



**FACULDADE EVANGÉLICA DE GOIANÉSIA
CURSO DE ENGENHARIA CIVIL**

**MEIRY HELLENN SOUZA LEITE
VITOR SODRÉ DE MELO**

**APLICAÇÃO DE UM JARDIM DE CHUVA EM UM PONTO
CRÍTICO DA CIDADE DE GOIANÉSIA-GO**

PUBLICAÇÃO N°: 03

**GOIANÉSIA/GO
2019**



**MEIRY HELLENN SOUZA LEITE
VITOR SODRÉ DE MELO**

**APLICAÇÃO DE UM JARDIM DE CHUVA EM UM PONTO
CRÍTICO DA CIDADE DE GOIÂNÉSIA-GO**

PUBLICAÇÃO Nº: 03

**TRABALHO DE CONCLUSÃO DE CURSO SUBMETIDO AO
CURSO DE ENGENHARIA CIVIL DA FACEG.**

ORIENTADORA: ANA CLÁUDIA OLIVEIRA SÉRVULO

GOIÂNÉSIA/GO: 2019

FICHA CATALOGRÁFICA

LEITE, MEIRY HELLENN SOUZA; MELO, VITOR SODRÉ DE.

Aplicação de um Jardim de Chuva em um Ponto Crítico da Cidade de Goianésia [Goiás] 2019 xi, 50P, 297 mm (FACEG, Bacharel, Engenharia Civil, 2019).

TCC – FACEG – FACULDADE EVANGÉLICA DE GOIANÉSIA

Curso de Engenharia Civil.

- | | |
|--------------------|--------------------|
| 1. Urbanismo | 2. Drenagem |
| 3. Jardim de chuva | 4. Goianésia |
| I. ENG/FACEG | II. Título (Série) |

REFERÊNCIA BIBLIOGRÁFICA

GUIMARÃES, R. S. Estudo do SPT e SPT-T para Solos do Centro-Oeste. TCC, Publicação ENC. PF-001A/19, Curso de Engenharia Civil, FACEG, Goianésia, GO, 50p. 2019.

CESSÃO DE DIREITOS

NOME DO AUTOR: Meiry Hellen Souza Leite; Vitor Sodré de Melo

TÍTULO DA DISSERTA O DE TRABALHO DE CONCLUSÃO DE CURSO: Aplic o de um Jardim de Chuva em um Ponto Crítico da Cidade de Goianésia-GO.

GRAU: Bacharel em Engenharia Civil ANO: 2019

É concedida   Unievangélica a permissão para reproduzir cópias deste TCC e para emprestar ou vender tais cópias somente para propósitos acad micos e científicos. O autor reserva outros direitos de publica o e nenhuma parte deste TCC pode ser reproduzida sem a autoriza o por escrito do autor.

Meiry Hellen Souza Leite
Rua 5A, n  211
CEP: 76385391 - Goianésia/GO – Brasil

Vitor Sodré de Melo
Rua 25, n 188, São Cristóvão
CEP: 76381134 - Goianésia/GO – Brasil

**MEIRY HELLENN SOUZA LEITE
VITOR SODRÉ DE MELO**

**APLICAÇÃO DE UM JARDIM DE CHUVA EM UM PONTO
CRÍTICO DA CIDADE DE GOIANÉSIA-GO**

**TRABALHO DE CONCLUSÃO DE CURSO SUBMETIDO AO CURSO DE
ENGENHARIA CIVIL DA FACEG COMO PARTE DOS REQUISITOS
NECESSÁRIOS PARA A OBTENÇÃO DO GRAU DE BACHAREL.**

APROVADO POR:

**ANA CLÁUDIA OLIVEIRA SÉRVULO, Me. (FACEG)
(ORIENTADOR)**



**MATEUS OLIVEIRA DA SILVA, Dr. (FACEG)
(EXAMINADOR INTERNO)**



**EDUARDO MARTINS TOLEDO, Me. (FACEG)
(EXAMINADOR INTERNO)**

DATA: GOIANÉSIA/GO, 06 de DEZEMBRO de 2019.

Dedicamos este trabalho aos nossos familiares.

AGRADECIMENTOS

A Deus, pelo dom da vida, e por ter-nos oportunizado os meios para concretizar mais etapa formativa.

Aos nossos pais, exemplos de dignidade, honestidade e responsabilidade, por seu apoio incondicional durante esta jornada.

Aos nossos professores, por terem compartilhado conosco sua sabedoria e sua experiência.

À nossa orientadora, professora Ana Cláudia Oliveira Sérvulo, por todo o auxílio prestado durante a realização deste trabalho.

Aos colegas e amigos que fizemos durante o curso, por todo o apoio e companheirismo, nos momentos bons e difíceis.

A todos que, direta ou indiretamente, contribuíram para a realização deste estudo.

“Não existe um caminho para a felicidade. A felicidade é o caminho.”

Mahatma Gandhi

RESUMO

O processo de urbanização é um processo antrópico gerador de grandes impactos sócioambientais. Estes impactos podem ser verificados em inúmeras cidades brasileiras, os quais têm provocado a deterioração da qualidade de vida das pessoas, resultado do aumento da frequência e do nível das inundações, a redução da qualidade de água, bem como o aumento de materiais sólidos nos corpos receptores. É precisamente neste contexto que se insere o propósito deste estudo, uma vez que direciona sua atenção para os problemas decorrentes dos alagamentos urbanos no município de Goianésia. O ponto de partida para o mesmo é a constatação de vários pontos de alagamentos no município, especialmente na temporada de chuvas, momento em que o índice pluviométrico aumenta significativamente. Partindo destas observações, o objetivo principal deste estudo consiste em elaborar um projeto de drenagem (Jardim de Chuva) em um ponto crítico da cidade de Goianésia, proporcionando um melhor escoamento superficial das águas da chuva. Para a consecução deste objetivo, no que tange aos aspectos metodológicos, empregou-se o questionário como ferramenta para definição do local de aplicação do projeto, o qual situa-se no cruzamento entre a Avenida Contorno e Avenida Brasil, no sentido Oeste, do município de Goianésia/GO. O sistema de adequação selecionado foi o jardim de chuva, que consiste num jardim rebaixado que capta, limpa e infiltra a água de captação de chuva de telhados, pisos e vias. A escolha das dimensões do jardim de chuva foi realizada mediante análise de duas partes: estrutura e área. Para abordar o dimensionamento da estrutura do jardim levou-se em conta a camada de armazenamento, representada pela altura de brita a ser adotada. A área do experimento foi baseada na porcentagem mínima da área impermeável adotada na literatura sendo a área adotada de 38,48 m², sendo 7m de diâmetro.

Palavras-chave: urbanização, drenagem, Jardim de chuva, Goianési/GO.

ABSTRACT

The urbanization process is an anthropic process that generates major social and environmental impacts. These impacts can be seen in many Brazilian cities, which have caused the deterioration of people's quality of life, resulting from the increased frequency and level of flooding, the reduction of water quality, as well as the increase of solid materials in the bodies. receivers. It is precisely in this context that the purpose of this study is inserted, as it directs its attention to the problems arising from urban flooding in the municipality of Goianésia. The starting point for this is the observation of several flooding points in the municipality, especially in the rainy season, when the rainfall increases significantly. From these observations, the main objective of this study is to elaborate a drainage project (Jardim de Rain) in a critical point of the city of Goianésia, providing a better surface runoff of rainwater. In order to achieve this objective, regarding the methodological aspects, the questionnaire was used as a tool to define the project's application site, which is located at the intersection between Avenida Contorno and Avenida Brasil, in the west, of the municipality. from Goianésia/GO. The suitability system selected was the rainjordin, which consists of a sunken garden that captures, cleans and infiltrates rainwater from roofs, floors, and roads. The choice of the dimensions of the rain garden was made by analyzing two parts: structure and area. To address the design of the garden structure, the storage layer, represented by the gravel height to be adopted, was taken into account. The area of the experiment was based on the minimum percentage of impermeable area adopted in the literature being the adopted area of 38.48 m², being 7m in diameter.

Keywords: urbanization, drainage, Rain garden, Goianésia/GO.

LISTA DE FIGURAS

Figura 1 - Coletores	8
Figura 2 - Sarjeta	9
Figura 3 - Descarregador de Tempestades.	9
Figura 4 - Bacia de Retenção	10
Figura 5 - Inundação por falta de drenagem.....	11
Figura 6 - Zona deficiente	20
Figura 7 - Estutura básica de um jardim de chuva	21
Figura 8 - Ilustração Jardim de Chuva	22
Figura 9 - Etapas de cálculos.....	23
Figura 10 - Rotatoria para instalação do Jardim de Chuva	28
Figura 11 - Mapadrenagem	30
Figura 12 - Cotação do Dimensionamento.....	31

LISTA DE QUADROS

Quadro 1 - Fases do desenvolvimento das águas urbanas	6
--	---

LISTA DE ABREVIATURAS E SIGLAS

FACEG - Faculdade Evangélica de Goianésia

PVC - Policloreto de polivinila

LISTA DE SÍMBOLOS

- C – Coeficiente adimensional de escoamento superficial
- I – Intensidade da precipitação sobre a bacia
- A – Área total da bacia (km²)
- 0,278 – fator de conversão de unidades
- L – Comprimento percorrido pela vazão (m)
- H – Máximo desnível (m)
- i = intensidade de precipitação
- Tr = tempo de retorno
- t = duração do evento
- Q = vazão máxima
- Ve = volume de entrada
- t = tempo
- Vs = volume de saída
- A_{inf} = área de infiltração
- I = infiltração acumulada
- H_b = altura de brita
- h_a = altura da camada de areia
- C = coeficiente de escoamento
- I = intensidade da precipitação
- A = área do telhado
- t = tempo do ensaio de infiltração
- B e L = largura e comprimento da base do experimento, respectivamente
- I_{ac} = infiltração acumulada
- η_a = porosidade da areia
- η_b = porosidade da brita

SUMÁRIO

1 INTRODUÇÃO	1
1.1 JUSTIFICATIVA	2
1.2 OBJETIVOS	3
1.2.1 Objetivo Geral.....	3
1.2.1 Objetivos Específicos	3
1.3 METODOLOGIA.....	3
1.4 ORGANIZAÇÃO DO TRABALHO	4
2 REVISÃO DE LITERATURA.....	5
2.1 DRENAGEM URBANA.....	5
2.1.1 Conceito de Drenagem.....	5
2.1.2 Drenagem: Aspectos Históricos	5
2.1.3 Sistema de drenagem urbana.....	7
2.1.3.1 Principais Elementos de Captação de Águas Pluviais	7
2.1.3.1.1 Rede de Coletores	8
2.1.3.1.2 Sarjetas e Sumidouros.....	8
2.1.3.1.3 Descarregadores de Tempestades.....	9
2.1.3.1.4 Bacias de Retenção	10
2.1.3.1.5 Câmaras de Retenção – Infiltração	10
2.2 PRINCIPAIS DEFICIÊNCIAS DO SISTEMA DE DRENAGEM	10
2.2.1 Deficiências	12
2.2.1.1 Falta de Capacidade Hidráulica	12
2.2.1.2 Acumulação de Sedimentos	12
2.2.1.3 Infiltração	12
2.2.1.4 Descargas para o Meio Receptor.....	13
2.2.1.5 Septicidade	13
2.2.1.6 Exfiltração	14
2.2.1.7 Aspectos Estruturais.....	14
2.2.1.8 Aspectos Sócio-econômicos.....	15
2.2.2 Caráter Ambiental.....	15
2.2.3 Socioeconômico	15
2.2.4 Considerações para Projetos de Drenagem.....	16
2.2.4.1 Vazão de escoamento	16

2.2.4.2 Área de drenagem	17
2.2.4.3 Método racional modificado (Kirpich)	17
3 MATERIAL E MÉTODOS	19
3.1 ÁREA DE ESTUDO	19
3.2 SELEÇÃO DA ZONA DEFICIENTE EM DRENAGEM	19
3.3 ÁREA DE CONTRIBUIÇÃO	21
3.4 SISTEMA PRELIMINAR DE ADEQUAÇÃO	21
3.5 ETAPAS DO CÁLCULO DE DIMENSIONAMENTO	22
4 RESULTADOS E DISCUSSÃO	26
4.1 SELEÇÃO DA ZONA DEFICIENTE EM DRENAGEM	26
4.2 DIMENSIONAMENTO	28
5 CONCLUSÕES.....	32
REFERÊNCIAS BIBLIOGRÁFICAS	34

1 INTRODUÇÃO

A urbanização é uma das ações antrópicas que geram maiores impactos ambientais, especialmente a partir das consequências advindas das mudanças de ocupação e uso do solo (GONZALEZ, 2014). Nesse contexto, projetos de drenagem tornam-se essenciais no equacionamento desse problema. Para tanto, diferentes abordagens podem ser concebidas, sendo possível destacar uma linha evolutiva, desde a Revolução Industrial, que vai de uma concepção tradicional, até práticas de manejo sustentável de águas urbanas, e o projeto de cidades sensíveis à presença da água (MIGUEZ; VERÓL; REZENDE, 2016).

Os problemas de drenagem decorrem, em grande medida, do crescimento urbano. Isto porque a vida útil e eficiência de sistemas antigos fazem com que, na contemporaneidade, a crise seja maior e mais difícil de ser reparada, a menos que se mude todo o plano diretor da cidade em questão, facilitando e impondo pontos importantes para que as futuras construções sejam mais adequadas e facilitem a vida dos moradores da região (MIGUEZ; VERÓL; REZENDE, 2016).

A drenagem pluvial pode ser classificada em duas categorias distintas: a microdrenagem e a macrodrenagem. A microdrenagem se refere ao sistema de coleta de águas superficiais e subterrâneas por meio de pequenas e médias galerias. A macrodrenagem, por seu turno, além de ser um sistema de coleta de microdrenagem, também conta com coletas por meio de grandes galerias e corpo receptores, como rios ou canais (GEOFOCO BRASIL, 2014).

Os fatores que influenciam na drenagem urbana em si, podem ser vários, dependendo de cada caso particular. Dentre estes fatores, podem ser mencionados o clima da região, a superfície do solo, a variação pluvial, entre outros. Ademais, cumpre destacar que, devido às constantes mudanças ocasionadas pela poluição e degradação do solo, bem como a falta de planejamento do crescimento urbano, o ciclo hidrológico pode ser afetado, passando por mudanças significativas, as quais podem acarretar consequências para a população (CRUZ; TUCCI, 2008).

Uma das consequências indesejadas da atuação dos fatores supramencionados são os alagamentos urbanos (BAPTISTA; NASCIMENTO, 2002). Estes alagamentos geram prejuízos e desconfortos para as pessoas que ali vivem. É precisamente neste contexto que se insere o propósito deste estudo, uma vez que direciona sua atenção para os problemas decorrentes dos alagamentos urbanos no município de Goianésia. O ponto de partida para o mesmo é a constatação de vários pontos de alagamentos no município, especialmente na temporada de chuvas, momento em que o índice pluviométrico aumenta significativamente.

Ante o exposto no parágrafo anterior, o objetivo principal deste estudo consiste em elaborar o dimensionamento de um projeto de drenagem (Jardim de Chuva) em um ponto crítico da cidade de Goianésia, proporcionando um melhor escoamento superficial das águas da chuva. Dito de outra maneira, a finalidade desse trabalho é propor uma alternativa para complementar o sistema de drenagem pluvial em um ponto com deficiência de drenagem na cidade de Goianésia.

1.1 JUSTIFICATIVA

A realização deste estudo justifica-se por abordar um problema que afeta a população de Goianésia durante o período de chuvas, qual seja, a inundação de vias públicas.

Conforme destacam Baptista e Nascimento (2002), os problemas causados pelas inundações, em grande medida, decorrem do processo de formação das aglomerações urbanas. Em suas palavras:

O aumento das aglomerações urbanas, em particular a partir do século XIX, trouxe dificuldades e desconforto resultantes da precariedade da infraestrutura de controle da presença de águas nas cidades, tanto as do meio “natural” (cursos d’água, áreas úmidas, lagos) quanto as águas de origem pluvial e as águas servidas. (BAPTISTA; NASCIMENTO, 2002, p. 29)

Um ponto de vista semelhante é apresentado por Cruz e Tucci (2008), ao argumentar que os problemas de drenagem da água urbana resultam do processo de urbanização ocorrido no Brasil. Afirmam os autores em questão que:

O aumento da frequência e magnitude de inundações, erosão do solo e contaminação das águas pluviais são problemas na drenagem urbana decorrentes da urbanização no Brasil. Este cenário é consequência da impermeabilização do solo e canalização do escoamento sem controle dos referidos impactos. A transferência de impactos de montante para jusante, gerada pelos empreendedores, acabam sendo transferidos à sociedade. (CRUZ; TUCCI, 2008, 59)

Complementam ainda que:

Dentro das práticas urbanísticas que se propagaram pelo país, observou-se o uso de avenidas de fundos de vale associadas à canalização dos riachos urbanos. Este tipo de urbanização amplifica os impactos citados e altera o ambiente de forma inadequada. Soluções deste tipo têm um custo geralmente muito superior ao de uma solução sustentável, além de aumentar os prejuízos devido às inundações, erosão e qualidade da água. O somatório de desconhecimento técnico de parte importante dos profissionais que atuam em drenagem, da população e dos decisores tem mantido este cenário. (CRUZ; TUCCI, 2008, 59).

Mudar este cenário exige uma profunda mudança quanto ao planejamento urbanístico, a qual deve abranger, ainda segundo Cruz e Tucci (2008, p. 59), o “[...] planejamento urbano e uso do solo; esgotamento sanitário, resíduos sólidos e drenagem urbana. Todos estes elementos possuem forte interferência entre si e necessitam de soluções integradas”.

Diante do exposto, fica claro que o presente estudo justifica-se, não apenas por abordar uma problemática que afeta a vida dos goianesienses, além de diminuir os prejuízos, mas também por abordar um tema de interesse para toda a sociedade brasileira, que precisa encontrar meios de organizar melhor o processo de desenvolvimento urbano.

1.2 OBJETIVOS

1.2.1 Objetivo Geral

Elaborar um projeto de drenagem (Jardim de Chuva) em um ponto crítico da cidade de Goianésia/GO tendo em vista melhorar o escoamento superficial das águas da chuva.

1.2.2 Objetivos Específicos

- Realizar o levantamento da precipitação e da área de ocupação.
- Identificar o atual sistema de drenagem utilizado no local.
- Elaborar uma proposta de projeto de adequação.
- Efetuar o levantamento dos pontos de maior deficiência de drenagem.

1.3 METODOLOGIA

A área de estudo selecionada para realização deste projeto localiza-se no município de Goianésia/GO. Mais especificamente, o local de estudo situa-se no cruzamento entre a Avenida Contorno e Avenida Brasil, no sentido Oeste.

A seleção do ponto crítico foi realizado mediante observação e aplicação de um questionário junto a munícipes de Goianésia, os quais apontaram este como um ponto crítico quanto à drenagem pluvial.

No tocante ao sistema preliminar de adequação, optou-se pelos jardins de chuva, que são definidos como jardins rebaixados que captam, limpam e infiltram água de captação de

chuva de telhados, pisos e vias, e que normalmente possuem entre 15 a 25 cm de profundidade e têm como objetivo final reidratar a paisagem urbana com água de chuva.

1.4 ORGANIZAÇÃO DO TRABALHO

O presente estudo encontra-se organizado em cinco capítulos distintos. O primeiro capítulo é constituído por esta introdução. No segundo capítulo, apresenta-se a fundamentação teórica do estudo, onde são discutidos os principais conceitos do estudo. No terceiro capítulo, são apresentados os aspectos metodológicos empregados na realização do estudo. No quarto capítulo, busca-se apresentar os resultados e sua discussão. Por fim, no quinto capítulo, são apresentados alguns comentários conclusivos.

2 REVISÃO DE LITERATURA

2.1 DRENAGEM URBANA

2.1.1 Conceito de Drenagem

A palavra “drenagem” encontra sua origem no termo grego *drainage*, a qual refere-se ao escoamento de águas de terreno excessivamente úmido por meio de tubos, valas, fossos, etc. instalados na superfície ou nas camadas subterrâneas. Para a engenharia e o urbanismo, a drenagem é o sistema de tubagens interligadas que permite expulsar os líquidos pluviais ou de outro tipo (VAZ, 2019; MIGUEZ; VERÓL; REZENDE, 2016).

Toda bacia hidrográfica possui uma rede de drenagem natural. Essa rede conduz parte das chuvas, degelos ou outras fontes de água, para outras bacias maiores, lagos ou para o mar. A drenagem artificial consiste no escoamento das águas de terrenos encharcados, por meio de concreto simples, armado ou de gabião (VAZ, 2019).

Atualmente, a drenagem urbana é o conjunto de medidas que tenham como objetivo minimizar os riscos de inundação e alagamentos no ambiente urbano, diminuir os prejuízos causados por inundações e possibilitar o desenvolvimento urbano de forma harmônica, articulada e sustentável (VAZ, 2019; MIGUEZ; VERÓL; REZENDE, 2016).

2.1.2 Drenagem: Aspectos Históricos

Sempre houve uma relação das cidades com os cursos d’água na história da humanidade, onde o acesso à água é essencial para a sua existência, pois constituíram aspectos no encadeamento da sedentarização das populações (MIGUEZ; VERÓL; REZENDE, 2016). O desenvolvimento e segurança das aglomerações urbanas sempre estiveram relacionados com a proximidade de rios. Os cursos d’água proviam a água de abastecimento, a agilidade para o despejamento, a via natural de comunicação e transporte, facilitando o comércio, dentre outros aspectos (BATISTA; NASCIMENTO, 2002).

A partir do século XIX, houve a necessidade de preocupação da população com as águas pluviais, pois estava ocorrendo o aumento das aglomerações urbanas, o que trouxe dificuldades e desconforto resultantes da precariedade da infraestrutura de controle da presença de águas nas cidades. Este processo foi verificado sobremaneira na Europa, em que tem início as práticas modernas de drenagem urbana (MIGUEZ; VERÓL; REZENDE, 2016). Por outro lado,

positivamente, houve o desenvolvimento da microbiologia e da epidemiologia, as quais representaram um significativo avanço, possibilitando um maior controle técnico sobre o meio natural e a organização social. Em detrimento disso, contribuíram para uma mudança radical de concepção das relações entre urbanismo e a presença de águas nas cidades (BATISTA; NASCIMENTO, 2002). O Quadro 1 apresenta as principais fases de desenvolvimento da drenagem urbana.

Quadro 1 – Fases do desenvolvimento das águas urbanas

FASE	CARACTERÍSTICA	CONSEQUÊNCIA
Pré-Higienista: Até início do século XX	Esgoto em fossas ou diretamente nas ruas, sem coleta ou tratamento.	Epideias e doenças com alta taxa de mortalidade.
Higienista: Até 1970	Tout à l'égout – 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: 1970-1990	Sistema separador absoluto, tratamento de 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.

É importante mencionar que a evolução da drenagem pluvial urbana no Brasil, descrita por Silveira (1998), iniciou-se através da aplicação dos conceitos higienistas, observando-se sempre a predominância da implantação de sistemas separadores absolutos desde sua concepção (BATISTA; NASCIMENTO, 2002).

Em um quadro de urbanização crescente, é resultado inegável a redução gradativa e inflexível das redes de drenagem existentes, tendo como consequências inundações constantes no âmbito urbano com grandes encadeamentos sociais, econômicos e políticos. Em relação ao contexto de potencialização do aspecto de urbanização e demanda ambiental crescente, a drenagem urbana de águas pluviais situa-se, atualmente, em um caminho crescente de obscuridade. Esse cenário decorre tanto de questões técnicas, quanto de aspetos organizacionais, econômicos e jurídicos, que assegurem a consecução desses desígnios (BATISTA; NASCIMENTO, 2002).

Os problemas advindos da obsolescência dos sistemas urbanos de drenagem pluvial, de sua crescente ineficiência em controlar inundações e de seus pesados impactos sobre o meio, são contemporâneos do aumento significativo das preocupações com a preservação ambiental, materializados, por exemplo, pela Conferência das Nações Unidas para Meio Ambiente e Desenvolvimento, a Eco-92, realizada no Rio de Janeiro em 1992 (BATISTA; NASCIMENTO, 2002).

Em virtude disso, um dos aspectos que passaram a ganhar maior notoriedade foram os sistemas urbanos de drenagem da água. A este respeito, procura-se discorrer nas próximas seções.

2.1.3 Sistema de drenagem urbana

Um sistema de drenagem urbana constitui-se, basicamente, de dois subsistemas: a macrodrenagem e a microdrenagem (MIGUEZ; VERÓL; REZENDE, 2016).

Segundo Miguez, Veról e Rezende (2016, p. 106), a macrodrenagem é “[...] formada pela hidrografia natural da bacia e corresponde aos canais naturais ou artificiais responsáveis pela condução das águas concentradas no sistema”. Já a microdrenagem, por outro lado, é “[...] constituída pela drenagem dos loteamentos urbanos e áreas públicas, como as praças, parques e ruas, convencionalmente visando a retirada das águas precipitadas e sua condução para a rede principal, ou macrodrenagem, o mais rapidamente possível [...]” (MIGUEZ; VERÓL; REZENDE, 2016, p. 106).

Além disso, cumpre destacar que os projetos de controle das águas pluviais devem abranger medidas estruturais e não estruturais. As primeiras se referem a medidas de controle imprescindíveis para ações corretivas, como barragens, reservatórios, diques, entre outras. As medidas não estruturais são constituídas por ações indiretas, como zoneamento urbano, reservação de áreas para alagamento, preservação das várzeas, entre outras medidas (MIGUEZ; VERÓL; REZENDE, 2016).

2.1.3.1 Principais Elementos de Captação de Águas Pluviais

Os principais elementos de captação das águas pluviais são: rede de coletores, sarjetas e sumidouros, descarregadores de tempestades, bacias de retenção, câmaras de retenção – infiltração (CARDOSO, 2007; MIGUEZ; VERÓL; REZENDE, 2016).

2.1.3.1.1 Rede de Coletores

Os coletores têm por finalidade assegurar a condução de águas residuais domésticas, industriais ou pluviais vindo de edifícios ou via pública, conferindo aos mesmos um destino correto (CARDOSO, 2007).

Os coletores podem ser constituídos por variados tipos de materiais, podendo citar betão, fibrocimento, PVC e também pode apresentar várias formas da secção transversal, sendo eles locados em subterrâneos (CARDOSO, 2007). Veja-se a figura 1.

Figura 1 – Coletores.



Fonte: MP TERRAPLANAGEM, 2016.

Além disso, cumpre destacar que diversos parâmetros influenciam no custo de um projeto de implantação de uma rede de coletores. Dentre estes, podem ser destacados: o diâmetro do tubo; o material; o comprimento; a profundidade de instalação; o local do projeto (condições da superfície e subsuperfície); o tipo de aplicação da tubulação; nível de risco envolvido; e as condições meteorológicas (SANTOS, 2009).

2.1.3.1.2 Sarjetas e Sumidouros

As sarjetas e os sumidouros, conforme mostra a figura 2, estão no englobamento geral do sistema de drenagem. A sua finalidade consiste no recolhimento das águas pluviais com garantia do seu acesso à rede de drenagem. As sarjetas e os sumidouros devem se encontrar em locais de pontos baixos da via pública e nos cruzamentos, ocasionando o afastamento do escoamento superficial da faixa de rodagem (CARDOSO, 2007).

Figura 2 – Sarjeta.



Fonte: NUNES, 2017.

2.1.3.1.3 Descarregadores de Tempestades

Os descarregadores de tempestades, como mostra a figura 3, são mais utilizados no sistema de drenagem unitária ou pseudo-separativos. Sua finalidade é desviar os caudais em excesso, que seriam conduzidos por sistemas de drenagem separativos (CARDOSO, 2007).

Figura 3 – Descarregador de Tempestades.

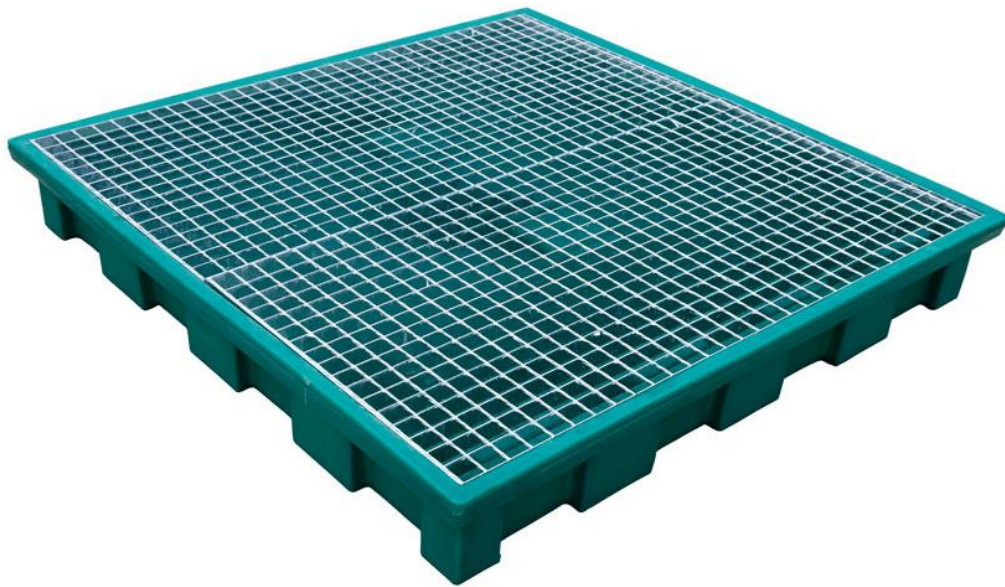


Fonte: AxFlowPT, 2009.

2.1.3.1.4 Bacias de Retenção

As bacias de retenção, conforme a figura 4, são estruturas que tem por finalidade regularizar o escoamento pluvial, amortecendo os caudais de ponta fazendo com que haja a permissão de compatibilizar o seu valor com certos limites previamente fixados (CARDOSO, 2007).

Figura 4 – Bacia de Retenção



Fonte : TUBO FURO, 2019.

2.1.3.1.5 Câmaras de Retenção – Infiltração

Em certos casos, citando as decorrentes da impermeabilização de áreas, naturalmente permeáveis, pode compor um aspecto econômico e eficaz (CARDOSO, 2007).

2.2 PRINCIPAIS DEFICIÊNCIAS DO SISTEMA DE DRENAGEM

A eficiência do sistema de drenagem é determinada pelas condições do projeto. Porém, a execução bem feita nem sempre é obtida, o que se deve, por exemplo, à falta de conhecimentos, poucas informações ou atuação precária. No entanto, é de extrema relevância a verificação da qualidade dos sistemas, pois o mesmo é responsável por determinar a garantia do seu funcionamento de acordo com o projeto desejado (MIGUEZ; VERÓL; REZENDE, 2016).

As deficiências dos sistemas de drenagem urbana podem ocasionar consequências socioeconômicas de extrema relevância, que estão relacionados com aspectos hidráulicos, ambientais, de qualidade da água e estruturais.

No domínio hidráulico, destacam-se deficiências de falta de capacidade hidráulica, dada pela entrada em carga de coletores, inundações e descarga para o meio receptor (MIGUEZ; VERÓL; REZENDE, 2016).

No domínio ambiental e de qualidade da água, destacam-se as descargas para o meio receptor, determinadas pelas descargas diretas advindas de excedentes de sistemas unitários por ocorrência de precipitação, e descargas diretas advindas de sistemas separativos pluviais, ressaltando impactos negativos e descargas de águas residuais brutas ou não convenientes tratadas para os meios receptores. Convém ressaltar também, fugas de água residual para o solo e septicidade (MIGUEZ; VERÓL; REZENDE, 2016).

No domínio estrutural, destaca-se o assentamento dos coletores, deformação, abatimentos de soleira, colapso, ligações indevidas ou defeituosas, corrosão, perda de material, fissuras, fendas, brechas, fraturas e material defeituoso, superfície danificadas (MIGUEZ; VERÓL; REZENDE, 2002). Na figura 5, procura-se ilustrar uma das consequências da falha dos sistema de drenagem.

Figura 5 – Inundação por falta de drenagem



Fonte: AGÊNCIA ESTADO, 2018.

Diante dos fatos supracitados, segue abaixo as principais deficiências dos sistemas de drenagem urbana que estão relacionados aos variados domínios considerados.

2.2.1 Deficiências

As principais deficiências de um sistema de drenagem são: falata de capacidade hidráulica, acumulação de sedimentos, infiltração, descargas para o meio receptor, septicidade, exfiltração, aspectos estruturais e aspectos sócio-econômicos.

2.2.1.1 Falta de Capacidade Hidráulica

A falta de capacidade hidráulica nos sistemas de drenagem é ocasionada por variados tipos de causas, sendo elas (MIGUEZ; VERÓL; REZENDE, 2016):

- Perda de capacidade hidráulica devido a obstruções;
- Alteração das características dos coletores, como sua degradação, aumento da rugosidade do material e deformação da secção transversal;
- Acúmulo de sedimentos nos coletores;
- Efeitos de jusante.

2.2.1.2 Acumulação de Sedimentos

A acumulação de sedimentos provoca consequências danosas, de diferentes ordens, tais como (MIGUEZ; VERÓL; REZENDE, 2016):

- Hidráulico: apresenta alteração da rugosidade, redução da capacidade hidráulica, fazendo com que haja o aumento da entrada em carga, inundações e descargas;
- Estrutural: a ação do ácido sulfúrico é consequência da formação de sulfetos de hidrogênio, aumentando a corrosão;
- Socioeconômico: aumento da formação de gases, trazendo maiores riscos para as operações de manutenção, odores.

2.2.1.3 Infiltração

Outro domínio que é capaz de gerar afluências no sistema de drenagem é a existência de ligações indevidas, ocorridas principalmente nas câmaras de visitas, caleiras dos telhados, entre outros. Estas ligações podem verificar-se por meio da drenagem de águas pluviais para os sistemas separativos domésticos ou vice-versa.

As ligações indevidas ao sistema de drenagem de águas pluviais podem ser ocasionadas devido a afluições domésticas, industriais ou comerciais. Ressaltando a afluição industrial, em ambos os sistemas são também tratadas como indevidas, quando a qualidade não é compatível com a descarga direta no receptor.

Em relação a casos em que as afluições advindas de sistemas pluviais aos domésticos têm aspectos relevantes, ocasionando vários problemas, destacam-se:

- Aumento dos custos de operação;
- Redução da capacidade útil de transporte e tratamento (MIGUEZ; VERÓL; REZENDE, 2016).

2.2.1.4 Descargas para o Meio Receptor

O principal problema de descargas no sistema de drenagem é seu impacto referente ao nível da qualidade e da degradação dos meios receptores. As descargas referentes ao meio receptor podem ser advindas de sistemas separativos pluviais, de excedentes de sistemas unitários por ocorrência de precipitação e de descargas de águas residuais brutas ou não convenientemente tratadas (MIGUEZ; VERÓL; REZENDE, 2016). Vale ressaltar, a este respeito, os principais tipos de descargas:

- Descargas de sistemas separativos pluviais;
- Descargas de excedentes de sistemas unitários por ocorrência de precipitação;
- Descargas de águas residuais brutas ou não convenientes tratadas.

2.2.1.5 Septicidade

É notória a presença de diversos compostos químicos nos sistemas de drenagem de águas residuais. Dentre os compostos, destaca-se o sulfeto de hidrogênio, ácido sulfídrico na forma líquida ou o gás sulfídrico na forma gasosa, os quais apresentam importantes consequências negativas, tais como:

- Odor intenso;
- Toxicidade por criar a possibilidade de formação de ambientes letais ou explosivos na atmosfera dos coletores e espaços vizinhos confinados (MIGUEZ; VERÓL; REZENDE, 2016).

2.2.1.6 Exfiltração

Com o decorrer dos anos, devido a degradação dos sistemas de drenagem urbana, percebe-se a ocorrência de fugas de água residual não tratada para o solo, por meio de defeitos em coletores, nas juntas e ligações domésticas ao colocar câmaras de visita. No entanto, esse tipo de deficiência, ao contrário da infiltração, será denominado a partir desse momento de exfiltração.

A exfiltração atrai consequências negativas em relação ao aspecto ambiental, pois as águas residuais contêm altas concentrações de poluentes, responsáveis pela contaminação dos solos e das águas subterrâneas. A exfiltração, por conseguinte, afeta o desempenho dos sistemas de drenagem, nomeadamente pelos seguintes aspectos:

- Incumprimento de normas de qualidade de água em rios, lagos e águas subterrâneas;
- Impedimento da utilização dos cursos de águas para fins recreativos;
- Aumento do risco de problemas de saúde pública;
- Outros aspectos do funcionamento deficiente dos sistemas de drenagem urbana.

É de extrema importância ressaltar que, diante dos fatos supracitados, o aspecto deficiente do sistema de drenagem urbana abrange também outros fatos, tais como estruturais e socioeconômicos. Estes fatores, cabe destacar, possuem relação com os aspectos hidráulicos, ambientais e de qualidade da água, razão pela qual devem ser abordados (MIGUEZ; VERÓL; REZENDE, 2016).

2.2.1.7 Aspectos Estruturais

Mediante a condição de um sistema de drenagem, avaliando a parte física, o mesmo é caracterizado pelas suas patologias de natureza estrutural. Em relação ao aspecto estrutural, o diagnóstico pode ser de grande relevância do ponto de vista do desempenho, tanto do ponto de vista hidráulico e ambiental, como da qualidade da água, uma vez que estes aspectos estão interligados.

Sob esse posicionamento, a presença de fissuras ou brechas no interior dos coletores ocasionará infiltração ou exfiltração nos coletores, resultando o arrastamento e a movimentação de material sólido do solo, alterando as condições de assentamento dos coletores e podendo criar cavidades de ar (MIGUEZ; VERÓL; REZENDE, 2016).

2.2.1.8 Aspectos Sócio-econômicos

As más atuações dos sistemas de drenagem urbana podem acarretar consequências para a sociedade mediante os seus bens e nas suas atividades, podendo ser de origem graves ou não, sendo estas determinadas pelo tipo de ocupação do solo envolvente do sistema.

Dentre as consequências decorrentes da má atuação ou funcionamento dos sistemas de drenagem, vale ressaltar que os trabalhos de reabilitação tem impactos sócio-econômicos importantes sendo eles diretos ou indiretos, porém afetando diretamente a sociedade através de ações físicas resultantes das obras, ou indiretamente (MIGUEZ; VERÓL; REZENDE, 2016).

2.2.2 Caráter Ambiental

A análise empreendida nas seções anteriores deixou claro que o sistema de drenagem urbana pode acarretar consequências danosas à sociedade. Segundo Braga (1994), a maioria dos países que se encontra em desenvolvimento, incluindo o Brasil, houve uma expansão urbana com precária infraestrutura de drenagem, fazendo com que seja alvo de inundações.

Os problemas que dizem respeito ao controle de inundações relacionam-se com a elevação dos picos das cheias, ocasionada tanto pela intensificação do volume do escoamento superficial direto (causado pelo aumento da densidade das construções, e consequentemente a impermeabilização da superfície), como pela diminuição dos tempos de concentração e de recessão. Essa diminuição é também oriunda do acréscimo na velocidade de escoamento por alteração do sistema de drenagem existente, exigida por este aumento da densidade de construções.

Outro ponto relevante é a erosão do solo decorrente do desenvolvimento urbano desordenado, que traz consequências como assoreamento em canais e galerias, acarretando a diminuição das capacidades de condução do excesso de água, degradando a qualidade da água e possibilitando a veiculação de moléstias (MIGUEZ; VERÓL; REZENDE, 2016).

2.2.3 Socioeconômico

A respeito de doenças causadas pela deficiência de drenagem urbana é notório o alto percentual de doenças na contemporaneidade. Dado o exposto, as diversas doenças podem ocorrer devido:

- A ausência de segurança de abastecimento de água, de modo que a diarreia ressalta nesse cenário, sendo a mais frequente;
- As doenças que dependem da higiene das pessoas, relacionado com a sua educação;
- A malária, dengue, esquistossomose, entre outras doenças que estão relacionadas com a disposição da água e o ambiente;
- A leptospirose, que é a contaminação da urina do rato na água de inundação, relacionando-se a inundações (MIGUEZ; VERÓL; REZENDE, 2016).

2.2.4 Considerações para Projetos de Drenagem

A definição e o projeto de uma rede de drenagem têm uma base técnica tipicamente de hidráulica. Numa abordagem tradicional, o dimensionamento de uma rede de drenagem de águas pluviais transcorre, de forma geral, nas seguintes etapas:

- Divisão da área em estudo em bacias de contribuição e lançamento do traçado da rede de drenagem em planta baixa;
- Cálculo das vazões afluentes ao sistema de drenagem, originadas das precipitações sobre as áreas de contribuição acumuladas ao longo do caminho;
- Cálculo hidráulico das dimensões da rede de condutos, o que define a geometria final da rede (CANHOLI, 2014).

2.2.4.1 Vazão de escoamento

A urbanização de uma área aumenta o escoamento superficial. O método usual para determinar a vazão máxima de projeto dos condutos pluviais de pequenas áreas é o Racional, que utiliza a equação:

$$Q = C . I . A \quad (1)$$

Em que C é o coeficiente de escoamento; I é a intensidade da precipitação e A é a área total da bacia. O valor de I depende da curva de intensidade, duração, frequência e do tempo de concentração, visto que, nesse método, a duração da precipitação é adotada igual ao tempo de concentração; A é um valor fixo (MIGUEZ; VERÓL; REZENDE, 2016).

2.2.4.2 Área de drenagem

É a superfície em projeção horizontal, delimitada pelos divisores de água que confinam e definem a bacia. A área de drenagem é computada diretamente a partir de cartas topográficas, sendo um dado fundamental para definir a potencialidade hídrica de uma bacia, uma vez que é a região que recebe as águas de chuva. Assim, a área da bacia multiplicada pela lâmina precipitada ao longo de um intervalo de tempo define o volume de água por ela recebido por uma bacia hidrográfica (MIGUEZ; VERÓL; REZENDE, 2016).

2.2.4.3 Método racional modificado (Kirpich)

Este método é utilizado para calcular vazões cuja área seja maior do que 1,00 km², a fim de corrigir as distorções causadas pela distribuição de chuvas em áreas mais extensas. Este método consiste em adicionar fatores de distribuição sobre vazões calculadas pelo método racional (MIGUEZ; VERÓL; REZENDE, 2016).

A vazão Q , em m³/s, é, então, calculada por:

$$Q = 0,278 \cdot C \cdot I \cdot A \quad (2)$$

Onde:

C = coeficiente adimensional de escoamento superficial (runoff);

I = intensidade média da precipitação sobre a bacia, em mm/h;

A = área de bacia drenada, em km²;

0,278 = fator de conversão de unidades.

O fator de distribuição, ou coeficiente de distribuição mais utilizado é o fator n , tal que:

$$n = A^{-0,10} \quad (3)$$

Em que A é a área da bacia, em km².

Pelo método racional modificado de Kirpich calcula-se o tempo de concentração da vazão dentro da bacia, em horas, através da fórmula:

$$T_c = 1,42 \cdot \left(\frac{L^3}{H}\right)^{0,385} \quad (4)$$

Onde:

L = comprimento percorrido pela vazão, em m;

H = máximo desnível, em m.

3 MATERIAL E MÉTODOS

Nesta seção iremos apresentar os materiais e métodos empregados na realização deste estudo. Neste sentido, procura-se descrever a área de estudo, a seleção da zona deficiente de drenagem, bem como as etapas envolvidas no sistema preliminar de adequação.

3.1 ÁREA DE ESTUDO

Para a realização do presente trabalho, tomou-se como parâmetro a cidade de Goianésia, no estado de Goiás, cuja origem remonta a 30 de outubro de 1943, momento em que Laurentino Martins Rodrigues levantou um cruzeiro às margens do Córrego Calção de Couro, iniciando a formação do povoado.

A cidade emancipou-se administrativamente de Jaraguá em 24 de junho de 1953. O município possui uma área de 1.547,274 km², com uma população de aproximadamente 69.072 habitantes. Está posicionada na latitude de 15° 19' 03" S e longitude 49° 07' 03" W e com o clima predominante tropical úmido, sendo que a menor temperatura registrada em Goianésia foi de 4,9 °C em 10 de junho de 1985 e a maior atingiu 39,5 °C em 15 de setembro de 2019.

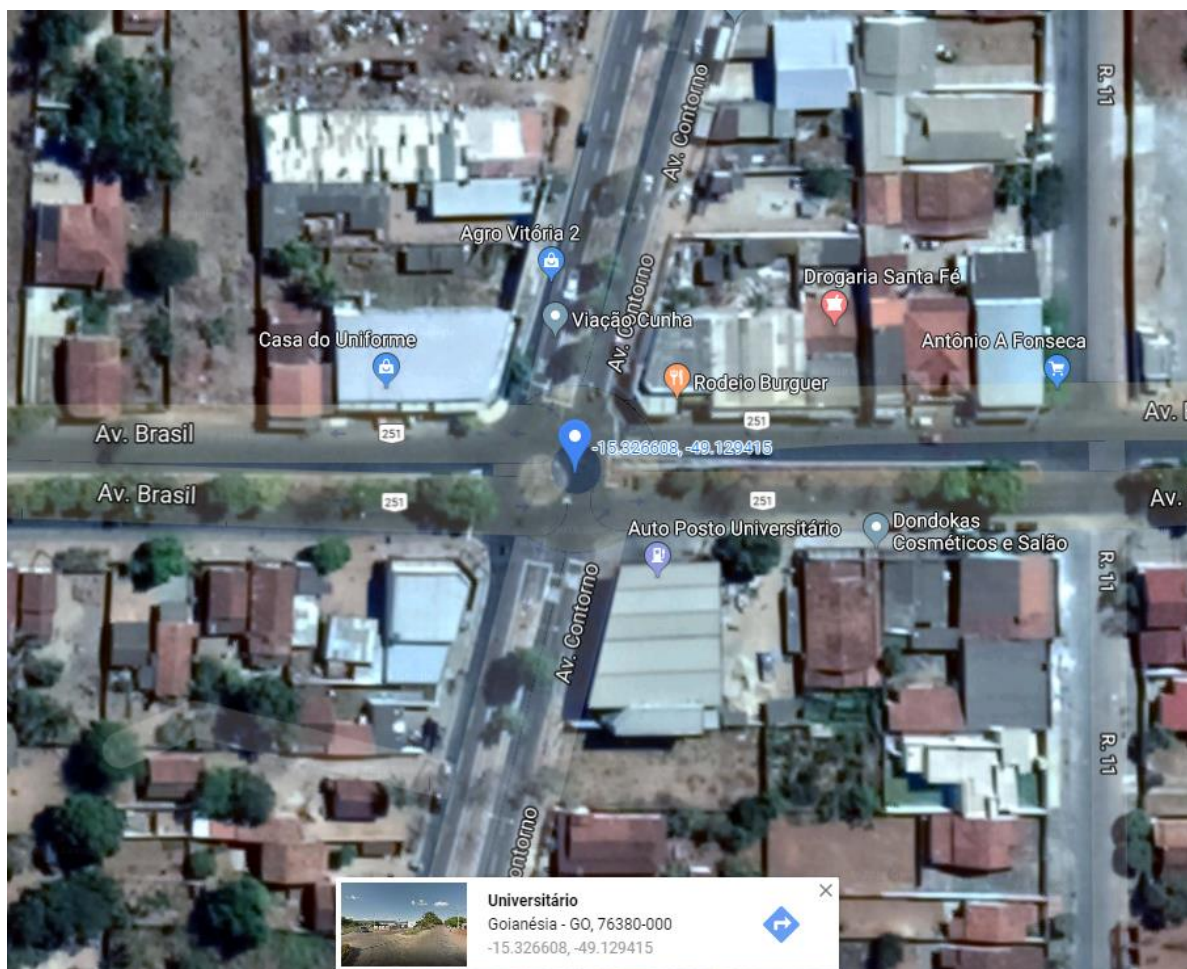
O município possui dois distritos, o distrito-sede de Goianésia e o distrito de Natinópolis, e cinco povoados: Juscelândia, Cafelândia, Morro Branco, Barreiro (Limoeiro) e Campo Alegre. A cidade é banhada pelos mananciais do Rio dos Peixes, Rio dos Patos e Rio dos Bois.

3.2 SELEÇÃO DA ZONA DEFICIENTE EM DRENAGEM

O ponto crítico em deficiência de drenagem foi definido a partir de um questionário aplicado à população do município de Goianésia, no qual buscou identificar, pela observação da comunidade, os principais pontos de alagamento e/ou inundação da cidade.

A partir dos resultados do questionário selecionou-se como local de estudo o cruzamento entre a Avenida Contorno e Avenida Brasil, no sentido Oeste (ver figura 6). O local, no período de chuvas, é inundado pelas águas pluviais, dificultando o trânsito no local, gerando consequências indesejadas para a população.

Figura 6 – Zona deficiente.



Fonte:GOOGLE MAPS, 2019.

3.3 ÁREA DE CONTRIBUIÇÃO E VAZÃO ESPERADA

A área de contribuição do escoamento superficial será determinada a partir da área de drenagem considerando o ponto do projeto como exutório. A área de drenagem será obtida por meio da análise de modelo de elevação SRTM (Shuttle Radar Topographic Mission) em software de análise de imagens Arcgis, utilizando as seguintes etapas: preenchimento de depressões (*fill sinks*), direção de fluxo (*flow direction*), fluxo acumulado (*flow accumulation*), e delimitação de bacias (*watershed*). Os dados SRTM do município de Goianésia serão obtidos junto ao USCS (United States Geological Survey), com resolução espacial de 30 m.

A vazão esperada para amortecimento pela estrutura de drenagem foi definida pelo método racional. A intensidade de precipitação (mm h^{-1}) será determinada para chuvas com tempo de retorno de 10 anos, utilizando séries históricas de precipitação e as condições de cobertura da superfície do solo.

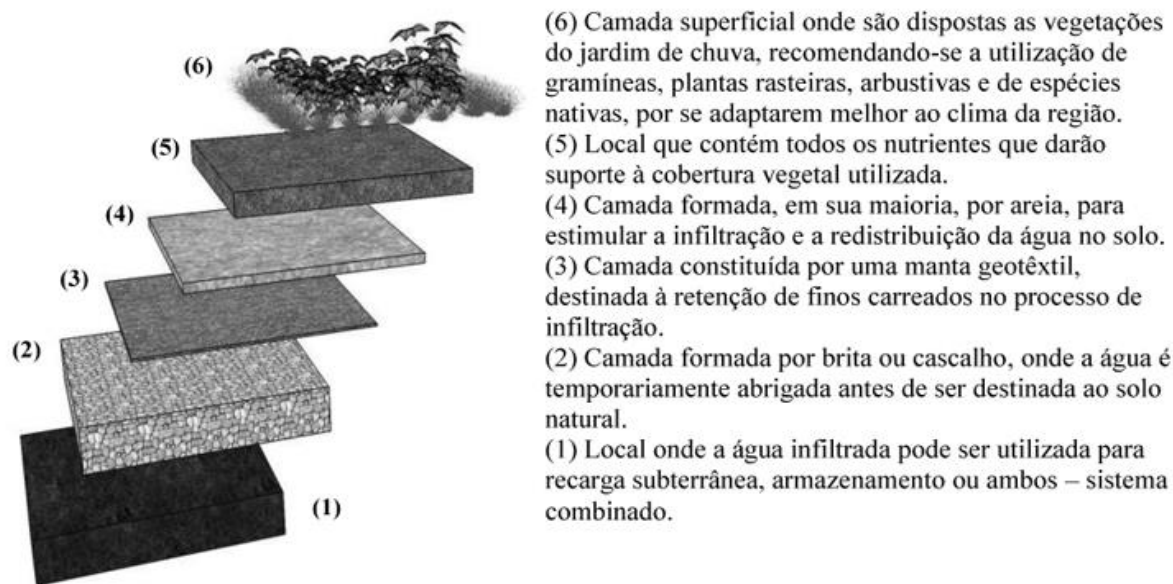
3.4 SISTEMA PRELIMINAR DE ADEQUAÇÃO

O projeto jardim de chuva, proposto no cruzamento da Avenida Contorno e Avenida Brasil, sentido Oeste, na cidade de Goianésia, tem como objetivo permeabilizar o Município, pois ao longo dos tempos devido as questões das fraguimentações e construções de vários edifícios e casas, tem dificuldade de permeabilização, aumentando consideravelmente o número de alagamentos na cidade. Vale ressaltar que as estruturas que ficaram com uma praça vai contar com um solo preparado para suportar um volume maior de água. Portanto, tem-se como finalidade a minimização dos alagamentos retendo as águas pluviais dos locais aonde elas caem incluindo o melhoramento das condições climáticas, ou seja, as condições relativas do ar.

É relevante enfatizar que, durante o período de chuvas, é elevado o número de ocorrência provocadas por esse fator, podendo citar alagamentos, retenção de água e outros enigmas causados pelo volume de precipitação.

Os Jardins de Chuva são jardins rebaixados que captam, limpam e infiltram água de captação de chuva de telhados, pisos e vias. Normalmente têm entre 15 a 25 cm de profundidade e têm como objetivo final reidratar a paisagem urbana com água de chuva. Na figura 7, pode-se vislumbrar a estrutura básica de um Jardim de Chuva.

Figura 7 – Estutura básica de um jardim de chuva.

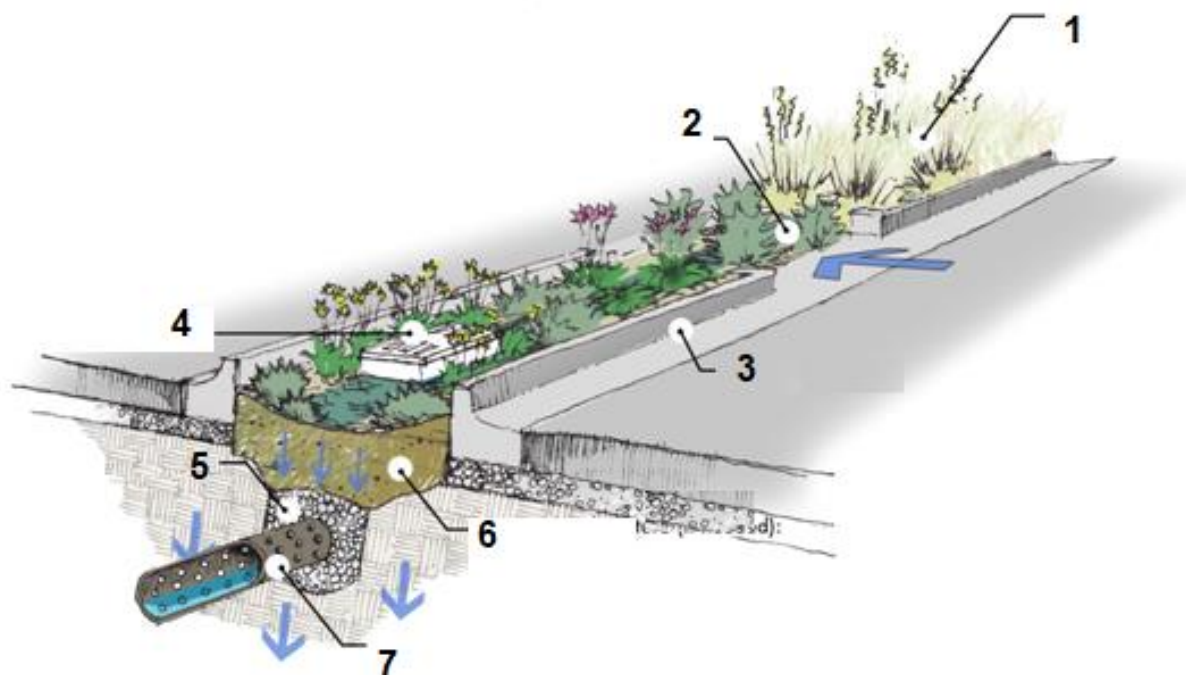


- (6) Camada superficial onde são dispostas as vegetações do jardim de chuva, recomendando-se a utilização de gramíneas, plantas rasteiras, arbustivas e de espécies nativas, por se adaptarem melhor ao clima da região.
- (5) Local que contém todos os nutrientes que darão suporte à cobertura vegetal utilizada.
- (4) Camada formada, em sua maioria, por areia, para estimular a infiltração e a redistribuição da água no solo.
- (3) Camada constituída por uma manta geotêxtil, destinada à retenção de finos carreados no processo de infiltração.
- (2) Camada formada por brita ou cascalho, onde a água é temporariamente abrigada antes de ser destinada ao solo natural.
- (1) Local onde a água infiltrada pode ser utilizada para recarga subterrânea, armazenamento ou ambos – sistema combinado.

Fonte: MELO et al., 2014.

O projeto Jardim de Chuva tem o objetivo de receber o escoamento de água e acumulam o excesso que formam poças, que infiltram o solo, dando suporte ao sistema de drenagem a atuar nos picos de precipitação.

Figura 8 – Ilustração Jardim de Chuva.



1 – plantas nativas de alta capacidade de absorção de contaminantes; 2 – corte no meio-fio; 3 – meio-fio e sarjeta; 4 – estrutura de controle do fluxo excedente; 5 – envoltório de cascalho; 6 – preparo de solo; 7 – tubo drenante ligado à rede de drenagem.

Fonte: Google.

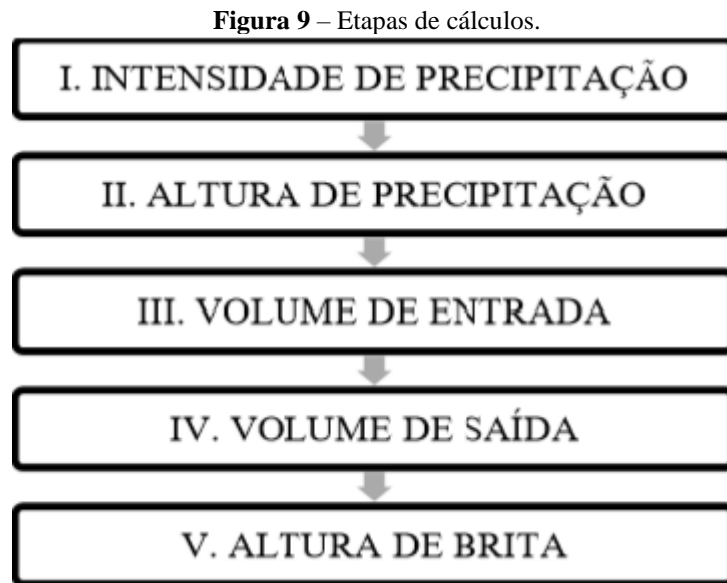
Convém relatar que os jardins utilizam a capacidade biológica dos microorganismos e das plantas, que atuam como removedores dos poluentes das águas pluviais, que contribui para a retenção da água da chuva.

A instalação do jardim de chuva foi proposto e projetado para receber as águas da chuva advinda de uma área de 38,48 m².

Em relação a escolha das dimensões do jardim de chuva, foram divididas em duas partes: estrutura e área. Na estrutura foi analisada o dimensionamento das camadas internas no jardim. Já na área foram estudadas as dimensões planas do jardim. Para abordar o dimensionamento da estrutura do jardim, é relevante a camada de armazenamento, representada pela altura de brita a ser adotada. A área do experimento foi baseada na porcentagem mínima da área impermeável adotada na literatura. No experimento, a área adotada foi de 38,48 m², sendo 7m de diâmetro.

3.5 ETAPAS DO CÁLCULO DE DIMENSIONAMENTO

As etapas do cálculo de dimensionamento abrangem: a intensidade de precipitação, altura da precipitação, volume de entrada, volume de saída e altura da brita, conforme ilustra a Figura 9.



Fonte: MELO et al., 2014.

Em relação a intensidade de precipitação foi utilizado a equação de intensidade – duração – frequência, o que é obtido como dado na equação 5 (MELO et al., 2014; OLIVEIRA et al., 2005).

$$i = \frac{927,684 \cdot Tr^{0,148}}{(t+0,76)^{0,9928}} \quad (5)$$

Onde:

i = intensidade de precipitação;

Tr = tempo de retorno;

t = duração do evento.

As Alturas de precipitação são dadas através do produto das intensidades pelos respectivos tempos de infiltração, já as vazões foram determinadas através do Método Racional (MELO et al., 2014).

O cálculo do volume de entrada é fornecido pelo produto da vazão pelo tempo, conforme delineado na equação 6 (MELO et al., 2014).

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

Onde:

Q = vazão máxima;

V_e = volume de entrada;

t = tempo.

Referindo-se ao volume de saída em relação a uma estrutura de infiltração é determinado a partir da superfície de infiltração. Sendo assim o volume de saída será determinado a partir dos ensaios de infiltração (MELO et al., 2014).

Em relação aos ensaios de infiltração será empregado o método do infiltrômetro de anel simples. O volume de saída é representado pelo produto da lâmina infiltrada acumulado no tempo pela área de infiltração do experimento, conforme equação 7.

$$V_s = A \cdot I \quad (7)$$

Onde:

V_s = volume de saída;

A = área de infiltração;

I = infiltração acumulada.

A altura de brita foi calculada para que a dimensão de altura tenha suficiente armazenamento temporariamente ao volume de água infiltrada para o tempo de retorno e uma duração de chuva de projeto (MELO et al., 2014).

Para determinar a altura da camada de armazenamento foi utilizada a seguinte equação (MELO et al., 2014):

$$Hb = \frac{[C \cdot I \cdot A \cdot t \cdot (10^{-3} / 3600) - I_{ac} \cdot B \cdot L - I_{ac} \cdot L \cdot h_a - I_{ac} \cdot B \cdot h_a - h_a \cdot B \cdot L \cdot \eta a]}{(B \cdot L \cdot \eta b + I_{ac} \cdot L + I_{ac} \cdot B)} \quad (8)$$

Onde:

Hb = altura de brita;

h_a = altura da camada de areia (0,10);

C = coeficiente de escoamento (0,675);

I = intensidade da precipitação;

A = área de drenagem;

t = tempo do ensaio de infiltração;

B e L = largura e comprimento da base do experimento; (7m)

Iac = infiltração acumulada;

ηa = porosidade da areia (0,40);

ηb = porosidade da brita (0,52).

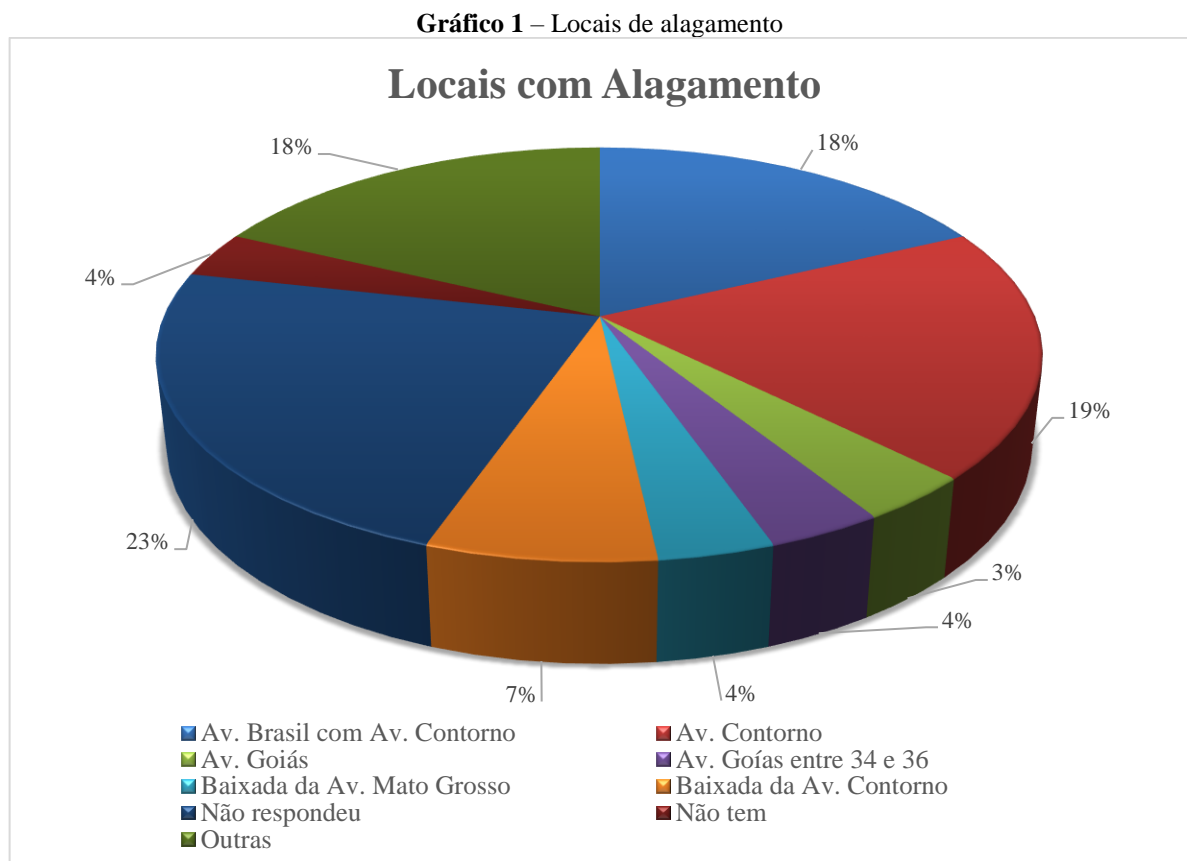
4 RESULTADOS E DISCUSSÃO

O propósito principal deste estudo consistia em elaborar o dimensionamento de um projeto de drenagem urbana (Jardim de Chuva) em um ponto crítico da cidade de Goianésia/GO tendo em vista melhorar o escoamento superficial das águas da chuva. Partindo disto, busca-se apresentar os resultados obtidos, os quais se referem, basicamente, ao seu dimensionamento.

4.1 SELEÇÃO DA ZONA DEFICIENTE EM DRENAGEM

Conforme referendou-se, o ponto crítico em deficiência de drenagem foi definido a partir de um questionário aplicado à população do município de Goianésia. A partir do questionário, buscou-se identificar os principais pontos de alagamento e/ou inundação da cidade. A amostra total foi composta por 56 participantes.

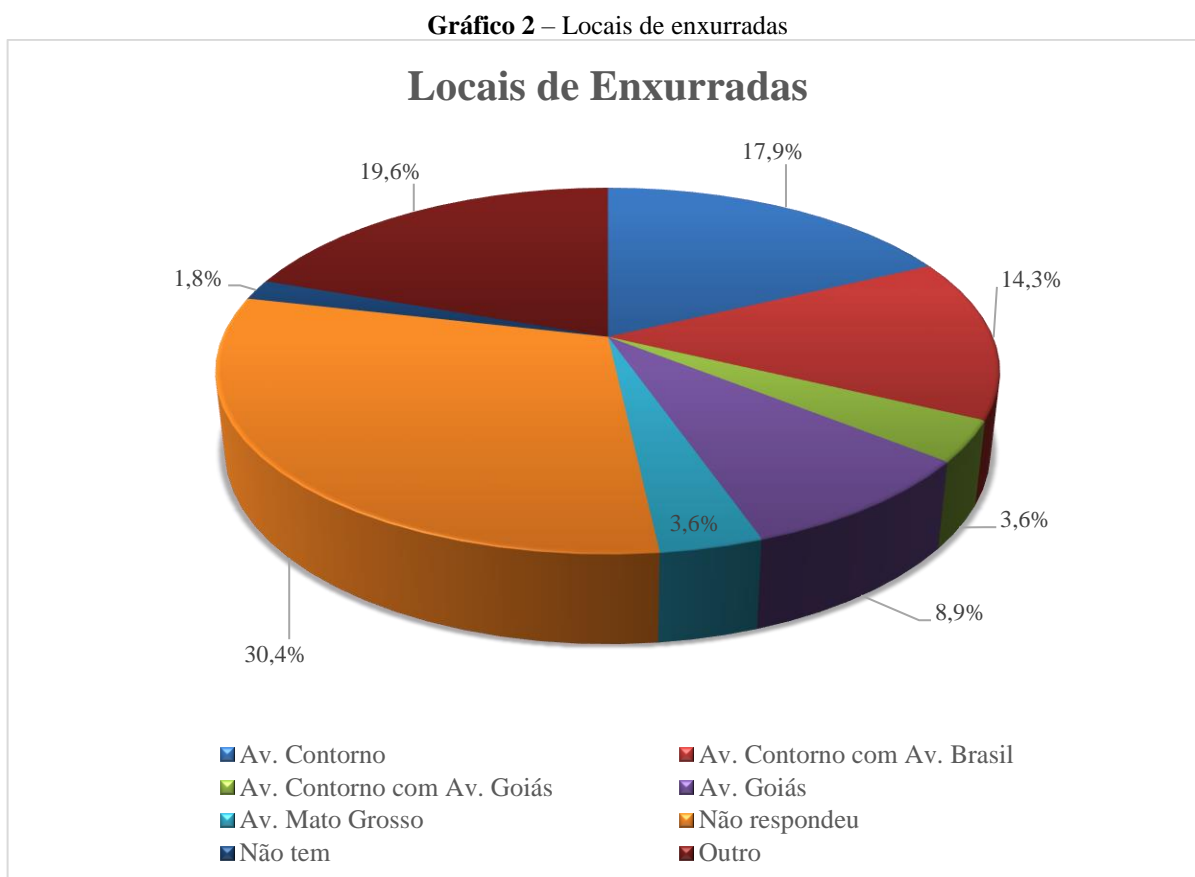
Uma das questões indagou aos participantes que apontassem um local da cidade de Goianésia que apresenta problema com alagamentos. A este respeito, os dados são apresentados no Gráfico 1.



Fonte: AUTORES, 2019.

Como pode-se depreender dos dados, 19% afirmou que o principal ponto de alagamento é a Avenida Brasil. Outros 17,9% afirmaram ser a Avenida Brasil com a Avenida Contorno. Já 7% afirmaram que o principal ponto de alagamento é a Baixada da Contorno.

Outra questão indagou sobre quais os principais pontos com risco de enxurradas. Os dados são apresentados no Gráfico 2.



Fonte: AUTORES, 2019.

Como depreende-se dos dados dipostos anteriormente, 17,9% dos respondentes afirmaram que o principal ponto de alagamento em Goianésia é a Av. Contorno. Outros 14,3% relataram tratar-se da Av. Contorno com a Av. Brasil. Já 8,9% dos respondentes afirmaram que o ponto de maior alagamento é a Av. Goiás.

Adicionando os dados relativos aos pontos de alagamento com os dados dos pontos de enxurrada, constatou-se que os principais pontos de alagamento da cidade mencionados pelos participantes foram a Av. Contorno, apontada por 37,5% dos respondentes, e a Av. Contorno com Av. Brasil, por 32,2% dos participantes. Como não foi especificado o ponto exato da Av. Contorno, optou-se pelo segundo ponto de maior ocorrência de alagamentos e enxurradas, qual seja, o cruzamento da Av. Contorno com Av. Brasil, no sentido Oeste.

De acordo com o relato dos participantes, o local, no período de chuvas, é inundado pelas águas pluviais, dificultando o trânsito no local, gerando consequências indesejadas para a população. Inclusive, mencionaram que no local, por conta dos alagamentos e enxurradas, ocorreram muitos acidentes.

A figura 10 apresenta o local selecionado para a instalação do jardim de chuva.

Figura 10 – Rotatória para instalação do Jardim de Chuva.



Fonte: Mais Goiás, 2019.

A partir da definição do local de drenagem, procedeu-se ao dimensionamento do mesmo, conforme demonstra-se na próxima seção.

4.2 DIMENSIONAMENTO

O cálculo do dimensionamento teve como ponto de partida a altura da camada de armazenamento (H_b – altura da brita). A partir de seu dimensionamento, chegou-se no valor de 1,13 metros.

Haja vista que o sistema em questão é circular, fez-se necessário fazer uma compensação na profundidade do sistema. Sendo assim, sugeriu-se aumentar a profundidade da camada de brita em 27,32% para atingir o volume necessário no sistema, o que é apenas um ajuste da altura da camada infiltrante em função do formato da área de captação. Diante destas modificações, chegou-se ao valor de 1,44 metros.

Em relação ao coeficiente de escoamento (C), calculou-se uma média ponderada conforme a porcentagem de área na superfície com cobertura permeável e impermeável. Sendo:

$$0,5.C + 0,5.C(\text{cidade}) = 0,675$$

Foram calculadas as intensidades de precipitação (I) para um tempo de retorno (Tr) de 10 anos com durações de chuva (t) de 2h, que equivalem a 120 minutos, chegando ao resultado final de 7,9638mm/h.

O cálculo da área de drenagem (A) foi dimensionado utilizando-se o ArcGis, uma ferramenta própria para a execução de áreas para pontos específicos que apresentam em um mapadrenagem final, os cursos d'água, as curvas de nível e a área de contribuição que o ponto em estudo apresenta, resultando então em uma área de 976.450 m².

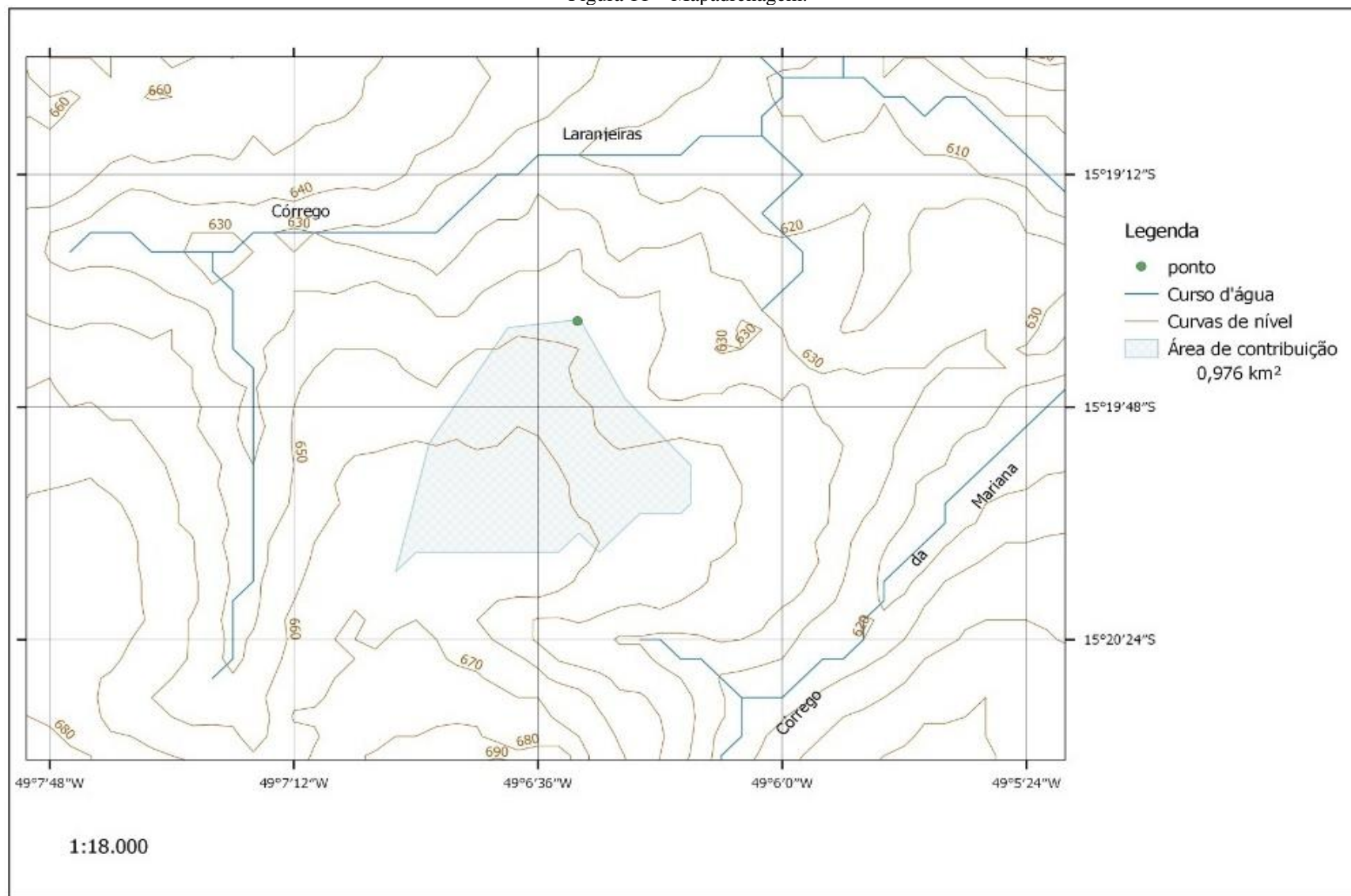
O tempo do ensaio de infiltração (t) foi 11.800 segundos (MELO et al., 2014, p. 157).

(B) e (L), que são a largura e o comprimento da base do experimento, foram calculadas com o valor de 7 metros.

E a (Iac), que é a infiltração acumulada, também usou-se de parâmetro (MELO et al., 2014, p. 152).

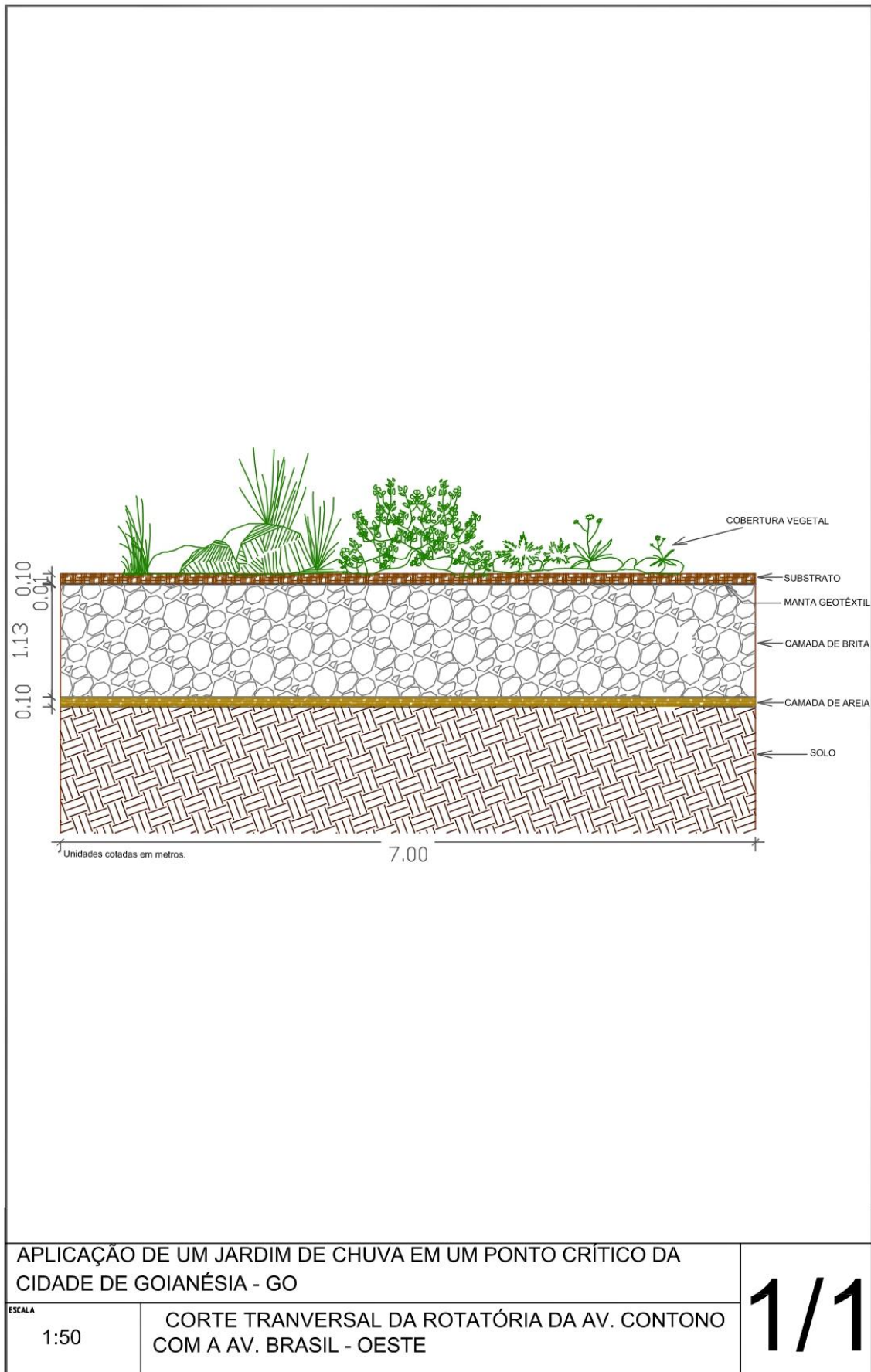
Na Figura 11, é mostrado o mapadrenagem gerado com a área delimitada para a perfeita visibilidade. Já na Figura 12 mostra-se a cotação do dimensionamento da altura da brita.

Figura 11 – Mapadrenagem.



Fonte: AUTORES, 2019.

Figura 12– Cotação do Dimensionamento.



Fonte: AUTORES, 2019.

5 CONCLUSÕES

O propósito principal deste estudo consistia em elaborar o dimensionamento de um projeto de drenagem (Jardim de Chuva) em um ponto crítico da cidade de Goianésia/GO tendo em vista melhorar o escoamento superficial das águas da chuva.

Ao final do estudo, pode-se afirmar que seu objetivo foi concretizado, haja vista que o mesmo conseguiu apresentar os principais aspectos do dimensionamento. Para abordar o dimensionamento da estrutura do jardim é relevante a camada de armazenamento, representada pela altura de brita a ser adotada. Para abordar a área do experimento foi baseada na porcentagem mínima da área impermeável adotada na literatura. No experimento, a área adotada foi de 38,48 m², sendo 7m de diâmetro.

Neste sentido, o dimensionamento realizado evidenciou que o Jardim de Chuva encerra uma medida eficiente para este tipo de escoamento, sendo capaz de sanar os problemas decorrentes das chuvas e enxurradas. Outro aspecto importante a ser destacado é que o Jardim de Chuva é, além de eficiente, uma solução econômica, comparativamente a outras medidas cabíveis.

Um dos objetivos específicos do estudo foi realizar o levantamento da precipitação e da área de ocupação. A este respeito, o estudo mostrou que em Goianésia, a estação com precipitação é abafada e de céu encoberto. A estação seca é de céu quase sem nuvens. Durante o ano inteiro, o clima é quente. Ao longo do ano, em geral a temperatura varia de 19 °C a 34 °C e raramente é inferior a 17 °C ou superior a 37 °C. A estação de maior precipitação dura 6,3 meses, estendendo-se de 5 de outubro a 15 de abril, com probabilidade acima de 40% de que um determinado dia tenha precipitação. A probabilidade máxima de um dia com precipitação é de 79% em 23 de dezembro (WEATHER SPARK, 2019). A taxa de ocupação será de 100% devido a sua área de terreno ser exatamente igual a sua área de ocupação.

O estudo objetivou ainda identificar o atual sistema de drenagem utilizado no local de estudo. A este respeito, verificou-se que os dispositivos responsáveis estão dispostos na forma de caixa coletora de água pluvial, popularmente chamadas de “bocas de lobo”. Estas mostraram-se incapazes de coletar as águas das chuvas de forma eficiente, levando a inundação das vias públicas, gerando consequências danosas para a população.

Ademais, foi proposta uma proposta de projeto de adequação. O estudo propôs como principal medida para solucionar o problema identificado o Jardim de Chuva. Esta opção foi escolhida por apresentar melhor e mais fácil execução, além de se mostrar uma medida de adequação econômica e com sustentabilidade local, sem modificar muito a estrutura de

drenagem urbana existente no local, especialmente no que tange a drenagem das águas da chuva.

Por fim, o estudo almejava efetuar o levantamento dos pontos de maior deficiência de drenagem. Tendo este objetivo em vista, empreendeu-se a aplicação de um questionário semiestruturado a munícipes de Goianésia. Os resultados mostraram que os principais pontos de deficiência na drenagem de águas das chuvas são a Av. Contorno, que apresenta inúmeros pontos de alagamento, e a intersecção entre a Av. Contorno com Av. Brasil, no sentido Oeste, tendo-se optado por este último para realização do dimensionamento do projeto de Jardim de Chuva. Este ponto mostra que o estudo em tela visou também ao atendimento dos anseios da população Goianesiense.

REFERÊNCIAS BIBLIOGRÁFICAS

AGÊNCIA ESTADO. Chuvas causam alagamentos em São Paulo, capital tem estado de atenção. Publicado em: 31 ago. 2018. Disponível em: <<https://24horasnews.com.br/noticia/chuvas-causam-alagamentos-em-sao-paulo-capital-tem-estado-de-atencao.html>>. Acesso em: 20 mai. 2019.

AXFLOWPT. Descarregador de Tempestade Mono – AxFlow. Publicado em: 13 ago. 2009. Disponível em: <<https://www.youtube.com/watch?v=L3Djg48HAW4>>. Acesso em: 20 mai. 2019.

BAPTISTA, M. B; NASCIMENTO, N. O. Aspectos institucionais e de financiamento dossistemas de drenagem urbana. RBRH - Revista Brasileira de Recursos Hídricos, v.7, n.1, Jan/Mar 2002, p. 29-49. Disponível em: <https://abrh.s3.sa-east-1.amazonaws.com/Sumarios/99/b965255555a82d2c445d1170ac0b2cf8_d23a43569d48424265de6e08d464e416.pdf>. Acesso em: 20 mai. 2019.

CANHOLI, Aluísio Pardo. Drenagem Urbana e Controle de Enchentes. São Paulo: Oficina de Textos, 2014.

CARDOSO, M. A. Avaliação do desempenho de sistemas de drenagem urbana. Lisboa: Laboratório Nacional de Engenharia Civil, 2008. Disponível em: <<http://repositorio.lnec.pt:8080/bitstream/123456789/17207/1/Tpi50.pdf>>. Acesso em: 23 mai. 2019.

CRUZ, Marcus Aurélio Soares; TUCCI, Carlos Eduardo Morelli. Avaliação dos Cenários de Planejamento na Drenagem Urbana. RBRH - Revista Brasileira de Recursos Hídricos, v.13, n.3,Jul/Set 2008, p. 59-71. Disponível em: <http://www.ufrgs.br/arroiodiluvio/conteudo-antigo/copy_of_sobre-o-arroio-diluvio/avaliacao.pdf>. Acesso em: 24 mai. 2019.

GEOFOCO BRASIL. Sistema de drenagem pluvial. Publicado em: 14 nov. 2014. Disponível em: <<http://geofoco.com.br/sistema-de-drenagem-pluvial/>>. Acesso em: 23 mai. 2019.

GONZALEZ, Fernanda Cristina Gonçalves. Projeto de drenagem sustentável para mitigação de cheias na bacia do rio Quitandinha, em Petrópolis, RJ. 2014. 89f. Trabalho de Conclusão de Curso (Graduação em Engenharia Ambiental) - Escola Politécnica, Universidade Federal do Rio de Janeiro, Rio de Janeiro, 2014.

MELO, T. dos A. T. DE; COUTINHO, A. P.; CABRAL, J. J. da S. P.; ANTONINO, A. C. D.; CIRILO, J. A. Jardim de chuva: sistema de biorretenção para o manejo das águas pluviais urbanas. Ambiente Construído, Porto Alegre, v. 14, n. 4, p. 147-165, out./dez. 2014.

MIGUEZ, M. G.; VERÓL, A. P.; REZENDE, O. M..Drenagem Urbana: do Projeto Tradicional à Sustentabilidade. 1. Ed. Rio de Janeiro: Elsevier, 2016.

MP TERRAPLANAGEM. A necessidade da drenagem urbana. Publicado em: 2016. Disponível em: <<http://mpterraplanagem.com.br/a-necessidade-da-drenagem-urbana/>>. Acesso em: 20 mai. 2019.

NETO, Antonio Cardoso. Drenagem urbana. Sistemas Urbanos de Drenagem, [S. l.], (s.d.).

NUNES, Marcus. Dimensionamento de sumidouro residencial. Publicado em: 23 jan. 2017. Disponível em: <<http://portaldoprojetista.com.br/dimensionamento-de-sumidouro-residencial/>>. Acesso em: 20 mai. 2019.

SANTOS, Daniel. Caderno de Saneamento Ambiental. Sistemas de Esgotamento Sanitário, 2009.

TUBO FURO. Bacia de Retenção. Disponível em: <<https://www.tubofuro.pt/produto/bacia-de-retencao-2/>>. Acesso em: 20 mai. 2019.

TUCCI, C. E. M. Drenagem urbana. Gestão das Águas, v. 55, n. 4, p. 36-37, (s.d.).

TUCCI, Carlos E. M. Drenagem Urbana. Gerenciamento da Drenagem Urbana. Drenagem Urbana, Universidade Federal do Rio Grande Do Sul, 2002.

TUCCI, C. E. M. Gestão das águas pluviais urbanas: Saneamento para todos. Brasília: Programa de Modernização do Setor Saneamento, Secretaria nacional de Saneamento Ambiental, Ministério das Cidades, 2005.

TUCCI, Carlos E. M. Drenagem Urbana. Coeficiente de Escoamento e Vazão Máximas de Bacias Urbanas, Universidade Federal do Rio Grande do Sul, 2000.

VAZ, V. B. Drenagem Urbana. Publicado em: 14 jun. 2019. Disponível em: <<http://www.comitepardo.com.br/boletins/2004/boletim05-04.html>>. Acesso em: 15 jun. 2019.

WEATHER SPARK. Condições meteorológicas médias de Goianésia. Disponível em: <https://pt.weatherspark.com/y/29988/Clima-caracter%C3%ADstico-em-Goian%C3%A9sia-Brasil-durante-o-ano>. Acesso em: 20 out. 2019.