada como parte integrante do conceito de saneamento ambiental (BRASIL, 2007). Em sua grande maioria as unidades federativas do país não possuem normas, sistemas e regulamentações bem definidas que tratam do dimensionamento dos sistemas convencionais de drenagem urbana (MENEZES FILHO; COSTA, 2012). A grande maioria destas unidades não possui em sua estrutura um departamento responsável pelo setor de drenagem urbana, sendo em muitos casos apenas uma unidade dentro uma estrutura maior e carecendo de recursos e melhores condições para desenvolvimento dos projetos e estudos.

É importante ressaltar também, que as estruturas que compõem o sistema de drenagem de uma região são onerosas e acabam perdendo a eficiência hidráulica com o decorrer da sua vida útil, pois a urbanização acontece de forma contínua e mais áreas são impermeabilizadas, que por sua vez acabam gerando novos incrementos no escoamento superficial, que acabaram não sendo previstos no dimensionamento inicial (KONG et al., 2017).

Por fim, é importante salientar que para a elaboração de um projeto de um sistema de drenagem urbana de acordo com Diogo e Sciammarella (2008) deve-se seguir a seguinte metodolog, onde procura-se o obter primeiramente uma planta de situação da obra ou da área que receberá a intervenção, uma descrição da bacia hidrográfica com todas as suas características, uma breve descrição dos objetivos da obra bem como a sua área de alcance, dados básicos como estudos anteriores, informações de chuvas e obras existentes, estudos

hidrológicos, projeto hidráulico com dimensionamento de todos os dispositivos de drenagem, metodologia de construção onde deverá constar um resumo da técnica construtiva que será realizada para executar o projeto e finalmente as especificações técnicas de projeto dentro das normas vigentes.

Figura 12 - Fluxograma para Projetos de Drenagem Urbana



Fonte: Diogo e Sciammarella (2008).

2.3.2 Evolução da Drenagem Urbana

Neste tópico é apresentado um histórico do desenvolvimento urbano relacionado a drenagem urbana, de forma a dar embasamento ao que é aprofundando nos tópicos posteriores.

Aproximadamente em meados de 4000 a.C., o processo de desenvolvimento das civilizações após a revolução agrícola acabou dando origem a um novo processo de formação de sociedades, conhecido como a Revolução Urbana. Nesse período específico, grandes inovações na relação antrópica com o uso da água e da terra foram estabelecidas, essas inovações podiam ser definidas como as primeiras técnicas de irrigação, adubagem e cultivo que favoreciam de forma muito positiva o aumento da produtividade agrícola.

O processo de cultivo ocorria tanto em terras mais baixas, onde de forma natural as cheias fertilizavam o solo, como em terras mais elevadas, que tinham sua fertilização realizada através da construção dos primeiros sistemas de recolhimento de água e distribuição através de processos artificiais, era de fato um grande avanço na sociedade. Esses fatores foram considerados por Benévolo (2009) como fundamentais para iniciar a primeira divisão social do trabalho, processo considerado característico na transformação de pequenas aldeias e povoados em cidades (BENEVOLO, 2009).

A partir do século V a.C., foi se desenvolvendo na Grécia o que de acordo com Fernandes (2002) pode ser considerada como o início da urbanização planejada. Mileto, desenvolveu em Pireu, próximo ao porto de Atenas, um sistema inteiramente novo de planejamento urbano, empregando pela primeira vez uma forma padronizada e normatizada que tornava a construção urbana mais rápida e prática (FERNANDES, 2002). Os projetos destas cidades gregas em sistemas em formato de xadrez, com ruas em ângulos de 90 graus, facilitavam e muito a circulação de pessoas e a organização de atividades urbanas. Posteriormente, essas características que começavam a aparecer nas cidades permitiram traçados de redes de microdrenagem mais eficiente, além de um melhor acomodamento da macrodrenagem. No Século II d.C., já vigorava em Atenas uma legislação específica para controle urbano, além da separação de água para consumo através de aquedutos, e de galerias para despejo do esgotamento (CARNEIRO e MIGUEZ,2011).

De acordo com Hill (2002), se inspirando na cultura grega e desenvolvendo e aprimorando seus princípios, a Roma Antiga tem papel crucial na evolução da urbanização e da drenagem urbana como conhecemos hoje. De acordo com o autor, até o século XIX, a civilização romana foi a única sociedade em todo o oeste asiático e continente europeu a construir um sistema viário bem planejado e com um sistema de drenagem extremamente eficiente.

A cidade romana como as cidades gregas possuía um traçado geométrico em forma de xadrez, com quarteirões de tamanho padronizado e ruas com ângulos retos, facilitando e muito tanto o fluxo de escoamento como o transito de pessoas e animais (FERNANDES,2002). O estabelecimento de um sistema de drenagem urbana eficiente foi motivado não só pela necessidade de escoamento e manejo das águas pluviais, como também a necessidade de se remover o excedente de água importada através dos aquedutos que abasteciam a cidade.

Ao se realizar o processo de estabelecimento de uma ligação entre o abastecimento de água e o sistema de drenagem, através do processo de transbordo dos aqueodutos para os canais de escoamento, a cidade de Roma registrou-se como um dos primeiros exemplos de ciclo urbano de água completo e fechado. Todavia, esse ciclo só se tornou comum por meados do fim do século XIX, na Europa e nos Estados Unidos, com a ampla construção de redes de abastecimento de água e de sistemas de escoamento por meio de tubulações (BURIAN, 2001).

Dando continuidade ao avanço histórico do processo de desenvolvimento urbano, de acordo com Bahiense (2013) as invasões bárbaras tiveram também uma contribuição para o processo pois após as invasões, as famílias nobres acabaram migrando para áreas rurais em forma de refúgio, e o desenvolvimento da urbanização teve um leve hiato. Formaram-se, então, pequenas comunidades rurais, mais afastadas dos grandes centros, com ruas de traçado irregular as vezes até labirínticas, resultando e um forte declínio da importância das cidades na Europa e na Ásia, fato esse decorrente também do forte crescimento do regime feudal.

De acordo com Bertrand e Krajewski (2006), os sistemas de abastecimento de água e esgoto não foram utilizados no período medieval, o que acarretou na sua deterioração e difundimento do conceito de que estes sistemas eram dispensáveis para a população. Nas vilas rurais, que estavam sendo ocupadas pelos nobres, as águas pluviais eram direcionadas para rios próximos, já nas cidades passaram a ser lançadas nas ruas e espaços abertos ou diretamente nos corpos hídricos, assim como resíduos sólidos, introduzindo uma realidade que pode ser visualizada até nos dias de hoje em algumas cidades. (BERTRAND e KRAJEWSKI, 2006).

Com o passar dos anos, mais precisamente a partir do século XIII, as rotas comerciais foram recuperadas e o regime feudal começou a entrar em declínio, o que acabou levando a recuperação da força e importância dos centros urbanos nas atividades e na economia das cidades e sociedade. Poucos séculos mais tardes, com o processo do renascimento resgatando conhecimentos e princípios das civilizações mais antigas, as cidades voltaram a avançar nos conceitos de planejamento e serviços de infraestrutura urbana. As cidades que vinham se desenvolvendo e avançando começaram a apresentar traçados centrais e simétricos além dos processos como o de arquitetura e paisagismo terem começado a ganhar espaço e se tornar relevantes (CARNEIRO e MIGUEZ, 2011).

Neste mesmo período, começaram também a surgir as primeiras preocupações com as doenças e problemas que a falta de um saneamento adequado poderia causar, fato esse que

levou a cobertura de canais de drenagem e águas pluviais além de esgotos existentes no centro das ruas, transformando-os em esgotos sanitários. Estes canais e cursos de água cobertos quase sempre eram deixados abandonados e somente lembrados quando eventos de grandes chuvas levavam os mesmos de volta a superfície, de forma muito desagradável (BERTRAND e KRAJEWSKI, 2006).

Tendo como base todo esse conceito histórico, as civilizações e cidades como conhecemos hoje começaram a ter forma com o avanço tecnológico no processo produtivo em cadeia, definido pela revolução industrial iniciada na Inglaterra no século XVIII, revolução essa que causou impactos sem precedentes tanto econômicos quanto sociais nos centros urbanos. As grandes cidades passaram a receber um número considerável de camponeses, que devido à concentração da propriedade agrícola por parte da burguesia e a evolução das técnicas de cultivo, infelizmente já não possuíam terras ou trabalho digno e viam nas cidades locais de forte atratividade para o desenvolvimento econômico e pessoal de suas famílias. Como consequência de todo esse processo de mudança na sociedade, observou-se um crescimento do comércio, da agricultura e da indústria além do aumento da população urbana através das migrações vindas do campo, o que de forma simplória caracteriza a definição do conceito de urbanização. Assim as cidades industriais foram crescimento de forma bastante acelerada e sem o devido planejamento e controle urbanístico considerado adequado, o que acabou gerando fatores adversos como problemas no setores de habitação, circulação de pessoas e veículos, saúde pública, saneamento e segurança (BAHIENSE, 2013).

O intenso crescimento dos centros urbanos, como citado anteriormente, acaba agravando diversos problemas das mais variadas áreas, em especial os problemas hídricos relacionadas a infraestrutura obsoleta e insuficiente das grandes cidades, que como foi visto em parágrafos anteriores possui todo um viés histórico. Durante o início do século XIX, as inundações urbanas se tornaram cada vez mais graves e frequentes, as águas da chuva eram transportadas pelas sarjetas pelas cidades sem nenhum tipo de tratamento o que acabou evidenciando e causando grandes epidemias de cólera e tipo que assolaram a Europa na época. Com o avanço do conhecimento em epidemiologia, as práticas de saneamento tornaram-se relevantes na vida urbana e o papel do correto manejo das águas pluviais foi cada vez mais valorizado (BATISTA, 2005).

Nesse contexto a drenagem urbana ganhou destaque, uma vez que era vital para a sociedade que essas águas presentes nas cidades fossem evacuados da forma mais rápida possível, dando início ao conceito higienista, onde o foco era a condução e descarte das águas coletadas da forma mais rápida possível. Em geral, a aceleração do escoamento destas águas era obtida por meio de impermeabilizações do solo e da implantação de condutos artificiais (SOUZA et al., 2012), o que iniciou a mudança na relação entre urbanismo e águas urbanas, reduzindo a participação destas como elementos paisagísticos na cidade e dando início aos conceitos que conhecemos hoje (BAPTISTA, 2005).

Foi na segunda metade do século XIX, seguindo o conceito higienista, que Waring (1875) destacou a importância da mudança de perspectiva pública nos Estados Unidos da América quando em relação a evolução da Drenagem urbana, como fator preponderante para o avanço da mesma. O Autor apresentou, já nesta época, vantagens econômicas e sanitárias da separação dos sistemas de esgotamento de águas pluviais e de esgotamento sanitário, mesmo que ainda projetados de maneira unificada (SOUZA, 2013).

A fase higienista da drenagem urbana acabou por popularizar bastante a prática de canalizações e a transferência de águas pluviais e esgotos para áreas mais a jusante da bacia hidrográfica, carregando com elas poluentes e contaminantes. Buscando a correção destes problemas foi aprovado na década de 70 nos estados unidos o “*Clean Water Act*”, uma legislação que estabelecia que todos os efluentes gerados pela cidade deveriam passar pelo tratamento mais avançado disponível, com o objetivo de recuperar e conservar os corpos hídricos urbanos (TUCCI e MIELLER, 2007).

Numa perspectiva mais moderna, os sistemas de drenagem devem ser vistos como um dos componentes do espaço urbano, uma vez que é impossível dissociá-lo da infraestrutura das cidades. O sistema de drenagem compõe a paisagem urbana, promovendo sua valorização, quando bem integrada ao urbanismo, ou sua degradação, quando o sistema de drenagem está degradado. Neste sentido, seu conceito deve ser ampliado, não estando representado apenas pelos elementos de infraestrutura (SOUZA; MORAES; BORJA, 2013).

O Quadro 1 sintetiza as fases de evolução do processo de drenagem urbana, bem como suas características principais e consequências.

Quadro 1 - Fases do desenvolvimento das águas urbanas (TUCCI, 2005)

PERÍODO	CARACTERÍSTICAS	CONSEQUÊNCIAS
Pré-higienista: até o início do século XX	Esgoto em fossas ou diretamente nas ruas, sem coleta ou tratamento.	Epidemias e doenças com alta taxa de mortalidade.
Higienista: até os anos 1970	Transporte do esgoto junto às águas pluviais, por canalização dos escoamentos.	Redução das doenças e da mortalidade, degradação dos corpos d'água, contaminação dos mananciais.
Corretiva: entre 1970 e 1990	Sistema separador absoluto, tratamento dos esgotos, amortecimento dos escoamentos pluviais.	Melhoria da qualidade da água dos rios, poluição difusa, obras de grande impacto.
Desenvolvimento Sustentável: após 1990	Tratamento do escoamento pluvial, preservação do sistema natural, integração institucional.	Conservação ambiental, melhoria da qualidade de vida, controle das inundações.

Fonte: Tucci (2005)

2.3.3 Drenagem Urbana Sustentável

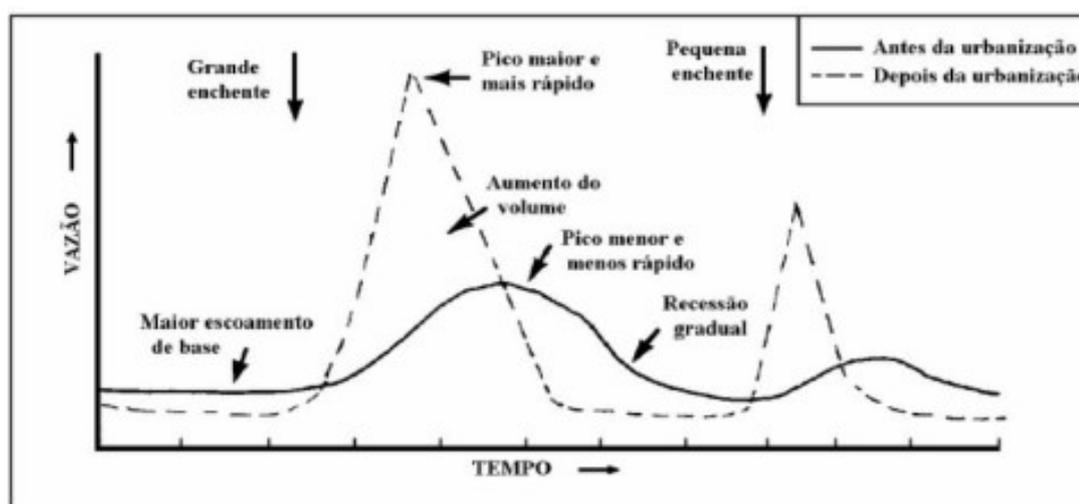
A expressão Drenagem Urbana Sustentável engloba a grande maioria das mudanças surgidas no contado das cidades com as águas pluviais no mundo, essa mudança foi observada de forma mais presente em regiões mais desenvolvidas, tanto técnica, quanto economicamente, como a América do Norte e países desenvolvidos da Europa (BAPTISTA; NASCIMENTO; BARRAUD, 2005).

As principais mudanças na concepção de novos sistemas de drenagem em relação aos sistemas clássicos, tem como premissa principal a reprodução de condições de escoamentos

apresentadas pela bacia hidrográfica com características similares a sua pré-urbanização, ou seja, esse conceito objetiva justamente reduzir o volume de escoamento superficial e aumentar a taxa de água que infiltra no solo, evitando-se assim a rápida transferência de escoamento para jusante (CHAHAR; GRAILLOT; GAUR. 2012). Esta nova abordagem de drenagem urbana sustentável recebeu o nome de “compensatória”, e considera os impactos da urbanização de forma mais global, tornando a bacia hidrográfica como uma unidade de planejamento e buscando compensar assim, de forma sistêmica, os efeitos danosos da urbanização sem o devido planejamento (FLETCHER et al. 2015).

A utilização do conceito de Drenagem Urbana sustentável na prática apresenta numerosos benefícios para a comunidade, onde estas técnicas estão sendo inseridas, incluindo melhorias na saúde, bem-estar e qualidade de vida para os indivíduos habitantes da comunidade em questão, o que de forma análoga pode aumentar o valor da propriedade e trazer prosperidade para a economia local. Esse tipo de drenagem busca atuar no ambiente urbano de maneira que o hidrograma da situação da área urbanizada se assemelhe com o hidrograma da área em estado natural, antes da ocupação antrópica, como pode se observar no gráfico ilustrado na Figura 13 (WOODS-BALLARD et al., 2015).

Figura 13 – Hidrograma de uma Bacia Genérica Com condições Após a Construção da Urbanização



Fonte: Adaptado de Tucci (2005).

De forma oposta ao sistema clássico de drenagem urbana, o qual se busca realizar um rápido desague das águas pluviais coletadas através de um sistema enterrado de tubulações, a

drenagem urbana sustentável busca justamente o controle do escoamento superficial o mais próximo possível do local onde a precipitação atinge o solo, como citado anteriormente. O escoamento é reduzido pela evaporação e evapotranspiração, infiltração do excesso de água no subsolo e pelo armazenamento temporário da mesma, viabilizando além do reaproveitamento da água, uma menor sobrecarga em galerias já projetadas (TOSCAN NETO, 2019).

É de suma importância também ressaltar que a aplicação de conceitos relativos a drenagem urbana sustentável, não descaracterizam também conceitos úteis dos sistemas de drenagem urbana clássicos, as medidas compensatórias como citadas por Toscan Neto (2019) objetivam justamente atuar de forma conjunta aos condutos clássicos e aliar o conceito mais conservador ao sustentável em busca de uma consonância e bons resultados.

Apesar de grandes mudanças na estrutura responsável por lidar com as águas pluviais, a drenagem urbana sustentável atua em diferentes níveis de decisão, englobando tanto a esfera administrativa como a esfera política, e em escalas regionais e locais, por exemplo. Em comum em todos esses níveis existe a necessidade de compreensão das possibilidades e consequências de cada decisão tomada. Dessa forma, informações sobre as características da área de estudo e dos efeitos da implantação dos conceitos de drenagem urbana sustentável na área são de grande valia e podem ser conseguidas através de estudos técnicos, monitoramento hidrológico da região, revisão da literatura e ferramentas de modelagem hidrológica computacional (BARBOSA; FERNANDES; DAVID, 2012).

Dentro da drenagem sustentável, com o aumento substancial da preocupação com a qualidade das águas dentro dos centros urbanos, diferentes conceitos de abordagem da mesma foram surgindo ao redor do mundo, dentre os quais podem se destacar o “Sustainable *Urban Drainage Systems*” (SUDS), no Reino Unido, o “*Water Sensitive Urban Design*” (WSUD), na Austrália, sem deixar de mencionar também o “*Low Impact Development*” (LID) e “*Best Management Practices*” (BMP), na América do Norte e Nova Zelândia (ELLIOT & TROWSDALE, 2007). O que há de comum entre todos esses conceitos de desenvolvimento de baixo impacto, é que todos enquadram-se perfeitamente sobre a ótica da drenagem sustentável, possuindo em muitas vezes os mesmos princípios, apenas diferindo em prioridades quando ao desenvolvimento urbano e manejo das águas (URRUTIAGUER et al., 2010). Entre todos o mais díspar é o conceito de BMP, que não faz referência ao desenvolvimento urbano de forma direta, mas utiliza técnicas compensatórias associadas ao disciplinamento e manejo

do solo no combate à poluição de origem pluvial e difusa, embora na prática seus princípios sejam usados de forma mais comum no controle de inundações (FLETCHER et al, 2015).

Atualmente, a compensação dos impactos da urbanização sobre a bacia hidrográfica tem sido mais frequentemente almejada no Brasil, e se torna mais usual à medida que legislações surgem para dar suporte aos gestores públicos na regulação do uso do solo e obrigatoriedade de restrição de vazão efluente de lotes urbanos, assunto que é tratado em capítulos subsequentes (CRUZ & TUCCI, 2008). Entretanto, os profissionais brasileiros enfrentam problemas quanto à qualidade da água de drenagem e design e execução ruins, o que causa o mal funcionamento de diversos sistemas e que diminui o apoio da comunidade ao uso de técnicas compensatórias (GOLDENFUN et al. 2007).

No contexto atual, a compensação dos impactos gerados pela urbanização na bacia hidrográfica em território brasileiro tem sido um tópico mais relevante, e se torna cada vez mais usual à medida que legislações surgem para dar suporte aos gestores públicos na aplicação e difusão das mesmas. Apesar do notório avanço, deve-se salientar que os profissionais brasileiros atuantes na área ainda enfrentem muitos problemas em relação ao apoio a execução de projetos que contemplem estas práticas, muito em virtude do apego ao modelo tradicional e receio em se experimentar o novo (GOLDEFUN et al. 2007). É fato que o novo sempre causa apreensão, estranheza e receio, todavia o embasamento dado por diversos autores a técnicas compensatórias é bastante sólido e se sustenta em diversos debates, cabe a gestores, projetistas e a própria população, uma união para aplicação destas técnicas e consequente observação do seu comportamento em qualquer lugar em que serão inseridas.

2.4 Técnicas Compensatórias

2.4.1 Conceitos Gerais

As técnicas compensatórias de drenagem urbana podem ser definidas como medidas de controle executadas para atenuar a mudança da quantidade e da qualidade do escoamento superficial urbano causado pelas alterações drásticas no uso e ocupação do solo. Estas técnicas são orquestradas visando a redução do volume de águas pluviais, os fluxos de pico e amenizar os efeitos da poluição difusa através da utilização de estruturas que usam os mecanismos da

evapotranspiração, infiltração, detenção, filtração e ações químicas ou biológicas para atingirem aquilo que se propõem.

Em outra definição, estas técnicas podem ser caracterizadas como um conjunto de práticas, projetadas para atuar como eficazes, e com objetivo final de minimizar os impactos do desenvolvimento desorganizado das grandes cidades. De forma simples, as técnicas compensatórias se dividem em dois grandes grupos de medida principais, as Medidas Estruturas e as Medidas Não Estruturais (RIBEIRO, 2014).

As medidas não estruturais são aquelas relativas aos programas de prevenção, educação e controle da emissão de poluentes e, se aplicadas de forma “preventiva”, serão mais eficientes e possuirão uma relação custo-benefício bem superior do que se forem utilizadas em caráter “corretivo”. As medidas não estruturais são atitudes que não atuam de forma direta nos focos de problema causados pelas inundações e sim visam prioritariamente a conscientização e envolvimento de todas as esferas da sociedade, desta forma, promovendo programas de esclarecimento e conscientização da sociedade (RIBEIRO, 2014).

Quando se trata das medidas estruturais, pode-se afirmar que as mesmas compreendem as obras de engenharia e outras intervenções físicas diretamente ligadas ao controle do escoamento como canais, alagadiços, bacias de retenção e outras. Ou seja, as medidas estruturais diferentes das não estruturais são aquelas que atuam de forma direta no problema, com algum tipo de obra ou estrutura visando atenuar o mesmo (CANHOLI, 2005).

As medidas estruturais e não estruturais apresentam as suas limitações quando aplicadas de maneira isolada uma da outra, e para que se tenha um resultado mais eficiente, entende-se que ambas são complementares, e as escolhas das medidas a serem adotadas em cada local devem considerar as características hidrológicas, topográficas e pedológicas de cada bacia hidrográfica de forma individual (SMDU, 2012). Ribeiro (2014), ainda afirma que não existe técnica única e ideal para ser aplicada, o autor sugere que cada bacia hidrográfica deve ser estudada como única e a partir desse estudo, é que se chega a uma melhor definição de qual solução deve ser adotada em cada caso.

O Quadro 2 traz uma a apresentação e definição das principais técnicas compensatórias estruturais presentes na literatura vigente, apesar de apresentar uma definição básica das mesmas as técnicas descritas com mais detalhes nos tópicos posteriores serão os pavimentos

permeáveis, jardins de chuva e telhados verdes em virtude de serem as técnicas empregadas no estudo de caso da presente dissertação.

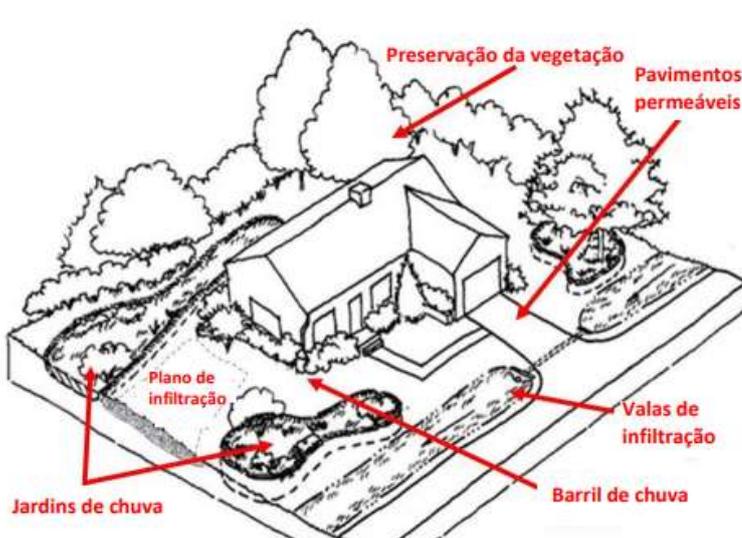
Quadro 2 – Definição de Técnicas compensatórias de Drenagem Urbana

Nome da Técnica	Descrição	Fonte
Pavimentos permeáveis	Coberturas que permitem a infiltração das águas pluviais em solos subjacentes, reduzindo assim o escoamento superficial e promovendo a remoção de poluentes e a recarga de água subterrânea	(US EPA, 2000)
Telhados verdes	Cobertura parcial ou completamente composta de vegetação sobre membranas à prova d'água, a fim de reduzir a taxa de impermeabilidade do lote, compensando a remoção de vegetação realizada para a construção da edificação .	(ROWE, 2011);
Células de biorretenção	Prática de tratamento de águas pluviais por meio do armazenamento das mesmas em uma depressão rasa, na qual são plantadas determinadas vegetações capazes de filtrar poluentes presentes nestas águas	(PRINCE GEORGE'S COUNTY, 1999);
Trincheiras de infiltração	São valas permeáveis preenchidas com pedras, formando uma área de armazenamento para posterior infiltração das águas pluviais	(USDoD, 2004)

Faixas de filtração	Caracterizadas como faixas de densa vegetação, posicionadas imediatamente a jusante de uma fonte de escoamento e projetadas com a função de filtrar as águas escoadas antes que elas atinjam o corpo d'água receptor	(PRINCE GEORGE'S COUNTY, 1999)
Valas de infiltração	Definidos como canais gramados que transportam o escoamento de águas pluviais possibilitando a armazenagem e infiltração	(PRINCE GEORGE'S COUNTY, 1999)
Jardins de chuva	São pequenas áreas de armazenagem cobertas com vegetação nativa, cuja função é reduzir o volume de escoamento superficial de águas pluviais, promovendo a infiltração no solo;	(CANHOLI, 2005)
Paisagens multifuncionais	Caracterizados como áreas para as quais são previstos diversos usos, inclusive a utilização como dispositivo hidráulico de controle de escoamentos e inundações	(RIBEIRO, 2014)

A Figura 14 ilustra o exemplo de uma aplicação conjunta de técnicas compensatórias em uma gleba de terra residencial.

Figura 14 – Técnicas Compensatórias e um Lote Urbano



Fonte: Adaptado do site HAYWOOD, 2013)

O grande desafio da aplicação das técnicas clássicas de resolução de problemas de drenagem em áreas urbana de forma isolada reside justamente em sua execução em espaços urbanos consolidados. Para áreas urbanas adensadas, o limite de atuação destas medidas acaba sendo um pouco restrito muito em força a carência de espaços físicos e altos custos de implantação das estruturas hidráulicas.

Neste sentido, as medidas de controle de escoamento na fonte, ou técnicas compensatórias, constituem-se como uma solução interessante e sua utilização em conjunto com soluções clássicas de drenagem, já instaladas ou não, aumenta e muito a eficiência do sistema como um todo (MIGUEZ et al., 2009).

Quando se trata de empreendimentos novos ou crus, o uso de técnicas compensatórias é primordial para que sejam atendidas as normas locais, quando existentes, que geralmente limitam a vazão de saída do lote ao valor igual ou menor do que a vazão de saída antes da edificação do lote. Para áreas em processo de urbanização ainda não completamente realizado, um planejamento eficaz permite o uso tanto de técnicas compensatórias com técnicas tradicionais de forma simultânea, garantindo uma máxima eficiência do sistema de drenagem proposto (RIBEIRO, 2014).

O sistema clássico de drenagem urbana com sarjetas, condutos, bocas de lobo e poços de visita, apesar de suas limitações não pode ser completamente desprezado, as técnicas

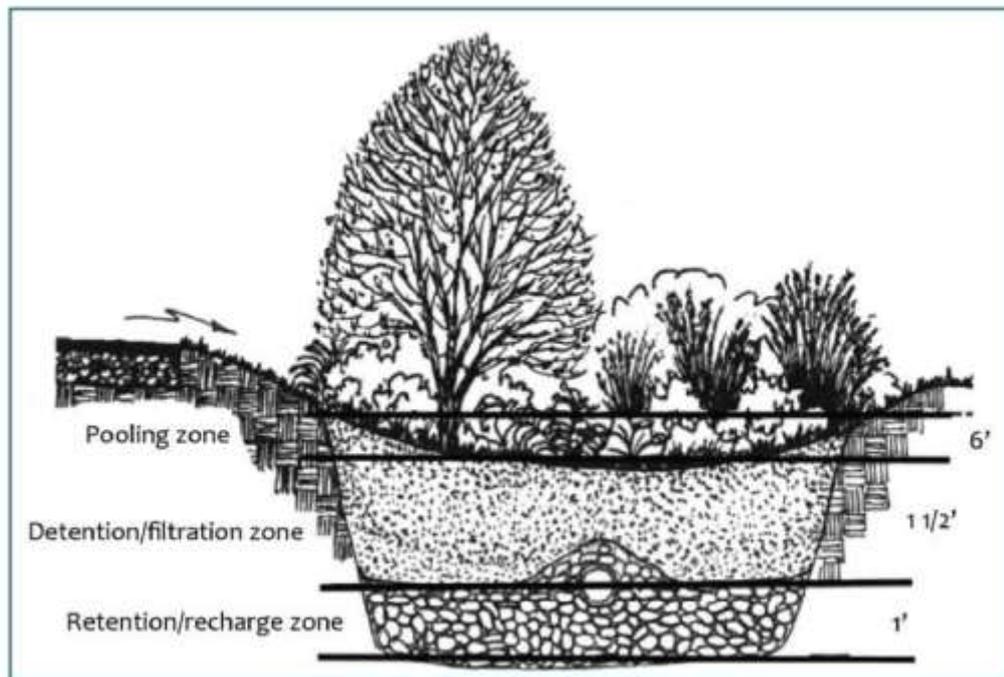
compensatórias surgem com o intuito de trazer menos sobrecarga ao mesmo e se possível for poupar algumas áreas dos transtornos da instalação de galerias e entupimento de bueiros, porém a utilização destas técnicas não tem o intuito de eliminar os sistemas clássicos como um todo. Como citado anteriormente, a conjunção de ambos os sistemas aliados a uma boa execução dos mesmos garante uma resolução praticamente plena dos problemas gerados por acúmulo de águas pluviais na região.

2.4.2 Jardins de Chuva

Hess (2017) considera jardim de chuva, também conhecido como dispositivo de bioretenção, como uma área vegetada em um nível um pouco abaixo da superfície e capaz de capturar e armazenar o escoamento superficial das áreas impermeáveis que rodeiam o mesmo, tratando os poluentes carregados por essas águas. À parcela de água que fica temporariamente armazenada nestes dispositivos compensatórios infiltra no solo ou acaba voltando a atmosfera através do processo de evapotranspiração. Sendo assim, essa técnica tende a ser muito útil e agradável pois recria as condições hidrológicas naturais de uma bacia no controle do volume de escoamento superficial e no tratamento das águas de uma determinada área (HESS, 2017).

Trazendo outra definição, de acordo com Li e Zhao (2008), o jardim de chuva é uma estrutura hidrológica totalmente funcional no conceito de paisagem, com um investimento de implantação relativamente baixo e uma manutenção considerada simples em relação a outros tipos de dispositivo. Ainda de acordo com os autores citados, o jardim de chuva atua através do sistema solo-planta-atmosfera e dos processos de infiltração, retenção e absorção, purificando e absorvendo as águas pluviais coletadas, o que querendo ou não provoca uma redução do volume escoado e protege a qualidade das águas subterrâneas. Os primeiros jardins de chuva começaram a ser implantados nos Estados Unidos, na década de 80 em extensas áreas residenciais no estado de Maryland, Estados Unidos (DUNNET E CLAYDEN, 2007). As Figuras 15 e 16, ilustram um corte de uma seção tipo de um jardim de chuva e a aplicação do mesmo em uma área residencial consolidada respectivamente.

Figura 15 - Seção típica de um jardim de chuva



Fonte: Adaptado de PRINCE GEORGE'S COUNTY. (2007)

Figura 16 - Jardins de chuva implantados nas áreas comuns do condomínio



Fonte: Adaptado de (Liptan e Murase, 2002)

De acordo com Prince George's County (2007), os jardins de chuva proporcionam além de benefícios estéticos e estruturais, melhorias ambientais aos moradores dos locais em que estão inseridas, pelo fato de promoverem a conservação de plantas, melhorar a qualidade do ar, amenizar as ilhas de calor e valorizarem as propriedades em que estão em torno de 20% do seu valor venal, de acordo com o autor. Dessa forma, os jardins de chuva ganharam uma grande popularidade entre os projetistas, pois aliam valores estéticos, ambientais e estruturas como citado, além de ter uma ótima capacidade de adaptação ao ambiente e a paisagem pela capacidade de atender aos requisitos de drenagem de águas pluviais (PRINCE GEORGE'S COUNTY, 2007).

Melo (2011), estabelece que os jardins de chuva foram inicialmente pensados para a solução de problemas de drenagem urbana para grandes áreas. Contudo, muito em devido as elevadas taxas de eficiência e seus efeitos secundários, como a melhoria da qualidade de água, valorização do local em que estão instalados e remoção de poluentes, essas estruturas passaram a ser empregadas também em áreas menores, ainda por conta da flexibilidade de forma e tamanho destas instalações para áreas menores.

Outra grande vantagem dos jardins de chuva é que eles são muito flexíveis quanto a sua implantação, podendo ocupar áreas reduzidas, como em um quintal, ou grandes estacionamentos. Além disso, eles podem se integrar a outras estruturas sustentáveis de drenagem, como pavimentos permeáveis e trincheiras de infiltração. Ainda por conta dessa flexibilidade, são muitos os aspectos que podem ser modificados a fim de maximizar a eficiência de um jardim de chuva. Alguns critérios de projeto são a profundidade, o tipo de solo e a vegetação (HESS, 2017).

De forma a se trazer alguns dados relevantes, se faz necessário citar o estudo elaborado por Davis et al (2009) onde os autores compilarem vários dados a fim de se mostrar o desempenho dos sistemas de jardins de chuva na remoção de poluentes da região em que estão inseridos. Os principais poluentes e suas respectivas taxas de remoção de acordo com os aurores foram: sólidos suspensos, 54 a 59% de remoção, fósforo com 70% a 85% de remoção, nitrogênio com 55 a 65% de remoção, metais pesados como cobre, zinco e chumbo com taxas de remoção superiores a 74%, óleos e graxas com taxas superiores a 96% e bactérias patogênicas com taxa de remoção entre 70 e 91%.

Conforme os sistemas de jardins de chuva foram se tornando mais populares dentro da grande área da drenagem urbana, começaram a surgir diferentes métodos de dimensionamento a fim de otimizar a gestão das águas urbana e gerar uma normatização a técnica. A proposta de Davis et al (2009), por exemplo, afirma de forma categórica que o principal foco de análise ao se projetar um jardim de chuva deve ser as características do solo do local em que o mesmo será implantado, já Li e Zhao (2008) apontam que os fatores determinantes a serem analisados no projeto devem ser a área de superfícies impermeáveis, a profundidade da camada do aquífera e a permeabilidade do solo. Além disso, outros aspectos importantes a serem considerados são os estudos topográficos e os índices pluviométricos da região em questão (HESS, 2017).

Mesmo com o avanço do tempo, a modernização da técnica exposta e o acesso a alguns métodos de dimensionamento comumente usados ainda é visto um padrão ou modelo adequado de projeto para os jardins de chuva. Com base nisso, com a finalidade de dar maior profundidade na análise de um projeto de um jardim de chuva foi descrito em seguida o método de dimensionamento mais aceito e difundido entre os autores da área, a proposta apresentada no Manual de Melhores Práticas de Gerenciamento em Drenagem da Pennsylvania (PA BMP Manual, 2006).

De acordo com esse método, a forma de dimensionar o jardim de chuva é através da área de drenagem do local em que o mesmo será inserido, ou seja, toda a área impermeável cujo escoamento superficial será captado pela área de biorretenção, conta para o dimensionamento. Dessa forma, a área do jardim de chuva a ser instalado depende dos requisitos de volume de armazenamento, mas não deve exceder uma taxa de carga máxima da proporção de 5:1, ou seja, a cada 5m² de área impermeável tem seu escoamento captado por 1m² de biorretenção (JENKINS et al, 2010).

De acordo com Hess (2017), a taxa de proporção máxima é aplicada para que sejam evitadas falhas no sistema devido ao entupimento, concentração de poluentes e efeitos adversos da acumulação de água subterrânea. Rocco (2009), pontua em sua obra que essa proporção é estimada considerando-se uma vida útil para a estrutura de 20 anos. No entanto, apesar de recomendada essa taxa de carga de 5:1 não é limitante no dimensionamento de um jardim de chuva, mesmo tendo noção dessa assertiva os jardins de chuva devem ser projetados ainda de forma conservadora, uma vez que os poros do solo tendem a ser preenchidos pelo material carregado pelo escoamento durante eventos chuvoso (ROCCO, 2009).

Tendo-se ciência do que foi exposto no parágrafo acima e em tópicos anteriores, não é recomendado que os sistemas de biorretenção trabalhem sozinhos, mas sim em conjunto com outras estruturas de drenagem nas quais o excesso de escoamento superficial possa ser descarregado e retido. Quanto a profundidade da área de infiltração o manual acaba não citando nenhuma forma direta de como determinar essa medida, apenas faz menção que os jardins de chuva devem ter um desnível tal qual que toda água acumulada seja capaz de se infiltrar no mesmo em até 72h, não podendo ser esse desnível maior do que 45 cm. Sobre as paredes laterais do mesmo, o manual sugere uma inclinação de 3:1, contudo, para áreas menores e limitadas uma inclinação de 2:1 é considerada aceitável. O manual ainda faz uma importante recomendação em relação ao uso do solo, salientando é necessário que o mesmo seja compatível com a vegetação escolhida para o jardim em questão (PA BMP Manual, 2006). Liptan (2017) ao falar sobre a utilização de determinado tipo de solo em projetos de jardins de chuva, afirma que o ideal durante a elaboração do projeto é sugerir a utilização do próprio solo da região, fazendo alguma alteração somente se for estritamente necessário, como quando o objetivo for alterar a infiltração ou a capacidade de retenção do solo. O ideal é que o solo a ser escolhido tenha uma taxa de infiltração de 0,25 a 25 centímetros por hora, ainda de acordo com o manual a camada de solo deve ser de pelo menos 10 centímetros a fim de dar suporte para as raízes (ROCCO, 2009).

No Quadro 3 são apresentadas vantagens e desvantagens da utilização de jardins de chuvas como técnicas compensatórias de drenagem urbana em uma bacia hidrográfica aleatória. Tendo-se ciência das vantagens, desvantagens e características para aplicação da técnica vai do projetista a escolha por sua utilização ou não, entretanto diante de todo o contexto apresentado, é inegável que a técnica apresentada neste tópico apresenta fatores atrativos para a sua escolha e aplicação. O Quadro foi elaborado com base em informações obtidas nos estudos realizados por Hess (2017) e Prince's Georges County (2007).

Quadro 3 – Vantagens, Desvantagens e Recomendações sobre Jardins de Chuva.

Vantagens	Desvantagens	Recomendações
Remoção de Poluentes	Não pode ser utilizado para grandes áreas de contribuição.	Deve-se buscar evitar a colmatção para uma vida

		útil mais duradoura da estrutura.
Mitigação das Ilhas de Calor	Pode sofrer colmatação, sendo recomendável que exista um pré-tratamento (exemplo: faixa gramada) em áreas com grande aporte de sedimentos.	Recomenda-se ter bastante cuidado com as raízes da vegetação, afinal um problema nas mesmas pode acabar ocasionando defeitos na estrutura e perda da sua eficiência
Vasta aplicabilidade e boa aceitação por parte da população	Não pode ser utilizado em lugares onde há limitação de espaço, pois reduz o espaço de via trafegável.	Apesar de não existir um método de dimensionamento padronizado, é recomendando que o dimensionamento da estrutura seja baseado na área impermeável em que a mesma será assentada, afim de se obter uma maior eficiência da técnica.
Manejo das águas do lote, com controle do escoamento	Ausência de um método de dimensionamento padronizado	É de bom tom a utilização de plantações nativas e de fácil manuseio, tanto para redução dos custos de instalação como os de manutenção corretiva.

Fonte: O Autor (2021).

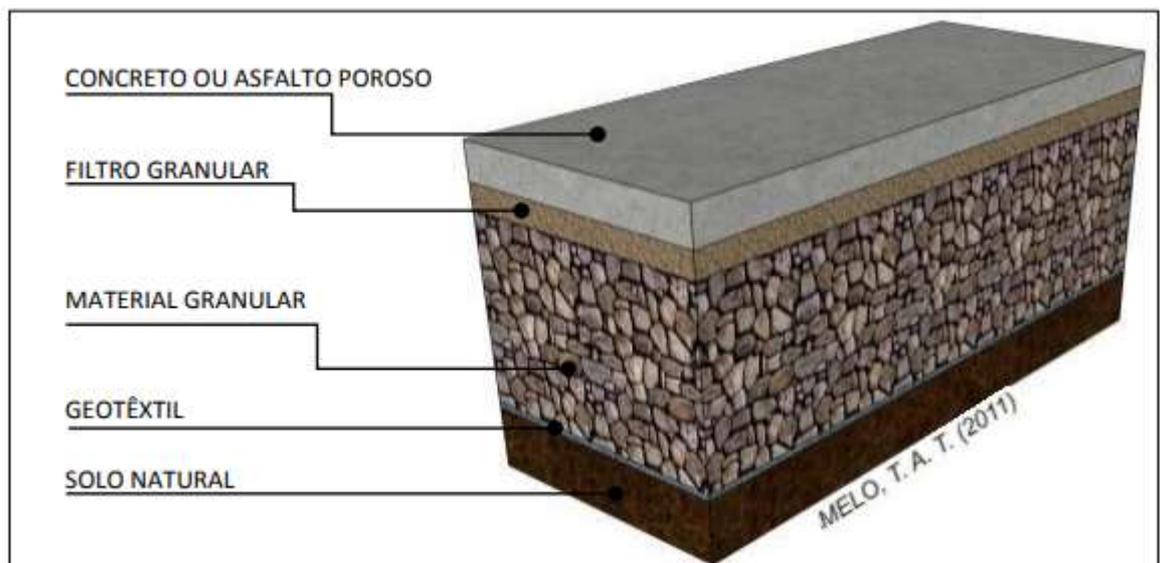
2.4.3 Pavimentos Permeáveis

Os pavimentos permeáveis podem ser caracterizados de forma objetiva como dispositivos que ajudam a infiltração das águas pluviais, desempenhando também a função de reservatório,

pois os mesmos em sua estrutura possibilitam o armazenamento de águas em seu interior. Utilizando-se de blocos de concreto pré-moldados em sua concepção, os pavimentos permeáveis possuem os mais diversos formatos, possibilitando sua aplicação em passeios, calçadas e estacionamentos, mostrando a variedade e adequabilidade da sua aplicação (MELO, 2011).

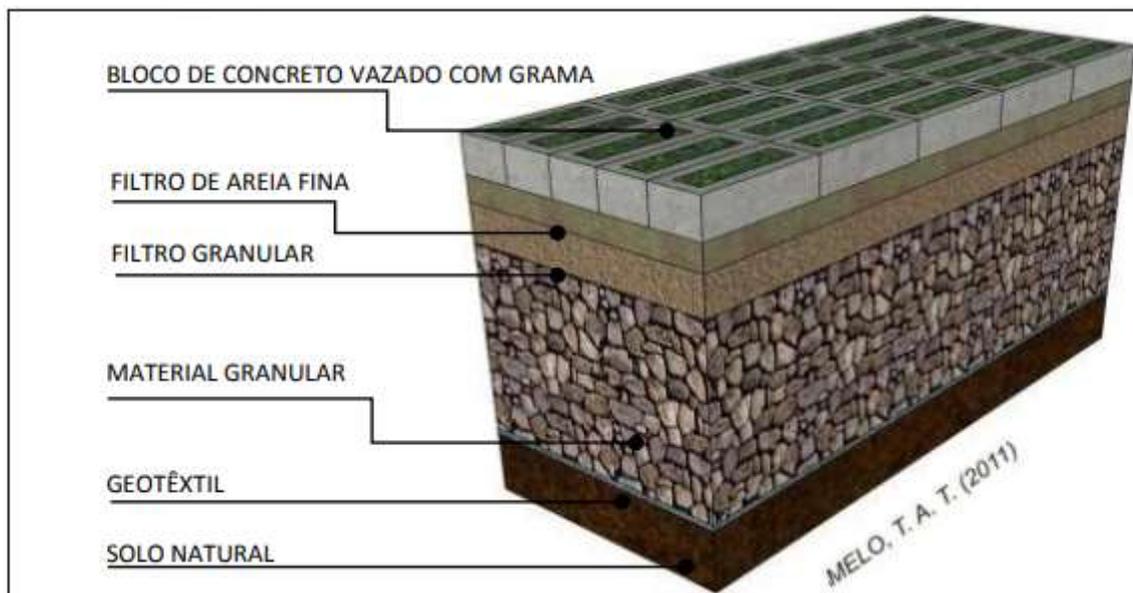
A estrutura típica de um pavimento permeável pode ser descrita analisando-se as camadas de revestimentos, que no caso da solução em questão são formadas por um revestimento poroso (podendo ser composto por blocos vazados, concreto ou asfalto poroso), por uma camada de agregado fino, uma manta geotêxtil e uma camada de agregado graúdo (MELO, 2011). As Figuras 17 e 18, apresentam respectivamente as seções tipos de dispositivos compostos por concreto ou asfalto poroso, e blocos de concreto vazados com preenchimento de grama.

Figura 17 - Pavimento Permeável de Concreto ou Asfalto Poroso



Fonte: Adaptado de Melo (2011).

Figura 18 - Pavimento Permeável de Blocos de Concreto Vazado e Preenchidos com Grama



Fonte: Adaptado de Melo (2011).

Apesar da configuração estrutural semelhante em relação aos revestimentos mais tradicionais na infraestrutura urbana, os pavimentos ditos permeáveis precisam de elevado volume de vazios para que desempenhem a função para a qual foram projetados e designados, incidindo na diferença básica entre os dois sistemas. O solo do subleito onde o mesmo será instalado é de função importantíssima na determinação da seção transversal do pavimento permeável, muito pelo fator de que dependendo do tipo de solo em que será inserida essa solução a seção típica desse tipo de pavimento terá sua configuração alterada (CMAA, 2010).

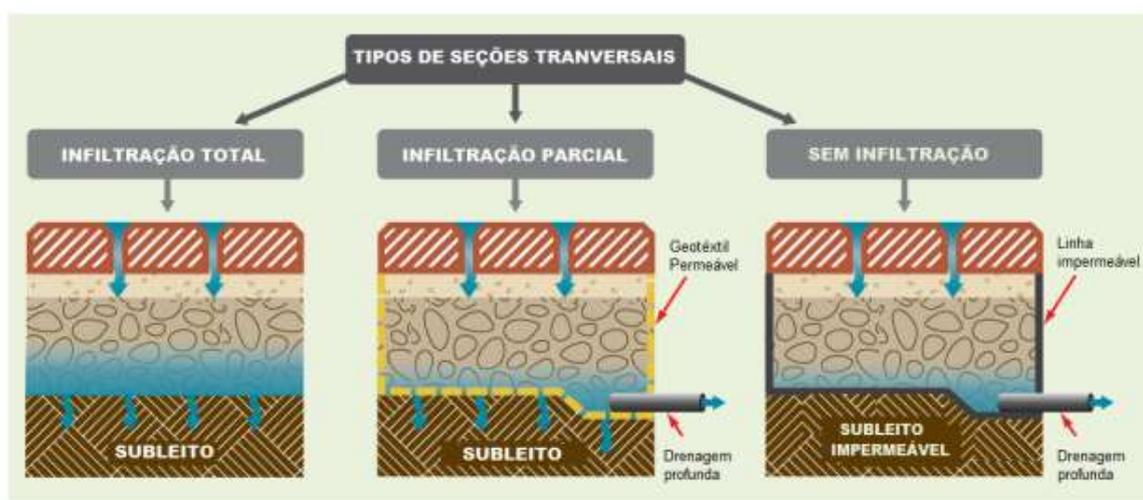
Os vazios das camadas granulares permitem que a água proveniente do escoamento superficial ou diretamente da própria precipitação seja armazenada, temporariamente, no pavimento, até que haja condições adequadas para destinação desse volume. Genericamente, três casos são possíveis a depender das condições naturais do subleito e, sobretudo, do objetivo do projeto: infiltração total através do subleito; infiltração parcial; sem infiltração (RIBAS, 2017).

Caso a camada referente ao subleito da região a qual o pavimento será instalado possuir boa permeabilidade, toda a água estocada dentro do reservatório projetado na estrutura irá infiltrar, o que além de dispensar a necessidade de dispositivos de drenagem auxiliares, contribui para o reabastecimento do lençol freático local. Se o sistema tiver seu funcionamento

caracterizado pela infiltração parcial, parte do volume armazenado dentro do reservatório infiltra no solo local, enquanto a quantidade excedente de água é drenada por tubulações profundas até o sistema público de drenagem clássica ou reservatório externo, obviamente de forma projetada e controlado, isto é, com vazão compatível ao perfeito funcionamento de drenagem existente, em que se está desaguando o excedente citado.

Em último caso, se porventura houverem materiais coesivos, expansivos ou rochosos no ato de construção na estrutura de pavimento permeável, recomenda-se que não haja infiltração nos mesmos, nesses casos o sistema do pavimento consiste em apenas um reservatório de retenção do volume infiltrado e todo o estoque acumulado é controladamente extravasado para a rede pública (CMAA, 2010). Os esquemas dos tipos de infiltrações citados no presente parágrafo estão ilustrados na Figura 19.

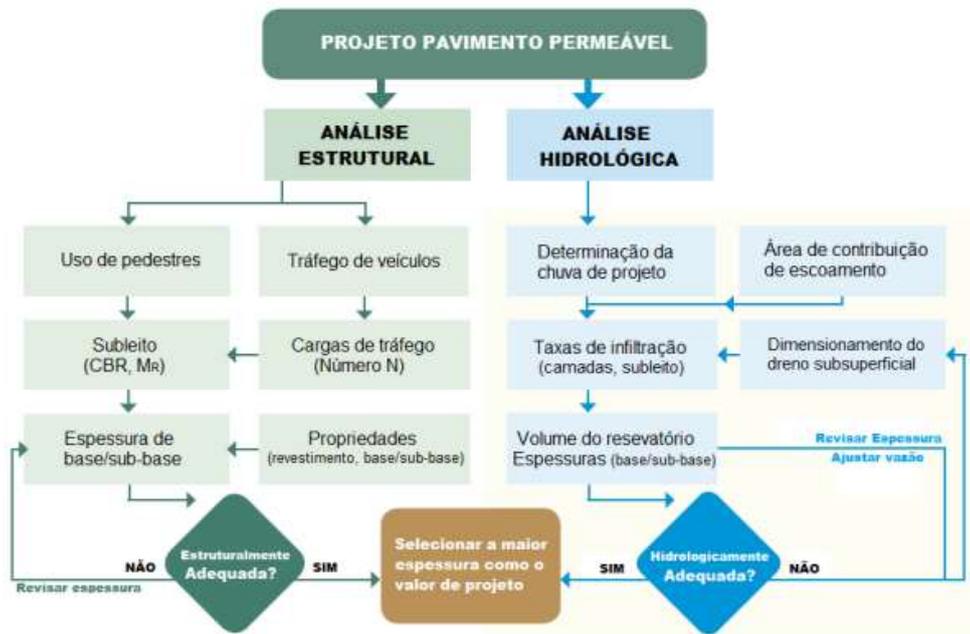
Figura 19 - Tipos de Infiltrações em Seções Transversais



Fonte: Adaptado de CMAA (2010).

Quando se trata da elaboração do projeto de um pavimento permeável o mesmo deve garantir o desempenho hidrológico e estrutural satisfatório para que o sistema funcione perfeitamente. A Figura 20, apresenta um fluxograma que resume de forma bem concisa as principais etapas para a elaboração de um projeto coeso e bem detalhado.

Figura 20 – Fluxograma com Etapas de um Projeto de Pavimento Permeável



Fonte: Adaptado de Ribas (2017).

Trazendo mais detalhes ao passo a passo da elaboração de um projeto de pavimento permeável, pode-se afirmar que é na fase de concepção do mesmo em que são estabelecidas as diretrizes premissas necessárias para a elaboração de estudos complementares e vitais para o bom desenvolvimento do projeto. Nesta etapa, determinam-se as características do local de implantação, realizam-se os ensaios geotécnicos necessários, estudo hidrológicos, bem como se analisa a viabilidade técnica e econômica da presente técnica compensatória (RIBAS, 2017).

Após a concepção inicial, a primeira atividade de projeto consiste na definição funcional da estrutura que será projetada, isto é, definir qual será o uso preponderante da estrutura, ou seja, se o mesmo será instalado em uma via local, em um estacionamento, em um pátio de estocagem, em uma área de recreação ou até em uma calçada. As características físicas e operacionais da obra devem ser perfeitamente compatíveis com o uso escolhido e destinado. Por consequência, é necessário proceder ao reconhecimento geral do local de implantação para o fornecimento correto de dados para as demais fases de elaboração do projeto (MARCHIONI & SILVA, 2011).

A caracterização do local de implantação versa, desde o reconhecimento da topografia da região, avaliação da vegetação existente, levantamento das áreas de drenagem disponíveis,

cadastro das interferências até o cadastro das vias de acesso, incluindo a composição detalhada e características dos veículos que passam pela mesma para a elaboração do estudo de tráfego, Esta etapa é determinante para os detalhes mínimos do projeto, como a definição da declividade da estrutura, cálculo dos volumes de contribuição das áreas laterais, carga do tráfego, tipo e quantidade de material disponível e conhecimento sobre a potencialidade de carreamento de poluentes.

Sabendo da importância de todos esses processos, não se deve deixar de lado o reconhecimento das características do solo do subleito, pois o conhecimento de tais características representa uma das fases mais relevantes do processo de elaboração do projeto, uma vez que o bom funcionamento da estrutura de infiltração está relacionado de forma íntima a sua condutividade hidráulica saturada (CMAA, 2010). É através dos estudos geológicos, e sobretudo, da execução das sondagens e ensaios de caracterização do material do subleito, quanto a aspectos geotécnicos e hidrológicos que se pode definir o tipo de seção transversal do pavimento em relação ao tipo de funcionamento do reservatório, por isso sua tamanha relevância no processo. Além dos estudos citados acima, é indispensável que seja realizado o ensaio de ISC para estimativa da resistência do subleito quanto ao dimensionamento mecânico do pavimento.

É também um critério importante na concepção de projeto a verificação do nível do lençol freático e suas flutuações sazonais, a fim de avaliar o desempenho do sistema de infiltração e sua durabilidade. De forma comum, não se recomenda a implantação de estruturas de revestimento permeáveis em locais cuja cota do nível da água seja 1 metro do topo do subleito, entretanto a NBR 16416/2015 é um pouco menos conservadora no assunto e recomenda um afastamento mínimo de 0,6 metros (PINTO, 2011).

De posse dos estudos citados acima, adentra-se na fase de estudos hidrológicos para caracterização básica na elaboração do projeto. Nesta fase, são realizados os estudos pluviométricos locais para a caracterização da chuva de projeto, bem como para a definição da área urbanizada a ser compensada, como a localização do exutório, levantamento das áreas contribuintes, definição do coeficiente de escoamento e a vazão máxima de saída permitida pela rede de drenagem (PINTO, 2011). O conjunto de todos esses estudos fornecem os dados de entrada e fomentam a concepção de um projeto adequado, bem detalhado e principalmente exequível de um pavimento do tipo permeável.

O Quadro 4 elaborado com base nos estudos de Ribas (2017) e Pinto (2011) faz uma síntese sobre vantagens, desvantagens e considerações da utilização dessa técnica compensatória como solução para alagamentos em áreas já urbanizadas.

Quadro 4 – Vantagens, Desvantagens e Recomendações sobre Telhados Verdes

Vantagens	Desvantagens	Considerações
Custos Similares a Estrutura Convencional	Limita-se ao nível do lençol freático	Necessidade de verificação do Volume de Escoamento, para não gerar sobrecarga na rede existente.
Filtragem de Poluentes	Possibilidade de Colmatação	Grande atenção ao processo de Infiltração, para que não sejam instalados em locais cujo lençol freático é considerado elevado.
Controle da Erosão do Solo	Possibilidade de entupimento da estrutura, gerando grande transtorno, havendo-se a necessidade de inspeção constante.	Avaliação da mão de obra para a sua construção, por possuir técnicas mais complexas precisa-se de mão de obra específica.
Permite recarga do lençol freático	Necessidade de mão de obra qualificada e específica para instalação do mesmo, o que pode ser um fator limitante.	Necessidade de Manutenção, rotineira e preventiva para que não se tenha problemas na estrutura.

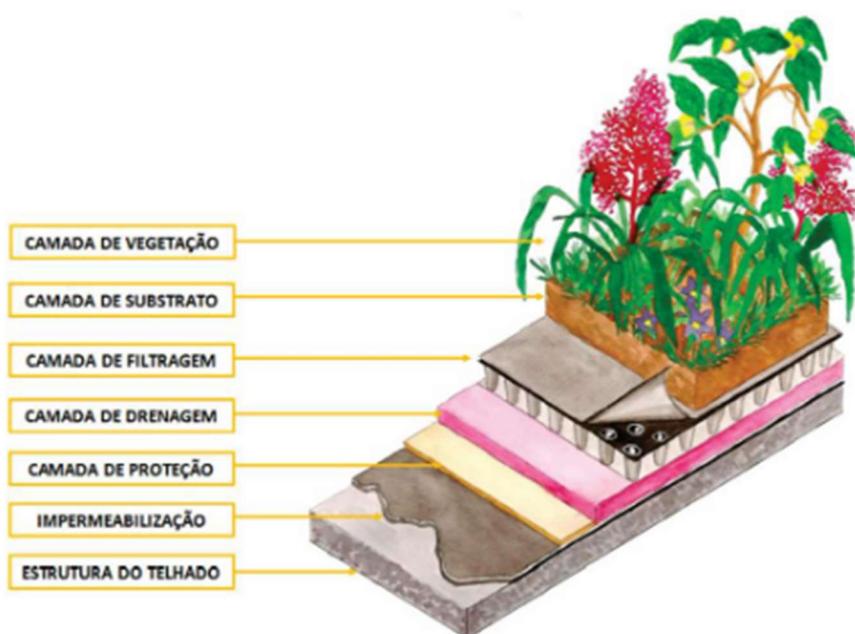
Fonte: O Autor (2021).

2.4.4 Telhados Verdes

Telhados verdes ou telhados armazenadores, são caracterizados como estruturas armazenadoras de águas pluviais que são instaladas na parte superior de construções com funções de detenção ou retenção de águas pluviais. Estas estruturas são compostas por camadas de solo vegetadas e podem ter uma configuração plana ou inclinada, em relação a função hidrológica, a mesma é amplamente estudada e comprovada por diversos autores como eficaz no controle da geração de escoamento e redução das vazões de pico para a grande maioria dos eventos de precipitação. (GNECCO et al., 2013).

O objetivo principal das coberturas vegetadas versa sobre minimizar os picos de vazão e fluxo gerados pelo escoamento superficial, minimizando a produção de volume na fonte, e por consequência proporcionar melhoras secundárias nos locais onde estão instalados melhorando o conforto urbano e ambiental, amenizando as temperaturas de ambientes internos e ilhas de calor, recuperando os processos naturais do ciclo hidrológico e apresentar uma beleza paisagística natural ao local em que estão instalados (MACIVOR & LUNDHOLM, 2010). A Figura 21 ilustra as camadas construtivas estruturantes clássicas de um telhado verde. As camadas de impermeabilização e de proteção se sobrepõem a superfície de cobertura e impedem que a umidade e as raízes interfiram na estrutura da cobertura com o ambiente interno da edificação. A camada de substrato tem a função de nutrir e sustentar a vegetação. A camada de filtragem impede que os sedimentos junto aos fluxos de percolação possam aderir e prejudicar a drenagem. (NUNES; FONSECA; DA SILVA, 2017)

Figura 21 – Corte Esquemático de um Telhado Verde



Fonte: Adaptado de (Pimentel da Silva, 2015)

Os telhados verdes podem ainda ser classificados em duas grandes categorias, diferentes entre si de acordo com a sua manutenção, em intensivo e extensivo. O sistema de coberturas vegetadas intensivo possibilita, visto na Figura 23, uma variação no tipo e porte da vegetação escolhida como cobertura, variando desde gramíneas até árvores, compartilhando o mesmo espaço, o que por consequência apresenta a necessidade de uma camada mais profunda de substrato (maior que 20cm, na grande maioria dos casos), tornando esse tipo de cobertura mais pesada, custosa e de necessidade de manutenção mais corriqueira. Já os sistemas extensivos não necessitam de uma manutenção tão corriqueira, pois se utilizam de uma cobertura vegetal de menor porte e aplicável ao clima local, trazendo menos carga a estrutura (MACIVOR & LUNDHOLM, 2010). A escolha do tipo de sistema mais interessante vai da análise dos fatores externos e internos de cada caso por parte do projetista responsável, levando em consideração características únicas de cada área e também a necessidade de se aliar um custo interessante com resultados atrativos.

Quando se trata do dimensionamento hidráulico deste tipo de estrutura, o mesmo pode ser efetuado a luz dos telhados clássicos a partir do disposto na NBR 10844/89 e de algumas considerações específicas relacionadas ao processo de infiltração, quando da utilização de

telhados cobertos com vegetação, de acordo com Baptista, Nascimento e Barraud (2005) devem ser analisados alguns fatores antes da utilização do mesmo, como o número de condutores verticais, vazão defluente, altura de água a ser armazenada, verificação estrutural a partir da altura de água considerada e os dispositivos de saída presentes na região em que a estrutura será instalada.

No tocante aos benefícios gerados por essa técnica compensatória, pode-se destacar os seus impactos positivos nas questões climáticas e energéticas dos ambientes externos e internos na edificação a qual estão inseridos, com rebatimentos no consumo de energia para climatização de ambientes internos e na troca de energia dessas superfícies com a atmosfera. Bianchini & Hewage (2012) descrevem em seu estudo que a vegetação instalada no telhado verde interfere no microclima por meio do processo de sombreamento e da evapotranspiração, que converte a água do solo e das folhas em vapor d'água e em umidade, favorecendo assim a redução da temperatura no entorno do ambiente. A interceptação da radiação solar pelas folhas também reduz a transmissão de calor para as superfícies abaixo, gerando uma sensação de conforto e bem-estar. Os telhados verdes também são fatores importantes na mitigação das ilhas de calor e do aquecimento global por possuírem estas características, contribuindo de forma positiva para a melhoria da qualidade do ar e geração de ruídos (CERQUEIRA, 2012).

Tomando-se como foco a questão dos ruídos mencionada no parágrafo anterior, pode-se afirmar que em relação a essa problemática os telhados verdes tem um impacto positivo no controle da poluição sonora, já que a vegetação instalada no alto das edificações tem a capacidade de remover o material particulado do ar (ROWE, 2011). De acordo com o estudo elaborado por Carnero & Redondo (2010) a instalação de telhados verdes também apresenta benefícios psicológicos aos usuários de ambientes que os possuem, pois, a instalação destas estruturas estimulam a restituição do ecossistema do habitat natural, promovendo a presença de pássaros e outros seres vivos após a instalação do mesmo, proporcionando uma sensação de alegria e tranquilidade ao ambiente.

Saindo um pouco das questões ambientais, climáticas e paisagísticas, a confecção de coberturas vegetadas também apresenta impacto positivo em relação aos sistemas de microdrenagem já existentes na bacia hidrográfica, já que promovem a retenção das águas pluviais e em algumas de suas configurações, podem ser usados materiais e substratos agrícolas que contribuem também no controle da poluição difusa, absorvendo algumas substâncias ou

filtrando efluentes quando necessário. A quantidade de volume de água retido por estas estruturas irá depender bastante das características de projeto, inclinação da cobertura, do tipo de vegetação a ser utilizado, das características físico-hídricas dos substratos e do estado de umidade mesmo antes do evento chuvoso (BIANCHINI & HEWAGE, 2012).

A comparação entre coberturas vegetadas e telhados convencionais é inevitável e foco de diversos estudos ao redor da bibliografia sobre o tema, por a presente dissertação não ter como objetivo principal um comparativo entre as soluções, não serão elaborados quadros comparativos e nem dado muito enfoques as diferenças entre ambos, entretanto é interessante ressaltar o estudo realizado por Simmons et al (2008) que realizou um estudo comparativo entre tetos verdes e convencionais na cidade de Austin, no estado americano do Texas onde foram avaliadas seus desempenhos em relação as funções térmicas e hidrológicas. Os autores chegaram a conclusão que em relação ao desempenho térmico, os tetos verdes apresentaram amplitude amortecida e uma diferença no pico de temperatura entre 1 e 3h mais tarde que os telhados convencionais, já no comportamento hidrológico, os resultados mostraram uma variação de retenção a favor dos telhados verdes, mas bastante variável e condicionado ao evento chuvoso em questão.

Com a finalidade de avaliar e validar o potencial de impacto da redução do escoamento superficial com a instalação de tetos verdes, Oliveira et al (2009) realizaram alguns testes interessantes que valem a pena ser mencionados, os autores utilizaram uma edificação para a realização do estudo, localizada na escola Professor Teófilo Moreira da Costa, na cidade do Rio de Janeiro, no estudo foi informado que existia um telhado em alvenaria pré-existente, com dimensões de 6 x 4 metros de área, porém a área do telhado (cobertura) apresentava dimensões de 7 x 4,5 metros de área, com pé direito de 3,20 metros, apresentando cobertura em telhas onduladas de fibrocimento e inclinação de 6% sem laje. Após a realização de um pequeno reforço estrutural no telhado, com caibros de madeira o mesmo foi dividido em duas partes iguais, de forma que um lado do telhado permaneceu com as telhas de fibrocimento e o outro lado recebeu tratamento com cobertura vegetada. Foram instalados sistemas de irrigação por aspersão e de drenagem independentes, em ambos os lados. Os ensaios foram realizados com a abertura dos sistemas de irrigação com aspersão, que foram utilizados com a finalidade de que chuvas fossem simuladas. Para uma intensidade provocada de 42 mm/h, em ambos os lados, induzidos de forma simultânea, foi observado que a cobertura com telhados verdes foi capaz de

reter 56% do volume total de água induzido. Enquanto o runoff do lado da cobertura sem tratamento com cobertura vegetada foi observado após 5 minutos do início da simulação da chuva, no lado coberto com vegetação o mesmo evento só ocorreu com cerca de 11 minutos (OLIVEIRA et al, 2009).

Em relação aos tipos de vegetação, Berndtsson (2010) em um estudo entre substrato sem vegetação e com diferentes tipos de vegetação, demonstrou que a retenção hídrica foi significativamente mais eficiente no período do verão do que no inverno, também foi observado que o tipo de substrato e sua espessura são fatores-chaves na redução do escoamento, e que a vegetação não é o principal fator de influência. No entanto, plantas suculentas possuem baixos níveis de evapotranspiração e boa cobertura de superfície de solo depois de desenvolvida, o que acaba querendo ou não favorecendo a manutenção dos níveis de umidade por mais tempo, sobretudo depois de chuvas intensas. No longo prazo, a capacidade de retenção dos solos pode ser diminuída.

Como conclusão do presente tópico, foi elaborado o Quadro 5 contendo vantagens, desvantagens e considerações do autor para a utilização dessa técnica como medida compensatória de drenagem urbana, a elaboração do quadro se baseou nos estudos de Nunes, Da Fonseca e da Silva (2017) e Pinto (2011) para elaboração do quadro com a finalidade de facilitar a troca de informações com o leitor do presente trabalho.

Quadro 5 – Vantagens, Desvantagens e Recomendações sobre Telhados Verdes

Vantagens	Desvantagens	Considerações
Pode ser implantado em novos empreendimentos ou em construções existentes, desde que seja realizada a verificação estrutural e de impermeabilização	Custo significativo no caso de implantação em telhados existentes e caso haja necessidade de reforço estrutural;	Inclinação mínima entre 3 e 4
Manejo das águas no lote – controle do escoamento	Grande dificuldade e custo para manutenção da estrutura impermeável e da vegetação desenvolvida;	As camadas impermeabilizante e protetora devem ser bem

		elaboradas – evitar degradação da laje
Valorização imobiliária e paisagística	Limitações estruturais e arquitetônicas podem impedir seu uso.	Utilizar plantas adaptáveis ao clima local
A água retida pode ser reutilizada para rega do jardim, por exemplo.	Limitação da área de armazenamento em função do espaço disponível;	No substrato, a decomposição biológica e a compactação da capa deverão ser mínimas

Fonte: O Autor (2021).

3 ARTIGO 1

UMA REVISÃO BILIOGRÁFICA SISTEMÁTICA SOBRE O CONCEITO DE DESENVOLVIMENTO DE BAIXO IMPACTO EM DRENAGEM URBANA

3.1 RESUMO

O processo de urbanização acarretou em um crescimento exagerado das cidades e sem devido planejamento que acompanhasse este desenvolvimento, o que acabou ocasionando diversos problemas nos meios urbanos como alagamentos em vias, enchentes e instalação de uma rede de infraestrutura deficitária. Diante deste contexto, este artigo tem como objetivo principal apresentar publicações que abordem soluções para problemas de drenagem urbana aplicadas ao conceito de desenvolvimento de baixo impacto. Para atingir o objetivo proposto foi realizada uma revisão bibliográfica sistemática sobre soluções de drenagem urbana no contexto nacional e sua relação com o conceito de desenvolvimento de baixo impacto. A pesquisa resultou em 12 publicações que se enquadram no que foi proposto. Analisando-se as publicações selecionadas, pode-se observar que o conceito de desenvolvimento de baixo impacto ainda está no início de sua difusão no território brasileiro, apesar de terem sido encontradas várias publicações em que o conceito é abordado, as publicações apenas apresentam como produto final algum tipo de projeto ou algumas diretrizes e hipóteses de como o conceito de desenvolvimento de baixo impacto deve ser desenvolvido. Conclui-se que este conceito no campo teórico apresenta bastante potencial, mas para a verificação deste fato necessita-se que hajam mais estudos voltados para a aplicação real e prática, de forma a gerar uma contribuição para o incentivo da utilização deste tipo de conceito no desenvolvimento de novos projetos de drenagem urbana.

Palavras chave: Drenagem Urbana. Desenvolvimento de Baixo Impacto. Técnicas Compensatórias.

3.2 INTRODUÇÃO

Quando se contextualiza o conceito do aumento da malha urbana, Oliven (2010) estabelece que embora já existissem cidades e civilizações há milhares de anos a sua importância para a sociedade aumentou de forma considerável em dois períodos específicos, que foram a idade média e a revolução industrial. Ainda de acordo com Oliven (2010) a necessidade de crescimento ocasionado pela revolução industrial acabou gerando um fenômeno chamado urbanização, que pode ser resumido de forma simplória como a transformação do espaço rural em espaço urbano. A urbanização no território brasileiro gerou um aumento considerável na rede de transportes e comunicação que passaram a integrar praticamente todas

as regiões do país, proporcionando uma melhoria na interligação das principais capitais, todavia o crescimento exponencial das cidades aliado a intensa migração de pessoas para o espaço urbano, que ocorreu na maioria das vezes sem o planejamento adequado, acentuou ainda mais as desigualdades ocasionando diversos problemas sociais, estruturais e ambientais.

Prejudicadas, pela ausência de um planejamento urbano eficaz, a população que migra para os centros humanos é obrigada a se instalar em áreas críticas como logradouros locados em encostas e sem a mínima infraestrutura urbana necessária, o que aliado a falta de qualquer acesso aos serviços de saneamento básico acaba tornando a situação bastante crítica. O processo supracitado promove um aumento da taxa de impermeabilização do solo que por muitas vezes, acaba gerando uma supressão vegetal considerável, ocupando em muitos casos toda a bacia hidrográfica e o curso natural dos rios, as águas sem a disponibilidade de áreas livres para escoar acabam invadindo locais já habitados e gerando inundações e alagamentos indesejados (BENTO et al 2018).

Estes eventos de inundações ocasionados pela impermeabilização da cidade sem o mínimo controle acabam trazendo consequências ruins aos espaços urbanos no geral. Podem-se considerar as enchentes como sendo uma grande problemática no contexto atual das grandes cidades, trazendo consequências tanto em aspectos ambientais, sociais, econômicos, bem como o risco as vidas humanas pela transmissão de doenças ou por deslizamento de encostas. Tendo ciência de todos estes problemas, fica nítido a importância de um planejamento adequado, que acompanhe o processo de urbanização, e também o estímulo a utilização medidas que atenuem os problemas supracitados (TUCCI, 2016).

Visando-se dar algum tipo de resolutividade a problemática causada pelas enchentes e acúmulo de águas pluviais indesejadas, Canholi (2014) define o conceito de drenagem urbana como todo e qualquer procedimento seja ele executado pela natureza ou por intervenção do homem cujo objetivo seja o de remoção do excesso de água de um terreno, considerando os escoamentos superficiais ou subterrâneos, sendo eles originados de precipitações ou qualquer outro tipo de conduto de água. Ainda segundo Canholi (2014), todo tipo de procedimento realizado objetivando um escoamento de fluidos em vias afetadas pela urbanização pode ser caracterizado como drenagem urbana, bem como o conjunto de todos os seus componentes como tubulações, galerias, sarjetas que formam o sistema de drenagem. É importante ressaltar

que dependendo do tamanho da área a ser drenada, tem-se um ou mais sistemas de drenagem integrados.

De acordo com Souza et al (2007) a evolução dos sistemas de drenagem pode ser caracterizada por três fases distintas: a etapa do método higienista, a metodologia compensatória e por último a fase do desenvolvimento de técnicas de drenagem utilizando o conceito de sistemas de baixo impacto. O método higienista de drenagem em síntese pode ser caracterizado como a solução que preconiza a evacuação rápida das águas pluviais e servidas através de condutores dando uma destinação final rápida as mesmas. De forma a tentar sanar as deficiências apresentadas pelo método higienista os métodos compensatórios de drenagem urbana começaram a serem adotados em algumas cidades brasileiras, estas medidas procuram minimizar os efeitos da impermeabilização das superfícies.

O método constitui-se da utilização do planejamento em escala das bacias hidrográficas e aplicação de dispositivos com finalidade de armazenamento e infiltração de águas pluviais como bacias de detenção, banhados, pavimentos permeáveis, microrreservatórios, valas e trincheiras de infiltração. Em sua obra Souza et al (2007) também estabelece que o método compensatório tem como objetivo principal reduzir a vazão que chega nos condutores tradicionais e aliviar a quantidade de água que chega nos mesmos. Tentando corrigir as falhas apresentadas por ambos os métodos na década de 90 o conceito de desenvolvimento de baixo impacto começou a ganhar força no meio acadêmico e profissional.

A definição de desenvolvimento de baixo impacto, pode ser caracterizada como uma grande estratégia de manejo de águas pluviais em que o principal foco desse manejo é a manutenção ou restauração das funções hidrológicas naturais de um local com uma maior preocupação com a proteção dos recursos naturais (US EPA, 2004).

Tendo como base esse conceito, de acordo com Bahiense (2013) a eficiência de projetos realizados com as técnicas de desenvolvimentos de baixo impacto na drenagem urbana no tocante a gestão do escoamento vem diminuindo os custos referentes a construção e manutenção do sistema de drenagem e vem gerando também benefícios complementares como o envolvimento maior da comunidade e um aspecto mais verde do local, benefícios esses que tem aumentado significativamente o interesse nas práticas de desenvolvimento de baixo impacto. Os elementos considerados cruciais ao desenvolvimento de baixo impacto ou *Low Impact Development (LID)* são elencados no fluxograma exposto na Figura 22.

Figura 22 - Elementos Considerados Cruciais ao LID



Fonte: Adaptado de Bahiense (2013)

Diante do contexto, o presente artigo tem como principal objetivo apresentar e analisar obras na literatura que abordem o conceito de desenvolvimento de baixo impacto aplicado à drenagem urbana.

3.3 METODOLOGIA

Com a finalidade de melhor desenvolver o presente artigo, realizou-se uma pesquisa sistemática sobre teses, dissertações, outros artigos nos bancos de dados de referências acadêmicas do Google Acadêmico, Mendeley e SciELO. No desenvolvimento da metodologia do trabalho, delimitou-se a composição de caracteres “Soluções de Drenagem Urbana” para ser inserida no campo de busca dos gerenciadores citados acima. As bases de dados referentes as plataformas Mendeley e SciELO tiveram como resultado de pesquisa zero publicações, com isso, o desenvolvimento do artigo se deu a partir das referências obtidas através do Google Acadêmico.

Dando prosseguimento ao desenvolvimento da pesquisa, foi adotado como modelo balizador para o desenvolvimento do estudo a metodologia utilizada por Cardoso (2015) em sua obra. Primeiramente foi pesquisada a composição de caracteres exposta no parágrafo acima onde foram consideradas publicações que apresentassem algum tipo de proposta de intervenção de problemas relacionados a drenagem urbana na esfera municipal, estadual ou pontual, sendo desconsideradas as publicações que abordassem soluções empregadas fora do país, pois as

mesmas fogem do contexto da pesquisa. Após seleção das possíveis publicações que pudessem integrar o estudo, foram lidos os títulos, resumos e palavras chaves das mesmas de forma que foram descartadas publicações que não atendessem o que é proposto na revisão. Importante ressaltar que no presente estudo foram desconsideradas publicações que não abordavam o assunto como algum tipo de proposta para resolução de problemas ou um estudo de caso propriamente dito.

O Quadro 6, elenca como foi realizada a triagem das publicações analisadas no presente artigo. Na primeira coluna, foram considerados para a seleção inicial publicações em que após a leitura de seus respectivos títulos fosse constatada alguma relação com o tema proposto dentro da revisão bibliográfica abordada. Foram consideradas como publicações interessantes, aquelas em que após a leitura de seus resumos e palavras chaves, fosse constatada a presença de elementos de técnicas compensatórias de drenagem urbana e publicações que propusessem algum tipo de solução para um determinado problema. Por fim, foram selecionadas 12 publicações que podem ser consideradas ideais pois após a leitura integral de todas as publicações interessantes, foram descartadas aquelas em que não se tinha nenhum tipo de verificação de viabilidade para a aplicação de soluções de drenagem de acordo com a área de cada estudo em questão.

Quadro 6 - Triagem das Publicações Analisadas

Publicações Analisadas			
Gerenciador Utilizado	Seleção Inicial	Publicações Interessantes	Publicações Ideais
Google Acadêmico	36	20	12

Fonte: Elaborado pelo Autor (2021).

A presente revisão sistemática partiu da seguinte pergunta balizadora considerada como premissa principal para o desenvolvimento do artigo: **Qual a viabilidade da utilização do conceito de Desenvolvimento de Baixo Impacto em técnicas de drenagem urbana para soluções de intercorrências da cidade?** Tendo em vista a abrangência da questão principal, foram elaboradas questões específicas que foram definidas como:

- a) Questão 1: O presente trabalho abordou o conceito de desenvolvimento de baixo impacto?

- b) Questão 2: Para qual localidade a presente proposta foi pensada?
- c) Questão 3: Quais as soluções de drenagem utilizadas no estudo?
- d) Questão 4: Qual o resultado final da pesquisa?

De forma a avaliar a Questão 1, a resposta **SIM** foi adotada em trabalhos que citem o desenvolvimento de baixo impacto em suas propostas de intervenção e a resposta **NÃO** foi atribuída aquelas publicações que não abordem o conceito. Na Questão 2, em qual esfera a proposta está sendo estudada podendo ela ser considerada em nível **PONTUAL** quando se tratar de ruas, bairros ou comunidades, nível **MUNICIPAL** quando se tratar o município como um todo e nível **ESTADUAL** quando a solução abordar aspectos a nível de um dos 27 estados da federação. No tocante a Questão 3, a mesma poderá ser respondida com a listagem de qual tipos de solução foram citadas na apresentação da proposta, podendo ser elas: **ALAGADO CONSTRÚIDO, BIOVALETA, CANTEIRO PLUVIAL, JARDIM DE CHUVA, BACIA DE DETENÇÃO, TELHADOS VERDES, PAVIMENTOS PERMEÁVEIS, TRINCHEIRAS DE INFILTRAÇÃO, PAISAGENS MULTIFUNCIONAIS, DISPOSITIVOS DE DESACELERAÇÃO DE INFILTRAÇÃO e RESERVATÓRIO DE INFILTRAÇÃO** conforme Carvalho (2019). Ainda se tratando da Questão 3 consideram-se **TÉCNICAS TRADICIONAIS DE DRENAGEM** a utilização de sistemas tradicionais de micro drenagem como sarjetas, bocas de lobo, tubulações e canalizações para a resolução dos problemas e também se considera o termo **CÉLULAS DE BIORRETENÇÃO** para a reestruturação da vegetação do local como técnica solucionadora. Por fim, a Questão 4 busca determinar se após a realização dos estudos os autores conseguiram gerar alguma simulação com as pesquisas realizadas ou apenas ficaram no campo das ideias. Para essa pergunta foram determinadas as seguintes respostas: **REALIZADA SIMULAÇÃO DAS TÉCNICAS ou VERIFICAÇÃO DE VIABILIDADE.**

3.4 RESULTADOS E DISCUSSÕES

Para que seja realizada análise e discussão do presente trabalho foram selecionadas 12 publicações que foram estudadas de forma detalhada e tiveram as respostas obtidas para as questões específicas expostas no Quadro 7.

Quadro 7 - Detalhes das Publicações Analisadas

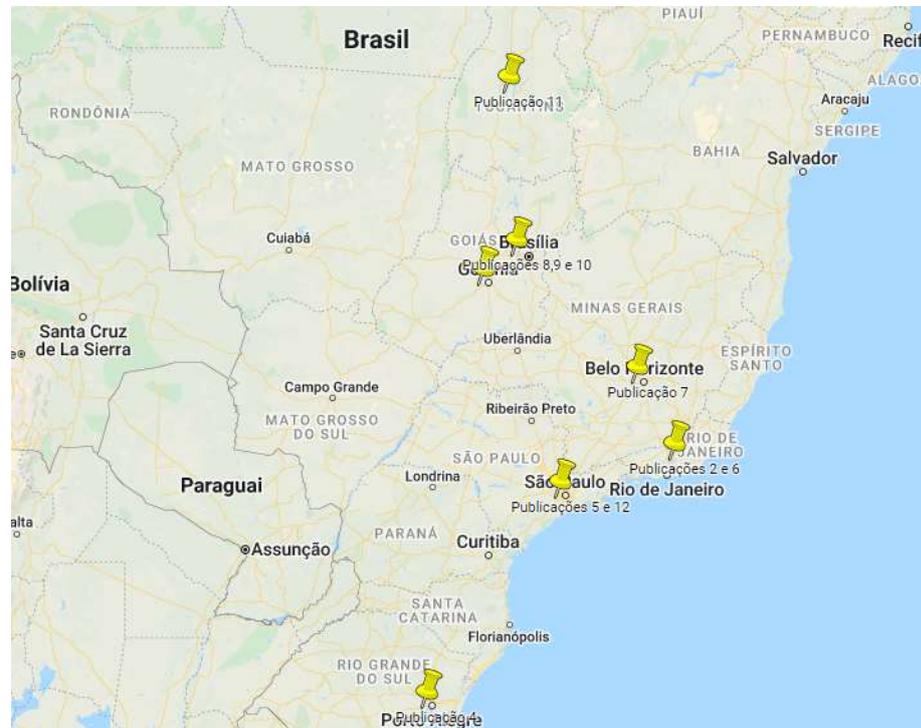
Classificação Detalhada das Publicações Analisadas						
Publicação		Tipo	Questão 1	Questão 2	Questão 3	Questão 4
PUBLICAÇÃO 1	(REIS <i>et al</i> , 2008)	Artigo de Periódico	NÃO	PONTUAL	POÇOS DE INFILTRAÇÃO	VERIFICAÇÃO DE VIABILIDADE
PUBLICAÇÃO 2	(REZENDE <i>et al</i> ,2013)	Artigo de Periódico	SIM	PONTUAL	TÉCNICAS TRADICIONAIS, CÉLULAS DE BIORETENÇÃO, BIOVALETAS	REALIZADA SIMULAÇÃO DAS TÉCNICAS
PUBLICAÇÃO 3	(SILVA, 2015)	Dissertação	SIM	PONTUAL	BIOVALETAS, TELHADOS VERDES, POÇOS DE INFILTRAÇÃO, PAVIMENTO PERMEÁVEL	REALIZADA SIMULAÇÃO DAS TÉCNICAS
PUBLICAÇÃO 4	(ZANANDREA,2016)	Dissertação	SIM	MUNICIPAL	PAVIMENTO PERMEÁVEL, CÉLULAS DE BIORETENÇÃO	REALIZADA SIMULAÇÃO DAS TÉCNICAS
PUBLICAÇÃO 5	(OLIVEIRA <i>et al</i> , 2016)	Artigo de Periódico	NÃO	MUNICIPAL	VALAS DE INFILTRAÇÃO, PAVIMENTOS PERMEÁVEIS, DISPOSITIVOS DE DESASELERAÇÃO DE INFILTRAÇÃO	REALIZADA SIMULAÇÃO DAS TÉCNICAS
PUBLICAÇÃO 6	(NUNES <i>et al</i> ,2017)	Artigo de Periódico	SIM	MUNICIPAL	TELHADOS VERDES	VERIFICAÇÃO DE VIABILIDADE
PUBLICAÇÃO 7	(MOREIRA; BAPTISTA, 2017)	Artigo de Congresso	SIM	PONTUAL	TÉCNICAS TRADICIONAIS, BIOVALETAS	REALIZADA SIMULAÇÃO DAS TÉCNICAS
PUBLICAÇÃO 8	(GONÇALVES <i>et al</i> ,2018)	Artigo de Congresso	SSIM	ESTADUAL	TELHADOS VERDES	VERIFICAÇÃO DE VIABILIDADE
PUBLICAÇÃO 9	(GUIMARÃES,2019)	Dissertação	SIM	PONTUAL	TÉCNICAS TRADICIONAIS, ARBORIZAÇÃO DA ÁREA, PAISAGENS MULTIFUNCAIONAIS.	REALIZADA SIMULAÇÃO DAS TÉCNICAS
PUBLICAÇÃO 10	(ROCHA,2019)	Tese	SIM	ESTADUAL	VALAS DE DETENÇÃO, BACIAS DE INFILTRAÇÃO, CÉLULAS DE BIORTENÇÃO	REALIZADA SIMULAÇÃO DAS TÉCNICAS

PUBLICAÇÃO 11	(SOUZA et al, 2019)	Artigo de Congresso	SIM	PONTUAL	POÇOS DE INFILTRAÇÃO	VERIFICAÇÃO DE VIABILIDADE
PUBLICAÇÃO 12	(CARVALHO, 2019)	Dissertação	SIM	MUNICIPAL	CÉLULAS DE BIORETENÇÃO, PAVIMENTO PERMEÁVEL	REALIZADA SIMULAÇÃO DAS TÉCNICAS

Fonte: Elaborado pelo Autor (2021).

Dentre as publicações analisadas, tem-se que entre elas 4 são Artigos de Periódicos (Publicações 1,2,5 e 6), 3 são Artigos de Congressos (Publicações 7,8 e 11), 4 são dissertações de mestrado (Publicações 3,4,9 e 12) e 1 é uma tese de doutorado (Publicação 10). Todas as publicações abordavam a elaboração de soluções de drenagem urbana para uma determinada área em seu escopo principal. No tocante ao local em que as soluções foram propostas há uma predominância pela região de Brasília com 3 citações (Publicações 8,9 e 10), logo em seguida os estados do Rio de Janeiro (Publicações 2 e 6), São Paulo (Publicações 5 e 12) e Goiás (Publicações 1 e 3) apresentaram duas publicações cada e os estados de Tocantins (Publicação 11), Minas Gerais (Publicação 7) e Rio Grande do Sul (Publicação 4) apresentaram 1 publicação cada na presente análise. O mapa elaborado através da ferramenta My Maps da Google, mostra a localização exata da realização dos estudos citados nas publicações em questão.

Figura 23 - Mapa das Publicações



Fonte: Elaborado pelo Autor (2021).

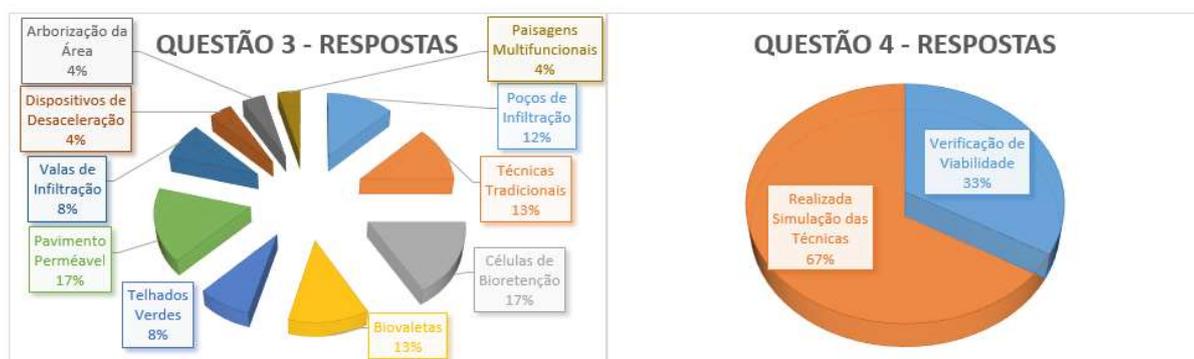
De forma a analisar mais precisamente os dados expostos no Quadro 7, foram criados os gráficos expostos nas Figuras 23 e 24, que elencam de forma percentual e organizada os dados que foram obtidos.

Figura 24 - Respostas para as Questões 1 e 2



Fonte: Elaborado pelo Autor (2021).

Figura 25 - Respostas para as Questões 3 e 4



Fonte: Elaborado pelo Autor (2021).

Analisando-se o que foi encontrado em resposta a Questão 1, observa-se que a presença da abordagem do conceito de desenvolvimento de baixo impacto nas técnicas de drenagem propostas ocorre em mais de 83% das publicações, fato esse que se reflete o quão o conceito está em evidência dentro do contexto atual das soluções de drenagem urbana. Os trabalhos atuais buscam ao máximo se desassociar das técnicas tradicionais de drenagem urbana e procuram utilizar em suas proposições técnicas que sejam menos agressivas ao meio ambiente, mesmo que o seu custo inicial seja considerado um pouco elevado.

Quando se trata da abrangência onde os estudos são realizados percebe-se que as propostas em nível pontual aparecem em 50% dos estudos, mostrando que apesar de o conceito de desenvolvimento de baixo impacto estar cada vez mais em foco o mesmo ainda é pouco utilizado no planejamento dos municípios como um todo, sendo apenas estudado para a resolução de problemas pontuais, precisando ser desenvolvido o seu estudo para a resolução de problemas maiores e de forma que possam compreender o planejamento urbano de forma mais abrangente.

Na Questão 4 onde se aborda se nas publicações analisadas foram gerados projetos de solução ou se as proposições ficaram apenas no campo das ideias constatou-se que 67% das publicações geraram de fato algum tipo de projeto de intervenção. Contudo houve-se grande dificuldade de encontrar publicações em que realmente alguma das proposições tenha sido de fato executada como nas Publicações 1, 7 e 11. Faz-se necessário que os conceitos apresentados sejam mais difundidos de forma prática com a finalidade de se comprovar realmente que as hipóteses e projetos gerados tem aplicabilidade no meio urbano.

Já no que se refere as técnicas que foram propostas nas publicações, percebe-se que o conhecimento das técnicas de drenagem que são propostas nos projetos sugeridos são organizadas e sugeridas conforme as necessidades locais e em seus respectivos contextos, entretanto percebe-se que as células de bioretenção e os pavimentos permeáveis aparecem com mais frequência nas publicações analisadas, muito pelo fato de já serem técnicas mais conhecidas e certamente apresentarem uma praticidade maior na sua aplicação.

Quando se trata da redução da vazão gerada pela adoção desse tipo de estrutura verde nos cenários propostos, tem-se alguns números interessantes nos trabalhos analisados. No trabalho desenvolvido por Rezende *et al* (2013) em um dos cenários foi conseguido uma redução na vazão de pico de cerca de 51% por cento em relação a um projeto de canalização comum, já na dissertação desenvolvida por Rocha (2019) o desempenho das técnicas consideradas representou uma redução de 37,27% da vazão em relação a adoção de técnicas mais conservadoras, no trabalho elaborado por Reis *et al* (2008) chegou-se à conclusão que a adoção de poços de infiltração na sua área representa uma redução da vazão de pico em cerca de 31,47% em relação a instalação de técnicas tradicionais de drenagem. Diante da exposição dos dados acima, entende-se que para se chegar a um consenso sobre um valor de redução, vários fatores devem ser considerados como a bacia hidrográfica da região, o tipo de solo, se já existe algum tipo de drenagem, as condições da região, ou seja é normal que os valores de redução variem de um trabalho para outro devido a diversidade geográfica entre eles, a conclusão que se pode tirar é que em todos eles a adoção de técnicas compensatórias de drenagem urbana apresentam uma redução do escoamento em relação a técnicas mais convencionais.

Objetivando uma melhor descrição dos dados relacionados a dimensionamento encontrados nas pesquisas analisadas foi elaborado o Quadro 8, que elenca qual o coeficiente de runoff foi utilizado para obter-se a vazão de pico, qual a redução de vazão no local com a adoção de infraestruturas verdes em relação a técnicas tradicionais, qual a região exata do país a técnica foi aplicada e qual o tempo de retorno utilizado em cada dimensionamento. O quadro corrobora com o que foi citado no parágrafo anterior, quando fica evidenciado que o dado que se remete ao percentual de redução de vazão e extremamente volátil devido as mais variadas características encontradas em cada local, ou seja, pode-se inferir também que não existe técnica mais eficiente e sim a que mais se adequa a cada situação. Importante também

ressaltar a variação de valores nos tempos de retornos adotados em cada publicação, essa diferença se dá muito pelas características dos dimensionamentos em questão e também do local em que estão situados os estudos, sendo que tempos de retorno maiores são utilizados para obras de porte maior e tempos de retorno menores para obras mais pontuais ou menores.

Quadro 8 - Dados Complementares Encontrados nas Pesquisas Analisadas

Dados Encontrados Nas Pesquisas Analisadas					
Publicação		Coefficiente de Runoff Utilizado no Dimensionamento	Redução da Vazão de Pico no Exutório	Região do País Detalhada	Período de Retorno Utilizado
PUBLICAÇÃO 1	(REIS <i>et al</i> , 2008)	Não Informado	31,47%	Goiânia, Goiás	Não Informado
PUBLICAÇÃO 2	(REZENDE <i>et al</i> ,2013)	0,7; 0,60 e 0,50. (Dependendo do Tipo de Solo)	51%	Bacia do Pilar-Calombé, Duque de Caxias - RJ	0, 20 e 50 anos.
PUBLICAÇÃO 3	(SILVA, 2015)	Não Informado	Não Informado	Goiânia, Goiás	Não Informado
PUBLICAÇÃO 4	(ZANANDREA,2016)	Não Informado	14%	Porto Alegre, Rio Grande do Sul	2, 5, 10 e 20 anos.
PUBLICAÇÃO 5	(OLIVEIRA <i>et al</i> , 2016)	Não Informado	Não Informado	Guarulhos, São Paulo	Não Informado
PUBLICAÇÃO 6	(NUNES, <i>et al</i> ,2017)	Não Informado	7,80%, 11,10% e 4,10%	Rio de Janeiro, Rio de Janeiro	Não Informado
PUBLICAÇÃO 7	(MOREIRA; BAPTISTA, 2017)	0,55;0,40 e 0,85	13%	Belo Horizonte, Minas Gerais	10 anos
PUBLICAÇÃO 8	(GONÇALVES <i>et al</i> , 2018)	Não Informado	42,20% a 79,9%	Brasília, Distrito Federal.	1 ano
PUBLICAÇÃO 9	(ROCHA,2019)	Não Informado	37,27%	Bacia da Asa Norte, Brasília, Distrito Federal.	10 anos
PUBLICAÇÃO 10	(GUIMARÃES,2019)	0,15	95%	Ceilândia, Distrito Federal.	10 anos

PUBLICAÇÃO 11	(SOUZA, <i>et al</i> 2019)	0,50	56%	Palmas, Tocantins	10 anos
PUBLICAÇÃO 12	(CARVALHO, 2019)	0,30;0,50;0,80	De 30,01% a 44%	Campinas, São Paulo	100 anos

Fonte: Elaborado pelo Autor (2021).

Com a finalidade de se extrair todas as informações das publicações analisadas, foi elaborado o Quadro 9, onde são descritos dados como o tamanho da área de projeto considerada no estudo, o método utilizado para a verificação de viabilidade ou simulação das técnicas e as principais conclusões que se pode aferir em cada pesquisa analisada.

Quadro 9 - Informações Complementares Sobre as Publicações

Publicação	Tamanho da Área de Projeto	Método Utilizado	Principais Conclusões
PUBLICAÇÃO 1	107,5 m ²	Construção de Um Modelo Experimental	Os poços apresentam potencial interessante de reestabelecimento do equilíbrio hídrico em áreas edificadas.
PUBLICAÇÃO 2	25,8 Km ²	Modelagem matemática, através do modelo MODGEL	Estudo Prático onde pode-se evidenciar a importância do planejamento de uso e ocupação do solo para projetos de drenagem,
PUBLICAÇÃO 3	4.662.400,00 m ²	Metodologia Comparativa entre situações	Sugestões interessantes de técnicas compensatórias e apresentação de comparações entre as mesmas.
PUBLICAÇÃO 4	3,34 km ²	Modelagem Matemática através do Software SWMM	O estudo constatou a necessidade de adoção de medidas estruturais e não estruturais em conjunto, para máxima eficiência das técnicas compensatórias.
PUBLICAÇÃO 5	318km ²	Análise Qualitativa de Equipamentos Existentes	Constatação de Bons Resultados da Aplicação de Equipamentos de Drenagem Sustentável
PUBLICAÇÃO 6	301,40 km ²	Modelagem Matemática através do Software SWMM	O trabalho constatou a eficiência da aplicação de telhados verdes em áreas urbanas e também evidenciou que a sua utilização e máximo aproveitamento depende de impactos sociais, climáticos e culturais.

PUBLICAÇÃO 7	21 milhões de m ²	O dimensionamento do sistema de microdrenagem foi efetuado seguindo, de forma geral, as indicações da SUDECAP	A Adoção de biovaleatas apresentou ganhos significativos em termos de realimentação do lençol subterrâneo, assegurando melhores condições de sustentabilidade para o empreendimento
PUBLICAÇÃO 8	5,43 km ²	Modelo de Chuva/vazão e fluxo; pelo método de infiltração SCS - Soil Conservation Service; e pelo modelo de transporte da onda dinâmica, por levar em consideração todos os componentes da equação de Saint-Venant,	O telhado verde revelou-se como uma solução plausível para o armazenamento de precipitação com tempos de retorno de 1 ano ou inferiores. Conclui-se que os telhados verdes podem ser importantes como solução sustentável na redução do risco de ocorrência de alagamentos em sistemas urbanos.
PUBLICAÇÃO 9	3,5 km ²	Modelagem Matemática Através do Personal Computer Stormwater Management Model (PCSWMM)	Este trabalho apresenta soluções alternativas que mimetizam a natureza e os processos naturais, a fim de que as cidades possam contribuir de forma positiva para melhorar a qualidades de vida de seus moradores em harmonia com a natureza.
PUBLICAÇÃO 10	491,99 hectares	Modelagem Matemática Através do Personal Computer Stormwater Management Model (PCSWMM) utilizando o método Soil Conservation Service/SCS,	Foi concluído que o estudo indica que o estabelecimento de um planejamento de Infraestrutura Verde para as cidades, que ofereça os benefícios socioambientais para usufruto da população, em especial as mais carentes, pode inserir conceitos de sustentabilidade na comunidade
PUBLICAÇÃO 11	187.882,57 m ²	Método SCS, FAA, Onda Climática e Kerby - Hathaway	A adoção de medidas de desenvolvimento de baixo impacto, baseadas em sistemas de infiltração de água de chuva, são soluções capazes de compensar o aumento do escoamento superficial gerado pela impermeabilização das áreas urbanas. No entanto, tais práticas ainda carecem de informações a respeito do processo de dimensionamento e normas específicas.
PUBLICAÇÃO 12	9000 Ha	Método do Hidrograma Unitário e Método de BAF	O trabalho concluiu que A grande vantagem das técnicas de desenvolvimento urbano de baixo impacto está na possibilidade de gerenciar as águas urbanas de forma integrada às atividades locais, com mínimo dano ambiental e à saúde da população, além de ser financeiramente mais

			acessíveis e de mais fácil conscientização popular pela simplicidade e proximidade às atividades rotineiras da população.
--	--	--	---

Fonte: Elaborado pelo Autor (2021).

3.5 CONCLUSÃO

Pode-se verificar, que as técnicas construtivas tradicionais de drenagem utilizadas em vários locais do território brasileiro trouxeram apenas soluções paliativas aos problemas de alagamento das grandes cidades, o que expõe a necessidade ainda maior no desenvolvimento de técnicas que se desvincilhem cada vez mais dos métodos tradicionais, podendo ter como base as medidas compensatórias e também a maior utilização do conceito de baixo impacto no desenvolvimento de soluções relacionadas a drenagem urbana. O que se conclui das publicações analisadas é que estes conceitos já estão sendo bem abordados na literatura e podem ser considerados até difundidos, entretanto o produto gerado em todas as publicações diz respeito apenas a verificação de viabilidade ou simulação das técnicas onde o processo somente fica no campo das hipóteses.

Mesmo que todas as soluções tenham ficado apenas no campo da teoria, foram obtidos resultados interessantes quando ficou constatado que em todos os trabalhos analisados foi obtida uma redução de vazão com a adoção das técnicas analisadas, chegando a valores interessantes como no caso da utilização de biovaletas na pesquisa elaborada por Rezende (2013) onde se obteve uma redução de 51% como na pesquisa de Souza et Al (2009) onde a utilização de POÇOS DE INFILTRAÇÃO em um terreno do estado de Tocantins representou uma redução de 56% de vazão em relação ao estudado antes da adoção das técnicas citadas. Também é importante ressaltar que alguns trabalhos obtiveram uma redução de vazão não tão expressiva considerando-se o valor percentual encontrado, como a pesquisa de Nunes et al (2017) que apresentou valores que variaram entre 4,10% a 11,1%. Essa discrepância de valores pode ser explicada devido ao fato destas técnicas terem sido todas simuladas em condições diferentes, ambientes diferentes e também expostas a tempos de recorrência e intensidade de chuvas diferentes, fator esse que é determinante no estudo de qual técnica seria mais eficiente. Para a realização de um estudo mais eficiente, faz-se necessário a análise de

um ou mais estudos em que as mais variadas técnicas sejam expostas as mesmas condições, pois com esse advento ter ia-se uma avaliação precisa da real eficiência de cada solução.

O conceito de desenvolvimento de baixo impacto necessita ser mais desenvolvido de forma prática em publicações no território brasileiro. As pesquisas que dissertarem sobre este tema devem ter mais foco na proposição de produtos práticos que possam servir de cartilhas para trabalhos futuros e não somente ficar no campo da proposição de projetos e hipóteses. Acredita-se que a medida em que forem sendo publicados trabalhos mais práticos dentro da área, as técnicas tendem a receber uma maior credibilidade e atenção e quiçá atrair investimentos para a execução das mesmas em vários espaços urbanos com mais divulgação e qualidade.

3.6 REFERÊNCIAS

BENTO, Sarah Corrêa; CONTI, Diego de Melo; BAPTISTA, Rodrigo Martins; GHOBRI, Carlos Nabil. **As Novas Diretrizes e a Importância do Planejamento Urbano para o Desenvolvimento de Cidades Sustentáveis**. Revista de Gestão Ambiental e Sustentabilidade, [S.L.], v. 7, n. 3, p. 469-488, 9 set. 2018. University Nove de Julho. <http://dx.doi.org/10.5585/geas.v7i3.1342>.

CANHOLI, Aluísio Pardo. **DRENAGEM URBANA E CONTROLE DE ENCHENTES**. 2. ed. São Paulo: Oficina de Textos, 2014.

CARDOSO, R.P.L. **MASF: Modelo de Referência para aplicação da Sequência Fedathi na formação profissional e na produção de conteúdo** – Tese (doutorado) – Universidade Federal do Ceará, Faculdade de Educação, Programa de Pós-Graduação em Educação Brasileira, Fortaleza, 2015.

CARVALHO, Natália Esteves. **DESENVOLVIMENTO DE BAIXO IMPACTO NO MANEJO DE ÁGUAS PLUVIAIS URBANAS: UMA PROPOSTA PARA O MUNICÍPIO DE CAMPINAS**. 2019. 131 f. Dissertação (Mestrado) - Curso de Engenharia Civil, Pontifícia Universidade Católica de Campinas, Campinas, 2019.

GONÇALVES, Marina Souto; MINOTI, Ricardo Tezini; COSTA, Maria Elisa Leite; NUNES, Lenora; GOMES, Ludolf. **MODELAGEM DO TELHADO VERDE COMO TÉCNICA DE DESENVOLVIMENTO URBANO DE BAIXO IMPACTO NO DISTRITO FEDERAL. In: ENCONTRO NACIONAL DE ÁGUAS URBANAS**, 12. 2018, Macéio. **Anais [...]**. Brasília: Associação Brasileira de Recursos Hídricos, 2018. p. 1-10.

GUIMARÃES, L. G. (2019). **Estratégias de Infraestrutura Verde Aplicadas à Drenagem Urbana em Áreas Densamente Ocupadas: O Caso do Trecho 3 do Setor Habitacional Sol Nascente**. Dissertação de Mestrado em Tecnologia Ambiental e Recursos Hídricos, Publicação PTARH. DM – 229/2019, Departamento de Engenharia Civil e Ambiental, Universidade de Brasília, Brasília, DF, 112p.

MOREIRA, Daniela; BAPTISTA, Márcio. **INCORPORAÇÃO DE TÉCNICAS COMPENSATÓRIAS EM PROJETO DE MICRODRENAGEM. In: ENCONTRO NACIONAL DE ÁGUAS URBANAS**, 11, 2017, Belo Horizonte. **Artigo**. Belo Horizonte: Enau, 2017. p. 1-7

Nunes, D. M., Silva, L. P. da, & Fonseca, P. L. da. (2017). **Avaliação do papel dos telhados verdes no desenho e desenvolvimento urbano de baixo impacto ambiental e no controle de enchentes na Cidade do Rio de Janeiro. *Labor E Engenho*,**

OLIVEIRA, Alinne Prado de; BARBASSA, Ademir Paceli; GONÇALVES, Luciana Márcia. **APLICAÇÃO DE TÉCNICAS COMPENSATÓRIAS DE DRENAGEM NA REQUALIFICAÇÃO DE ÁREAS VERDES URBANAS EM GUARULHOS SP. *Cidades Verdes***, Guarulhos, v. 4, n. 9, p. 87-111, jan. 2016.

OLIVEN, Ruben George. **Urbanização e mudança social no Brasil**. Rio de Janeiro: Scielo Books, 2010. 146 p. Disponível em: <https://static.scielo.org/scielobooks/z439n/pdf/oliven-9788579820014.pdf>. Acesso em: 3 nov. 2020.

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

REZENDE, Osvaldo Moura; MIGUEZ, Marcelo Gomes; VERÓL, Aline Pires. **Manejo de Águas Urbanas e sua Relação com o Desenvolvimento Urbano em Bases Sustentáveis Integradas — Estudo de Caso dos Rios Pilar-Calombé, em Duque de Caxias/RJ**. Rbrh – Revista Brasileira de Recursos Hídricos, Duque de Caxias, v. 18, n. 2, p. 149-163, Abril de 2013. Trimestral.

ROCHA, M. A. da. (2019). **Paisagem urbana integrada às técnicas compensatórias de drenagem: solução para os alagamentos em Brasília. Tese de Doutorado em Arquitetura e Urbanismo**. Programa de Pós-Graduação em Arquitetura e Urbanismo, Faculdade de Arquitetura e Urbanismo, Universidade de Brasília, Brasília, DF, 196p.

SILVA, Gerani Félix do Nascimento. **DESENVOLVIMENTO DE BAIXO IMPACTO APLICADO AO CAMPUS SAMAMBAIA DA UNIVERSIDADE FEDERAL DE GOIÁS**. 2015. 152 f. Tese (Doutorado) - Curso de Engenharia Civil, Universidade Federal de Goiás, Goiânia, 2015.

SOUZA, Christopher Freire et al (org.). **PLANEJAMENTO INTEGRADO DE SISTEMAS DE DRENAGEM URBANA**. Porto Alegre: Iph/ufrgs, 2007. 51 p. Disponível em: https://ctec.ufal.br/professor/cfs/Apostila_PlanejamentoDrenagemUrbana.pdf. Acesso em: 20 jul. 2020.

SOUZA, Saulo Bruno Silveira e; CRUVINEL, Karla Alcione da Silva; RUGGERI JÚNIOR, Humberto Carlos; REIS, Ricardo Prado Abreu; CRINCOLI, Gabriel de Assis ANDRADE. **INFLUÊNCIA DE POÇOS DE INFILTRAÇÃO DE ÁGUAS PLUVIAIS EM UM LOTEAMENTO URBANO**. In: SEMANA OFICIAL DA ENGENHARIA E AGRONOMIA, 76p., 2019, Palmas. **Anais [...]**. Palmas: CONTECC, 2019. p. 1-5.

TUCCI, Carlos Eduardo Morelli. **Inundações Urbanas**. Porto Alegre: ABRH, 2016. 389 p.

ZANANDREA, Franciele. **AVALIAÇÃO DE TÉCNICAS DE BAIXO IMPACTO NO CONTROLE DE IMPACTOS HIDROLÓGICOS EM UMA BACIA URBANA EM CONSOLIDAÇÃO**. 2016. 93 f. Dissertação (Mestrado) - Curso de Engenharia Civil, Universidade Federal do Rio Grande do Sul, Porto Alegre, 2016.

4 ARTIGO 2

VERIFICAÇÃO DA REDUÇÃO DO ESCOAMENTO SUPERFICIAL E DO DIÂMETRO DE PROJETO ATRAVÉS DA APLICAÇÃO DE TÉCNICAS COMPENSATÓRIAS EM UMA COMUNIDADE CARENTE NA CIDADE DE FORTALEZA - CE

4.1 RESUMO

A ocupação do espaço urbano de forma rápida e sem o devido planejamento afeta de diversas formas o espaço urbano, principalmente as comunidades menos abastadas das cidades como um todo, que acabam por sofrer muito com problemas básicos de infraestrutura como a falta de pavimentação adequada, ausência de um sistema de saneamento básico e acúmulo de água em diversos pontos, carecendo de intervenções para um melhor desenvolvimento da qualidade de vida do local. Diante deste contexto e conhecendo a realidade da cidade de Fortaleza-CE, o principal objetivo do artigo foi realizar uma simulação da inserção de três técnicas compensatórias (telhados verdes, pavimentos permeáveis e jardins de chuva) em uma comunidade carente na cidade de Fortaleza, que estava prevista para receber intervenções de infraestrutura, Essa simulação foi realizada tomando como base um projeto de microdrenagem considerando o método higienista realizado pela prefeitura de Fortaleza através de sua secretaria municipal de infraestrutura, a fim de se verificar o impacto que estas estruturas teriam no escoamento superficial originalmente proposto, e no diâmetro de projeto. Concluiu-se que as técnicas apresentam bom potencial de aplicação, sendo verificada uma redução do escoamento superficial em cerca de 77% na galeria principal em relação ao projeto original da prefeitura, em um cenário onde os três dispositivos compensatórios fossem aplicados de forma conjunta e considerando a sua máxima eficiência, também possível verificar a redução de diâmetro na maioria das galerias analisada, confirmando a real diminuição do impacto na região estudada através da aplicação de técnicas de infraestrutura verde.

Palavras chave: Drenagem Urbana. Pavimentos Permeáveis. Telhados Verdes. Jardins de Chuva. Comunidades Carentes. Escoamento Superficial

4.2 INTRODUÇÃO

O desenvolvimento urbano, de forma geral acaba alterando significativamente o ciclo hidrológico natural de uma bacia hidrográfica. De acordo com Martins (2017), pode-se elencar como principais consequências a bacia hidrográfica dessa alteração do ciclo, o aumento do escoamento superficial direto, o incremento das vazões de pico, a antecipação do tempo de pico da chuva, aumento das cargas poluidoras de origem natural e difusa, a presença de resíduos sólidos, diminuição da recarga subterrânea e principalmente a modificação dos canais de drenagem naturais, resultando em um aumento cada vez mais intenso de inundações e prejuízos causados por falhas nos sistemas de drenagem (MARTINS,2017). A forma de ocupação do solo que predomina na grande maioria das cidades brasileiras, acaba por não considerar a real dimensão ambiental da urbanização, ou seja, as decisões sobre como ocupar e expandir as cidades não avaliam as consequências ambientais e contribuem fortemente para o desequilíbrio que vem sendo causado no ciclo na água tanto no que tange o escoamento como a infiltração da mesma (BEZERRA et al, 2019).

Tratando-se ainda da realidade da grande parte das cidades brasileiras, historicamente a drenagem urbana é a parcela do saneamento ambiental que menos recebe os devidos cuidados durante o processo de urbanização (CANHOLI, 2014). Ao mesmo tempo, a maior parte dos esforços nas soluções e manejo dos sistemas de drenagem surge na forma de obras estruturais de caráter corretivo nas redes existentes de micro e macrodrenagem, como por exemplo a canalização de córregos. Assim, o gerenciamento da drenagem urbana brasileira, em sua grande maioria, resume-se a busca de soluções por obras de controle de drenagem tradicionais, como soluções por meio de intervenções de controle de enchentes e inundações (ZENG et al, 2019).

A grande finalidade da adoção do método higienista, ou tradicional, é a remoção imediata do acúmulo de águas em um ponto crítico do meio urbano, através de um sistema de rede que começa pela sarjeta conjugada ou não a via e continuada nos sistemas de tubulação ou galerias subterrâneas que encaminham esse acúmulo de águas até o exutório da bacia em questão. Esse método pode ser classificado também como um sistema de dimensionamento estanque, onde se estabelece uma relação causal com a forma em que o solo é ocupado na malha urbana atual no momento da elaboração do projeto, até a sua consequente atualização por conta do aumento ou diminuição da malha urbana para o qual fora pensado (NASCIMENTO, 2015). De acordo com

Poleto (2017) uma das principais consequências da utilização de técnicas higienistas em adensados urbanos é a influência que esse tipo de sistema estabelece sobre a escassez hídrica das grandes cidades, favorecendo a alta impermeabilização do solo e a rápida remoção das águas pluviais que poderiam ser utilizadas para abastecimento de reservatórios subterrâneos promotores da manutenção dos níveis de água dos mananciais, caracterizando também a condição de um metabolismo linear.

Segundo o estudo de Ribeiro (2014), ao redor do mundo a evolução dos sistemas de drenagem se deu muito por conta da mudança na maneira de se lidar com as águas pluviais, se com o método higienista o grande objetivo do sistema era escoar o mais rápido possível a água acumulada para longe das cidades, em centros mais desenvolvidos hoje se busca recuperar as características naturais de escoamento através da redução do volume de água escoado em áreas urbanas, buscando até estabelecer níveis de acúmulos semelhantes a níveis anteriores a grande urbanização das malhas urbanas. Como vemos hoje, o antigo objetivo de afastamento do escoamento e aceleração do deságue de águas pluviais aos poucos vai dando espaço ao maior controle do escoamento gerado e o retardo desta descarga nos canais principais de drenagem, amenizando o pico de vazão de projeto e conseqüentemente diminuindo seus impactos, dando origem e difusão ao conceito de drenagem urbana sustentável (PHILIP et al., 2011).

A drenagem urbana sustentável citada no parágrafo anterior pode ser bem definida através da detecção do seu principal objetivo, que tem como meta o manejo tanto da quantidade quanto da qualidade de águas pluviais acumuladas utilizando conceitos de controle da produção do escoamento superficial, aumento do trânsito da água retida até o escoamento final, integração de instrumentos de vegetação e rios a paisagem urbana e remoção de elementos de poluição difusa das águas (ARAGÃO, 2017). Para que esse conceito seja aplicado e funcional, além de um planejamento da drenagem pluvial integrado ao desenvolvimento das grandes cidades, faz-se necessário a utilização de dispositivos compensatórios de drenagem urbana, também conhecidos como técnicas compensatórias. As técnicas compensatórias, termo que vem sendo utilizado por estudiosos no Brasil para designar a forma de se operacionalizar os conceitos de drenagem sustentável, tem como principais componentes os jardins de chuva, canteiros pluviais, biovaletas, pavimentos permeáveis, trincheiras de infiltração, poços de infiltração, e outros (BOTELHO, 2017).

No tocante a redução de eventos de alagamento e inundação, diversos estudos vêm constatando que a aplicação de técnicas compensatórias em grandes adensamentos urbanos diminuem a vazão de pico e conseqüentemente o número de eventos desastrosos acaba caindo por consequência disto (ZHU et al., 2019). Além de tudo, de acordo com o estudo de Canholi (2014), a aplicação destas técnicas reduz também o aporte de resíduos sólidos, nutrientes e sedimentos nos corpos hídricos melhorando também a qualidade da água.

Desta forma, o presente trabalho busca demonstrar a aplicabilidade e o efeito hidráulico da aplicação de três técnicas compensatórias (Telhados Verdes, Jardins de Chuva e Pavimentos Permeáveis), em uma comunidade carente na cidade de Fortaleza – CE, levando em consideração um projeto existente através do modelo higienista. Foi verificado também se com a instalação de dispositivos de infraestrutura verde poderá ser observada uma redução da vazão de saída na área e conseqüentemente alteração nos diâmetros propostos em projeto.

4.3 METODOLOGIA

A verificação da possibilidade de redução de escoamento através de técnicas compensatórias de drenagem urbana na comunidade em questão se mediante uma comparação hidrológica entre os dados de hidráulicos obtidos através de um projeto de drenagem convencional, considerando a utilização de galerias em PEAD (Polietileno de Alta Densidade) e elaborado pela Prefeitura Municipal de Fortaleza através de sua Secretaria de Infraestrutura Municipal, e os dados hidráulicos obtidos por meio da substituição do Coeficiente de Runnof utilizado no dimensionamento original, considerando que os elementos compensatórios deixarão de contribuir com a referida área. Os dados hidráulicos da concepção original foram obtidos através da consulta de projetos e memórias de cálculo obtidos através da Secretaria de Infraestrutura do Município de Fortaleza.

As técnicas compensatórias (Telhados Verdes, Pavimentos Permeáveis e Jardins de Chuva) foram empregadas individualmente e combinadas, e em seguida comparadas com o projeto de drenagem convencional existente para a área, de forma a verificar a redução da vazão e conseqüente redução no diâmetro de tubulação adotado originalmente como solução para a comunidade em questão.

Com o auxílio do software AutoCAD 2020 e dos mapas digitais da Cidade de Fortaleza, foram realizadas medições das áreas necessárias para o desenvolvimento do estudo de caso.

4.3.1 CARACTERIZAÇÃO DO LOCAL

A área contemplada no presente artigo e denominada pela Prefeitura Municipal de Fortaleza, como “Comunidade Renascer”, está inserida no bairro São Bento na capital Cearense, com distância aproximada de 8,8 km ao Centro da cidade, tendo como principal via de acesso à rodovia BR-116.

Conforme dados do IPECE (2012), o bairro em questão, possui uma área de 219 hectares e conta com uma população de 11.964 habitantes e IDH (Índice de Desenvolvimento Humano) de 0,198 segundo dados do IBGE (2010). Vale ressaltar que embora o bairro como um todo, apresente alguns condomínios e casas característicos de classe média, a área específica da intervenção apresenta as mazelas características de uma região carente, com esgotos correndo à céu aberto e pontos de alagamento. A Figura 26 ilustra uma visão geral da área abordada no presente artigo.

Figura 26 - Mapa com a Delimitação da Região de Estudo



Fonte: SEINF (2022).

A infraestrutura viária é heterogênea, contando com vias revestidas com pavimento asfáltico, contudo com a presença de desgastes no mesmo, como pode ser visto na Figura 27.

A região apresenta também vias sem nenhum tipo de pavimentação ou com a presença de pedras irregulares como revestimento. Não existe um sistema de drenagem convencional caracterizado por “galerias e bocas de lobo” que atenda toda a área em questão, fortalecendo a necessidade de uma intervenção na referida região. A área em apresenta relevo irregular, contando com pontos de alagamento espalhados por toda a comunidade bem como a presença de solo argiloso nas vias não pavimentadas, como pode ser visto na Figura 28.

Figura 27 - Vista para a Rua Mozart Anselmo



Fonte: o Autor (2022).

Figura 28 - Pontos de Alagamento na Rua 5



Fonte: o Autor (2022).

Outra informação relevante diz respeito ao Índice de Condições Domiciliares (ICD), parâmetro calculado pelo IPECE (2012) para mapear a situação da infraestrutura básica dos

bairros de Fortaleza. O índice varia de valores negativos a positivos, onde quanto mais positivo, melhor é a infraestrutura local. O cálculo é feito levando em consideração aspectos como número de domicílios ligados à rede geral de água, com existência de banheiro de uso exclusivo, com esgotamento sanitário adequado, com presença de energia elétrica e com coleta de lixo realizada por serviço de limpeza. Dentre os 119 bairros de Fortaleza, o bairro de São Bento apresenta ICD de -0,75, ocupando a 101ª posição.

A Figura 29 elencada a seguir, conseguem refletir bem a realidade da região, com esgoto a céu aberto, sem a mínima infraestrutura ou presença de medida que atenua a problemática.

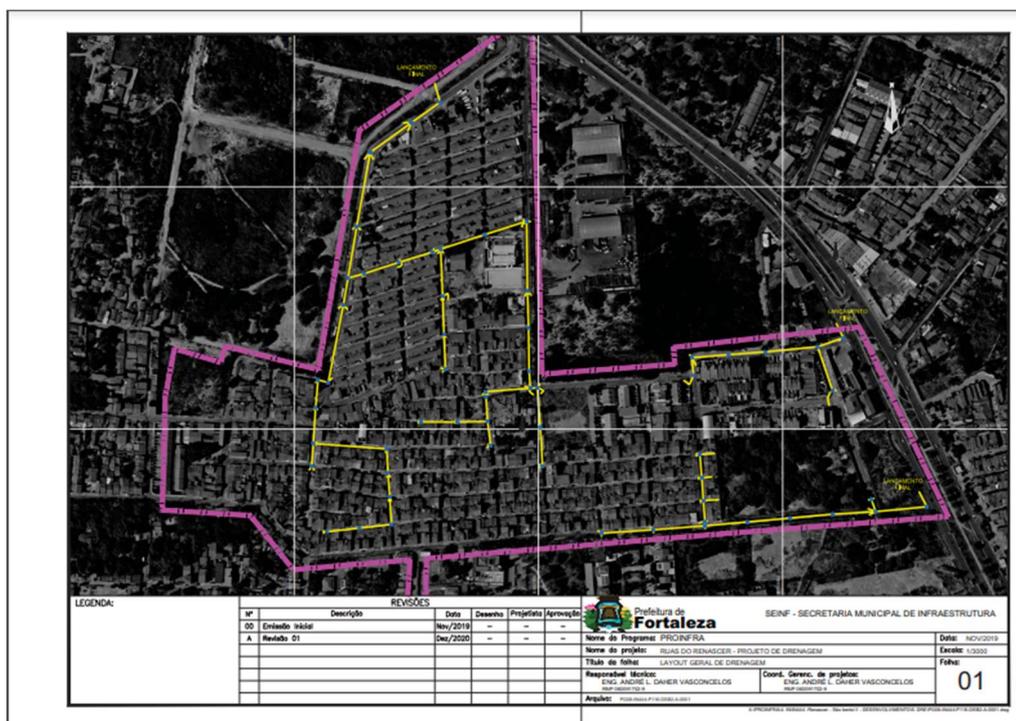
Figura 29 - Esgotamento a Céu Aberto na Comunidade Renascer



Fonte: o Autor (2018).

A Prefeitura de Fortaleza, através da Secretaria de Infraestrutura (SEINF), inseriu a “Comunidade no Renascer” em seu programa de intervenções em infraestrutura e educação o PROINFRA, elaborando projetos de pavimentação, drenagem e esgotamento sanitário para a região. A Figura 30, foi retirada do layout geral do projeto de drenagem desenvolvido para a comunidade, onde as linhas tracejadas em rosa simbolizam a bacia de contribuição utilizada para o dimensionamento hidráulico e as linhas em amarelo as galerias de drenagem em PEAD

Figura 30 - Layout Geral do Projeto de Microdrenagem para a Comunidade Renascer



Fonte: SEINF (2022).

Dentro do projeto de drenagem como um todo, para demonstração da planilha de resultados referente ao cálculo hidráulico foi escolhida a Galeria de Número 6 representada com mais detalhes na Figura 31. A escolha da mesma se deu pelo fato desta galeria apresentar em seu dimensionamento a utilização de todos os diâmetros comerciais em PEAD (600, 750, 900 e 1050 mm), podendo ser visualizada de forma mais clara a redução de diâmetro com a inserção das técnicas compensatórias propostas. O dimensionamento completo da região como um todo consta como anexo no presente estudo.

Figura 31 - Recorte e Ampliação da Galeria 6



Fonte: SEINF (2022).

4.3.2 CRITÉRIOS DE CÁLCULO

Neste tópico serão descritas as principais formulações que foram utilizadas para a obtenção dos dados de vazões referentes s técnicas compensatórias de drenagem urbana escolhidas e a comparação com o projeto de drenagem idealizado para a comunidade.

4.3.2.1 INTENSIDADE PLUVIOMÉTRICA

De acordo com consulta a secretaria municipal de infraestrutura, a determinação da chuva de projeto foi obtida através das equações de chuvas intensas desenvolvidas por Silva, Palácio e Campos (2013) para a cidade de Fortaleza, conforme apresentado na Equação (4) a seguir.

$$i = \frac{2345,29 \times Tr^{0,173}}{(t+28,31)^{0,904}} \quad (4)$$

Onde:

- i = intensidade da chuva, correspondente à duração “ t ” e período de retorno “ Tr ”, em mm/min.
- t = duração da chuva, em minutos.
- Tr = período de retorno, em anos.

Período de Retorno é o intervalo de tempo estimado (em anos) de ocorrência de determinado evento. O período de retorno adotado em projetos de microdrenagem na Prefeitura de Fortaleza é de 10 anos.

4.3.2.2 MÉTODO RACIONAL

A determinação da vazão de projeto, foi obtida através do método racional, representado pela Equação 8, a seguir.

$$Q = \frac{C \times I \times A}{360} \quad (8)$$

Onde:

- Q = vazão máxima (m^3/s);
- C = coeficiente de escoamento superficial;
- i = intensidade da chuva crítica (mm/h);
- A = área da bacia de contribuição (ha);

Os valores do coeficiente de escoamento superficial (C) para emprego do Método Racional, foram orientados pelos dados da tabela apresentada a seguir.

Tabela 4 - Valores do Coeficiente "C" Segundo Tucci (2004)

Natureza da Superfície	Coeficiente "C"
Pavimentadas com concreto	0,80 a 0,95
Asfaltadas em Bom Estado	0,85 a 0,95
Asfaltadas e Má Conservadas	0,70 a 0,95
Pavimentadas com Paralelepípedo Rejuntado	0,75 a 0,85
Pavimentadas com Paralelepípedo Não Rejuntado	0,50 a 0,70
Pavimentadas com Pedras Irregulares e Sem Rejuntamento	0,40 a 0,50
Macadamizadas	0,25 a 0,60
Escancalhadas	0,15 a 0,30
Passeios Públicos	0,75 a 0,85
Telhados	0,75 a 0,95
Terrenos Livres e Ajardinados	
Solos Arenosos	
I = 2%	0,05 a 0,10
2% < I < 7%	0,10 a 0,15
I = 7%	0,15 a 0,20
Solos Pesados	
I = 2%	0,15 a 0,20
2% < I < 7%	0,20 a 0,25
I = 7%	0,25 a 0,30

Fonte: Adaptada de TUCCI (2004).

Devido ao fato de não se haver nenhuma diretriz da Prefeitura Municipal de Fortaleza para cálculo do coeficiente de Runoff, foi se utilizado no projeto original o valor de $C = 45$ para a área em questão, de acordo as diretrizes de Tucci (2004), expostas na Tabela 4. Segundo consulta a Secretaria de Infraestrutura de Fortaleza, o valor foi adotado pois de acordo com uma análise geral da área foi um consenso da equipe técnica que a pavimentação em Pedra Tosca seria o que melhor atenderia a comunidade em questão.

4.3.2.3 TEMPO DE CONCENTRAÇÃO

O tempo de concentração foi obtido pela fórmula de Kirpich, e é demonstrado através da Equação 2 a seguir:

$$tc = 57 x \left(\frac{L^2}{H}\right)^{0,385} \quad (2)$$

Onde:

- Tc = Tempo de Concentração (min)
- L= comprimento do talvegue (km)
- H= Desnível entre Cotas (m)

4.3.2.4 DETERMINAÇÃO DO DIÂMETRO DAS GALERIAS

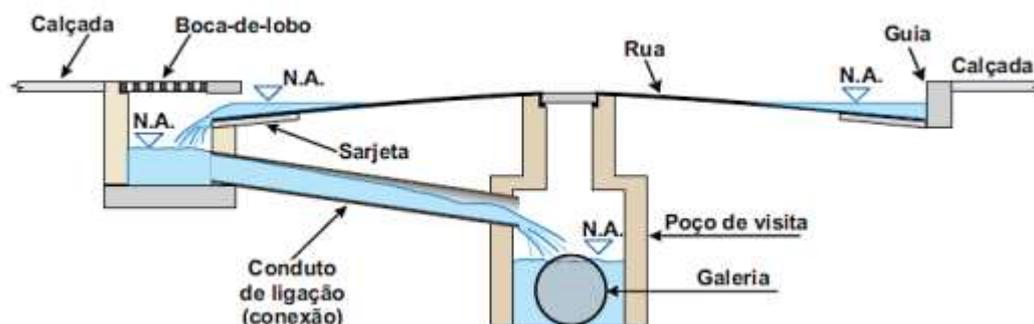
Alguns critérios devem ser observados com relação ao dimensionamento de galerias circulares para que as mesmas funcionem sem provocar transtornos à população que utiliza as vias as quais estão inseridas, e entre eles DIOGO e SCIAMMARELLA (2008) citam os seguintes:

- O volume de escoamento é calculado como conduto livre sendo considerado permanente e uniforme;
- As dimensões da galeria não devem descrever na direção da jusante;
- A galeria pluvial deve ser locada no eixo da via, e caso exista canteiro central deve-se locá-la nessa região da via.

Para determinação dos diâmetros a serem utilizados na galeria, em consulta a equipe técnica de projetos da Prefeitura Municipal de Fortaleza foi informado que a mesma utiliza a equação de Manning para condutos livres e circulares, a equação baseia-se em parâmetros como lâmina d'água, declividade, vazão de dimensionamento e coeficiente de rugosidade. Quando se trata da lâmina d'água, sabe-se que a mesma define o limite máximo que a água deve atingir dentro da galeria, garantindo que o dispositivo funcione dentro dos níveis estipulados no projeto. De acordo com Diogo e Sciammarella (2008) os valores limites de lâmina d'água para galerias circulares é de no máximo 0,85 y/D (85% da sua capacidade) e no mínimo 0,20 y/D (20% da sua capacidade). Tendo em vista que valores inferiores ao valor mínimo isentariam para os trechos iniciais a necessidade de galerias de águas pluviais e valores acima do valor

máximo de lâmina levariam à situação de conduto forçado, o que não se recomenda para o dimensionamento das galerias de águas pluviais (SÃO PAUL, 2012). A Figura 32 representa de forma esquemática um corte da inserção de um sistema de microdrenagem com os seus demais componentes.

Figura 32 - Corte Esquemático de um Sistema de Microdrenagem



Fonte: Adaptada de Diogo e Sciammarella (2008).

A Prefeitura de Fortaleza por determinação de sua equipe técnica, considerou para a determinação dos diâmetros de projeto que as galerias iriam operar a 80% da sua capacidade, e considerando esse valor a equação de Manning para determinação dos diâmetros de galeria circulares operando neste regime, pode ser visualizada através da Equação 4 (BLUMENAU, 2020).

$$\text{Diâmetro} = \left(\frac{Q \times n}{0,30466 \times \sqrt{I}} \right)^{3/8} \quad (9)$$

Onde:

- Diâmetro = diâmetro de cálculo (m);
- Q = vazão do trecho (m³/s);
- I = declividade da galeria (m/m);
- n = coeficiente de rugosidade.

Figura 34 - Distribuição do Pavimento Permeável e Jardins de Chuva



Fonte: O Autor (2022).

Foram considerados Jardins de Chuva dos canteiros centrais previstos para serem executados por obras complementares da Prefeitura de Fortaleza ao longo das Avenidas Antônio Eduardo e José Teixeira Costa, telhados verdes em todas as casas dentro da área de influência determinada pela prefeitura e foi considerado também a inserção de pavimentos permeáveis nas Avenidas Antônio Eduardo, José Teixeira Costa e na Rua Mozart Anselmo, as principais vias de circulação para entrada e saída da comunidade. O Quadro 10, apresenta a área em hectares (ha) de cada solução considerada.

Quadro 10 - Área das Técnicas Escolhidas

TÉCNICA COMPENSATÓRIA	ÁREA UTILIZADA	% EM RELAÇÃO A ÁREA TOTAL DA BACIA
JARDIM DE CHUVA	0,35 ha	1,23%
TELHADOS VERDES	8,2 ha	5%
PAVIMENTOS PERMEÁVEIS	1,41 ha	29%
TÉCNICAS COMBINADAS	9,96 ha	35,23%

Fonte: O Autor (2022).

Para determinação das vazões de estudo, seguiu-se a metodologia utilizada por Ribeiro (2014) em sua obra, onde admitiu-se para fins de verificação que as técnicas compensatórias serão desconectadas da rede hidráulica do projeto original, ou seja, deixarão de contribuir para a bacia. Inicialmente, calculou-se qual área seria desconectada no projeto existente, conforme segue. A área total da Bacia foi obtida através de dados da caderneta de topografia referente ao levantamento realizado na área de estudo. No tocante aos telhados verdes, por se tratar de uma comunidade carente, o setor de habitação da prefeitura de Fortaleza antes da realização da intervenção prevista em projeto realizou o cadastro de todas as residências e áreas edificadas na região, fornecendo assim com uma boa precisão em relação a área considerada para os telhados verdes no presente estudo. Por fim, as áreas das avenidas citadas, bem como as áreas dos futuros canteiros centrais também foram fornecidas pela equipe técnica da Secretaria de Infraestrutura. Com base nas áreas utilizadas para cada técnica compensatória, foram revistos os coeficientes de escoamento superficial seguindo a formulação proposta por Ribeiro (2014), explanada a seguir.

- Área total da Bacia – $A = 28,40$ ha;
- Coeficiente inicial adotado – $C = 0,45$;
- Área Desconectada = Área Total x $(1-C) = 28,40 \times (1 - 0,45) = 15,62$ ha

O Quadro 11, mostra a obtenção dos novos coeficientes para cada técnica compensatória abordada no estudo.

Quadro 11 - Novos Coeficientes de Escoamento Superficial

TÉCNICA COMPENSATÓRIA	ÁREA UTILIZADA	C
JARDIM DE CHUVA	0,35 ha	$C = 1 - (15,62+0,35)/28,40 = 0,43$
TELHADOS VERDES	8,2 ha	$C = 1 - (15,62 + 8,2)/28,40 = 0,16$
PAVIMENTOS PERMEÁVEIS	1,41 ha	$C = 1 - (15,62+1,41)/28,40 = 0,40$
TÉCNICAS COMBINADAS	9,96 ha	$C = 1 - (15,62+9,96)/28,40 = 0,10$

Fonte: O Autor (2022).

4.4 RESULTADOS E DISCUSSÕES

De posse dos novos coeficientes para cada uma das técnicas e um coeficiente para a ação das mesmas combinadas, obtém-se os novos valores de vazão, diâmetro calculado e seção comercial adotado, conforme ilustrado pelas Tabelas 5, 6, 7, 8 e 9. É importante salientar também os dados obtidos em trabalhos de temática semelhante, onde Rosa (2017) ao propor a aplicação de telhados verdes, pavimentos permeáveis, bacias de retenção e trincheiras de

infiltração em na bacia hidrográfica do córrego do Leitão, localizado na cidade de Belo Horizonte verificou uma redução no escoamento superficial em relação a um projeto inicial considerando o método higienista de até 70% após a adoção das medidas compensatórias de drenagem urbana na área estudada, Ribeiro (2014) propôs a adoção de telhados verdes, pavimentos permeáveis e jardins de chuva, técnicas semelhantes as abordadas no presente estudo, em um bairro na região oeste de São Paulo e observou uma redução de até 80% da vazão de pico após aplicação das técnicas supracitadas, Silva e Cabral (2014) propuseram a instalação de reservatórios ao nível de lote, ruas e bacia a partir de uma modelagem hidrológica chegando a uma redução de vazão de pico de 80% quando foi considerada a aplicação da técnica em toda a bacia hidrográfica, metodologia semelhante à adotada no presente artigo, já Nunes et al (2017) ao analisar a aplicação de pavimentos Permeáveis, bacias de retenção e telhados verdes em um loteamento residencial em Jacarepaguá no estado do Rio de Janeiro, chegou a impressionantes 93% de redução da vazão de pico em relação a um cenário hidrológico em que a vazão seria calculada considerando a execução de galerias circulares de concreto nas vias do loteamento abordado, finalmente Martins (2017) ao considerar a adoção de bacias de retenção, pavimentos permeáveis, jardins de chuva e telhados verdes ao longo da bacia do Gregório em São Paulo aliadas a execução de galerias em suas vias verificou que a adoção das técnicas de infraestrutura verde reduziu a vazão de pico em cerca de 59% em relação a não adoção de qualquer medida compensatória na região.

Tabela 5 - Planilha de Dimensionamento Hidráulico (Projeto Original)

PLANILHA DE DIMENSIONAMENTO HIDRÁULICO DOS COLETORES PRINCIPAIS DE DRENAGEM DE ÁGUAS PLUVIAIS (PROJETO ORIGINAL)								
Galeria	Coefficiente de escoamento	Tempo de concentração	Intensidade de precipitação	Vazão	Rugosidade	Declividade da galeria (i)	Diâmetro Calculado	Seção comercial
Trecho	(C)	tc (min)	I - (mm/h)	(m³/s)	n	m/m	(mm)	(mm)
G6-1	0,45	10,00	152,42	0,019	0,009	0,0340	113,83	PEADØ 600
G6-2	0,45	10,00	152,42	0,040	0,009	0,0270	157,14	PEADØ 600
G6-3	0,45	10,00	152,42	0,080	0,009	0,0200	215,58	PEADØ 600
G6-4	0,45	10,00	152,42	0,080	0,009	0,0320	197,40	PEADØ 600

G6-5	0,45	10,00	152,42	0,191	0,009	0,0170	308,02	PEADØ 600
G6-6	0,45	10,00	152,42	0,520	0,009	0,0170	448,43	PEADØ 600
G6-7	0,45	10,00	152,42	0,520	0,009	0,0340	393,78	PEADØ 600
G6-8	0,45	10,00	152,42	0,520	0,009	0,0100	495,34	PEADØ 600
G6-9	0,45	10,00	152,42	0,659	0,009	0,0050	616,50	PEADØ 750
G6-10	0,45	10,00	152,42	0,939	0,009	0,0020	836,01	PEADØ 900
G6-11	0,45	10,00	152,42	0,939	0,009	0,0020	836,01	PEADØ 900
G6-12	0,45	10,00	152,42	1,280	0,009	0,0030	870,26	PEADØ 900
G6-13	0,45	10,00	152,42	1,431	0,009	0,0030	907,43	PEADØ 1050
G6-14	0,45	10,00	152,42	1,539	0,009	0,0030	932,53	PEADØ 1050

Fonte: SEINF (2022).

Tabela 6 - Planilha de Dimensionamento Hidráulico (Jardins de Chuva)

PLANILHA DE DIMENSIONAMENTO HIDRÁULICO DOS COLETORES PRINCIPAIS DE DRENAGEM DE ÁGUAS PLUVIAIS (JARDINS DE CHUVA)								
Galeria	Coefficiente de escoamento	Tempo de concentração	Intensidade de precipitação	Vazão	Rugosidade	Declividade de da galeria (i)	Diâmetro Calculado	Seção comercial
Trecho	(C)	tc (min)	I - (mm/h)	(m³/s)	n	m/m	(mm)	(mm)
G6-1	0,42	10,00	152,42	0,018	0,009	0,0340	111,55	PEADØ 600
G6-2	0,42	10,00	152,42	0,037	0,009	0,0270	152,61	PEADØ 600
G6-3	0,42	10,00	152,42	0,075	0,009	0,0200	210,43	PEADØ 600
G6-4	0,42	10,00	152,42	0,075	0,009	0,0320	192,68	PEADØ 600
G6-5	0,42	10,00	152,42	0,178	0,009	0,0170	299,99	PEADØ 600
G6-6	0,42	10,00	152,42	0,485	0,009	0,0170	436,87	PEADØ 600
G6-7	0,42	10,00	152,42	0,485	0,009	0,0340	383,62	PEADØ 600
G6-8	0,42	10,00	152,42	0,485	0,009	0,0100	482,5	PEADØ 600
G6-9	0,42	10,00	152,42	0,615	0,009	0,0050	600,73	PEADØ 750

G6-10	0,42	10,00	152,42	0,877	0,009	0,0020	814,87	PEADØ 900
G6-11	0,42	10,00	152,42	0,877	0,009	0,0020	814,87	PEADØ 900
G6-12	0,42	10,00	152,42	1,195	0,009	0,0030	848,13	PEADØ 900
G6-13	0,42	10,00	152,42	1,335	0,009	0,0030	884,10	PEADØ 1050
G6-14	0,42	10,00	152,42	1,437	0,009	0,0030	908,85	PEADØ 1050

Fonte: O Autor (2022).

Tabela 7 - Planilha de Dimensionamento Hidráulico (Pavimentos Permeáveis)

PLANILHA DE DIMENSIONAMENTO HIDRÁULICO DOS COLETORES PRINCIPAIS DE DRENAGEM DE ÁGUAS PLUVIAIS (PAVIMENTOS PERMEÁVEIS)								
Galeria	Coeficiente de escoamento	Tempo de concentração	Intensidade de precipitação	Vazão	Rugosidade	Declividade de da galeria (i)	Diâmetro Calculado	Seção comercial
Trecho	(C)	tc (min)	I - (mm/h)	(m³/s)	n	m/m	(mm)	(mm)
G6-1	0,40	10,00	152,42	0,017	0,009	0,0340	109,19	PEADØ 600
G6-2	0,40	10,00	152,42	0,036	0,009	0,0270	151,06	PEADØ 600
G6-3	0,40	10,00	152,42	0,071	0,009	0,0200	206,15	PEADØ 600
G6-4	0,40	10,00	152,42	0,071	0,009	0,0320	188,76	PEADØ 600
G6-5	0,40	10,00	152,42	0,169	0,009	0,0170	294,21	PEADØ 600
G6-6	0,40	10,00	152,42	0,462	0,009	0,0170	428,98	PEADØ 600
G6-7	0,40	10,00	152,42	0,462	0,009	0,0340	376,70	PEADØ 600
G6-8	0,40	10,00	152,42	0,462	0,009	0,0100	473,86	PEADØ 600
G6-9	0,40	10,00	152,42	0,586	0,009	0,0050	589,95	PEADØ 600
G6-10	0,40	10,00	152,42	0,835	0,009	0,0020	800,02	PEADØ 900
G6-11	0,40	10,00	152,42	0,835	0,009	0,0020	800,02	PEADØ 900
G6-12	0,40	10,00	152,42	1,138	0,009	0,0030	832,73	PEADØ 900
G6-13	0,40	10,00	152,42	1,272	0,009	0,0030	868,23	PEADØ 900
G6-14	0,40	10,00	152,42	1,368	0,009	0,0030	892,24	PEADØ 900

Fonte: O Autor (2022).

Tabela 8 - Planilha de Dimensionamento Hidráulico (Telhados Verdes)

PLANILHA DE DIMENSIONAMENTO HIDRÁULICO DOS COLETORES PRINCIPAIS DE DRENAGEM DE ÁGUAS PLUVIAIS (TELHADOS VERDES)								
Galeria	Coefficiente de escoamento	Tempo de concentração	Intensidade de precipitação	Vazão	Rugosidade	Declividade de da galeria (i)	Diâmetro Calculado	Seção comercial
Trecho	(C)	tc (min)	I - (mm/h)	(m³/s)	n	m/m	(mm)	(mm)
G6-1	0,16	10,00	152,42	0,007	0,009	0,0340	78,28	PEADØ 600
G6-2	0,16	10,00	152,42	0,014	0,009	0,0270	106,01	PEADØ 600
G6-3	0,16	10,00	152,42	0,028	0,009	0,0200	145,43	PEADØ 600
G6-4	0,16	10,00	152,42	0,028	0,009	0,0320	133,16	PEADØ 600
G6-5	0,16	10,00	152,42	0,068	0,009	0,0170	209,12	PEADØ 600
G6-6	0,16	10,00	152,42	0,185	0,009	0,0170	304,36	PEADØ 600
G6-7	0,16	10,00	152,42	0,185	0,009	0,0340	267,27	PEADØ 600
G6-8	0,16	10,00	152,42	0,185	0,009	0,0100	336,20	PEADØ 600
G6-9	0,16	10,00	152,42	0,234	0,009	0,0050	418,13	PEADØ 600
G6-10	0,16	10,00	152,42	0,334	0,009	0,0020	567,38	PEADØ 600
G6-11	0,16	10,00	152,42	0,334	0,009	0,0020	567,38	PEADØ 600
G6-12	0,16	10,00	152,42	0,455	0,009	0,0030	590,48	PEADØ 600
G6-13	0,16	10,00	152,42	0,509	0,009	0,0030	615,84	PEADØ 750
G6-14	0,16	10,00	152,42	0,547	0,009	0,0030	632,70	PEADØ 750

Fonte: O Autor (2022).

Tabela 9 - Planilha de Dimensionamento Hidráulico (Técnicas Combinadas)

PLANILHA DE DIMENSIONAMENTO HIDRÁULICO DOS COLETORES PRINCIPAIS DE DRENAGEM DE ÁGUAS PLUVIAIS (TÉCNICAS COMBINADAS)								
Galeria	Coefficiente de escoamento	Tempo de concentração	Intensidade de precipitação	Vazão	Rugosidade	Declividade de da galeria (i)	Diâmetro Calculado	Seção comercial

Trecho	(C)	tc (min)	I - (mm/h)	(m ³ /s)	n	m/m	(mm)	(mm)
G6-1	0,10	10,00	152,42	0,004	0,009	0,0340	63,46	PEADØ 600
G6-2	0,10	10,00	152,42	0,009	0,009	0,0270	89,82	PEADØ 600
G6-3	0,10	10,00	152,42	0,018	0,009	0,0200	123,22	PEADØ 600
G6-4	0,10	10,00	152,42	0,018	0,009	0,0320	112,83	PEADØ 600
G6-5	0,10	10,00	152,42	0,042	0,009	0,0170	174,55	PEADØ 600
G6-6	0,10	10,00	152,42	0,116	0,009	0,0170	255,49	PEADØ 600
G6-7	0,10	10,00	152,42	0,116	0,009	0,0340	224,35	PEADØ 600
G6-8	0,10	10,00	152,42	0,116	0,009	0,0100	282,22	PEADØ 600
G6-9	0,10	10,00	152,42	0,146	0,009	0,0050	350,34	PEADØ 600
G6-10	0,10	10,00	152,42	0,209	0,009	0,0020	475,91	PEADØ 600
G6-11	0,10	10,00	152,42	0,209	0,009	0,0020	475,91	PEADØ 600
G6-12	0,10	10,00	152,42	0,285	0,009	0,0030	495,47	PEADØ 600
G6-13	0,10	10,00	152,42	0,318	0,009	0,0030	516,25	PEADØ 600
G6-14	0,10	10,00	152,42	0,342	0,009	0,0030	530,53	PEADØ 600

Fonte: O Autor (2022).

O Quadro 12, faz uma síntese dos diâmetros finais e das vazões no trecho G6-14, último trecho da galeria em questão, sendo este trecho destacado pelo fato de ser aquele que recebe o acúmulo das vazões de trechos anteriores, observa-se uma redução gradual do escoamento e diâmetro a medida que a inserção das técnicas é considerada de forma mais abrangente, chegando a uma redução de 1,197 m³/s, cerca de 77,78% de decréscimo, quando se compara a previsão de vazão sem a aplicação de nenhuma técnica para a consideração da inserção das três técnicas abordadas no presente artigo

Quadro 12 - Síntese das Vazões e Diâmetros do Trecho Final

TÉCNICA ADOTADA	VAZÃO NO ÚLTIMO TRECHO (M ³ /S)	REDUÇÃO PERCENTUAL	DIÂMETRO NO TRECHO FINAL DA GALERIA 6
PROJETO ORIGINAL	1,539	0%	PEADØ1050
JARDINS DE CHUVA	1,437	6,62%	PEADØ1050

PAVIMENTOS PERMEÁVEIS	1,368	11,11%	PEADØ900
TELHADOS VERDES	0,547	64,45%	PEADØ750
COMBINAÇÃO	0,342	77,78%	PEADØ600

Fonte: O Autor (2022).

O Quadro 13 demonstra o efeito das técnicas estudadas em todas as galerias da região tanto na vazão como nos diâmetros finais dos últimos trechos, deixando evidente o impacto de redução no escoamento superficial e na redução do diâmetro a ser considerado em projeto.

TÉCNICA ADOTADA	VAZÃO NO ÚLTIMO TRECHO (M³/S)	DIÂMETRO NO ÚLTIMO TRECHO	NÚMERO DO ÚLTIMO TRECHO
PROJETO ORIGINAL	2,210	PEADØ750	G1-8
JARDINS DE CHUVA	2,112	PEADØ750	
PAVIMENTOS PERMEÁVEIS	1,965	PEADØ750	
TELHADOS VERDES	0,786	PEADØ600	
COMBINAÇÃO	0,491	PEADØ600	
PROJETO ORIGINAL	0,440	PEADØ600	G2-3
JARDINS DE CHUVA	0,421	PEADØ600	
PAVIMENTOS PERMEÁVEIS	0,391	PEADØ600	
TELHADOS VERDES	0,156	PEADØ600	
COMBINAÇÃO	0,098	PEADØ600	
PROJETO ORIGINAL	0,880	PEADØ750	G3-9
JARDINS DE CHUVA	0,841	PEADØ750	
PAVIMENTOS PERMEÁVEIS	0,782	PEADØ750	
TELHADOS VERDES	0,313	PEADØ600	
COMBINAÇÃO	0,196	PEADØ600	
PROJETO ORIGINAL	2,241	PEADØ1050	G4-11
JARDINS DE CHUVA	2,141	PEADØ1050	
PAVIMENTOS PERMEÁVEIS	1,992	PEADØ1050	
TELHADOS VERDES	0,797	PEADØ750	
COMBINAÇÃO	0,498	PEADØ750	
PROJETO ORIGINAL	0,240	PEADØ600	G5-7
JARDINS DE CHUVA	0,229	PEADØ600	
PAVIMENTOS PERMEÁVEIS	0,213	PEADØ600	
TELHADOS VERDES	0,064	PEADØ600	
COMBINAÇÃO	0,053	PEADØ600	
PROJETO ORIGINAL	1,549	PEADØ1050	G6-14
JARDINS DE CHUVA	1,471	PEADØ1050	
PAVIMENTOS PERMEÁVEIS	1,368	PEADØ900	

TELHADOS VERDES	0,547	PEADØ750	G7-2
COMBINAÇÃO	0,342	PEADØ600	
PROJETO ORIGINAL	0,04	PEADØ600	
JARDINS DE CHUVA	0,038	PEADØ600	
PAVIMENTOS PERMEÁVEIS	0,036	PEADØ600	
TELHADOS VERDES	0,014	PEADØ600	
COMBINAÇÃO	0,009	PEADØ600	G8-4
PROJETO ORIGINAL	0,271	PEADØ600	
JARDINS DE CHUVA	0,259	PEADØ600	
PAVIMENTOS PERMEÁVEIS	0,240	PEADØ600	
TELHADOS VERDES	0,096	PEADØ600	
COMBINAÇÃO	0,060	PEADØ600	
PROJETO ORIGINAL	0,271	PEADØ600	G9-3
JARDINS DE CHUVA	0,259	PEADØ600	
PAVIMENTOS PERMEÁVEIS	0,240	PEADØ600	
TELHADOS VERDES	0,096	PEADØ600	
COMBINAÇÃO	0,060	PEADØ600	

Fonte: O Autor (2022).

A Tabela 10, elenca de forma resumida os percentuais de redução da vazão de pico a partir da inserção de técnicas compensatórias de drenagem urbana em bacias hidrográficas bem adensadas nos mais variados locais do território brasileiro, observa-se que em todos os casos encontrou-se uma redução acima dos 50%, mostrando que de fato encontra-se uma redução de vazão considerável ao considerar a inserção das técnicas, com os valores variando para mais ou para menos devido principalmente a questões geográficas, culturais ou possibilidade de aproveitamento total das técnicas.

Tabela 10 - Resumo do Percentual de Redução de Vazão em Diversos Trabalhos

AUTORIA	% DE REDUÇÃO DA VAZÃO EM RELAÇÃO AO CENÁRIO ORIGINAL	% DA ÁREA DE APLICAÇÃO DA TÉCNICA EM RELAÇÃO A ÁREA DA BACIA
RIBEIRO (2014)	80,00%	39%
ROSA (2017)	70,00%	34%
SILVA E CABRAL (2014)	80,00%	29%
MARTINS (2017)	59,00%	25%
NUNES, ALVAREZ, ONHUMA JUNIOR E SILVA (2017)	93,00%	38%
PRESENTE TRABALHO	77,78%	37%

Fonte: O Autor (2022).

É importante salientar também que o fato da implementação destas técnicas, na grande maioria dos casos, não vai permitir a eliminação do sistema convencional de drenagem urbana, tendo as técnicas sua eficiência máxima atingida através da utilização conjunta dos mesmos como verificado através dos resultados obtidos.

4.5 CONCLUSÃO

O presente trabalho teve por objetivo avaliar o desempenho em conjunto de técnicas compensatórias aplicadas de maneira extensiva em uma bacia hidrográfica urbana densamente urbanizada através de modelagem hidrológica. A bacia hidrográfica escolhida como área de estudos foi a bacia hidrográfica do córrego do Gregório, na cidade de São Carlos, que possui parcelas rurais e parcelas urbanas de alta densidade de ocupação.

O presente trabalho teve por objetivo avaliar o desempenho individual e em conjunto de técnicas compensatórias de drenagem urbana aplicadas de maneira extensiva em uma bacia hidrográfica densamente urbanizada dentro de uma comunidade carente na Cidade de Fortaleza, Ceará. Foi feito inicialmente um diagnóstico da área de estudo, o que revelou que a região apresentava características precárias, o que mostrou ainda mais a necessidade da realização de intervenções de infraestrutura da região. Após o diagnóstico do território e obtenção de dados vitais para o desenvolvimento do estudo com a Prefeitura de Fortaleza através de sua secretaria municipal de infraestrutura, foi desenvolvida uma metodologia cujo a principal propositura foi verificar se aplicando telhados verdes, pavimentos permeáveis e jardins de chuva na região de estudo, haveria alguma redução do escoamento superficial ou do diâmetro de projeto previstos para a região em suas futuras intervenções. Apesar de simples, e levar em conta alguns exageros como a aplicação de telhados verdes por toda a área, o principal intuito da metodologia aplicada foi avaliar o potencial das técnicas em questão quando utilizadas em seu potencial máximo, e neste ponto a metodologia foi eficiente e apresentou resultados positivos na sua aplicação.

Foi observada uma redução de vazão em todos os cenários considerados no presente artigo, houve uma redução de 6,62% quando se considerou a utilização única de jardins de chuva, 11,11% com a utilização de pavimentos permeáveis, 64,45% com a aplicação de telhados verdes por toda a bacia e 77,78% quando todas as técnicas são aplicadas em conjunto, obtendo máxima eficiência e uma redução considerável na vazão em relação ao projeto original. Em relação ao diâmetro observou-se que se tem um impacto maior quando se considera o

cenário em que as técnicas são aplicadas em conjunto, trazendo todos os diâmetros finais para o mínimo comercial que é de 600mm.

Por fim, conclui-se que apesar de ser nítido que se tem desafios tanto no âmbito de convencimento dos agentes públicos para a aplicação das técnicas, como conscientização da população para instalação e manutenção das mesmas, ficou comprovando o potencial de redução hidráulico causado pelas técnicas compensatórias, principalmente quando se considera o seu máximo potencial de aplicação. Desta forma, conclui-se que a adaptação de regiões já urbanizadas aos princípios da drenagem sustentável é possível e os resultados da aplicação das técnicas compensatórias gera bons resultados

4.6 REFERÊNCIAS BIBLIOGRÁFICAS

BEZERRA, M.C.L.; et.al. Simulação de técnicas de infraestrutura verde de drenagem urbana para captação do escoamento superficial. R. Tecnol. Soc., Curitiba, v. 16, n. 40, p. 1-16, abr/jun. 2020. Disponível em: <https://periodicos.utfpr.edu.br/rts/article/view/9430>.

BLUMENAU. Eng. Luis Beduschi. Secretaria de Planejamento Urbano. **MANUAL DE DRENAGEM**. Blumenau: Prefeitura de Blumenau, 2020. Disponível em: www.blumenau.sc.gov.br. Acesso em: 22 out. 2022.

BOTELHO, M. H. C. Águas de chuva: engenharia das águas pluviais nas cidades. 4 ed. ed. São Paulo: Editora Blucher, 2017.

CANHOLI, A. Drenagem urbana e controle de enchentes. 2. ed. São Paulo: Oficina de Textos, 2014.

DORIGO, T. A.; NASCIMENTO, A. P. (2015). Contribuições da percepção ambiental de frequentadores sobre praças e parques no Brasil (2009-2013): Revisão bibliográfica. Revista de Gestão Ambiental e Sustentabilidade – GeAS, São Paulo, v.4, n.3, p. 31-45, setembro-dezembro

INSTITUTO BRASILEIRO DE GEOGRAFIA E ESTATÍSTICA – **IBGE. INDICADORES DEMOGRÁFICOS. DISPONÍVEL EM:** <<https://www.ibge.gov.br>. Acesso em: 07/10/2021.

INSTITUTO BRASILEIRO DE GEOGRAFIA E ESTATÍSTICA. **Atlas do censo demográfico 2010**. Rio de Janeiro: [s.n.].

IPECE (CEARÁ) (Org.). **Perfil Municipal de Fortaleza: Tema IX – As condições domiciliares dos bairros**. 44. Ed. Fortaleza: IPECE, 2012

MARTINS, Leandro Guimarães Bais. **Avaliação do potencial de aplicação de técnicas compensatórias em áreas urbanas consolidadas**. 2017. 197 f. Dissertação (Mestrado) - Curso de Engenharia Hidráulica e Saneamento, Universidade de São Paulo, São Carlos, 2017. Disponível em: <https://www.teses.usp.br/teses/disponiveis/18/18138/tde-16042018-103719/pt-br.php>. Acesso em: 22 ago. 2022.

NUNES, Dayana Martins; ALVAREZ, Marlon Giovanni Lopes; OHNUMA JUNIOR, Alfredo Akira; SILVA, Luciene Pimentel da. Aplicação de técnicas compensatórias no controle dos escoamentos superficiais: estudo de caso em loteamento residencial em jacarepaguá, rio de janeiro. **Revista Internacional de Ciências**, Rio de Janeiro, v. 7, n. 1, p. 3-21, 18 jul. 2017. Universidade de Estado do Rio de Janeiro. <http://dx.doi.org/10.12957/ric.2017.21887>.

PHILIP, R. et al. (2011). Kit de Treinamento SWITCH: Gestão Integrada das Águas na Cidade do Futuro Módulo 4 – MANEJO DE ÁGUAS PLUVIAIS: Explorando opções. Editor ICLEI European Secretariat GmbH. 1 ed. São Paulo.

RIBEIRO, Alessandro Mendes. **BMP'S EM DRENAGEM URBANA – APLICABILIDADE EM CIDADES BRASILEIRAS**. 2014. 104 f. Dissertação (Mestrado) - Curso de Engenharia Civil, Universidade de São Paulo, São Paulo, 2014.

ROSA, Deyvid Wavel Barreto. **RESPOSTA HIDROLÓGICA DE UMA BACIA HIDROGRÁFICA URBANA À IMPLANTAÇÃO DE TÉCNICAS COMPENSATÓRIAS DE DRENAGEM URBANA - BACIA DO CÓRREGO DO LEITÃO, BELO HORIZONTE, MINAS GERAIS**. 2017. 220 f. Dissertação (Mestrado) - Curso de Engenharia Civil, Universidade Federal de Minas Gerais, Belo Horizonte, 2017.

SÃO PAULO. Fundação Centro Tecnológico de Hidráulica. Secretaria Municipal de Desenvolvimento Urbano. **MANUAL DE DRENAGEM E MANEJO DE ÁGUAS PLUVIAIS**. São Paulo: Secretaria Municipal de Desenvolvimento Urbano, 2012. 168 p. Disponível em: https://www.prefeitura.sp.gov.br/cidade/secretarias/upload/desenvolvimento_urbano/arquivos/manual-drenagem_v1.pdf. Acesso em: 22 out. 2022.

SILVA, K. C.; POLETO, C. (2017). Drenagem Sustentável: Aspectos hidrológicos, Influência dos sedimentos e o Reequilíbrio dos ciclos naturais. II Congresso Internacional de Hidrossedimentologia. naturais – Faculdade Integradas de Araraquara

SILVA, Pedro Oliveira da; CABRAL, Jaime Joaquim da Silva Pereira. Atenuação de Picos de Vazão em Área Problema: Estudo Comparativo de Reservatórios de Detenção em Lote, em Logradouros e em Grande Área da Bacia. **Rbrh – Revista Brasileira de Recursos Hídricos**, Porto Alegre, p. 7-18, jun. 2014. Trimestral.

TUCCI, C. E. M; SILVEIRA, A. L. L. et al. Hidrologia Ciência e Aplicação, 4.ed. 1 reimp. Porto Alegre, RS: Editora da UFRGS/ABRH, 200

ZENG, Z.; GUAN, D.; STEENGE, A.E.; XIA, Y.; MENDOZA-TINOCO, D. Flood footprint assessment: a new approach for flood-induced indirect economic impact measurement and post-flood recovery. *Journal of Hydrology*, v. 579, 124204, dez. 2019. <https://doi.org/10.1016/j.jhydrol.2019.124204>

5 CONCLUSÃO

Os resultados que foram obtidos durante a confecção do presente estudo levam a uma reflexão interessante sobre a possibilidade da execução de um projeto de drenagem urbana a partir de uma concepção do desenvolvimento de baixo impacto, considerando o uso de técnicas de infraestrutura verde que tornam o processo mais natural e sustentável em detrimento de uma abordagem mais antiga e convencional.

Os objetivos propostos no início do desenvolvimento da pesquisa em questão foram alcançados. De forma inicial foi realizada uma revisão bibliográfica mais geral, onde foram abordados temáticas referentes a urbanização, desenvolvimento de baixo impacto, drenagem sustentável, ciclo hidrológico e métodos de estimativas de vazão. A partir disso, foi elaborado o primeiro artigo que consistiu na realização de uma revisão bibliográfica sistemática em artigos, teses e dissertações publicadas em território nacional acerca da temática da drenagem sustentável. Pode-se concluir com a realização deste estudo que as técnicas de drenagem sustentável já estão sendo bem abordados na literatura nacional, e pode-se considerar as mesmas até difundidas, observando-se diversos trabalhos publicados nas mais variadas regiões do País, sendo possível verificar também quais técnicas eram mais citadas pelos autores e também constatar que em todos os casos analisados, a inserção de técnicas compensatórias nas áreas de estudo proporcionou uma redução da vazão de pico e atenuação do impacto gerado pelas cheias nas bacias hidrográficas.

Tendo ciência dos resultados obtidos no primeiro artigo, foi elaborado o segundo estudo em que foi considerada uma abordagem matemática para verificação da eficiência hidráulica da aplicação de pavimentos permeáveis, jardins de chuva e telhados verdes dentro de uma área carente de Fortaleza, a qual a prefeitura municipal já havia elaborado um projeto de intervenção. Após consulta a secretaria municipal de infraestrutura do município e de posse do projeto de drenagem elaborada pela mesma, que considerou uma abordagem mais tradicional com galerias e bocas de lobo, foram simulados cenários em que as técnicas supracitadas eram aplicadas ao longo de toda a bacia de influência considerando sua máxima eficiência e sua aplicação conjunta ou não. Conclui-se que no cenário mais otimista, com a inserção de todas as técnicas compensatórias combinadas pode ser observada uma redução da vazão de pico em cerca de 1,197 m³/s ou 77,78% em relação aos valores originais na galeria principal de projeto, observou-

se também uma nítida redução no diâmetro original de projeto, sendo ilustrado que com a inserção de todas as técnicas compensatórias na área de intervenção, as galerias poderiam ser dimensionadas considerando apenas o diâmetro mínimo comercial, como valor de projeto. Assim, um aspecto importante a ser ressaltado, considerando-se os resultados simulados para o estudo de caso, é que as medidas compensatórias, para serem mais eficazes, devem ser implementadas de forma extensiva sobre a bacia.

Desta forma, com os objetivos iniciais respondidos pelos dois artigos elaborados, considerou-se que a adaptação de regiões urbanizadas e carentes aos princípios da drenagem sustentável é possível e os resultados da aplicação das técnicas compensatórias gera bons resultados, entretanto para uma continuidade das mesmas e melhor aproveitamento o apoio do poder público é fundamental, além de que se faz necessária a continuidade das políticas públicas tanto para a implementação quanto para a correta operação destes dispositivos pois devem ser previstos custos de manutenção dos mesmos visando seu correto funcionamento

REFERÊNCIAS BIBLIOGRÁFICAS

ABCP; FCTH. **Projeto Técnico: Jardins de Chuva. Soluções para a Cidade**, 2013. Disponível em: . Acesso em: 16 ago. 2021.

AKAN, A. O. **Urban Stormwater Hydrology: A Guide to Engineering Calculations**. Lancaster, PA: Technomic, 1993.

BAPTISTA, M.; NASCIMENTO, N.O.; BARRAUD, S. **Técnicas compensatórias em Drenagem Urbana**. Porto Alegre: ABRH, 2005.

BARBOSA, A.E., FERNANDES J.N., DAVID L.M. **Key issues for sustainable urban stormwater management**. *Water Research* v.46, p.6787-6798, 2012.

BARRELLA, W. et al. **As relações entre as matas ciliares os rios e os peixes**. In: RODRIGUES, R.R.; LEITÃO FILHO; H.F. (Ed.) *Matas ciliares: conservação e recuperação*. 2.ed. São Paulo: Editora da Universidade de São Paulo, 2001

BAUNGARTEN, A. P.. et al. **Determinação da Precipitação Efetiva na bacia do Rio Chopim através do método da curva número do SCS**. XV Simpósio Brasileiro de Recursos Hídricos, Curitiba, PR, 23 a 27 de novembro de 2003.

BERTONI, J. C.; TUCCI, C. E. M. **Precipitação**. In: **Hidrologia: ciência e aplicação**. 4. ed. Porto Alegre: Editora da UFRGS/ABRH, 2015. p. 177–252.

Bianchini, F., & Hewage, K. (2012). **How green are the green roof? Lifecycle analysis of green roof materials**. *Building and Environment*, (48), 57-65

BLUME, T.; ERWIN, Z., BRONSTERT, A.; 2007. **Rainfall-runoff response, eventbased runoff coefficients and hydrograph separation**. *Hydrol. Sci. J.* 52, 843–862.

BOTELHO, R. G. M. **Bacias Hidrográficas Urbanas**. Geomorfologia Urbana Rio de Janeiro, Bertrand Brasil, 2011.

BOTELHO, R. G. M; DA SILVA, A. S. **Bacia hidrográfica e Qualidade Ambiental**. In: VITTE, A. C; GUERRA, A. J. T. (Org.). Reflexões sobre a Geografia Física no Brasil Rio de Janeiro: Bertrand Brasil, 2004.

BRAGA, R. **Instrumentos para a gestão ambiental e recursos hídricos Recife**: Ed. Universitária UFPE, 2009.

BRASIL. **Lei nº 9.433**, de 08 de janeiro de 1997. Institui a Política Nacional de Recursos Hídricos e cria o Sistema Nacional de Recursos Hídricos Brasília, DF, 8 de jan. de 1997.

Canero, R. F., & Redondo, P. G. (2010). **Green Roof as a Habitat for Birds: A Review**. *Journal of Animal and Veterinary Advances*, 9 (15), 2041-2052.

CANHOLI, A.P. **Drenagem urbana e controle de enchentes**. São Paulo: Oficina de Textos, 2005. 302p.

CECÍLIO, R.A.; REIS, E.F. **Apostila didática: manejo de bacias hidrográficas**. Universidade Federal do Espírito Santo, Centro de Ciências Agrárias, Departamento de Engenharia Rural, 2006. 10p.

Cerqueira, L. F. F. (2012). **Redesenho Urbanístico de Assentamentos Informais com Vistas à Conservação da AV gua e Sustentabilidade Ambiental**. (Tese de Doutorado). Universidade do Estado do Rio de Janeiro, Rio de Janeiro, RJ, Brasil.

CERVERO, R. **Linking urban transport and land use in developing countries**. *Journal of Transport and Land use (JTLU)*, v. Vol. 6, p. 7–24, 2013.

CHAHAR, B.R.; GRAILLOT, D.; GAUR, S. **Storm-Water Management through Infiltration Trenches**. **Technical release**: Journal of Irrigation and Drainage Engineering, p. 274-281, 2012.

CHEVALLIER, P. **Aquisição e Processamento de Dados**. In: TUCCI, Carlos E. M. et al. Hidrologia: ciência e aplicação. Porto Alegre: UFRGS/ABRH, 4ª ed., 2007.

CMAA – CONCRETE MASONRY ASSOCIATION OF AUSTRALIA. **Permeable Interlocking Concrete Pavements – Design and Construction Guide**. 2010, 30p.

CNRH. **Resolução n. 32, de 15 de outubro de 2003**. Anexo I. Conselho Nacional de Recursos Hídricos. Brasília, DF: Ministério do Meio Ambiente, 2003.

COELHO NETO, A. L. Hidrologia de Encosta na Interface com a Geomorfologia. In: GUERRA, A. J. T; CUNHA, S. B. (Org.). Geomorfologia: uma atualização de bases e conceitos. Rio de Janeiro: Bertrand Brasil, 2007. cap. 3

COELHO, Gustavo de Almeida. **Análise da não estacionaridade da precipitação em São Paulo**. 2014. 197 f. Dissertação (Mestrado) - Curso de Engenharia Hidráulica, Departamento de Engenharia Hidráulica e Ambiental, Universidade de São Paulo, São Paulo, 2014.

COLLISCHONN, W.; Dornelles, F. **Hidrologia para engenharias e ciências ambientais**. 1 ed. Porto Alegre: Associação brasileira de recursos hídricos: ABRH, 2013

COSTA, M.A, SANTOS GOMES, A.M.I e ADRIANO, H. S. R. **Política Nacional de Desenvolvimento Urbano: ambivalências, tensões e contradições** (p. 201- 226). In: STEINBERG, Marília (org.) Território, agentes-atores e políticas públicas espaciais. Brasília: Ler Editora, 2017. 438 p.

CRUZ, M.A.S.; TUCCI, C.E.M. Avaliação dos cenários de planejamento da drenagem urbana. Revista Brasileira de Recursos Hídricos, v.13, n.3, p.59-71, 2008.

DAVIS, Mckenna; NAUMANN, Sandra. Making the Case for Sustainable Urban Drainage Systems as a Nature-Based Solution to Urban Flooding. In: KABISCH, Nadja et al. **Naturebased Solutions to Climate Change Adaptation in Urban Areas: Linkages between Science, Policy and Practice**. Alemanha: Springer Open, 2017. p. 123-138.

DAYANA MARTINS NUNES; PAULO LUIZ DA FONSECA; LUCIENE PIMENTEL DA SILVA. **Avaliação do papel dos telhados verdes no desenho e desenvolvimento urbano de baixo impacto ambiental e no controle de enchentes na Cidade do Rio de Janeiro**. Labor & Engenho, Campinas, v. 11, n. 3, p. 374-393, set. 2017. Trimestral.

DEPARTAMENTO DE ÁGUAS E ENERGIA ELÉTRICA. **Manual de cálculos das vazões máximas, médias e mínimas nas bacias hidrográficas do Estado de São Paulo**. São Paulo, 1994. 64p.

- DIOGO, Francisco José d'Almeida; SCIAMMARELLA, José Carlos. **Manual de Pavimentação Urbana: Drenagem – Manual de Projetos**. 2.ed.Rio de Janeiro: Associação Brasileira de Pavimentação, 2008. 160p
- DOOGE, J.C.I. **Synthetic unit hydrographs based on triangular inflow**. 1956. 103 f. M.S. Thesis, Iowa State University, 1956.
- DUNNETT, Nigel; CLAYDEN, Andy. **Rain Gardens: Managing water sustainably in the garden and designed landscape**. Timber Press, Portland, jan. 2007.
- ELLIOTT, A; TROWSDALE, S. **A review of models for low impact urban stormwater drainage**. Environmental Modelling & Software, v.22, n.3, p.394-405, 2007.
- EPA, 1998. **Stream Corridor Restoration – principles, processes and practices**. Environmental Protection Agency, EUA.
- Esteves, F., 1988. **Fundamentos de Limnologia**. Ed. Interciência/FINEP, Rio de Janeiro.
- FAUSTINO, J. **Planificación y gestión de manejo de cuencas**. Turrialba: CATIE, 1996. 90p.
- FLETCHER T.D.; SHUSTER, W.; HUNT, W.F.; ASHLEY, R.; BUTLER, D.; ARTHUR, S.T.; BARRAUD, S.; DAVIES, A.S.; KRAJEWSKI, J.B.; MIKKELSEN, P.S.; RIVARD, G.; UHL, M. DAGENAIS, D.; VIKLANDER, M. SUDS, LID, BMPs, WSUD and more – **The evolution and application of terminology surrounding urban drainage**. *Urban Water Journal*, v.12, n.7, p.525-542. 2015.
- GEOFUSION (São Paulo) (Org.). **RAIO X DAS COMUNIDADES CARENTES NO BRASIL**. 2014. Disponível em: <https://geofusion.com.br/imprensa-e-noticias/raio-x-das-comunidades-carentes-do-brasil/>. Acesso em: 05 set. 2021.
- Gnecco, I., Palla, A., Lanza, L. *et al.* **The Role of Green Roofs as a Source/sink of Pollutants in Storm Water Outflows**. *Water Resour Manage* 27, 4715–4730 (2013). <https://doi.org/10.1007/s11269-013-0414-0>
- GOLDENFUN, J.A.; TASSI, R.; MELLER, A.; ALLASIA, D.G.; SILVEIRA, A.L. **Challenges for the Sustainable Urban Stormwater Management in Developing Countries: From basic education to technical and institutional issues**. NOVATECH, Lyon. p.1-8, 2007.

GRANZIERA, M. L. M. **Direito de águas: disciplina jurídica de águas doces**. São Paulo: Atlas, 2001.

Guimarães, R. C. (2017). Capítulo 5 - **Escoamento Superficial**. In: Guimarães, R. C., Shahidian, S. e Rodrigues, C. M. (Editores). *Hidrologia Agrícola*, 2ª edição. ISBN: 978-989-8550-40-8. ECT e ICAAM. Évora, 119-132.

HAYWOOD – **Community College, Natural Resources Management**.

HESS, Amanda Jean. **MONITORING OF EVAPOTRANSPIRATION AND INFILTRATION IN RAIN GARDEN DESIGNS**. 2014. 127 f. Dissertação (Mestrado) - Curso de Engenharia Civil, Villanova University, Villanova, 2014.

INSTITUTO BRASILEIRO DE GEOGRAFIA E ESTATÍSTICA – **IBGE. INDICADORES DEMOGRÁFICOS. DISPONÍVEL EM:** <<https://www.ibge.gov.br>. Acesso em: 07/10/2021.
INSTITUTO BRASILEIRO DE GEOGRAFIA E ESTATÍSTICA. **Atlas do censo demográfico 2010**. Rio de Janeiro: [s.n.].

JENKINS, J., WADZUK, B., WELKER, A. (2010). **Fines Accumulation and Distribution in a Storm-Water Rain Garden Nine Years Postconstruction**. Dept. of Geography and the Environment, Villanova Univ. Villanova, Pensilvânia.

JÚNIOR, A. R. B., 2015. **Elementos de Hidrologia Aplicada** - UFOP - Universidade Federal de Ouro Preto 92–155.

KIRPICH, T.P. **Time of Concentration of Small Agricultural Watersheds**. J. of Civ. Eng., v.10, n.6, p. 362, 1940.

LEFEBVRE, Henri. **O direito à cidade**. São Paulo: Moraes, 1991.
Leite, C. (2012). **Cidades Sustentáveis, Cidades Inteligentes: Desenvolvimento Sustentável num Planeta Urbano**. Porto Alegre: Bookman.

Lencastre A. e Franco F. M. (2003). **Lições de Hidrologia**, Fundação Armando Lencastre, ISBN 972-8152-59-0, Lisboa.

LENCASTRE, A. **Hidráulica Geral**. 2 ed. Luso-Brasileira, Lisboa, 1991.

LI, J. Q. & ZHAO, W. W. (2008) **Design and Hydrologic Estimation Method of Multipurpose Rain Garden: Beijing Case Study**. **International Low Impact Development Conference**. Seattle, Washington.

Lima, P.R. A.; Leopoldo, P.L. **Quantificação de componentes hidrológica de uma mata ciliar, através do modelo de balanço de massas**. *Revista Árvore*, Viçosa, v.24, n.3, p. 241-252. 2000

LIMA, W.P.; ZAKIA M.J.B. **Hidrologia de matas ciliares**. In: RODRIGUES; R.R.; LEITÃO FILHO; H.F. (Ed.) *Matas ciliares: conservação e recuperação*. 2.ed. São Paulo: Editora da Universidade de São Paulo, 2000. p.33-43.
LIPTAN, Tomas; MURASE, Robert K. **Watergardens as Stormwater Infrastructure in Portland, Oregon**. 2002. Disponível em: . Acesso em: 21 ago. 2019.

LOUKAS, A. & QUICK, M.C. **Physically-based estimation of lag time for forested mountainous watersheds**. *Hydrol. Sci. J.*, v.41, n.1, p.1- 19, 1996.

MACIVOR, J. S. & LUNDHOLM, J. (2010) **Insect species composition and diversity on intensive green roofs and adjacent level-ground habitats**. *Urban Ecosystem*. V. 14, n. 1, p 1-17.

MARCHIONI, M., SILVA, C. O., 2011. **Pavimento intertravado permeável: melhores práticas**. São Paulo. Editora Associação Brasileira de Cimento Portland (ABCP). 24p.

MARQUES, A. S., et. al. **Sistemas de drenagem de águas pluviais**. ERSAR, Lisboa, Portugal, 2013.

MARSH, W. . **Earthscape: A Physical Geography**. New York: John Wiley and Sons, 1987

MARTINS, Leandro Guimarães Bais. **Avaliação do potencial de aplicação de técnicas compensatórias em áreas urbanas consolidadas**. 2017. 197 f. Dissertação (Mestrado) - Curso de Engenharia Hidráulica e Saneamento, Universidade de São Paulo, São Carlos, 2017. Disponível em: <https://www.teses.usp.br/teses/disponiveis/18/18138/tde-16042018-103719/pt-br.php>. Acesso em: 25 ago. 2021.

MAYS, Larry W. **Water resources engineering**. Wiley, 2005

MELO, Tássia dos Anjos Tenório de. **JARDIM DE CHUVA: SISTEMA DE BIORRETENÇÃO COMO TÉCNICA COMPENSATÓRIA NO MANEJO DE ÁGUAS PLUVIAIS URBANAS**. 2011. 137 f. Dissertação (Mestrado) - Curso de Engenharia Civil, Universidade Federal de Pernambuco, Recife, 2011.

MIGUEZ, M. G., VERÓL, A. P., CARNEIRO, P. R. F., “**Sustainable Drainage Systems: An Integrated Approach, Combining Hydraulic Engineering Design, Urban Land Control and River Revitalisation Aspects**”. In: Javaid, M. S. (ed), *Drainage Systems*, 1 ed., chapter 2, Croatia, Intech, 2012.

MIRANDA, Ricardo Augusto Calheiros de; OLIVEIRA, Marcus Vinicius Siqueira de; SILVA, Danielle Ferreira da. **CICLO HIDROLÓGICO PLANETÁRIO: ABORDAGENS E CONCEITO**. *Geo Uerj*, Rio de Janeiro, v. 1, n. 21, p. 109-119, set. 2010. Semestral. Disponível em: <https://www.e-publicacoes.uerj.br/index.php/geouerj/article/viewFile/1461/1226>. Acesso em: 01 set. 2021.

MOTA, A. A. (2012) **Tempo de concentração em pequena bacia experimental. Florianópolis: UFSC/CTC/ENS**, 131f. Dissertação (Mestrado em Engenharia Ambiental) - Programa de PósGraduação em Engenharia Ambiental, Universidade Federal de Santa Catarina.

Oliveira, E. W. N. de. (2009). **Telhados verdes para habitações de interesse social: retenção das águas pluviais e conforto térmico**. (Dissertação de Mestrado) – Faculdade de Engenharia, Universidade do Estado do Rio de Janeiro, Rio de Janeiro, RJ, Brasil

OSÓRIO, Letícia Marques. Direito à moradia adequada na América Latina. In: **Direito à moradia e segurança da posse no Estatuto da Cidade: diretrizes, instrumentos e processos de gestão**. Belo Horizonte: Fórum, 2004.

PENNER, Giovanni Chaves; LIMA, Marlon Pontonico. **COMPARAÇÃO ENTRE MÉTODOS DE DETERMINAÇÃO DA EQUAÇÃO DE CHUVAS INTENSAS PARA A CIDADE DE RIBEIRÃO PRETO**. *Geociências*, São Paulo, v. 35, n. 4, p. 542-559, dez. 2016. Disponível em: https://www.revistageociencias.com.br/geociencias-arquivos/35/volume35_4_files/35-4-artigo-04.pdf. Acesso em: 15 set. 2021.

PESSOA, M. L. **Hidrometeorologia com Radar**. In: TUCCI, Carlos E. M. et al. *Hidrologia: ciência e aplicação*. Porto Alegre: UFRGS/ABRH, 4ª ed., 2007.

PGCo – Prince George’s County, Maryland, **Low-impact development design strategies: an integrated design approach**. Maryland: Department of Environmental Resources, Prince George’s County, 1999.

PIELKE, R. A. **Influence of the spatial distribution of vegetation and soils on the prediction of cumulus convective rainfall**. *Reviews of Geophysics*, v. 39. n. 2, p. 151-177, Maio 2001

PINTO, Liliane Costa Alves. **Desempenho de Pavimentos Permeáveis Como Medida Mitigadora da Impermeabilização do Solo**. 2011. 283 f. Tese (Doutorado) - Curso de Engenharia Civil, Engenharia Hidráulica, Universidade de São Paulo, São Paulo, 2011.

PINTO, Nelson L. de Souza et al. **Hidrologia Básica**. São Paulo: Edgard Blücher, 1976.

PORTO, Monica F. A.; PORTO, Rubem La Laina. Gestão de bacias hidrográficas. **Estudos Avançados**, [S.L.], v. 22, n. 63, p. 43-60, 2008. FapUNIFESP (SciELO). <http://dx.doi.org/10.1590/s0103-40142008000200004>.

PORTO, R. et al (1993). **Drenagem Urbana**. In: TUCCI, C. (org.). *Hidrologia: Ciência e Aplicação*. Porto Alegre: Edusp / ABRH / Editora da Universidade UFRGS.

PORTO, R. L. L. **Escoamento Superficial Direto**. In: TUCCI, C. E. M.; PORTO, R. L. L.; BARROS, M. P. (org.). *Drenagem Urbana*, Coleção ABRH de Recursos Hídricos, vol. 5, Ed. da Universidade, Associação Brasileira de Recursos Hídricos, Porto Alegre, 1995.

PRINCE GEORGE’S COUNTY. (2007) **Low-Impact Development Hydrologic Analysis**. Department of Environmental Resources, Maryland. 45p.

Quintela A. C. (1992). *Hidráulica aplicada*. Parte I - **Hidrologia e Recursos Hídricos**. Instituto Superior Técnico. Lisboa

RIBAS, Larissa Virgínia da Silva. **EXPERIMENTAÇÃO E MODELAGEM DO COMPORTAMENTO HIDRODINÂMICO DE UM PAVIMENTO PERMEÁVEL**. 2017. 124 f. Dissertação (Mestrado) - Curso de Engenharia Civil, Recursos Hídricos, Universidade Federal de Pernambuco, Recife, 2017.

ROCCO, Domenic. (2009). “**A Risk-Based Approach for Sizing Stormwater Infiltration BMPs**.” Watershed Management Program PA DEP Southeast Region. Filadelfia, Pensilvânia.

ROLNIK, Raquel. **A construção de uma política fundiária e de planejamento urbano para o país – avanços e desafios. In: Políticas sociais – acompanhamento e análise.** Brasília: IPEA, 2006.

Rowe, D. B. (2011). **Green roofs as means of pollution abatement. Environmental Pollution**, (159), 2100-2110

ROWE, D. B., “**Green roofs as a means of pollution abatement**”, *Environmental Pollution*, v. 159, I. 8-9, pp. 2100–2110. Elsevier, USA, 2011.

SANTANA, D.P. **Manejo Integrado de Bacias Hidrográficas. Sete Lagoas: Embrapa Milho e Sorgo**, 2003. 63p. (Embrapa Milho e Sorgo. Documentos, 30).

SANTOS, Luciana Cabral Costa. **ESTIMATIVA DE VAZÕES MÁXIMAS DE PROJETO POR MÉTODOS DETERMINÍSTICOS E PROBABILÍSTICOS**. 2010. 173 f. Dissertação (Mestrado) - Curso de Engenharia Ambiental, Universidade Federal do Espírito Santo, Vitória, 2010. Disponível em: https://repositorio.ufes.br/bitstream/10/10243/1/tese_4366_.pdf. Acesso em: 27 set. 2021.

SANTOS, M., SOUZA C. A., SOUSA, J. B. de, FILHO, A. R., SANTOS, R. P. dos. **A dinâmica fluvial da bacia hidrográfica do Córrego Cachoeirinha no município de Cáceres MT**, 64 Brasil. *Enciclopédia Biosfera*. Centro Científico Conhecer – Goiânia: 2013. V.9, n.17; pp. 3160-3187.

SÃO PAULO. Gilmar Altamirano. Secretaria Municipal de Meio Ambiente. **Caderno Das Águas**. São Paulo: Secretaria Municipal de Meio Ambiente, 2020. 29 p. Disponível em: https://www.prefeitura.sp.gov.br/cidade/secretarias/upload/guia_aguas_1253304123.pdf. Acesso em: 11 out. 2021.

SILVA, C.M.P . **Vulnerabilidade socioespacial relacionada a precipitação e ventos em Atibaia – SP**. Dissertação (Mestrado em Geografia). Campinas: UNICAMP, 2011.

Silva, G.J.A. (2011). **Cidades Sustentáveis: Uma nova condição urbana. Estudo de Caso Cuiabá MT**. Tese de Doutorado da Faculdade de Arquitetura e Urbanismo. Universidade de Brasília, Brasília, DF, Brasil.

SILVA, Luiz Antônio Machado da Silva. **A política na favela.** In: **Dilemas: Revista de estudos de conflito e controle social.** Vol. 4 – nº 4. Rio de Janeiro: NECVU. 2011

SILVEIRA, A. L. L. DA. **Ciclo Hidrológico e Bacia Hidrográfica.** In: **Hidrologia: ciência e aplicação.** 4. ed. Porto Alegre: Editora da UFRGS/ABRH, 2015.

SMDU - Secretaria Municipal de Desenvolvimento Urbano. **Manual de drenagem urbana e manejo de águas pluviais - Aspectos tecnológicos: fundamentos.** São Paulo: Prefeitura de São Paulo, 2012. v.2, cap. 3-5, p. 133-214

SOUZA, Vladimir Caramori Borges de; MORAES, Luiz Roberto Santos; BORJA, Patrícia Campos. **Déficit na drenagem urbana: buscando o entendimento e contribuindo para a definição.** Revista Eletrônica de Gestão e Tecnologias Ambientais, [s.l.], v. 1, n. 2, p.162- 175, 13 nov. 2013. Revista GESTA. <http://dx.doi.org/10.17565/gesta.v1i2.7213>.

STORMWATERPA (org.). **Pennsylvania Stormwater Best Management Practices Manual.** Philadelphia: Stormwaterpa, 2006. 257 p. Disponível em: http://www.stormwaterpa.org/assets/media/BMP_manual/chapter_6/Chapter_6-4-5.pdf. Acesso em: 20 out. 2021.

TOMAZ, P. **Curso de manejo de águas pluviais.** Apostila. Capítulo 2: Método Racional. 2013. Disponível em . Acesso em 07 set. 2021.

TOMAZ, Plínio. **Cálculos hidrológicos e hidráulicos para obras municipais.** Navegar, 2002. 452 p.

TOSCAN NETO, Ângelo. **Simulação de sistemas de drenagem urbana sustentável aplicada em um loteamento urbano utilizando o EPA SWMM.** 2019. Dissertação (Mestrado em Programa de Pós-Graduação em Engenharia Civil) - Universidade Tecnológica Federal do Paraná, Pato Branco, 2019.

TUCCI, C. E. M. **Escoamento superficial.** In: TUCCI, C. E. M. (Org). **Hidrologia: Ciência e Aplicação.** São Paulo: Editora da Universidade de São Paulo, 1993. p. 391-441.

TUCCI, C. E. M. **Fundamentos do Escoamento Não-permanente**. In: Hidrologia: Ciência e Aplicação. 4. ed. Porto Alegre: Editora da UFRGS/ABRH, 2015. p. 373– 389.

TUCCI, C. E. M., 2000. **Coeficiente de escoamento e vazão máxima de bacias urbanas**. RBRH - Rev. Bras. Recur. Hídricos 5, 61–68.

TUCCI, C.E.M. (Org.) **Hidrologia: ciência e aplicação**. 2. ed. Porto Alegre: Editora da Universidade: ABRH, (Coleção ABRH de Recursos Hídricos; v.4). 1997.

URRUTIAGUER, M.; EDWARDS, P.; CHANDLER, C. **The Evolution of a WSUD Capacity Building Program: The Role of Implementation Targets**. NOVATECH, p. 1–10, 2010.

US EPA – **United States Environmental Protection Agency, Low Impact Development – A Literature Review**, EPA-841-B-00-005. Washington, DC: Office of Water, 2000

USDoD – **United States Department of Defense, Unified Facilities Criteria (UFC) Design: Low Impact Development Manual**, USA, 2004.

WOODS-BALLARD, B. et al. **The SUDS manual**. London: CIRIA, 2015.

WORLD METEOROLOGICAL ORGANIZATION. **Manual on Estimation of Probable Maximum Precipitation - PMP**. Geneva, 2009a. 291 p

ZANELLA, Maria Elisa; OLÍMPIO, João Luís; COSTA, Maria Clélia Lustosa; DANTAS, Eustógio Wanderley Correia. **Vulnerabilidade socioambiental do baixo curso da bacia hidrográfica do Rio Cocó, Fortaleza-CE**. *Sociedade & Natureza*, [S.L.], v. 25, n. 2, p. 317-332, ago. 2013. FapUNIFESP (SciELO). <http://dx.doi.org/10.1590/s1982-45132013000200009>.

ANEXO A – PLANILHAS DE DIMENSIONAMENTO HIDRÁULICO

PLANILHA DE DIMENSIONAMENTO HIDRÁULICO DOS COLETORES PRINCIPAIS DE DRENAGEM DE ÁGUAS PLUVIAIS (PROJETO ORIGINAL)								
Galeria	Coefficiente de escoamento	Tempo de concentração	Intensidade de precipitação	Vazão	Rugosidade	Declividade da galeria (i)	Diâmetro Calculado	Seção comercial
Trecho	(C)	tc (min)	I - (mm/h)	(m³/s)	n	m/m	(mm)	(mm)
G1-1	0,45	10,00	152,42	0,240	0,009	0,0152	342,6839	PEADØ600
G1-2	0,45	10,00	152,42	0,330	0,009	0,0140	392,1515	PEADØ600
G1-3	0,45	10,00	152,42	0,880	0,009	0,0320	485,1494	PEADØ600
G1-4	0,45	10,00	152,42	0,880	0,009	0,0330	482,3583	PEADØ600
G1-5	0,45	10,00	152,42	0,880	0,009	0,0340	479,6659	PEADØ600
G1-6	0,45	10,00	152,42	0,880	0,009	0,0100	603,3803	PEADØ750
G1-7	0,45	10,00	152,42	2,149	0,009	0,0260	705,0036	PEADØ750
G1-8	0,45	10,00	152,42	2,210	0,009	0,0350	673,8209	PEADØ750
G2-1	0,45	10,00	152,42	0,059	0,009	0,0050	249,4151	PEADØ600
G2-2	0,45	10,00	152,42	0,259	0,009	0,0230	326,2673	PEADØ600
G2-3	0,45	10,00	152,42	0,440	0,009	0,0170	421,2071	PEADØ600
G3-1	0,45	10,00	152,42	0,219	0,009	0,0040	425,2952	PEADØ600
G3-2	0,45	10,00	152,42	0,370	0,009	0,1500	262,4029	PEADØ600
G3-3	0,45	10,00	152,42	0,370	0,009	0,0160	399,2209	PEADØ600
G3-4	0,45	10,00	152,42	0,370	0,009	0,0340	346,6039	PEADØ600
G3-5	0,45	10,00	152,42	0,370	0,009	0,0010	671,4069	PEADØ750
G3-6	0,45	10,00	152,42	0,730	0,009	0,0030	705,0112	PEADØ750
G3-7	0,45	10,00	152,42	0,770	0,009	0,0060	631,5981	PEADØ750
G3-8	0,45	10,00	152,42	0,770	0,009	0,0050	653,5628	PEADØ750
G3-9	0,45	10,00	152,42	0,880	0,009	0,0050	687,1227	PEADØ750
G4-1	0,45	10,00	152,42	0,120	0,009	0,0240	242,5568	PEADØ600
G4-2	0,45	10,00	152,42	0,360	0,009	0,0510	317,9466	PEADØ600
G4-3	0,45	10,00	152,42	0,440	0,009	0,0600	332,5076	PEADØ600
G4-4	0,45	10,00	152,42	0,450	0,009	0,0610	334,2839	PEADØ600
G4-5	0,45	10,00	152,42	0,471	0,009	0,0560	345,5475	PEADØ600

G4-6	0,45	10,00	152,42	0,530	0,009	0,0150	462,3773	PEADØ600
G4-7	0,45	10,00	152,42	2,060	0,009	0,0080	865,5277	PEADØ900
G4-8	0,45	10,00	152,42	2,140	0,009	0,0080	877,9827	PEADØ900
G4-9	0,45	10,00	152,42	2,189	0,009	0,0050	967,0422	PEADØ1050
G4-10	0,45	10,00	152,42	2,241	0,009	0,0040	1017,2779	PEADØ1050
G4-11	0,45	10,00	152,42	2,241	0,009	0,0040	1017,2779	PEADØ1050
G5-1	0,45	10,00	152,42	0,030	0,009	0,0050	193,5413	PEADØ600
G5-2	0,45	10,00	152,42	0,080	0,009	0,0050	279,5838	PEADØ600
G5-3	0,45	10,00	152,42	0,080	0,009	0,0250	206,7546	PEADØ600
G5-4	0,45	10,00	152,42	0,099	0,009	0,0270	220,7459	PEADØ600
G5-5	0,45	10,00	152,42	0,179	0,009	0,0490	246,5008	PEADØ600
G5-6	0,45	10,00	152,42	0,179	0,009	0,0080	346,2587	PEADØ600
G5-7	0,45	10,00	152,42	0,240	0,009	0,0100	370,6716	PEADØ600
G6-1	0,45	10,00	152,42	0,019	0,009	0,0340	113,8388	PEADØ600
G6-2	0,45	10,00	152,42	0,040	0,009	0,0270	157,1455	PEADØ600
G6-3	0,45	10,00	152,42	0,080	0,009	0,0200	215,5886	PEADØ600
G6-4	0,45	10,00	152,42	0,080	0,009	0,0320	197,4028	PEADØ600
G6-5	0,45	10,00	152,42	0,191	0,009	0,0170	308,0268	PEADØ600
G6-6	0,45	10,00	152,42	0,520	0,009	0,0170	448,4378	PEADØ600
G6-7	0,45	10,00	152,42	0,520	0,009	0,0340	393,7849	PEADØ600
G6-8	0,45	10,00	152,42	0,520	0,009	0,0100	495,3491	PEADØ600
G6-9	0,45	10,00	152,42	0,659	0,009	0,0050	616,5032	PEADØ750
G6-10	0,45	10,00	152,42	0,939	0,009	0,0020	836,0199	PEADØ900
G6-11	0,45	10,00	152,42	0,939	0,009	0,0020	836,0199	PEADØ900
G6-12	0,45	10,00	152,42	1,280	0,009	0,0030	870,2693	PEADØ900
G6-13	0,45	10,00	152,42	1,431	0,009	0,0030	907,4334	PEADØ1050
G6-14	0,45	10,00	152,42	1,539	0,009	0,0030	932,5334	PEADØ1050
G7-1	0,45	10,00	152,42	0,040	0,009	0,0410	145,3067	PEADØ600
G7-2	0,45	10,00	152,42	0,040	0,009	0,0110	185,9608	PEADØ600
G8-1	0,45	10,00	152,42	0,070	0,009	0,0220	201,4270	PEADØ600
G8-2	0,45	10,00	152,42	0,070	0,009	0,0160	213,8205	PEADØ600
G8-3	0,45	10,00	152,42	0,070	0,009	0,0360	183,6603	PEADØ600
G8-4	0,45	10,00	152,42	0,271	0,009	0,0300	315,7282	PEADØ600
G9-1	0,45	10,00	152,42	0,080	0,009	0,0590	176,0087	PEADØ600

G9-2	0,45	10,00	152,42	0,120	0,009	0,0350	225,9906	PEADØ600
G9-3	0,45	10,00	152,42	0,271	0,009	0,0390	300,5723	PEADØ600
L-1	0,45	10,00	153,42	0,040	0,009	0,0100	189,3140	PEADØ450
L-2	0,45	10,00	154,42	0,201	0,009	0,0200	304,5549	PEADØ450
L-3	0,45	10,00	155,42	0,019	0,009	0,0100	143,1999	PEADØ450
L-4	0,45	10,00	156,42	0,070	0,009	0,0100	233,5188	PEADØ450
L-5	0,45	10,00	157,42	0,020	0,009	0,0100	145,9810	PEADØ450
L-6	0,45	10,00	158,42	0,030	0,009	0,0100	169,9537	PEADØ450
L-7	0,45	10,00	159,42	0,010	0,009	0,0100	112,5668	PEADØ450
L-8	0,45	10,00	160,42	0,060	0,009	0,0100	220,4027	PEADØ450
L-9	0,45	10,00	161,42	0,230	0,009	0,0100	364,8027	PEADØ450
L-10	0,45	10,00	162,42	0,160	0,009	0,0100	318,3869	PEADØ450
L-11	0,45	10,00	163,42	0,020	0,009	0,0100	145,9810	PEADØ450
L-12	0,45	10,00	164,42	0,039	0,009	0,0100	187,5251	PEADØ450
L-13	0,45	10,00	165,42	0,159	0,009	0,0200	278,9273	PEADØ450
L-14	0,45	10,00	166,42	0,221	0,009	0,0200	315,5834	PEADØ450
L-15	0,45	10,00	167,42	0,010	0,009	0,0100	112,5668	PEADØ450
L-16	0,45	10,00	168,42	0,131	0,009	0,0100	295,3839	PEADØ450
L-17	0,45	10,00	169,42	0,089	0,009	0,0100	255,5238	PEADØ450
L-18	0,45	10,00	170,42	0,200	0,009	0,0100	346,1756	PEADØ450
L-19	0,45	10,00	171,42	0,169	0,009	0,0100	324,9883	PEADØ450
L-20	0,45	10,00	172,42	0,041	0,009	0,0100	191,0751	PEADØ450
L-21	0,45	10,00	173,42	0,061	0,009	0,0100	221,7731	PEADØ450
L-22	0,45	10,00	174,42	0,050	0,009	0,0100	205,8372	PEADØ450
L-23	0,45	10,00	175,42	0,039	0,009	0,0100	187,5251	PEADØ450
L-24	0,45	10,00	176,42	0,090	0,009	0,0100	256,5967	PEADØ450
L-25	0,45	10,00	177,42	0,020	0,009	0,0100	145,9810	PEADØ450
L-26	0,45	10,00	178,42	0,060	0,009	0,0100	220,4027	PEADØ450
L-27	0,45	10,00	179,42	0,020	0,009	0,0100	145,9810	PEADØ450
L-28	0,45	10,00	180,42	0,009	0,009	0,0100	108,2059	PEADØ450
L-29	0,45	10,00	181,42	0,050	0,009	0,0100	205,8372	PEADØ450
L-30	0,45	10,00	182,42	0,009	0,009	0,0100	108,2059	PEADØ450
L-31	0,45	10,00	183,42	0,030	0,009	0,0100	169,9537	PEADØ450
L-32	0,45	10,00	184,42	0,039	0,009	0,0100	187,5251	PEADØ450

L-33	0,45	10,00	185,42	0,021	0,009	0,0100	148,6765	PEADØ450
L-34	0,45	10,00	186,42	0,030	0,009	0,0100	169,9537	PEADØ450
L-35	0,45	10,00	187,42	0,021	0,009	0,0100	148,6765	PEADØ450
L-36	0,45	10,00	188,42	0,031	0,009	0,0100	172,0564	PEADØ450
L-37	0,45	10,00	189,42	0,059	0,009	0,0100	219,0179	PEADØ450
L-38	0,45	10,00	190,42	0,040	0,009	0,0100	189,3140	PEADØ450
L-39	0,45	10,00	191,42	0,010	0,009	0,0100	112,5668	PEADØ450
L-40	0,45	10,00	192,42	0,060	0,009	0,0100	220,4027	PEADØ450
L-41	0,45	10,00	193,42	0,041	0,009	0,0100	191,0751	PEADØ450
L-42	0,45	10,00	194,42	0,109	0,009	0,0100	275,7053	PEADØ450
L-43	0,45	10,00	195,42	0,029	0,009	0,0100	167,8067	PEADØ450
L-44	0,45	10,00	196,42	0,029	0,009	0,0100	167,8067	PEADØ450
L-45	0,45	10,00	197,42	0,151	0,009	0,0100	311,5491	PEADØ450
L-46	0,45	10,00	198,42	0,030	0,009	0,0100	169,9537	PEADØ450
L-47	0,45	10,00	199,42	0,080	0,009	0,0100	245,5098	PEADØ450
L-48	0,45	10,00	200,42	0,020	0,009	0,0100	145,9810	PEADØ450
L-49	0,45	10,00	201,42	0,050	0,009	0,0100	205,8372	PEADØ450
L-50	0,45	10,00	202,42	0,020	0,009	0,0100	145,9810	PEADØ450
L-51	0,45	10,00	203,42	0,010	0,009	0,0100	112,5668	PEADØ450
L-52	0,45	10,00	204,42	0,059	0,009	0,0100	219,0179	PEADØ450
L-53	0,45	10,00	205,42	0,141	0,009	0,0100	303,6458	PEADØ450
L-54	0,45	10,00	206,42	0,041	0,009	0,0100	191,0751	PEADØ450
L-55	0,45	10,00	207,42	0,039	0,009	0,0100	187,5251	PEADØ450
L-56	0,45	10,00	208,42	0,049	0,009	0,0100	204,2837	PEADØ450
L-57	0,45	10,00	209,42	0,021	0,009	0,0100	148,6765	PEADØ450
L-58	0,45	10,00	210,42	0,021	0,009	0,0100	148,6765	PEADØ450
L-59	0,45	10,00	211,42	0,050	0,009	0,0100	205,8372	PEADØ450
L-60	0,45	10,00	212,42	0,011	0,009	0,0100	116,6628	PEADØ450
L-61	0,45	10,00	213,42	0,029	0,009	0,0100	167,8067	PEADØ450
L-62	0,45	10,00	214,42	0,011	0,009	0,0100	116,6628	PEADØ450
L-63	0,45	10,00	215,42	0,089	0,009	0,0100	255,5238	PEADØ450
L-64	0,45	10,00	216,42	0,041	0,009	0,0100	191,0751	PEADØ450
LG-1	0,45	10,00	217,42	0,049	0,009	0,0100	204,2837	PEADØ450
LG-2	0,45	10,00	218,42	0,011	0,009	0,0100	116,6628	PEADØ450

LG-3	0,45	10,00	219,42	0,181	0,009	0,0100	333,4568	PEADØ450
LG-4	0,45	10,00	220,42	0,011	0,009	0,0100	116,6628	PEADØ450
LG-5	0,45	10,00	221,42	0,180	0,009	0,0100	332,7648	PEADØ450
LG-6	0,45	10,00	222,42	0,011	0,009	0,0100	116,6628	PEADØ450
LG-15	0,45	10,00	223,42	0,109	0,009	0,0100	275,7053	PEADØ450
LG-18	0,45	10,00	224,42	0,109	0,009	0,0100	275,7053	PEADØ450

PLANILHA DE DIMENSIONAMENTO HIDRÁULICO DOS COLETORES PRINCIPAIS DE DRENAGEM DE ÁGUAS PLUVIAIS (JARDINS DE CHUVA)

Galeria	Coefficiente de escoamento	Tempo de concentração	Intensidade de precipitação	Vazão	Rugosidade	Declividade de da galeria (i)	Declividade de da galeria (i)	Diâmetro Calculado	Seção comercial
Trecho	(C)	tc (min)	I - (mm/h)	(m³/s)	n	m/m	%	(mm)	(mm)
G1-1	0,43	10,00	152,42	0,229	0,009	0,0152	1,52	336,7075	PEADØ600
G1-2	0,43	10,00	152,42	0,315	0,009	0,0140	1,4	385,3697	PEADØ600
G1-3	0,43	10,00	152,42	0,841	0,009	0,0320	3,2	476,9722	PEADØ600
G1-4	0,43	10,00	152,42	0,841	0,009	0,0330	3,3	474,2281	PEADØ600
G1-5	0,43	10,00	152,42	0,841	0,009	0,0340	3,4	471,5811	PEADØ600
G1-6	0,43	10,00	152,42	0,841	0,009	0,0100	1,0	593,2103	PEADØ600
G1-7	0,43	10,00	152,42	2,054	0,009	0,0260	2,6	693,1509	PEADØ750
G1-8	0,43	10,00	152,42	2,112	0,009	0,0350	3,5	662,4569	PEADØ750
G2-1	0,43	10,00	152,42	0,056	0,009	0,0050	0,5	244,5816	PEADØ600
G2-2	0,43	10,00	152,42	0,248	0,009	0,0230	2,3	321,0004	PEADØ600
G2-3	0,43	10,00	152,42	0,421	0,009	0,0170	1,7	414,2922	PEADØ600
G3-1	0,43	10,00	152,42	0,209	0,009	0,0040	0,4	417,9061	PEADØ600
G3-2	0,43	10,00	152,42	0,353	0,009	0,1500	1,4	257,8152	PEADØ600
G3-3	0,43	10,00	152,42	0,353	0,009	0,0160	1,6	392,2412	PEADØ600
G3-4	0,43	10,00	152,42	0,353	0,009	0,0340	3,4	340,5441	PEADØ600
G3-5	0,43	10,00	152,42	0,353	0,009	0,0010	0,1	659,6684	PEADØ750
G3-6	0,43	10,00	152,42	0,697	0,009	0,0030	0,7	692,8867	PEADØ750
G3-7	0,43	10,00	152,42	0,736	0,009	0,0060	0,6	620,9920	PEADØ750
G3-8	0,43	10,00	152,42	0,736	0,009	0,0050	0,5	642,5878	PEADØ750

G3-9	0,43	10,00	152,42	0,841	0,009	0,0050	0,5	675,5411	PEADØ750
G4-1	0,43	10,00	152,42	0,115	0,009	0,0240	2,4	238,7164	PEADØ600
G4-2	0,43	10,00	152,42	0,344	0,009	0,0510	5,1	312,5721	PEADØ600
G4-3	0,43	10,00	152,42	0,421	0,009	0,0600	6,0	327,0488	PEADØ600
G4-4	0,43	10,00	152,42	0,430	0,009	0,0610	6,1	328,6332	PEADØ600
G4-5	0,43	10,00	152,42	0,450	0,009	0,0560	5,6	339,6875	PEADØ600
G4-6	0,43	10,00	152,42	0,506	0,009	0,0150	1,5	454,4117	PEADØ600
G4-7	0,43	10,00	152,42	1,968	0,009	0,0080	0,8	850,8249	PEADØ900
G4-8	0,43	10,00	152,42	2,045	0,009	0,0080	0,8	863,1589	PEADØ900
G4-9	0,43	10,00	152,42	2,092	0,009	0,0050	0,5	950,7447	PEADØ1050
G4-10	0,43	10,00	152,42	2,141	0,009	0,0040	0,4	1000,0119	PEADØ1050
G4-11	0,43	10,00	152,42	2,141	0,009	0,0040	0,4	1000,0119	PEADØ1050
G5-1	0,43	10,00	152,42	0,029	0,009	0,0050	0,5	191,0964	PEADØ600
G5-2	0,43	10,00	152,42	0,076	0,009	0,0050	0,5	274,2574	PEADØ600
G5-3	0,43	10,00	152,42	0,076	0,009	0,0250	2,5	202,8157	PEADØ600
G5-4	0,43	10,00	152,42	0,095	0,009	0,0270	2,7	217,3581	PEADØ600
G5-5	0,43	10,00	152,42	0,171	0,009	0,0490	4,9	242,3103	PEADØ600
G5-6	0,43	10,00	152,42	0,171	0,009	0,0080	0,8	340,3724	PEADØ600
G5-7	0,43	10,00	152,42	0,229	0,009	0,0100	1,0	364,2071	PEADØ600
G6-1	0,43	10,00	152,42	0,018	0,009	0,0340	3,4	111,5540	PEADØ600
G6-2	0,43	10,00	152,42	0,038	0,009	0,0270	2,7	154,1517	PEADØ600
G6-3	0,43	10,00	152,42	0,076	0,009	0,0200	2,0	211,4814	PEADØ600
G6-4	0,43	10,00	152,42	0,076	0,009	0,0320	3,2	193,6420	PEADØ600
G6-5	0,43	10,00	152,42	0,182	0,009	0,0170	1,7	302,5017	PEADØ600
G6-6	0,43	10,00	152,42	0,497	0,009	0,0170	1,7	440,8944	PEADØ600
G6-7	0,43	10,00	152,42	0,497	0,009	0,0340	3,4	387,1609	PEADØ600
G6-8	0,43	10,00	152,42	0,497	0,009	0,0100	1,0	487,0166	PEADØ600
G6-9	0,43	10,00	152,42	0,630	0,009	0,0050	0,5	606,1861	PEADØ750
G6-10	0,43	10,00	152,42	0,898	0,009	0,0020	0,2	822,1398	PEADØ900
G6-11	0,43	10,00	152,42	0,898	0,009	0,0020	0,2	822,1398	PEADØ900
G6-12	0,43	10,00	152,42	1,223	0,009	0,0030	0,3	855,5292	PEADØ900
G6-13	0,43	10,00	152,42	1,367	0,009	0,0030	0,3	891,9964	PEADØ900
G6-14	0,43	10,00	152,42	1,471	0,009	0,0030	0,3	916,8635	PEADØ1050
G7-1	0,43	10,00	152,42	0,038	0,009	0,0410	4,1	142,5384	PEADØ600

G7-2	0,43	10,00	152,42	0,038	0,009	0,0110	1,1	182,4181	PEADØ600
G8-1	0,43	10,00	152,42	0,067	0,009	0,0220	2,2	198,1454	PEADØ600
G8-2	0,43	10,00	152,42	0,067	0,009	0,0160	1,6	210,3370	PEADØ600
G8-3	0,43	10,00	152,42	0,067	0,009	0,0360	3,6	180,6681	PEADØ600
G8-4	0,43	10,00	152,42	0,259	0,009	0,0300	3,0	310,4112	PEADØ600
G9-1	0,43	10,00	152,42	0,076	0,009	0,0590	5,9	172,6555	PEADØ600
G9-2	0,43	10,00	152,42	0,115	0,009	0,0350	3,5	222,4124	PEADØ600
G9-3	0,43	10,00	152,42	0,259	0,009	0,0390	3,9	295,5105	PEADØ600
L-1	0,43	10,00	153,42	0,038	0,009	0,0100	1,0	185,7073	PEADØ450
L-2	0,43	10,00	154,42	0,192	0,009	0,0200	2,0	299,3677	PEADØ450
L-3	0,43	10,00	155,42	0,019	0,009	0,0100	1,0	143,1999	PEADØ450
L-4	0,43	10,00	156,42	0,067	0,009	0,0100	1,0	229,7144	PEADØ450
L-5	0,43	10,00	157,42	0,019	0,009	0,0100	1,0	143,1999	PEADØ450
L-6	0,43	10,00	158,42	0,028	0,009	0,0100	1,0	165,6130	PEADØ450
L-7	0,43	10,00	159,42	0,010	0,009	0,0100	1,0	112,5668	PEADØ450
L-8	0,43	10,00	160,42	0,057	0,009	0,0100	1,0	216,2038	PEADØ450
L-9	0,43	10,00	161,42	0,220	0,009	0,0100	1,0	358,7721	PEADØ450
L-10	0,43	10,00	162,42	0,153	0,009	0,0100	1,0	313,0902	PEADØ450
L-11	0,43	10,00	163,42	0,020	0,009	0,0100	1,0	145,9810	PEADØ450
L-12	0,43	10,00	164,42	0,037	0,009	0,0100	1,0	183,8594	PEADØ450
L-13	0,43	10,00	165,42	0,152	0,009	0,0200	2,0	274,2574	PEADØ450
L-14	0,43	10,00	166,42	0,211	0,009	0,0200	2,0	310,1508	PEADØ450
L-15	0,43	10,00	167,42	0,010	0,009	0,0100	1,0	112,5668	PEADØ450
L-16	0,43	10,00	168,42	0,125	0,009	0,0100	1,0	290,2361	PEADØ450
L-17	0,43	10,00	169,42	0,085	0,009	0,0100	1,0	251,1552	PEADØ450
L-18	0,43	10,00	170,42	0,191	0,009	0,0100	1,0	340,2496	PEADØ450
L-19	0,43	10,00	171,42	0,162	0,009	0,0100	1,0	319,8735	PEADØ450
L-20	0,43	10,00	172,42	0,039	0,009	0,0100	1,0	187,5251	PEADØ450
L-21	0,43	10,00	173,42	0,058	0,009	0,0100	1,0	217,6184	PEADØ450
L-22	0,43	10,00	174,42	0,048	0,009	0,0100	1,0	202,7102	PEADØ450
L-23	0,43	10,00	175,42	0,038	0,009	0,0100	1,0	185,7073	PEADØ450
L-24	0,43	10,00	176,42	0,086	0,009	0,0100	1,0	252,2592	PEADØ450
L-25	0,43	10,00	177,42	0,019	0,009	0,0100	1,0	143,1999	PEADØ450
L-26	0,43	10,00	178,42	0,058	0,009	0,0100	1,0	217,6184	PEADØ450

L-27	0,43	10,00	179,42	0,019	0,009	0,0100	1,0	143,1999	PEADØ450
L-28	0,43	10,00	180,42	0,009	0,009	0,0100	1,0	108,2059	PEADØ450
L-29	0,43	10,00	181,42	0,048	0,009	0,0100	1,0	202,7102	PEADØ450
L-30	0,43	10,00	182,42	0,009	0,009	0,0100	1,0	108,2059	PEADØ450
L-31	0,43	10,00	183,42	0,028	0,009	0,0100	1,0	165,6130	PEADØ450
L-32	0,43	10,00	184,42	0,037	0,009	0,0100	1,0	183,8594	PEADØ450
L-33	0,43	10,00	185,42	0,020	0,009	0,0100	1,0	145,9810	PEADØ450
L-34	0,43	10,00	186,42	0,029	0,009	0,0100	1,0	167,8067	PEADØ450
L-35	0,43	10,00	187,42	0,020	0,009	0,0100	1,0	145,9810	PEADØ450
L-36	0,43	10,00	188,42	0,029	0,009	0,0100	1,0	167,8067	PEADØ450
L-37	0,43	10,00	189,42	0,057	0,009	0,0100	1,0	216,2038	PEADØ450
L-38	0,43	10,00	190,42	0,039	0,009	0,0100	1,0	187,5251	PEADØ450
L-39	0,43	10,00	191,42	0,009	0,009	0,0100	1,0	108,2059	PEADØ450
L-40	0,43	10,00	192,42	0,057	0,009	0,0100	1,0	216,2038	PEADØ450
L-41	0,43	10,00	193,42	0,039	0,009	0,0100	1,0	187,5251	PEADØ450
L-42	0,43	10,00	194,42	0,105	0,009	0,0100	1,0	271,8668	PEADØ450
L-43	0,43	10,00	195,42	0,028	0,009	0,0100	1,0	165,6130	PEADØ450
L-44	0,43	10,00	196,42	0,028	0,009	0,0100	1,0	165,6130	PEADØ450
L-45	0,43	10,00	197,42	0,144	0,009	0,0100	1,0	306,0526	PEADØ450
L-46	0,43	10,00	198,42	0,028	0,009	0,0100	1,0	165,6130	PEADØ450
L-47	0,43	10,00	199,42	0,076	0,009	0,0100	1,0	240,8326	PEADØ450
L-48	0,43	10,00	200,42	0,019	0,009	0,0100	1,0	143,1999	PEADØ450
L-49	0,43	10,00	201,42	0,048	0,009	0,0100	1,0	202,7102	PEADØ450
L-50	0,43	10,00	202,42	0,019	0,009	0,0100	1,0	143,1999	PEADØ450
L-51	0,43	10,00	203,42	0,010	0,009	0,0100	1,0	112,5668	PEADØ450
L-52	0,43	10,00	204,42	0,056	0,009	0,0100	1,0	214,7735	PEADØ450
L-53	0,43	10,00	205,42	0,135	0,009	0,0100	1,0	298,7345	PEADØ450
L-54	0,43	10,00	206,42	0,039	0,009	0,0100	1,0	187,5251	PEADØ450
L-55	0,43	10,00	207,42	0,037	0,009	0,0100	1,0	183,8594	PEADØ450
L-56	0,43	10,00	208,42	0,047	0,009	0,0100	1,0	201,1161	PEADØ450
L-57	0,43	10,00	209,42	0,020	0,009	0,0100	1,0	145,9810	PEADØ450
L-58	0,43	10,00	210,42	0,020	0,009	0,0100	1,0	145,9810	PEADØ450
L-59	0,43	10,00	211,42	0,048	0,009	0,0100	1,0	202,7102	PEADØ450
L-60	0,43	10,00	212,42	0,010	0,009	0,0100	1,0	112,5668	PEADØ450

L-61	0,43	10,00	213,42	0,028	0,009	0,0100	1,0	165,6130	PEADØ450
L-62	0,43	10,00	214,42	0,010	0,009	0,0100	1,0	112,5668	PEADØ450
L-63	0,43	10,00	215,42	0,085	0,009	0,0100	1,0	251,1552	PEADØ450
L-64	0,43	10,00	216,42	0,039	0,009	0,0100	1,0	187,5251	PEADØ450
LG-1	0,43	10,00	217,42	0,047	0,009	0,0100	1,0	201,1161	PEADØ450
LG-2	0,43	10,00	218,42	0,010	0,009	0,0100	1,0	112,5668	PEADØ450
LG-3	0,43	10,00	219,42	0,173	0,009	0,0100	1,0	327,8517	PEADØ450
LG-4	0,43	10,00	220,42	0,011	0,009	0,0100	1,0	116,6628	PEADØ450
LG-5	0,43	10,00	221,42	0,172	0,009	0,0100	1,0	327,1398	PEADØ450
LG-6	0,43	10,00	222,42	0,011	0,009	0,0100	1,0	116,6628	PEADØ450
LG-15	0,43	10,00	223,42	0,104	0,009	0,0100	1,0	270,8929	PEADØ450
LG-18	0,43	10,00	224,42	0,105	0,009	0,0100	1,0	271,8668	PEADØ450

PLANILHA DE DIMENSIONAMENTO HIDRÁULICO DOS COLETORES PRINCIPAIS DE DRENAGEM DE ÁGUAS PLUVIAIS (PAVIMENTOS PERMEÁVEIS)

Galeria	Coefficiente de escoamento	Tempo de concentração	Intensidade e de precipitação	Vazão	Rugosidade	Declividade de da galeria (i)	Declividade de da galeria (i)	Diâmetro Calculado	Seção comercial
Trecho	(C)	tc (min)	I - (mm/h)	(m³/s)	n	m/m	%	(mm)	(mm)
G1-1	0,40	10,00	152,42	0,213	0,009	0,0152	1,52	327,6852	PEADØ600
G1-2	0,40	10,00	152,42	0,293	0,009	0,0140	1,4	375,0477	PEADØ600
G1-3	0,40	10,00	152,42	0,782	0,009	0,0320	3,2	464,1379	PEADØ600
G1-4	0,40	10,00	152,42	0,782	0,009	0,0330	3,3	461,4677	PEADØ600
G1-5	0,40	10,00	152,42	0,782	0,009	0,0340	3,4	458,8919	PEADØ600
G1-6	0,40	10,00	152,42	0,782	0,009	0,0100	1,0	577,2483	PEADØ600
G1-7	0,40	10,00	152,42	1,910	0,009	0,0260	2,6	674,5127	PEADØ750
G1-8	0,40	10,00	152,42	1,965	0,009	0,0350	3,5	644,7752	PEADØ750
G2-1	0,40	10,00	152,42	0,053	0,009	0,0050	0,5	239,5834	PEADØ600
G2-2	0,40	10,00	152,42	0,230	0,009	0,0230	2,3	312,0571	PEADØ600
G2-3	0,40	10,00	152,42	0,391	0,009	0,0170	1,7	402,9649	PEADØ600
G3-1	0,40	10,00	152,42	0,195	0,009	0,0040	0,4	407,1804	PEADØ600
G3-2	0,40	10,00	152,42	0,329	0,009	0,1500	1,4	251,0970	PEADØ600

G3-3	0,40	10,00	152,42	0,329	0,009	0,0160	1,6	382,0200	PEADØ600
G3-4	0,40	10,00	152,42	0,329	0,009	0,0340	3,4	331,6701	PEADØ600
G3-5	0,40	10,00	152,42	0,329	0,009	0,0010	0,1	642,4785	PEADØ750
G3-6	0,40	10,00	152,42	0,649	0,009	0,0030	0,7	674,5928	PEADØ750
G3-7	0,40	10,00	152,42	0,684	0,009	0,0060	0,6	604,1612	PEADØ750
G3-8	0,40	10,00	152,42	0,684	0,009	0,0050	0,5	625,1717	PEADØ750
G3-9	0,40	10,00	152,42	0,782	0,009	0,0050	0,5	657,3638	PEADØ750
G4-1	0,40	10,00	152,42	0,107	0,009	0,0240	2,4	232,3483	PEADØ600
G4-2	0,40	10,00	152,42	0,320	0,009	0,0510	5,1	304,2089	PEADØ600
G4-3	0,40	10,00	152,42	0,391	0,009	0,0600	6,0	318,1069	PEADØ600
G4-4	0,40	10,00	152,42	0,400	0,009	0,0610	6,1	319,8404	PEADØ600
G4-5	0,40	10,00	152,42	0,418	0,009	0,0560	5,6	330,4198	PEADØ600
G4-6	0,40	10,00	152,42	0,471	0,009	0,0150	1,5	442,3600	PEADØ600
G4-7	0,40	10,00	152,42	1,831	0,009	0,0080	0,8	828,1117	PEADØ900
G4-8	0,40	10,00	152,42	1,902	0,009	0,0080	0,8	840,0105	PEADØ900
G4-9	0,40	10,00	152,42	1,946	0,009	0,0050	0,5	925,2985	PEADØ1050
G4-10	0,40	10,00	152,42	1,992	0,009	0,0040	0,4	973,3239	PEADØ1050
G4-11	0,40	10,00	152,42	1,992	0,009	0,0040	0,4	973,3239	PEADØ1050
G5-1	0,40	10,00	152,42	0,027	0,009	0,0050	0,5	186,0436	PEADØ600
G5-2	0,40	10,00	152,42	0,071	0,009	0,0050	0,5	267,3469	PEADØ600
G5-3	0,40	10,00	152,42	0,071	0,009	0,0250	2,5	197,7053	PEADØ600
G5-4	0,40	10,00	152,42	0,088	0,009	0,0270	2,7	211,2080	PEADØ600
G5-5	0,40	10,00	152,42	0,159	0,009	0,0490	4,9	235,7883	PEADØ600
G5-6	0,40	10,00	152,42	0,159	0,009	0,0080	0,8	331,2110	PEADØ600
G5-7	0,40	10,00	152,42	0,213	0,009	0,0100	1,0	354,4480	PEADØ600
G6-1	0,40	10,00	152,42	0,017	0,009	0,0340	3,4	109,1883	PEADØ600
G6-2	0,40	10,00	152,42	0,036	0,009	0,0270	2,7	151,0577	PEADØ600
G6-3	0,40	10,00	152,42	0,071	0,009	0,0200	2,0	206,1526	PEADØ600
G6-4	0,40	10,00	152,42	0,071	0,009	0,0320	3,2	188,7628	PEADØ600
G6-5	0,40	10,00	152,42	0,169	0,009	0,0170	1,7	294,2107	PEADØ600
G6-6	0,40	10,00	152,42	0,462	0,009	0,0170	1,7	428,9846	PEADØ600
G6-7	0,40	10,00	152,42	0,462	0,009	0,0340	3,4	376,7026	PEADØ600
G6-8	0,40	10,00	152,42	0,462	0,009	0,0100	1,0	473,8609	PEADØ600
G6-9	0,40	10,00	152,42	0,586	0,009	0,0050	0,5	589,9496	PEADØ600

G6-10	0,40	10,00	152,42	0,835	0,009	0,0020	0,2	800,0174	PEADØ600
G6-11	0,40	10,00	152,42	0,835	0,009	0,0020	0,2	800,0174	PEADØ600
G6-12	0,40	10,00	152,42	1,138	0,009	0,0030	0,3	832,7282	PEADØ600
G6-13	0,40	10,00	152,42	1,272	0,009	0,0030	0,3	868,2256	PEADØ750
G6-14	0,40	10,00	152,42	1,368	0,009	0,0030	0,3	892,2411	PEADØ600
G7-1	0,40	10,00	152,42	0,036	0,009	0,0410	4,1	139,6776	PEADØ600
G7-2	0,40	10,00	152,42	0,036	0,009	0,0110	1,1	178,7568	PEADØ600
G8-1	0,40	10,00	152,42	0,063	0,009	0,0220	2,2	193,6237	PEADØ600
G8-2	0,40	10,00	152,42	0,063	0,009	0,0160	1,6	205,5372	PEADØ600
G8-3	0,40	10,00	152,42	0,063	0,009	0,0360	3,6	176,5453	PEADØ600
G8-4	0,40	10,00	152,42	0,240	0,009	0,0300	3,0	301,6679	PEADØ600
G9-1	0,40	10,00	152,42	0,071	0,009	0,0590	5,9	168,3051	PEADØ600
G9-2	0,40	10,00	152,42	0,107	0,009	0,0350	3,5	216,4793	PEADØ600
G9-3	0,40	10,00	152,42	0,240	0,009	0,0390	3,9	287,1870	PEADØ600
L-1	0,40	10,00	153,42	0,036	0,009	0,0100	1,0	181,9800	PEADØ450
L-2	0,40	10,00	154,42	0,178	0,009	0,0200	2,0	290,9876	PEADØ450
L-3	0,40	10,00	155,42	0,017	0,009	0,0100	1,0	137,3499	PEADØ450
L-4	0,40	10,00	156,42	0,063	0,009	0,0100	1,0	224,4724	PEADØ450
L-5	0,40	10,00	157,42	0,017	0,009	0,0100	1,0	137,3499	PEADØ450
L-6	0,40	10,00	158,42	0,026	0,009	0,0100	1,0	161,0739	PEADØ450
L-7	0,40	10,00	159,42	0,009	0,009	0,0100	1,0	108,2059	PEADØ450
L-8	0,40	10,00	160,42	0,053	0,009	0,0100	1,0	210,3844	PEADØ450
L-9	0,40	10,00	161,42	0,204	0,009	0,0100	1,0	348,7558	PEADØ450
L-10	0,40	10,00	162,42	0,143	0,009	0,0100	1,0	305,2539	PEADØ450
L-11	0,40	10,00	163,42	0,018	0,009	0,0100	1,0	140,3257	PEADØ450
L-12	0,40	10,00	164,42	0,035	0,009	0,0100	1,0	180,0676	PEADØ450
L-13	0,40	10,00	165,42	0,142	0,009	0,0200	2,0	267,3469	PEADØ450
L-14	0,40	10,00	166,42	0,196	0,009	0,0200	2,0	301,6915	PEADØ450
L-15	0,40	10,00	167,42	0,009	0,009	0,0100	1,0	108,2059	PEADØ450
L-16	0,40	10,00	168,42	0,116	0,009	0,0100	1,0	282,2162	PEADØ450
L-17	0,40	10,00	169,42	0,079	0,009	0,0100	1,0	244,3545	PEADØ450
L-18	0,40	10,00	170,42	0,178	0,009	0,0100	1,0	331,3734	PEADØ450
L-19	0,40	10,00	171,42	0,150	0,009	0,0100	1,0	310,7738	PEADØ450
L-20	0,40	10,00	172,42	0,036	0,009	0,0100	1,0	181,9800	PEADØ450

L-21	0,40	10,00	173,42	0,054	0,009	0,0100	1,0	211,8643	PEADØ450
L-22	0,40	10,00	174,42	0,045	0,009	0,0100	1,0	197,8631	PEADØ450
L-23	0,40	10,00	175,42	0,035	0,009	0,0100	1,0	180,0676	PEADØ450
L-24	0,40	10,00	176,42	0,080	0,009	0,0100	1,0	245,5098	PEADØ450
L-25	0,40	10,00	177,42	0,018	0,009	0,0100	1,0	140,3257	PEADØ450
L-26	0,40	10,00	178,42	0,054	0,009	0,0100	1,0	211,8643	PEADØ450
L-27	0,40	10,00	179,42	0,018	0,009	0,0100	1,0	140,3257	PEADØ450
L-28	0,40	10,00	180,42	0,008	0,009	0,0100	1,0	103,5306	PEADØ450
L-29	0,40	10,00	181,42	0,044	0,009	0,0100	1,0	196,2027	PEADØ450
L-30	0,40	10,00	182,42	0,008	0,009	0,0100	1,0	103,5306	PEADØ450
L-31	0,40	10,00	183,42	0,026	0,009	0,0100	1,0	161,0739	PEADØ450
L-32	0,40	10,00	184,42	0,035	0,009	0,0100	1,0	180,0676	PEADØ450
L-33	0,40	10,00	185,42	0,019	0,009	0,0100	1,0	143,1999	PEADØ450
L-34	0,40	10,00	186,42	0,027	0,009	0,0100	1,0	163,3697	PEADØ450
L-35	0,40	10,00	187,42	0,019	0,009	0,0100	1,0	143,1999	PEADØ450
L-36	0,40	10,00	188,42	0,027	0,009	0,0100	1,0	163,3697	PEADØ450
L-37	0,40	10,00	189,42	0,053	0,009	0,0100	1,0	210,3844	PEADØ450
L-38	0,40	10,00	190,42	0,036	0,009	0,0100	1,0	181,9800	PEADØ450
L-39	0,40	10,00	191,42	0,009	0,009	0,0100	1,0	108,2059	PEADØ450
L-40	0,40	10,00	192,42	0,053	0,009	0,0100	1,0	210,3844	PEADØ450
L-41	0,40	10,00	193,42	0,037	0,009	0,0100	1,0	183,8594	PEADØ450
L-42	0,40	10,00	194,42	0,097	0,009	0,0100	1,0	263,9062	PEADØ450
L-43	0,40	10,00	195,42	0,026	0,009	0,0100	1,0	161,0739	PEADØ450
L-44	0,40	10,00	196,42	0,026	0,009	0,0100	1,0	161,0739	PEADØ450
L-45	0,40	10,00	197,42	0,134	0,009	0,0100	1,0	297,9027	PEADØ450
L-46	0,40	10,00	198,42	0,026	0,009	0,0100	1,0	161,0739	PEADØ450
L-47	0,40	10,00	199,42	0,071	0,009	0,0100	1,0	234,7643	PEADØ450
L-48	0,40	10,00	200,42	0,018	0,009	0,0100	1,0	140,3257	PEADØ450
L-49	0,40	10,00	201,42	0,045	0,009	0,0100	1,0	197,8631	PEADØ450
L-50	0,40	10,00	202,42	0,018	0,009	0,0100	1,0	140,3257	PEADØ450
L-51	0,40	10,00	203,42	0,009	0,009	0,0100	1,0	108,2059	PEADØ450
L-52	0,40	10,00	204,42	0,052	0,009	0,0100	1,0	208,8870	PEADØ450
L-53	0,40	10,00	205,42	0,126	0,009	0,0100	1,0	291,1046	PEADØ450
L-54	0,40	10,00	206,42	0,037	0,009	0,0100	1,0	183,8594	PEADØ450

L-55	0,40	10,00	207,42	0,035	0,009	0,0100	1,0	180,0676	PEADØ450
L-56	0,40	10,00	208,42	0,044	0,009	0,0100	1,0	196,2027	PEADØ450
L-57	0,40	10,00	209,42	0,019	0,009	0,0100	1,0	143,1999	PEADØ450
L-58	0,40	10,00	210,42	0,019	0,009	0,0100	1,0	143,1999	PEADØ450
L-59	0,40	10,00	211,42	0,045	0,009	0,0100	1,0	197,8631	PEADØ450
L-60	0,40	10,00	212,42	0,009	0,009	0,0100	1,0	108,2059	PEADØ450
L-61	0,40	10,00	213,42	0,026	0,009	0,0100	1,0	161,0739	PEADØ450
L-62	0,40	10,00	214,42	0,010	0,009	0,0100	1,0	112,5668	PEADØ450
L-63	0,40	10,00	215,42	0,079	0,009	0,0100	1,0	244,3545	PEADØ450
L-64	0,40	10,00	216,42	0,036	0,009	0,0100	1,0	181,9800	PEADØ450
LG-1	0,40	10,00	217,42	0,043	0,009	0,0100	1,0	194,5185	PEADØ450
LG-2	0,40	10,00	218,42	0,010	0,009	0,0100	1,0	112,5668	PEADØ450
LG-3	0,40	10,00	219,42	0,161	0,009	0,0100	1,0	319,1316	PEADØ450
LG-4	0,40	10,00	220,42	0,010	0,009	0,0100	1,0	112,5668	PEADØ450
LG-5	0,40	10,00	221,42	0,160	0,009	0,0100	1,0	318,3869	PEADØ450
LG-6	0,40	10,00	222,42	0,010	0,009	0,0100	1,0	112,5668	PEADØ450
LG-15	0,40	10,00	223,42	0,097	0,009	0,0100	1,0	263,9062	PEADØ450
LG-18	0,40	10,00	224,42	0,097	0,009	0,0100	1,0	263,9062	PEADØ450

PLANILHA DE DIMENSIONAMENTO HIDRÁULICO DOS COLETORES PRINCIPAIS DE DRENAGEM DE ÁGUAS PLUVIAIS (TELHADOS VERDES)

Galeria	Coefficiente de escoamento	Tempo de concentração	Intensidade de precipitação	Vazão	Rugosidade	Declividade da galeria (i)	Declividade da galeria (i)	Diâmetro Calculado	Seção comercial
Trecho	(C)	tc (min)	I - (mm/h)	(m³/s)	n	m/m	%	(mm)	(mm)
G1-1	0,16	10,00	152,42	0,085	0,009	0,0152	1,52	232,1916	PEADØ600
G1-2	0,16	10,00	152,42	0,117	0,009	0,0140	1,4	265,8158	PEADØ600
G1-3	0,16	10,00	152,42	0,313	0,009	0,0320	3,2	329,2484	PEADØ600
G1-4	0,16	10,00	152,42	0,313	0,009	0,0330	3,3	327,3542	PEADØ600
G1-5	0,16	10,00	152,42	0,313	0,009	0,0340	3,4	325,5270	PEADØ600
G1-6	0,16	10,00	152,42	0,313	0,009	0,0100	1,0	409,4862	PEADØ600
G1-7	0,16	10,00	152,42	0,764	0,009	0,0260	2,6	478,3686	PEADØ600

G1-8	0,16	10,00	152,42	0,786	0,009	0,0350	3,5	457,2786	PEADØ600
G2-1	0,16	10,00	152,42	0,021	0,009	0,0050	0,5	169,3111	PEADØ600
G2-2	0,16	10,00	152,42	0,092	0,009	0,0230	2,3	221,3128	PEADØ600
G2-3	0,16	10,00	152,42	0,156	0,009	0,0170	1,7	285,5109	PEADØ600
G3-1	0,16	10,00	152,42	0,078	0,009	0,0040	0,4	288,7749	PEADØ600
G3-2	0,16	10,00	152,42	0,131	0,009	0,1500	1,4	177,7746	PEADØ600
G3-3	0,16	10,00	152,42	0,131	0,009	0,0160	1,6	270,4671	PEADØ600
G3-4	0,16	10,00	152,42	0,131	0,009	0,0340	3,4	234,8197	PEADØ600
G3-5	0,16	10,00	152,42	0,131	0,009	0,0010	0,1	454,8696	PEADØ600
G3-6	0,16	10,00	152,42	0,259	0,009	0,0030	0,7	478,0104	PEADØ600
G3-7	0,16	10,00	152,42	0,274	0,009	0,0060	0,6	428,7096	PEADØ600
G3-8	0,16	10,00	152,42	0,274	0,009	0,0050	0,5	443,6186	PEADØ600
G3-9	0,16	10,00	152,42	0,313	0,009	0,0050	0,5	466,3182	PEADØ600
G4-1	0,16	10,00	152,42	0,043	0,009	0,0240	2,4	165,0712	PEADØ600
G4-2	0,16	10,00	152,42	0,128	0,009	0,0510	5,1	215,7469	PEADØ600
G4-3	0,16	10,00	152,42	0,156	0,009	0,0600	6,0	225,3868	PEADØ600
G4-4	0,16	10,00	152,42	0,160	0,009	0,0610	6,1	226,8328	PEADØ600
G4-5	0,16	10,00	152,42	0,167	0,009	0,0560	5,6	234,2306	PEADØ600
G4-6	0,16	10,00	152,42	0,188	0,009	0,0150	1,5	313,4745	PEADØ600
G4-7	0,16	10,00	152,42	0,732	0,009	0,0080	0,8	587,1816	PEADØ600
G4-8	0,16	10,00	152,42	0,761	0,009	0,0080	0,8	595,7994	PEADØ600
G4-9	0,16	10,00	152,42	0,778	0,009	0,0050	0,5	656,1009	PEADØ750
G4-10	0,16	10,00	152,42	0,797	0,009	0,0040	0,4	690,3523	PEADØ750
G4-11	0,16	10,00	152,42	0,797	0,009	0,0040	0,4	690,3523	PEADØ750
G5-1	0,16	10,00	152,42	0,011	0,009	0,0050	0,5	132,8543	PEADØ600
G5-2	0,16	10,00	152,42	0,028	0,009	0,0050	0,5	188,5982	PEADØ600
G5-3	0,16	10,00	152,42	0,028	0,009	0,0250	2,5	139,4700	PEADØ600
G5-4	0,16	10,00	152,42	0,035	0,009	0,0270	2,7	149,4703	PEADØ600
G5-5	0,16	10,00	152,42	0,064	0,009	0,0490	4,9	167,6162	PEADØ600
G5-6	0,16	10,00	152,42	0,064	0,009	0,0080	0,8	235,4498	PEADØ600
G5-7	0,16	10,00	152,42	0,085	0,009	0,0100	1,0	251,1552	PEADØ600
G6-1	0,16	10,00	152,42	0,007	0,009	0,0340	3,4	78,2834	PEADØ600
G6-2	0,16	10,00	152,42	0,014	0,009	0,0270	2,7	106,0053	PEADØ600
G6-3	0,16	10,00	152,42	0,028	0,009	0,0200	2,0	145,4291	PEADØ600

G6-4	0,16	10,00	152,42	0,028	0,009	0,0320	3,2	133,1615	PEADØ600
G6-5	0,16	10,00	152,42	0,068	0,009	0,0170	1,7	209,1182	PEADØ600
G6-6	0,16	10,00	152,42	0,185	0,009	0,0170	1,7	304,3620	PEADØ600
G6-7	0,16	10,00	152,42	0,185	0,009	0,0340	3,4	267,2682	PEADØ600
G6-8	0,16	10,00	152,42	0,185	0,009	0,0100	1,0	336,2014	PEADØ600
G6-9	0,16	10,00	152,42	0,234	0,009	0,0050	0,5	418,1280	PEADØ600
G6-10	0,16	10,00	152,42	0,334	0,009	0,0020	0,2	567,3773	PEADØ600
G6-11	0,16	10,00	152,42	0,334	0,009	0,0020	0,2	567,3773	PEADØ600
G6-12	0,16	10,00	152,42	0,455	0,009	0,0030	0,3	590,4786	PEADØ600
G6-13	0,16	10,00	152,42	0,509	0,009	0,0030	0,3	615,8417	PEADØ750
G6-14	0,16	10,00	152,42	0,547	0,009	0,0030	0,3	632,6961	PEADØ750
G7-1	0,16	10,00	152,42	0,014	0,009	0,0410	4,1	98,0192	PEADØ600
G7-2	0,16	10,00	152,42	0,014	0,009	0,0110	1,1	125,4432	PEADØ600
G8-1	0,16	10,00	152,42	0,025	0,009	0,0220	2,2	136,9094	PEADØ600
G8-2	0,16	10,00	152,42	0,025	0,009	0,0160	1,6	145,3333	PEADØ600
G8-3	0,16	10,00	152,42	0,025	0,009	0,0360	3,6	124,8334	PEADØ600
G8-4	0,16	10,00	152,42	0,096	0,009	0,0300	3,0	213,9447	PEADØ600
G9-1	0,16	10,00	152,42	0,028	0,009	0,0590	5,9	118,7298	PEADØ600
G9-2	0,16	10,00	152,42	0,043	0,009	0,0350	3,5	153,7971	PEADØ600
G9-3	0,16	10,00	152,42	0,096	0,009	0,0390	3,9	203,6748	PEADØ600
L-1	0,16	10,00	153,42	0,014	0,009	0,0100	1,0	127,7051	PEADØ450
L-2	0,16	10,00	154,42	0,071	0,009	0,0200	2,0	206,1526	PEADØ450
L-3	0,16	10,00	155,42	0,007	0,009	0,0100	1,0	98,4741	PEADØ450
L-4	0,16	10,00	156,42	0,025	0,009	0,0100	1,0	158,7222	PEADØ450
L-5	0,16	10,00	157,42	0,007	0,009	0,0100	1,0	98,4741	PEADØ450
L-6	0,16	10,00	158,42	0,011	0,009	0,0100	1,0	116,6628	PEADØ450
L-7	0,16	10,00	159,42	0,004	0,009	0,0100	1,0	79,8330	PEADØ450
L-8	0,16	10,00	160,42	0,021	0,009	0,0100	1,0	148,6765	PEADØ450
L-9	0,16	10,00	161,42	0,082	0,009	0,0100	1,0	247,7937	PEADØ450
L-10	0,16	10,00	162,42	0,057	0,009	0,0100	1,0	216,2038	PEADØ450
L-11	0,16	10,00	163,42	0,007	0,009	0,0100	1,0	98,4741	PEADØ450
L-12	0,16	10,00	164,42	0,014	0,009	0,0100	1,0	127,7051	PEADØ450
L-13	0,16	10,00	165,42	0,057	0,009	0,0200	2,0	189,8542	PEADØ450
L-14	0,16	10,00	166,42	0,078	0,009	0,0200	2,0	213,5514	PEADØ450

L-15	0,16	10,00	167,42	0,004	0,009	0,0100	1,0	79,8330	PEADØ450
L-16	0,16	10,00	168,42	0,046	0,009	0,0100	1,0	199,5007	PEADØ450
L-17	0,16	10,00	169,42	0,032	0,009	0,0100	1,0	174,1171	PEADØ450
L-18	0,16	10,00	170,42	0,071	0,009	0,0100	1,0	234,7643	PEADØ450
L-19	0,16	10,00	171,42	0,060	0,009	0,0100	1,0	220,4027	PEADØ450
L-20	0,16	10,00	172,42	0,015	0,009	0,0100	1,0	131,0522	PEADØ450
L-21	0,16	10,00	173,42	0,022	0,009	0,0100	1,0	151,2929	PEADØ450
L-22	0,16	10,00	174,42	0,018	0,009	0,0100	1,0	140,3257	PEADØ450
L-23	0,16	10,00	175,42	0,014	0,009	0,0100	1,0	127,7051	PEADØ450
L-24	0,16	10,00	176,42	0,032	0,009	0,0100	1,0	174,1171	PEADØ450
L-25	0,16	10,00	177,42	0,007	0,009	0,0100	1,0	98,4741	PEADØ450
L-26	0,16	10,00	178,42	0,021	0,009	0,0100	1,0	148,6765	PEADØ450
L-27	0,16	10,00	179,42	0,007	0,009	0,0100	1,0	98,4741	PEADØ450
L-28	0,16	10,00	180,42	0,003	0,009	0,0100	1,0	71,6689	PEADØ450
L-29	0,16	10,00	181,42	0,018	0,009	0,0100	1,0	140,3257	PEADØ450
L-30	0,16	10,00	182,42	0,003	0,009	0,0100	1,0	71,6689	PEADØ450
L-31	0,16	10,00	183,42	0,011	0,009	0,0100	1,0	116,6628	PEADØ450
L-32	0,16	10,00	184,42	0,014	0,009	0,0100	1,0	127,7051	PEADØ450
L-33	0,16	10,00	185,42	0,007	0,009	0,0100	1,0	98,4741	PEADØ450
L-34	0,16	10,00	186,42	0,011	0,009	0,0100	1,0	116,6628	PEADØ450
L-35	0,16	10,00	187,42	0,007	0,009	0,0100	1,0	98,4741	PEADØ450
L-36	0,16	10,00	188,42	0,011	0,009	0,0100	1,0	116,6628	PEADØ450
L-37	0,16	10,00	189,42	0,021	0,009	0,0100	1,0	148,6765	PEADØ450
L-38	0,16	10,00	190,42	0,014	0,009	0,0100	1,0	127,7051	PEADØ450
L-39	0,16	10,00	191,42	0,003	0,009	0,0100	1,0	71,6689	PEADØ450
L-40	0,16	10,00	192,42	0,021	0,009	0,0100	1,0	148,6765	PEADØ450
L-41	0,16	10,00	193,42	0,015	0,009	0,0100	1,0	131,0522	PEADØ450
L-42	0,16	10,00	194,42	0,039	0,009	0,0100	1,0	187,5251	PEADØ450
L-43	0,16	10,00	195,42	0,010	0,009	0,0100	1,0	112,5668	PEADØ450
L-44	0,16	10,00	196,42	0,010	0,009	0,0100	1,0	112,5668	PEADØ450
L-45	0,16	10,00	197,42	0,054	0,009	0,0100	1,0	211,8643	PEADØ450
L-46	0,16	10,00	198,42	0,011	0,009	0,0100	1,0	116,6628	PEADØ450
L-47	0,16	10,00	199,42	0,028	0,009	0,0100	1,0	165,6130	PEADØ450
L-48	0,16	10,00	200,42	0,007	0,009	0,0100	1,0	98,4741	PEADØ450

L-49	0,16	10,00	201,42	0,018	0,009	0,0100	1,0	140,3257	PEADØ450
L-50	0,16	10,00	202,42	0,007	0,009	0,0100	1,0	98,4741	PEADØ450
L-51	0,16	10,00	203,42	0,004	0,009	0,0100	1,0	79,8330	PEADØ450
L-52	0,16	10,00	204,42	0,021	0,009	0,0100	1,0	148,6765	PEADØ450
L-53	0,16	10,00	205,42	0,050	0,009	0,0100	1,0	205,8372	PEADØ450
L-54	0,16	10,00	206,42	0,015	0,009	0,0100	1,0	131,0522	PEADØ450
L-55	0,16	10,00	207,42	0,014	0,009	0,0100	1,0	127,7051	PEADØ450
L-56	0,16	10,00	208,42	0,018	0,009	0,0100	1,0	140,3257	PEADØ450
L-57	0,16	10,00	209,42	0,007	0,009	0,0100	1,0	98,4741	PEADØ450
L-58	0,16	10,00	210,42	0,007	0,009	0,0100	1,0	98,4741	PEADØ450
L-59	0,16	10,00	211,42	0,018	0,009	0,0100	1,0	140,3257	PEADØ450
L-60	0,16	10,00	212,42	0,004	0,009	0,0100	1,0	79,8330	PEADØ450
L-61	0,16	10,00	213,42	0,010	0,009	0,0100	1,0	112,5668	PEADØ450
L-62	0,16	10,00	214,42	0,004	0,009	0,0100	1,0	79,8330	PEADØ450
L-63	0,16	10,00	215,42	0,032	0,009	0,0100	1,0	174,1171	PEADØ450
L-64	0,16	10,00	216,42	0,014	0,009	0,0100	1,0	127,7051	PEADØ450
LG-1	0,16	10,00	217,42	0,017	0,009	0,0100	1,0	137,3499	PEADØ450
LG-2	0,16	10,00	218,42	0,004	0,009	0,0100	1,0	79,8330	PEADØ450
LG-3	0,16	10,00	219,42	0,064	0,009	0,0100	1,0	225,8019	PEADØ450
LG-4	0,16	10,00	220,42	0,004	0,009	0,0100	1,0	79,8330	PEADØ450
LG-5	0,16	10,00	221,42	0,064	0,009	0,0100	1,0	225,8019	PEADØ450
LG-6	0,16	10,00	222,42	0,004	0,009	0,0100	1,0	79,8330	PEADØ450
LG-15	0,16	10,00	223,42	0,039	0,009	0,0100	1,0	187,5251	PEADØ450
LG-18	0,16	10,00	224,42	0,039	0,009	0,0100	1,0	187,5251	PEADØ450

PLANILHA DE DIMENSIONAMENTO HIDRÁULICO DOS COLETORES PRINCIPAIS DE DRENAGEM DE ÁGUAS PLUVIAIS (TÉCNICAS COMBINADAS)

Galeria	Coefficiente de escoamento	Tempo de concentração	Intensidad e de precipitação	Vazão	Rugosidade	Declividade e da galeria (i)	Declividade e da galeria (i)	Diâmetro Calculado	Seção comercial
Trecho	(C)	tc (min)	I - (mm/h)	(m³/s)	n	m/m	%	(mm)	(mm)
G1-1	0,10	10,00	152,42	0,053	0,009	0,0152	1,52	194,4992	PEADØ600

G1-2	0,10	10,00	152,42	0,073	0,009	0,0140	1,4	222,7190	PEADØ600
G1-3	0,10	10,00	152,42	0,196	0,009	0,0320	3,2	276,2425	PEADØ600
G1-4	0,10	10,00	152,42	0,196	0,009	0,0330	3,3	274,6533	PEADØ600
G1-5	0,10	10,00	152,42	0,196	0,009	0,0340	3,4	273,1202	PEADØ600
G1-6	0,10	10,00	152,42	0,196	0,009	0,0100	1,0	343,5628	PEADØ600
G1-7	0,10	10,00	152,42	0,478	0,009	0,0260	2,6	401,2251	PEADØ600
G1-8	0,10	10,00	152,42	0,491	0,009	0,0350	3,5	383,3125	PEADØ600
G2-1	0,10	10,00	152,42	0,013	0,009	0,0050	0,5	141,4432	PEADØ600
G2-2	0,10	10,00	152,42	0,058	0,009	0,0230	2,3	186,1537	PEADØ600
G2-3	0,10	10,00	152,42	0,098	0,009	0,0170	1,7	239,8340	PEADØ600
G3-1	0,10	10,00	152,42	0,049	0,009	0,0040	0,4	242,5758	PEADØ600
G3-2	0,10	10,00	152,42	0,082	0,009	0,1500	1,4	149,1328	PEADØ600
G3-3	0,10	10,00	152,42	0,082	0,009	0,0160	1,6	226,8913	PEADØ600
G3-4	0,10	10,00	152,42	0,082	0,009	0,0340	3,4	196,9872	PEADØ600
G3-5	0,10	10,00	152,42	0,082	0,009	0,0010	0,1	381,5842	PEADØ600
G3-6	0,10	10,00	152,42	0,162	0,009	0,0030	0,7	400,8834	PEADØ600
G3-7	0,10	10,00	152,42	0,171	0,009	0,0060	0,6	359,2364	PEADØ600
G3-8	0,10	10,00	152,42	0,171	0,009	0,0050	0,5	371,7293	PEADØ600
G3-9	0,10	10,00	152,42	0,196	0,009	0,0050	0,5	391,2455	PEADØ600
G4-1	0,10	10,00	152,42	0,027	0,009	0,0240	2,4	138,6379	PEADØ600
G4-2	0,10	10,00	152,42	0,080	0,009	0,0510	5,1	180,8837	PEADØ600
G4-3	0,10	10,00	152,42	0,098	0,009	0,0600	6,0	189,3288	PEADØ600
G4-4	0,10	10,00	152,42	0,100	0,009	0,0610	6,1	190,1782	PEADØ600
G4-5	0,10	10,00	152,42	0,105	0,009	0,0560	5,6	196,8208	PEADØ600
G4-6	0,10	10,00	152,42	0,118	0,009	0,0150	1,5	263,2381	PEADØ600
G4-7	0,10	10,00	152,42	0,458	0,009	0,0080	0,8	492,4990	PEADØ600
G4-8	0,10	10,00	152,42	0,475	0,009	0,0080	0,8	499,2762	PEADØ600
G4-9	0,10	10,00	152,42	0,486	0,009	0,0050	0,5	549,9736	PEADØ600
G4-10	0,10	10,00	152,42	0,498	0,009	0,0040	0,4	578,7419	PEADØ600
G4-11	0,10	10,00	152,42	0,498	0,009	0,0040	0,4	578,7419	PEADØ600
G5-1	0,10	10,00	152,42	0,007	0,009	0,0050	0,5	112,1412	PEADØ600
G5-2	0,10	10,00	152,42	0,018	0,009	0,0050	0,5	159,8014	PEADØ600
G5-3	0,10	10,00	152,42	0,018	0,009	0,0250	2,5	118,1744	PEADØ600
G5-4	0,10	10,00	152,42	0,022	0,009	0,0270	2,7	125,5851	PEADØ600

G5-5	0,10	10,00	152,42	0,040	0,009	0,0490	4,9	140,5306	PEADØ600
G5-6	0,10	10,00	152,42	0,040	0,009	0,0080	0,8	197,4028	PEADØ600
G5-7	0,10	10,00	152,42	0,053	0,009	0,0100	1,0	210,3844	PEADØ600
G6-1	0,10	10,00	152,42	0,004	0,009	0,0340	3,4	63,4644	PEADØ600
G6-2	0,10	10,00	152,42	0,009	0,009	0,0270	2,7	89,8194	PEADØ600
G6-3	0,10	10,00	152,42	0,018	0,009	0,0200	2,0	123,2237	PEADØ600
G6-4	0,10	10,00	152,42	0,018	0,009	0,0320	3,2	112,8293	PEADØ600
G6-5	0,10	10,00	152,42	0,042	0,009	0,0170	1,7	174,5498	PEADØ600
G6-6	0,10	10,00	152,42	0,116	0,009	0,0170	1,7	255,4893	PEADØ600
G6-7	0,10	10,00	152,42	0,116	0,009	0,0340	3,4	224,3518	PEADØ600
G6-8	0,10	10,00	152,42	0,116	0,009	0,0100	1,0	282,2162	PEADØ600
G6-9	0,10	10,00	152,42	0,146	0,009	0,0050	0,5	350,3367	PEADØ600
G6-10	0,10	10,00	152,42	0,209	0,009	0,0020	0,2	475,9068	PEADØ600
G6-11	0,10	10,00	152,42	0,209	0,009	0,0020	0,2	475,9068	PEADØ600
G6-12	0,10	10,00	152,42	0,285	0,009	0,0030	0,3	495,4693	PEADØ600
G6-13	0,10	10,00	152,42	0,318	0,009	0,0030	0,3	516,2500	PEADØ600
G6-14	0,10	10,00	152,42	0,342	0,009	0,0030	0,3	530,5297	PEADØ600
G7-1	0,10	10,00	152,42	0,009	0,009	0,0410	4,1	83,0528	PEADØ600
G7-2	0,10	10,00	152,42	0,009	0,009	0,0110	1,1	106,2894	PEADØ600
G8-1	0,10	10,00	152,42	0,016	0,009	0,0220	2,2	115,8113	PEADØ600
G8-2	0,10	10,00	152,42	0,016	0,009	0,0160	1,6	122,9370	PEADØ600
G8-3	0,10	10,00	152,42	0,016	0,009	0,0360	3,6	105,5962	PEADØ600
G8-4	0,10	10,00	152,42	0,060	0,009	0,0300	3,0	179,3728	PEADØ600
G9-1	0,10	10,00	152,42	0,018	0,009	0,0590	5,9	100,6011	PEADØ600
G9-2	0,10	10,00	152,42	0,027	0,009	0,0350	3,5	129,1692	PEADØ600
G9-3	0,10	10,00	152,42	0,060	0,009	0,0390	3,9	170,7624	PEADØ600
L-1	0,10	10,00	153,42	0,009	0,009	0,0100	1,0	108,2059	PEADØ450
L-2	0,10	10,00	154,42	0,045	0,009	0,0200	2,0	173,7488	PEADØ450
L-3	0,10	10,00	155,42	0,004	0,009	0,0100	1,0	79,8330	PEADØ450
L-4	0,10	10,00	156,42	0,016	0,009	0,0100	1,0	134,2626	PEADØ450
L-5	0,10	10,00	157,42	0,004	0,009	0,0100	1,0	79,8330	PEADØ450
L-6	0,10	10,00	158,42	0,007	0,009	0,0100	1,0	98,4741	PEADØ450
L-7	0,10	10,00	159,42	0,002	0,009	0,0100	1,0	61,5597	PEADØ450
L-8	0,10	10,00	160,42	0,013	0,009	0,0100	1,0	124,2050	PEADØ450

L-9	0,10	10,00	161,42	0,051	0,009	0,0100	1,0	207,3715	PEADØ450
L-10	0,10	10,00	162,42	0,036	0,009	0,0100	1,0	181,9800	PEADØ450
L-11	0,10	10,00	163,42	0,005	0,009	0,0100	1,0	86,8008	PEADØ450
L-12	0,10	10,00	164,42	0,009	0,009	0,0100	1,0	108,2059	PEADØ450
L-13	0,10	10,00	165,42	0,035	0,009	0,0200	2,0	158,1221	PEADØ450
L-14	0,10	10,00	166,42	0,049	0,009	0,0200	2,0	179,3868	PEADØ450
L-15	0,10	10,00	167,42	0,002	0,009	0,0100	1,0	61,5597	PEADØ450
L-16	0,10	10,00	168,42	0,029	0,009	0,0100	1,0	167,8067	PEADØ450
L-17	0,10	10,00	169,42	0,020	0,009	0,0100	1,0	145,9810	PEADØ450
L-18	0,10	10,00	170,42	0,044	0,009	0,0100	1,0	196,2027	PEADØ450
L-19	0,10	10,00	171,42	0,038	0,009	0,0100	1,0	185,7073	PEADØ450
L-20	0,10	10,00	172,42	0,009	0,009	0,0100	1,0	108,2059	PEADØ450
L-21	0,10	10,00	173,42	0,013	0,009	0,0100	1,0	124,2050	PEADØ450
L-22	0,10	10,00	174,42	0,011	0,009	0,0100	1,0	116,6628	PEADØ450
L-23	0,10	10,00	175,42	0,009	0,009	0,0100	1,0	108,2059	PEADØ450
L-24	0,10	10,00	176,42	0,020	0,009	0,0100	1,0	145,9810	PEADØ450
L-25	0,10	10,00	177,42	0,004	0,009	0,0100	1,0	79,8330	PEADØ450
L-26	0,10	10,00	178,42	0,013	0,009	0,0100	1,0	124,2050	PEADØ450
L-27	0,10	10,00	179,42	0,004	0,009	0,0100	1,0	79,8330	PEADØ450
L-28	0,10	10,00	180,42	0,002	0,009	0,0100	1,0	61,5597	PEADØ450
L-29	0,10	10,00	181,42	0,011	0,009	0,0100	1,0	116,6628	PEADØ450
L-30	0,10	10,00	182,42	0,002	0,009	0,0100	1,0	61,5597	PEADØ450
L-31	0,10	10,00	183,42	0,007	0,009	0,0100	1,0	98,4741	PEADØ450
L-32	0,10	10,00	184,42	0,009	0,009	0,0100	1,0	108,2059	PEADØ450
L-33	0,10	10,00	185,42	0,005	0,009	0,0100	1,0	86,8008	PEADØ450
L-34	0,10	10,00	186,42	0,007	0,009	0,0100	1,0	98,4741	PEADØ450
L-35	0,10	10,00	187,42	0,005	0,009	0,0100	1,0	86,8008	PEADØ450
L-36	0,10	10,00	188,42	0,007	0,009	0,0100	1,0	98,4741	PEADØ450
L-37	0,10	10,00	189,42	0,013	0,009	0,0100	1,0	124,2050	PEADØ450
L-38	0,10	10,00	190,42	0,009	0,009	0,0100	1,0	108,2059	PEADØ450
L-39	0,10	10,00	191,42	0,002	0,009	0,0100	1,0	61,5597	PEADØ450
L-40	0,10	10,00	192,42	0,013	0,009	0,0100	1,0	124,2050	PEADØ450
L-41	0,10	10,00	193,42	0,009	0,009	0,0100	1,0	108,2059	PEADØ450
L-42	0,10	10,00	194,42	0,024	0,009	0,0100	1,0	156,3109	PEADØ450

L-43	0,10	10,00	195,42	0,007	0,009	0,0100	1,0	98,4741	PEADØ450
L-44	0,10	10,00	196,42	0,007	0,009	0,0100	1,0	98,4741	PEADØ450
L-45	0,10	10,00	197,42	0,033	0,009	0,0100	1,0	176,1379	PEADØ450
L-46	0,10	10,00	198,42	0,007	0,009	0,0100	1,0	98,4741	PEADØ450
L-47	0,10	10,00	199,42	0,018	0,009	0,0100	1,0	140,3257	PEADØ450
L-48	0,10	10,00	200,42	0,004	0,009	0,0100	1,0	79,8330	PEADØ450
L-49	0,10	10,00	201,42	0,011	0,009	0,0100	1,0	116,6628	PEADØ450
L-50	0,10	10,00	202,42	0,004	0,009	0,0100	1,0	79,8330	PEADØ450
L-51	0,10	10,00	203,42	0,002	0,009	0,0100	1,0	61,5597	PEADØ450
L-52	0,10	10,00	204,42	0,013	0,009	0,0100	1,0	124,2050	PEADØ450
L-53	0,10	10,00	205,42	0,031	0,009	0,0100	1,0	172,0564	PEADØ450
L-54	0,10	10,00	206,42	0,009	0,009	0,0100	1,0	108,2059	PEADØ450
L-55	0,10	10,00	207,42	0,009	0,009	0,0100	1,0	108,2059	PEADØ450
L-56	0,10	10,00	208,42	0,011	0,009	0,0100	1,0	116,6628	PEADØ450
L-57	0,10	10,00	209,42	0,005	0,009	0,0100	1,0	86,8008	PEADØ450
L-58	0,10	10,00	210,42	0,005	0,009	0,0100	1,0	86,8008	PEADØ450
L-59	0,10	10,00	211,42	0,011	0,009	0,0100	1,0	116,6628	PEADØ450
L-60	0,10	10,00	212,42	0,002	0,009	0,0100	1,0	61,5597	PEADØ450
L-61	0,10	10,00	213,42	0,007	0,009	0,0100	1,0	98,4741	PEADØ450
L-62	0,10	10,00	214,42	0,002	0,009	0,0100	1,0	61,5597	PEADØ450
L-63	0,10	10,00	215,42	0,020	0,009	0,0100	1,0	145,9810	PEADØ450
L-64	0,10	10,00	216,42	0,009	0,009	0,0100	1,0	108,2059	PEADØ450
LG-1	0,10	10,00	217,42	0,011	0,009	0,0100	1,0	116,6628	PEADØ450
LG-2	0,10	10,00	218,42	0,002	0,009	0,0100	1,0	61,5597	PEADØ450
LG-3	0,10	10,00	219,42	0,040	0,009	0,0100	1,0	189,3140	PEADØ450
LG-4	0,10	10,00	220,42	0,002	0,009	0,0100	1,0	61,5597	PEADØ450
LG-5	0,10	10,00	221,42	0,040	0,009	0,0100	1,0	189,3140	PEADØ450
LG-6	0,10	10,00	222,42	0,002	0,009	0,0100	1,0	61,5597	PEADØ450
LG-15	0,10	10,00	223,42	0,024	0,009	0,0100	1,0	156,3109	PEADØ450
LG-18	0,10	10,00	224,42	0,024	0,009	0,0100	1,0	156,3109	PEADØ450