



GABRIEL HENRIQUE ARRUDA TAVARES DE LIMA

**DIMENSIONAMENTO DO SISTEMA DE DRENAGEM PLUVIAL PARA O
LOTEAMENTO SANTA BÁRBARA EM CENTRALINA-MG**

UBERLÂNDIA

2019

GABRIEL HENRIQUE ARRUDA TAVARES DE LIMA

**DIMENSIONAMENTO DO SISTEMA DE DRENAGEM PLUVIAL PARA O
LOTEAMENTO SANTA BÁRBARA EM CENTRALINA-MG**

Trabalho de Conclusão de Curso apresentado ao
Curso de Engenharia Civil da Universidade
Federal de Uberlândia, como requisito parcial para
a obtenção do título de bacharel em Engenharia
Civil.

Orientador:

Prof. Dr. André Luiz de Oliveira

UBERLÂNDIA

2019

À minha família, aos mestres e
aos amigos!

Agradecimentos

A Deus por ter me dado saúde, força e sabedoria para enfrentar todas as dificuldades encontradas no percurso.

Aos meus pais e familiares, pelo amor, incentivo e apoio incondicional durante a graduação. Sem eles, nada seria possível.

A Universidade Federal de Uberlândia, seu corpo docente, direção e administração que proporcionaram as condições necessárias para que alcançasse meus objetivos.

A meu orientador André, pelo suporte no pouco tempo que lhe coube, pelas suas correções e orientações, que me muito me ajudaram no desenvolvimento deste trabalho.

Agradeço a todos os professores por me proporcionar o conhecimento não apenas racional, mas por me auxiliarem no crescimento pessoal, sempre me guiando na busca pela boa formação profissional.

Agradeço a banca examinadora que se dispôs a leitura deste trabalho e, assim, dedicaram parte de seu tempo para que esta etapa da minha formação se concluísse.

Por fim, a todos os meus amigos que fizeram parte da minha formação, que estiveram sempre ao meu lado durante esta etapa da minha vida, o meu muito obrigado.

“Que os vossos esforços desafiem as impossibilidades, lembrai-vos que as grandes coisas do homem foram conquistadas do que parecia impossível.”

Charles Chaplin

RESUMO

A aceleração do processo de urbanização acarreta o surgimento de problemas referentes à infraestrutura das cidades. Assim sendo, para o novo loteamento lançado na cidade de Centralina-MG, foi elaborado uma proposta de sistema de microdrenagem pluvial, visando diminuir os possíveis impactos na região próxima ao loteamento, tendo em vista que a região apresentou problemas de alagamento devido ausência de bocas de lobo, conforme observa-se no Plano Municipal de Saneamento Básico do município. Os resultados evidenciam que a grande gama dos problemas enfrentados decorre principalmente da falta de manutenção e/ou deficiente manutenção realizada nos sistemas coletores como as bocas de lobo e nas galerias pluviais, além da falta de adaptação de alguns pontos da cidade que apresentam problemas devido ausência de bocas de lobo. Como solução proposta, foi realizado um dimensionamento no loteamento Santa Bárbara de modo que diminua os impactos na região.

Palavras-chave: Centralina-MG. Loteamento. Dimensionamento. Drenagem pluvial.

ABSTRACT

The acceleration of the urbanization process entails the emergence of problems related to the infrastructure of the cities. Thus, for the new allotment launched in the city of Centralina, a proposal for a system of Pluvial Microdrainage was elaborated in order to reduce the possible impacts in the region near the allotment, considering that the region presented problems of Flooding due to the absence of wolf mouths, as shown in the Municipal basic sanitation Plan of the municipality. The results show that the wide range of problems faced mainly stems from the lack of maintenance and/or poor maintenance carried out in the collecting systems such as the wolf mouths and the storm galleries, in addition to the lack of adaptation of some points of City that exhibit problems due to the absence of wolf mouths. As a proposed solution, a dimensioning in the Santa Bárbara allotment was performed in order to reduce the impacts in the region.

Keywords: Centralina. Allotment. Sizing. Pluvial drainage.

Lista de Figuras

Figura 1- Ciclo hidrológico	15
Figura 2- Tipos de precipitação	16
Figura 3- Efeito do processo de urbanização no escoamento superficial.....	18
Figura 4 - Geometria das bacias hidrográficas e respectivos histogramas	19
Figura 5 - Esquema dos processos de enchente, inundação e alagamento	20
Figura 6 - Esquema de sistema de microdrenagem	23
Figura 7- Tipos de bocas de lobo.....	24
Figura 8 - Localização da área de estudo, Brasil - Minas Gerais - Centralina	26
Figura 9 - Delimitação das micro-bacias do município de Centralina	29
Figura 10 - a e b: Sarjetão na área urbana de Centralina	30
Figura 11 - Tipos de bocas de lobo existentes em Centralina	30
Figura 12 - Problemas de entupimento de boca de lobo	31
Figura 13 - Bocas de lobo danificadas.....	31
Figura 14 - Regiões com ausência de boca de lobo.....	32
Figura 15 - Acúmulo de folhas nas galerias	33
Figura 16 - Locais de lançamento das galerias de águas pluviais	34
Figura 17 - Ponto A	34
Figura 18 - Ponto B.....	34
Figura 19 - Ponto C	35
Figura 20 - Ponto D.....	35
Figura 21 - Localização dos Bueiros 1 e 2	37
Figura 22 - Bueiro 1	37
Figura 23 - Bueiro 2	38
Figura 24 - a e b: Bocas de lobo com vedação para evitar mal cheiro	39
Figura 25 - Delimitação das micro-bacias hidrográficas na cidade de Centralina	41
Figura 26 - Localização do loteamento Santa Bárbara.....	41
Figura 27 - a: Loteamento Santa Bárbara.....	42
Figura 27 - b: Sentido preferencial de escoamento.....	42
Figura 28 - Áreas de contribuição	44
Figura 29 - Classificação das ruas	46
Figura 30 - Comprimento dos trechos à montante das galerias (caminho crítico).....	49
Figura 31 - Elementos hidráulicos da seção circular	53
Figura 32 - Galerias do loteamento Santa Bárbara.....	59

Lista de Tabela

Tabela 1 - Fases da drenagem urbana.....	21
Tabela 2 - Valores de m' de acordo com o coeficiente de escoamento superficial	45
Tabela 3 - Coeficiente de rugosidade (n).....	45

Lista de Quadros

Quadro 1 - Determinação das áreas de drenagem máximas da sarjeta.....	47
Quadro 2 - Determinação de começo das galerias	48
Quadro 3- Determinação do caminho crítico	49
Quadro 4- Tempo de concentração real.....	50
Quadro 5 - Parâmetros utilizados em canais e/ou seção circular de águas pluviais.....	50
Quadro 6 - Determinação das vazões de escoamento das galerias.....	51
Quadro 7- Determinação dos diâmetros das tubulações.....	52
Quadro 8 - Determinação do tempo de concentração das galerias.....	53
Quadro 9 - Coeficientes de segurança para bocas de lobo	55
Quadro 10 - Valores de K.....	56
Quadro 11 - Parâmetros de dimensionamento.....	56
Quadro 12 - Determinação do número de bocas de lobo	58

Sumário

1. INTRODUÇÃO.....	11
1.1 JUSTIFICATIVAS	13
1.2 OBJETIVOS	13
2. REVISÃO DE LITERATURA.....	13
2.1. CICLO HIDROLÓGICO	13
2.1.1. Precipitação.....	15
2.1.2. Escoamento Superficial.....	17
2.1.3. Inundação, Enchentes e Alagamentos	19
2.2. MANEJO DE ÁGUAS PLUVIAIS.....	21
2.3. SISTEMAS DE DRENAGEM URBANA	22
3. METODOLOGIA.....	25
3.1. ÁREA DE ESTUDO	25
3.2. LEVANTAMENTO E TRATAMENTO DE DADOS	26
4. DRENAGEM PLUVIAL	27
4.1. SISTEMA DE MICRODRENAGEM	28
4.2. SISTEMA DE MACRODRENAGEM	36
5. DIMENSIONAMENTO DO SISTEMA DE MICRODRENAGEM	40
5.1. DETERMINAÇÃO DAS ÁREAS DE DRENAGEM MÁXIMAS.....	42
5.2. DETERMINAÇÃO DO TEMPO DE CONCENTRAÇÃO REAL	47
5.3. DIMENSIONAMENTO DAS GALERIAS	50
5.4. DIMENSIONAMENTO DAS BOCAS DE LOBO	54
6. CONCLUSÃO.....	60
REFERÊNCIAS	62

1. INTRODUÇÃO

A população mundial apresentou uma intensificação no crescimento populacional urbano no planeta. Esse acontecimento se deu de forma intensa nos países da América Latina, com destaque para o Brasil que, na maioria das médias e grandes cidades, apresentam um problema crônico, as inundações. Esta problemática se dá ao exacerbado crescimento populacional e das alterações feitas no meio ambiente, somados à falta de instrumentos políticos e às inadequadas obras de drenagem pluvial (JUNIOR e SANTOS, 2014).

Segundo (TUCCI, 2008), o Brasil passou por um acelerado processo de urbanização a partir da década de 60, o que resultou em uma infraestrutura deficitária nas cidades, devido ao baixo investimento. De acordo com o Instituto Brasileiro de Geografia e Estatística (IBGE, 2015), cerca de 84,72% da população brasileira vivem em área urbana, enquanto 15,28% vive nas áreas rurais. Este processo de urbanização acarreta diversas complicações para as cidades, como as inundações, que são recorrentes nas zonas urbanas e causam danos e prejuízos à população. Neste processo de urbanização “tradicional”, a cobertura da bacia hidrográfica é feita com pavimentos impermeáveis, como por exemplo, ruas, passeios públicos, ciclovias, estacionamentos, telhados etc., reduzindo significativamente a infiltração das águas da chuva (NUNES, 2016).

A urbanização tem efeitos negativos sobre os recursos hídricos; o ciclo hidrológico; as variações climáticas; as cheias naturais dos rios; nos usos e ocupações do solo e; no balanço hídrico (TUCCI, 2007). Os principais fatores responsáveis pela produção de inundações urbanas são diversos, vão desde aumento gradativo do volume de sedimentos e do escoamento superficial, devido ao lançamento de sólidos nos rios, galerias e canais, e, além disso, a ausência de planejamento adequado para o uso e ocupação do solo, infraestruturas dimensionadas de forma inadequada, aliadas ao baixo investimento nos sistemas urbanos.

Os problemas referentes à drenagem urbana estão entre os que são facilmente evidenciados pela população em eventos de chuvas intensas. Entre as causas, além dos problemas já mencionados, pode-se destacar a falta de manutenção das redes de drenagem urbana. O fator que as tornam deficitárias em qualquer situação é a forma irregular de ocupação do solo, ou seja, a impermeabilização que ultrapassa os valores regulamentados nas legislações que estabelecem

diretrizes de uso e ocupação do solo, como o Plano Diretor. Essas ações provocam um aumento significativo no escoamento superficial e, conseqüentemente, elevam as vazões de pico, que prejudicam todo o sistema de drenagem.

O município de Centralina-MG possui uma população com cerca de 10.425 pessoas, e possui como principal atividade econômica a agricultura. Nos últimos anos, foi lançado uma série de novos loteamentos na cidade, gerando um aumento no processo de urbanização do local, o que acarreta, como mencionado anteriormente, em maiores áreas impermeáveis e conseqüente aumento do escoamento superficial, o que pode gerar problemas no sistema de drenagem pluvial da cidade. A cidade não contava com um projeto de drenagem pluvial, até a elaboração do Plano Municipal de Saneamento Básico em 2015, quando foi realizado por meio de visitas *in loco*, e informações do corpo técnico da Secretaria de Obras do município, o cadastro das galerias pluviais (PREFEITURA MUNICIPAL DE CENTRALINA, 2015).

Contudo, os problemas referentes a alagamentos e enchentes, vinham sendo observados com frequência, o que motivou a realização deste trabalho, visando verificar as causas desses problemas e, analisar também o impacto do novo empreendimento que está sendo realizado na cidade, loteamento Santa Bárbara, no sistema de drenagem pluvial atual, tendo em vista que o mesmo situa-se à montante de uma região que sofre constantemente problemas de alagamento, podendo assim, causar um impacto ainda mais negativo no problema já existente.

Assim, foi realizado o dimensionamento pelo sistema de microdrenagem do loteamento Santa Bárbara, de modo que reduzisse os problemas no local, e analisado todo o sistema de microdrenagem atual da cidade, listando os problemas e possíveis causas para eles.

Para realizar o dimensionamento foi obtido por meio da Prefeitura Municipal de Centralina a planta baixa da cidade, e através do Google Earth® foram determinados os valores das cotas altimétricas dos locais. A seguir, foi desenvolvido toda a sequência de cálculos para determinar o traçado, diâmetro e cotas das galerias, conforme explicado a partir do item 5. A verificação e análise do sistema de drenagem da cidade, foram realizados por meio de visitas *in loco* e informações obtidas com o corpo técnico do município, realizando registro fotográfico para exemplificar os possíveis problemas encontrados.

Portanto, através deste trabalho foi possível analisar os sistemas de drenagem atuais do município de Centralina-MG, realizando vistorias dos mesmos e, o dimensionamento de um

sistema de microdrenagem para o novo loteamento Santa Bárbara. Com isso, percebe-se a importância de uma política de manutenção contínua e eficiente, garantindo o bom funcionamento do atual sistema de drenagem, e ainda, realizar uma adequação nos locais que apresentam problemas mais sérios, como a implantação das bocas de lobo e a sua ligação nas galerias pluviais principais, além de uma fiscalização visando impedir ligações clandestinas de esgoto sanitários ao sistema de drenagem pluvial.

1.1 JUSTIFICATIVAS

Os problemas causados devido a ineficiência dos sistemas de drenagem urbana, constantemente são evidenciados, como alagamentos e enchentes, problemas esses que causam inúmeros transtornos aos cidadãos e, quando não tratados de forma eficiente resultam em problemas mais graves na cidade.

Assim, conforme estudos realizados na cidade de Centralina-MG, foram identificadas algumas regiões que apresentam pontos de alagamentos. Além disso, o loteamento Santa Bárbara, localizado à montante da região de alagamento, na ausência de sistemas de drenagem eficiente impactará no agravamento da situação.

1.2 OBJETIVOS

O presente trabalho tem como objetivo analisar o sistema do loteamento Santa Bárbara. Para isso, foi realizado o dimensionamento do sistema de microdrenagem para o loteamento e, a comparação com o sistema de drenagem existente no local. Assim, através dos resultados foi proposto sugestões para futuros empreendimentos e adequações no sistema de microdrenagem da região de alagamento.

2. REVISÃO DE LITERATURA

2.1. CICLO HIDROLÓGICO

Segundo Tucci (2004), o ciclo hidrológico é o fenômeno global de circulação da água entre a superfície terrestre e a atmosfera, impulsionado fundamentalmente pela energia solar associada à gravidade e à rotação terrestre. A superfície terrestre é formada pelos continentes e os oceanos, participando do ciclo

hidrológico a camada porosa que recobre os continentes (solos, rochas) e o reservatório formado pelos oceanos, conforme Figura 1 (TUCCI, 2004).

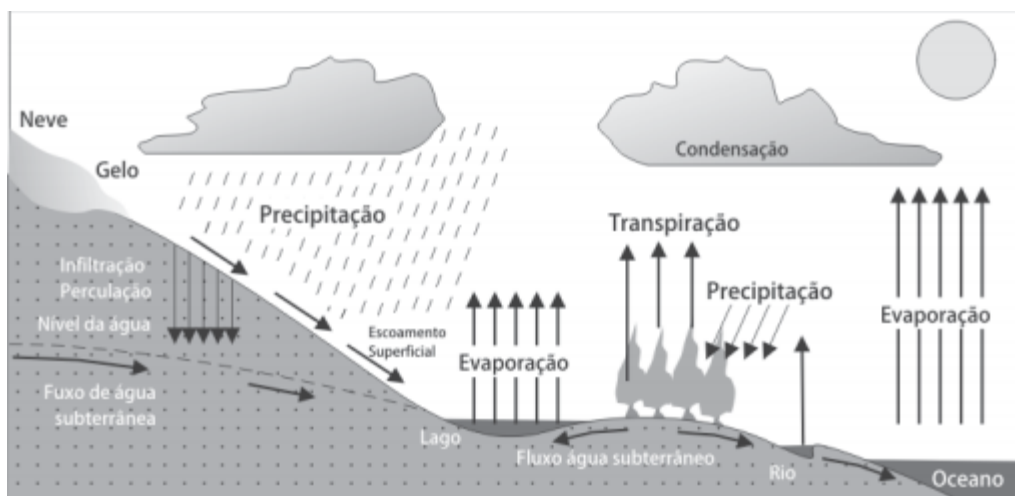
A água evapora da superfície do mar e da superfície terrestre por meio da energia solar, e entra no sistema de circulação geral da atmosfera, que cria condições de precipitação pelo resfriamento do ar úmido que formam as nuvens gerando precipitação na forma de chuva e neve (entre outros) sobre os mares e a superfície terrestre.

De acordo com Santos (2010) a água uma vez que atinge o solo, parte se infiltra e parte escoar sobre a superfície. A parte que infiltra abastece os corpos d'água superficiais durante os períodos secos. O escoamento superficial ocorre quando a intensidade de precipitação supera a capacidade de infiltração do solo, gerando os rios, córregos e lagos até atingir o mar.

Além disso, ocorre também a evaporação da água presente na superfície dependendo da temperatura e da umidade do ar. O mesmo processo ocorre com as plantas, que perdem água através dos estômatos, através da transpiração, que ocorre também nos animais para manterem o equilíbrio térmico corporal. Esse conjunto de evaporação e transpiração, dá-se o nome de evapotranspiração, importante no processo hidrológico pois devolve parte da água para a atmosfera (SANTOS, 2010).

A água existente na Terra está majoritariamente distribuída no mar constituindo 97 % do total, contrapondo os valores de água doce presente na maior parcela em geleiras (cerca de 2,2 %), enquanto 0,8 % está disponível nos rios e córregos. (SPERLING, 2005).

Figura 1- Ciclo hidrológico



Fonte: adaptado (TUCCI e MENDES, 2006)

2.1.1. Precipitação

As precipitações constituem o mais importante componente do ciclo hidrológico, formando um elo entre a água da atmosfera e a do solo, principalmente em relação ao escoamento superficial. Além disso, a precipitação é o fenômeno natural que tem maior influência no estudo de drenagem urbana, sendo assim, as características principais da precipitação são o seu total precipitado, duração e distribuição temporal e espacial do evento.

Para que haja precipitação, entretanto, é necessário que não somente a água retorne à fase líquida, processo que recebe o nome de condensação, como também que as gotas cresçam até um tamanho suficiente para que sob a ação da atração gravitacional vençam a resistência e as correntes de ar ascendentes. O crescimento das gotículas formadas por condensação é chamado coalescência (SANTOS, 20-?).

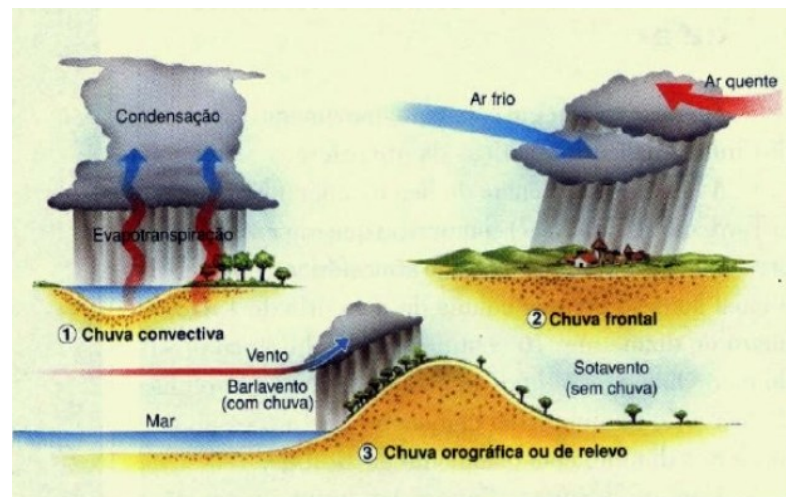
A precipitação está ligada à ascensão das massas de ar, que pode ser decorrente de diversos fatores, convecção térmica, relevo, e ação frontal térmica. Segundo PINTO, et al. (2011) autor expõe que o fator responsável pela ascensão da massa de ar define o tipo de precipitação (Figura 2), sendo:

- a) *Frontais*, que ocorrem ao longo do encontro de duas massas de ar de características diferentes.

- b) *Orográficas*, são provocadas pela ascensão do ar devido imposição do relevo, como por exemplo as barreiras de montanhas.
- c) *Convectivas*, são provocadas pela diferença de temperatura na camada vizinha.

As chuvas frontais e orográficas são eventos que ocorrem sobre uma grande área, tem intensidade de baixa à moderada, com grande duração e são bem distribuídas. Ao contrário dessas, as chuvas convectivas são conhecidas como tempestades, que possuem curta duração, má distribuição e elevada intensidade (PINTO, et al., 2011).

Figura 2- Tipos de precipitação



Fonte: adaptado (MATTAR, 2012)

De acordo com Tucci (2004) as grandezas características das chuvas são:

- a) *Altura Pluviométrica (P)*: é a altura média da lâmina de água precipitada que recobre a região atingida pela precipitação, para isso admite-se que não haja infiltração, evaporação nem escoamento para fora dos limites da região. A unidade de medida habitual é milímetro (mm) de chuva, definido como a quantidade de precipitação correspondente ao volume de 1 litro por cada metro quadrado (m²) de superfície;
- b) *Duração da precipitação (t)*: é o período que compreende do início ao término da precipitação, sendo expresso geralmente em minuto (min) ou hora (h);
- c) *Intensidade da precipitação (i)*: é a precipitação por unidade de tempo, obtida com a relação $i = P/t$, sendo expressa normalmente em mm h⁻¹ ou em $\frac{\text{mm}}{\text{min}}$. A intensidade de uma precipitação representa a variedade temporal, mas, para análises hidrológicas, geralmente são definidos intervalos de tempo nos quais é considerada constante;

- d) *Frequência da precipitação*: é representada pelo número de ocorrências de uma dada precipitação em um intervalo de tempo fixado (1 mês, 10 anos, 100 anos);
- e) *Tempo de recorrência ou Tempo de retorno (T_r)*: é o número médio de anos, em que se espera que a precipitação seja igualada ou superada;
- f) *Probabilidade de ocorrência*: corresponde ao inverso do tempo de recorrência.

Para determinar a precipitação é utilizado o pluviômetro, pluviógrafo ou ambos. O pluviômetro é um recipiente calibrado e graduado, que realiza a coleta da água pluvial e “impede” a evaporação, assim, faz-se a leitura da altura H da água precipitada que indica o volume precipitado. O pluviógrafo além da chuva precipitada, fornece o registro contínuo do volume de água de chuva recolhida no pluviômetro (PINTO, et al., 2011). Logo, esses dados possibilitam indicativos que permitem obter a estimativa de vazões, fundamental no estudo do escoamento superficial, que ocorrerá quando o volume precipitado for superior ao volume interceptado (vegetação) e o volume infiltrado.

2.1.2. Escoamento Superficial

Carvalho e Silva (2006) revelam acreditar que o escoamento superficial seja a fase mais importante do ciclo hidrológico para o engenheiro civil, pois nessa fase que se trata da ocorrência e transporte da água na superfície terrestre, e portanto, a maioria dos estudos hidrológicos estão ligados ao aproveitamento da água superficial e à proteção quanto aos fenômenos decorrentes de seu deslocamento.

Dentro do contexto de drenagem urbana, o escoamento superficial deve ser considerado como um dos principais componentes para dimensionamentos hidráulicos do sistema de drenagem. Porém, o estudo do escoamento superficial e sua formação é um estudo complexo, pois envolve diversos fatores da bacia como área, relevo, tipo de solo, clima; além disso, a água pode tomar vários caminhos desde que atinge a superfície, na forma de chuva, até o momento que chega ao curso d'água.

Para Santos (2010), os fatores que influenciam no escoamento superficial, são:

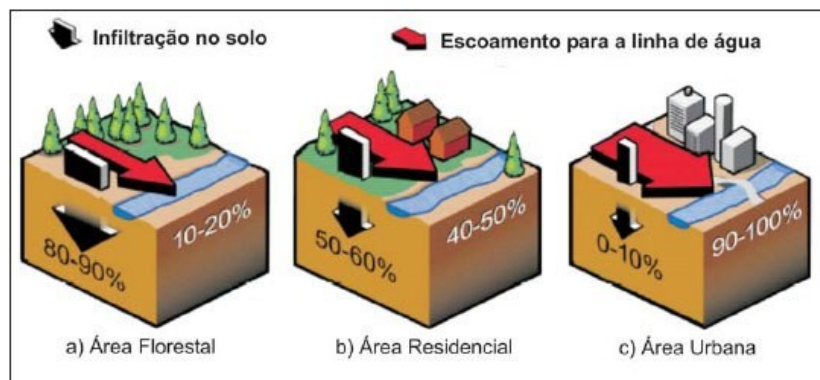
- a) *Fatores climáticos*: estão ligados à intensidade e duração da chuva e a chuva antecedente;

- b) *Fatores fisiográficos*: ligados à área e a forma da bacia, à permeabilidade e capacidade de infiltração do solo e à topografia da bacia;
- c) *Obras hidráulicas*: ligadas à construção de barragens, canalização ou retificação e derivação ou transposição.

Para Tucci e Porto (1995), os erros que envolvem o escoamento superficial poderão provocar graves problemas no planejamento da bacia e isso levará a obras sub ou superdimensionadas. Além do escoamento superficial, segundo os autores, a determinação da vazão de pico, o volume, e a forma do hidrograma e o período de retorno são importantes, pois a consideração correta desses dados permitirá o desenvolvimento de um projeto de drenagem urbana mais adequado.

A parcela de chuva que causa o escoamento superficial, chamada de parcela excedente (pois encontra-se o solo já saturado, sem capacidade de infiltração), assim a água de chuva começa a escoar na superfície, e este volume está intimamente relacionado com o dimensionamento de obras hidráulicas de drenagem, destaca-se a importância para dimensionamento de canais coletores, drenos, barragens, entre outros. A impermeabilização do solo decorrente do processo de urbanização das cidades ocasiona um aumento do escoamento superficial e conseqüentemente um aumento da vazão, quando a bacia passa de uma condição natural ou rural para uma com alto grau de impermeabilidade, conforme ilustrado na Figura 3 (TUCCI e PORTO, 1995).

Figura 3- Efeito do processo de urbanização no escoamento superficial



Fonte: adaptado (MATA-LIMA, VARGAS, et al., 2007)

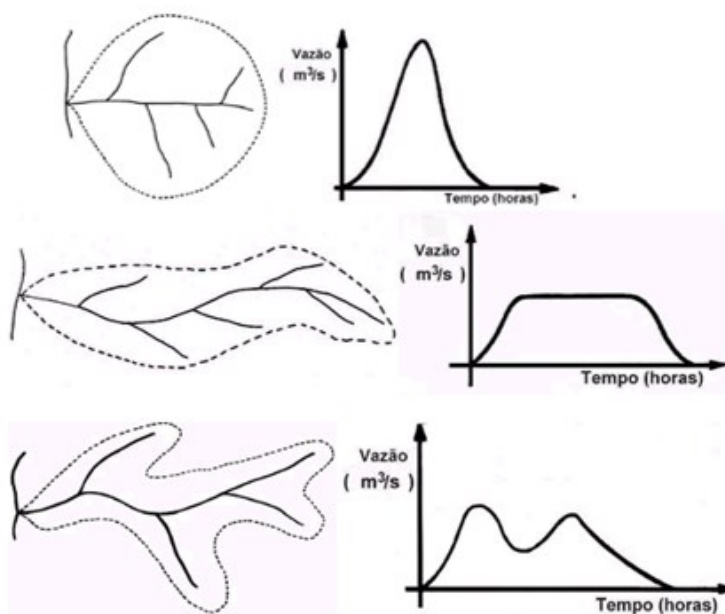
Logo, no cenário atual do processo de urbanização, onde o crescimento das cidades vem sendo de forma rápida e, nem sempre de maneira adequada, principalmente nos quesitos de ocupação

do solo, assim, sem locais de infiltração a água tende ao escoamento superficial exigindo bons mecanismos antrópicos para recolher esse excesso de água e direcioná-las a locais adequados. Ao longo deste trabalho serão abordados alguns dos mecanismos responsáveis para garantir um funcionamento adequado visando evitar problemas de inundação e alagamento, quando bem dimensionados.

2.1.3. Inundação, Enchentes e Alagamentos

A bacia hidrográfica compreende toda a área de captação de água da chuva que proporciona um escoamento superficial para o canal principal. O limite superior da bacia é um divisor de águas (divisor topográfico) e a delimitação inferior é a saída da bacia (exutório). Além disso, fatores como solo (capacidade de infiltração), características fisiográficas, entre outros, influenciam no escoamento superficial, como mostrado na Figura 4.

Figura 4 - Geometria das bacias hidrográficas e respectivos histogramas



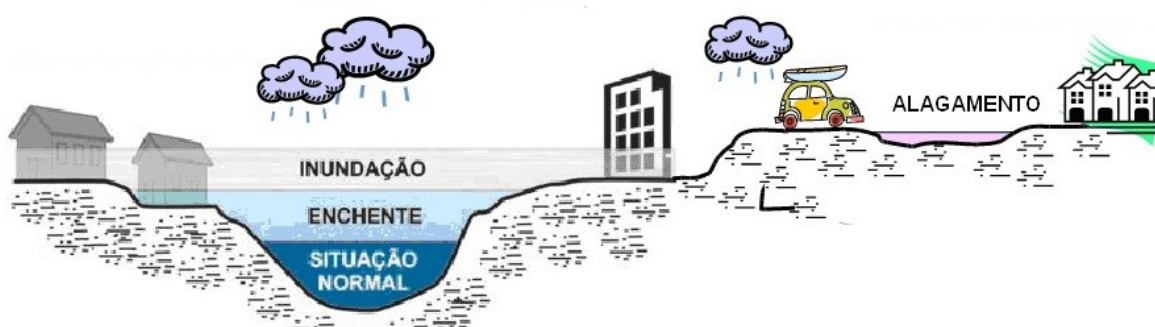
Fonte: (COUTO, 2017)

Assim, de acordo com a Figura 4, observa-se que o formato arredondado fornece maior vazão, facilitando processos de inundação rápida, uma vez que todos os fluxos chegam ao mesmo tempo no canal principal e quanto ao formato mais alongado, ocorre escoamento moderado na bacia, com menor probabilidade de inundação rápida, somando ao fato de receber um aporte menor de chuva.

Os eventos de inundação e enchente ocorrem periodicamente nos meios naturais, onde sua intensidade e frequência são em função da intensidade e duração das chuvas, fazendo assim parte do processo do ciclo hidrológico. A enchente é a elevação do nível d'água normal da drenagem, devido acréscimo de vazão (escoamento superficial) provocados pelas chuvas, porém sem transbordamento. A inundação é o transbordamento das águas de um canal de drenagem, atingindo as áreas marginais (planície de inundação), conforme Figura 5 (SANTANA, 2017).

Esses eventos vêm se agravando com respeito a intensidade e frequência de recorrência devido ao intenso processo de urbanização sofrido pelas cidades, que tem gerado alterações na forma em que os eventos climáticos ocorrem nas características da intensidade e distribuição da chuva, associados às taxas de impermeabilização do solo. Segundo Kuroda (2015), as condições naturais inexistem devido à ausência de planejamento do processo de uso e ocupação do solo, com a impermeabilização das superfícies e canalização de toda água da chuva. Outros fatores que agravam a situação são: obras como, por exemplo, aterros, pontes, resíduos sólidos obstruindo os canais e o assoreamento. Por outro lado, as ocupações irregulares do leito maior do rio, que são sujeitas às inundações periódicas, pela população menos favorecida, os expõe aos problemas decorrentes das inundações e enchentes (KURODA, 2015).

Figura 5 - Esquema dos processos de enchente, inundação e alagamento



Fonte: (KURODA, 2015)

Para KURODA (2015) os alagamentos não têm nenhuma relação com fenômeno de cheia dos rios ou com transbordamento das águas de qualquer outro corpo hídrico e sim, na verdade, com a redução da infiltração natural do solo urbano. Este evento é, portanto, definido como águas

acumuladas no leito das ruas e nos perímetros urbanos por fortes precipitações pluviométricas, em cidades com sistemas de drenagem deficientes.

2.2. MANEJO DE ÁGUAS PLUVIAIS

O manual de saneamento do Ministério da Saúde apresenta a importância sanitária da drenagem como uma forma de escoar a água a fim de combater a propagação de doenças de veiculação hídrica (BRASIL, 2015).

De acordo com KURODA (2015), até 1970 a humanidade de maneira geral estava em uma fase chamada higienista (Tabela 1). A maior preocupação dos profissionais era em evitar a proliferação das doenças e reduzir as doenças vinculadas à água, levando para longe das pessoas. Dessa forma a solução adotada até então era a coleta na área urbana e a disposição do esgoto a jusante, na natureza, geralmente sem o devido tratamento.

Tabela 1 - Fases da drenagem urbana

Fase	Características	Consequências
Pré-higienista: até início do século XX	Esgoto em fossas ou na drenagem, sem coleta ou tratamento e água da fonte mais próxima, poço ou rio.	Doenças e epidemias, grande mortalidade e inundações.
Higienista: até 1970	Transporte de esgoto distante das pessoas e canalização do escoamento.	Redução das doenças, mas rios contaminados, impactos nas fontes de água e inundações.
Corretiva: entre 1970e 1990	Tratamento de esgoto doméstico e industrial, amortecimento do escoamento.	Recuperação dos rios, restando poluição difusa, obras hidráulicas e impacto ambiental.
Desenvolvimento sustentável: depois de 1990 – até o momento	Tratamento terciário e do escoamento pluvial, novos desenvolvimentos que preservam o sistema natural.	Conservação ambiental, redução das inundações e melhoria da qualidade de vida.

Fonte: (TUCCI, 2008)

Associada a essa preocupação sanitária e ao desenvolvimento das técnicas de engenharia, o escoamento pluvial foi disposto em canais, havendo a retificação dos rios urbanos ou a drenagem por galerias enterradas (TUCCI, 2008). A filosofia adotada nos projetos de drenagem

urbana é retirar o escoamento da água da chuva o mais rápido possível para fora da área de projeto. Esse sistema foi pensado de uma forma pontual, em que o sistema de drenagem urbana conduzia o escoamento pluvial sem promover ações conjuntas de limpeza urbana e de saneamento básico, sem prever os impactos sobre os corpos receptores (KURODA, 2015).

Segundo Tucci (2008) essas técnicas possuem diversos impactos ambientais, como contaminação de mananciais, assoreamento e erosão, alagamentos, além da proliferação de doenças. De forma geral estes impactos são a degradação ambiental da qualidade de vida urbana e o agravamento dos problemas ambientais (KURODA, 2015).

Para Tucci (2008) as formas como são tratados os escoamentos são classificados em:

- *Sistemas separadores*, constituídos por duas redes coletoras distintas, uma destinada às águas residuais domésticas e industriais e outra à drenagem das águas pluviais ou similares;
- *Sistemas unitários*, constituídos por uma única rede coletora onde são admitidas conjuntamente as águas residuais domésticas, industriais e pluviais;
- *Sistemas mistos*, constituídos pela conjugação dos dois tipos anteriores, em que parte da rede coletora funciona como sistema unitário e a restante como sistema separador;
- *Sistemas separadores parciais*, em que se admite, em condições excepcionais, a ligação de águas pluviais de pátios interiores aos coletores de águas residuais domésticas.

2.3. SISTEMAS DE DRENAGEM URBANA

Com a expansão territorial, sem uma legislação e uma fiscalização que garantissem o disciplinamento adequado do uso e ocupação do solo, os problemas de alagamentos e inundações foram se intensificando e se distribuindo ao longo das linhas naturais de escoamento das águas superficiais em função da planialtimetria da cidade e do grau de impermeabilização da área de drenagem.

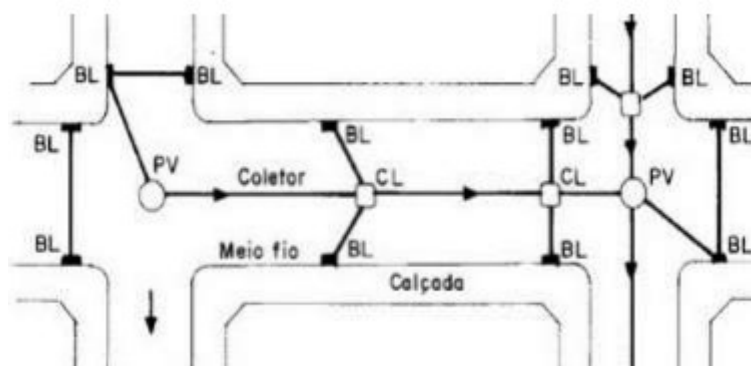
O sistema de drenagem é responsável pela coleta, manejo e disposição das águas pluviais em cursos de água receptores, classificado em sistemas de micro e macrodrenagem de acordo com o volume líquido drenado no tempo.

O sistema de drenagem pode ser dividido em três subsistemas, segundo ADASA (2018):

- *Controle na fonte*: composto pelos dispositivos de amortecimento e infiltração instalados juntos à origem do escoamento pluvial, geralmente em lotes privados ou em espaços públicos localizados próximos às cabeceiras da bacia hidrográfica;
- *Microdrenagem*: composto principalmente pelos dispositivos que drenam o sistema viário, como sarjetas, canaletas, captações (bocas de lobo), condutos de ligação e tubulações com diâmetro máximo de 0,8 m, além das galerias que recebem contribuição das casas, terrenos e das ruas.
- *Macro-drenagem*: formado por canais (abertos ou fechados), galerias e tubulações com diâmetro mínimo de 1,0 m, que recebem a vazão de um conjunto de redes da microdrenagem.

Assim, as estruturas hidráulicas responsáveis pela coleta e afastamento das águas pluviais advindas das residências, ruas, lotes institucionais, cujo traçado acompanha o arruamento, conforme Figura 6, onde: BL é a boca de lobo; CL é a caixa de ligação; PV é o poço de visita e coletor é sinônimo de galeria.

Figura 6 - Esquema de sistema de microdrenagem



Fonte: (TUCCI e PORTO, 1995)

Dentre as estruturas hidráulicas utilizadas para realizar o escoamento e a captação de água, destacam-se:

- *Sarjetas*: são estruturas vizinhas ao meio-fio, paralelas e longitudinais aos arruamentos, cuja função é receber e transportar superficialmente a água pluvial advinda de todos os lotes e vias públicas até as bocas de lobo;
- *Sarjetões* são canaletas que cruzam as vias públicas e tem a função de direcionar o escoamento superficial advindo das sarjetas na travessia da via;

- *Bocas de lobo (B.L.)*: são as aberturas na sarjeta e/ou meio-fio para coletar a água pluvial e transportá-la até a galeria, cuja posição depende da capacidade de transporte da sarjeta e a quantidade depende da capacidade de engolimento de cada unidade;
- *Tubos de ligação (T.L.)*: tem a função de transportar as águas pluviais da boca de lobo até a galeria, cuja confluência desse tubo com a galeria se faz por meio de caixa de ligação ou poço de visita, a depender do traçado;
- *Caixas de ligação (C.L.)*: tem a função de unir um tubo de ligação advindo de uma boca de lobo à galeria e unir mais de quatro tubos de ligação a uma mesma galeria;
- *Poços de visita (P.V.)*: tem a função similar à caixa de ligação, com a vantagem de ser visitável;
- *Galerias*: têm a função de transportar as águas pluviais advindas dos tubos de ligação até o sistema de macrodrenagem;
- *Dissipadores de energia*: são estruturas físicas responsáveis pela dissipação de energia do escoamento no trecho final das galerias ou no final do sistema de microdrenagem.

A figura 7 retrata os tipos de bocas de lobo existentes, que podem ser empregadas para realizar a coleta da água pluvial, e encaminhá-la até as galerias.

Figura 7- Tipos de bocas de lobo



(KURODA, 2015)

O sistema de macrodrenagem é o responsável pelo escoamento das águas pluviais advindas do sistema de microdrenagem. Corresponde aos cursos de água naturais (córregos ou rios), que podem ou não receber obras estruturais (canais e bueiros) para garantir o escoamento das grandes vazões e grandes velocidades do escoamento.

Assim, a drenagem urbana moderna deve ter os seguintes princípios (TUCCI e PORTO, 1995):

- Não transferir impactos para jusante;
- Não ampliar cheias naturais;
- Propor medidas de controle para o conjunto da bacia;
- Legislação e Planos de Drenagem para controle e orientação;
- Constante atualização de planejamento por estudo de horizontes de expansão;
- Controle permanente do uso do solo e áreas de risco;
- Competência técnico-administrativa dos órgãos públicos gestores;
- Educação ambiental qualificada para o poder público, população e meio técnico.

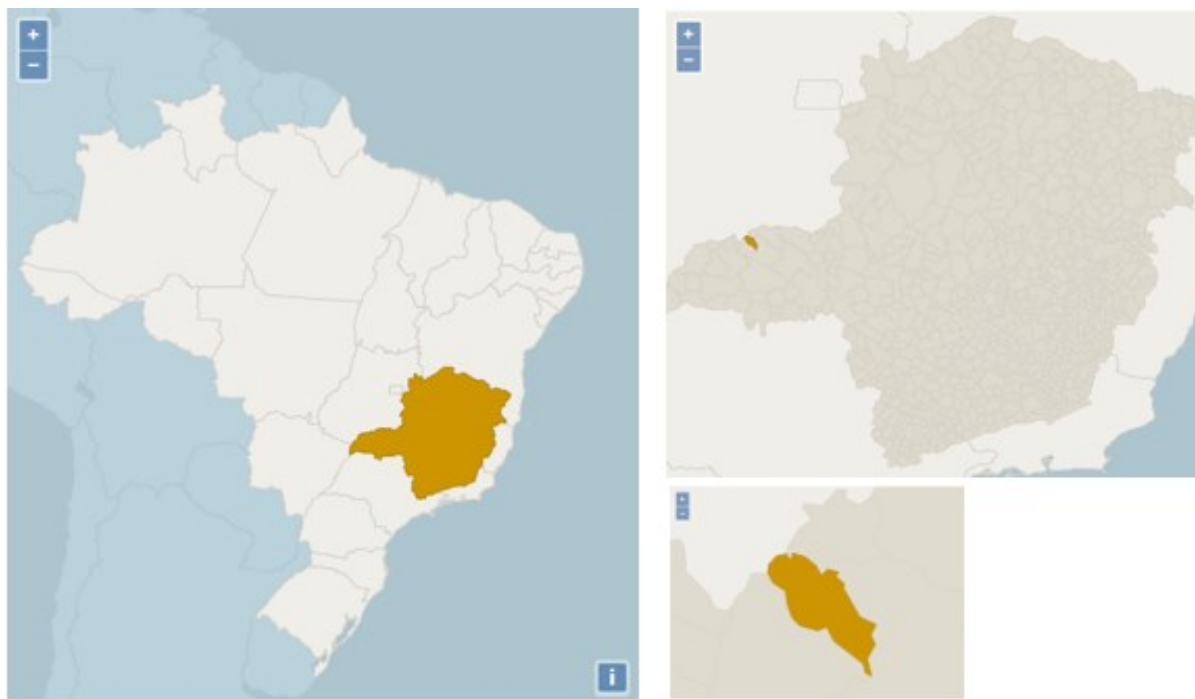
3. METODOLOGIA

Neste capítulo serão abordados e descritos a área de estudo e os métodos utilizados para realização deste trabalho. É importante ressaltar que os dados para realização desse trabalho são para fins acadêmicos, e na falta de dados com maior precisão, principalmente os dados altimétricos, obtidos por meio do Google Earth[®].

3.1. ÁREA DE ESTUDO

A área de estudo se concentra no loteamento Santa Bárbara, que está localizado no município de Centralina, região sudeste do Brasil, no estado de Minas Gerais (Figura 8). À margem da rodovia BR-153. Além disso, o município de Centralina faz limites com os municípios mineiros de Canápolis, Monte Alegre de Minas, Araporã e no Estado de Goiás, com o município de Itumbiara, do qual a distância é de 20 km. O município possui área de 327,191 km² e uma população estimada para 2018 de 10.425 pessoas (IBGE, 2010).

Figura 8 - Localização da área de estudo, Brasil - Minas Gerais - Centralina



Fonte: adaptado (IBGE, 2010)

3.2. LEVANTAMENTO E TRATAMENTO DE DADOS

Foi realizado o dimensionamento do sistema de microdrenagem no loteamento Santa Bárbara, localizado próximo ao Parque de Exposições Francisco Marciano de Oliveira.

Após definido o local de estudo, foi realizado a coleta de informações, da seguinte maneira.

Inicialmente buscou-se adquirir os projetos referentes à drenagem urbana do loteamento, o que não foi possível devido à ausência de projeto de drenagem urbana no município em questão. Assim, para a realização do dimensionamento do sistema de microdrenagem, foram levantadas as cotas altimétricas no Google Earth®, e, juntamente com a planta baixa do local fornecida pela Prefeitura Municipal de Centralina-Mg, no formato *Computer Aided Design* (CAD).

A escolha deste loteamento ocorreu de forma estratégica, pois foi observado em visitas de campo, que ocorria uma sobrecarga nos sistemas coletores pluviais à jusante deste trecho, ocasionando problemas como alagamentos e transbordamento das bocas de lobo.

E, além do mais, foi notada a presença de estruturas de coleta de água pluvial neste local, observada por meio de visita de campo, o que deveria impedir que o problema citado ocorresse. Nos locais que foram observados a presença dessas estruturas (sarjetas, bocas de lobo, entre outros) foi realizado inspeção para verificar o funcionamento do sistema.

Com a posse da planta da cidade, foi localizada a área de estudo e analisada separadamente. Foram separadas as quadras do loteamento, determinando assim, em conjunto com os dados topográficos obtidos pelo Google Earth[®], a cota de montante (ponto mais alto do loteamento), que através deste partirá os sentidos preferenciais de escoamento, seguindo preferência pelos locais com maiores declividades.

Com a localização dos pontos e a sua respectiva cota altimétrica, foram estabelecidos os sentidos de escoamento, com base nas declividades dos trechos. Além disso, determinou-se também as áreas de contribuição dos lotes (terrenos) e dos trechos (ruas), importantes para estimar as áreas de drenagem máxima, e, conseqüentemente, para estipular o traçado das galerias.

Em posse das áreas de drenagem máxima de cada trecho, foi possível determinar os pontos em que seriam necessários a locação das bocas de lobo, conforme mostrado mais a frente neste trabalho. Concluída esta etapa, partiu-se para determinar o tempo de concentração real, que influi diretamente no escoamento superficial, bem como no dimensionamento das galerias.

4. DRENAGEM PLUVIAL

Este item traz o diagnóstico da atual infraestrutura do sistema de drenagem de águas pluviais, considerando sua adequabilidade e eventuais problemas. O diagnóstico foi realizado apenas na área urbana de Centralina.

A Lei Federal 10.257, de 10 de julho de 2001, denominada Estatuto da Cidade, estabelece normas de ordem pública e interesse social que regulam o uso da propriedade urbana em prol do bem coletivo, da segurança e do bem-estar dos cidadãos, bem como do equilíbrio ambiental, como previsto também no Plano Diretor das cidades.

O município de Centralina não possui Plano Diretor aprovado nem legislação específica sobre parcelamento e uso do solo urbano e rural aprovada. Todavia, a Lei Orgânica Municipal, traz algumas informações sobre o tema, tais como:

- No Título I - Da Organização Municipal, Capítulo II - Da Competência do Município, Artigo 10 - Ao Município compete prover a tudo quanto diga respeito ao seu peculiar

interesse e ao bem-estar de sua população, cabendo-lhe, privativamente, dentre outras: planejar o uso e a ocupação do solo sem seu território, especialmente em sua zona urbana; estabelecer normas de edificação, loteamento, arruamento e zoneamento urbano e rural, bem como as limitações urbanísticas convenientes à ordenação do seu território, observando a lei federal;

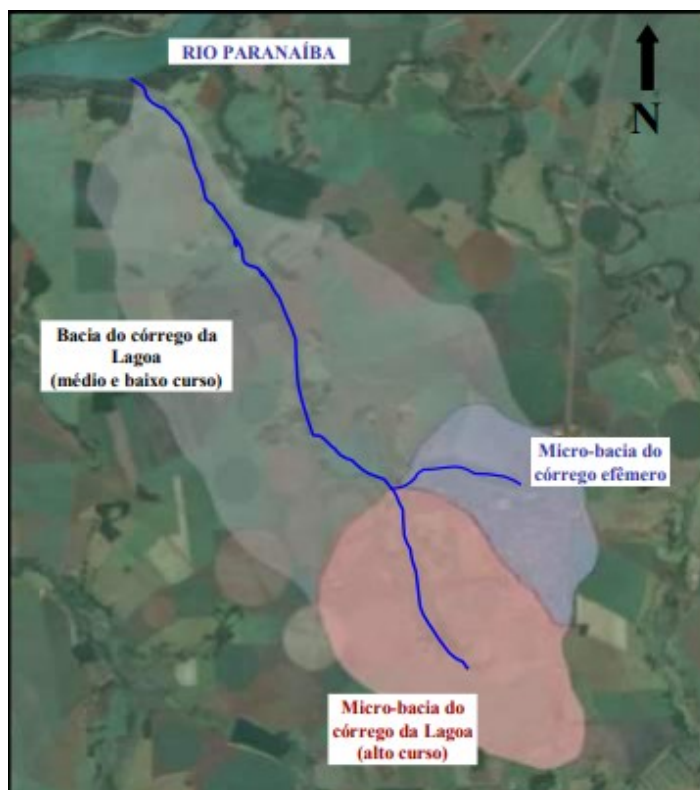
- No Título II - Da Organização dos Poderes, Capítulo II - Do Poder Executivo, Artigo 65 - Compete ao Prefeito, entre outras atribuições, aprovar projetos de edificação e plano de arruamento e zoneamento urbano ou para fins urbanos, observados, no mínimo, vinte metros de distância de nascentes, rios, córregos e riachos;
- No Título IV - Da Ordem Econômica e Social, Capítulo VII - Da Política Urbana, Artigo 160 - O direito à propriedade é inerente à natureza do homem dependendo seus limites e seu uso da convivência social.
- Parágrafo 1º - O Município poderá, mediante lei específica para área incluída no plano diretor, exigir, nos termos da lei federal, do proprietário do solo urbano não edificado, subutilizado ou não utilizado, que promova o seu adequado aproveitamento, sob pena, sucessivamente, de: parcelamento ou edificação compulsória; imposto sobre propriedade predial e territorial urbana progressivo no tempo; desapropriação nos termos da legislação específica vigente.
- Parágrafo 2º - Poderá também o Município organizar fazendas coletivas, orientadas ou administradas pelo poder público, destinadas à formação de elementos aptos às atividades agrícolas.

4.1. SISTEMA DE MICRODRENAGEM

O sistema de microdrenagem é o responsável pela coleta, manejo e disposição das águas pluviais. Conforme consta no Plano Municipal de Saneamento Básico do município, elaborado pela Universidade Federal de Uberlândia, a topografia do município separa o sistema de drenagem em duas áreas de contribuição bem definidas, que direciona o escoamento superficial de água pluvial para o córrego efêmero "sem nome" (que é afluente ao córrego da Lagoa) e diretamente ao córrego da Lagoa. Na microbacia do córrego efêmero "sem nome", o sistema de microdrenagem é constituído por sarjetas, sarjetões, bocas de lobo, tubos de ligação, caixas de ligação e galerias, enquanto na microbacia do córrego da Lagoa, o sistema de microdrenagem é constituído apenas pelas sarjetas. As descrições das instalações hidráulicas atualmente

empregadas na microbacia do córrego efêmero "sem nome" são aqui apresentadas. A Figura 9 traz a delimitação das microbacias do município de Centralina-MG.

Figura 9 - Delimitação das micro-bacias do município de Centralina



Fonte: (PREFEITURA MUNICIPAL DE CENTRALINA, 2015)

Na microbacia do córrego efêmero “sem nome”, as instalações hidráulicas presentes são:

- **Sarjetas:** de uma forma geral, a seção transversal das sarjetas existentes na área urbana de Centralina é constituída basicamente pela parede do meio-fio (guia de concreto) com uma base pouco inclinada também de concreto e, nos casos das vias públicas recapeadas, a base é revestida pela manta asfáltica. As instalações observadas apresentam um bom estado, sem comprometer sua função hidráulica.
- **Sarjetão:** Na área urbana de Centralina predomina as canaletas constituídas por certa depressão no arruamento com revestimento asfáltico, com grande parte das instalações em bom estado de conservação.

Figura 10 – a e b: Sarjetão na área urbana de Centralina



(a)

(b)

Fonte: PREFEITURA MUNICIPAL DE CENTRALINA (2015)

- **Bocas de lobo:** a área urbana de Centralina possui bocas de lobo tipo grelha de ferro fundido e tipo abertura no meio-fio, instalação simples em sua maioria, com dimensões variáveis, com e sem depressão, conforme mostrado na Figura 11, onde foram retiradas em visita no local.

Figura 11 - Tipos das bocas de lobo existentes em Centralina



Fonte: Autor (2019)

Os problemas com a funcionalidade e consequente capacidade de engolimento de diversas bocas de lobo têm relação direta com o acúmulo de resíduos sólidos nas aberturas e com a falta de manutenção na estrutura. A Figura 12 traz diversas instalações com problemas de entupimento na área urbana de Centralina.

Figura 12 - Problemas de entupimento de boca de lobo



Fonte: PREFEITURA MUNICIPAL DE CENTRALINA (2015)

No período que foi realizado o levantamento fotográfico, foram observadas que diversas instalações apresentaram a laje cobertura da boca de lobo danificada, comprometendo a segurança física da população, além de posicionamento incorreto de algumas bocas de lobo nas proximidades de intersecção das sarjetas, o que pode atrapalhar na travessia dos pedestres de uma esquina a outra no momento chuvoso. A Figura 13 traz alguns desses problemas na área urbana de Centralina.

Figura 13 - Bocas de lobo danificadas



Fonte: Autor (2019)

De acordo com o Plano Municipal de Saneamento Básico (PREFEITURA MUNICIPAL DE CENTRALINA, 2015), na época de realização do mesmo, foi constatado algumas regiões com ausência de bocas de lobo, o que acarreta diversos problemas como alagamento das vias públicas da cidade. As regiões citadas estão identificadas na Figura 14.

Figura 14 - Regiões com ausência de boca de lobo



Fonte: (PREFEITURA MUNICIPAL DE CENTRALINA, 2015)

- **Tubos de ligação:** os tubos de ligação existentes na área urbana de Centralina apresentam diâmetros variáveis (0,25 m, 0,30 m e 0,40 m), com material PVC e concreto. Esta consideração foi possível a partir de visitas no local e conforme previsto no Plano Municipal de Saneamento Básico.
- **Caixas de ligação:** são estruturas com seções horizontais geralmente quadradas, cujas locações apresentadas no traçado da rede advêm de suposições considerando as finalidades dessa estrutura, lembrando que a Prefeitura Municipal não possui o traçado das galerias pluviais da cidade de Centralina.
- **Poços de visita:** na área urbana de Centralina foram instalados poços de visita nas mudanças de direção da galeria e nos entroncamentos de vários trechos de galerias.
- **Galerias:** as galerias da área urbana de Centralina são formadas por tubulações de diâmetro variável (0,8 e 1,0 m) e material concreto. Estas considerações foram possíveis a partir de visitas no local e verificação do Plano de Saneamento Básico em conjunto com o corpo técnico da cidade.

Durante as visitas realizadas não houve nenhuma precipitação que causasse grande alarde ou que colocasse à prova o sistema de escoamento pluvial da cidade. Porém, de acordo com relatos

dos moradores, ainda persiste problemas como obstrução da galeria por acúmulo de resíduos sólidos, podendo observar diversos sacos plásticos e entulhos descartados de maneira inadequada, apresentando também um grande problema de manutenção e limpeza desses locais. Esse acúmulo de resíduos aparenta ser um problema recorrente, tendo em vista que consta no Plano Municipal de Saneamento Básico, os mesmos problemas, resultando em situações como a da Figura 15, localizada na região 3, conforme já apresentado pelo Plano Municipal.

Figura 15 – Localização e situação de acúmulo de folhas nas galerias



Fonte: PREFEITURA MUNICIPAL DE CENTRALINA (2015)

- **Dissipadores de energia:** na cidade de Centralina, os lançamentos finais das galerias concentram-se em três pontos no córrego efêmero “sem nome” (pontos A, B e C). O Ponto D concentra todo o escoamento superficial de água pluvial da Avenida da Saudade, onde não existe nenhum processo erosivo considerável.

Os lançamentos das galerias de água pluvial no córrego efêmero "sem nome", identificados pelos pontos A, B e C não existem estruturas dissipadoras de energia. Nos pontos A, B e C, as tubulações de concreto com diâmetros internos de 1,0, 0,8 e 0,8 m, respectivamente, deságuam diretamente água pluvial no córrego. O posicionamento das galerias nas margens do córrego ameniza a ocorrência do processo erosivo, de acordo com visitas ao local e com informações

obtidas pela Prefeitura Municipal de Centralina. A Figura 16 observa-se os locais de lançamento das galerias de águas pluviais.

Figura 16 - Locais de lançamento das galerias de águas pluviais



Fonte: PREFEITURA MUNICIPAL DE CENTRALINA (2015)

As Figuras 17,18 e 19 retratam os locais de lançamento das galerias pluviais, nos pontos A, B e C respectivamente.

Figura 17 - Ponto A



Fonte: Autor (2019)

Figura 18 - Ponto B



Fonte: PREFEITURA MUNICIPAL DE CENTRALINA (2015)

Figura 19 - Ponto C



Fonte: Autor (2019)

Figura 20 - Ponto D



PREFEITURA MUNICIPAL DE CENTRALINA (2015)

4.2. SISTEMA DE MACRODRENAGEM

É o sistema responsável pelo escoamento das águas pluviais advindas do sistema de microdrenagem. Corresponde aos cursos de água naturais (córregos ou rios), que podem ou não receber obras estruturais (canais e bueiros) para garantir o escoamento das grandes vazões e grandes velocidades do escoamento. O sistema de macrodrenagem da cidade de Centralina é formado pelo córrego efêmero “sem nome” (que é afluente do córrego da Lagoa) e pelo próprio córrego da Lagoa, não existindo obra estrutural de canalização nos córregos.

O córrego da Lagoa recebe, de forma difusa, a água de chuva escoada superficialmente na microbacia hidrográfica do córrego da Lagoa. Não foi detectada a ocorrência de erosão nesta microbacia, conforme passado pelo corpo técnico do município.

O córrego efêmero "sem nome", conforme já descrito anteriormente, recebe a maior parte da água precipitada na área urbana. Este córrego efêmero é canalizado apenas por abertura de vala em terra nos primeiros 180 m a partir do ponto A (Figuras 16). A partir daí o córrego segue um traçado natural respeitando o relevo local. Existem dois bueiros construídos para travessias das Avenidas Afonso Pena e do Contorno, que corresponde aos bueiros 1 e 2, respectivamente, conforme descrito no Plano Municipal de Saneamento Básico.

O bueiro 1 é formado por uma seção retangular composta, de largura de base igual a 1,0 m, largura de topo igual a 2,1 m e altura total do canal de aproximadamente 3,0 m (Figura 21 e 22).

Figura 21 - Localização dos Bueiros 1 e 2



Fonte: PREFEITURA MUNICIPAL DE CENTRALINA (2015)

Conforme descrito no Plano de Saneamento Básico, as paredes do canal do bueiro 1 são formadas por pedras basálticas até a altura aproximada de 1,6 m (escavação direta em rocha basáltica) e, a partir daí, é formada por paredes de concreto que funcionam também, como suporte da estrutura da travessia ((PREFEITURA MUNICIPAL DE CENTRALINA, 2015) .

Figura 22 - Bueiro 1



Montante do bueiro 1



Seção transversal do bueiro 1



Jusante do bueiro 1

Fonte: PREFEITURA MUNICIPAL DE CENTRALINA (2015)

O bueiro 2 é constituído por três tubulações de concreto com diâmetro interno de 0,8 m cada (Figura 23). De acordo com informação do corpo técnico da Secretaria de Obras Municipal, não existe registro histórico de inundação nas travessias das Avenidas Afonso Pena e do

Contorno, mostrando que os bueiros não apresentam problemas na capacidade de transporte de água pluvial.

Figura 23 - Bueiro 2



Fonte: (PREFEITURA MUNICIPAL DE CENTRALINA, 2015)

No Plano de Saneamento Básico do município, consta como prognóstico a médio prazo, a sugestão de viabilidade da instalação de tubulação subterrânea de concreto para canalização do córrego efêmero ao longo de todo o percurso pela periferia da área urbana de Centralina, até alcançar a travessia pela Avenida do Contorno. Provavelmente, duas tubulações em paralelo com diâmetro de 1,0 m são suficientes para atender as necessidades, conforme descrito em (PREFEITURA MUNICIPAL DE CENTRALINA, 2015) .

Assim, percebe-se que o município não dispõe de um sistema definido e específico para manutenção da rede de drenagem. As obras de intervenções são pontuais e a agilidade na execução dos trabalhos de manutenção tem relação com a gravidade do problema em questão, tanto do funcionamento hidráulico, quanto da segurança da população.

O município de Centralina ainda não possui uma legislação específica para a drenagem urbana. A fiscalização na área de drenagem urbana é deficitária, haja visto que existe grande quantidade de boca de lobo danificadas e entupidas por resíduos sólidos, e, em algumas regiões da área urbana, especificamente nos lotes urbanos com topografias desfavoráveis, existem lançamentos das águas pluviais provenientes dos telhados e quintais nos coletores tronco.

O serviço de manutenção da rede de drenagem na área urbana de Centralina é responsabilidade da Secretaria de Obras Municipal. Não existem programas de limpeza e desobstrução das bocas de lobo o que efetivamente aumentaria a capacidade de captação e transporte da água pluvial. Também, existem regiões na área urbana que apresentam deficiências no sistema de drenagem

especificamente pela ausência de bocas de lobo. De acordo com a Secretaria de Obras Municipal, em função da topografia favorável da área urbana, não existem registros históricos de enchente na cidade de Centralina.

Além desses problemas, existem indícios de ligações clandestinas de esgotos sanitários ao sistema de drenagem pluvial e vice-versa. Foi observado durante as visitas in loco, que ocorria em alguns casos a vedação de algumas bocas de lobo (com placas de madeira ou papelão) na região central de Centralina, é um indício de ligação clandestina de esgotos sanitários ao sistema de drenagem pluvial, conforme ilustra a Figura 24. A vedação da boca de lobo (com placas de madeira ou papelão) tem o objetivo de evitar a saída de gases mal cheirosos.

Figura 24 - a e b :Bocas de lobo com vedação para evitar mal cheiro



a: situação encontrada em 2015



b: situação atual em 2019

Portanto, conforme já foi mencionado nos itens anteriores, os principais problemas observados na área urbana quanto ao sistema de drenagem urbana são:

- Funcionalidade e consequente capacidade de engolimento de diversas bocas de lobo, em função do acúmulo de resíduos sólidos nas aberturas;
- Falta de manutenção nas instalações de diversas bocas de lobo;
- Lançamento das águas pluviais provenientes dos telhados e quintais para os coletores tronco do sistema de esgotamento sanitário, em lotes urbanos com topografias desfavoráveis;
- Ausência de bocas de lobo na Avenida Afonso Pena, no trecho entre a Rua 08 e a Avenida Alice M. Monte.

5. DIMENSIONAMENTO DO SISTEMA DE MICRODRENAGEM

Neste item foi proposto o dimensionamento do sistema de microdrenagem do Loteamento Santa Bárbara, localizado na cidade de Centralina (Figura 26), pois através de observação no local e conforme já mencionado, percebe-se ausência de bocas de lobo na Avenida Afonso Pena, no trecho entre a Rua 08 e a Avenida Alice M. Monte, na Região 2 da Figura 14.

O trecho em questão, se localiza à jusante do loteamento que será realizado o dimensionamento do sistema de microdrenagem. Os sistemas de microdrenagem neste loteamento, funcionando adequadamente, amenizará os problemas de alagamento na região 2, tendo em vista que a água já estaria sendo escoada pela galeria pluvial, ao invés de seguir o escoamento nas sarjetas, como ocorre atualmente.

Para realizar o dimensionamento foi utilizado o método racional. O método Racional é utilizado para o dimensionamento das redes de drenagem urbana dada sua simplicidade, uma vez que engloba todos os processos em apenas um coeficiente “Coeficiente de Escoamento (C)”. No entanto, não devem ser aplicados em bacias com área superior a 2 km². No cálculo do Método Racional para a determinação da vazão de dimensionamento ou projeto é determinada em função da precipitação, da área e das características do recobrimento da bacia (TUCCI e PORTO, 1995).

A precipitação é determinada por meio da equação de chuva (Intensidade, Duração e Frequência – IDF) do local em estudo. Para a região de Centralina-MG, foi utilizada a Equação 1:

$$i = \frac{1448 \times Tr^{0,10}}{(t+20)^{0,84}} \quad (1)$$

Onde:

- i = intensidade de chuva, em mm/h;
- Tr = período de retorno, em anos;
- t = duração da chuva, em min.

Para realizar os cálculos a seguir, foi estipulado o tempo de retorno (Tr) de 10 anos e o tempo de duração da chuva, em 10 min.

A área total de contribuição para a microdrenagem na cidade de Centralina é formada apenas por duas micro-bacias hidrográficas, sendo a microbacia de córrego efêmero (que é afluente ao córrego da Lagoa e tem uma área de contribuição total de 328,8 ha) e a microbacia do córrego da Lagoa em seu alto curso (área de contribuição total de 705,2 ha), de acordo com o Plano

Municipal de Saneamento Básico do município, conforme ilustra a Figura 25. O loteamento Santa Bárbara se localiza na microbacia do córrego da Lagoa.

Figura 25 - Delimitação das micro-bacias hidrográficas no município de Centralina-MG



Fonte: Plano Municipal de Saneamento Básico (2015)

A figura 26 representa a localização do loteamento na cidade, representação por meio de foto de satélite.

Figura 26 - Localização do loteamento Santa Bárbara



Fonte: Google Earth® (2019)

5.1. DETERMINAÇÃO DAS ÁREAS DE DRENAGEM MÁXIMAS

O cálculo da área de drenagem máxima está vinculada ao tipo de rua estabelecida para a via (rua interna e rua externa), e também à declividade do trecho desta via que está sendo efetuado o cálculo, funcionando como dispositivo que determina o início da galeria de microdrenagem, quando a área de montante do trecho ultrapassar o valor encontrado para a área de drenagem máxima, pois a partir deste ponto teoricamente a sarjeta não comportaria mais a vazão de escoamento.

Quando a declividade do trecho for maior que a declividade máxima, a determinação da área máxima de drenagem envolve a restrição da velocidade na sarjeta pela velocidade adotada.

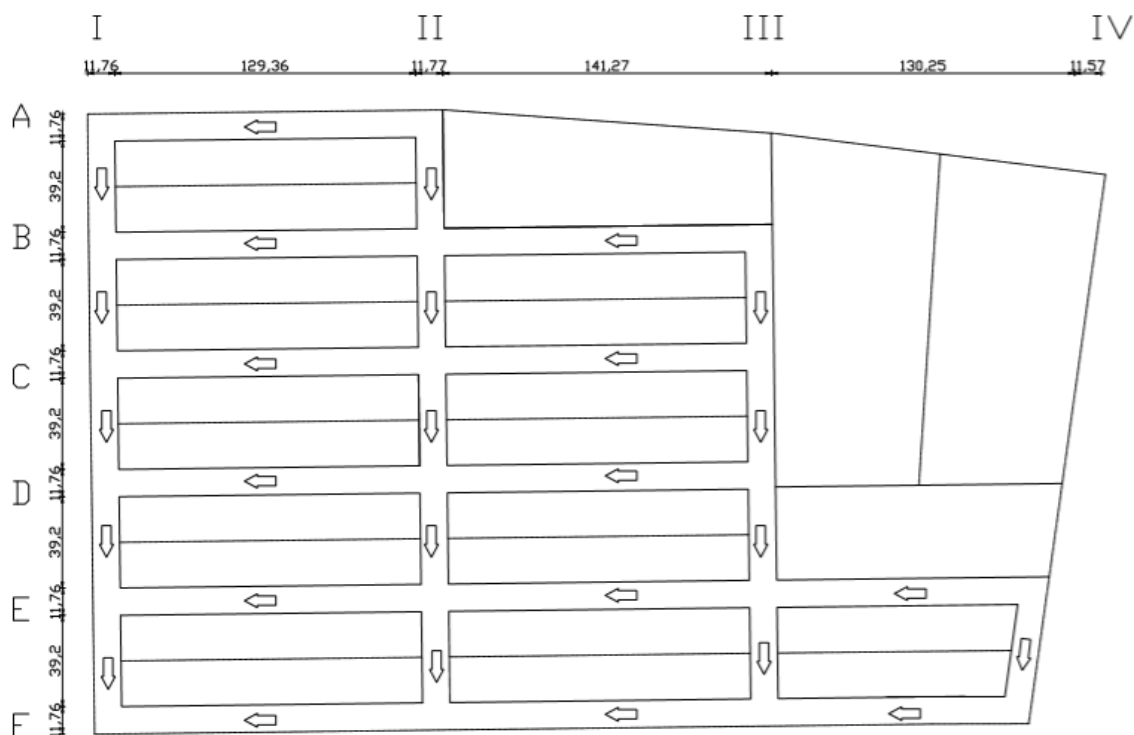
Com o software AUTOCAD, delimitou-se as áreas de contribuição de cada trecho do loteamento Santa Bárbara, e, o seu sentido preferencial de escoamento. A Figura 27-a, ilustra o loteamento, onde o sentido preferencial de escoamento da água pela sarjeta em cada trecho é determinado a partir da declividade natural do terreno que irá receber o sistema de drenagem, conforme a Figura 27-b, sendo que o sentido de escoamento dentro dos lotes, inicia-se desde sua divisa de fundo deslocando-se no sentido de seu alinhamento frontal.

Figura 27 - a: Loteamento Santa Bárbara



Fonte: Google Earth® (2019)

Figura 27-b: Sentido preferencial de escoamento



Fonte: Autor (2019).

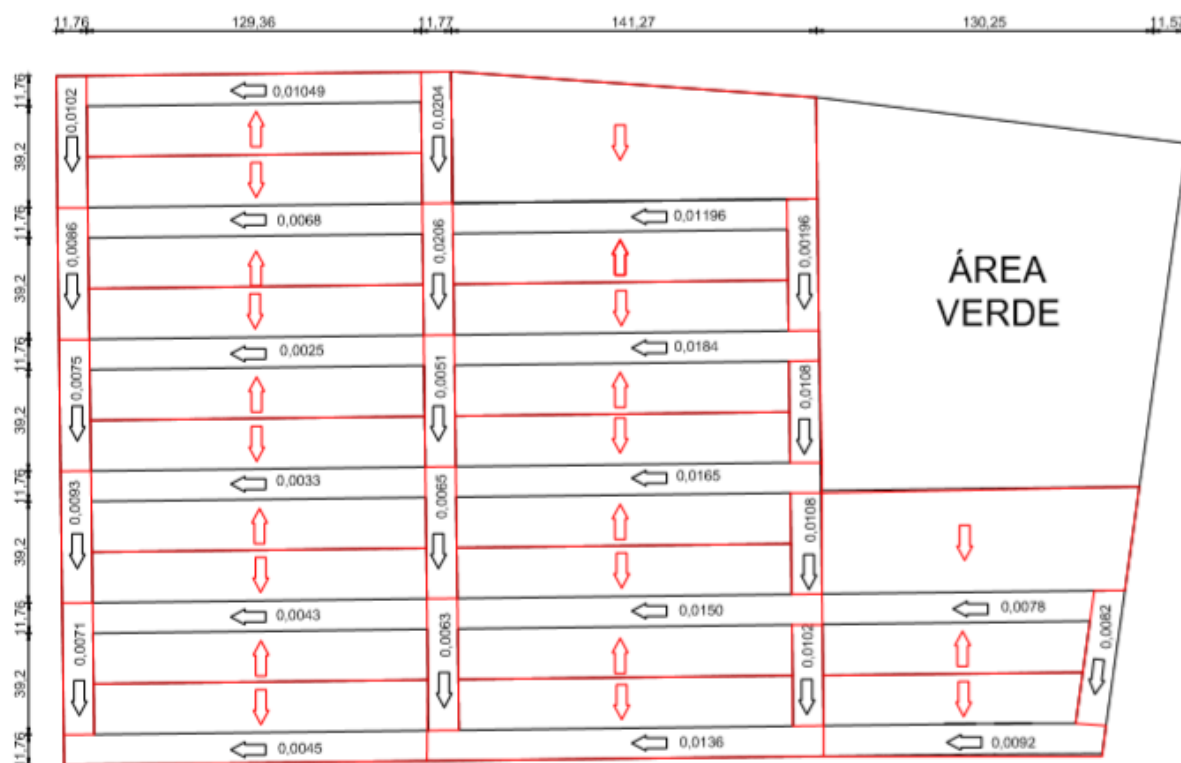
Após determinados os sentidos do escoamento, identificou as áreas de contribuição, conforme a Figura 28, com suas respectivas declividades. Para determinar as declividades, foi utilizada a Equação 2, que leva em conta a diferença entre as cotas à montante e jusante de cada trecho.

$$I = \frac{CT_m - CT_j}{L} \quad (2)$$

Onde:

- I: declividade do trecho, em m/m;
- CT_m : Cota do terreno à montante, em metros;
- CT_j : Cota do terreno à jusante, em metros;
- L: comprimento do trecho, em metros.

Figura 28 - Áreas de contribuição



Fonte: Autor (2019).

Logo, os dados obtidos foram organizados e relacionados na Tabela 4, onde foram determinadas as inclinações, áreas de contribuição e cotas de cada trecho.

A determinação da declividade máxima ($I_{\text{máx}}$) do sistema de drenagem depende da velocidade máxima adotada permitida para o escoamento pluvial em sarjeta, juntamente com a altura da lâmina de água máxima que escoará por este canal e do material utilizado para sua construção, em equação própria determinada a partir de equação de Manning, sendo ela que estabelece a área de drenagem máxima para o trecho com maior declividade que seu valor.

Pelo Método Racional Modificado, determina-se a vazão de contribuição de cada trecho, através do coeficiente de deflúvio (f), conforme Equações 3 e 4.

- Vazão de contribuição (L/s)

$$Q = f \times m \times i \times A \quad (3)$$

Onde:

- f : coeficiente de deflúvio, que pode ser determinado pela expressão :

$$f = m' \times (i \times t_c)^{1/3}, \text{ em que } m' \text{ é dado conforme Tabela 2;}$$

Tabela 2 - Valores de m' de acordo com o coeficiente de escoamento superficial

Coeficiente de escoamento superficial C	m'
0,80	0,0058
0,60	0,0043
0,40	0,0029
0,25	0,0018

(NUNES, 2016)

- m : coeficiente de distribuição das chuvas;
- i : intensidade da chuva, em mm/h;
- A : área de contribuição, ha.

Para determinar m , tem-se que A maior 1 ha (um hectare) , $m = \left(\frac{1}{A}\right)^{0,15}$, nos casos para A menor que 1 ha, $m = 1$.

Neste dimensionamento, foi adotado como velocidade máxima de escoamento superficial 3,0 m/s, altura da lâmina líquida da sarjeta (y_s) será estipulado como 13 cm. Além disso, a Tabela 3 traz os valores referentes à área de drenagem máxima. Para sua determinação foi lançado mão das seguintes equações:

- Vazão de escoamento superficial na sarjeta:

$$Q_s = 0,375 \times y_s^{8/3} \times tg\theta_0 \times \frac{l^{1/2}}{n} \quad (4)$$

Onde:

- θ_0 : ângulo formado entre o meio fio e a rua;
- n : coeficiente de rugosidade, determinado conforme Tabela 3;

Tabela 3 - Coeficiente de rugosidade (n)

TIPO DE SARJETA OU PAVIMENTO	n
Sarjeta de concreto, bom acabamento	0,012
Pavimento de asfalto	
Textura lisa	0,013
Textura áspera	0,016
Sarjeta de concreto, com pavimento de asfalto	
Textura lisa	0,013
Textura áspera	0,015

(NUNES, 2016)

- I : declividade de cada trecho.

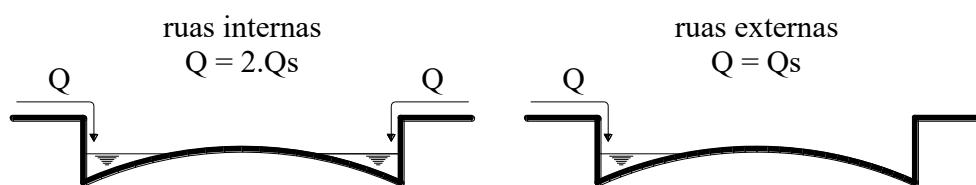
- Velocidade de escoamento superficial na sarjeta:

$$V_s = 0,75 \times y_s^{2/3} \times \frac{I^{1/2}}{n} \quad (5)$$

Para determinar a declividade máxima, na Equação 4, entra-se com os valores de V_s e y_s , obtendo o valor para $I_{\text{máx}} = 0,0547 \text{ m/m}$, onde observa-se que não ocorreu nenhum ponto em que este valor foi superado. Também foram classificadas as ruas, em externas e internas, de acordo com o Quadro 1.

Nas ruas externas, possui somente uma sarjeta, logo: $Q = Q_s$, e nas ruas internas, $Q = 2 Q_s$. (Figura 29).

Figura 29 - Classificação das ruas



Fonte: adaptado (TUCCI, 2004)

Essa relação é importante para determinação das áreas de drenagem máxima, pois: $Q = 2,78 \times 10^{-3} \times f \times m \times i \times A$ (nos casos em que $I < I_{\text{máx}}$, o que ocorre em todos os trechos).

Quadro 1 - Determinação das áreas de drenagem máximas da sarjeta

Rua	Trecho		Classificação da rua	Extensão (m)	Cotas (m)		Áreas (ha)			Declividades		Admáx (ha)
	da rua	até a rua			montante	jusante	montante	trecho	jusante	I<Imáx	I>Imáx	
A	II	I	externa	141,12	545,00	543,52	0	0,4053	0,4053	0,0105	-	1,048
B	III	II	interna	147,15	545,72	543,96	0	1,0413	1,0413	0,0120	-	2,239
	II	I	interna	141,12	543,96	543,00	0	0,6594	0,6594	0,0068	-	1,689
C	III	II	interna	147,15	545,62	542,91	0,0599	0,6732	0,7331	0,0184	-	2,778
	II	I	interna	141,12	542,91	542,56	0,0000	0,6594	0,6594	0,0025	-	1,020
D	III	II	interna	147,15	545,07	542,65	0,0479	0,6740	0,7219	0,0164	-	2,625
	II	I	interna	141,12	542,65	542,18	0,0000	0,6594	0,6594	0,0033	-	1,181
E	IV	III	interna	115,26	545,42	544,52	0,0000	0,7977	0,7977	0,0078	-	1,809
	III	II	interna	147,15	544,52	542,32	0,8456	0,6732	1,5188	0,0150	-	2,503
	II	I	interna	141,12	542,32	541,72	0,0000	0,6594	0,6594	0,0043	-	1,335
F	IV	III	externa	109,26	545,00	544,00	0,0615	0,3278	0,3893	0,0092	-	0,979
	III	II	externa	147,15	544,00	542,00	0,4363	0,3451	0,7814	0,0136	-	1,193
	II	I	externa	141,12	542,00	541,36	5,0967	0,4188	5,5155	0,0045	-	0,689
IV	E	F	externa	51,76	545,42	545,00	0	0,0615	0,0615	0,0081	-	0,922
III	B	C	interna	50,96	545,72	545,62	0	0,0599	0,0599	0,0020	-	0,907
	C	D	interna	50,96	545,62	545,07	0	0,0479	0,0479	0,0108	-	2,127
	D	E	interna	50,96	545,07	544,52	0	0,0479	0,0479	0,0108	-	2,127
	E	F	interna	50,96	544,52	544,00	0	0,0470	0,0470	0,0102	-	2,068
II	A	B	interna	50,96	545,00	543,96	0	0,0595	0,0595	0,0204	-	2,925
	B	C	interna	50,96	543,96	542,91	1,1008	0,0599	1,1607	0,0206	-	2,939
	C	D	interna	50,96	542,91	542,65	1,8937	0,0599	1,9537	0,0051	-	1,462
	D	E	interna	50,96	542,65	542,32	2,6756	0,0599	2,7356	0,0065	-	1,647
	E	F	interna	50,96	542,32	542,00	4,2544	0,0609	4,3153	0,0063	-	1,622
I	A	B	externa	50,96	543,52	543,00	0,4053	0,0603	0,4655	0,0102	-	1,034
	B	C	externa	50,96	543,00	542,56	1,1249	0,0599	1,1848	0,0086	-	0,951
	C	D	externa	50,96	542,56	542,18	1,8442	0,0599	1,9041	0,0075	-	0,884
	D	E	externa	50,96	542,18	541,72	2,5635	0,0599	2,6234	0,0090	-	0,973
	E	F	externa	50,96	541,72	541,36	3,2828	0,0599	3,3427	0,0071	-	0,860

Fonte: Autor (2019)

5.2. DETERMINAÇÃO DO TEMPO DE CONCENTRAÇÃO REAL

O tempo de concentração real da área a ser drenada é utilizado para determinar a intensidade pluviométrica que será empregada para o dimensionamento das galerias no início de seus trechos.

Para o cálculo do tempo de concentração real, deve-se saber o local de início de cada galeria, se houver mais de uma, que fora encontrado na primeira parte desta etapa, por meio da comparação da área de contribuição a jusante do trecho em questão, com a sua área de drenagem máxima, conforme mostrado na Quadro 2, verificando qual dos trechos que antecede cada início de galeria é o mais viável a ser adotado.

Quadro 2 - Determinação de começo das galerias

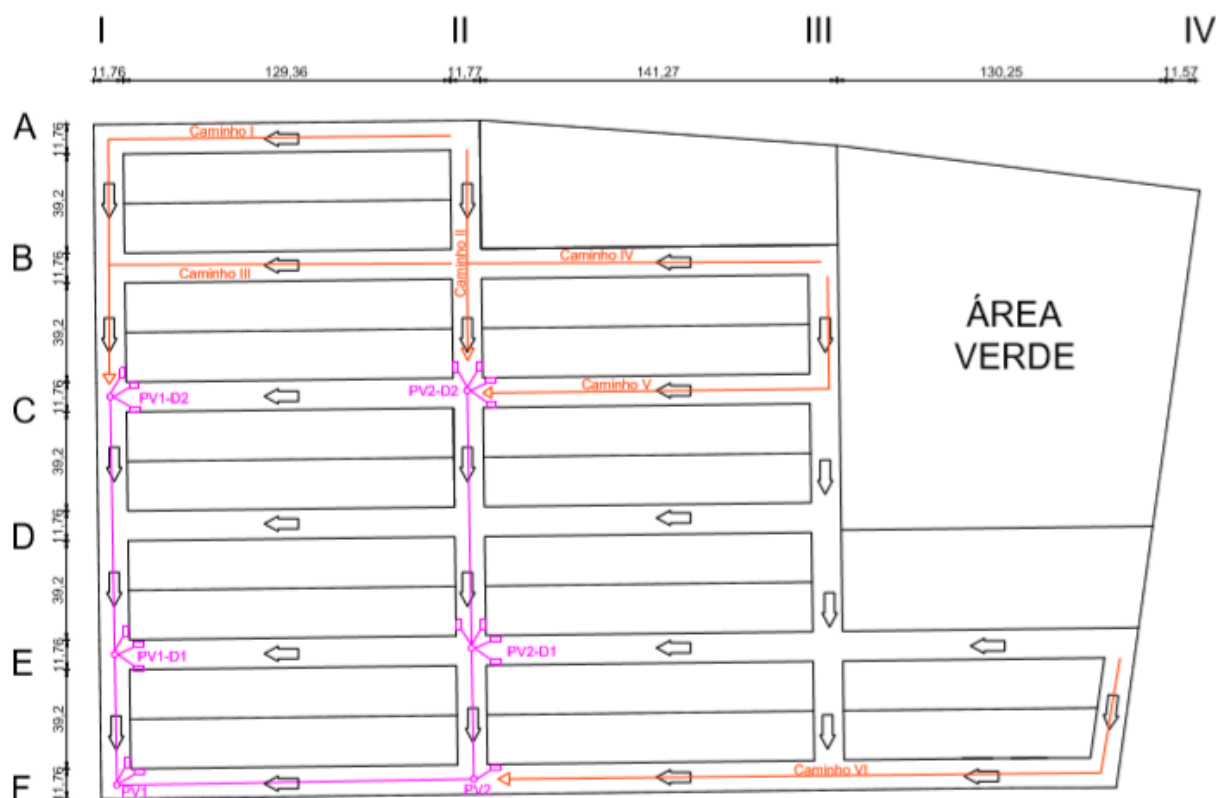
Rua	Trecho		Classificação da rua	Extensão (m)	Cotas (m)		Áreas (ha)			Declividades		Admáx (ha)	Condição à necessidade de B.L.
	da rua	até a rua			montante	jusante	montante	trecho	jusante	I<Imáx	I>Imáx		
A	II	I	externa	141,12	545	543,52	0	0,4053	0,4053	0,0105	-	1,048	-
B	III	II	interna	147,15	545,72	543,96	0	1,0413	1,0413	0,0120	-	2,239	-
	II	I	interna	141,12	543,96	543	0	0,6594	0,6594	0,0068	-	1,689	-
C	III	II	interna	147,15	545,62	542,91	0,0599	0,6732	0,7331	0,0184	-	2,778	-
	II	I	interna	141,12	542,91	542,56	0,0000	0,6594	0,6594	0,0025	-	1,020	-
D	III	II	interna	147,15	545,07	542,65	0,0479	0,6740	0,7219	0,0164	-	2,625	-
	II	I	interna	141,12	542,65	542,18	0,0000	0,6594	0,6594	0,0033	-	1,181	-
E	IV	III	interna	115,26	545,42	544,52	0,0000	0,7977	0,7977	0,0078	-	1,809	-
	III	II	interna	147,15	544,52	542,32	0,8456	0,6732	1,5188	0,0150	-	2,503	-
	II	I	interna	141,12	542,32	541,72	0,0000	0,6594	0,6594	0,0043	-	1,335	-
F	IV	III	externa	109,26	545	544	0,0615	0,3278	0,3893	0,0092	-	0,979	-
	III	II	externa	147,15	544	542	0,4363	0,3451	0,7814	0,0136	-	1,193	-
	II	I	externa	141,12	542	541,36	5,0967	0,4188	5,5155	0,0045	-	0,689	Inserir B.L
IV	E	F	externa	51,76	545,42	545	0,0000	0,0615	0,0615	0,0081	-	0,922	-
III	B	C	interna	50,96	545,72	545,62	0,0000	0,0599	0,0599	0,0020	-	0,907	-
	C	D	interna	50,96	545,62	545,07	0,0000	0,0479	0,0479	0,0108	-	2,127	-
	D	E	interna	50,96	545,07	544,52	0,0000	0,0479	0,0479	0,0108	-	2,127	-
	E	F	interna	50,96	544,52	544	0,0000	0,0470	0,0470	0,0102	-	2,068	-
II	A	B	interna	50,96	545	543,96	0,0000	0,0595	0,0595	0,0204	-	2,925	-
	B	C	interna	50,96	543,96	542,91	1,1008	0,0599	1,1607	0,0206	-	2,939	-
	C	D	interna	50,96	542,91	542,65	1,8937	0,0599	1,9537	0,0051	-	1,462	Inserir B.L
	D	E	interna	50,96	542,65	542,32	2,6756	0,0599	2,7356	0,0065	-	1,647	Inserir B.L
	E	F	interna	50,96	542,32	542	4,2544	0,0609	4,3153	0,0063	-	1,622	Inserir B.L
I	A	B	externa	50,96	543,52	543	0,4053	0,0603	0,4655	0,0102	-	1,034	-
	B	C	externa	50,96	543	542,56	1,1249	0,0599	1,1848	0,0086	-	0,951	Inserir B.L
	C	D	externa	50,96	542,56	542,18	1,8442	0,0599	1,9041	0,0075	-	0,884	Inserir B.L
	D	E	externa	50,96	542,18	541,72	2,5635	0,0599	2,6234	0,0090	-	0,973	Inserir B.L
	E	F	externa	50,96	541,72	541,36	3,2828	0,0599	3,3427	0,0071	-	0,860	Inserir B.L

Fonte: Autor (2019)

Após determinados os locais de começo das galerias, é necessário a escolha de um caminho representativo para o cálculo do tempo de concentração real, esta escolha é realizada comparando-se os comprimentos dos trechos a montante das galerias, verificando aquele que apresenta um tempo de concentração que não comprometa as dimensões das galerias.

Na análise, o trecho com maior comprimento pode significar, possivelmente, o tempo de concentração real maior, resultando em uma intensidade pluviométrica e vazões menores, sendo um sistema mais econômico, porém, com menor diâmetro e possivelmente subdimensionado. Já o trecho de comprimento menor resultaria em um sistema seguro, porém, com diâmetro possivelmente superdimensionado. Assim, deve-se procurar adotar o trecho cujo comprimento resulte em um sistema intermediário em relação aos outros e que promova o escoamento das águas pluviais integralmente. A Figura 30 mostra os caminhos críticos analisados, e dispostos no Quadro 3, que além de calculado o comprimento do caminho crítico, como sendo o mais próximo da média dos 5 (cinco) valores determinados, traz também o valor encontrado para o t_c real.

Figura 30 - Comprimento dos trechos à montante das galerias (caminho crítico)



Fonte: Autor (2019)

De acordo com o Quadro 3, o caminho mais próximo à média de todos os caminhos, corresponde ao caminho III, no qual seu trajeto inicia-se na rua B, do trecho II para o trecho I, seguindo para a rua I, do trecho B até a primeira galeria, PV1-D2.

Quadro 3- Determinação do caminho crítico

Caminho	I	II	III	IV	V	VI	Média (m)
L (m)	232,03	83,33	182,7	178,33	180,99	281,87	189,88

Fonte: Autor (2019)

Em sequência, com o caminho crítico escolhido, foi calculado o tempo de concentração real (t_c), do trecho em questão, e usado o mesmo para o dimensionamento das galerias. O Quadro 4 traz o valor encontrado para o t_c real.

Quadro 4- Tempo de concentração real

Rua	Da rua	Até a rua	Classificação	Ls (m)	I (m/m)	Ad (ha)	ys (m)	$\bar{y}_s$ (m)	$\bar{v}_s$ (m/s)	ts (min)	tc (min)	tcTotal (min)	tcTotal (min)
B	II	I	Interna	135,65	0,0068	0,65935	0,118	0,059	0,6267	3,607	13,607	13,91	14
I	B	PV1-D2	Externa	47,05	0,05994	1,18484	0,076	0,097	2,5858	0,303	0,303		

Fonte: Autor (2019)

5.3. DIMENSIONAMENTO DAS GALERIAS

O dimensionamento das galerias é realizado trecho a trecho utilizando-se a vazão de contribuição calculada pelo Método Racional Modificado e a equação de Manning, que utiliza-se das curvas dos elementos hidráulicos da seção circular. E ainda, neste cálculo emprega-se a intensidade pluviométrica calculada inicialmente com o tempo de concentração real para todos os trechos iniciais de galerias, somando-se ao tempo de escoamento do trecho em questão, resultando no tempo de escoamento total na galeria (tg).

Os valores adotados para velocidades mínima e máxima de escoamento, foram, à plena seção de respectivamente, 0,75 m/s, para evitar o acúmulo de sedimentos, e de 4,0 m/s para evitar desgastes e erosões, evitando o comprometimento da estrutura dos coletores, de acordo com o Quadro 5 (MENEZES FILHO e COSTA, 2012).

Quadro 5 - Parâmetros utilizados em canais e/ou seção circular de águas pluviais

Autor/intituição	V _{mín} (m/s)	V _{máx} (m/s)	T _{ci} (min)	R _m (m)	Seção plena ou h/D	Tipo de escoamento
Tucci et al. (2004)	0,6	5	10	1	Plena	Uniforme
Azevedo Netto e Araújo (1998)	0,75	5	5	1	Plena ou 0,9	Uniforme
Wilken (1978)	0,75	3,5	5 a 15	-	Plena	Uniforme
Alcântara apud Azevedo Netto (1969)	1	4	7 a 15	-	0,7	Grad. Variado
Porto (1999)	V _{med} = 4 a 6		-	-	0,75	Uniforme
Cirilo (2003)	0,6	4,5	-	-	h/D	Uniforme
Methods e Durrans (2003)	0,6 a 0,9	4,5	-	0,9	0,85	Grad. Variado
DAAE - CETESB	-	-	-	-	0,82	Uniforme
Prefeitura Municipal de Goiânia	0,75	5	-	-	0,85 a 0,9	Uniforme
Valores recomendados pelos autores	0,75	5	5	1	0,85	Uniforme

Fonte: adaptado, MENEZES FILHO e COSTA (2012)

Os poços de visita (PV) tem sua localização sugerida nos pontos de mudanças de direção, cruzamento de ruas (reunião de vários coletores), mudanças de declividade e mudança de diâmetro, onde o espaçamento máximo recomendado para canalizações com diâmetro de 30 cm é de 120 m; para canalizações entre 50 e 90 cm de 150 m e para canalizações iguais ou superior a 1,0 m, espaçamento máximo de 180 m, o que, conforme o Quadro 6 percebe-se, que o comprimento máximo entre os poços de visita (PV's) foi de 138,74 m, assim a localização dos PV's é conforme mostrado na Figura 30.

Quadro 6 - Determinação das vazões de escoamento das galerias

Rua	Trecho		L (m)	Aparcial (ha)	Atotal (ha)	C	m (parcial)	m (total)	tc (min)	i (mm/h)	m'	f	Qparcial (m³/s)	Qtotal (m³/s)
	Montante	Jusante												
I	PV1-D2	PV1-D1	99,38	1,844	1,844	0,6	0,912	0,912	14	94,260	0,043	0,472	0,208	0,208
	PV1-D1	PV1	49,16	3,343	5,187	0,6	0,834	0,781	14	94,260	0,043	0,472	0,345	0,501
II	PV2-D2	PV2-D1	99,38	1,894	1,894	0,6	0,909	0,909	14	94,260	0,043	0,472	0,213	0,213
	PV2-D1	PV2	49,16	4,315	6,209	0,6	0,803	0,760	14	94,260	0,043	0,472	0,428	0,584
F	PV2	PV1	138,74	5,097	11,306	0,6	0,783	0,695	14	94,260	0,043	0,472	0,493	0,971

Fonte: Autor (2019)

A partir de determinado as vazões de escoamento em cada trecho e/ou galeria, foi calculado o diâmetro do trecho, através da Equação 6, e através desse resultado, obteve-se o valor do diâmetro comercial para os tubos de drenagem pluvial das galerias.

$$D = \left(\frac{4^{5/3} \times n}{\pi} \right)^{3/8} \times \left(\frac{Q}{\sqrt{I}} \right)^{3/8}, \text{ em m} \quad (6)$$

O valor de I na Equação 6 se refere à declividade do coletor (galeria), onde a mesma é determinada pela Equação 7:

$$I = \frac{CC_{montante} - CC_{jusante}}{L} \quad (7)$$

Onde:

- CC: cota do coletor;
- L : comprimento do trecho da galeria, (Tabela 8).

Para determinação das cotas dos coletores, foi utilizado a Equação 8, onde h representa a altura de recobrimento.

$$CC = CT - h - \Phi \quad (8)$$

Onde:

- CT: cota do terreno;
- h: altura de recobrimento, onde $h \geq 1,5 \times \Phi$

- Φ : diâmetro da tubulação das galerias.

Assim, para o cálculo foi estimado inicialmente diâmetro mínimo de 600 mm, onde foi visto que em alguns trechos o mesmo não atendia aos critérios de velocidade máxima da galeria ($V_{g \max} = 4,0 \text{ m/s}$), assim com o cálculo do diâmetro, foi escolhido o diâmetro comercial superior mais próximo ao calculado, e nos locais onde o diâmetro mínimo não atendia foi refeito os cálculos, resultando no Quadro 7.

Quadro 7- Determinação dos diâmetros das tubulações

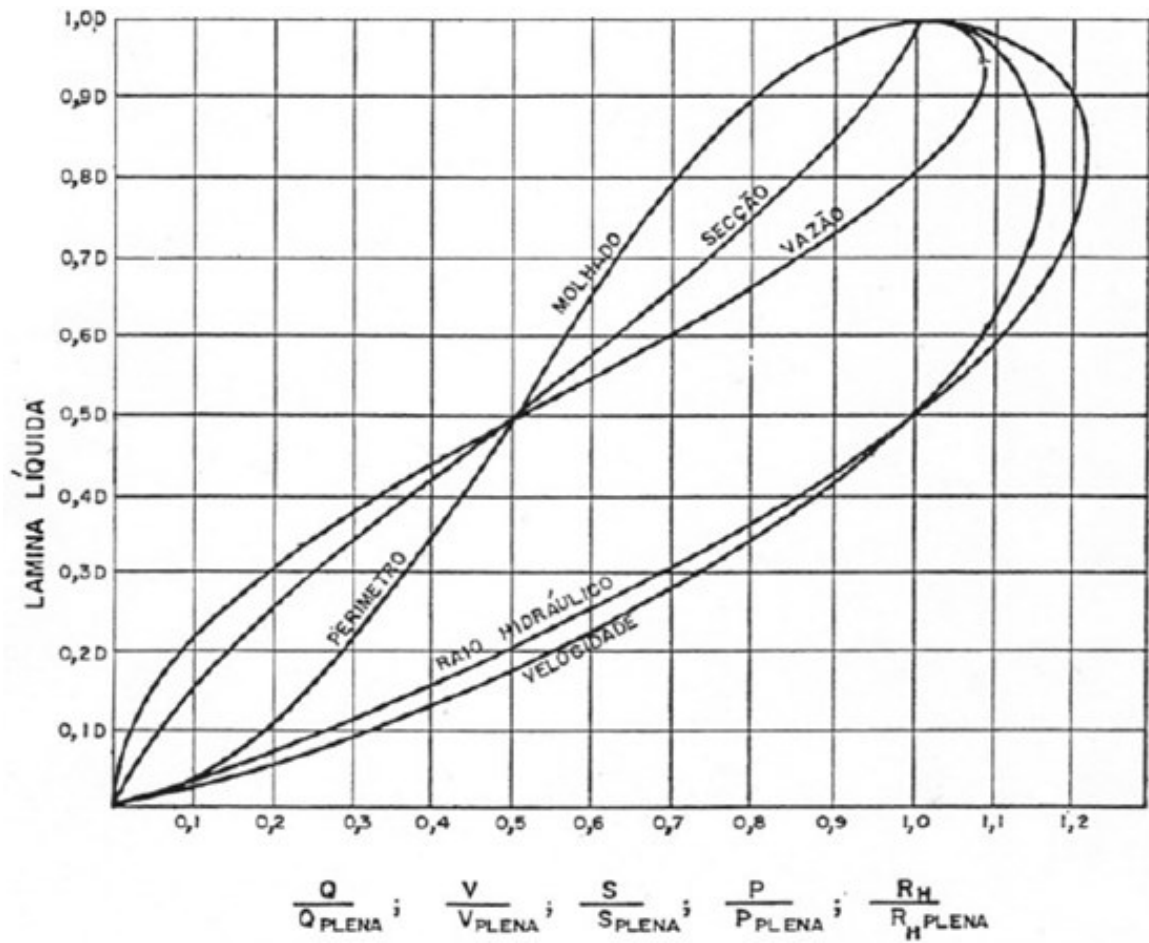
Rua	Trecho		Cota do Terreno (CT)		Cota do Coletor (CC)		desnível	decliv. (I)	D (Φ)	D comercial
	Montante	Jusante	M (m)	J(m)	M (m)	J(m)	(m)	(m/m)	(m)	
I	PV1-D2	PV1-D1	542,56	541,72	541,06	540,22	0,84	0,0085	0,435	600
	PV1-D1	PV1	541,72	541,36	540,17	539,61	0,56	0,0114	0,572	700
II	PV2-D2	PV2-D1	542,91	542,32	541,41	540,82	0,59	0,0059	0,469	600
	PV2-D1	PV2	542,32	542	540,77	540,25	0,52	0,0106	0,615	700
F	PV2	PV1	542	541,36	540,2	539,06	1,14	0,0082	0,780	800

Fonte: Autor (2019)

O diâmetro proposto pelo dimensionamento é de 800 mm, que realizará o lançamento da água para as galerias principais da Av. Afonso Pena, o que confere com o executado e, descrito no Plano Municipal de Saneamento Básico do município, que constata a existência da galeria pluvial na avenida com diâmetro de 800 m.

Em seguida, com base na vazão de escoamento, e no diâmetro utilizado, encontra-se as relações Q/Q_{pl} e V/V_{pl} , onde: Q é a vazão de escoamento na galeria, determinada conforme equação 3; Q_{pl} é a vazão de escoamento na condição de seção plena (Equação 6); V é a velocidade de escoamento na galeria e V_{pl} corresponde à velocidade de escoamento na galeria com a seção plena. Com isso, determina-se a relação y/D , correspondente à porcentagem que a lâmina líquida representa do diâmetro da tubulação. Para obtenção destes valores, foi utilizado o ábaco, mostrado na Figura 31 e Quadro 8.

Figura 31 - Elementos hidráulicos da seção circular



Fonte: (SOUSA)

Para determinar Q/Q_{pl} foi utilizada a seguinte equação:

$$Q_{pl} = \frac{\pi \times D^{8/3} \times \sqrt{I}}{(4)^{5/3} \times n}, \text{ em m}^3/\text{s}. \quad (6)$$

Quadro 8 - Determinação do tempo de concentração das galerias

Rua	Trecho		D comercial	Q (m³/s)	Q _{pl} (m³/s)	Q/Q _{pl}	V/V _{pl}	Veloc. (m/s)	y/D	tg (min)
	Montante	Jusante								
I	PV1-D2	PV1-D1	600	0,2079	0,4892	0,425	0,94	1,627	0,43	1,02
	PV1-D1	PV1	700	0,5008	0,8567	0,585	1,03	2,293	0,52	0,36
II	PV2-D2	PV2-D1	600	0,2127	0,4100	0,519	1,02	1,479	0,51	1,12
	PV2-D1	PV2	700	0,5835	0,8256	0,707	1,11	2,381	0,61	0,34
F	PV2	PV1	800	0,9712	1,0388	0,935	1,15	2,377	0,74	0,97

Fonte: Autor (2019)

5.4. DIMENSIONAMENTO DAS BOCAS DE LOBO

As bocas de lobo juntamente com as sarjetas são as principais estruturas para coleta de água pluvial, sendo o papel das bocas de lobo direcionar a água pluvial para os ramais e, estes para as galerias.

Para identificar os locais que seja necessária a colocação das bocas de lobo, observa-se quando a área de montante do trecho ultrapassar o valor encontrado para a área de drenagem máxima, pois a partir deste ponto teoricamente a sarjeta não comportaria mais a vazão de escoamento.

As bocas-de-lobo deverão ser dispostas em ambos os lados da rua quando a rua for considerada rua interna e em apenas um lado quando a rua for considerada rua externa (Figura 29), e ainda, nos pontos mais baixos das quadras, com espaçamento máximo de 60 m caso não seja analisada a capacidade de descarga da sarjeta, sendo conveniente a sua localização a montante das faixas para pedestres junto às esquinas.

Segundo FRANCISCHET, algumas das recomendações para a escolha do tipo de boca de bolo a adotar, seria para ruas com declividade suave, até 5%, a utilização de bocas de lobo simples, com ou sem depressão, dependendo da vazão a ser captada, senão do contrário, utilizar outro tipo com capacidade maior de esgotamento. Como neste estudo, a maior inclinação foi na ordem de 2%, optou-se pela escolha de boca de lobo simples em ponto intermediário e sem depressão.

As capacidades de esgotamento das bocas de lobo podem sofrer redução devido à possibilidade de obstruções causadas por intermédio de detritos carreados, irregularidades nos pavimentos das ruas juntos às sarjetas e hipóteses de cálculo que não correspondem à realidade. Sendo assim, o Quadro 9 mostra os coeficientes utilizados para levar em consideração esse efeito, para o caso deste trabalho, foi utilizado coeficiente de segurança (C.S) igual a 0,8.

Quadro 9 - Coeficientes de segurança para bocas de lobo

Localização da B.L. na Sarjeta	Tipo de Boca de Lobo	% Permitida sobre o valor Teórico
Ponto Intermediário	- Simples	80
	- Grelha Longitudinal	60
	- Grelha Transversal c/ barra Longitudinal	50
	- Combinado	110% do valor da Grelha
Ponto Baixo	- Simples	80
	- Com grelha	60
	- Combinada	65% do valor da Grelha

Fonte: (FRANCISCHET)

Os tubos de ligação, que conduzem as águas captadas pelas bocas de lobo para as galerias. Podem apresentar três condições básicas de funcionamento hidráulico:

- Condição A: o tubo opera em regime livre e seção parcialmente cheia e entrada afogada;
- Condição B: o tubo opera a plena seção e com a saída afogada;
- Condição C: o tubo opera a plena seção e com a saída não afogada.

Normalmente são utilizados tubos de ligação com diâmetros de 0,30 m e 0,40 m. Segundo TOMAZ (2013) em seu roteiro de projeto para microdrenagem, traz que o ramal da boca de lobo não é dimensionado. O diâmetro mínimo é 0,40 m e a declividade mínima é 1%. O dimensionamento é de tubo curto, isto é, bueiro que é muito trabalhoso de se calcular. Portanto, foi adotado para o ramal da boca de lobo o diâmetro de 40 mm.

O dimensionamento de cada tipo de boca de lobo baseia-se na determinação do comprimento L necessário ao esgotamento da vazão na sarjeta, dado pelas equações específicas para cada tipo e consequente determinação do número de dispositivos a serem construídos no local estabelecido.

Para o caso das bocas de lobo adotadas neste trabalho (B.L's simples, sem depressão em ponto intermediário), a equação que define o comprimento L necessário ao esgotamento da vazão Q , é dada pela Equação 7.

$$\frac{Q_{BL}}{L} = 5,44 \times \frac{K}{(tg\theta_0)^{9/16}} \times \left(\frac{Q_0}{\frac{\sqrt{I}}{n}} \right)^{9/16} \times C.S \quad (7)$$

Onde:

- Q_{BL} = vazão captada pela boca de lobo = 0,95. Q , em m^3/s ;

- Q_0 = vazão a montante da boca de lobo, em m^3/s ;
- I = declividade da sarjeta, em m/m ;
- $tg \theta_0$ = tangente do ângulo entre a sarjeta e a vertical;
- K = coeficiente tabelado conforme Quadro 10;
- L = comprimento da abertura da boca de lobo na guia, em m ;
- n = coeficiente de rugosidade de Manning.

Os parâmetros utilizados para o cálculo do comprimento L necessário para o esgotamento da vazão Q , estão dispostos no Quadro 11.

Quadro 10 - Valores de K

$tg \theta_0$	12	24	48
K	0,23	0,20	0,20

Fonte: FRANCISCHET

Quadro 11 - Parâmetros de dimensionamento

Parâmetros de projeto	
$V_{s,max}(m/s)$	3,00
n	0,015
$y_s (m)$	0,13
$I_{max} (m/m)$	0,0547
$i (mm/h)$	104,710
C	0,6
m'	0,043
$t_c (min)$	10
f	0,437
m	1
$tg \theta$	12
$TR (anos)$	10

Fonte: Autor (2019)

O esgotamento pela boca de lobo deve ser projetado de modo que 90 a 95% da vazão na sarjeta seja interceptada, deixando o restante para a boca de lobo de jusante. Com isso, foi adotado que a vazão captada pela boca de lobo (Q_{BL}) corresponde a 95% da vazão da sarjeta, ou seja, $Q_{BL} = 0,95 Q_s$, onde a vazão da sarjeta corresponde na Equação 7, à vazão a montante da boca de lobo (Q_0).

Assim, pelo Método Racional Modificado, para o caso deste projeto onde todos os trechos $I < I_{máx}$, chega-se à relação: $Q_s = 2,78 \times 10^{-3} \times f \times m \times i \times Ad$, sendo Ad a área de

drenagem a montante da BL. Fazendo essa relação com os parâmetros apresentados na Tabela 13, chega-se na relação entre a vazão da sarjeta e a área de drenagem de cada BL, como sendo: $Q_s = 0,1272 \times Ad$.

Após determinado a relação entre a vazão e a área de drenagem, foi feita a análise levando em consideração a classificação da rua (interna ou externa), pois conforme mostrado, para ruas internas: $Q = 2 Q_s$, enquanto nas ruas externas, temos que $Q = Q_s$. Logo, com todas essas ressalvas e ponderações, chegou-se ao seguinte equacionamento para determinar o comprimento L, de acordo com a Equação 7:

- Rua externa:

$$Q_0 = Q_s = 0,1270 \text{ Ad.}$$

Então:

$$\frac{0,95 \times 0,1272 Ad}{L} = 5,44 \times \frac{0,23}{12^{9/16}} \times \left(\frac{0,1272 Ad}{\frac{\sqrt{I}}{0,015}} \right)^{9/16} \times 0,8$$

$$\text{Logo, } L = 16,538 \times (\sqrt{I})^{9/16} \times Ad^{7/16}$$

- Rua interna:

$$Q_0 = 2 Q_s = 0,1270 \text{ Ad.}$$

Então:

$$\frac{0,95 \times 0,5 \times 0,1272 Ad}{L} = 5,44 \times \frac{0,23}{(12)^{9/16}} \times \left(\frac{0,5 \times 0,1272 Ad}{\frac{\sqrt{I}}{0,015}} \right)^{9/16} \times 0,8$$

$$\text{Logo, } L = 12,130 \times (\sqrt{I})^{9/16} \times Ad^{7/16} .$$

Assim, determina-se os comprimentos de esgotamento em função da declividade e das áreas de drenagem de cada boca de lobo. O Quadro 12 traz os valores obtidos, assim como a quantidade de bocas de lobo em cada trecho.

Quadro 12 - Determinação do número de bocas de lobo

Rua	Trecho		Classificação da rua	Extensão (m)	Áreas (ha)			I	Necessidade de BL	L (m)	N
	da rua	até a rua			montante	trecho	jusante				
A	II	I	externa	141,12	0	0,4053	0,4053	0,0105	-	-	-
B	III	II	interna	147,15	0	1,0413	1,0413	0,0120	-	-	-
	II	I	interna	141,12	0	0,6594	0,6594	0,0068	-	-	-
C	III	II	interna	147,15	0,0599	0,6732	0,7331	0,0184	-	-	-
	II	I	interna	141,12	0,0000	0,6594	0,6594	0,0025	-	-	-
D	III	II	interna	147,15	0,0479	0,6740	0,7219	0,0164	-	-	-
	II	I	interna	141,12	0,0000	0,6594	0,6594	0,0033	-	-	-
E	IV	III	interna	115,26	0,0000	0,7977	0,7977	0,0078	-	-	-
	III	II	interna	147,15	0,8456	0,6732	1,5188	0,0150	-	-	-
	II	I	interna	141,12	0,0000	0,6594	0,6594	0,0043	-	-	-
F	IV	III	externa	109,26	0,0615	0,3278	0,3893	0,0092	-	-	-
	III	II	externa	147,15	0,4363	0,3451	0,7814	0,0136	-	-	-
	II	I	externa	141,12	5,0967	0,4188	5,5155	0,0045	Inserir B.L	3,081	3
IV	E	F	externa	51,76	0	0,0615	0,0615	0,0081	-	-	-
III	B	C	interna	50,96	0	0,0599	0,0599	0,0020	-	-	-
	C	D	interna	50,96	0	0,0479	0,0479	0,0108	-	-	-
	D	E	interna	50,96	0	0,0479	0,0479	0,0108	-	-	-
	E	F	interna	50,96	0	0,0470	0,0470	0,0102	-	-	-
II	A	B	interna	50,96	0	0,0595	0,0595	0,0204	-	-	-
	B	C	interna	50,96	1,1008	0,0599	1,1607	0,0206	-	-	-
	C	D	interna	50,96	1,8937	0,0599	1,9537	0,0051	Inserir B.L	3,324	4
	D	E	interna	50,96	2,6756	0,0599	2,7356	0,0065	Inserir B.L	3,773	4
	E	F	interna	50,96	4,2544	0,0609	4,3153	0,0063	Inserir B.L	3,712	4
I	A	B	externa	50,96	0,4053	0,0603	0,4655	0,0102	-	-	-
	B	C	externa	50,96	1,1249	0,0599	1,1848	0,0086	Inserir B.L	4,251	4
	C	D	externa	50,96	1,8442	0,0599	1,9041	0,0075	Inserir B.L	3,951	4
	D	E	externa	50,96	2,5635	0,0599	2,6234	0,0090	Inserir B.L	4,347	4
	E	F	externa	50,96	3,2828	0,0599	3,3427	0,0071	Inserir B.L	3,846	4

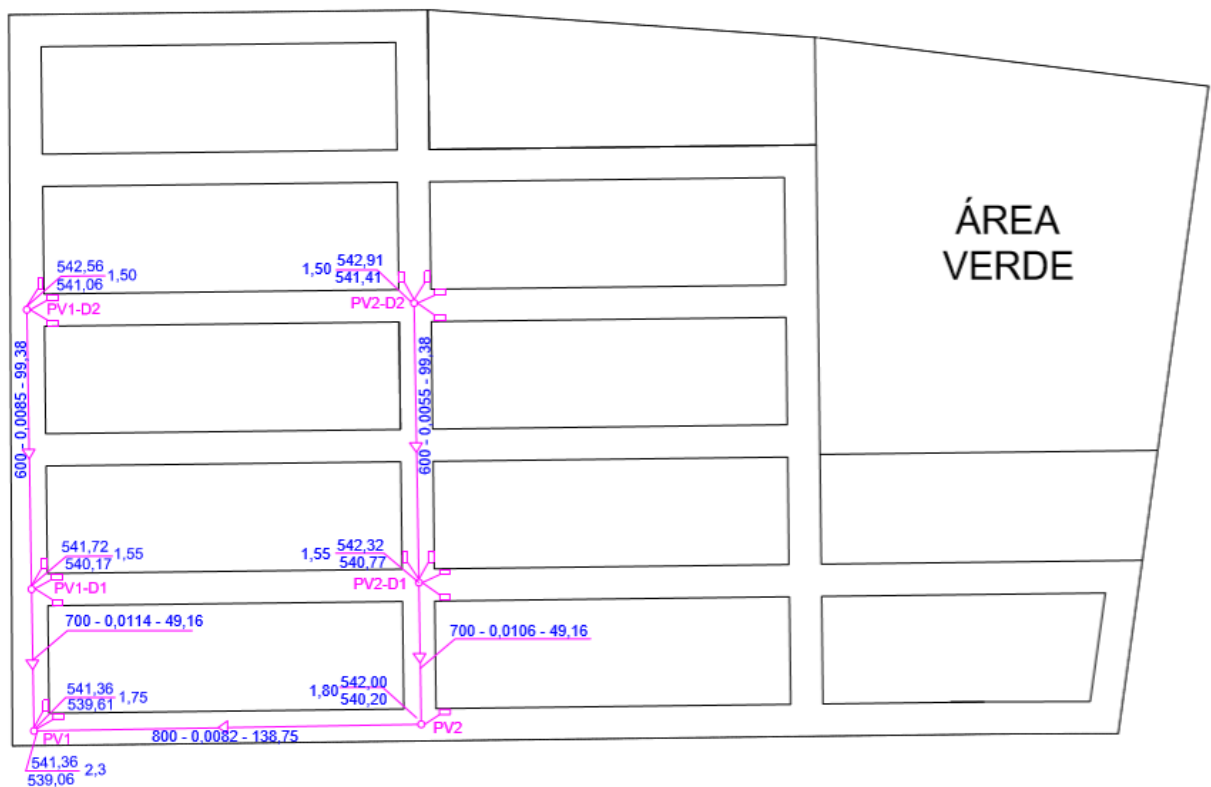
Fonte: Autor (2019)

Como cada boca de lobo possui comprimento de 1,10 m, para determinar a quantidade de bocas de lobo em cada trecho, basta dividir o comprimento necessário para o esgotamento da vazão à montante do trecho pelo comprimento da boca de lobo, conforme a Equação 8.

$$n^{\circ} BL = \frac{L}{L_{bl}} \quad (8)$$

Portanto, para o loteamento Santa Bárbara foi dimensionado o sistema de microdrenagem, que teve como resultado final representado na Figura 32.

Figura 32 - Galerias do loteamento Santa Bárbara



Fonte: Autor (2019)

Assim, toda a água direcionada ao PV1 será lançada na galeria principal da Av. Afonso Pena, com diâmetro de 800 mm. O loteamento apresenta o sistema de microdrenagem, onde a galeria de lançamento, no ponto está de acordo com o dimensionado, de 800 mm.

Atualmente, o loteamento Santa Bárbara apresenta sistema de microdrenagem diferente do que foi proposto no dimensionamento. A principal diferença ocorre na disposição das bocas de lobo, uma vez que estão instaladas bocas de lobo em cada esquina das ruas, estando assim superdimensionado o sistema, ocasionando maior comprimento das galerias do que foi apresentado no dimensionamento. Essa diferença acarreta principalmente maior custo na implantação do sistema, e, no ponto de vista da eficiência de funcionamento, estando em perfeitas condições, o sistema atual consegue suportar o escoamento da região de forma satisfatória, sendo assim, o principal cuidado a manutenção regular e preventiva da região.

Na área de alagamento, continua sem sistemas de microdrenagem, causa esta a razão dos alagamentos no local. Como sugestão, uma delas seria a adequação do trecho com a instalação de bocas de lobo nas esquinas, semelhante às realizadas no loteamento Santa Bárbara, e ligando as bocas de lobo com a galeria da Av. Afonso Pena.

6. CONCLUSÃO

Neste trabalho, foi realizado o dimensionamento de um sistema de microdrenagem para o novo loteamento Santa Bárbara, tendo em vista que por sua localização topográfica, e devido aos problemas referentes a alagamentos encontrados à jusante de sua localização, fez-se viável a apresentação de uma solução de modo que evitasse e/ou minimizasse os impactos na região que apresenta ausência de bocas de lobo.

Como observado, grande parte dos problemas encontrados referentes à drenagem das águas pluviais, remete-se à falta ou má execução de manutenção, ocasionando uma sobrecarga e, consequentemente ineficiência do sistema de microdrenagem. Além disso, a ausência de bocas de lobo nos locais à jusante do loteamento Santa Bárbara, a presença de bocas de lobo danificadas são outros problemas levantados. Em geral, percebe-se que a maioria desses problemas persistem desde a elaboração do Plano de Saneamento Básico do município em 2015.

Portanto, conforme os processos de urbanização se intensificam, com o surgimento de novos loteamentos e construções, acarretam as agregações das redes dos novos bairros nas redes existentes, sobrecarregando o sistema de drenagem existente. Assim sendo, com esse trabalho percebe-se a importância de uma política de manutenção contínua e eficiente, garantindo o bom funcionamento do atual sistema de drenagem, e ainda, realizar uma adequação nos locais

que apresentam problemas mais sérios, como a implantação das bocas de lobo e a sua ligação nas galerias pluviais principais, além de uma fiscalização visando impedir ligações clandestinas de esgoto sanitários ao sistema de drenagem pluvial.

REFERÊNCIAS

- ADASA. Manual de Drenagem e Manejo de Águas Pluviais Urbanas no Distrito Federal. **ADASA**, Brasília, 2018. Disponível em: <http://www.adasa.df.gov.br/images/storage/area_de_atuacao/drenagem_urbana/Manual_Drenagem/Manual_Drenagem.pdf>. Acesso em: 09 maio 2019.
- BRASIL. **MANUAL DE SANEAMENTO**. 4ª ed. ed. Brasília: Funasa, 2015. 642 p.
- CARVALHO, D. F. ; SILVA, L. D. B. D. Hidrologia: Escoamento Superficial. **UFRRJ**, 2006. Disponível em: <<http://www.ufrrj.br/institutos/it/deng/leonardo/downloads/APOSTILA/HIDRO-Cap7-ES.pdf>>. Acesso em: 07 maio 2019.
- COUTO, J. L. V. D. Características Fisiográficas das Bacias. **Rede Agronomia**, 2017. Disponível em: <<http://agronomos.ning.com/profiles/blogs/caracteristicas-fisiograficas-da-bacia>>. Acesso em: 08 maio 2019.
- FRANCISCHET, M. M. **PROJETO DE INTEGRAÇÃO DE CONTEÚDO II**. Universidade Federal de Uberlândia. Uberlândia.
- IBGE. Instituto Brasileiro de Geografia e Estatística. **IBGE**, 2010. Disponível em: <<https://cidades.ibge.gov.br/brasil/mg/centralina/panorama>>. Acesso em: 10 maio 2019.
- IBGE. População Urbana e Rural. **IBGE Educa**, 2015. Disponível em: <<https://educa.ibge.gov.br/jovens/conheca-o-brasil/populacao/18313-populacao-rural-e-urbana.html>>. Acesso em: 02 maio 2019.
- JUNIOR, V. J. D. S.; SANTOS, C. O. A evolução da urbanização e os processos de produção de inundações urbanas, Macapá, 11 agosto 2014. 19-30.
- KURODA, C. Y. Análise do Sistema de Drenagem Urbana na região do Parque de Exposições Francisco Feio Ribeiro, Maringá-PR. **Dissertação**, 2015. Disponível em: <<http://www.peu.uem.br/Christopher2.pdf>>. Acesso em: 08 maio 2019.
- MATA-LIMA, H. et al. Comportamento hidrológico de bacias hidrográficas: integração de métodos e aplicação a um estudo de caso. **Revista Escola de Minas**, Ouro Preto, v. 60, p. 525, setembro 2007.
- MATTAR, C. Elementos do Clima. **BLOG**, 2012. Disponível em: <<http://cristianemattar.blogspot.com/2012/06/elementos-do-clima.html>>. Acesso em: 06 maio 2019.
- MENEZES FILHO, F. C. M. D.; COSTA, A. R. D. SISTEMÁTICA DE CÁLCULO PARA O DIMENSIONAMENTO DE GALERIAS DE ÁGUAS PLUVIAIS: UMA ABORDAGEM ALTERNATIVA. **REVISTA ELETRÔNICA DE ENGENHARIA CIVIL**, Goiânia, v. 1, n. 4, p. 11, julho 2012.

NUNES, M. Portal do Projetista. **Dimensionamento de sarjeta para drenagem superficial**, 2016. Disponível em: <<http://portaldoprojetista.com.br/dimensionamento-de-sarjeta-para-drenagem-superficial/>>. Acesso em: 15 junho 2019.

PINTO, N. L. D. S. et al. **Hidrologia básica**. São Paulo: Blucher, 2011. 278 p.

PREFEITURA MUNICIPAL DE CENTRALINA. **Plano Municipal de Saneamento Básico**. 1ª. ed. Centralina: [s.n.], v. 1, 2015.

SANTANA, S. Defesa Civil do Espírito Santo. **Processo Hidrológicos: Inundações, enchentes, enxurradas e alagamentos na geração de áreas de risco**, 2017. Disponível em: <encurtador.com.br/aCQU3>. Acesso em: 08 maio 2019.

SANTOS, A. R. D. Precipitação Atmosférica. Disponível em: <<http://www.mundogeomatica.com.br/CL/ApostilaTeoricaCL/Capitulo4-PrecipitacaoAtmosferica.pdf>>. Acesso em: 06 maio 2019.

SANTOS, C. C. Estimativa de Vazões Máximas de Projeto por Modelos Determinísticos e Probabilísticos. **Dissertação**, 2010. Disponível em: <<http://www.peu.uem.br/Christopher2.pdf>>. Acesso em: 07 maio 2019.

SOUSA, E. R. D. DEPARTAMENTO DE ENGENHARIA CIVIL E AMBIENTAL. **Projecto de Sistemas de Drenagem de Águas Residuais Comunitárias**. Disponível em: <https://fenix.tecnico.ulisboa.pt/downloadFile/3779573893848/ES_Redes_Drenagem_Residuais.pdf>. Acesso em: 15 junho 2019.

SPERLING, M. V. **Introdução à Qualidade das Águas e ao Tratamento de Esgoto**. 3ª. ed. Belo Horizonte: Universidade Federal de Minas Gerais, v. 1, 2005.

TOMAZ, P. Manejo de águas pluviais. **Capítulo 5 - Microdrenagem**, Guarulhos, 2013. Disponível em: <http://www.pliniotomaz.com.br/downloads/Novos_livros/livro_calculoshidrolicos/capitulo05Microdrenagem.pdf>. Acesso em: 16 junho 2019.

TUCCI, C. E. M. **Hidrologia: Ciência e Aplicação**. 3. ed. Porto Alegre: ABRH, 2004.

TUCCI, C. E. M. Águas urbanas. **Artigo**, 2008. Disponível em: <<http://rhama.com.br/blog/wp-content/uploads/2017/04/aguasurbanas08.pdf>>. Acesso em: 08 maio 2019.

TUCCI, C. E. M.; MENDES, C. A. Ministério do Meio Ambiente. **Avaliação Ambiental Integrada de Bacia Hidrográfica**, 2006. Disponível em: <http://www.mma.gov.br/estruturas/sqa_pnla/_arquivos/sqa_3.pdf>. Acesso em: 07 maio 2019.

TUCCI, C. E. M.; PORTO, M. F. A. **Aspectos qualitativos do escoamento superficial em áreas urbanas**. 5ª. ed. Porto Alegre: UFRGS/ABRH, 1995.