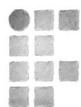


INSTITUTO FEDERAL DE EDUCAÇÃO, CIÊNCIA E TECNOLOGIA DE GOIÁS –
CÂMPUS GOIÂNIA
DEPARTAMENTO DE ÁREAS ACADÊMICAS III
CURSO DE ENGENHARIA CIVIL

JHULY LORRAINE GONÇALVES FALCÃO

DRENAGEM URBANA: ESTUDO DE CASO

GOIÂNIA
2021



INSTITUTO FEDERAL
Goiás

MINISTÉRIO DA EDUCAÇÃO
SECRETARIA DE EDUCAÇÃO PROFISSIONAL E TECNOLÓGICA
INSTITUTO FEDERAL DE EDUCAÇÃO, CIÊNCIA E TECNOLOGIA
PRÓ-REITORIA DE PESQUISA E PÓS-GRADUAÇÃO
SISTEMA INTEGRADO DE BIBLIOTECAS

TERMO DE AUTORIZAÇÃO PARA DISPONIBILIZAÇÃO NO REPOSITÓRIO DIGITAL DO IFG - ReDi IFG

Com base no disposto na Lei Federal nº 9.610/98, AUTORIZO o Instituto Federal de Educação, Ciência e Tecnologia de Goiás, a disponibilizar gratuitamente o documento no Repositório Digital (ReDi IFG), sem ressarcimento de direitos autorais, conforme permissão assinada abaixo, em formato digital para fins de leitura, download e impressão, a título de divulgação da produção técnico-científica no IFG.

Identificação da Produção Técnico-Científica

- | | |
|--|---|
| ☐ Tese | ☐ Artigo Científico |
| ☐ Dissertação | ☐ Capítulo de Livro |
| ☐ Monografia - Especialização | ☐ Livro |
| ☒ TCC - Graduação | ☐ Trabalho Apresentado em Evento |
| ☐ Produto Técnico e Educacional - Tipo: _____ | |

Nome Completo do Autor: Jhuly Lorraine Gonçalves Falcão

Matrícula: 20151011050241

Título do Trabalho: Drenagem urbana: estudo de caso

Autorização - Marque uma das opções

1. ☒ Autorizo disponibilizar meu trabalho no Repositório Digital do IFG (acesso aberto);
2. ☐ Autorizo disponibilizar meu trabalho no Repositório Digital do IFG somente após a data ____/____/____ (Embargo);
3. ☐ Não autorizo disponibilizar meu trabalho no Repositório Digital do IFG (acesso restrito).

Ao indicar a opção **2 ou 3**, marque a justificativa:

- ☐ O documento está sujeito a registro de patente.
☐ O documento pode vir a ser publicado como livro, capítulo de livro ou artigo.
☐ Outra justificativa: _____

DECLARAÇÃO DE DISTRIBUIÇÃO NÃO-EXCLUSIVA

O/A referido/a autor/a declara que:

- i. o documento é seu trabalho original, detém os direitos autorais da produção técnico-científica e não infringe os direitos de qualquer outra pessoa ou entidade;
- ii. obteve autorização de quaisquer materiais inclusos no documento do qual não detém os direitos de autor/a, para conceder ao Instituto Federal de Educação, Ciência e Tecnologia de Goiás os direitos requeridos e que este material cujos direitos autorais são de terceiros, estão claramente identificados e reconhecidos no texto ou conteúdo do documento entregue;
- iii. cumpriu quaisquer obrigações exigidas por contrato ou acordo, caso o documento entregue seja baseado em trabalho financiado ou apoiado por outra instituição que não o Instituto Federal de Educação, Ciência e Tecnologia de Goiás.

Goiânia,
Local

24/10/2021.
Data

Assinatura do Autor e/ou Detentor dos Direitos Autorais

JHULY LORRAINE GONÇALVES FALCÃO

DRENAGEM URBANA: ESTUDO DE CASO

Trabalho de Conclusão de Curso (TCC),
apresentado à Coordenação do Curso de
Engenharia Civil do Instituto Federal de
Educação, Ciência e Tecnologia de Goiás,
Câmpus Goiânia, como parte dos quesitos
necessários para a obtenção do título de
Bacharel em Engenharia Civil.

Orientador: Prof.^a Me. Matilde Batista Melo

GOIÂNIA

2021

F182d Falcão, Jhuly Lorraine Gonçalves.

Drenagem urbana: estudo de caso / Jhuly Lorraine Gonçalves Falcão. – Goiânia: Instituto Federal de Educação, Ciência e Tecnologia de Goiás, 2021.
93 f. : il.

Orientadora: Profª. Me. Matilde Batista Melo.

TCC (Trabalho de Conclusão de Curso) – Curso de Bacharelado em Engenharia Civil,
Departamento de Áreas Acadêmicas III, Instituto Federal de Educação, Ciência e Tecnologia de
Goiás.

Inclui anexos.

1. Drenagem urbana. 2. Sistema de drenagem. 3. Galeria Pluvial. I. Melo, Matilde Batista
(orientadora). II. Instituto Federal de Educação, Ciência e Tecnologia de Goiás. III. Título.

CDD 627.4

Ficha catalográfica elaborada pela Bibliotecária Karol Almeida da Silva Abreu CRB1/ 2.740
Biblioteca Professor Jorge Félix de Souza,
Instituto Federal de Educação, Ciência e Tecnologia de Goiás, Câmpus Goiânia.



INSTITUTO FEDERAL
Goiás

MINISTÉRIO DA EDUCAÇÃO
SECRETARIA DE EDUCAÇÃO PROFISSIONAL E TECNOLÓGICA
INSTITUTO FEDERAL DE EDUCAÇÃO, CIÊNCIA E TECNOLOGIA DE GOIÁS
CÂMPUS GOIÂNIA

Jhuly Lorraine Gonçalves Falcão

DRENAGEM URBANA: ESTUDO DE CASO

Trabalho de Conclusão de Curso apresentado ao Curso de Engenharia Civil, do Instituto Federal de Educação, Ciência e Tecnologia de Goiás, Campus Goiânia, como parte dos quesitos necessários para obtenção do título de Bacharel em Engenharia Civil.

Membros da banca: Me. Matilde Batista Melo (orientadora); Dra. Liana de Lucca Jardim Borges; Dr. Dalcio Ricardo Botelho Alves.

Aprovado em 12 de Agosto de 2021.

Documento assinado eletronicamente por:

- Liana de Lucca Jardim Borges, PROFESSOR ENS BASICO TECN TECNOLOGICO, em 12/08/2021 12:30:38.
- Dalcio Ricardo Botelho Alves, PROFESSOR ENS BASICO TECN TECNOLOGICO, em 12/08/2021 11:34:10.
- Matilde Batista Melo, COORDENADOR - FUC1 - GYN-CCSBEC, em 12/08/2021 11:30:20.

Este documento foi emitido pelo SUAP em 12/08/2021. Para comprovar sua autenticidade, faça a leitura do QRCode ao lado ou acesse <https://suap.ifg.edu.br/autenticar-documento/> e forneça os dados abaixo:

Código Verificador: 189631

Código de Autenticação: 2140ac5029



Instituto Federal de Educação, Ciência e Tecnologia de Goiás

Rua 75, nº 46, Centro, GOIÂNIA / GO, CEP 74055-110

(62) 3227-2736 (ramal: 2736)

À minha família.

AGRADECIMENTOS

Em primeiro lugar quero agradecer a Deus, por me permitir viver esse momento. Ele é minha força, rocha, luz e salvação.

A toda minha família, que sempre me apoiou nas minhas escolhas.

A minha orientadora e coordenadora do curso professora Msc. Matilde Batista Melo, que me ajudou muito na realização deste trabalho.

Aos meus professores, que são minha inspiração. Obrigada pela dedicação.

Aos engenheiros Rosana e Marcos da Seinfra, órgão da Prefeitura de Goiânia, que gentilmente me ajudaram a conseguir informações para o meu trabalho.

Ao meu querido Ricardo, pelo amor, carinho, paciência, companheirismo, incentivo e dedicação sempre.

Aos meus amigos, por fazer a jornada mais leve.

“Por vezes sentimos que aquilo que fazemos não é
senão uma gota de água no mar. Mas o mar seria
menor se lhe faltasse uma gota. ”
(Madre Teresa de Calcutá)

RESUMO

Em muitas cidades brasileiras, todos os anos, são noticiados problemas por enxurradas e alagamentos, mesmo em locais onde há sistema de drenagem. Um exemplo disso, é o bairro Residencial Itamaracá, localizado no município de Goiânia-GO, o qual é considerado um ponto crítico de alagamento pela Defensoria Pública de Goiânia. Dessa forma, o presente trabalho teve como objetivo realizar um estudo de caso de drenagem urbana a partir da análise de parte do sistema de drenagem pluvial desse bairro para identificar as prováveis causas da ineficiência do sistema e propor soluções técnicas adequadas para resolver o problema. O método empregado para a realização dos cálculos de dimensionamento das galerias pluviais foi o de Ulysses de Alcântara, e posteriormente analisou-se a capacidade de escoamento da rede existente, verificação da sua eficiência e indicação das possíveis interferências, comparando os resultados com literaturas de autores conhecidos. Na análise dos dados foi possível identificar a ineficiência hidráulica de parte do sistema de drenagem, como enchimento além da capacidade, e na maioria dos casos velocidades de escoamento acima da recomendada, os quais constituem motivos para os recorrentes alagamentos. Na sequência da conclusão do trabalho, foram propostas adequações à rede, como aumento dos diâmetros das galerias pluviais, diminuição da declividade, e algumas medidas alternativas de drenagem sustentável, como reservatórios.

Palavras-chave: Drenagem Urbana; Sistema de Drenagem; Galeria Pluvial.

ABSTRACT

Every year, many Brazilian cities report problems with rainwater runoff and flooding, even in areas where there is a drainage system. As an example, we can mention Residencial Itamaracá. Located in the city of Goiânia-GO, the neighborhood is considered a critical drainage area by the local Public Defense Department. Thus, this academic work aims to develop a case study of urban drainage through the analysis of the pluvial drainage system in this neighborhood to identify the causes of the system's inefficiency and suggest adequate technical solutions the problem. The study will be carried out by analyzing the flow capacity of the current drainage network, verifying its efficiency and possible interferences, and proposing technical solutions for improvements. Ulysses de Alcântara was the method used to carry out the sizing calculations of the storm sewers, and later the drainage capacity of the existing network was analyzed, verifying its efficiency and indicating possible interferences, comparing the results with authors' literature acquaintances. By analyzing the available data, it was possible to identify the hydraulic inefficiency of the drainage system, such as filling beyond capacity, and in most cases flow rates above the recommended, which are reasons for recurrent flooding. Following the conclusion of the work, adjustments to the network were proposed, such as increasing the diameter of the storm sewers, decreasing the slope, and some alternative measures for sustainable drainage, such as reservoirs.

Keywords: urban drainage, drainage system, rainwater gallery.

LISTA DE ILUSTRAÇÕES

Figura 1- Ilustração do efeito da urbanização sobre o ciclo hidrológico (os percentuais se referem à parcela da precipitação que “segue” cada uma das fases do ciclo)	16
Figura 2 - Ciclo de contaminação	17
Figura 3 - Espaços de gerenciamento	19
Figura 4 - Av. Anhanguera. Década de 1960	23
Figura 5 - Alagamento em frente a um estabelecimento comercial	25
Figura 6- Alagamento deixam pessoas ilhadas em ponto de ônibus	25
Figura 7- Exemplo de uma sarjeta do tipo triangular	28
Figura 8 - Alguns tipos de bocas de lobo	29
Figura 9- Corte transversal de um sistema típico de drenagem.....	29
Figura 10 - Exemplo de um poço de visita.....	30
Figura 11- Exemplo de caixa de passagem	31
Figura 12- Escadaria hidráulica com colchão de água	31
Figura 13 - Telhado verde extensivo	33
Figura 14 - Composição das camadas do telhado verde.....	34
Figura 15- Típico sistema de retenção na fonte recomendado em Sydney, Austrália: a) Superfície de coleta e superfície de controle; e b) Controle hidráulico e armazenamento.	35
Figura 16 - Exemplos de pisos permeáveis e porosos	36
Figura 17 - Pavimento intertravado com infiltração parcial no solo	36
Figura 18 - Esquema de funcionamento de um poço de infiltração	37
Figura 19- Jardim de chuva na calçada	38
Figura 20- Jardim de chuva na calçada	38
Figura 21- Exemplo de faixa gramada	39
Figura 22- Exemplo de vala de infiltração	40
Figura 23- Etapas de implantação de trincheira de infiltração no campus da USP/São Carlos	41
Figura 24- Desenho esquemático de um reservatório de retenção	43
Figura 25- Fluxo do corpo d’água em um Reservatório On-Line	44
Figura 26- Fluxo do corpo d’água em um Reservatório Off-Line	45
Figura 27- Divisão dos terrenos adjacentes de acordo com o método do diagrama dos telhados.	48
Figura 28- Alternativa para delimitação das áreas contribuintes de um sistema de microdrenagem nos lotes.....	49

Figura 29- Elementos geométricos da seção circular.	56
Figura 30- Residência invadida por água das chuvas no setor Residencial Itamaracá.....	58
Figura 31- Delimitação da área onde se localiza o bairro Residencial Itamaracá.....	60
Figura 32- Indicação da inclinação do terreno do setor Residencial Itamaracá.....	61
Figura 33- Mapa de Localização da Bacia Hidrográfica do Ribeirão Anicuns e a localização da Estação Meteorológica	62
Figura 34- Boca-de-lobo do poço de visita 9A sendo representado em projeto.	71
Figura 35 - quebra mola e boca de lobo que foram instalados de forma improvisada para aumentar a captação de águas pluviais	72
Figura 36- Na figura é representada a Av Perim no trecho entre os poços de visita 5A e 5B que possuem uma inclinação baixa	76
Figura 37- Na Rua Rit 1 os Poços de Visita estão bem próximos.....	77
Figura 38- Exemplo de uma grelha de bocas de lobo.....	80
Figura 39- Ilustração esquemática da canalização x reservação	81

LISTA DE TABELAS

Tabela 1 - Taxa de Urbanização das Regiões Brasileiras em porcentagem (%)	14
Tabela 2 - Valores do Período de Retorno	47
Tabela 3 - Valores recomendados para o tempo de entrada em sistemas de galerias pluviais.	50
Tabela 4 - Valores do Coeficiente de Escoamento superficial de acordo com o tipo de ocupação	52
Tabela 5 - Valores do Coeficiente de Escoamento superficial de acordo com o tipo de pavimento	53
Tabela 6 - Valores do Coeficiente de Manning	57
Tabela 7- Valores do Coeficiente de Manning	67
Tabela 8 - Parâmetros utilizados em canais e/ou seção circular das galerias.	69
Tabela 9 Cálculo de dimensionamento da galeria pluvial EL-2.....	74

LISTA DE QUADROS

Quadro 1 - Doenças epidemiológicas ligadas à deficiência do saneamento básico	18
Quadro 2 - Cronologia de algumas legislações sobre Drenagem Urbana no Brasil.....	21
Quadro 3 - Índices para área permeável em Goiânia.....	24
Quadro 4 - Fases da evolução das águas urbanas	32

LISTA DE ABREVIATURAS E SIGLAS

AMOB	Agência Municipal de Obras
CADES	Conselho Municipal do Meio Ambiente e Desenvolvimento Sustentável
DRSAI	Doenças relacionadas ao saneamento ambiental inadequado
FUNASA	Fundação Nacional de Saúde
IBAMA	Instituto Brasileiro do Meio Ambiente e dos Recursos Naturais Renováveis
IBGE	Instituto Brasileiro de Geografia e Estatística
MMA	Ministério do Meio Ambiente
OMS	Organização Mundial da Saúde
ONU	Organização das Nações Unidas
PDDU	Plano Diretor de Drenagem Urbana
PDIG	Plano de Desenvolvimento Integrado
Plansab	Plano Nacional de Saneamento Básico
PURAE	Programa de Conservação e Uso Racional da Águas Edificações
SEINFRA	Secretaria Municipal de Infraestrutura e Serviços Públicos
SISNAMA	Sistema Nacional do Meio Ambiente
TCC	Trabalho de Conclusão de Curso
UFNPA	Fundo de População das Nações Unidas

LISTA DE SÍMBOLOS

a, b, c, d = Parâmetros IDF

A = área (m²)

C_z = coeficiente de Chezy

C = coeficiente de escoamento superficial (adimensional)

D = diâmetro (m)

i = intensidade de chuva (mm/h)

I = declividade(m/m)

L = Comprimento(m)

n = coeficiente de rugosidade de Manning

P = perímetro molhado (m)

Q = vazão (m³/s)

R_H = raio hidráulico (m)

t = duração da precipitação (minutos)

Tr = tempo de retorno (minutos)

Tc = tempo de concentração (minutos)

Te = tempo de entrada (minutos)

T = largura de topo (m)

V = velocidade (m/s)

y = profundidade normal (m)

y/D = lâmina líquida na seção transversal da tubulação (fração)

θ = ângulo central do conduto circular (rad)

SUMÁRIO

1 INTRODUÇÃO	13
1.1 OBJETIVOS	14
1.1.1 Objetivo Geral	14
1.1.2 Objetivos Específicos	14
2 REVISÃO BIBLIOGRÁFICA	13
2.1 CONSIDERAÇÕES SOBRE A EVOLUÇÃO DA URBANIZAÇÃO	13
2.2 DRENAGEM URBANA LIGADA À SAÚDE PÚBLICA	16
2.3 LEGISLAÇÕES RELATIVAS À DRENAGEM	19
2.3.1 A evolução da legislação Brasileira no planejamento da drenagem urbana	20
2.3.2 Goiânia: Urbanização x Plano Diretor	22
2.4 ESCOAMENTO SUPERFICIAL	25
2.5 MACRODRENAGEM	26
2.6 MICRODRENAGEM	27
2.6.1 Meio fio	27
2.6.2 Sarjetas	27
2.6.3 Bocas de Lobo	28
2.6.4 Ramais	29
2.6.5 Poços de visita	30
2.6.6 Caixas de passagem e caixas de ligação	30
2.6.7 Estruturas de lançamento e dissipadores de energia	31
2.7 DRENAGEM SUSTENTÁVEL	32
2.7.1 Telhados verdes	33
2.7.2 Microrreservatórios	34
2.7.3 Pavimentos permeáveis e porosos	35
2.7.4 Poço de infiltração	36
2.7.5 Jardim de chuva ou biorretenção	37
2.7.6 Faixa gramada	39
2.7.7 Valas de Infiltração	39
2.7.8 Trincheiras de infiltração	40
2.8 SISTEMAS COMPLEXOS DE DRENAGEM URBANA	41
2.8.1 Reservatórios de retenção	42
<i>2.8.1.1 Reservatórios do Tipo On-Line</i>	<i>44</i>

2.8.1.2 Reservatórios do Tipo Off-Line	44
2.9 BASE PARA O DIMENSIONAMENTO DOS DISPOSITIVOS DE DRENAGEM	45
2.9.1 Precipitação	46
2.9.2 Tempo de Retorno	47
2.9.3 Áreas de Contribuição	48
2.9.4 Tempo de Concentração	49
2.9.5 Método Racional	51
2.9.6 Determinação do Coeficiente de Escoamento Superficial	52
2.9.7 Tipos de Escoamento	54
2.9.8 Propriedades Geométricas dos Condutos Pluviais	55
2.9.9 Escoamento Uniforme em Condutos Livres	56
3 METODOLOGIA	58
3.1 DEFINIÇÃO DA ÁREA ESTUDADA	59
3.1.1 Localização	59
3.1.2 Histórico de ocupação do bairro	61
3.1.3 Bacia Hidrográfica	61
3.2 CARACTERIZAÇÃO DO SISTEMA DE DRENAGEM EXECUTADO	62
3.2.1 Adoção do Roteiro para o Projeto de Galerias Pluviais de Seção Circular de Ulysses M. A.de Alcântara	63
3.2.1.1 Dados dos PVs	63
3.2.1.2 Áreas de contribuição	64
3.2.1.3 Coeficiente de Distribuição	64
3.2.1.4 Tempo de Concentração	64
3.2.1.5 Intensidade Pluviométrica	65
3.2.1.6 Coeficiente de Deflúvio	65
3.2.1.7 Vazão (deflúvio local)	66
3.2.1.8 Dados numéricos para o cálculo do escoamento	66
3.2.1.9 Galeria de jusante	67
3.2.2 Parâmetros de análises	68
4 ANÁLISE DA EFICIÊNCIA DE PARTE DO SISTEMA	70
4.1 ANÁLISE QUANTO À CAPTAÇÃO SUPERFICIAL	70
4.2 ANÁLISE QUANTO ÀS GALERIAS	73
4.3 PROPOSTAS DE SOLUÇÕES	79
5 CONCLUSÃO	82

REFERÊNCIAS BIBLIOGRÁFICAS	83
ANEXO II – ÁREAS DE CONTRIBUIÇÃO DE CADA POÇO DE VISITA	92
ANEXO III – REDE EL-2 DELIMITADA EM VERDE	93

1 INTRODUÇÃO

A drenagem é um recurso essencial para a população urbana, pois é o principal meio de escoamento das águas da chuva. O sistema de drenagem que deve ser planejado urbanisticamente, uma vez que sua ausência ou ineficiência podem ocasionar problemas sociais, tais como, alagamentos, enxurradas, aumento da transmissão de doenças, perdas materiais e óbitos.

Nesse sentido, é importante destacar que o aumento da população urbana trouxe uma série de impactos para as cidades. Tem-se a impermeabilização da superfície do solo, por meio dos telhados das edificações, ruas com pavimentos asfálticos, calçadas e pátios concretados e pouca vegetação. O volume que escoava lentamente pela superfície, infiltrava no solo e ficava retido pelas plantas, pelos efeitos da urbanização, passa a escoar através de superfícies impermeáveis, condutos e canais, exigindo maior capacidade e aumento das seções e declividade do conduto ou canal (TUCCI, 2006, p.89).

Com a demanda cada vez mais acentuada pelos efeitos da urbanização, é necessário avaliar se os métodos de dimensionamento e os dados usados para a rede de drenagem, são compatíveis com a necessidade atual das cidades. As consequências da falta de planejamento, podem gerar obras que demandam altos gastos financeiros e resultados sem êxito, deixando claro que o sistema de drenagem urbana deve estar inserido no Plano Diretor das Cidades e deve considerar obras de infraestrutura de macro e microdrenagem seguindo regimento os princípios técnicos e legais vigentes.

De acordo com Fátima (2013) dos quatro componentes do setor de saneamento básico, o que mais possui déficit de políticas e organização institucional é o serviço de drenagem e manejo de águas pluviais urbanas.

Heller e Castro (2007) levantam uma questão importante sobre o saneamento, na medida em que o associam a diferentes dimensões da realidade, tanto econômica na sua relação com infraestrutura e desenvolvimento como no tocante ao bem-estar das pessoas. Também falam que a reflexão sobre saneamento é indissociada das questões ambientais e seus efeitos sobre a saúde, trazendo à tona elementos valorativos que conduzem toda decisão de política pública.

Entretanto, em algumas cidades brasileiras, observa-se que a existência de uma rede de coleta de água pluvial não é uma garantia da eficiência de um sistema de drenagem, visto que os objetivos mínimos dessa rede não são alcançados. Na cidade de Goiânia, por exemplo, há várias regiões com rede de coleta de águas da chuva, as quais, em período chuvoso, são

pontos de inundação, com registro de danos materiais aos seus moradores.

Uma região com constante registro de alagamento em épocas de chuva está localizada no Residencial Itamaracá, o qual é um bairro do Município de Goiânia-GO, localizado em um quadrante cujo limite superior é a Av. Perimetral Norte e o inferior é o Ribeirão Anicuns (Anexo 1). Essa região também é caracterizada pelas altas declividades (o valor médio da declividade no bairro é de 6,7%), sendo uma das áreas mais íngremes da região norte.

Neste contexto, este trabalho apresentou um estudo de caso com uma análise da rede de drenagem do bairro Residencial Itamaracá, na Cidade de Goiânia-GO, com o objetivo de indicar soluções para os problemas relacionados a drenagem urbana, visto que a população está sujeita a diversos transtornos, que interferem sobretudo em sua segurança e qualidade de vida.

1.1 OBJETIVOS

A seguir estão apresentados os objetivos: gerais e específicos.

1.1.1 Objetivo Geral

O objetivo deste trabalho é analisar o sistema de drenagem existente no Setor Residencial Itamaracá, localizado no município de Goiânia-GO, e verificar suas possíveis falhas.

1.1.2 Objetivos Específicos

Os objetivos específicos são:

- a) obter os dados do sistema de drenagem e de topografia do Residencial Itamaracá, junto ao órgão municipal responsável pela manutenção e controle do sistema;
- b) identificar e desenhar a rede existente, a partir das informações obtidas pelo órgão municipal;
- c) analisar a capacidade de escoamento pluvial da galeria existente, a partir do cálculo do deflúvio a escoar, calculado com dados atuais;
- d) identificar as possíveis interferências que têm causado prejuízo à eficiência do sistema de drenagem existente;

- e) propor soluções técnicas adequadas para o sistema de drenagem do setor Residencial Itamaracá, principalmente, aquelas que realmente sejam passíveis de execução pelo poder público;

2 REVISÃO BIBLIOGRÁFICA

Nesse item, está apresentada uma revisão bibliográfica sobre o sistema de drenagem, com indicação da sua importância, suas partes constituintes e as bases que fundamentam um projeto de sistema de drenagem.

2.1 CONSIDERAÇÕES SOBRE A EVOLUÇÃO DA URBANIZAÇÃO

De acordo com Carmo e Marchi (2013), observando historicamente, a urbanização da humanidade parece ser um fato irreversível na maior parte do planeta e, um dos maiores desafios ecológicos das cidades são a gestão das bacias e o controle das águas. A dinâmica desse crescimento populacional tem aumentado as discussões sobre os recursos naturais, sobretudo da água que é essencial para a manutenção da vida, trazendo diversas reflexões sobre a preocupação com a sua disponibilidade qualitativa e quantitativa, e com seu fluxo de escoamento (CHRISTOFIDIS, 2010). Por isso é necessário entender um pouco mais sobre o processo de urbanização no Brasil.

O processo de urbanização no Brasil começou a ser mais significativo no século XX, tardiamente em relação ao cenário internacional, onde a maioria teve seu processo de urbanização nos séculos anteriores. Na época o que incentivou a migração maciça do campo para as cidades foi a instauração de um parque industrial no Brasil, pois com a quebra da bolsa americana houve a necessidade de se iniciar uma industrialização nacional capaz de substituir os produtos importados. Antes desse episódio a prioridade do Brasil era a produção agrícola para exportação e a importação dos produtos manufaturados. (PRADO JÚNIOR, 1999)

Na década de 1950 o processo de urbanização brasileira se tornou mais intenso, pois com a industrialização promovida por Getúlio Vargas e Juscelino Kubitschek houve a formação de um mercado interno integrado que atraiu milhares de pessoas para o Sudeste do país, região que possuía a maior infraestrutura e, conseqüentemente, a que concentrava o maior número de indústrias (CHRISTOFIDIS, 2010). Segundo Vilela e Suzigan (1973 apud BRITO; HORTA et al., 2002) nessa época, somente São Paulo e Rio de Janeiro eram responsáveis por mais de 50% da população urbana no Brasil.

De acordo com o IBGE (2007), no censo demográfico de 1940, destaca-se que 31,2% da população brasileira residia em cidades, esse número aumentou ainda mais nas décadas seguintes e, em 1970, a população urbana ultrapassa a rural, com 55,9% da população.

A urbanização no Brasil foi algo, de fato, irreversível, de 1970 a 2010, a população

urbana saltou de 56% para 85%, grandes mudanças em pouco tempo, se comparado com outras partes do mundo. Esse aumento significativo tem acarretado a formação de grandes cidades como São Paulo, Rio de Janeiro, Belo Horizonte, Goiânia e outras cidades de médio e grande porte, que têm sofrido frequentemente com os problemas abordados em tópicos anteriores. (IBGE, 2010; UFNPA, 2008).

Na Tabela 1 podemos observar o crescimento da população urbana brasileira ao longo das décadas.

Tabela 1 - Taxa de Urbanização das Regiões Brasileiras em porcentagem (%)

Região	1940	1950	1960	1970	1980	1991	2000	2007	2010
Brasil	31,4	36,16	44,67	55,92	67,59	75,59	81,23	83,48	84,36
Norte	27,75	31,39	37,38	45,13	51,65	59,05	69,83	76,43	73,53
Nordeste	23,42	26,4	33,89	41,81	50,46	60,65	69,04	71,76	73,13
Sudeste	39,42	47,55	57	72,68	82,81	88,02	90,52	92,03	92,95
Sul	27,73	29,5	37,1	44,27	62,41	74,12	80,94	82,90	84,93
Centro Oeste	21,52	24,38	34,22	48,04	67,79	81,28	86,81	86,81	88,80

Fonte: IBGE (2011).

Diversos países desenvolvidos possuem alta taxa de ocupação urbana. Inglaterra, Estados Unidos e Japão, por exemplo, tiveram taxas de urbanização maciças, atingindo de 85% a 95% de sua população em cidades. Apesar de no ano 2010 já existir uma região brasileira com grau de urbanização de 93%, como a região Sudeste, o país ainda possui um potencial razoável de transferência da população rural para as cidades (BRITO; HORTA et al., 2002).

O Brasil tem como destaque a velocidade com que foi feito o processo de urbanização. Na segunda metade do século XX, a população urbana cresceu 7,33 vezes, passando de 18,78 milhões para 137,7 milhões, tendo uma taxa média anual de crescimento de 4,1%. (BRITO; HORTA et al., 2002)

Essa ocupação urbana concentrada coloca o Brasil no mesmo contexto de países da América Latina, que sofrem com os chamados problemas urbanos, assim identificados (MMA e IBAMA, 2000):

- Crescimento desordenado e, por vezes, fisicamente concentrado.
- Ausência, ou carência, de planejamento.
- Demanda por recursos e serviços, de toda ordem, não atendidos.
- Obsolescência da estrutura física.
- Padrões de gestão atrasados.
- Agressões ao meio ambiente.

O crescimento populacional das cidades exige automaticamente investimento em obras prediais e infraestrutura urbana, tais como, sistemas viários, obras de arte, redes de abastecimento de água, redes coletoras de esgoto sanitário e sistemas de drenagem urbana. Vale ressaltar que esses três últimos estão ligados diretamente à saúde populacional e controle sanitário, sendo que os sistemas de drenagem urbana estão também ligados à segurança pública.

Além disso, o impacto da urbanização desordenada reflete no aumento significativo de áreas impermeabilizadas e, conseqüentemente, sobrecarga no sistema de drenagem urbana, o qual também está ligado à segurança pública por envolver acidentes, tais como, afogamentos, acidentes de trânsito durante inundações, quedas em áreas atingidas por erosões do solo e deslizamentos.

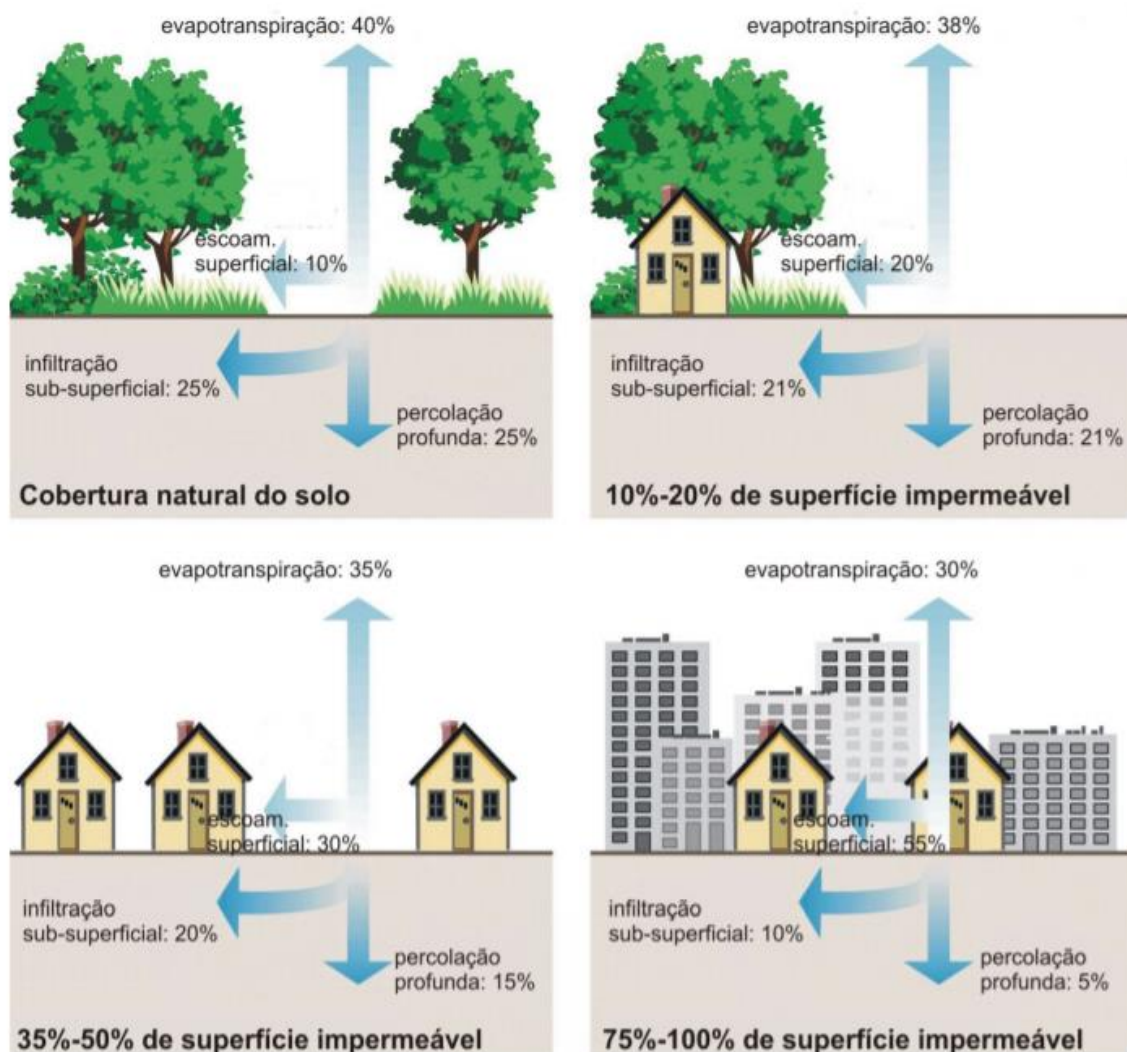
No sistema de drenagem de uma região, segundo Tucci et al (1995, apud BOLDRIN, 2014), as áreas mais afetadas, devido à construção de novas edificações a montante, são as ocupações mais antigas, localizados a jusante.

As principais consequências hidrológicas da urbanização no tocante às vazões do sistema hídrico são: aumento da vazão máxima (em cerca de seis vezes), antecipação do pico e aumento do volume do escoamento superficial. Vale salientar ainda que a combinação do impacto de diferentes loteamentos intensifica a ocorrência de inundações a jusante, pois sobrecarrega a macrodrenagem (BOLDRIN, 2014).

A Figura 1 ilustra o efeito da substituição da cobertura natural do solo pela urbanização sobre o ciclo hidrológico. Observa-se que, após uma impermeabilização entre 30% e 50% da superfície, o escoamento superficial passa a corresponder a 55% do total precipitado, enquanto esse percentual era equivalente a apenas 10% da precipitação para a situação de cobertura natural do solo (PAZ, 2004).

Apesar de sua importância, em estudos elaborados sobre o Plano Nacional de Saneamento Básico (Plansab), e a Pesquisa Nacional de Saneamento Básico realizada em 2008 pelo IBGE/Ministério do Planejamento e Ministério das Cidades, concluiu-se que a drenagem continua desprestigiada. (FÁTIMA, 2013).

Figura 1- Ilustração do efeito da urbanização sobre o ciclo hidrológico (os percentuais se referem à parcela da precipitação que “segue” cada uma das fases do ciclo)



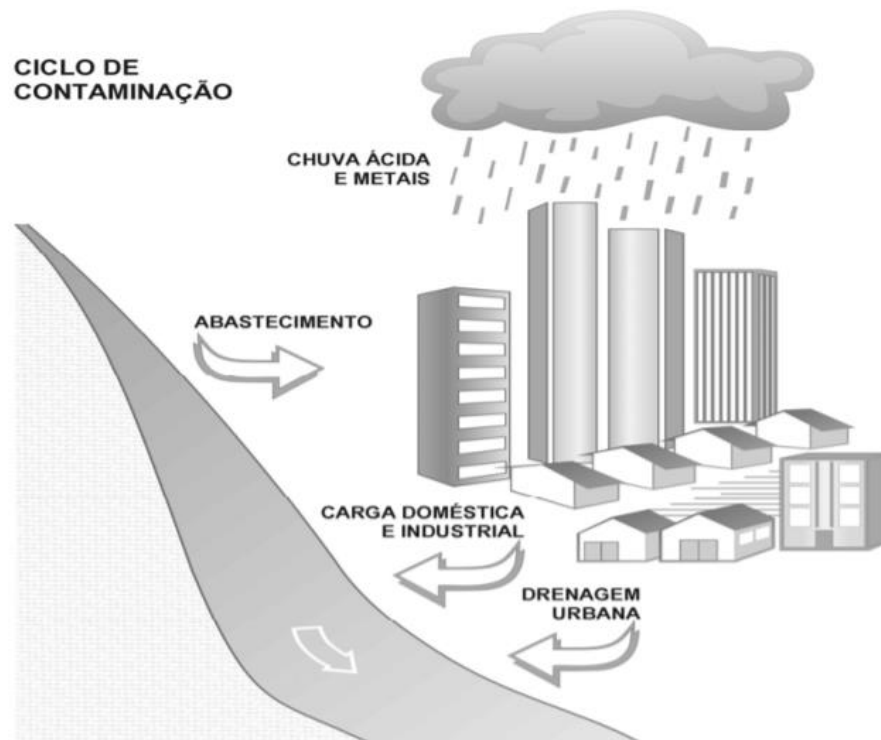
Fonte: Adaptado de Prince George's County (1999), por Tavanti (2009).

2.2 DRENAGEM URBANA LIGADA À SAÚDE PÚBLICA

Tem-se uma grande preocupação com o impacto causado pela água na saúde pública, pois durante seu escoamento ocorre a lavagem das superfícies urbanas contaminadas com diferentes componentes orgânicos e metais, resíduos sólidos representados por sedimentos erodidos pelo aumento da vazão (velocidade do escoamento), lixo urbano depositado ou transportado para a drenagem, e esgoto cloacal que não é coletado e escoam através da drenagem. A carga de contaminação dos três primeiros itens pode ser superior à carga resultante do esgoto

cloacal sem tratamento (TUCCI,2007).

Figura 2 - Ciclo de contaminação



Fonte: Tucci (2007).

Em contato com a água contaminada, as pessoas estão expostas a diversas doenças. Em consequência, temos a elevação dos gastos públicos e privados em saúde com o tratamento das enfermidades.

Segundo dados da Organização Mundial da Saúde (OMS) para cada R\$ 1,00 (um real) investido em saneamento básico, gera-se uma economia de R\$ 4,00 (quatro reais) em gastos com saúde (FUNASA, 2007). Quanto às doenças pela falta de saneamento, o Instituto Trata Brasil (2017) divulgou dados, onde mostra que em todo o país tivemos 233.880 internações totais por doenças de veiculação hídrica em 2018, com despesas que se aproximam dos 100 milhões de reais. Ou seja, o investimento em Saneamento diminuiria estes gastos em saúde, e preservaria vidas.

Abaixo são classificadas algumas doenças epidemiológicas relacionadas com a deficiência do saneamento básico, dividido em falha na coleta de resíduos (lixo), água contaminada, e a drenagem urbana focando nas doenças provenientes de alagamento e enchentes (Quadro 1).

Quadro 1- Doenças epidemiológicas ligadas à deficiência do saneamento básico

Lixo (Falha na coleta)	Água contaminada	Drenagem – alagamento e enchentes
Cisticercose	Febre tifoide	Leptospirose
Cólera	Febre paratifoide	DDA (Doenças diarreicas agudas)
Disenteria	Shigelose	Hepatite A
Febre tifoide	Amebíase	Sarampo
Filariose	Cólera	Rubéola
Giardíase	Hepatite viral tipo A	Tétano acidental
Leishmaniose	Giardíase	Meningites
Peste bubônica	Esquistossomose	Influenza
Salmonelose	Ascaridíase	Animais peçonhentos
Toxoplasmose	Poliomielite	Dengue
Tracoma	Leptospirose	Shigelose
Triquinose	Gastroenterites	
Leptospirose	Disenteria bacilar	

Fonte: Adaptado de Ministério da Saúde (2011) por Fátima (2013).

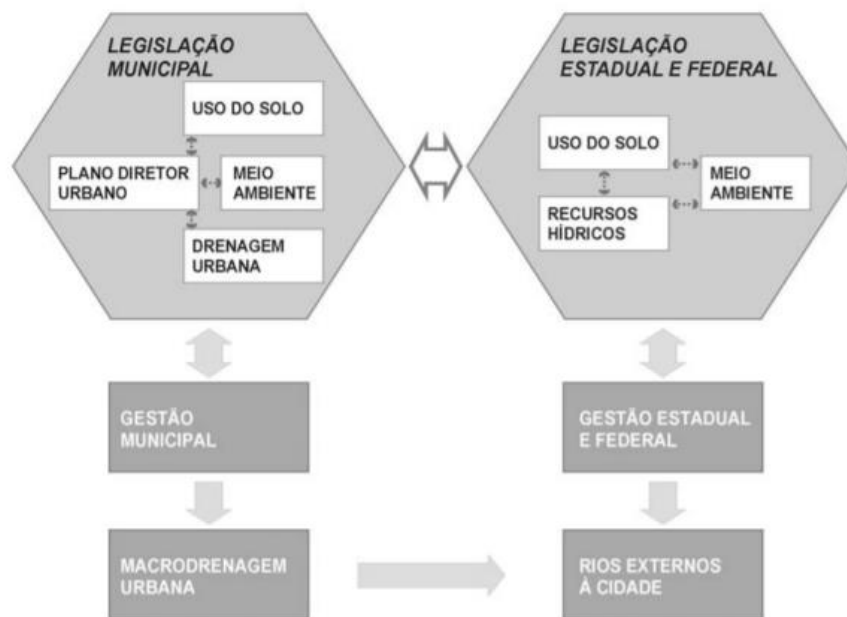
Cairncross e Feachem (1990 apud FÁTIMA, 2013) ainda propuseram uma classificação para as doenças infecto-parasitárias que têm o ambiente hídrico como potencial determinante, denominando-as ‘doenças relacionadas ao saneamento ambiental inadequado’(DRSAI). O termo deve ser entendido no contexto de falta ou insuficiência de saneamento ambiental e condições de moradia precárias.

A classificação das DRSAI divide-as em: (i) doenças de transmissão feco-oral; (ii) doenças transmitidas por inseto vetor; (iii) doenças transmitidas pelo contato com a água; (iv) doenças relacionadas com a higiene; e (v) geo-helminthos e teníases, todas elas relacionadas direta ou indiretamente com a drenagem urbana. Esta categorização pode contribuir para a elaboração de programas de proteção da saúde e auxiliar na avaliação e no desenvolvimento de políticas públicas de saneamento ambiental.

2.3 LEGISLAÇÕES RELATIVAS À DRENAGEM

Segundo Tucci (2003) as Leis que envolvem as águas urbanas estão relacionadas com recursos hídricos, uso do solo e licenciamento ambiental, por isso necessita-se de uma abordagem nos âmbitos: federal, estadual e municipal.

Figura 3 - Espaços de gerenciamento



Fonte: Tucci(2003).

A seguir, são apresentados trechos da análise feita por Tucci(2003) da gestão das águas urbanas no país.

- Quanto aos Recursos Hídricos.

A Constituição Federal, define o domínio dos rios e a legislação de recursos hídricos em todo o país e estabelece os princípios básicos da gestão das bacias hidrográficas. As bacias podem ser de domínio estadual ou federal, sendo que algumas legislações estaduais de recursos hídricos estabelecem critérios para a outorga do uso da água, mas não legislam sobre a outorga relativa ao despejo de efluentes de drenagem (prevista na lei de recursos hídricos). Somente na legislação ambiental são estabelecidas normas e padrões de qualidade da água dos rios (TUCCI,2003).

- Quanto ao uso do solo.

Na Constituição Federal, é definido que o uso do solo é municipal. Porém, os Estados e a União podem estabelecer normas para o disciplinamento do uso do solo visando à proteção ambiental, ao controle da poluição, à saúde pública e à segurança (TUCCI,2003).

- Quanto ao licenciamento ambiental.

Esse licenciamento estabelece os limites para a construção e a operação de canais de drenagem, e é regulado pela Lei n. 6.938(BRASIL, 1981) que dispõe sobre a Política Nacional do Meio Ambiente e pela Resolução Conama n. 237(BRASIL,1997) que dispõe sobre a revisão e complementação dos procedimentos e critérios utilizados para o licenciamento ambiental. Da mesma forma, a resolução Conama N. 1(BRASIL, 1986), estabelece a necessidade de licença ambiental para “obras hidráulicas para drenagem”. O licenciamento ambiental é Federal na medida que a área de influência do projeto englobe mais de um Estado, enquanto que é estadual quando a área de influência se encontra dentro de somente um Estado (Tucci,2005).

2.3.1 A evolução da legislação Brasileira no planejamento da drenagem urbana

O marco da evolução da política de planejamento urbano no Brasil foi a edição da Constituição Federal de 1988, embora já vigorasse a Lei Federal n.6.938 (BRASIL, 1981) que criou o SISNAMA - Sistema Nacional do Meio Ambiente, com o claro objetivo de atender metas de universalização no setor. Ocorreram mudanças importantes, notadamente através da inclusão do planejamento urbano como princípio constitucional, com objetivo de ordenar o desenvolvimento das funções sociais das cidades e garantir o bem-estar de seus habitantes. Posteriormente, a regra constitucional foi regulamentada com a edição do Estatuto das Cidades e da Lei de Saneamento n. 11.445 (BRASIL, 2007), recentemente alterada pela Lei n. 14.026 (BRASIL, 2020) que atualiza o marco legal do saneamento básico (CARMO e MARCHI, 2013).

Entretanto, quando o assunto é planejamento de drenagem ou plano diretor de drenagem, conforme, Cruz, Souza e Tucci (2011), Planos e Leis são apresentados, como embrionários da política de drenagem vigente, conforme Quadro 2.

Quadro 2 - Cronologia de algumas legislações sobre Drenagem Urbana no Brasil

Cidade	Ano	Assunto
Belo Horizonte – MG	1996	Plano de Desenvolvimento Urbano (BELO HORIZONTE, 1996) previa a possibilidade de impermeabilização total de áreas desde que compensada com a implantação de reservatórios na proporção de 30 litros por metro quadrado de área impermeabilizada.
Niterói - RJ	1997	Lei n. 1620 (NITERÓI, 1997), regulamentava a aprovação de edificações residenciais unifamiliares e no seu Artigo 19 definia o limite para a taxa de impermeabilização em 90% para a Zona Urbana, dispensando as edificações que apresentam soluções de aproveitamento de águas pluviais.
Federação	1997	Lei n. 9.433 (BRASIL, 1997) Política Nacional de Recursos Hídricos.
Santo André - SP	1997	Instituição de mecanismos do tipo “poluidor-pagador” fixou a cobrança de taxa sobre o volume lançado no sistema de coleta de pluviais.
Porto Alegre – RS	1999	Plano Diretor de Desenvolvimento Urbano e Ambiental -PDDUA (PORTO ALEGRE, 1999) previa a obrigatoriedade do controle das vazões geradas excedentes à condição de pré-ocupação da área.
Guarulhos - SP	2000	Código de Obras de Guarulhos (GUARULHOS, 2000) prevê, desde o ano 2000, a obrigatoriedade do uso de reservatórios de detenção das águas pluviais para imóveis com área superior a 1 hectare, com a possibilidade de reutilização destas águas para a rega de jardins, lavagens de passeio e para fins industriais adequados.
São Paulo – SP	2001	Conselho Municipal de Meio Ambiente e Desenvolvimento Sustentável (CADES) através da Comissão Especial para a Elaboração dos Estudos de Políticas públicas para o Aumento da Permeabilidade do Solo Urbano alterou a Lei n. 11.228 (SÃO PAULO, 1992).
Curitiba - PR	2003	Lei n. 10785 (CURITIBA, 2003), cria no município o Programa de Conservação e Uso Racional de Água nas edificações (PURA)
Federação	2007	Lei n. 11.445 (BRASIL,2007),dispõe sobre a Política e Plano de Saneamento Básico (água, esgoto, resíduos e drenagem).

Fonte: CARMO e MARCHI (2013).

Com a Lei de Saneamento Básico n. 11.445 (BRASIL, 2007) teve-se um grande avanço, através da exigência de que todos os municípios brasileiros elaborem seus planos de saneamento, inclusive de drenagem, em articulação com as políticas de desenvolvimento urbano, de habitação, de combate à pobreza e de sua erradicação, de proteção ambiental, de promoção da saúde e outras de relevante interesse social voltadas para a melhoria da qualidade de vida, para as quais o saneamento básico seja fator determinante.

Esta lei, dentre muitas outras exigências, prevê a elaboração dos planos mediante a participação social e com a perspectiva de universalizar todos os serviços de saneamento. Destaca-se que a legislação busca atingir metas de universalização que garantam o atendimento de 99% (noventa e nove por cento) da população com água potável e de 90% (noventa por cento) da população com coleta e tratamento de esgotos até 31 de dezembro de 2033, assim como metas quantitativas de não intermitência do abastecimento, de redução de perdas e de melhoria dos processos de tratamento.

Com o novo marco do saneamento básico Lei n. 14.026 (BRASIL, 2020), houve mudanças em alguns itens para que a meta supracitada seja cumprida no prazo determinado e atribuiu-se à Agência Nacional de Águas (ANA) a competência de elaborar normas nacionais de referência regulatória para o setor de saneamento básico visando a uniformização regulatória em todo território nacional (PADILHA e NOBRE, 2020).

Nesse contexto também é abordado o Plano Diretor como ferramenta central do planejamento de cidades no Brasil. O plano diretor de drenagem urbana, segundo Tucci (1997), tem o objetivo de planejar a distribuição da água no tempo e no espaço, controlar a ocupações das áreas de riscos de inundações e convivência com enchentes em áreas de baixo risco.

É em razão da interferência do uso e da ocupação do solo que o Plano Diretor de Drenagem Urbana - PDDU deve ser elaborado em consonância com as diversas políticas de desenvolvimento urbano, regional e, especialmente com o Plano Diretor Urbano de uma cidade (CARMO e MARCHI, 2013).

2.3.2 Goiânia: Urbanização x Plano Diretor

Goiânia, desde sua origem, na década de 30 do século passado, já exercitava a prática do planejamento como fundamento da promoção do desenvolvimento urbano e institucional administrativo do Município quando foi planejada para 50 mil habitantes e consolidada como uma capital moderna que, “satisfazendo as exigências do urbanismo, fosse um centro de

irradiação em todas as esferas da evolução econômico social”, de acordo com o Decreto n.2337(GOIÁS, 1932), primeiro ato oficial visando a criação de Goiânia. A cidade, entretanto, por uma série de fatores, tanto político, quanto econômico, mal decorridas quatro décadas desde sua formação, tinha mais de sete vezes a população proposta para o núcleo central, já com 363 mil habitantes (GOIÂNIA, 2020).

Na década de 70, por meio do Plano de Desenvolvimento Integrado de Goiânia (PDIG), a cidade buscou soluções para os problemas de um Município que apresentava taxa de urbanização superior a 81%, revelando ainda a maior taxa de crescimento demográfico do país, ou seja, 9,5% ao ano durante a década de 60. Na Figura 4 tem-se a foto da cidade nessa mesma década. Assim o crescimento de Goiânia ocorreu com respaldo da legislação, com o PDIG vigente entre as décadas de 1970 a 1990 (RESENDE E VILARINHO, 2017).

Figura 4 - Av. Anhanguera. Década de 1960



Fonte: Alois Feichtenberger apud GOIÂNIA (2020).

No período de 1989 a 1992, foi retomado o processo de discussão de um novo Plano de Desenvolvimento Integrado, não só pelo estágio dos problemas da cidade, mas também para atender às exigências da Constituição e da Lei Orgânica do Município. A ênfase dada às diretrizes e aos instrumentos de promoção e desenvolvimento do Município, bem como às de

controle e fiscalização do exercício e das atividades urbanas, foram os principais assuntos da proposta discutida.

Em 2000 foi preciso novamente um planejamento urbano com o PDIG 2000. O escopo do Plano previa a tomada de medidas em todas as dimensões do planejamento – dimensão físico-territorial-ambiental, socioeconômica e institucional-administrativa (GOIÂNIA,2020).

E em 2007 houve a instituição do Plano Diretor de Goiânia, cujo ideário, estratégias e diretrizes indicam à gestão a necessidade de se enxergar Goiânia como uma Metrópole Regional, com a educação ambiental junto à população. E tem como diretrizes gerais para a sustentabilidade sócio ambiental, articular e integrar as ações de gestão e proteção ambiental de áreas verdes, de reservas hídricas, do saneamento básico, da macrodrenagem, das condições geológicas, do tratamento dos resíduos sólidos e monitoramento da poluição, (GOIÂNIA, 2020).

Com uma abordagem voltada para a drenagem urbana, o Plano Diretor de Goiânia (2007) tem uma preocupação com a ocupação do solo, conforme Quadro 3.

Quadro 3 - Índices para área permeável em Goiânia

Índice total de permeabilidade	Solo natural permeável (vegetação)	Caixa de recarga
Mínimo – 15% da área do terreno	Mínimo – 5% dos 15% exigidos de área permeável	Máximo – 10%
		Área mínima – 1 m ²
		Para cada 200,00 m ² de terreno > 1 m ³ de caixa de recarga
		Profundidade máxima – 2,60m.

Fonte: Silva e Hora (2013).

Hoje, com seus 1.536.097 habitantes (IBGE, população estimada em 2020) a administração pública tem buscado no planejamento da cidade as contrapartidas necessárias para o quadro de dificuldades que enfrenta no cotidiano. Goiânia ainda apresenta muitos problemas em relação à drenagem urbana, com diversos pontos de alagamentos. Nas figuras 5 e 6 observa-se fotos que representam os dias de fortes chuvas em alguns desses pontos de alagamento.

Figura 5 - Alagamento em frente a um estabelecimento comercial



Fonte: Pinheiro (2019).

Figura 6- Alagamento deixam pessoas ilhadas em ponto de ônibus



Fonte: Reis (2019).

O Poder Público tem grandes desafios com relação ao sistema de drenagem, porém se tem visto os avanços e estratégias na legislação para resolvê-los. Por isso, o Plano Diretor de Goiânia (2007) encontra-se em revisão. O Estatuto da Cidade (Lei Nacional n. 10.257/2001), no § 3º do seu artigo 30, determina que, pelo menos, a cada dez anos, os planos diretores devem ser revistos.

2.4 ESCOAMENTO SUPERFICIAL

Segundo Paz (2004), o escoamento superficial corresponde ao segmento do ciclo

hidrológico relativo ao deslocamento das águas sobre a superfície do solo e é de fundamental importância para o projeto de obras de engenharia, dimensionadas de modo a suportar suas vazões máximas. Avaliando o ciclo hidrológico, espera-se que uma parte do volume total precipitado seja interceptada pela vegetação, enquanto o restante atinge a superfície do solo provocando o umedecimento dos agregados do solo e reduzindo suas forças coesivas.

A cobertura vegetal facilita também a infiltração da água no solo. Com o solo desprotegido de vegetação, a taxa de infiltração diminui e, conseqüentemente, aumenta o escoamento superficial (MENEZES, 2010).

A intensidade do escoamento superficial pode provocar danos, como a degradação do solo, arraste de sedimentos para rios, lagos e córregos, alagamentos, destruição de estruturas urbanas e habitats aquáticos, além da redução da capacidade de armazenamento de reservatórios (MENEZES, 2010).

Bertoni (2007) afirma que no Brasil, a chuva é considerada o principal agente promotor do escoamento superficial. Para tanto, o escoamento superficial ocorre quando as taxas de precipitação superam a de infiltração, provocando o escoamento das águas pluviais.

O escoamento superficial é de suma importância no ciclo hidrológico de uma bacia, e as várias formas de uso e ocupação do solo podem influenciar a sua dinâmica. Por isso é importante um estudo dinâmico do escoamento superficial para auxiliar no planejamento e na gestão das bacias urbanas (ALMEIDA, 2016).

2.5 MACRODRENAGEM

Em um sistema de escoamento superficial, a Macro drenagem envolve os sistemas coletores de diferentes sistemas de micro drenagem com áreas de pelo menos 2 km² ou 200 ha. Esses valores não devem ser tomados como absolutos porque a malha urbana pode possuir as mais distintas configurações (TUCCI, 1995).

Os mecanismos de macro drenagem são destinados ao escoamento de grandes vazões e são responsáveis pelo recebimento dos efluentes de diferentes sistemas de Micro drenagem. Esses são caracterizados pelos canais naturais e galerias por onde escoam os cursos d'água, tais como córregos, ribeirões e rios que cortam o meio urbano. Podem ser retificados ou canalizados, assim como podem ser usados canais artificiais especialmente construídos para este fim (CHAMPS, 2009).

O sistema de macro drenagem é constituído, em geral, por estruturas como, canais naturais ou construídos, reservatórios de retenção, reservatórios de retenção e de galerias de

maiores dimensões. Esse tipo de sistema deve ser projetado para acomodar precipitações superiores às da microdrenagem, levando em consideração os prejuízos humanos e materiais potenciais (SÃO PAULO, 2012).

2.6 MICRODRENAGEM

Segundo Tucci (2005) a Microdrenagem é definida pelo sistema de condutos pluviais ou canais a nível de loteamento ou de rede primária urbana para a captação dos escoamentos de superfície. Esse tipo de sistema de drenagem é projetado para atender à drenagem de precipitações com risco moderado, composta de elementos artificiais associados à pavimentação e tem por objetivo garantir as características de tráfego e conforto dos usuários destas estruturas.

A Secretaria Municipal de Infraestrutura e Serviços Públicos – SEINFRA Goiânia (2018), em suas diretrizes de projeto expressa que o sistema de microdrenagem superficial deve ser composto basicamente pelos seguintes dispositivos: meio-fio, sarjetas, bocas de lobo, ramais, poços de visita, caixas de ligação, caixas de passagem, estruturas de lançamento com ou sem dissipadores de energia.

A seguir são apresentados os conceitos dos dispositivos indicados pela Secretaria Municipal de Infraestrutura e Serviços Públicos (SEINFRA) sobre as diretrizes básicas de elaboração de projetos de microdrenagem superficial urbana (GOIÂNIA, 2018).

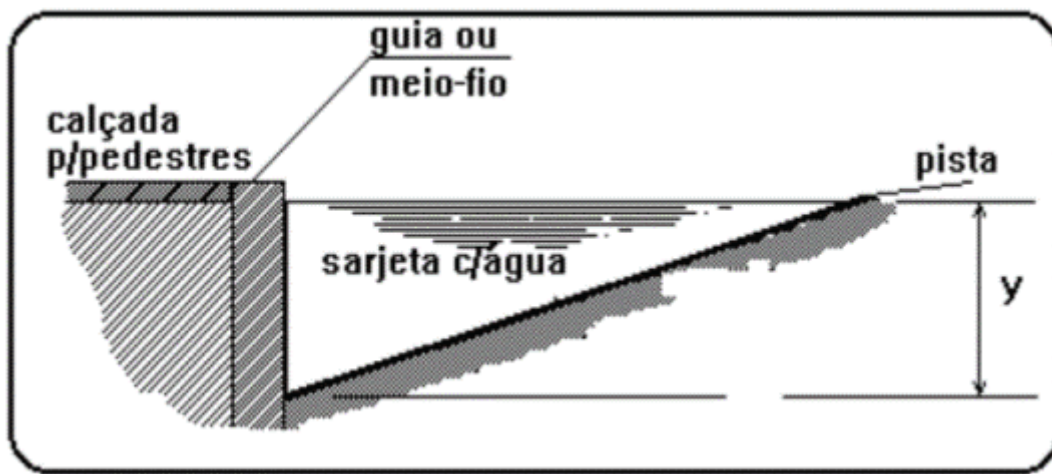
2.6.1 Meio fio

O meio-fio é um elemento pré-moldado em concreto destinado a separar a faixa de pavimentação da faixa de passeio. Devem ser projetados e assentados sobre a estrutura do pavimento. Na Figura 7 é possível identifica-lo.

2.6.2 Sarjetas

As sarjetas acopladas ao meio-fio formam canais triangulares longitudinais destinados a coletar e conduzir as águas superficiais da pista, passeio e lotes aos dispositivos de drenagem, conjuntamente com as vias, funcionando como canais. Essas devem ser em concreto moldado no local.

Figura 7- Exemplo de uma sarjeta do tipo triangular

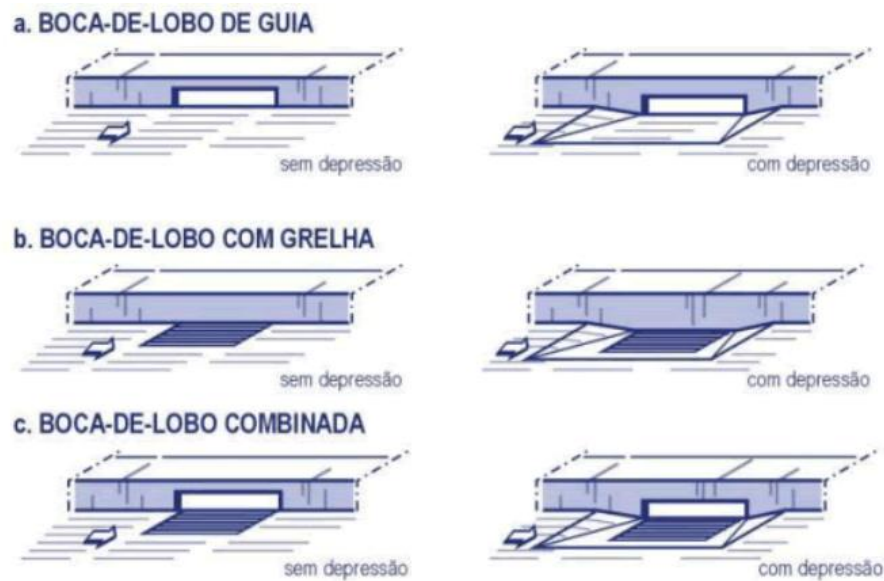


Fonte: Teixeira (2014).

2.6.3 Bocas de Lobo

As bocas de lobo são dispositivos utilizados nas vias com meio fio e passeio, cuja finalidade é captar as águas pluviais que escoam pelas sarjetas e conduzi-las à rede coletora. Devem ser projetadas em blocos de concreto maciços ou alvenaria revestida, nos pontos de captação racionalmente estabelecidos, juntos ao meio-fio, de acordo com estudo da lâmina d'água e capacidade hidráulica das sarjetas. Na Figura 8 tem-se a representação de alguns tipos de bocas de lobo.

Figura 8 - Alguns tipos de bocas de lobo

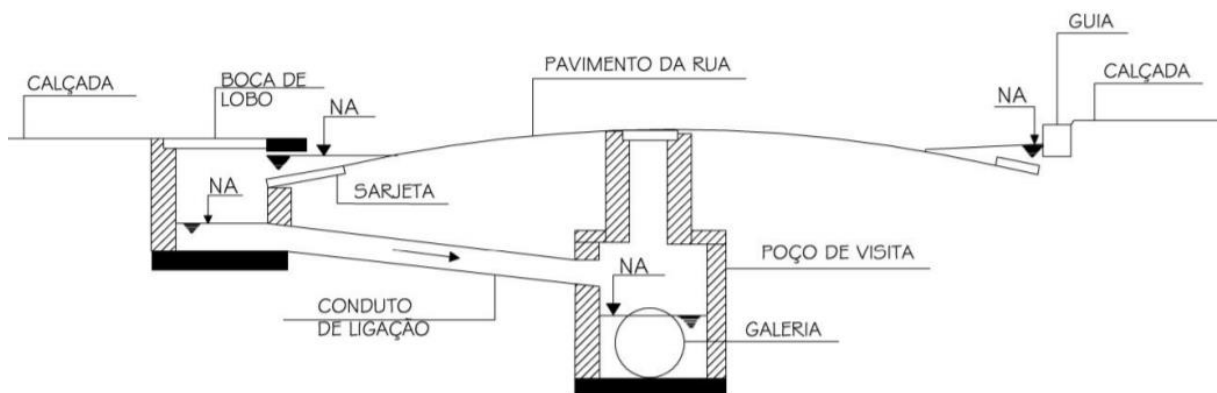


Fonte: DAEE/CETESB(1980).

2.6.4 Ramais

Os ramais são dispositivos de condução da vazão que unem as bocas de lobo aos coletores principais. O diâmetro mínimo adotado deve ser de 40 cm para facilitar as tarefas de manutenção. E devem ser dimensionados de acordo com a capacidade de captação das bocas de lobo nas quais estão ligados, definindo-se as declividades mínimas e máximas de projeto para a execução da obra. Na Figura 9 o ramal é indicado como condução de ligação.

Figura 9- Corte transversal de um sistema típico de drenagem



Fonte: USP(2015).

2.6.5 Poços de visita

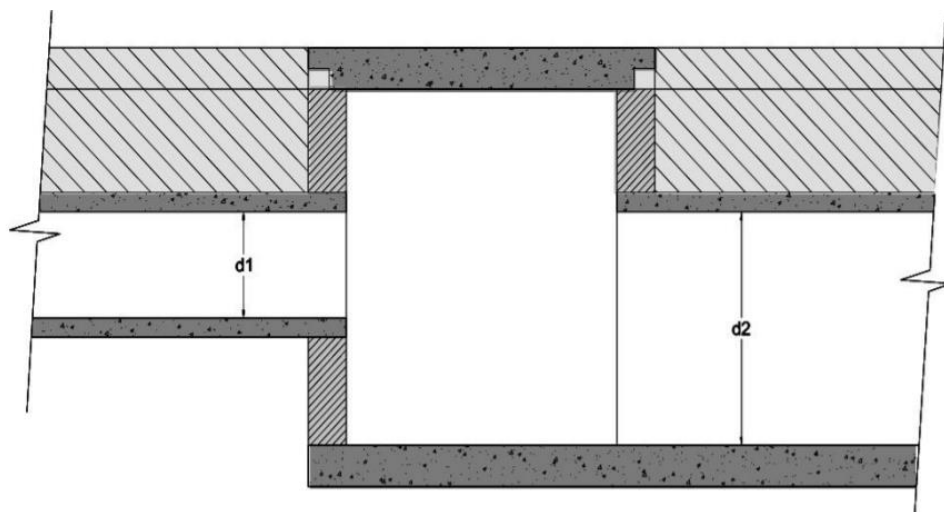
Os poços de visita são câmaras visitáveis cuja função principal é permitir o acesso às galerias para inspeção e desobstrução. Essa atenderá ao projeto padrão da SEINFRA quanto a posições, dimensões e materiais empregados. Em situações específicas, deverão ser realizados projetos em concreto armado. A altura máxima do degrau admitida é 2,0 m (dois metros), salvo em situações específicas de projeto.

Devem ser colocados em pontos de:

- I) reunião de condutos;
- II) de mudança de declividade;
- III) mudança de direção;
- IV) alteração de diâmetro ou seção das galerias.

A distância máxima entre os poços de visita não deverá ser superior a 150,00 m. Na Figura 10 está representado o poço de visita.

Figura 10 - Exemplo de um poço de visita



Fonte: USP (2015).

2.6.6 Caixas de passagem e caixas de ligação

As caixas de passagem são câmaras não visitáveis utilizadas em situações que a declividade da galeria é superior à da via e se encontra entre dois poços de visita ou entre um poço de visita e a estrutura de lançamento. Somente podem ser utilizadas em situações em que não haja mudança de direção na galeria e que não haja bocas de lobo conectadas às mesmas. Quando houver, devem ser utilizadas caixas de ligação e essas devem estar a uma distância não

superior a 15 m de um poço de visita.

Figura 11- Exemplo de caixa de passagem

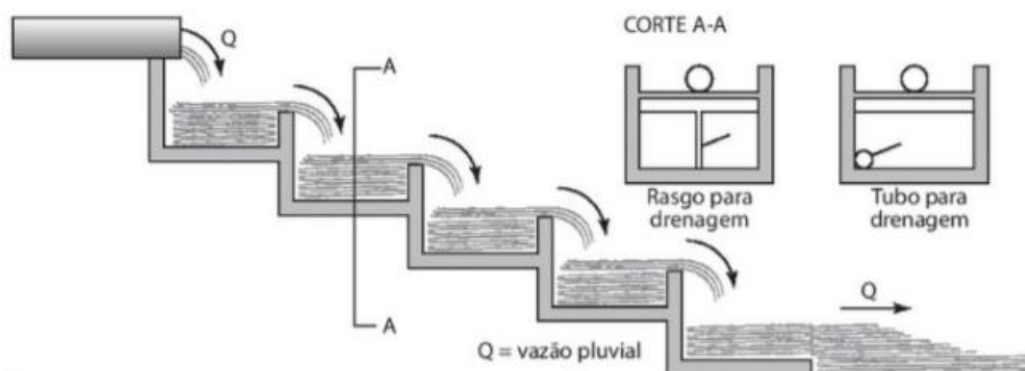


Fonte: Construtora ROGGA (2014).

2.6.7 Estruturas de lançamento e dissipadores de energia

As estruturas de lançamento e dissipadores de energia são componentes utilizados na descarga das galerias com o objetivo de evitar erosão localizada e reduzir energia cinética. Em todo local de despejo das galerias de águas pluviais, que o solo seja suscetível ao processo de erosão, deve haver dispositivos de dissipação de energia. Deve-se evitar desnível entre seu último patamar e o nível de água (N.A.) da vertente do córrego ou superfície receptora. Na Figura 10 podemos ver um exemplo.

Figura 12- Escadaria hidráulica com colchão de água



Fonte: Botelho (2017).

2.7 DRENAGEM SUSTENTÁVEL

Os sistemas de drenagem urbana sustentável são dispositivos e técnicas desenvolvidos acerca do seguinte tripé: quantidade, qualidade e amenidade/biodiversidade, as quais devem ser alcançadas de maneira equilibrada (Woods-Ballard et al., 2007).

Na década de 90, foi possível encontrar diferentes políticas de desenvolvimento sustentável em países desenvolvidos. Estas políticas foram baseadas no tratamento das águas urbanas, conservação do escoamento pluvial natural, focando em sistemas que mantenham o curso das águas o mais próximo possível do natural ou que tenham seu foco em infiltração, e não em escoamento. Esta nova fase, que é a qual os países desenvolvidos se encontram no momento, vem sendo chamada de Desenvolvimento Sustentável (TUCCI, 2008). No Quadro 4 podemos ver os estágios da evolução das águas urbanas.

Quadro 4 - Fases da evolução das águas urbanas

Anos	Período	Características
Até 1970	Higienista	Abastecimento de água sem tratamento de esgoto, transferência para jusante do escoamento pluvial por canalização.
1970 - 1990	Corretivo	Tratamento de esgoto, amortecimento quantitativo da drenagem e controle do impacto existente da qualidade da água pluvial. Envolve principalmente a atuação sobre os impactos
1990 -	Sustentável	Planejamento da ocupação do espaço urbano, obedecendo aos mecanismos naturais de escoamento; controle dos micropoluentes e da poluição difusa, e o desenvolvimento sustentável do escoamento pluvial por meio da recuperação da infiltração.

Fonte: Adaptado Tucci (2008).

O sistema de Drenagem Urbana Sustentável é definido pelos elementos integrantes da infraestrutura hidráulica urbana, preferivelmente vegetados (naturalizados), e destinados a filtrar, reter, infiltrar, transportar e armazenar água de chuva, de forma que não sofra nenhuma degradação, ou inclusive permita a eliminação, de forma natural, de parte da carga contaminante que possa ter adquirido por processos de escoamento urbano prévio (Gonzalo, 2008apud

Gutierrez, et al. 2019).

Outro conceito que visa à sustentabilidade dos projetos de controle de inundações é o Desenvolvimento de Baixo Impacto (LID – LowImpactDevelopment), conforme Coffman et al (1998 apud SIQUEIRA, 2012) são projetos com objetivo de criar uma “paisagem funcional” capaz de agrupar características de projeto que buscam simular as funções de infiltração e armazenamento da bacia pré-urbanizada.

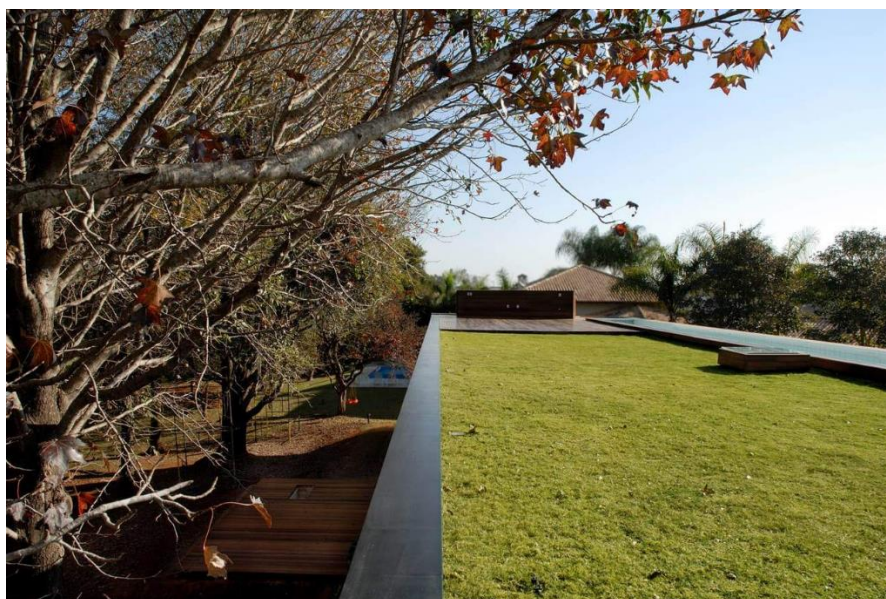
Segundo Canholi (2014) os sistemas de drenagem urbana sustentáveis não podem ser comparados com os sistemas de drenagem convencionais, pois ambos exercem funções diferentes. Se compararmos esses sistemas somente sobre bases monetárias, devemos levar em consideração qual deles tem melhor custo-benefício, e também levantar questões sobre reservação e tratamento da água.

A seguir, são apresentadas as definições e funções de técnicas de drenagem sustentável.

2.7.1 Telhados verdes

O Telhado verde é toda a cobertura ou telhado, plano ou inclinado devidamente impermeabilizado e com sistema de drenagem para o excesso escoamento pluvial, que agrega em sua composição, uma camada de solo ou substrato e outra camada de vegetação (CORREA & GONZALEZ, 2002). Na Figura 13 é apresentada uma imagem de telhado verde.

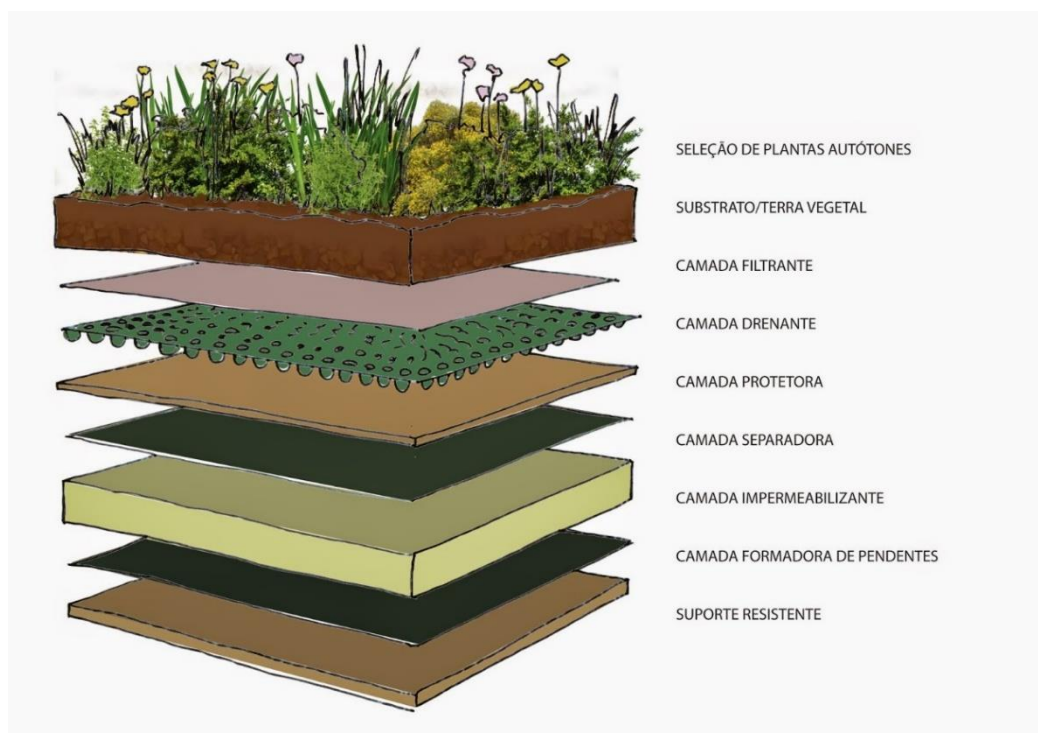
Figura 13 - Telhado verde extensivo



Fonte: Adaptado por Gutierrez et al. (2010).

Os telhados verdes são classificados quanto ao porte adotado em extensivos ou intensivos, no qual, são diferentes pela espessura do substrato e vegetação utilizada. Eles ainda podem ser classificados como acessíveis e inacessíveis, sendo o primeiro uma área aberta ao uso de pessoas, como jardim suspenso ou terraço, e os inacessíveis que não permitem a circulação de pessoas. Sendo assim, é necessário que haja uma avaliação da carga permanente, peso de todas as camadas do telhado verde, considerando toda a água que poderá ser represada pela vegetação, e da acidental, movimentação de pessoas e instrumentos para manutenção (CORREA & GONZALEZ, 2002). Na Figura 14 está apresentada a composição das camadas desse tipo de drenagem sustentável.

Figura 14 - Composição das camadas do telhado verde



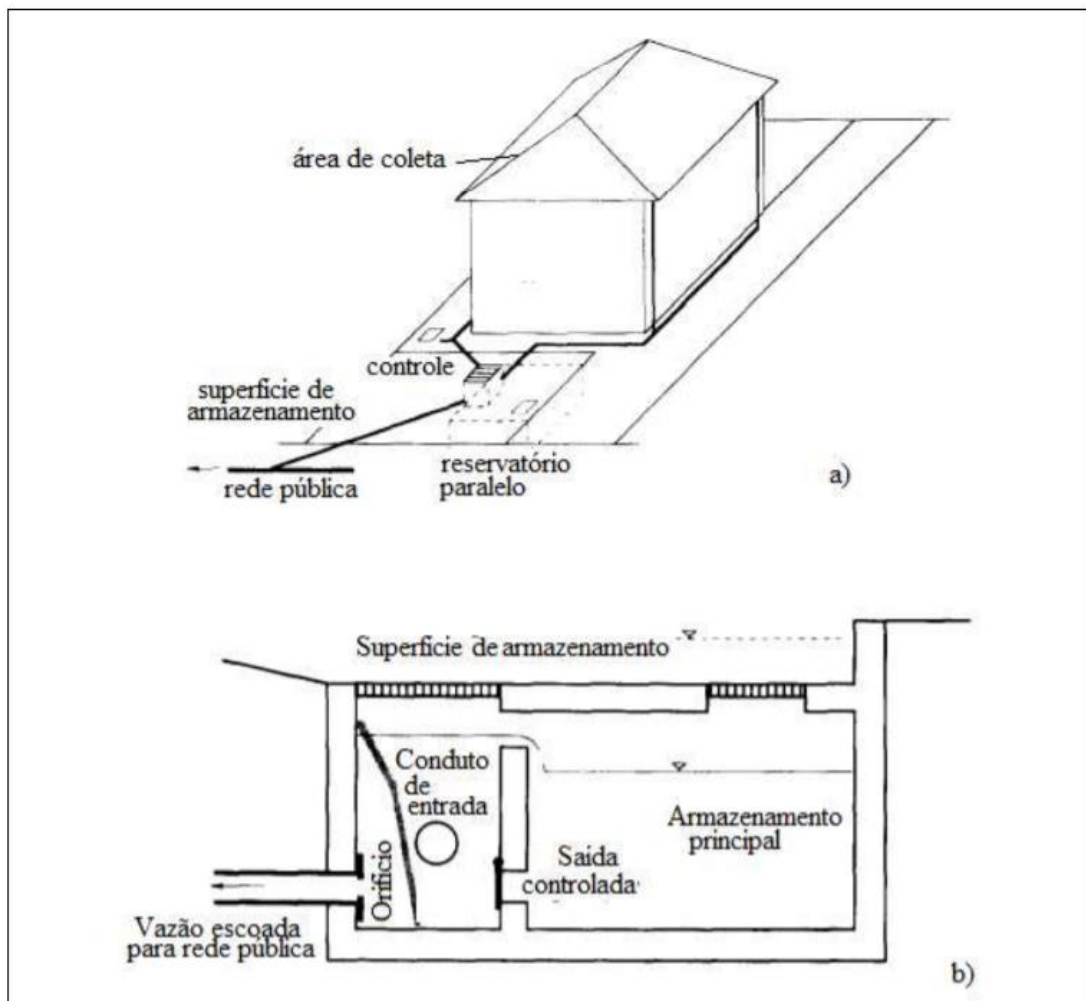
Fonte: arqOUT (2014)

Esse sistema é uma viável solução para os impactos ao meio ambiente, e traz consigo várias utilidades benéficas. A reutilização da água da chuva é uma das vantagens, pois além de proporcionar a economia de água potável, ainda colabora com a drenagem urbana. Tem um ótimo proveito quando se trata de redução do consumo de energia, concede proteção térmica e acústica, filtragem do ar, além de acrescer a biodiversidade e ser uma área próspera para o cultivo de alimentos (JOHNSTON; NEWTON, 2004 apud GUTIERREZ; RAMOS, 2019).

2.7.2 Microrreservatórios

O microrreservatório é um sistema de drenagem pluvial que funciona com o encaminhamento das águas precipitadas nos telhados e nos pavimentos impermeáveis ao microrreservatório. A água é direcionada a uma tubulação de saída, conectada à rede pública de drenagem urbana e deve possuir seção inferior à de entrada, de maneira a restringir a vazão de saída do escoamento. A partir do momento em que a vazão de chegada é superior à de saída, as águas precipitadas começam a ser armazenadas, retardando e diminuindo o pico do hidrograma de saída (DRUMMOND, 2012).

Figura 15- Típico sistema de detenção na fonte recomendado em Sydney, Austrália: a) Superfície de coleta e superfície de controle; e b) Controle hidráulico e armazenamento.



Fonte: Adaptado de O'Loughlin et al. (1995) por Silva (2016).

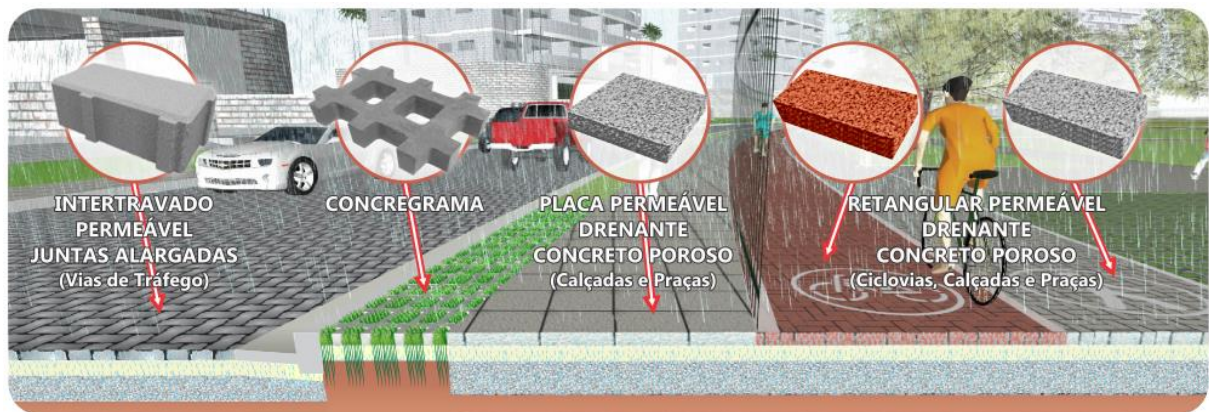
2.7.3 Pavimentos permeáveis e porosos

Os pavimentos permeáveis e porosos são definidos como sendo aqueles que possuem espaços livres em sua estrutura por onde a água pode escoar, podendo infiltrar no solo ou ser transportada através de sistema auxiliar de drenagem. Este tipo de pavimento busca reduzir o

volume de água referente ao escoamento superficial e, por consequência, reduzir a solicitação do sistema de drenagem urbana e a probabilidade de enchentes. Como efeitos complementares, tem-se a melhora da qualidade de água infiltrada por carrear menor quantidade de poluição difusa e a contribuição para a recarga (FERGUSON, 2005 apud GUTIERREZ; RAMOS 2019).

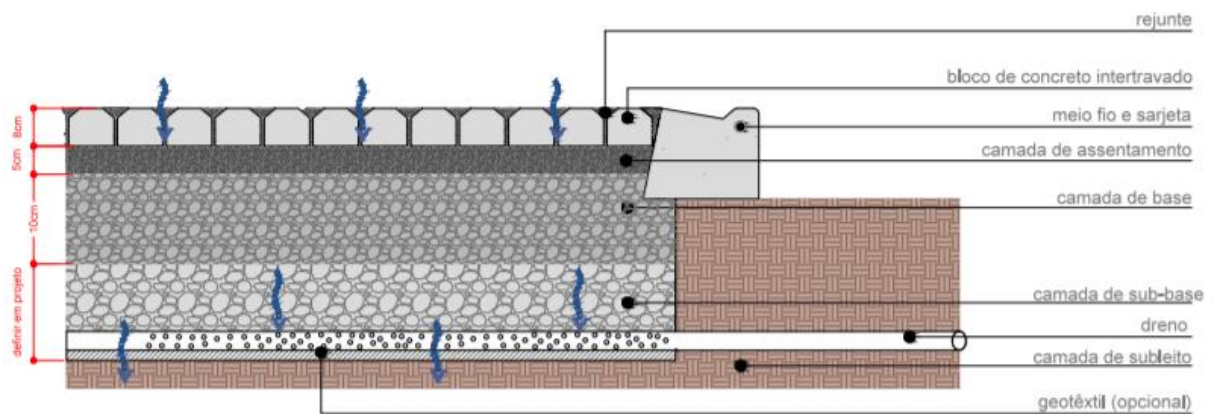
Na Figura 16 estão apresentados exemplos de pisos permeáveis e na Figura 17 é apresentado um esquema de piso intertravado com infiltração parcial.

Figura 16 - Exemplos de pisos permeáveis e porosos



Fonte: Arquitetura e sua própria finalidade (2014).

Figura 17 - Pavimento intertravado com infiltração parcial no solo



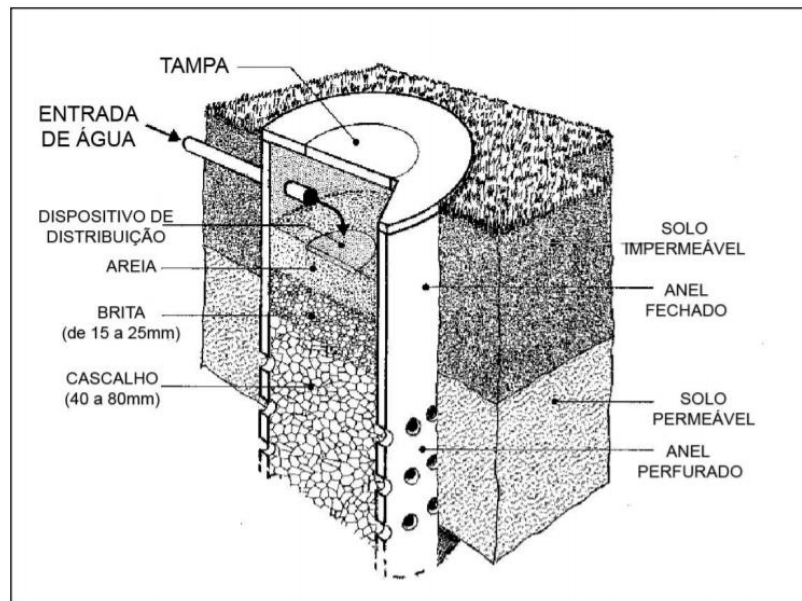
Fonte: MOTA, E.et. al (2013).

2.7.4 Poço de infiltração

O poço de infiltração consiste em um poço escavado no solo, revestido por tubos de

concreto perfurados ou tijolos assentados em crivo, envoltos por uma manta geotêxtil fazendo a interface solo/tubo, e fundo revestido por uma camada de agregados graúdos, também envolta por geotêxtil, de forma a permitir a infiltração, para o solo, do volume de água pluvial escoado para o seu interior (REIS; OLIVEIRA; SALES, 2008). Na Figura 18 é apresentado um esquema de funcionamento de poço de infiltração.

Figura 18 - Esquema de funcionamento de um poço de infiltração



Fonte: Adaptado de Service Public d'Assainissement Non Collectif – SPANC por Gutierrez; Ramos (2019).

2.7.5 Jardim de chuva ou biorretenção

Também chamados de Sistema de Biorretenção, esta medida utiliza a atividade biológica de plantas e microorganismos para remover os poluentes das águas pluviais, e contribui para a infiltração e retenção dos volumes de água precipitados. Em geral, estas estruturas podem ser descritas como rasas depressões de terra, que recebem águas do escoamento superficial. Os fluxos de água se acumulam nas depressões formando pequenas poças, e gradualmente a água é infiltrada no solo (MOTA, E. et al., 2013).

Nas Figuras 19 e 20 estão apresentados modelos de jardim de chuva aplicados em calçada.

Fonte: MOTA, E. et al. (2013).

2.7.6 Faixa gramada

A Faixa Gramada é projetada para receber o escoamento superficial de áreas impermeáveis e aumentarem a oportunidade de infiltração antes que o escoamento atinja a rede de drenagem. A sua utilização depende da topografia local, das condições de infiltração e a remoção de poluentes dependerá do comprimento percorrido pelo escoamento até a rede de drenagem, sendo indicadas para regiões não muito secas, quando seria necessária a irrigação. Essa alternativa necessita de manutenção, que pode ser feita como a manutenção geral das áreas verdes do local (FCTH, 1999).

Figura 21- Exemplo de faixa gramada

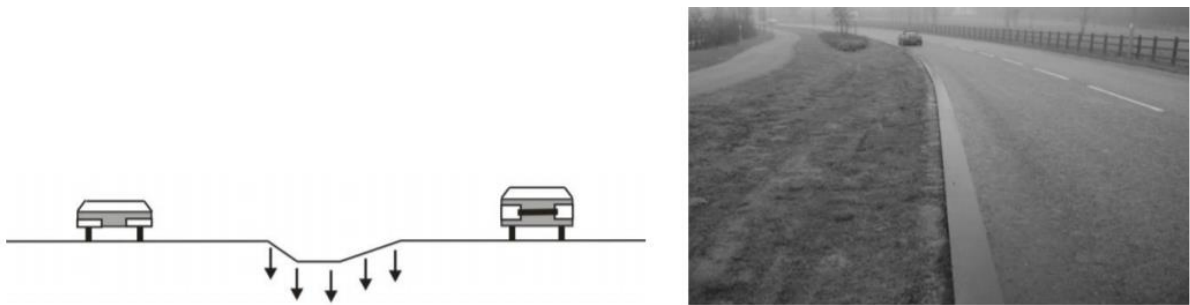


Fonte: Gutierrez; Ramos (2019).

2.7.7 Valas de Infiltração

Os dispositivos de drenagem lateral e infiltração, conhecidos como valas de infiltração, são frequentemente empregados paralelos às ruas, estradas, estacionamentos e conjuntos habitacionais (Figura 22). Eles concentram o fluxo das áreas próximas e propiciam condições para uma infiltração ao longo do seu comprimento. Durante chuvas intensas o nível das águas se eleva e permanece com água durante algum tempo, pois a infiltração é vagarosa. Desta forma, o volume das valetas deve ser grande o suficiente a fim de que não ocorram alagamentos (TUCCI, 1997).

Figura 22- Exemplo de vala de infiltração

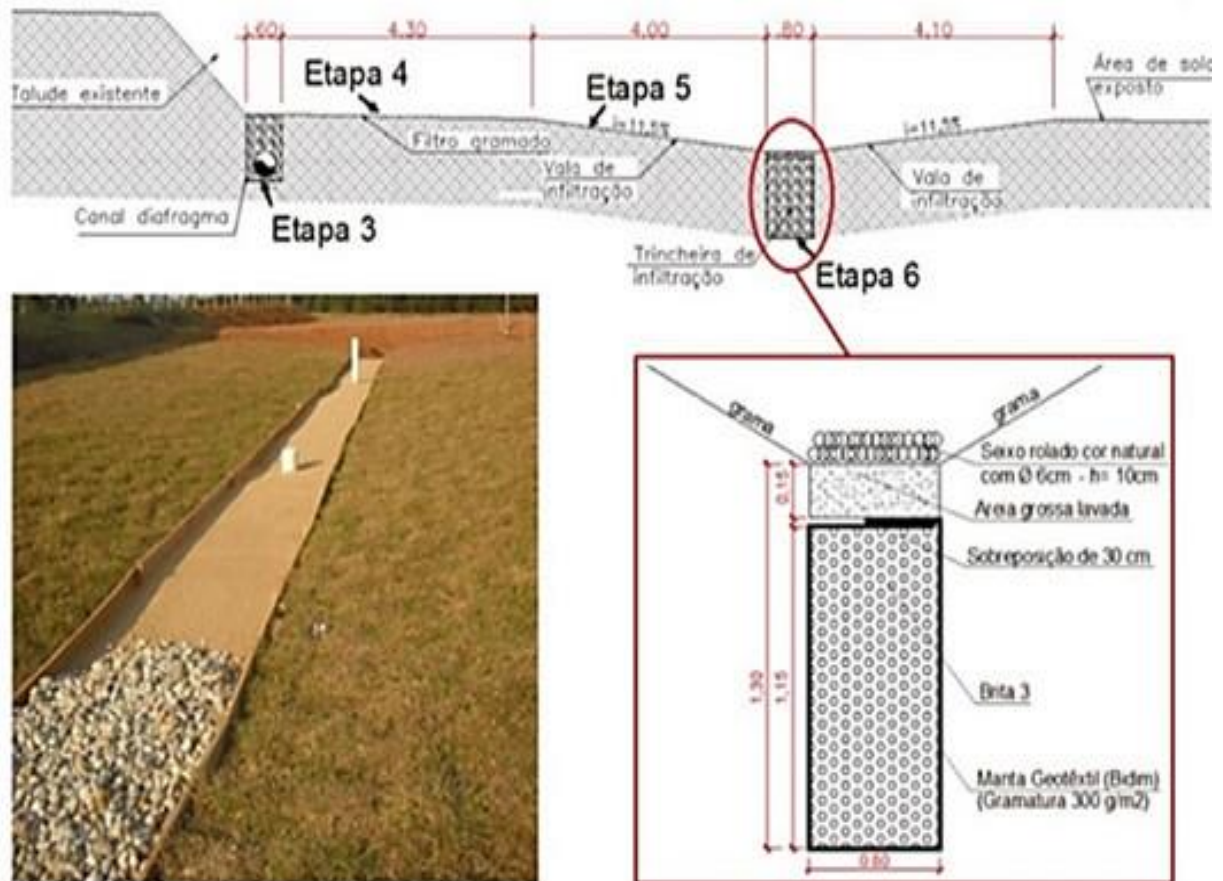


Fonte: Agostinho; Poleto (2012).

2.7.8 Trincheiras de infiltração

As trincheiras de infiltração são áreas escavadas preenchidas por material granular do tipo brita ou seixos rolados especialmente construídos para proporcionar uma infiltração direcionada das águas superficiais no solo (AKAN, 2002; BOUWER, 2002 apud MELO, et al., 2016). Na Figura 23 está apresentado um esquema das etapas de implantação desse sistema.

Figura 23- Etapas de implantação de trincheira de infiltração no campus da USP/São Carlos



Fonte: Gutierrez; Ramos (2019).

Tem um formato típico alongado e estreito, geometria adequada a otimização da área que ocupamos lotes urbanos, mas precisam de um pré-tratamento da água, pois os sólidos finos e a colmatção podem obstruí-lo após algum tempo de operação do sistema, aumentando, a relação entre a área efetiva de infiltração, composta pelas paredes laterais, e o volume de armazenamento, o que pode ser feito por uma manta geotêxtil removível e lavável (MIKKELSEN et al., 1997; LAWRENCE et al., 1997 apud GUTIERREZ; RAMOS 2019).

2.8 SISTEMAS COMPLEXOS DE DRENAGEM URBANA

Sistemas complexos podem ser definidos, conforme SNOWDEN e BOONE (2007 apud ROS, 2012), dentre outras, podem ter as seguintes características:

- I) grande número de elementos que interagem entre si;
- II) as interações não são lineares, pequenas mudanças podem produzir maiores consequências desproporcionalmente;
- III) o sistema é dinâmico, o todo é maior que a soma das partes e as soluções não podem ser impostas, elas surgem das circunstâncias. Isto pode se referir a emergências.

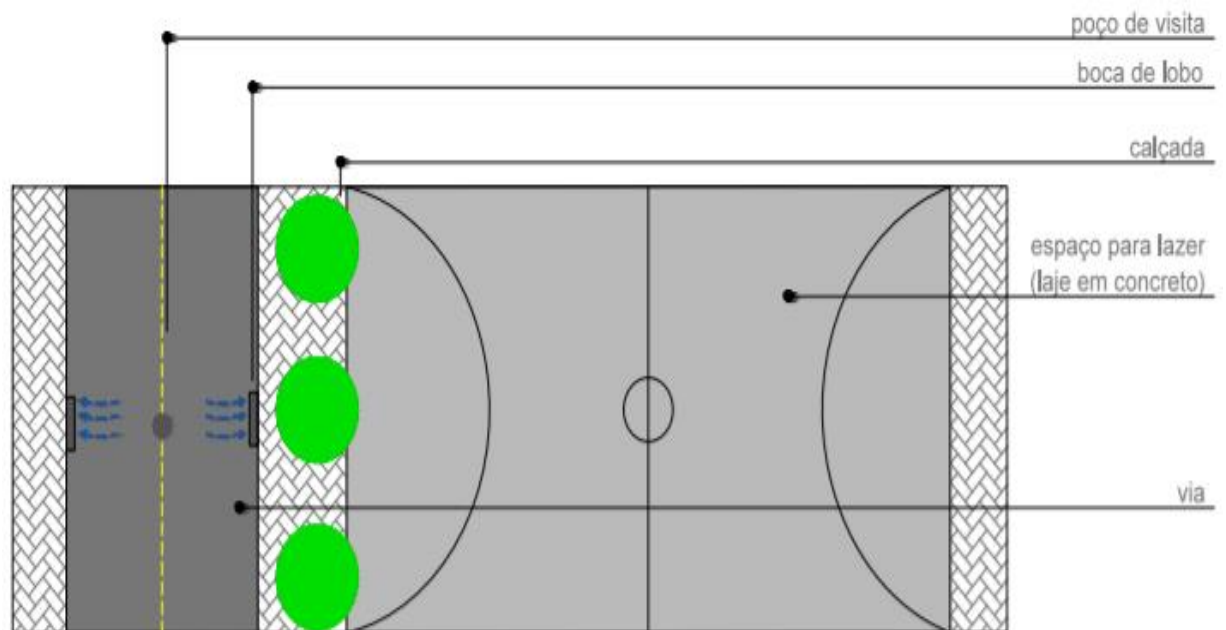
Para Ros (2012, p.35), considera-se Sistema Complexo de Drenagem Urbana aquele composto por bacias urbanas de ocupação desordenada e consolidada, onde há inúmeros problemas de inundação e de pontos de alagamento, e para conter essas cheias é necessário a implantação de reservatórios de retenção e de outras obras.

2.8.1 Reservatórios de retenção

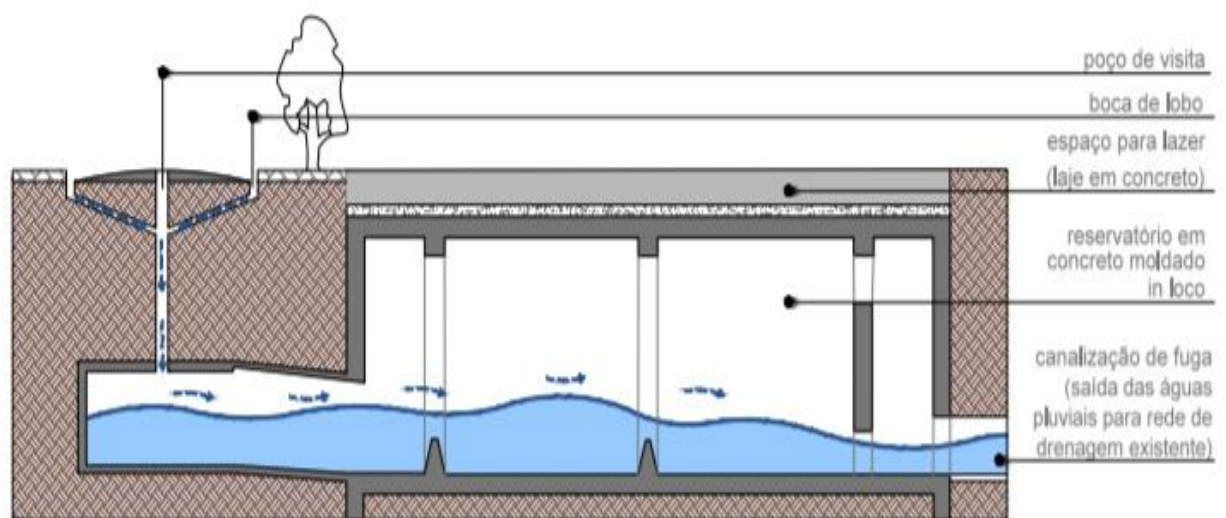
Os reservatórios de retenção são estruturas de armazenamento temporário do escoamento superficial oriundo das águas pluviais, e podem ser classificados quanto à sua configuração em relação ao curso d'água, em série ou paralelo.

Geralmente, a escolha da configuração de um reservatório, é condicionada pela disponibilidade de área para a construção da estrutura. Em regiões mais densamente ocupadas de uma bacia, a disponibilidade de área normalmente é restrita, nestes casos, usualmente se opta por construir um reservatório em paralelo que pode armazenar volumes maiores, uma vez que o fundo do reservatório pode ser mais profundo que o leito do córrego. Neste caso, comumente há a necessidade de utilização de bombas para o esvaziamento do reservatório, o que encarece a implantação, operação e manutenção da estrutura. Já em regiões periféricas, cabeceiras de bacias ou bacias pouco urbanizadas, é usual a utilização de reservatórios em série (MOTA, E. et al., 2013).

Figura 24- Desenho esquemático de um reservatório de detenção



PLANTA



Fonte: FCTH Adaptado de Manual de Drenagem Urbana da Região Metropolitana de Curitiba – PR (2013).

2.8.1.1 Reservatórios do Tipo On-Line

Os reservatórios do tipo On-line, em geral, requerem maior volume de reservação em comparação com os do tipo “Off-Line”. Isso devido ao tipo de enchimento, pois são posicionados em série com a canalização da qual amortecem os picos de cheia, assim, toda vazão veiculada flui para seu interior (Figura 25). Uma parte do volume interno pode ter maior profundidade, causando a necessidade da utilização de bombeamento (Ros, 2012).

Figura 25- Fluxo do corpo d'água em um Reservatório On-Line

RESERVATÓRIOS EM SÉRIE (ON LINE):

São aqueles implantados sobre ou ao longo do curso d'água.



Fonte: MOTA, E. et al. (2013).

2.8.1.2 Reservatórios do Tipo Off-Line

Os reservatórios Off-Line (Figura 26) são conjuntos formados por canalização, estruturas de derivação, estruturas de controle da canalização, e sistemas de saída por gravidade e/ou por bombeamento, e podem operar de forma fixa, e em parte variável. As estruturas que operam sem comportas são as fixas. E as que possuem comportas, tanto na entrada como na saída, e a saída por bombeamento, caracterizam estruturas que podem ser operadas, funcionando de forma variável de acordo com a demanda do sistema.

Figura 26- Fluxo do corpo d'água em um Reservatório Off-Line

RESERVATÓRIOS EM PARALELO (OFF LINE):

São aqueles construídos nas margens ou paralelamente ao curso d'água.



Fonte: MOTA, E. et al. (2013).

2.9 BASE PARA O DIMENSIONAMENTO DOS DISPOSITIVOS DE DRENAGEM

Bidone e Tucci (1995) dizem que o dimensionamento de uma rede de drenagem pluvial é composto por algumas etapas básicas. A primeira etapa consiste em subdividir a área do projeto em áreas menores de contribuição, juntamente com o traçado da rede e o posicionamento dos poços de visita (PVs) onde estes se mostrarem necessários.

Posteriormente, deverão ser determinadas as vazões contribuintes às estruturas de entrada, ou seja, as vazões que afluem ao sistema de galerias pluviais. Por fim, a partir dos dados obtidos, poderá ser realizado o dimensionamento da rede propriamente dita.

Contudo, o desenvolvimento destas etapas requer a introdução de alguns conceitos básicos da área de hidrologia e hidráulica, os quais serão abordados na seção a seguir.

2.9.1 Precipitação

Em termos gerais, o termo precipitação pode ser entendido como toda a água presente na atmosfera e que atinge o solo, independentemente do estado em que esta se encontra (BERTONI; TUCCI, 1997). As principais características que descrevem uma precipitação são a duração, o total precipitado e sua distribuição no tempo e no espaço, cujo conhecimento é muito importante para o desenvolvimento de projetos relacionados à drenagem urbana (ZAHED FILHO; MARCELLINI, 1995).

Neste contexto, torna-se importante verificar as vazões máximas que são geradas pela precipitação, a qual deverá ocorrer em um período de máxima para este caso em particular. Para Zahed Filho e Marcellini (1995), as precipitações máximas são os eventos de chuva nos quais a intensidade supera um determinado valor mínimo. Em outros termos, estes eventos ocorrem de maneira extrema, “[...] com duração, distribuição temporal e espacial crítica para uma área ou bacia hidrográfica” (BERTONI; TUCCI, 1997, p. 200).

Conforme Bertoni e Tucci (1997), para projetos de sistemas de drenagem urbana torna-se necessário o conhecimento dos parâmetros que compõem uma precipitação máxima, os quais podem ser descritos através da seguinte terminologia:

- Intensidade: é a quantidade de chuva precipitada por unidade tempo, como por exemplo, milímetros por hora (mm/h);
- Duração: é o intervalo de tempo no qual ocorre a precipitação;
- Frequência: “refere-se à expectativa de que uma dada altura de chuva cairá em um determinado tempo” (WILKEN, 1978, p. 10).

Entretanto, é importante que se estabeleça uma relação analítica entre os parâmetros mencionados, de maneira que seja possível a utilização destes dados para tais finalidades (WILKEN, 1978). Essa relação analítica pode ser obtida através de estudos estatísticos, os quais “[...] permitem verificar com que frequência as precipitações ocorreram com uma dada magnitude, estimando as probabilidades teóricas de ocorrência das mesmas” (BERTONI; TUCCI, 1997, p. 198).

Embora existam diferentes equações que possam representar estas curvas IDF, aquela que é tipicamente utilizada é apresentada abaixo:

$$i = \frac{a.Tr^b}{(t+c)^d} \quad (1)$$

Onde: i = Intensidade da chuva (mm/h); Tr = Tempo de retorno (anos); t = duração da chuva (minutos) e; a , b , c e d são parâmetros específicos para cada localidade.

2.9.2 Tempo de Retorno

Para Porto (1995, p. 109), o tempo de retorno está relacionado ao risco de certa obra de drenagem apresentar falhas durante a sua vida útil, pois o seu dimensionamento é realizado com base em uma dada precipitação máxima. O tempo de retorno adotado resulta em um determinado nível de segurança à população, o qual deve ser definido em função dos objetivos da administração pública e os recursos disponíveis para tal finalidade.

Wilken (1978) ressalta que a atribuição de um maior tempo de retorno ocasiona em maiores vazões de projeto, o que traz maior segurança, porém aumenta o custo da obra. No que se refere à microdrenagem, Bidone e Tucci (1995) apontam que o tempo de retorno normalmente varia entre 2 anos para áreas residenciais e de baixa densidade até 10 anos para áreas comerciais, onde admite-se que existam maiores perdas associadas durante eventos de chuvas intensas.

Na Tabela 2 temos os Períodos de Retorno (T) propostos por DAEE-CETESB, em 1980, em função do tipo de ocupação da área:

Tabela 2 - Valores do Período de Retorno

Tipo de obra	Tipo de ocupação da área	T (anos)
Microdrenagem	Residencial	2
	Comercial	5
	Área com edifícios de serviços ao público	5
	Aeroportos	2 - 5
	Áreas comerciais e artérias de tráfego	5 - 10
Macro-drenagem	Áreas comerciais e residenciais	50 - 100
	Áreas de importância específica	500

Fonte: DAEE-CETESB (1980).

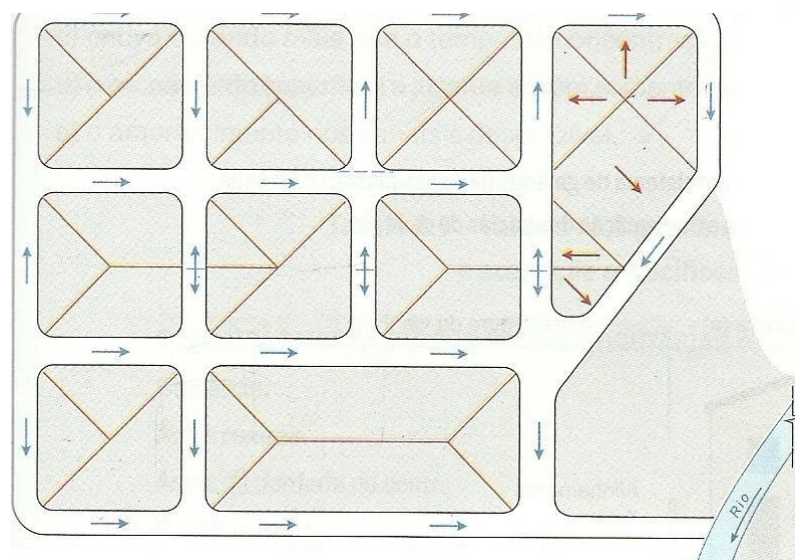
2.9.3 Áreas de Contribuição

O termo área de contribuição pode ser definido como toda a área ou parte desta, a montante do ponto de interesse, que drena as águas provenientes da precipitação (ASCE, 1992 apud SIQUEIRA, 2012). Normalmente, para se delimitar a área de drenagem é levado em consideração o divisor de águas, a qual é definida de acordo com as características topográficas da bacia em questão.

Como apresentado por Diogo e Sciammarella (2008 apud SIQUEIRA), para a microdrenagem é usual que se faça o desenho delimitando as áreas contribuintes a montante de cruzamentos de vias e poços de visita, já que o cálculo de vazão é realizado para estes pontos específicos.

Segundo os autores, a delimitação destas áreas segue uma lógica particular, que pode ser feita de acordo com a situação do parcelamento dos terrenos próximos. No caso de terrenos parcelados, muito comum em áreas urbanas, pode ser utilizado o método do diagrama de telhado, cujo nome deve-se à semelhança das áreas contribuintes com um telhado, observado em vista superior (Figura 27). Este método consiste em identificar o sentido do fluxo e delimitar os quarteirões de modo que pareçam um projeto de telhado, com divisor de águas, cumeeiras e espigões.

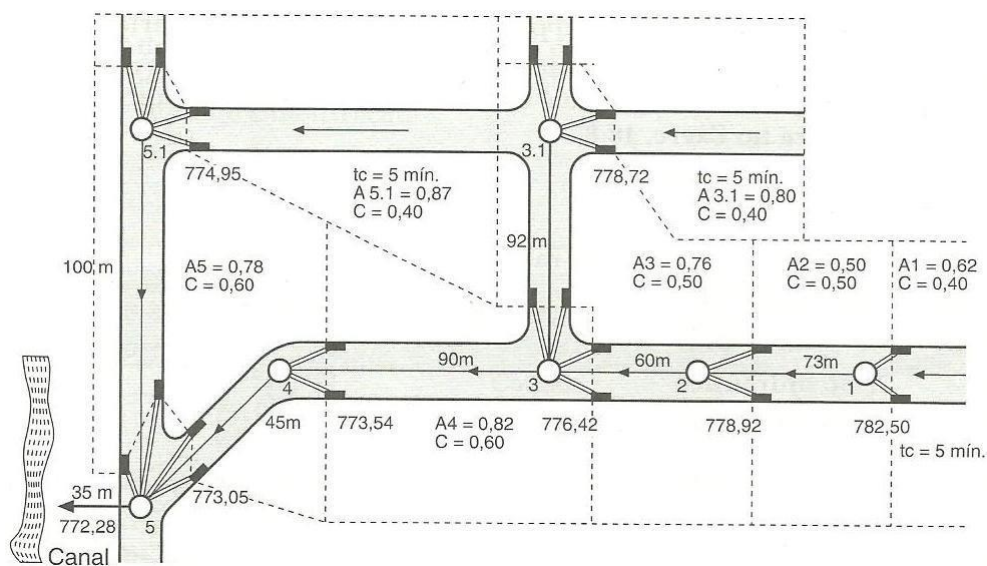
Figura 27- Divisão dos terrenos adjacentes de acordo com o método do diagrama dos telhados.



Fonte: Diogo e Sciammarella (2008, p. 47).

Outra forma de delimitar as áreas contribuintes (Figura 28) é assumir que os lotes, ou o conjunto destes, “[...] formam uma bacia de retenção [...] em que cada parte despeja a água para os fundos ou frente se estiver no meio do quarteirão ou para um lado ou frente, se for de esquina, em decorrência da inclinação do lote” (DIOGO; SCIAMMARELLA, 2008, p. 47). Ainda, considera-se que o limite da área de contribuição tangencia as bocas-de-lobo a jusante do escoamento, como se o poço de visita atuasse como o exutório da bacia.

Figura 28- Alternativa para delimitação das áreas contribuintes de um sistema de microdrenagem nos lotes



Fonte: Azevedo Netto et al (1998, p. 550).

2.9.4 Tempo de Concentração

O tempo de concentração pode ser definido como “o tempo [...] que leva uma gota d’água teórica para ir do ponto mais afastado da bacia até o ponto de concentração” (WILKEN, 1978, p. 128). De maneira simples, este tempo caracteriza o dado momento em que toda a bacia considerada passa a contribuir com o escoamento, atingindo o pico máximo de vazão.

Porto (1995) descreve que, em áreas urbanas, o tempo de concentração

compreende um tempo inicial referente ao escoamento até a estrutura de entrada (boca-de-lobo) e um tempo de percurso que ocorre no interior da tubulação, ao longo do sistema de galerias pluviais. A equação relacionada a estes dois tempos é definida a seguir:

$$T_c = T_e + T_p \quad (2)$$

Onde: T_p = tempo de percurso (mín); T_e = tempo de entrada (mín) .

Além disso, o tempo inicial de entrada no sistema geralmente depende do tempo de escoamento sobre superfícies e do tempo de escoamento concentrado nas sarjetas (ASCE, 1992apud SIQUEIRA, 2012).

Entretanto, é frequente o uso de um tempo inicial de entrada para o caso específico de dimensionamento de galerias pluviais, o qual não deve ser inferior ao limite de 5 minutos (WILKEN, 1978). Para áreas urbanizadas ou que tenham previsão de urbanização, com o divisor de águas distante no máximo 60 m da primeira boca de lobo, são recomendados os seguintes tempos de entrada no sistema (ALCANTARA, 1962):

Tabela 3 - Valores recomendados para o tempo de entrada em sistemas de galerias pluviais

Natureza da área a montante	Tempo de Entrada (mín)	
	Declividade longitudinal da sarjeta	
	$I < 3\%$	$I \geq 3\%$
Urbana densa	10	7
Residencial	12	10
Parques, Jardins e Campo	15	12

Fonte: Ulysses Alcantara (1962).

Para o cálculo do tempo de percurso no interior dos condutos, Wilken (1978) indica que o mesmo pode ser calculado através da seguinte equação:

$$T_p = \frac{L}{V.60} \quad (3)$$

Onde: T_p = tempo de percurso (min); L = comprimento do conduto (m) e; V =

velocidade da água no conduto (m/s).

2.9.5 Método Racional

De acordo com o Manual de Drenagem de Toledo-PR(2017), o método racional é largamente utilizado na determinação da vazão máxima de projeto para bacias pequenas ($< 2 \text{ km}^2$). Os princípios básicos dessa metodologia são:

- A duração da precipitação máxima de projeto é igual ao tempo de concentração da bacia. Admite-se que a bacia é pequena para que essa condição aconteça, pois a duração é inversamente proporcional à intensidade;
- Adota um coeficiente único de perdas, denominado C , estimado com base nas características da bacia;
- Não avalia o volume da cheia e a distribuição temporal das vazões.

O escoamento superficial aqui mencionado refere-se à vazão de pico, considerada como uma variável básica na área de hidrologia para dimensionamento do sistema de tubulações e estruturas de entrada de águas pluviais. A vazão de pico pode ser entendida como a máxima vazão que ocorre durante um dado evento de chuva, a qual flui através de um ponto específico (MCCUEN, 1998 apud SIQUEIRA, 2012).

A equação Racional, necessária para a determinação da vazão acima mencionada, é dada pela seguinte fórmula:

$$Q = \frac{C \cdot i \cdot A}{3600} \quad (4)$$

Onde: Q = Vazão máxima de pico (L/s); C = Coeficiente de Escoamento Superficial (ou *Runoff* - adimensional); i = Intensidade da precipitação (mm/h) e; A = Área da bacia (m^2).

Para Porto (1995), um dos grandes motivos pelo qual o método foi bem aceito no âmbito da engenharia é a sua simplicidade, além de normalmente apresentar resultados satisfatórios sob determinadas condições nas quais a sua aplicabilidade é válida.

Porto (1995) descreve que é relativo o conceito atribuído a uma bacia pequena

(não complexa), porém aponta algumas hipóteses que devem ser levadas em consideração nesta bacia, no momento de uso do Método Racional:

- Distribuição uniforme da chuva no tempo, ou seja, esta deve ser mantida constante ao longo de sua duração;
- Distribuição uniforme da chuva no espaço, ou seja, esta deve ser homogênea em toda área da bacia;
- O tempo de concentração da bacia deve ser igual à duração da chuva;
- É desprezível o armazenamento na bacia.

2.9.6 Determinação do Coeficiente de Escoamento Superficial

Para a utilização do Método Racional, considera-se as hipóteses que validam a aplicabilidade na bacia de estudo, e determina-se o coeficiente de escoamento superficial, além dos parâmetros de área de contribuição e intensidade de chuva supracitados nas seções anteriores.

Segundo Wilken (1978) o coeficiente de escoamento superficial C deve representar parcela da precipitação que se transforma em escoamento superficial, que deverá ser escoada através do sistema de galerias pluviais.

A determinação deste coeficiente é feita a partir da análise de vários fatores, como a ocupação da área da bacia, o tipo de solo, intensidade da chuva, umidade antecedente, entre outros (PORTO, 1995).

Segundo ASCE (1992 apud SIQUEIRA, 2012), a experiência prática vivenciada durante muitos anos permitiu a atribuição de alguns valores de referência para o coeficiente C . Estes valores são apresentados nas Tabelas 2 e 3, sendo válidos para precipitações máximas com períodos de retorno entre 2 a 10 anos.

Tabela 4 - Valores do Coeficiente de Escoamento superficial de acordo com o tipo de ocupação

Descrição da Área	Valores de C
Área Comercial / Edificação muito densa:	
Partes centrais, densamente construídas, em cidade com ruas e calçadas pavimentadas	0,70 - 0,95
Área Comercial / Edificação não muito densa:	
Partes adjacentes ao centro, de menor densidade de habitações, mas com ruas e calçadas pavimentadas	0,60 - 0,70
Área Residencial:	

Residências isoladas; com muita superfície livre	0,35 - 0,50
Unidades múltiplas (separadas); partes residenciais com ruas macadamizadas ou pavimentadas	0,50 - 0,60
Unidades múltiplas (conjugadas)	0,60 - 0,75
Lotes com > 2.000m ²	0,30 - 0,45
Áreas com apartamentos	0,50 - 0,70
Área industrial:	
Indústrias leves	0,50 - 0,80
Indústrias pesadas	0,60 - 0,90
Outros:	
Matas, parques e campos de esportes, partes rurais, áreas verdes, superfícies arborizadas e parques ajardinados	0,05 - 0,20
Parques, cemitérios; subúrbio com pequena densidade de construção	0,10 - 0,25
Playgrounds	0,20 - 0,35
Pátios ferroviários	0,20 - 0,40
Áreas sem melhoramentos	0,10 - 0,30

Fonte: Adaptado de ASCE (1969) e Wilken (1978) apud Porto Alegre (2005, p. 86).

Tabela 5 - Valores do Coeficiente de Escoamento superficial de acordo com o tipo de pavimento

Superfície	Valores de C
Pavimento:	
Asfalto	0,70 - 0,95
Concreto	0,80 - 0,95
Calçadas	0,75 - 0,85
Telhado	0,75 - 0,95
Cobertura: grama / areia:	
Plano (declividade 2%)	0,05 - 0,10
Médio (declividade de 2 a 7%)	0,10 - 0,15
Alta (declividade de 7%)	0,15 - 0,20
Grama, solo pesado:	
Plano (declividade 2%)	0,13 - 0,17
Médio (declividade de 2 a 7%)	0,18 - 0,22
Alta (declividade de 7%)	0,25 - 0,35

Fonte: Adaptado de ASCE (1969) e Wilken (1978) apud Porto Alegre (2005, p. 87).

Para Porto (1995 apud SIQUEIRA, 2012) nos casos onde a bacia apresentar características muito diferentes, pode ser admitido um coeficiente válido através do cálculo de uma média ponderada para os valores de C encontrados, para cada área de ocupação específica:

$$C = \frac{1}{A} \sum C_i A_i \quad (5)$$

Onde: C = Coeficiente de Escoamento Superficial médio da bacia; A = Área total de drenagem da bacia; A_i = Área da bacia “i” correspondente à ocupação “i” e; C_i = Coeficiente de Escoamento Superficial correspondente à ocupação “i”.

Com o intuito de melhorar os resultados do coeficiente de escoamento, Azevedo Netto et al (1998, p. 545) sugerem uma modificação para realizar o cálculo de médias ponderadas sucessivas ao longo dos trechos da galeria, no momento em que novas áreas de contribuição são incorporadas:

$$C = \frac{\sum C_i A_i}{\sum A_i} \quad (6)$$

Em termos gerais, o cálculo é diferente pelo fato de que podem ser obtidos diferentes e mais específicos valores de C para o cálculo das vazões, ao invés de se utilizar um valor único para toda a área de projeto.

2.9.7 Tipos de Escoamento

No que se refere ao escoamento da água em condutos, Chow (1959apud SIQUEIRA, 2012) descreve que o mesmo pode ocorrer através de canais abertos, os quais possuem uma superfície livre sujeita à pressão atmosférica, ou por meio de tubulações, em que a água ocupa totalmente a seção transversal sendo submetida a uma pressão hidráulica. Entretanto, um sistema de galerias pluviais pode ser considerado como um canal aberto, pois é usualmente projetado para operar à superfície livre.

Ainda, Chow (1959apud SIQUEIRA, 2012) aponta algumas classificações para o escoamento de água em canais abertos, as quais são dependentes da variação temporal e espacial da profundidade do escoamento:

- Permanente ou Não Permanente, sem variação e com variação no tempo, respectivamente. Para ambos os tipos de escoamento, a vazão de descarga em uma determinada seção do canal é dada pela equação da continuidade:

$$Q = VA \quad (7)$$

Onde: V = Velocidade média na seção (m/s) e; A = Área da seção transversal do canal, normal à direção do fluxo (m²).

- Uniforme ou Não Uniforme, sem variação e com variação do escoamento ao longo do canal (variação no espaço), respectivamente. O fluxo não uniforme pode ser ainda subdividido entre gradualmente variado e bruscamente variado.

Embora esta situação não ocorra na prática, usualmente são assumidas as condições de escoamento permanente e uniforme para dimensionamento de galerias pluviais, ao se fazer uso do Método Racional (AZEVEDO NETTO et al, 1998). Que na prática chega a resultados próximos, que auxiliam em análises.

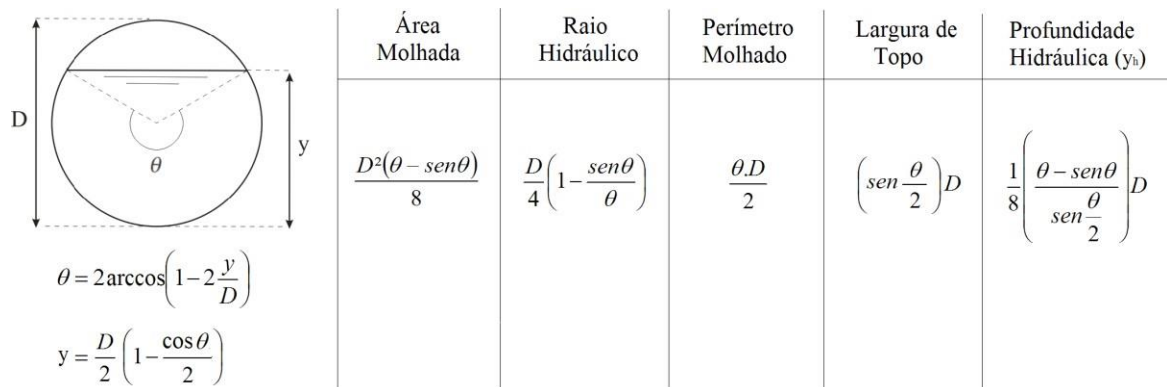
2.9.8 Propriedades Geométricas dos Condutos Pluviais

Os elementos geométricos são alguns fatores importantes a serem analisados durante o dimensionamento de um conduto pluvial, e são necessários para o cálculo dos parâmetros hidráulicos. A seguir temos a descrição dos elementos geométricos de acordo com Chow (1959) apud SIQUEIRA, 2012):

- Área molhada (A): área da seção transversal do conduto por onde ocorre efetivamente o escoamento, ou seja, é a área do setor circular compreendida entre a base do conduto e a superfície livre da água;
- Perímetro molhado (P): comprimento da linha que representa a parede do conduto, em contato com a água;
- Raio hidráulico (R_H): razão entre a área molhada e o perímetro molhado (A/P);
- Largura de topo (T): linha horizontal correspondente à superfície da água (m);
- Profundidade hidráulica (y_h): razão entre a área molhada e a largura de topo (A/T).

Ainda, Chow (1959) apud SIQUEIRA, 2012) indica que os elementos geométricos podem ser definidos em função da forma do conduto e da profundidade y , que é a distância vertical entre a base do conduto e a lâmina de água da superfície livre, normal à direção do escoamento. Para o elemento de geometria circular, um conjunto de relações trigonométricas específicas podem ser estabelecidos a partir de um ângulo central θ , conforme pode ser visto na Figura 29.

Figura 29- Elementos geométricos da seção circular.



Fonte: Adaptado de Azevedo Netto et al (1998, p. 549) e Chow (1959, p. 21) por SIQUEIRA (2012).

Alguns dos elementos geométricos descritos acima serão abordados com uma maior relevância, para os futuros cálculos do trabalho.

2.9.9 Escoamento Uniforme em Condutos Livres

Segundo Azevedo Netto et al (1998, p. 417), o escoamento que ocorre em condutos livres é baseada na equação de Chezy:

$$V = C_z \sqrt{R_H I} \quad (8)$$

Onde: V = Velocidade da água no conduto; C_z = Coeficiente de Chezy; R_H = Raio hidráulico (m) e; I = Declividade do conduto (m/m).

Conforme citam Azevedo Netto et al (1998, p. 370) a equação de Chezy com coeficiente de Manning é utilizada em diversos tamanhos de canais, uma vez que esta tem sido usada experimentalmente para tais situações e ao mesmo tempo tem fornecido bons resultados na prática:

$$V = \frac{1}{n} R_H^{2/3} I^{1/2} \quad (9)$$

Onde: V = Velocidade da água (m/s); n = Coeficiente de rugosidade de

Manning; R_H =Raio hidráulico (m) e; I = Declividade do conduto (m/m).

Embibliografias podem ser encontradas muitas tabelas com coeficientes de Manning para vários tipos de pavimento, sendo que para condutos de concreto parcialmente cheios, um aspecto dos sistemas de galerias pluviais, apresentam-se os seguintes valores (Tabela 6):

Tabela 6 - Valores do Coeficiente de Manning

Material	n Manning
Tubos de concreto retilíneos livre de resíduos	0,70 - 0,95
Tubos de concreto com curvas, conexões e resíduos	0,80 - 0,95
Tubos de concreto com acabamento	0,75 - 0,85
Tubos de concreto para coletores de esgoto, com poços de visita, entradas; retilíneo	0,75 - 0,95
Tubos de concreto sem acabamento, liso	0,05 - 0,10
Tubos de concreto sem acabamento, pouco rugoso	0,10 - 0,15
Tubos de concreto sem acabamento, rugoso	0,15 - 0,20

Fonte: Adaptado de Chow (1959).

Tendo em vista a utilização dos dados descritos acima e os dados do cenário atual, os sistemas de drenagem de águas pluviais urbanas precisam ser avaliados.

A avaliação do desempenho pode ser realizada por meio da análise hidrológica e hidráulica do sistema de drenagem de águas pluviais urbanas. Com a avaliação do desempenho hidráulico do sistema de drenagem de águas pluviais urbanas é possível obter informações sobre a capacidade hidráulica dos condutos e dos locais onde ocorrem as sobrecargas e os transbordamentos(BOLDRIN,2014).

3 METODOLOGIA

A metodologia empregada nesse trabalho foi a aplicação das técnicas teóricas, encontradas na literatura, para fundamentação do diagnóstico da causa de uma possível ineficiência hidráulica das galerias de um sistema de drenagem e indicações técnicas aplicáveis à soluções do problema encontrado.

Portanto, esse trabalho foi composto por uma revisão bibliográfica sobre as técnicas relativas à drenagem urbana e aplicação destas na área de estudo: Residencial Itamaracá – Goiânia.

A fundamentação para escolha desse bairro foi uma constatação da Defesa Civil de Goiânia, a qual indicou que o problema nessa região é de drenagem pluvial, o volume da chuva é muito intenso, não tem para onde escoar e entre na residência. Um exemplo dessa situação está apresentada na Figura 30.

Figura 30- Residência invadida por água das chuvas no setor Residencial Itamaracá



Fonte: Tulio e Mendes (2018).

Para esse estudo de caso foi realizada a análise do sistema de drenagem do bairro Residencial Itamaracá, por meio da coleta de dados na Prefeitura Municipal de Goiânia e por meio de vistorias na região.

A obtenção das informações executivas sobre o sistema de drenagem do Residencial Itamaracá foi feita por tratativas junto à SEINFRA, a qual é a responsável pela gestão e registro de todos os projetos e levantamentos sobre o sistema de drenagem

em Goiânia. Foram recebidos arquivos contendo esboços do traçado da rede de drenagem, desenhado à mão, contendo os principais dados dos Poços de Visita.

A partir da análise da área em estudo, dos dados obtidos e das normas técnicas e diretrizes do município, foi realizada a avaliação da capacidade de escoamento pluvial da galeria existente.

3.1 DEFINIÇÃO DA ÁREA ESTUDADA

Para o estudo do bairro Residencial Itamaracá haverá a abordagem de alguns temas para a sua caracterização como localização, histórico e bacia.

3.1.1 Localização

O Residencial Itamaracá, é um bairro na cidade de Goiânia-GO, está localizado em um quadrante cujo limite superior é a Av. Perimetral Norte e o inferior é o Ribeirão Anicuns.

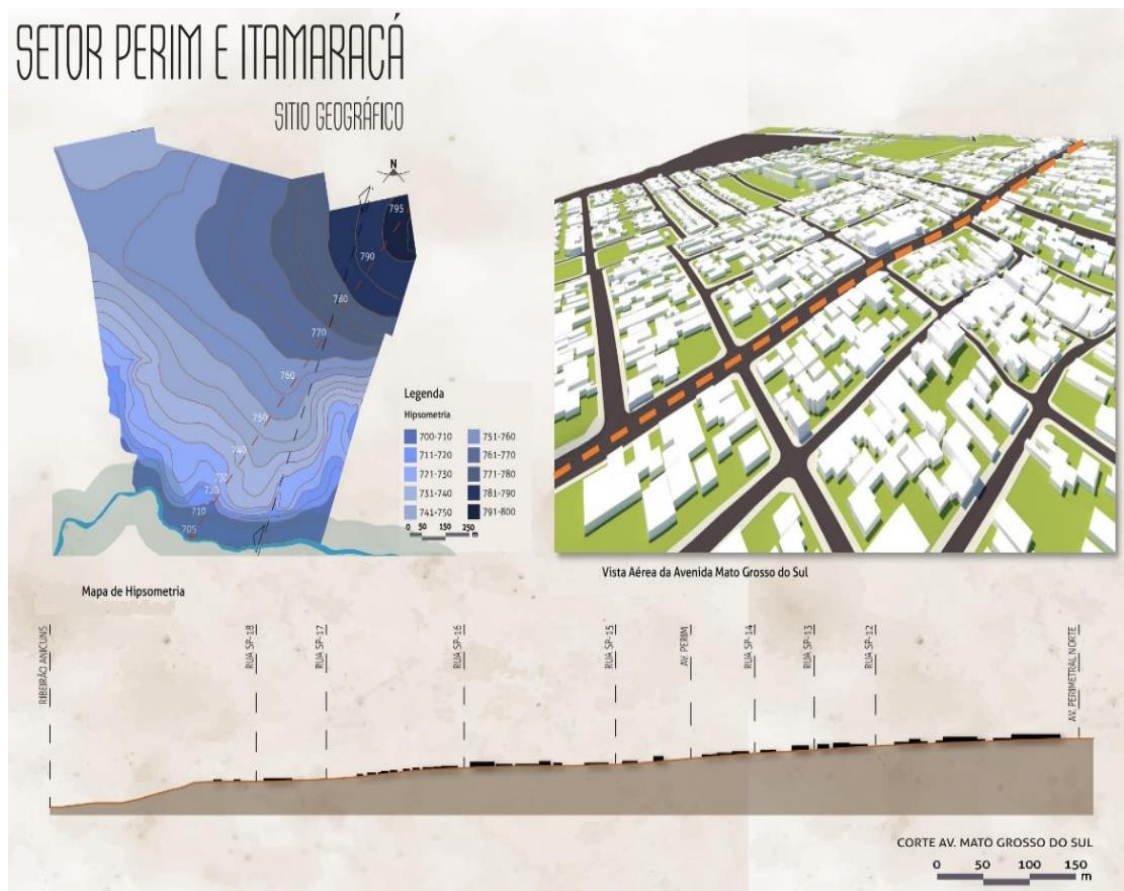
Figura 31- Delimitação da área onde se localiza o bairro Residencial Itamaracá



Fonte: GOIÂNIA (2021).

A indicação acima do Residencial Itamaracá se encontra nas coordenadas com latitude $16^{\circ}38'50.43''S$ e longitude $49^{\circ}17'57.10''O$. Essa região também é caracterizada pelas altas declividades (o valor médio da declividade no bairro é de 6,7%), sendo uma das áreas mais íngremes da região norte.

Figura 32- Indicação da inclinação do terreno do setor Residencial Itamaracá



Fonte: Nonato (2020).

3.1.2 Histórico de ocupação do bairro

A construção do bairro se deu por financiamento do Governo Federal, juntamente com órgãos públicos de Goiânia, e visava agregar populações de baixa renda para moradias populares, ainda no início da década de 2000.

Esse projeto tinha intervenções previstas incluíam o desadensamento das áreas, melhorias habitacionais, a construção de módulos hidráulicos e área de lazer, a reurbanização e dentre outras ações, visando a qualidade de vida da população.

3.1.3 Bacia Hidrográfica

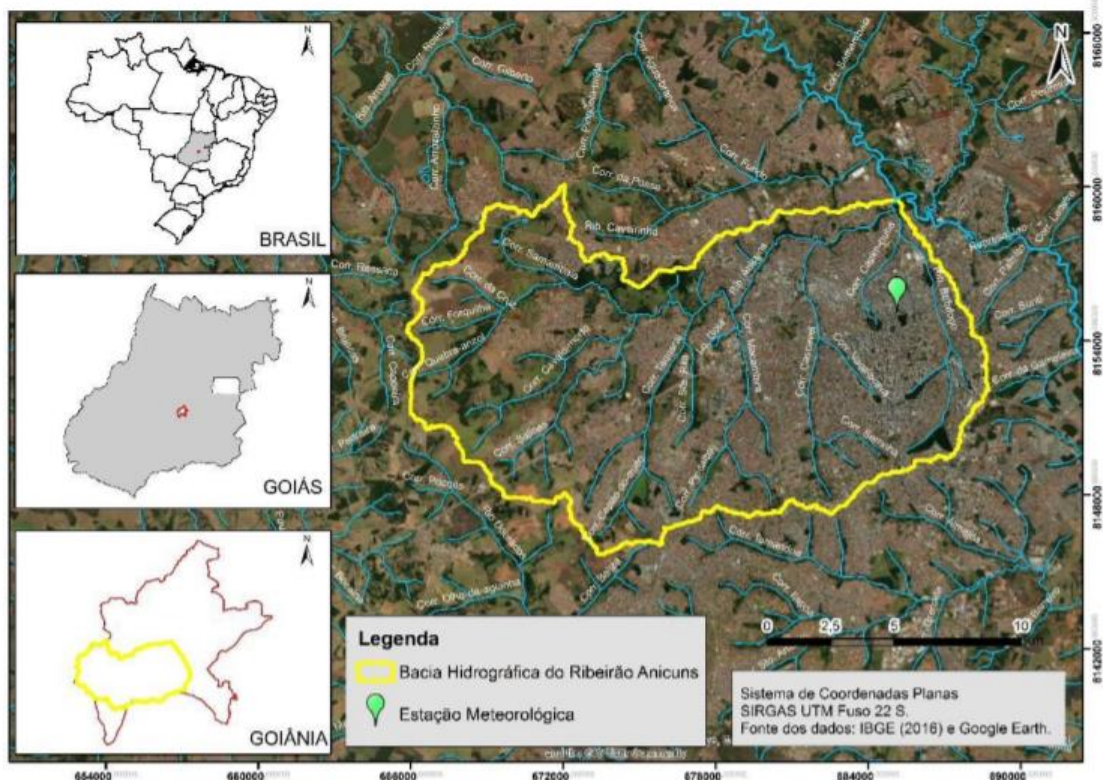
O bairro está localizado na Bacia do Ribeirão Anicuns, indicada no mapa na Figura 33, que possui uma área de drenagem de aproximadamente 199 km², com comprimento total do curso d'água de 24 km. O Ribeirão Anicuns nasce na divisa dos municípios de Goiânia e Trindade, próximo ao Parque Eldorado Oeste, e sua nascente

é formada pelos Córregos Forquilha e Quebra Anzol. Os principais afluentes são os córregos, Salinas, Taquaral, Macambira, Cascavel e Botafogo (ITCO, 2008; RIBEIRO et al., 2016).

Essa bacia apresenta problemas comuns a cursos d'água urbanos, tais como a deterioração da qualidade da água, enchentes, erosões e assoreamentos. Aproximadamente 70% (988 mil habitantes) da população da capital ocupa o território da bacia do Ribeirão Anicuns (ITCO, 2008; IBGE, 2016; RIBEIRO et al., 2016). A bacia está localizada em uma região que possui clima, tropical úmido, caracterizado por duas estações bem definidas: uma seca, que corresponde ao outono e inverno, e outra úmida, com chuvas torrenciais, que correspondem ao período de primavera e verão (KÖPPEN, 1931). Conforme as séries históricas das estações pluviométricas do Instituto Nacional de Meteorologia – INMET, instaladas na bacia do Ribeirão Anicuns, o período de estiagem compreende os meses de abril a setembro e o período chuvoso os meses de outubro a março (RAMOS et. al., 2009 apud Lucena, et al 2020).

Figura 33- Mapa de Localização da Bacia Hidrográfica do Ribeirão Anicuns e a localização da Estação Meteorológica

Fonte: IBGE(2016) e Google Earth Adaptado por Lucena, et al (2020).



3.2 CARACTERIZAÇÃO DO SISTEMA DE DRENAGEM EXECUTADO

Para análise dos dados, projetou-se a galeria existente, a partir do traçado da rede cedido pela SEINFRA.

Com a planta do projeto de drenagem elaborada, iniciou-se as análises, coleta de dados e os cálculos, utilizando-seo Roteiro para o Projeto de Galerias Pluviais de seção circular de Ulysses M. A.de Alcantara (ALCANTARA, 1962). Esse método foi escolhido por ser de fácil aplicação e sua abordagem está apresentada na sequência.

3.2.1 Adoção do Roteiro para o Projeto de Galerias Pluviais de Seção Circular de Ulysses M. A.de Alcântara

Nesse item será apresentada a sequência do roteiro de dimensionamento da galeria proposto por Ulysses M.A. de Alcântara.

Dessa forma, para a análise da eficiência hidráulica nas galerias pluviais foi necessário coletar os dados completos para se obter os parâmetros característicos da região. Dessa forma, considerou-se os seguintes dados:

3.2.1.1 Dados dos PVs

Os poços de visita (PVs) foram enumerados de forma sequencial e os dados topográficos, recobrimento, cota de fundo, foram obtidos a partir das informações concedidas pela SEINFRA.

Após análise do terreno, tanto das curvas de níveis do projeto, quanto in loco, traçou-se a área de contribuição de cada PV. As áreas de influência dos PV's representadas estão no Anexo II e III respectivamente.

Através das distâncias entre as curvas de níveis e das distâncias entre elas e os poços de visita, foi possível fazer interpolações para encontrar a cota do terreno de cada um. Determinou-se o recobrimento como sendo 1,00m, a partir dos valores informados pela SEINFRA.

O nível da água foi calculado com a seguinte fórmula:

$$NA = \text{Cota de Fundo} + \text{Tirante Normal} \quad (10)$$

O tirante normal foi calculado conforme item 3.2.1.8.

3.2.1.2 Áreas de contribuição

As áreas de contribuição foram divididas a partir da captação do escoamento superficial, por meio das bocas de lobo de cada PV, levando em consideração a declividade do local, o sentido de caimento das curvas de níveis, o posicionamento das quadras, lotes, os próprios poços de vista e suas bocas de lobo.

Ressalta-se que não foi analisada a eficiência da captação superficial e, portanto, considerou-se que toda a água que cair naquela área foi direcionada para o PV.

A área total do PV foi definida pela somadas áreas dos PVs a montante.

$$\text{Área total} = \text{Área}_{\text{PV atual}} + \text{Área}_{\text{PV's anteriores}} \quad (11)$$

Realizou-se uma visita a área e constatou-se que a área de contribuição está densamente ocupada, sendo que a maioria das construções são residenciais com impermeabilização dos lotes ou com pouquíssima vegetação, principalmente na região mais elevada topograficamente. Há pouca área permeável superficialmente, tipicamente encontrada em centros urbanos.

Dessa forma, o coeficiente de impermeabilidade foi admitido como 0,6, conforme a bibliografia de Alcântara(1962), relativo às áreas da zona urbana.

3.2.1.3 Coeficiente de Distribuição

A intensidade pluviométrica em uma determinada área é menor que a de um ponto isolado, por isso o método racional modificado adotado contém o coeficiente de distribuição “n” definido em função da área de drenagem (A), sendo que :

- para $A \leq 1 \text{ ha} \Rightarrow n = 1$;
- para $A > 1 \text{ ha} \Rightarrow n = A^{-0,15}$.

(12)

3.2.1.4 Tempo de Concentração

O tempo de concentração, quando tratado para o primeiro PV, vem a ser “tempo de entrada”, onde, pode-se utilizar os valores da Tabela 3, localizada na revisão bibliográfica deste trabalho. Dessa forma, adotou-se o valor de 12 min.

Para os outros PV's, o tempo de concentração é a soma do tempo de concentração do PV anterior e o seu tempo de percurso. Sua equação está representada na fórmula (2) da revisão bibliográfica.

3.2.1.5 Intensidade Pluviométrica

A intensidade pluviométrica foi calculada a partir das diretrizes de drenagem de Goiânia, estabelecidas pela Lei Municipal nº 9511 (GOIÂNIA, 2014), a qual prevê que para o período de retorno $1 \leq T \leq 8$ essa variável seja calculada da seguinte maneira:

$$i = \frac{56,7928 \times (T^{0,1471 + \frac{0,22}{T^{0,09}}})^{0,6274}}{(t + 24,8)^{0,97471}} \quad (13)$$

Onde:

i: intensidade pluviométrica em mm/min;

T: período de retorno em anos;

t: tempo de concentração em min.

3.2.1.6 Coeficiente de Deflúvio

O coeficiente de deflúvio, que quantifica o grau de absorção de água pela superfície onde ocorre a precipitação, foi calculado com a fórmula:

$$f = m \times (i \times t)^{\frac{1}{3}} \quad (14)$$

Onde:

t = tempo de concentração em minutos;

m = 0,0725 C;

C = coeficiente de escoamento superficial;

i = intensidade pluviométrica em mm/min.

3.2.1.7 Vazão (deflúvio local)

O cálculo da vazão foi obtido pelo Método Racional Modificado, e é determinado pela seguinte equação:

$$Q = 2,78 \times n \times i \times f \times A \quad (15)$$

Onde:

Q = deflúvio gerado em m³/s;

n = coeficiente de distribuição;

i = intensidade de chuva em mm/h;

A = área da bacia de contribuição em hectares;

f = coeficiente de deflúvio (Fantoli).

O deflúvio a escoar é o deflúvio acumulado, ou seja, o deflúvio local do PV atual, somado ao deflúvio local dos PV's a montante.

$$Defl. a \text{ escoar} = Defl. local \text{ pv}_{atual} + Defl. local \text{ pv}_{montante} \quad (16)$$

3.2.1.8 Dados numéricos para o cálculo do escoamento

Para o cálculo do tirante normaltem-se inicialmente que calcular o fator de condução K.

$$K = \frac{Q}{\sqrt{i}} \quad (17)$$

Onde:

Q = deflúvio a escoar, em m/s;

i = declividade da galeria, em m/m.

Dividindo-se o fator de condução (K) por d^{8/3}/n tem-se o argumento c2.

$$c_2 = \frac{K}{\frac{8}{d^3} \frac{1}{n}} \quad (18)$$

Onde:

d = diâmetro do tubo;

n = coeficiente de rugosidade.

Para o coeficiente de rugosidade usaremos a tabela abaixo:

Tabela 7- Valores do Coeficiente de Manning

Revestimento do canal	Mínimo	Máximo	Valor usual
Concreto	0,013	0,016	0,015
Gabião manta	0,022	0,027	0,027
Gabião caixa	0,026	0,029	0,029
VSL	0,015	0,017	0,017
Rip-rap	0,035	0,040	0,040
Pedra argamassada	0,025	0,040	0,028

Fonte: Adaptado Rio (2019).

Entrando-se com o valor de c_2 na figura que se encontra no Anexo I, determina-se o enchimento y/d , isto é, a relação entre o tirante d'água (y) e o diâmetro (d) do tubo, valor este a ser indicado em porcentagem, na coluna. O tirante normal (y) será obtido através da equação:

$$y = c_2 \times d \quad (19)$$

3.2.1.9 Galeria de jusante

O diâmetro será o da rede de drenagem atual.

O enchimento é a relação entre o tirante normal e o diâmetro do tubo, expresso em porcentagem.

$$\text{Enchimento} = \text{tirante normal} / \text{diâmetro} \quad (20)$$

A velocidade de escoamento será determinada pela equação da continuidade.

$$V = \frac{Q}{A} \quad (21)$$

Onde:

V = velocidade de escoamento, em m/s;

Q = deflúvio a escoar, em m/s;

A = área da seção molhada, em m²

Para a determinação da área da seção molhada, multiplica-se o valor do argumento c1, tabelado em função de c2, pelo diâmetro do tubo ao quadrado. A partir de c1 e c2 obtém-se também a relação y/d tabelado.

A extensão será calculada como a distância entre o PV atual e o PV a jusante.

O caimento será a diferença entre as cotas do terreno entre o PV atual e o PV a jusante, menos a diferença entre os recobrimentos na mesma ordem.

$$\text{Caimento} = \text{Cota PVatual} - \text{Cota PVjusante} - (\text{Recob PVatual} - \text{Recob PVjusante}) \quad (22)$$

A declividade é calculada usando-se a extensão e o caimento:

$$\text{Declividade} = \text{Extensão} / \text{Caimento} \times 100 \quad (23)$$

3.2.2 Parâmetros de análises

Para análise da eficiência do sistema, foram abordados diversos critérios e parâmetros adotados para o dimensionamento de uma rede de águas pluviais. Na Tabela 8 tem-se alguns dos critérios e parâmetros limites consagradamente adotados por autores e instituições.

Dentre as análises, tem-se: velocidades máxima e mínima; recobrimento mínimo; tempo de concentração inicial; relação máxima da lâmina de água-diâmetro adotada “h/d” ou y/d; eo tipo de escoamento, sendo uniforme ou gradualmente variado.

Tabela 8 - Parâmetros utilizados em canais e/ou seção circular das galerias.

Autor/ Instituição	V_{mín} (m/s)	V_{máx} (m/s)	T_{ci} (mín)	R_m (m)	Seção plena ou h/d	Tipo de escoam.
Tucci et. Al (2004)	0,60	5,00	10	1,00	plena	Unif.
Azevedo Netto e Araújo (1998)	0,75	5,00	5	1,00	plena ou 0,90	Unif.
Wilken (1978)	0,75	3,50	5 até 15	-	plena	Unif.
Alcântara apud Azevedo Netto (1969)	1,00	4,00	7 até 15	-	0,70	Grad. Variado
Porto (1999)	V_{média} = 4 até 6		-	-	0,75	Unif.
Cirilo (2003)	0,60	4,50	-	-	h/d	Unif.
Haestad- Durrans (2003)	0,60 até 0,90	4,50	-	0,90	0,85	Unif. e Grad. Variado
DAEE- CETESB (1980)	-	-	-	-	0,82	Unif.
Prefeitura Municipal de Goiânia	0,75	5,00	-	-	0,85 até 0,90	Unif.
Costa et. Al. (2007)	0,75	5,00	5	1,00	0,85	Unif.

V_{mín} – Velocidade mínimaV_{máx} – Velocidade máximaT_{ci} – Tempo de Concentração inicialR_m – Recobrimento

Fonte: Adaptado de Paula (2013)

4 ANÁLISE DA EFICIÊNCIA DE PARTE DO SISTEMA

Nesse item, foram abordadas as análises quanto à eficiência de parte do sistema de drenagem pluvial do Residencial Itamaracá, conforme representado no anexo III, que é a rede EL-2.

4.1 ANÁLISE QUANTO À CAPTAÇÃO SUPERFICIAL

O escoamento superficial representa a ponta inicial do sistema, onde as contribuições pluviométricas das áreas de contribuições, resultam em uma vazão a ser escoada sobre as sarjetas até ser captada pelas bocas-de-lobo e encaminhadas às galerias subterrâneas de águas pluviais.

Embora no método tradicional considera-se que o escoamento superficial em uma via pavimentada se divide igualmente entre suas sarjetas, através do abaulamento, tal metodologia trata-se de uma simplificação de cálculo, uma vez que é evidente que nem sempre a vazão na sarjeta de uma extremidade da via é igual à da outra. Principalmente porque há outras variáveis que interferem no escoamento, como a topografia do terreno, disposição dos dispositivos, etc.

Observa-se dos dados topográficos e das posições das bocas de lobo que a captação de água pode não ocorrer de forma efetiva, pois como as bocas de lobo estão localizadas em alguns pontos nas sarjetas, a água consegue escoar no meio da rua sem ser direcionada para o PV de sua área de contribuição, o que pode estar contribuindo para sobrecarregar algumas galerias a jusante.

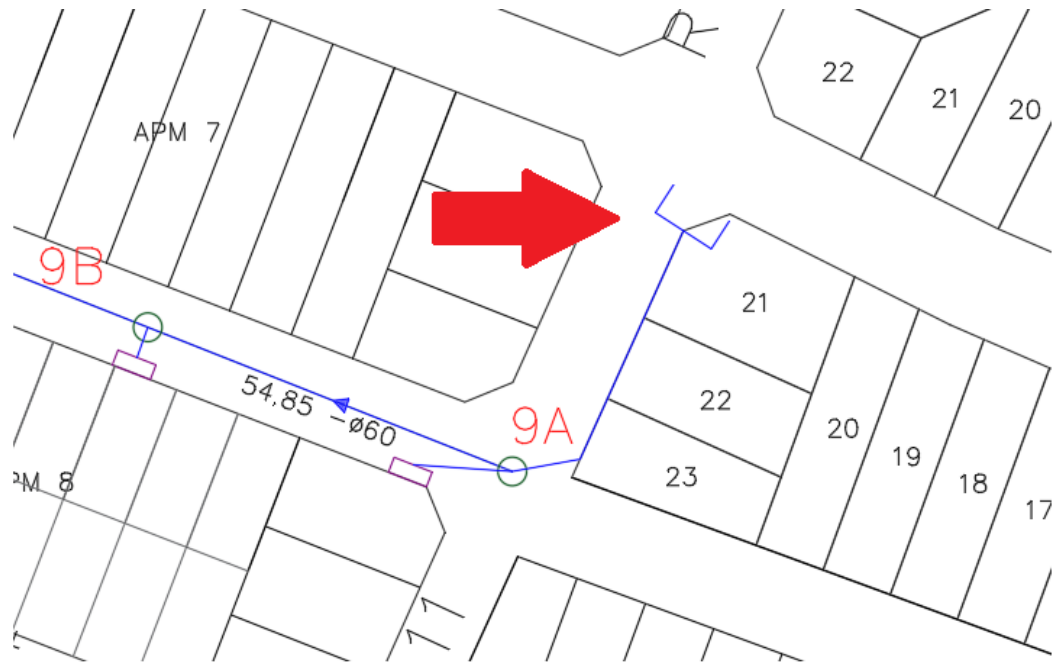
A SEINFRA não disponibilizou o memorial de cálculo da galeria e dos dispositivos de captação superficial. Entretanto, na análise da captação superficial, aparentemente, foram executadas extensões, ou ramificações da galeria, a fim de estender os pontos de captação superficial.

Observa-se que essas extensões foram executadas com poucas bocas de lobo, sempre tangenciais ao escoamento da água das sarjetas, o que, provavelmente, não garante 100% da captação de água superficial naquela região. Essa possibilidade impactará à jusante, no acúmulo de água.

Na Figura 35 observa-se uma das bocas de lobo do PV 9A representado em projeto e na Figura 36 pode-se ver como está executado. Pode-se constatar que os dispositivos são improvisados, como o quebra-molas alto, construído para evitar a

entrada da água em outra rua (perpendicular) e tentar redirecionar o escoamento para a boca-de-lobo.

Figura 34- Boca-de-lobo do poço de visita 9A sendo representado em projeto.



Fonte: Própria (2021).

Como mostra a figura 34, a boca-de-lobo aparenta ter sido executada como uma extensão para captar o escoamento da rua Rit 11.

Figura 35 - quebra mola e boca de lobo que foram instalados de forma improvisada para aumentar a captação de águas pluviais



Fonte: Própria (2021).

Esse tipo de dispositivo é uma improvisação, na intenção de mitigar os problemas decorrentes da falha ou ausência de captação superficial. Porém não representa a melhor opção, pois a quantidade de água pode acabar ultrapassando o quebra-molas, seguindo o curso da declividade do terreno, indo em direção à rua (RIT 7) que não possui captação de água. Ao mesmo tempo, isso pode sobrecarregar o sistema, que naquele ponto está captando a água além da sua bacia de contribuição.

4.2 ANÁLISE QUANTO ÀS GALERIAS

Após os cálculos feitos, obteve-se alguns resultados, como o da capacidade hidráulica da galeria de água pluvial, velocidade máxima e mínima, que foram comparados com o previsto em bibliografias para cada trecho, conforme a Tabela 8, considerando-se eficiência no sistema de captação superficial.

Na Tabela 9 estão apresentadas os valores obtidos no processo de dimensionamento da galeria, realizado a partir do Roteiro para o Projeto de Galerias Pluviais de Seção Circular de Ulysses M. A. de Alcântara.

Os valores da Tabela 9 foram comparados aos critérios e parâmetros para as galerias pluviais da Tabela 8, os quais foram apresentados no item 3.2.2.

Na Tabela 9 estão apresentados os principais valores calculados e que servirão para a análise das galerias pluviais. A linha com a cor amarela representa a galeria que obteve a velocidade do escoamento abaixo da velocidade mínima. A linha laranja representa as galerias que obtiveram o escoamento com a velocidade acima da velocidade máxima recomendada. E as linhas verdes representam as galerias que estão com a capacidade acima da que suportam, ocorrendo extravasões. E as células circuladas em vermelho são os valores que estão fora do recomendado.

Tabela 9 Cálculo de dimensionamento da galeria pluvial EL-2

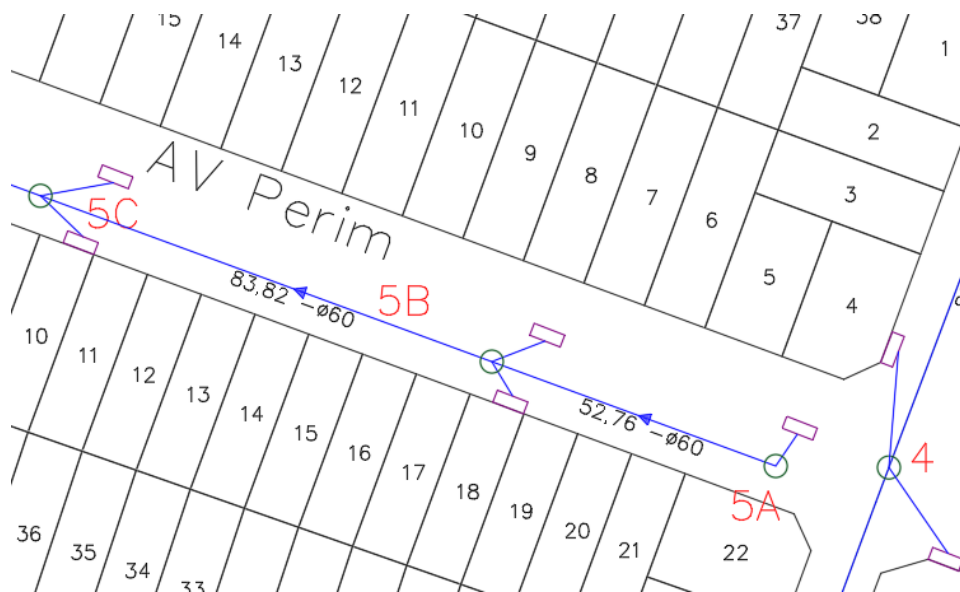
Poço de Visita		Deflúvio a Escoar para Jusante				Galeria de Jusante					
Localização		Contribuição Local - Total			Deflúvio a Escoar	Declividade	Diâmetro	Enchimento	Velocidade	Extensão	Caimento
PV N°	Rua	Área Total	Coef.	Intens							
		(ha)	Distrib	Pluvio							
				(mm/h)	(l/s)	(%)	(cm)	(%)	(m/s)	(m)	(m)
1	2	9	10	12	15	16	17	18	20	21	22
Rede2											
1	R RIT 2	4,66	0,79	85,2	379,6	1,77	60	0,525	2,57	73,91	1,310
2	R RIT 2	4,91	0,79	84,0	399,4	1,83	60	0,536	2,63	81,30	1,490
3	R RIT 2	7,53	0,74	82,8	595,7	3,05	80	0,388	3,45	130,76	3,990
4	R RIT 1	8,13	0,73	81,3	639,9	4,13	80	0,374	3,91	52,55	2,170
5A	A V. PERIM	0,06	1,00	85,2	6,2	0,91	60	0,223	0,17	52,76	0,480
5B	A V. PERIM	0,41	1,00	74,0	39,9	1,26	60	0,254	0,83	83,82	1,060
5C	A V. PERIM	1,16	0,98	71,1	108,4	1,05	60	0,330	1,43	71,18	0,750
5D	A V. PERIM	5,28	0,78	69,7	405,8	1,17	60	0,622	2,21	74,20	0,870
5E	A V. PERIM	6,55	0,75	68,8	493,4	0,65	60	0,877	1,77	71,78	0,470
5	R RIT 1	15,24	0,66	67,8	1167,3	5,96	80	0,457	5,36	86,10	5,130
6A	R SP 15	0,94	1,00	85,2	96,6	1,52	60	0,301	1,49	116,12	1,770
6B	R SP 15	1,73	0,92	82,1	170,1	1,72	60	0,357	1,99	26,23	0,450
6	R RIT 1	17,45	0,65	67,4	1365,3	6,72	80	0,481	5,84	54,03	3,630
7	R RIT 1	18,03	0,65	67,2	1399,2	5,73	80	0,510	5,53	67,84	3,890
8	R RIT 1	18,82	0,64	66,9	1445,5	1,54	80	0,803	3,24	53,39	0,820
9A	R RIT 8	3,51	0,83	85,2	298,4	0,20	60	0,939	0,99	54,85	0,110

9B	R RIT 8	3,68	0,82	83,0	312,2	1,98	60	0,456	2,55	77,69	1,540
9	R RIT 1	22,94	0,63	66,5	1782,5	5,33	80	0,605	5,66	52,89	2,820
10	R RIT 1	23,53	0,62	66,3	1815,3	7,79	80	0,543	6,60	53,56	4,170
11A	R RIT 10	0,88	1,00	85,2	90,3	1,75	60	0,290	1,48	128,20	2,240
11	R RIT 1	25,01	0,62	66,1	1938,5	4,45	100	0,471	5,46	20,88	0,930
12	R RIT 1	25,07	0,62	66,0	1942,0	8,98	100	0,396	6,99	20,16	1,810
13	R RIT 1	25,13	0,62	65,9	1945,3	7,39	100	0,414	6,55	17,85	1,320
14	R RIT 1	25,46	0,62	65,8	1963,5	8,50	100	0,403	6,89	21,40	1,820
15	R RIT 1	25,56	0,61	65,8	1969,2	12,28	100	0,372	7,77	15,72	1,930
16	R RIT 1	25,93	0,61	65,7	1989,0	14,91	100	0,359	8,28	42,65	6,360
17	R RIT 1	26,56	0,61	65,6	2023,5	0,39	100	1,112	1,99	17,8	0,070
18	R RIT 1	26,67	0,61	65,4	2029,4	26,85	100	0,325	9,90	8,79	2,360
19A	R SP 19	1,33	0,96	85,2	131,0	2,05	60	0,315	1,86	30,27	0,620
19B	R SP 19	1,41	0,95	84,5	138,2	2,43	60	0,312	2,00	51,8	1,260
19C	R SP 19	1,64	0,93	83,5	160,0	0,36	60	0,506	1,14	39,06	0,140
19	R RIT 1	28,46	0,61	65,4	2198,0	0,36	120	0,843	2,07	53	717,600

Fonte: Própria (2021).

No anexo II percebe-se que na parte superior do bairro os PV's estão mais espaçados, indicando uma inclinação baixa. Nessa região, na Avenida Perim, encontram-se o PV-5A e PV-5B da rede EL-2, onde temos um trecho da galeria com inclinação pouco mais de 0,91% cuja velocidade de escoamento na galeria é de 0,17 m/s (indicado em amarelo na planilha), e está inferior a velocidade mínima recomendada na literatura (Tabela 8) de 0,75 m/s.

Figura 36- Na figura é representada a Av Perim no trecho entre os poços de visita 5A e 5B que possuem uma inclinação baixa



Fonte: Própria (2021)

Essa baixa velocidade do escoamento pode resultar no acúmulo de sedimentos e, conseqüentemente, redução da área molhada, obstruções dos tubos e dos poços de visita, além da impossibilitar a água de escoar.

Ao longo do bairro, as curvas de níveis seguem o fluxo das vias que estão indo em direção ao Ribeirão Anicuns, e vão aumentando a declividade. Na parte inferior do bairro percebe-se que as curvas de níveis se apresentam mais próximas, indicando uma maior inclinação.

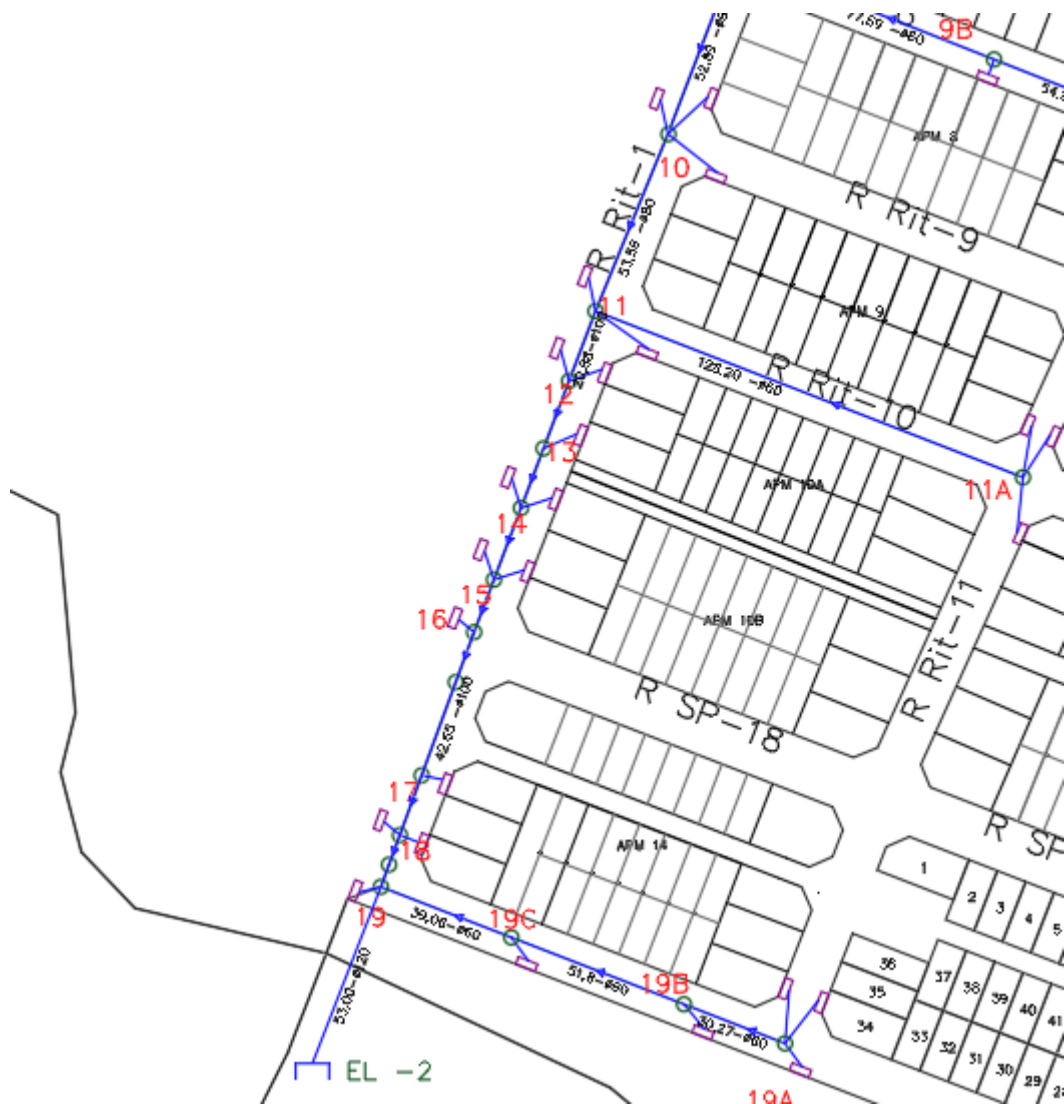
Com isso a análise dos trechos das galerias entre os PV's 5, 6, 7, 9, 10, 11, 12, 13, 14, 15, 16, 18 e 19, que estão localizados na rua RIT 1, é diferente da anterior. Esses estão com a velocidade acima da máxima prevista por autores tradicionais, e também em relação aos parâmetros adotados para Goiânia, que seria de 5m/s. Observa-se que nesses casos a declividade está diretamente ligada ao aumento de velocidade. Do PV 11 ao 19, observa-se que estão em distâncias mais próximas, com áreas de influências

menores, o que demonstra que desde a época em que foi projetada, já havia essa preocupação com a inclinação do terreno e velocidade do escoamento.

A alta velocidade acarreta inundações a jusante, aumentando o transporte de lixo e sedimentos, e aumenta as erosões.

Na Figura 36 pode-se ver a rua RIT1 possui alta declividade, principalmente ao final da rua, que é quando as curvas de níveis estão mais próximas.

Figura 37- Poços de visita na Rua Rit-1.



Fonte: Própria (2021)

Com essa alta velocidade de escoamento funcionalidade e a qualidade do canal pluvial podem ser afetadas, diante o transporte de resíduos, pois diminuem a capacidade de escoamento da água interferindo na vazão, principalmente em períodos de chuvas intensas, que é quando acontecem os picos de vazão, deixando de atender ao que foi

definido em projeto.

Esse crescimento acelerado das cidades, associado à ausência de planejamento, gera o aumento excessivo do volume de escoamento superficial. Esse aumento promove as enchentes que, por consequência, trazem consigo enormes prejuízos. Outro fator é a redução de áreas permeáveis que consequentemente aumentam a vazão e afetam diretamente a macrodrenagem que pode não suportar toda vazão gerada.

É provável que na época do dimensionamento da rede, o bairro tinha uma menor ocupação, e menor área de impermeabilização, o que pode ter contribuído para que a rede de drenagem não seja adequada para os padrões climáticos e regional atual. Ou seja, a ação antrópica pode ser a grande causa dos problemas que ocorrem no Residencial Itamaracá.

As galerias pluviais são a parte subterrânea do sistema de microdrenagem responsáveis por conduzir as águas de escoamento superficial através de condutos fechados. Um dimensionamento eficiente pode mitigar os impactos negativos advindos de eventos de chuvas intensas, garantindo a segurança da população, evitando danos causados por enchentes e proporcionando o crescimento urbano de forma equilibrada.

Tratando-se diretamente das galerias pluviais do bairro Residencial Itamaracá, no dimensionamento percebeu-se que os nos trechos das tubulações dos PV's 9A e 9, e 17 e 18 possuem o enchimento (h/d) maior que 0,90, que é o valor máximo recomendado por literaturas tradicionais (Tabela 8), ou seja, estão trabalhando acima da capacidade que suportam. Como resultado, isso pode acarretar em inundações, pois água que deveria ser captada ficará na superfície, pois o sistema estar sobrecarregado.

Isso acontece quando se recebe uma alta vazão das tubulações a montante, e ao mesmo tempo há uma grande vazão da própria área de influência. Nesses casos o conduto precisa de um maior diâmetro para receber toda a vazão.

Uma possível causa dessa ineficiência pode ser a ação antrópica. Outra causa pode ter sido a intensidade pluviométrica considerada no cálculo na época do dimensionamento, o que não é possível provar, pois não obteve-se o memorial de cálculo utilizado na época, a fim de comparar com a utilizada nos dias de hoje. Os valores atuais podem ser maior, devido a alterações climáticas que temos tido com o passar dos anos.

Outra hipótese que pode ser levantada é sobre as ramificações, principalmente no trecho entre o PV 9A e 9, localizada no rua RIT 11, que tem um demanda alta de água para captação. Observa-se que este PV fica sobrecarregado com as contruições

que recebe desta rua. Esta ramificação pode ter sido feita considerando essa alta demanda, procurando diminuir a inundação local.

4.3 PROPOSTAS DE SOLUÇÕES

A análise e comparação dos dados obtidos no dimensionamento e dos parâmetros de projeto é fundamental para garantia da eficiência de um projeto executado.

Dessa forma, para os problemas identificados quanto ao projeto da galeria no Residencial Itamaracá, seguem as seguintes propostas de soluções, a fim de mitigar ou resolver os problemas citados.

- Quanto à baixa velocidade no trecho dos PVs 5A e 5B, localizado na Avenida Perim, é proposto que se aumente a declividade do conduto para então aumentar a velocidade.
- Quanto aos trechos das tubulações entre os PV's 5, 6, 7, 9, 10, 11, 12, 13, 14, 15, 16, 18 e 19, localizados na rua RIT 1, seria interessante a diminuição da declividade da rede.
- Para o trecho da tubulação entre o PV 17 e 18 que possuem o enchimento além da capacidade, o ideal seria o aumento dos diâmetro de suas tubulações.
- Para o trecho do PV 9A e 9, a sugestão seria que integrassem a uma nova rede que passasse pela rua RIT 11 e deixasse de fazer parte da rede EL-2, já que a demanda de drenagem na rua em que se localizam é alta. Outra alternativa seria fazer novos PV's nessa área para a captação da água.

Também seria interessante a instalação de outros tipos de bocas-de-lobo, como as grelhas de ferro fundido (Figura 37) em toda a extensão da largura da rua, para que captem todo o escoamento da área de influência, e não sobrecarregar as bocas de lobo a jusante.

Figura 38- Exemplo de uma grelha de bocas de lobo



Fonte: Umuarama (2020).

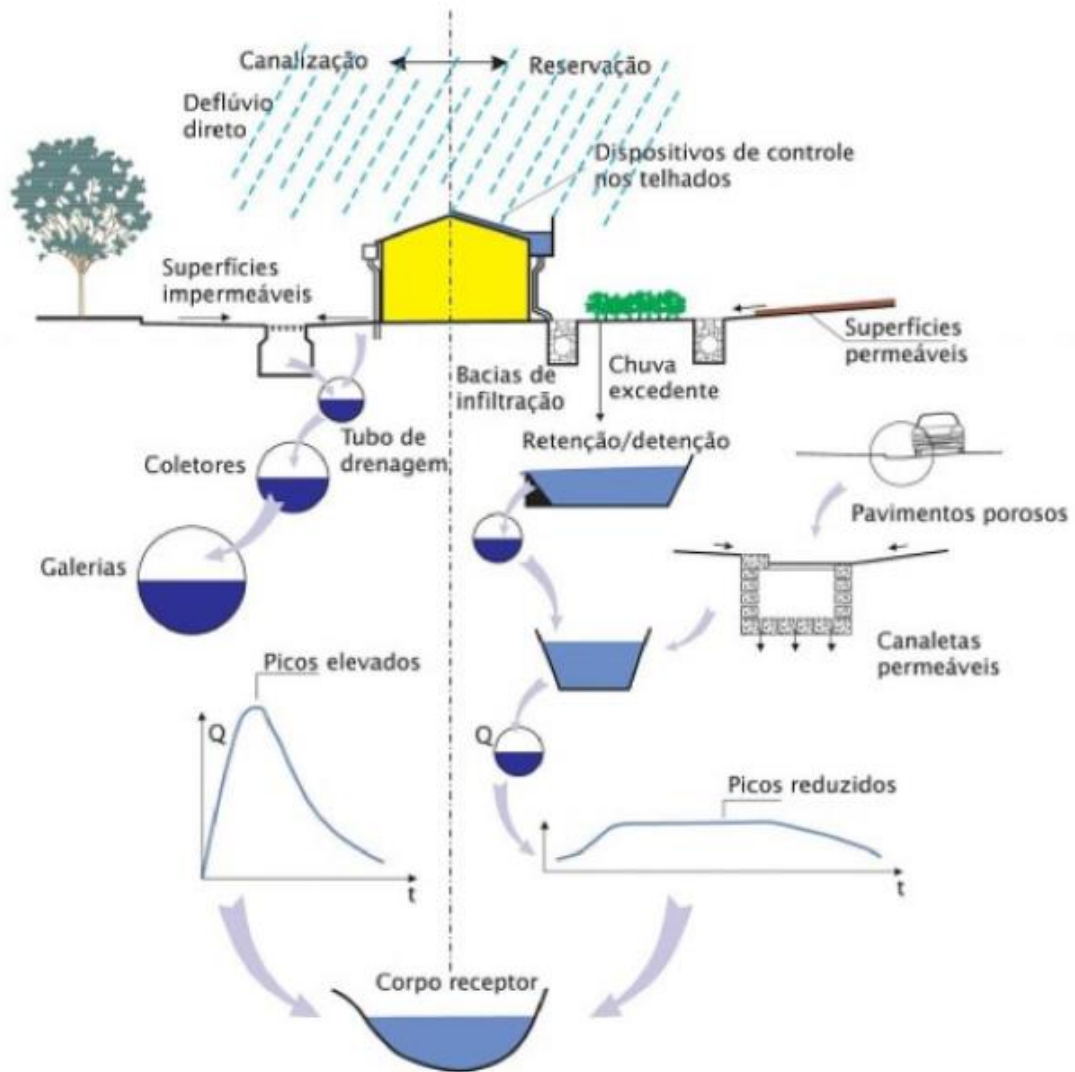
Porém para Canholi (2014) as soluções adotadas para os problemas possuem caráter localizado. As obras realizadas em áreas afetadas ou áreas específicas reduzem os prejuízos daquele local, porém, pela transferência de vazões os problemas agravam-se para jusante. Classifica-se ainda a drenagem urbana como questão de “alocação de espaços”.

Assim, algumas soluções compensatórias seriam:

- que os moradores da região não impermeabilizassem seus quintais, e ainda fizessem seus próprios reservatórios de retenção ou detenção (Figura 37);
- também seria indicado medidas como telhados verdes e jardins de chuva;

As medidas citadas acima reduziriam os picos de vazão e ainda ajudaria na economia do consumo de água potável, utilizando-se a água dos reservatórios para sanitários, por exemplo.

Figura 39- Ilustração esquemática da canalização x reservação



Fonte: Canholi (2014).

5 CONCLUSÃO

A partir da análise da rede de drenagem do bairro Residencial Itamaracá, conclui-se que houve indicação de ineficiência em alguns trechos da galeria do projeto para a situação atual do bairro. Isso pode ter acontecido devido o projetista considerar outros parâmetros e valores de coeficientes na época do dimensionamento, já que a região era menos urbanizada, e houve mudanças climáticas nos últimos anos.

Foi sugerido algumas adaptações na rede já existente, como mudanças no diâmetro das tubulações dos poços de visita, mudanças na inclinação da tubulação e o aumento da rede.

Deve-se ressaltar que não somente adaptações são pertinentes à área de estudo, mas também a adoção de técnicas compensatórias como reservatórios com a função de reduzir o pico da vazão e, de certa forma, aumentar a capacidade de transporte das galerias de águas pluviais ao reduzir em um período de tempo o volume a ser escoado.

Como sugestões para trabalhos futuros, tem-se:

- analisar as demais partes do sistema de galeria do Residencial Itamaracá;
- avaliar a eficiência do sistema de captação superficial no Residencial Itamaracá;
- propor projetos executivos de adequação do sistema de drenagem local;
- verificar as condições dos dissipadores de energia locais e a possibilidade de execuções de bacias de retenção na região e de técnicas sustentáveis.

REFERÊNCIAS BIBLIOGRÁFICAS

AGOSTINHO, M. S. P. POLETO, C. Sistemas sustentáveis de drenagem urbana: dispositivos. **HOLOS Environment**. v12. N 2. 2012. ISSN: 1519-8634. 2012. Disponível em: file:///D:/Downloads/3054-34465-1-PB.pdf. Acesso em: 07 mar. 2021.

ALCANTARA, U. M. A. **Manual de Hidráulica**. Roteiro para o projeto de galerias pluviais de seção circular. Rio de Janeiro. 1962

ARQOUT. **Jardins em cobertura** - Telhados Verdes I. 2014. Disponível em: <<http://arqout.blogspot.com/2014/04/jardins-em-cobertura-telhados-verdes-i.html>> Acesso em: 22 fev.2021.

Arquitetura e sua própria finalidade. **Piso Drenante**. 2014. Disponível em: <<https://adriarq.blogspot.com/2014/11/piso-drenante-placa-drenante-pisos.html>>. Acesso em: 22 fev. 2021.

AZEVEDO NETTO J. M; FERNANDEZ, M. F.; ARAUJO, R. de; ITO, A, E. **Manual de Hidráulica**. 8. ed. São Paulo: Edgard Butcher, 1998. 669 p.

ALMEIDA, A.L. S.; MOREIRA, H. F.& SEIXAS, N. B. **Projeto RADAMBRASIL: Levantamento de Recursos Naturais**. Folhas SF 23/24 Rio de Janeiro/Vitória. Editora MME – Ministério das Minas e Energia – Secretária Geral. Volume 32, 1983.

BELO HORIZONTE. **Lei n. 7.165, de 27 de agosto de 1996**. Institui o Plano Diretor do Município de Belo Horizonte. 1996. Disponível em: <https://prefeitura.pbh.gov.br/sites/default/files/estrutura-de-governo/politica-urbana/Lei_7165_Plano_Diretor.pdf>. Acesso em: 22 fev. 2021.

BERTONI, J. C.; TUCCI, C. E. M. Precipitação, in: TUCCI, C. E. M. (Org). **Hidrologia Ciência e Aplicação**. 2. ed. Porto Alegre: Ed. da UFRGS; ABRH, 1997. p. 177-241.

BIDONE, F. R.A. e TUCCI, C. E. M. Microdrenagem. In: TUCCI, C. E. MO., PORTO, R. L., et al (Ed.). **Drenagem Urbana**. Porto Alegre: ABRH / Editora da UFRGS, v.5, 1995. p.77-105

BOTELHO, Manoel Henrique Cardoso. **“Águas de Chuva: Engenharia das águas pluviais nas cidades”**. Edição 4. São Paulo: Blucher, 2017.

BOLDRIN, A. **Avaliação do desempenho hidráulico de um sistema de drenagem de águas pluviais urbanas**.Dissertação de Mestrado, Unicamp, 2014.

BRASIL. **Lei Federal n. 6.938 de 1981**: Dispõe sobre a Política Nacional do Meio Ambiente. Brasília: 1981. Disponível em:<http://www.planalto.gov.br/ccivil_03/leis/l6938.htm>. Acesso em: 23 fev. 2021.

BRASIL. **Lei Federal n. 11.445, de 05 de janeiro de 2007**.Institui a Política Nacional de Recursos Hídricos.Disponível em: <http://www.planalto.gov.br/ccivil_03/leis/19433.htm>. Acesso em: 22 fev. 2021.

BRASIL. **Lei Federal n. 11.445, de 05 de janeiro de 2007:** Estabelece diretrizes nacionais para o saneamento básico. Brasília:2007. Disponível em: <http://www.planalto.gov.br/ccivil_03/_ato2007-2010/2007/lei/l11445.htm>. Acesso em: 23 fev. 2021.

BRASIL. **Lei Federal n. 14.026, de 15 de julho de 2020.** Atualiza o marco legal do saneamento básico. Brasília, 2020. Disponível em: <http://www.planalto.gov.br/ccivil_03/_ato2019-2022/2020/lei/l14026.htm>. Acesso: 23 fev. 2021.

BRASIL. Ministério do Meio Ambiente. **Resolução CONAMA nº 237, de 19 de dezembro de 1997.** Dispõe sobre a revisão e complementação dos procedimentos e critérios utilizados para o licenciamento ambiental. Disponível em: <<http://www2.mma.gov.br/port/conama/res/res97/res23797.html>>. Acesso em: 23 fev. 2010.

BRITO, F.; HORTA, C. J. G., et al. **A urbanização recente no Brasil e as aglomerações metropolitanas:** CEDEPLAR - IUSSP 2002.

BOLDRIN, A. J. **Avaliação do desempenho hidráulico de um Sistema de drenagem de águas pluviais Urbanas.** 2014.171 f. Dissertação (Mestrado) Universidade Estadual de Campinas. Faculdade de Engenharia Civil, Arquitetura e Urbanismo. Campinas, SP. 2014.

CAIRNCROSS, S. **Aspectos de saúde nos sistemas de saneamento básico.** Engenharia Sanitária, n. 23, p. 334-338, 1984.

CANHOLI, Aluísio Pardo. Drenagem urbana e controle de enchentes. 2.ed. São Paulo: Oficina de Textos, 2014.384p.

CARMO, Wagner José Elias; MARCHI, Luciana Favalessa De. Uma visão holística do plano diretor de drenagem urbana. **Revista Jus Navigandi**, ISSN 1518-4862, Teresina, ano 18, n. 3796, 22 nov. 2013. Disponível em: <https://jus.com.br/artigos/25944>. Acesso em: 20 fev. 2021.

CETESB. **Drenagem Urbana – Manual de Projeto.** 3. ed. São Paulo: DAEE, 1986. 452 p.

CHAMPS, JOSÉ ROBERTO. Manejo de águas pluviais urbanas: o Desafio da integração e da sustentabilidade. In: CORDEIRO, BERENICE DE SOUZA (Ed.). **Conceitos, características e interfaces dos serviços públicos de saneamento básico.** Brasília: Ministério das Cidades, v.2, 2009. p.193

CHRISTOFIDIS, H. D. **Drenagem Urbana Sustentável** Análise do Uso do Retrofit. 2010. Dissertação de Mestrado – Centro de Desenvolvimento Sustentável – Universidade de Brasília, Brasília, 2010.

CONSTRUTORA ROGGA. PROJETO DE DRENAGEM PLUVIAL. 2014. Disponível em : <<https://www.joinville.sc.gov.br/wp-content/uploads/2017/02/Relat%C3%B3rio-t%C3%A9cnico-ao-EIV-Santorini-Australis-Easy-Club.pdf>>. Acesso em: 03 mar. 2021.

COELHO FILHO, J. A. P. MELO, D. C. R. ARAÚJO, M. L. M. Estudo de chuvas intensas para a cidade de Goiânia/GO por meio da modelação de eventos máximos anuais pela aplicação

das distribuições de Gumbel e Generalizada de Valores Extremos. **Ambiência** Guarapuava (PR) v.13 n.1 p. 75 - 88 Jan./Abr. 2017 ISSN 2175 – 9405. 2017. Disponível em: [file:///D:/Downloads/4054-22135-2-PB%20\(1\).pdf](file:///D:/Downloads/4054-22135-2-PB%20(1).pdf). Acesso em: 07 mar. 2021.

CORREA, C. B., GONZÁLEZ, F. J. N. “**O Uso de coberturas ecológicas na restauração de coberturas planas**”. NUTAU 2002 – Núcleo de Pesquisa em Tecnologia da Arquitetura e Urbanismo da Universidade de São Paulo. Pag. 686-696.

COSTA, A. R. da; PRADO, L. A. **Espacialização de chuvas intensas para o Estado de Goiás e o sul de Tocantins**. Revista Engenharia Agrícola, Jaboticabal, São Paulo, v.23, n.2, p.268-276, 2007.

CRUZ, Marcus A. S.; SOUZA, Christopher Freire e TUCCI, Carlos E. M. 2011. Site: <http://www.ctec.ufal.br>, acesso em 06/07/2011.

CURITIBA. **Lei nº 10785 de 18 de setembro de 2003**. Cria no Município de Curitiba, o programa de conservação e uso racional da água nas edificações - PURAE.2003. Disponível em: <https://cm-curitiba.jusbrasil.com.br/legislacao/340030/lei-10785-03>. Acesso em 22 fev. 2021.

CURITIBA. Manual de Drenagem Urbana da Região Metropolitana de Curitiba - PR

DAEE/CETESB. **Drenagem Urbana. Manual de Projeto**. 2ª Ed. São Paulo, 1980.

Departamento de Tecnologia da Arquitetura Faculdade de Arquitetura e Urbanismo, Universidade de São Paulo. **Infraestrutura Urbana e Meio Ambiente**. 2015. Disponível em: https://www.fau.usp.br/cursos/graduacao/arq_urbanismo/disciplinas/aut0192/Aula_aut-0192-microdrenagem.pdf. Acesso em: 02 mar. 2021.

DIOGO, F. J. A; SCIAMMARELLA, J. C. **Manual de Pavimentação Urbana. Drenagem: Manual de Projetos**. Rio de Janeiro: Associação Brasileira de Pavimentação, v. 2, 2008. 160 p.

DRUMMOND, P. P. **Estudo da influência da reservação de águas pluviais em lotes no município de Belo Horizonte, MG**: Avaliação hidráulica e hidrológica. 2012. 184f. Dissertação (Mestrado em Saneamento, Meio Ambiente e Recursos Hídricos) – Programa de Pós-Graduação em Saneamento, Meio Ambiente e Recursos Hídricos, Universidade Federal de Minas Gerais, Minas Gerais, 2012.

FÁTIMA, M. de. **Impactos da drenagem urbana na saúde pública em municípios de pequeno porte no Estado do Rio Grande do Norte, Nordeste do Brasil**. 250 f. Tese (Doutorado) – Universidade Federal de Pernambuco. CTG. Programa de Pós-Graduação em Engenharia Civil, 2013.

FCTH — Fundação Centro Tecnológico de Hidráulica. **Diretrizes Básicas para Projetos de Drenagem Urbana no Município de São Paulo**. Prefeitura Municipal de São Paulo, Secretaria de Vias Públicas: São Paulo, 1999.

Fundação Nacional de Saúde. **Manual de Saneamento**. 3ª ed. Brasília: Fundação Nacional de Saúde, FUNASA. 2007. Disponível em: <<https://wp.ufpel.edu.br/ccz/files/2016/03/FUNASA-MANUAL-SANEAMENTO.pdf>>. Acesso em: 17 fev. 2021.

GOIÂNIA, Secretaria Municipal de Goiânia. **Mapa Fácil**. 2021. Disponível em: <<http://portalmapa.goiania.go.gov.br/mapafacil/>>. Acesso em: 28 fev. 2021.

GOIÂNIA, Secretaria Municipal de Infraestrutura e Serviços Públicos. **Diretrizes Básicas de Elaboração de Projetos de Microdrenagem Superficial Urbana**. Disponível em: <http://www10.goiania.go.gov.br/DadosINTER/PUBLIC/TOMADADEPRE%C3%87OS-SEMA/2018/arq_201468.pdf>. Acesso em: 25 fev. 2021.

GOIÂNIA, Secretaria Municipal de Planejamento Urbano e Habitação – SEPLANH Prefeitura Municipal de Goiânia. 2020. **Plano Diretor**. Disponível em: <https://goianiadofuturo.goiania.go.gov.br/planodiretor-2/>. Acesso em: 20 fev. 2021.

GOIÂNIA. **Lei 9.511, de 15 de dezembro de 2014**. Estabelece regras de Controle de Águas Pluviais e Drenagem Urbana e dá outras providências da para município de Goiânia, Goiás. Dez/2015.

GOIÁS. **Decreto N. 2.737, de 20 de dezembro de 1932**. Disponível em: <http://www.gabinetecivil.go.gov.br/historia/goiania/decreto_2737.pdf>. Acesso em: 08 mar. 2021.

GOOGLE, INC. Google Earth Pro. 2020. Disponível em <https://www.google.com.br/intl/pt-BR/earth/>. Acesso em 07 mar. 2021.

GOVERNO DO ESTADO DO PARANÁ. Manual de Drenagem Urbana: Região Metropolitana de Curitiba- PR. Superintendência de Desenvolvimento de Recursos Hídricos e Saneamento Ambiental, CH2M HILL e Instituto de Pesquisas Hidráulicas da Universidade Federal do Rio Grande do Sul. 2002.

GUARULHOS. Secretaria Especial de Assuntos Legislativos Prefeitura de Guarulhos. 2000. **Lei n. 5.617, de 9 de novembro de 2000**. Código de Obras do Município de Guarulhos. Disponível em: <https://www.guarulhos.sp.gov.br/06_prefeitura/leis/leis_download/05617lei.pdf>. Acesso em: 22 fev. 2021.

GUTIERREZ, A. I. P.; RAMOS, C. I. **Drenagem Urbana Sustentável para a Concretização de metas de ODS/ONU**. 2019. Disponível em: <http://oim.tmunicipal.org.br/abre_documento.cfm?arquivo=_repositorio/_oim/_documentos/3266F505-E891-1CEB-F73ED2D6D17AA5A213072019100559.pdf&i=3143>. Acesso em: 25 fev. 2021.

HELLER, L.; CASTRO, J. E. Política pública de saneamento: apontamentos teóricoconceituais. **Revista Engenharia Sanitária e Ambiental**, Rio de Janeiro, v. 12, n. 3, p. 284- 295, jul/set 2007.

IBGE. **Tendências Demográficas**: Uma análise da população com base nos resultados dos censos demográficos de 1940 e 2000 ed. [Rio de Janeiro]: [IBGE], 2007.

INSTITUTO TRATA BRASIL. **Benefícios Econômicos da Expansão do Saneamento brasileiro**. 2017. Disponível em: < <http://www.tratabrasil.org.br/saneamento-e-saude>> Acesso em 17 fev. 2021.

ITCO - Instituto de Desenvolvimento Tecnológico do Centro-Oeste. 2008. **Zoneamento ecológicoeconômico do município de Goiânia**. Prefeitura Municipal de Goiânia, Goiânia, 377pp.

KOPPEN, W. P. **Climatologia**: com um estadió de los climas de latierra. [s.l.] Publications In: Climatology, 1948.

LUCENA, I. G.; LUIZ, G. C.; NASCIMENTO, D. T. F. Caracterização Climática da Bacia Hidrográfica do Ribeirão Anicuns – Goiânia – GO. 2020. **Revista Sapiência**: Sociedade, Saberes e Práticas Educacionais, v.9, n.3, p.101-124 (2020).

LUIZ, G. C. **Influência da Relação Solo-Atmosfera no Comportamento Hidromecânico de Solos Tropicais Não Saturados**: Estudo de Caso – Município de Goiânia-GO. Tese de Doutorado em Geotecnia, Universidade de Brasília - Faculdade de Tecnologia, Departamento de Engenharia Civil e Ambiental. 272p., Brasília, 2012.

LUIZ, G. C.; ROMAO, P. A. Relação chuva, Escoamento superficial e condição da superfície do solo na cidade de Goiânia-GO. **REVISTA BRASILEIRA DE GEOGRAFIA FÍSICA**, v. 3, p. 41-56, 2018.

MELO, T. A. T. et al. Trincheira de infiltração como técnica compensatória no manejo das águas pluviais urbanas. **Ambiente construído**, Porto Alegre, v. 16, n. 3, p. 53-72. 2016. Disponível em: <http://www.scielo.br/scielo.php?script=sci_arttext&pid=S1678-86212016000300053&lng=en&nrm=iso>. Acesso em: 03 Mar. 2021.

MENEZES, P. H. B. J. **Processo de Escoamento Superficial e Assoreamento na Bacia do Lago Paranoá**. Dissertação de mestrado, Instituto de Geociências – IG, UnB. Brasília, 2010.

METHODS, H; DURRANS, S. R. **Stormwater conveyance modeling and design**. First Edition. Waterbury, USA: Haestad Press, 2003.

MIKKELSEN, P. S.; JACOBSEN, P.; FUJITA, S. Infiltration Practice for Controlof Urban Stormwater. J. Hydraul. Res., v. 34, n. 6, p. 827, 1997.

MMA e IBAMA. **Cidades Sustentáveis**: Subsídios à elaboração da Agenda 21 brasileira ed. [Brasília], 2000. 155 p.

MOTA, E. et al. **Projeto Técnico**: Pavimento Sustentável. 2013, Soluções para Cidades. Disponível em: <https://www.solucoesparacidades.com.br/wp-content/uploads/2013/10/AF_Pav%20Permeavel_web.pdf> Acesso em: 25 fev. 2021.

MOTA, E. et al. **Projeto Técnico**: Reservatórios de Detenção. 2013, Soluções para Cidades. Disponível em: < https://www.solucoesparacidades.com.br/wp-content/uploads/2013/09/AF_Reservatorios%20Deten_web.pdf> Acesso em: 02 mar. 2021.

NITERÓI. Procuradoria Geral do Município. **Lei n. 1620, de 13 de dezembro de 1997**. Define disposições relativas a aprovação de edificações residenciais unifamiliares. Disponível em: <http://pgm.niteroi.rj.gov.br/legislacao_pmn/1997/LEIS/1620_Aprova_disposicoes_para_construcao_de_Edificacoes_Residenciais_Unifamiliares.pdf>. Acesso em: 22 fev. 2021.

NONATO, M. P. A. T. **Significar**: Uma identidade no setor Perim e Itamaracá. 2020. Trabalho de Conclusão de Curso – Escola de Artes e Arquitetura da Pontifícia Universidade Católica de Goiás. Goiânia-GO, 2020. Disponível em: <https://issuu.com/marcosparch/docs/significar_-_uma_identidade_nos_setores_perim_e_it>. Acesso em 13 fev. 2021.

PADILHA, P. C.; NOBRE E. **Boletim Público**: Novo marco regulatório do saneamento é publicado com vetos. 2020. Disponível em: <<http://www.tostoadv.com/boletim-publico-novo-marco-regulatorio-do-saneamento-e-publicado-com-vetos/>>. Acesso em: 20 fev. 2021.

PAZ, A. R. **Hidrologia Aplicada**. 2004. Disponível em: <https://engenhariacivilfsp.files.wordpress.com/2015/03/aula-1_apostila_hidrologia_aplicada_uergs.pdf> Acesso em : 20 fev. 2021.

PINHEIRO, E. Goiânia Possui 94 Pontos de Alagamento. 2019. Disponível em: <<https://www.emaigoias.com.br/goiania-possui-94-pontos-de-alagamento/>>. Acesso em: 22 fev. 2021.

PORTO, R. L. L. Escoamento Superficial Direto, in: TUCCI, C. E. M.; PORTO, R.; BARROS, M. (Org.). **Drenagem Urbana**. Porto Alegre: Ed. da UFRGS; ABRH, 1999.

PORTO ALEGRE. **Plano Diretor de Drenagem Urbana**: Manual de Drenagem Urbana. Porto Alegre: Ed. da UFRGS, vol. 6, set, 2005. 159 p.

PORTO ALEGRE, Prefeitura Municipal. **Lei Complementar nº 434, de 1º de dezembro de 1999**, atualizada e compilada até a Lei Complementar nº 667, de 3 de janeiro de 2011, incluindo a Lei Complementar 646, de 22 de julho de 2010. PDDUA – Plano Diretor de Desenvolvimento Urbano e Ambiental Disponível em: <http://lproweb.procempa.com.br/pmpa/prefpoa/spm/usu_doc/planodiretortexto.pdf>. Acesso em: 22 fev. 2021.

PRADO JÚNIOR, CAIO. **História e Desenvolvimento**: A contribuição da historiografia para a teoria e a prática do desenvolvimento brasileiro ed. [São Paulo]: [Editora Brasiliense], 1999.

PAULA, HEBER MARTINS. **Drenagem Urbana**. (2013). Disponível em: <<https://pt.slideshare.net/joseluispradosanchez/aula-8-drenagem-urbana>>. Acesso em: 22 jul. 2021.

RESENDE, S. C. P.; VILARINHO, L. C. Plano de Desenvolvimento Integrado (PDI), Áreas de Especial Interesse Social e Adensamento Urbano de Goiânia. 2017. **REVISTA MIRANTE**, Anápolis (GO), v. 10, n. 5, dez. 2017. ISSN 19814089.

REIS, R. P. A, OLIVEIRA, L. H, SALES, M. M. Sistemas de drenagem na fonte por poços de infiltração de águas pluviais. **Ambiente Construído**, Associação Nacional de Tecnologia do Ambiente Construído. Porto Alegre, v. 8, n. 2, p. 99-117, abr./jun. 2008.

REIS, K. **Região Sul de Goiânia concentra o maior número de pontos críticos de alagamento**. 2019. Disponível em: <<https://portal.aquiemgoias.com/noticia/1810/regiao-sul-de-goiania-concentra-o-maior-numero-de-pontos-criticos-de-alagamento>>. Acesso em: 22 fev. 2021.

ROS, D. A. **Análise de Sistemas Complexos de Drenagem Urbana**. 2012. Tese (Doutorado) - Escola Politécnica da Universidade de São Paulo, São Paulo, 2012.

SÃO PAULO (cidade). Secretaria Municipal de Desenvolvimento Urbano. **Manual de drenagem e manejo de águas pluviais**: gerenciamento do sistema de drenagem urbana. São Paulo: SMDU, 2012. Disponível em: <https://www.prefeitura.sp.gov.br/cidade/secretarias/upload/desenvolvimento_urbano/arquivos/manual-drenagem_v1.pdf> Acesso em: 15 fev. 2021.

SÃO PAULO (cidade). **Lei n. 11.228, de 25 de junho de 1992**. Dispõe sobre as regras gerais e específicas a serem obedecidas no projeto, licenciamento, execução, manutenção e utilização de obras e edificações, dentro dos limites dos imóveis; revoga a Lei no 8.266, de 20 de junho de 1975, com as alterações adotadas por leis posteriores, e dá outras providências. Disponível em: <<https://app-plpconsulta-prd.azurewebsites.net/Forms/MostrarArquivo?TIPO=Lei&NUMERO=11228&ANO=1992&DOCUMENTO=Atualizado>>. Acesso em: 22 fev. 2021.

SILVA, D. F. **Análise da influência de microrreservatórios em um Loteamento e seus efeitos em escala de bacia**. 2016. Dissertação (Mestrado)– Programa de Pós-Graduação e Área de Concentração em Hidráulica e Saneamento – Escola de Engenharia de São Carlos da Universidade de São Paulo, 2016.

SIQUEIRA, V. A. **Ferramenta de Apoio Computacional Aplicada ao Dimensionamento de Galerias Pluviais**. 2012. Trabalho de Conclusão de curso -Engenharia Ambiental da Universidade Federal do Rio Grande do Sul, Porto Alegre, 2012.

TAVANTI, D. R.; BARBOSA A. P. Contribuições do Planejamento Urbano às Questões Hidrológicas. **Pluris**. 2010. Disponível em: <<http://pluris2010.civil.uminho.pt/Actas/PDF/Paper161.pdf> > Acesso em: 15 fev. 2021.

TEIXEIRA, Suzane Naiara. **Sistemas de Drenagem Urbana**: Estudo de Caso para a Macrodrenagem do Município de Arcos – MG. UNIFOR: Formiga, 2014.

TOLEDO, Governo do Estado do Paraná. **Manual de Drenagem Urbana**. 2017. Disponível em: <https://www.toledo.pr.gov.br/sites/default/files/manual_de_drenagem_urbana_-_volume_i.pdf>. Acesso em: 02 mar. 2021.

TUCCI, C. E. M. **Água no meio urbano**. Capítulo 14 do Livro Água Doce. UFRGS. 1997.

TUCCI, C. E. M. (2008) "**Águas urbanas**". *Estudos Avançados*, 22(63), p. 97-112.

TUCCI, C. E. M. (2006) **Gestão de águas pluviais urbanas**. Ministério das Cidades, Brasília.

TUCCI, C. E. M. (Org.). **Hidrologia**: ciência e aplicação. 3. ed. Porto Alegre: Editora da

UFRGS: ABRH, 2004. 943 p.

TUCCI, C. E. M. **Gestão de Inundações Urbanas**. Ministério das Cidades – Global WaterPartnership – World Bank – Unesco, 2005.

TUCCI, C. E. M. **Inundações urbanas**. Porto Alegre: ABRH/Rhama, 2007. 389p.

TUCCI, Carlos E. M. **Revista brasileira de recursos hídricos**. Volume 2, n 2. Jul/Dez, 1997.

TULIO, S.; MENDES, G. **Forte enxurrada invade casa e confecção em Goiânia**. 2018.

Disponível em: <<https://g1.globo.com/go/goias/noticia/forte-enxurrada-invade-casa-e-confeccao-em-goiania-veja-video.ghtml>> Acesso em: 02 mar. 2021.

UMUARAMA(cidade). **Prefeitura implanta grelha para captar águas pluviais na Rua Bararuba**. Disponível em: <<http://www.umuarama.pr.gov.br/noticias/obras-planejamento-urbano-e-projetos-tecnicos/prefeitura-implanta-grelha-para-captar-aguas-pluviais-na-rua-bararuba>> Acesso em: 30 jul. 2021.

USP. **Microdrenagem Urbana**. 2015. Disponível em: <<https://www.slideshare.net/Denielle100/microdrenagem-urbana>>. Acesso em: 08 jun. 2021.

WILKEN, P. S. **Engenharia de Drenagem Superficial**. São Paulo: CETESB, 1978. 478p.

ZAHED FILHO, K.; MARCELLINI, S. S. **Precipitações Máximas**, in: TUCCI, C. E. M.;

ANEXO I – TABELA COM DADOS NUMÉRICOS PARA O CÁLCULO DO ESCOAMENTO EM GALERIAS CIRCULARES PARCIALMENTE CHEIAS

TABELA II									
DADOS NUMÉRICOS PARA O CÁLCULO DO ESCOAMENTO EM GALERIAS CIRCULARES PARCIALMENTE CHEIAS									
$\frac{y}{d}$	C_1	C_2	C_3	C_4	$\frac{y}{d}$	C_1	C_2	C_3	C_4
0,15	0,0739	0,0152	0,0237	2,4311	0,52	0,4130	0,1665	0,2654	2,5408
0,16	0,0811	0,0174	0,0269	2,3901	0,53	0,4230	0,1719	0,2751	2,5610
0,17	0,0885	0,0197	0,0304	2,3813	0,54	0,4330	0,1773	0,2853	2,5892
0,18	0,0961	0,0221	0,0340	2,3669	0,55	0,4430	0,1828	0,2955	2,6131
0,19	0,1039	0,0246	0,0377	2,3486	0,56	0,4530	0,1883	0,3059	2,6390
					0,57	0,4620	0,1930	0,3157	2,6755
0,20	0,1118	0,0273	0,0418	2,3444	0,58	0,4720	0,1986	0,3263	2,6994
0,21	0,1199	0,0302	0,0461	2,3302	0,59	0,4820	0,2038	0,3374	2,7407
0,22	0,1281	0,0331	0,0504	2,3185					
0,23	0,1365	0,0361	0,0549	2,3127	0,60	0,4920	0,2095	0,3486	2,7689
0,24	0,1449	0,0394	0,0597	2,2959	0,61	0,5020	0,2149	0,3599	2,8046
0,25	0,1535	0,0427	0,0646	2,2888	0,62	0,5120	0,2202	0,3717	2,8493
0,26	0,1623	0,0462	0,0698	2,2826	0,63	0,5210	0,2251	0,3828	2,8920
0,27	0,1711	0,0498	0,0752	2,2800	0,64	0,5310	0,2305	0,3949	2,9351
0,28	0,1800	0,0535	0,0805	2,2640	0,65	0,5400	0,2354	0,4062	2,9777
0,29	0,1890	0,0573	0,0862	2,2630	0,66	0,5500	0,2410	0,4189	3,0213
					0,67	0,5590	0,2461	0,4312	3,0698
0,30	0,1982	0,0613	0,0921	2,2574	0,68	0,5690	0,2510	0,4444	3,1347
0,31	0,2074	0,0653	0,0981	2,2569	0,69	0,5780	0,2561	0,4570	3,1844
0,32	0,2167	0,0694	0,1044	2,2629					
0,33	0,2260	0,0735	0,1107	2,2683	0,70	0,5870	0,2607	0,4700	3,2501
0,34	0,2355	0,0777	0,1174	2,2828	0,71	0,5960	0,2659	0,4831	3,3008
0,35	0,2450	0,0818	0,1242	2,3052	0,72	0,6050	0,2705	0,4967	3,3716
0,36	0,2546	0,0864	0,1312	2,3058	0,73	0,6140	0,2751	0,5108	3,4477
0,37	0,2642	0,0910	0,1383	2,3098	0,74	0,6230	0,2798	0,5249	3,5194
0,38	0,2739	0,0955	0,1455	2,3210	0,75	0,6320	0,2845	0,5400	3,6028
0,39	0,2836	0,1002	0,1530	2,3314	0,76	0,6400	0,2881	0,5543	3,7018
					0,77	0,6490	0,2928	0,5689	3,7885
0,40	0,2934	0,1050	0,1604	2,3336	0,78	0,6570	0,2970	0,5851	3,8809
0,41	0,3032	0,1098	0,1683	2,3492	0,79	0,6660	0,3011	0,6020	3,9972
0,42	0,3130	0,1148	0,1762	2,3556					
0,43	0,3229	0,1198	0,1844	2,3691	0,80	0,6740	0,3047	0,6185	4,1205
0,44	0,3328	0,1246	0,1926	2,3892	0,81	0,6810	0,3079	0,6348	4,2506
0,45	0,3428	0,1298	0,2014	2,4074	0,82	0,6890	0,3115	0,6526	4,3890
0,46	0,3527	0,1347	0,2098	2,4258	0,83	0,6970	0,3151	0,6714	4,5403
0,47	0,3627	0,1401	0,2185	2,4323	0,84	0,7040	0,3183	0,6898	4,6963
0,48	0,3727	0,1451	0,2276	2,4605	0,85	0,7120	0,3212	0,7106	4,8943
0,49	0,3827	0,1506	0,2368	2,4724	0,86	0,7190	0,3243	0,7279	5,0378
					0,87	0,7250	0,3263	0,7527	5,3213
0,50	0,3930	0,1559	0,2464	2,4980	0,88	0,7320	0,3287	0,7767	5,5833
0,51	0,4030	0,1612	0,2558	2,5179	0,89	0,7380	0,3300	0,8017	5,9020

Observações: Dimensões no sistema MKS

área molhada — $a = C_1 d^2 = \frac{Q}{V}$

fator de condução — $k = C_2 \frac{d^{5/3}}{n} = \frac{Q}{\sqrt{i}}$

módulo crítico — $M = C_3 d^{5/2} = \frac{Q}{\sqrt{g}}$

declividade crítica — $i' = C_4 \frac{Q^2}{d^3}$

d = diâmetro da galeria — Q = descarga

V = velocidade média

i = declividade da galeria

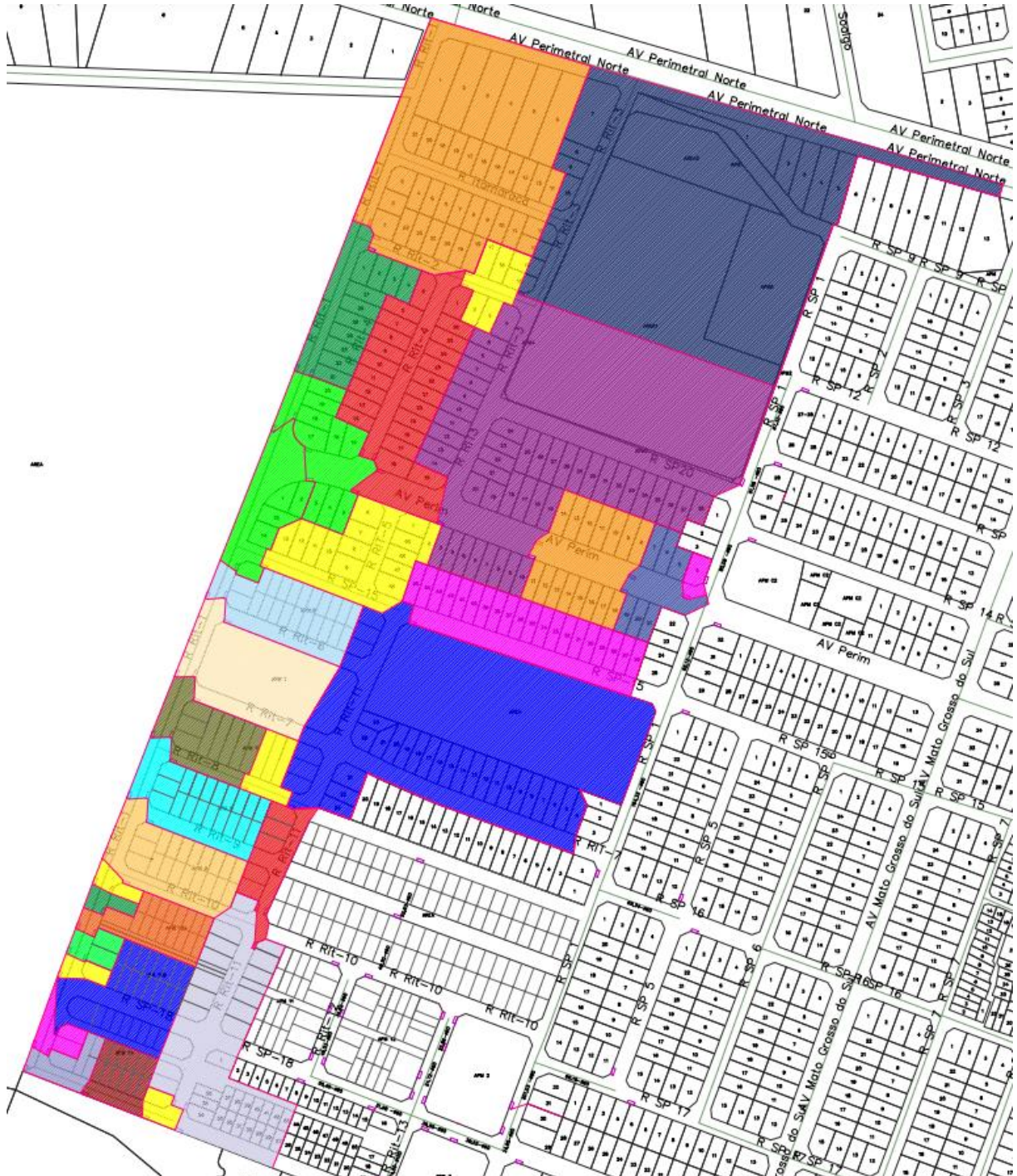
g = aceleração da gravidade; no Rio $g = 9,788 \text{ ms}^{-2}$

n = coeficiente de rugosidade da fórmula de KUTTER

a) — para esgoto pluvial — $n = 0,015$

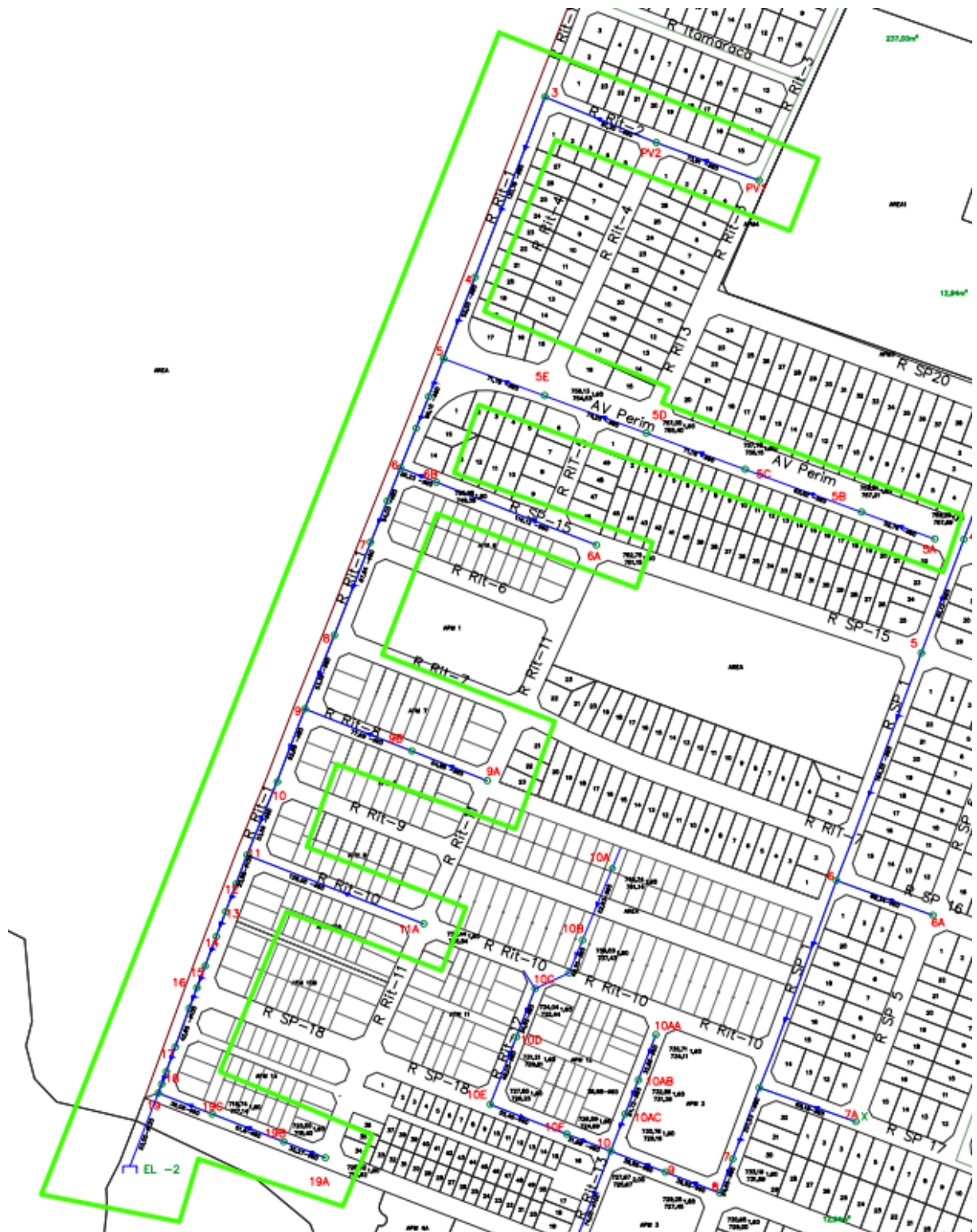
b) — " " sanitário — $n = 0,013$

ANEXO II – ÁREAS DE CONTRIBUIÇÃO DE CADA POÇO DE VISITA



Fonte: Própria (2021)

ANEXO III – REDE EL-2 DELIMITADA EM VERDE



Fonte: Própria (2021)