

CENTRO UNIVERSITÁRIO DO SUL DE MINAS – UNIS/MG

ENGENHARIA CIVIL

ARIANE NOGUEIRA DOMINGUES

**SOLUÇÕES PARA O SISTEMA DE MICRODRENAGEM DA
AVENIDA DOUTOR JOSÉ JUSTINIANO DOS REIS EM VARGINHA-MG**

Varginha

2017
ARIANE NOGUEIRA DOMINGUES

**SOLUÇÕES PARA O SISTEMA DE MICRODRENAGEM NA
AVENIDA DOUTOR JOSÉ JUSTINIANO DOS REIS EM VARGINHA-MG**

Trabalho apresentado ao curso de Engenharia Civil do Centro Universitário do Sul de Minas - UNIS/MG como pré-requisito para obtenção do grau de bacharel sob a orientação da Prof.^a M.^a Ivana Prado de Vasconcelos.

Varginha

2017
ARIANE NOGUEIRA DOMINGUES

SOLUÇÕES PARA O SISTEMA DE MICRODRENAGEM NA
AVENIDA DOUTOR JOSÉ JUSTINIANO DOS REIS EM VARGINHA-MG

Monografia apresentado ao curso de Engenharia Civil do Centro Universitário do Sul de Minas - UNIS/MG, como pré-requisito para obtenção do grau de bacharel pela Banca Examinadora composta pelos membros:

Aprovado em 04/12/2017

Prof. ^a M. ^a Ivana Prado de Vasconcelos

Prof. Luana Ferreira Mendes

Eng. Luana Nogueira Matias

OBS.:

Dedico este trabalho para minha família,
minha irmã Larissa e amigos que contribuíram
no meu sucesso e, principalmente, ao meu pai
in memoriam.

AGRADECIMENTOS

Agradeço primeiramente a Deus por ter me dado forças para chegar até aqui. À minha família Nogueira que, mesmo distante há mais de mil quilômetros, esteve presente em toda minha formação como futura engenheira civil. Principalmente a minha mãe, por todo esforço, dedicação e paciência que teve comigo nesses quatro anos de estudo. Se hoje sou quem eu sou, é graças a você! As minhas irmãs que me ajudaram e incentivaram a continuar e nunca desistir. Aos meus amigos, obrigada por todo apoio, companheirismo e amizade que tiveram comigo todo esse tempo. Devo muito a vocês. A minha orientadora Prof^ª. Ivana Prado de Vasconcelos pelo apoio, incentivo, dedicação e paciência. Sempre pronta para ensinar e transmitir todo o seu conhecimento. Por fim, ao meu pai, Marco Antônio Pascual Domingues que hoje não está presente fisicamente comigo, mas está presente sempre em meu coração. Obrigada pai por toda paciência que teve comigo, você sempre será meu espelho. Sinto sua falta!

“Não é a força do gotejar da água que fura a pedra, mas sim a persistência incansável desta ação.”

Ivan Teorilang

RESUMO

Este trabalho teve como intuito propor um projeto de drenagem pluvial para o sistema de microdrenagem da Avenida Doutor José Justiniano dos Reis, Jardim Sion, Varginha, Minas Gerais. Foi realizado estudo desta área, por demonstrar problemas constantes de enxurradas e inundações. Devido à escassez de projetos na região em estudo, o presente trabalho foi realizado com auxílio do referencial teórico e dos softwares *Auto Cad*, *Global Mapper*, *Google Earth* e *Plúvio 2.1* para a delimitação da bacia de contribuição e suas características hidrológicas. Além disso, foram verificados por meio de visitas ao local, se os componentes existentes comportam toda a vazão necessária, para os casos ineficientes, foi realizado um novo dimensionamento dos mesmos. O projeto estabelece a manutenção das sarjetas, a implantação de sarjetões, bocas de lobo e poços de visitas, a adequação nas bocas de lobo existente e a substituição das galerias. Através dos dados obtidos, por meio de planilhas e cálculos, foi possível determinar uma estimativa de custo para a realização desta obra, dessa forma, através da implantação deste projeto as águas pluviais irão apresentar um escoamento adequado, solucionando os problemas enfrentados pela população diariamente.

Palavras-chaves: Microdrenagem. Projeto. Dispositivos de drenagem.

ABSTRACT

This present study meant to analyze and to propose possible solutions for the micro drainage system of Avenue Doutor José Justiniano dos Reis, Jardim Sion, Varginha, Minas Gerais, Brazil. This street was chosen because it shows problems like floods. The rainwater has the first impact on the asphalt as is demonstrated by the pictures. This study was done by the use of AutoCad, Global Mapper, Google Earth and Plúvio 2.1, because there weren't projects on the region of study to delimitation of the contribution basin and hydrologic characteristics. Beyond that, were verified through visits to the location if the existing components have all the necessary flow, for the inefficient cases, a new dimensioning was carried out. It was established in this project the gutters maintenance, the implementation of big gutters, sewer grates and wells visits, adequacy of sewer grates and the substitution of ducts. Through the data obtained was possible to determined an estimation of costs for the realization of this work, therefore with the implementation of this project, the rainwater's will have the proper drainage, solving the problems that the population faces every day.

Keywords: *Micro drainage system. Project. Drainage devices.*

LISTA DE FIGURAS

Figura 01 - Avenida Doutor José Justiniano dos Reis.....	18
Figura 02 - Enxurradas na Avenida Doutor José Justiniano dos Reis	19
Figura 03 - Extensão do caminho crítico.....	19
Figura 04 - Bacia de contribuição inicial.....	20
Figura 05 - Recortes da bacia hidrográfica.....	21
Figura 06 - Bacia de contribuição segunda etapa.....	22
Figura 07 - Delimitação da sub bacia da Rua Maria	22
Figura 08 - Início da bacia de contribuição	23
Figura 09– Ponto crítico	23
Figura 10– Água parada nas sarjetas	25
Figura 11 - Vegetação nas sarjetas	25
Figura 12 - Rampas nas sarjetas.....	26
Figura 13 - Excesso de lixo e vegetação na boca de lobo	27
Figura 14 - Tubulação secundária de PVC	28
Figura 15 - Tubulação secundária de concreto	28
Figura 16 - Boca de Lobo com grelha com excesso de lixo	29
Figura 17 - Fatores de redução de escoamento das sarjetas	39
Figura 18 - Elementos geométricos das seções dos canais.....	43
Figura 19 - Ábaco para a determinação do coeficiente	45
Figura 20– Bacia de contribuição.....	53
Figura 21–Sub Bacia	55
Figura 22 - Relatório do software Plúvio 2.1.....	57
Figura 23 - Detalhe transversal da sarjeta grupo A.....	58
Figura 24 - Detalhe transversal da sarjeta grupo A.....	59
Figura 25 - Detalhe transversal da sarjeta grupo B	60
Figura 26 - Detalhe transversal da sarjeta grupo C I.....	61
Figura 27 - Detalhe transversal da sarjeta grupo C II.....	62
Figura 28 - Detalhe transversal da sarjeta grupo C III	63
Figura 29 - Sarjetões.....	67
Figura 30 - Localização da BL 29-a.....	79
Figura 31 -Localização da BL 32-a e 32	80

Figura 32 - Localização da BL 05-a.....	81
Figura 33 - Localização da BL 10- a e 10-b	82
Figura 34 - Localização da BL 12-a.....	82
Figura 35 -Localização da BL 18-a.....	83
Figura 36 - Localização da BL 19-a-.....	83
Figura 37 - Detalhe transversal da galeria	90

LISTA DE TABELAS

Tabela 01 - Divisão das vias da bacia de contribuição.....	31
Tabela 02 - Retornos para diferentes ocupações de área.....	33
Tabela 03 - Coeficientes de run off.....	34
Tabela 04 - Coeficientes de rugosidade de Manning	38
Tabela 05 - Parâmetros para canais e/ou seção circular das galerias de águas pluviais.....	44
Tabela 06 - Recobrimento mínimo.....	46
Tabela 07 - Declividade mínima de acordo com o diâmetro comercial.....	47
Tabela 08 - Fator de redução da capacidade de engolimento de boca de lobo.....	50
Tabela 09 - Espaçamento máximo entre poços de visita.....	51
Tabela 10 - Dimensão em função do diâmetro maior da galeria	52
Tabela 11 - Áreas da bacia de contribuição	54
Tabela 12 - Coeficiente de run off	56
Tabela 13 - Dimensionamento nas sarjetas.....	65
Tabela 14 - Áreas de contribuição das sub bacias.....	66
Tabela 15 - Dimensionamento dos sarjetões	68
Tabela 16 - Verificação da galeria existente.....	69
Tabela 17 - Dimensionamento da galeria necessária	72
Tabela 18 - Adequação da declividade na galeria.....	73
Tabela 19 - Profundidade das galerias.....	73
Tabela 20 - Capacidade de engolimento no grupo B	74
Tabela 21 - Tipo das bocas de lobo existente margem esquerda	75
Tabela 22 - Tipo das bocas de lobo existente margem direita	76
Tabela 23 - Altura da lâmina de água.....	77
Tabela 24 - Verificação da capacidade de engolimento nas margens	78
Tabela 25 - Capacidade de engolimento necessária na margem esquerda	79
Tabela 26 - Capacidade de engolimento necessária na margem direita	81
Tabela 27 - Tubulação secundária existente	85
Tabela 28 - Verificação das tubulações secundárias existentes	87
Tabela 29 – Poço de visita e caixa de passagem.....	88
Tabela 30 – Volume de escavação sarjetão	88
Tabela 31 – Volume de escavação BL direita	89

Tabela 32 – Volume de escavação BL esquerda.....	89
Tabela 33 – Volume de escavação galeria.....	90
Tabela 34 – Volume de escavação PV e caixa de passagem	91
Tabela 35 – Quantitativos e estimativa de custo	97

LISTA DE ABREVIATURAS E SIGLAS

BL	Boca de Lobo
CETESB	Companhia de Tecnologia de Saneamento Ambiental (SP)
DAEE	Departamento de água e energia elétrica (SP)
DEP	Departamento de Esgotos Pluviais
DNIT	Departamento Nacional de Infraestrutura de Transportes
FUNASA	Fundação Nacional de Saúde
PC	Ponto Crítico
PV	Poço de Visita
SMDU	Secretária Municipal de Desenvolvimento Urbano

SUMÁRIO

1 INTRODUÇÃO.....	16
2 OBJETIVOS	17
2.1 Objetivo geral.....	17
2.2 Objetivo específico.....	17
3 DIAGNÓSTICO.....	18
3.1 Caracterização do local em estudo	18
3.2 Caracterização da bacia de contribuição	18
3.3 Caracterização da sistema de microdrenagem	24
4 PROJETO DE DRENAGEM DA AVENIDA.....	30
4.1 Memorial Descritivo	30
4.1.1 Apresentação.....	30
4.1.2 Concepção do projeto	31
4.2 Dados hidrológicos	32
4.2.1 Declividade do curso d' água.....	32
4.2.2 Tempo de Retorno	33
4.2.3 Coeficiente de escoamento superficial ou run off	33
4.2.4 Intesidade da chuva	35
4.2.5 Método Racional	35
4.3 Dados hidráulicos	35
4.3.1 Guias e sarjetas.....	36
4.3.1.1 Altura da lâminca de água	36
4.3.1.2 Declividade da sarjeta.....	37
4.3.1.3 Inverso das declividades	37
4.3.1.4 Vazão da sarjeta teórica	38
4.3.1.5 Vazão real na sarjeta.....	39
4.3.2 Sarjetões.....	40
4.3.3 Galeria	40
4.3.3.1 Velocidade	42
4.3.3.2 Parâmetros de cálculo das galerias	43
4.3.3.3 Cálculo da vazão das galerias	44
4.3.3.4 Recobrimento mínimo das galerias	46
4.3.3.5 Declividade mínima das galerias.....	46
4.3.4 Boca de Lobo	47
4.3.4.1 BL com grelha.....	48
4.3.5 Tubulação secundária	50
4.3.6 Poço de visita e caixa de passagem.....	50
4.3.6.1 Critérios normativos	51
5 MEMORIAL DE CÁLCULO PLANILHAS	53
5.1 Caracterização da bacia de contribuição do local em estudo	53
5.2 Cálculos hidrológicos	54
5.2.1 Cálculo da declividade do curso da água.....	54

5.2.2 Definição do tempo de retorno.....	54
5.3 Cálculos hidráulicos	56
5.3.1 Sarjetas.....	58
5.3.2 Sarjetão	67
5.3.3 Boca de Lobo	74
5.3.4 Tubulação secundária	85
5.3.5 Poço de visita e caixa de passagem	87
5.4 Volume de escavação.....	88
5.4.1 Sarjetões.....	88
5.4.2 Bocas de Lobo.....	89
5.4.3 Galeria	89
5.4.4 Poço de visita e caixa de passagem	90
5.5 Especificações dos serviços e materiais.....	91
5.5.1 Serviços preliminares	92
5.5.2 Escavação.....	92
5.5.3 Escoramento.....	92
5.5.4 Materiais	93
5.5.5 Equipamentos.....	94
5.5.6 Serviços	94
5.5.6.1 Sarjetões.....	94
5.5.6.2 Galerias	94
5.5.6.3 Bocas de Lobo.....	95
5.5.6.4 Caixa de passagem	95
5.6 Quantitativos e estimativa de custo	96
6 CONCLUSÃO.....	100
REFERÊNCIAS	102
APÊNDICE A – Divisão das sub bacias	109
APÊNDICE B- Dispositivo de drenagem: sarjetão	109
APÊNDICE C- Dispositivo de drenagem: boca de lobo	110
APÊNDICE D- Dispositivo de drenagem: galeria	111
APÊNDICE E- Perfil da galeria	112

APÊNDICE F- Dispositivo de drenagem: PV e caixa de passagem 113

APÊNDICE G- Detalhes dos dispositivos 114

1 INTRODUÇÃO

A drenagem urbana sempre demonstrou diversas dificuldades no âmbito mundial, pois ela só é recordada na época das chuvas quando ocorrem inundações, enxurradas que são reportadas em manchetes de jornais e revistas. Porém, isso poderia ser evitado quando se têm um sistema de drenagem eficiente, por meio de um projeto técnico que prevê a função dos dispositivos de conduzir e coletar as águas pluviais.

Atualmente os problemas causados pela falta de drenagem urbana como os impactos sociais, ambientais e prejuízos para a comunidade estão cada vez mais constante no dia a dia da população. A falta de manutenção, reparos e limpeza nas redes e componentes de drenagem, são deveres que a Prefeitura de cada cidade deveria exercer, estão cada vez mais escassos.

Através desse contexto foram observados na cidade de Varginha, Minas Gerais, problemas relacionados à drenagem urbana, com objetivo de propor um projeto de drenagem eficiente que irá solucionar os problemas. Assim o presente trabalho se refere a um estudo de caso da Avenida Doutor José Justiniano dos Reis no bairro Jardim Sion.

Justificou-se a escolha nessa avenida por ser tratar de um sistema de microdrenagem insuficiente, apresentando diversos transtornos. Essas dificuldades estão concentradas principalmente no final da avenida sendo considerado como ponto crítico, além dessa avenida apresentar um grande fluxo de veículos e pedestres colocando em risco a segurança dos mesmos.

O embasamento teórico apresenta-se com base no conhecimento dos métodos através de autores, profissionais da área de drenagem, prefeituras que estabelecem diretrizes indispensáveis para a realização de qualquer projeto.

Para o desenvolvimento deste projeto foi realizado primeiramente uma verificação hidrológica e hidráulica por meio de visitas *in loco* do sistema de microdrenagem existente na bacia de contribuição, através disso analisou se os mesmo comportam a vazão necessária para realizar o escoamento, transporte ou engolimento das águas pluviais.

O projeto prevê ainda a implantação, adequação ou substituição dos dispositivos de microdrenagem na área de contribuição analisada sendo composto por memorial de cálculo, especificações de materiais e serviços, além das estimativas de custo e projetos.

2 OBJETIVOS

2.1 Objetivo geral

Propor um projeto para o sistema de microdrenagem da Avenida Doutor José Justiniano dos Reis, no bairro Jardim Sion, na cidade de Varginha, Minas Gerais.

2.2 Objetivos específicos

- Reavaliar a bacia de contribuição;
- Analisar as propriedades da bacia hidrográfica;
- Definir a área de contribuição das quadras;
- Determinar a vazão pluvial de cada trecho da bacia de contribuição;
- Realizar visitas *in loco*;
- Quantificar os dispositivos de drenagem da bacia em análise;
- Diagnosticar o sistema de microdrenagem existente na bacia;
- Comparar os dados existentes com os dados necessários para obter um sistema de drenagem eficiente;
- Realizar o levantamento de quantitativos e uma estimativa de custo direto do projeto;
- Especificar os serviços e materiais do projeto.
- Propor um projeto para solucionar os problemas encontrados na bacia.

3 DIAGNÓSTICO

3.1 Caracterização do local em estudo

A Avenida Doutor José Justiniano dos Reis está localizada em uma das principais avenidas que interligam os bairros Jardim Sion e Nossa Senhora da Aparecida da cidade de Varginha, Minas Gerais. Apresentou uma extensão aproximadamente de 1,00 km e uma largura de 7,85 m, conforme a Figura 01.

Figura 01- Avenida Doutor José Justiniano dos Reis



Fonte:

(GOOGLE, 2017).

O sentido do fluxo de veículos da avenida está orientado principalmente por via de mão única e apenas um trecho de mão dupla. Em sua composição possui pontos comerciais de diversos tipos, residências e até mesmo postos de combustíveis.

Foi desempenhado no trabalho de conclusão de curso I uma análise referente ao sistema de microdrenagem no ponto crítico da avenida, localizada no final da via onde demonstrou grande índices de enxurradas e alagamentos, como a Figura 02 ilustra.

Figura 02 - Enxurradas na Avenida Doutor José Justiniano dos Reis



Fonte: (ALTEROSA ALERTA, 2017).

Fatores esses que foram essenciais para o desenvolvimento do trabalho realizado que foi propor possíveis soluções para os problemas neste trecho. O ponto crítico em estudo possui comprimento de 212 metros, de acordo com a Figura 03.

Figura 03- Extensão do caminho crítico.



Fonte: (GOOGLE, 2017).

3.2 Caracterização da bacia de contribuição

Na primeira etapa do trabalho foi desenvolvido um estudo preliminar por meio da delimitação da bacia de contribuição com base no ponto crítico onde apresentou uma área igual a 248.650 m², conforme Figura 04. Entretanto, por motivo de ausência de dados que permitissem uma análise mais aprofundada sobre a área, não foi levado em consideração todo o sistema de drenagem que está sendo direcionado para a região crítica.

Figura 04– Bacia de contribuição inicial



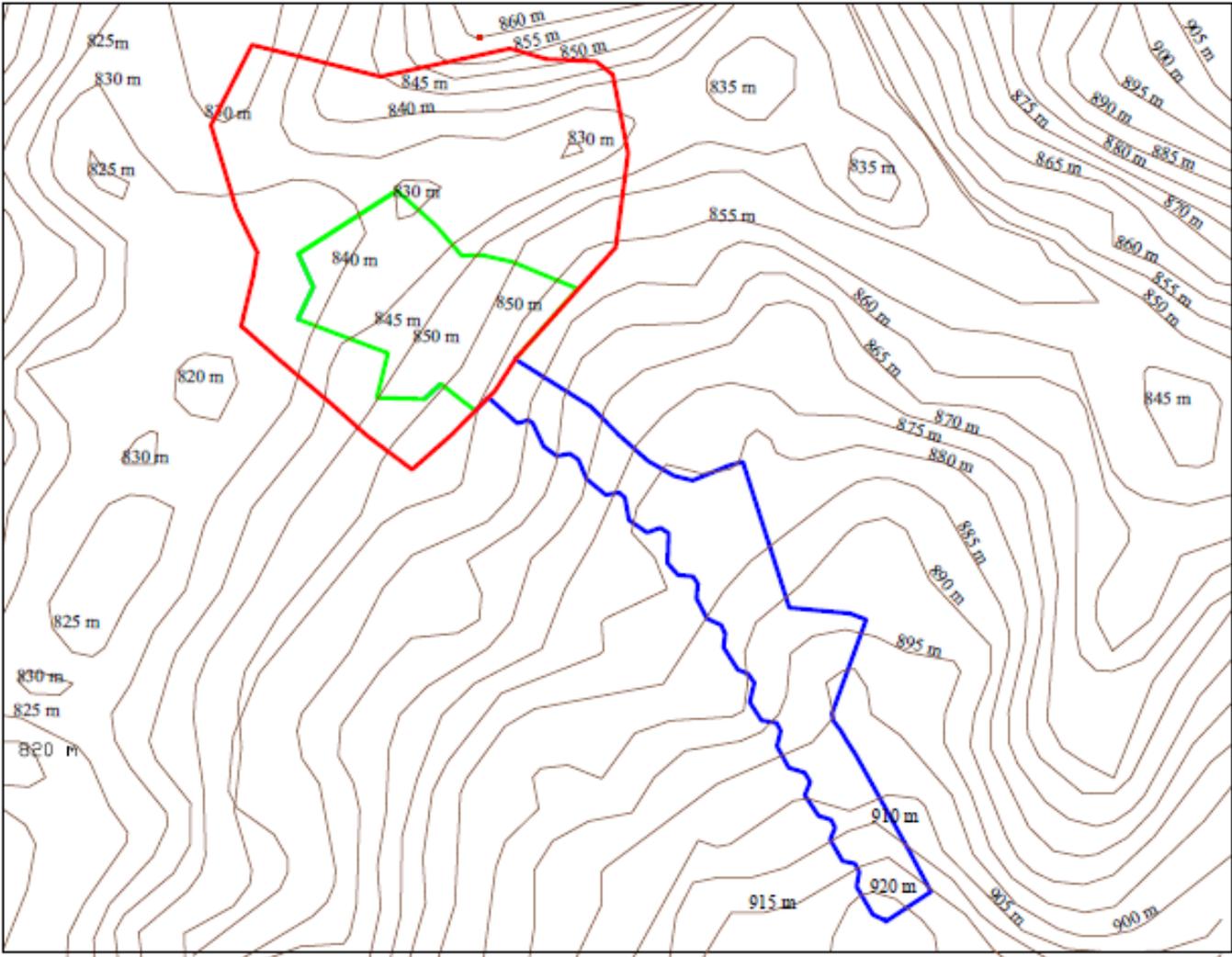
Fonte: (GOOGLE, 2017).

Assim com auxílio do Chefe de Serviço de Drenagem e Pavimentação da Prefeitura de Varginha, Gregório (2017), foi possível identificar o sistema de drenagem atual composto por sarjetas, galeria circular, boca de lobo com grelha e tubulação secundária. Na área analisada não possuem sarjetões e nem poços de visita.

A partir da segunda etapa do trabalho realizou uma nova delimitação da bacia de contribuição devido à presença de um sistema que também está interceptando o ponto crítico em estudo. Do mesmo modo retirou uma parcela da sub bacia, pois o sistema dessa área não está sendo direcionado para a região instável analisada e sim para um ponto mais baixo.

Com isso, com auxílio do software *Google Earth*, executou uma nova delimitação com base nos parâmetros descritos previamente, conforme a Figura 05 demonstra.

Figura 05- Recortes da bacia hidrográfica



Fonte: A autora (2017).

A retirada da parcela demarcada na Figura 5 corresponde a uma área total de 187.432 m². Já o acréscimo demarcado na sub bacia (Figura 5) é de 117.519,43 m², ou seja, a bacia de contribuição analisada que será estudada nesta segunda etapa do trabalho apresentou uma área total de 178.737,43 m², conforme demarcado pela Figura 06. Observou uma redução na área total da bacia inicial para a segunda de 47,26%.

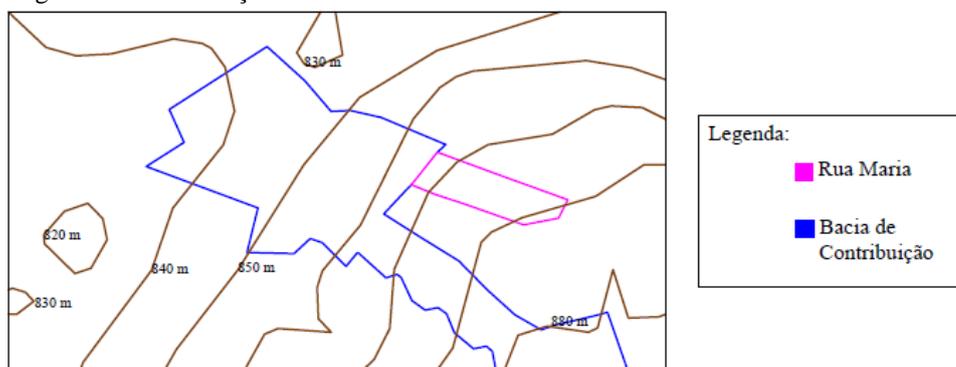
Figura 06 - Bacia de contribuição segunda etapa



Fonte: (GOOGLE, 2017).

Pela altimetria da região a Rua Maria não contribui para o sistema. Entretanto com base na informação obtida pela Prefeitura Municipal de Varginha às águas pluviais desta via está sendo interceptada e lançada para a bacia de contribuição, apresentando uma área total de 7.752 m².

Figura 07 – Delimitação da sub bacia da Rua Maria



Fonte: a autora.

Com isso o levantamento final resultou em uma área iguala 186.489,43 m². O início dessa bacia está localizada entre o cruzamento com a Rua José Vicente Ferreira e a Avenida Doutor José Justiniano dos Reis até o ponto crítico (localizado entre o cruzamento com a Rua Amaro Souza Lemes até o final da avenida principal), sendo considerado este o exutório da bacia. As Figuras 08 e 09, respectivamente, retratam a situação.

Figura 08- Início da bacia de contribuição



Fonte: A autora (2017).

Figura 09- Ponto crítico



Fonte: A autora (2017).

3.3 Caracterização do sistema de microdrenagem

O sistema de microdrenagem da bacia de contribuição apresentou os seguintes dispositivos: sarjetas e guias de diversas dimensões e materiais, galeria circular com diâmetro de 600 mm, boca de lobo com grelha sem depressão de diferentes tamanhos e tubulação secundária com diâmetro que variam de 200 a 500 mm. Neste trecho não possuem sarjetões e nem poços de visita.

A bacia hidrográfica possui 42 bocas de lobo com grelha distribuída entre ruas e avenidas, não existe nenhuma padronização de dimensões entre elas, conforme a disposição apresentada na Folha de Desenho 01 do Apêndice A. Encontrou-se ainda apenas na Avenida Doutor José Justiniano dos Reis 12 tubulações secundárias de diferentes diâmetros.

As vias que interceptam a avenida em estudo possuem apenas sarjetas e guia totalizando 12 vias. Sendo elas: José Vicente Ferreira, Francisco da Silva Paiva; Ricardo Caldonazo Almeida; Celso Paiva; Dr. Adelson Barros; Sebastião Otaviano da Silva; João Ponciano Pinto; Humberto Conde; Estevan Biscaro; Antônio Palácio de Barros; Jonas Bernardes e a Avenida Dom Otto Motta. Sendo que essas águas são conduzidas pelas sarjetas e direcionadas para as tubulações secundárias ou bocas de lobo que estão localizadas na avenida principal, conforme explicado por Gregório (2017).

Botelho (2011) estabelece que o objetivo das sarjetas são governar o escoamento superficial para a captação, sendo em pequenos canais localizados ao longo da guia. Confirmado a importância de se possuir uma boa conservação e inclinação constante nas sarjetas para que o escoamento das águas pluviais ocorra normalmente até o ponto final de engolimento, porém isto não ocorre na prática. A Figura 10 ilustra o acúmulo de água resultado de uma inclinação nas sarjetas desconforme.



Figura 10 – Água parada

nas sarjetas

Fonte: A autora (2017).

Outro problema encontrado foi à falta de manutenção e conservação das sarjetas que impendem e dificultam o escoamento das águas pluviais devido ao excesso da vegetação e lixo, conforme a Figura 11. Além do cobrimento deste dispositivo através de rampas, como demonstra a Figura 12.

Figura 11 – Vegetação nas sarjetas



Fonte: A autora (2017).

Figura 12 – Rampas nas sarjetas



Fonte: A autora (2017).

Em contrapartida, oito ruas apresentaram os seguintes componentes de drenagem guias, sarjetas, bocas de lobo com grelha e galerias. Podendo ser constatada nas ruas: Francisco Silva Tavares; Alaor Barbosa Nogueira; Amaro Souza Lemos; São José; José Domiciliano; Professor Ramos Cesar, José Cláudio Ferreira e Rua Maria. Possuindo 10 bocas de lobo com grelha onde 6 apresentaram boas condições de funcionamento.

Também foram evidenciadas complicações em todos os dispositivos existentes, como mencionado anteriormente. A Figura 13 retrata um exemplo do excesso de vegetação e lixo na boca de lobo na Rua São José.

Vale ressaltar que esses problemas prejudicam o sistema como o todo, pois interfere diretamente no escoamento pelas sarjetas e com isso gera um direcionamento indevido do fluxo das águas para o passeio e vias ao invés de escoarem para os componentes de drenagem que tem a função de captar as águas pluviais.

Figura 13 – Excesso de lixo e vegetação na boca de lobo



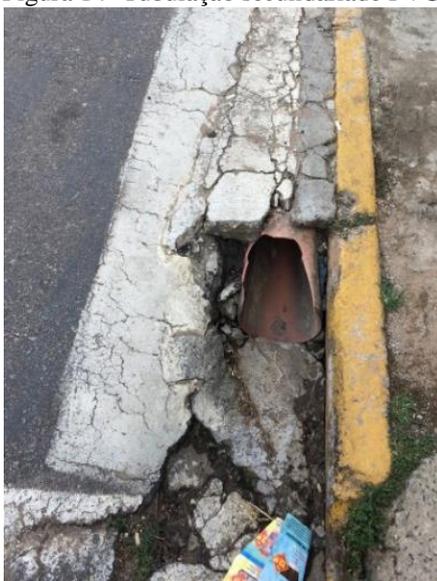
Fonte: A autora (2017).

Já em relação à Avenida Doutor José Justiniano Reis observou ainda a presença das tubulações secundárias. Notou-se ainda que algumas bocas de lobo não saem transversalmente à avenida e sim longitudinal, o que faz a pensar que elas estejam interligadas.

A avenida principal possui 28 de bocas de lobo com grelha simples e 03 dupla, onde 17 bocas de lobo apresentaram bom funcionamento de engolimento e 13 com alguma obstrução.

Já em relação às tubulações secundárias existentes ao longo da Avenida apresentou um total de 12 dispositivos, sendo que 5 não possuiu nenhum tipo de problema. Por outro lado, sete tubulações apresentaram os mesmos problemas das bocas de lobo como o acúmulo de lixo, vegetação, água parada e até mesmo a destruição dos componentes que afetam tanto no escoamento das águas pluviais quanto no seu engolimento. As Figuras 14, 15 e 16 ilustra mesma situação.

Figura 14- Tubulação secundária de PVC



Fonte: A autora (2017).

Figura 15- Tubulação secundária de concreto



Fonte: A autora (2017).

Figura 16- Boca de Lobo com grelha com excesso de lixo



Fonte: A autora (2017).

Tucci, Porto e Barros (1995) descrevem que as galerias são canalizações públicas que tem como função conduzir as águas das chuvas oriundas das bocas de lobos e das ligações privadas. A galeria do sistema atual apresenta seção transversal circular, diâmetro de 600 mm e material empregado de concreto. Não foi possível comprovar a declividade das galerias devido à inexistência do poço de visita na região analisada.

4. PROJETO DE DRENAGEM DA AVENIDA

4.1 Memorial Descritivo

O presente memorial descritivo se refere na elaboração e apresentação de um projeto de drenagem urbana da Avenida Doutor José Justiniano dos Reis no bairro Jardim Sion em Varginha, Minas Gerais.

4.1.1 Apresentação

O local de estudo apresentou um grande índice de área impermeável sendo predominantemente constituída por edificações unifamiliares e lotes comerciais que afetam diretamente na capacidade de infiltração da água no solo e contribui no escoamento superficial.

Na primeira etapa do trabalho foi desenvolvido um embasamento teórico com base em diversos autores e profissionais da área de drenagem urbana. Assim por meio de visitas *in loco* e instruções adquiridas na Prefeitura de Varginha, foi possível determinar e analisar a bacia de contribuição com o objetivo de propor um projeto de drenagem urbana.

Justificou-se a escolha nesta avenida por ser tratar de um sistema de microdrenagem insuficiente, apresentando diversos transtornos como enxurradas e inundações que afetam diretamente no dia a dia da população.

Deste modo, este projeto teve como finalidade apresentar a metodologia de cálculo utilizada na bacia de contribuição referente à Avenida Doutor José Justiniano dos Reis e prevê uma adequação ou implantação nos componentes de drenagem.

4.1.2 Concepção do Projeto

O projeto de microdrenagem foi desenvolvido inicialmente a partir da delimitação da bacia de contribuição pela topografia da região, através dos softwares *Google Earth*, *Global Mapper* e *AutoCAD*. Observou-se um acréscimo na área da bacia inicial pelo fato de não ter sido levado em consideração todo o sistema de drenagem no ponto crítico analisado e também devido a Rua Maria que intercepta a região da mesma forma, conforme explicado pela Prefeitura de Varginha. O levantamento desta área resultou em um total de 186.489,43 m².

Com isso, foi possível realizar a divisão das quadras e sub bacias por meio dos softwares *Google Earth* e *Auto Cad*, totalizando 30 quadras que foram enumeradas de 1 a 30

para melhor entendimento. Já as sub bacias foram subdivididas e listadas com algarismos romanos. Utilizou-se o software *Auto Cad* para obter as áreas das sub bacias.

Vale ressaltar que não foram consideradas na delimitação da bacia de contribuição as quadras localizadas na margem esquerda da avenida principal que vai desde a Rua José Vicente Ferreira até Rua Jonas Bernandes (1-24) devido à topografia da região, apenas levou-se em consideração as edificações que estão localizadas na avenida na margem direita nestes trechos.

Sob o aspecto dos dispositivos de drenagem existentes na bacia de contribuição, dividiram-se as vias em três grupos. Sendo o primeiro grupo denominado com a letra A que equivale a um total de 12 vias que possuem apenas guias e sarjetas, já o grupo B tem em sua composição os componentes guias, sarjetas, bocas de lobo e galerias totalizando 8 ruas. Por último, o grupo C que corresponde à avenida principal que contém da mesma forma os dispositivos do grupo B e também as tubulações secundárias, porém com maior quantidade, sendo subdividido em trechos. A Tabela 01 demonstra essa divisão.

Os estudos hidrológicos levaram-se em consideração as particularidades da região analisada com o propósito de apresentar todos os elementos necessários ao dimensionamento dos dispositivos. Já o levantamento dos componentes hidráulicos foi executado através de visitas *in loco* com o auxílio de trenas e registros fotográficos

Tabela 01 – Divisão das vias da bacia de contribuição

Via	Grupo	Trecho
Rua José Vicente Ferreira		1-2
Rua Francisco da Silva Paiva		4-5
Rua Celso Paiva		7-8
Rua Adelson Barros		9-10
Rua Sebastiao Otaviano da Silva		11-12
Rua Ponciano Pinto		16-17
Rua Humberto Conde		18-19
Rua Estevan Biscaro	A	20-21
Rua Ant. Palácio de Barros		22-23
Rua Jonas Bernardes		24-25
Avenida Dom Otto Motta		30-31
Rua Francisco Silva Tavares		14-15
Rua Alaor Barbosa Nogueira	B	26-27
Rua Amaro Souza Lemos		28-29

Rua São José		32-33
Rua Maria		33-34
Rua Professor Ramos Cesar		35-36
Rua José Domicilano		37-38
Rua José Claudio Ferreira		39-40
		2-3
		3-4
		4-6
		6-7
		7-9
		9-11
		11-14
		14-16
		16-18
Avenida Doutor José Justiniano dos Reis	C	18-20
		20-22
		22-24
		24-28
		28-30
		30-32
		32-35
		35-37
		37-39
		39-41

Fonte: A autora (2017).

4.2 Dados hidrológicos

A partir da delimitação da bacia de contribuição foi possível determinar as seguintes considerações que serão utilizadas no projeto. Tendo como finalidade definir as vazões do dimensionamento hidrológico.

4.2.1 Declividade do curso d' água

Declividade é um dos elementos fundamentais para o controle do tempo de escoamento superficial e da concentração da chuva, tendo uma ligação imediata com as enchentes. Esta diretamente relacionada quanto maior a declividade, maior será a alteração da vazão, conforme Porto, Zahed Filho e Silva (1999).

Através da Equação (1) encontra-se a declividade (PAZ, 2004).

$$Si = \frac{\Delta h}{L} \quad (1)$$

Onde:

Si: declividade do curso d' água principal (m/m);

Δh : diferença de cota dos pontos extremos (m);

L: comprimento retilíneo entre as cotas (m).

4.2.2 Tempo de Retorno

O tempo de retorno foi definido de acordo com o tipo de ocupação que área apresentou, sendo predominantemente residencial e comercial. Adotou-se um período de retorno igual a 5 anos conforme Azevedo Netto (1998), com base na Tabela 02.

Tabela 02 - Retornos para diferentes ocupações de área

Tipo de Obra	Tipo de Ocupação da área	T (anos)
	Residencial	2
	Comercial	5
Microdrenagem	Edificações de serviço público	5
	Aeroportos	2 a 5
	Áreas comerciais e artérias de tráfego	5 a 10

Fonte: (AZEVEDO NETTO, 1998, adaptado pela autora).

4.2.3 Coeficiente de escoamento superficial ou *run off*

O coeficiente de escoamento superficial ou coeficiente de *run off* é usado quando o volume de água pluvial precipitado não é o mesmo que pode ser utilizado. Com isso utiliza-se a divisão entre a água que discorre na superfície pelo total da água precipitada. (OLIVEIRA, 2008).

A Tabela 03 disponibiliza os coeficientes de *run off* utilizados conforme sua descrição da área e retifica para ser utilizada para um tempo de retorno de 05 (cinco) a 10 (dez) anos. (SÃO PAULO, 1980).

Tabela 03 - Coeficientes de *run off*

DESCRIÇÃO DA ÁREA	COEFICIENTE DE "RUN OFF"
Área comercial	
• Central	0,0 a 0,95
• Bairros	0,50 a 0,80

Área Residencial	
• Residências Isoladas	0,35 a 0,50
• Unidades Múltiplas (separadas)	0,40 a 0,60
• Unidades Múltiplas (conjugadas)	0,60 a 0,75
• Lotes com 2000 m ² ou mais	0,30 a 0,45
Área com prédios de apartamentos	0,50 a 0,70
Área Industrial	
• Indústrias Leves	0,50 a 0,80
• Indústrias Pesadas	0,60 a 0,90
Parques, Cemitérios	0,10 a 0,25
"Playgrounds"	0,20 a 0,35
Pátios de estradas de ferro	0,20 a 0,40
Áreas sem melhoramentos	0,10 a 0,30
CARACTERÍSTICA DA SUPERFÍCIE	COEFICIENTE DE "RUN OFF"
Ruas	
• Pavimentação asfáltica	0,70 a 0,95
• Pavimentação de concreto	0,80 a 0,95
Passeios	0,75 a 0,85
Telhados	0,75 a 0,95
Terrenos relvados (solos arenosos)	
• Pequena declividade (2%)	0,05 a 0,10
• Declividade média (2% a 7%)	0,10 a 0,15
• Forte declividade (7%)	0,15 a 0,20
Terrenos relvados (solos pesados)	
• Pequena declividade (2%)	0,15 a 0,20
• Declividade média (2% a 7%)	0,20 a 0,25
• Forte declividade (7%)	0,25 a 0,30

Fonte: (SÃO PAULO, 1980).

De acordo com Wilken (1978) o coeficiente de *run off* é determinado pela média ponderada da área da bacia correspondente à ocupação em metros quadrados (A_n) e o seu coeficiente de escoamento superficial (C_n), dividido pela área total da bacia de contribuição em metros quadrados (A) conforme a Equação (2).

$$C_m = \sum \frac{A_n \times C_n}{A} \quad (2)$$

4.2.4 Intensidade da chuva

A intensidade da chuva foi calculada a partir dos dados obtidos pelo software *Plúvio 2.1*, referente à cidade de Varginha, Minas Gerais. Assim através da Equação (3) de Martinez Junior e Magni (1999) foi possível calcular a intensidade da chuva.

$$Im = \frac{KxTr^a}{(t+b)^c} \quad (3)$$

Onde:

Im: intensidade média (mm/h);

Tr: período de retorno (anos);

T: duração da precipitação (min);

K, a, b, c: Parâmetros relacionados à área de localidade pelo software *Plúvio 2.1*.

4.2.5 Método Racional

O método racional é utilizado para obter a vazão de pico de uma bacia, considerando a seção estudada (TOMAZ, 2013a).

De acordo com Carvalho (1995) o método é expresso pela Equação (4).

$$Q = C \times I \times A \quad (4)$$

Onde:

Q: vazão de pico (m³/s);

C: coeficiente run off (adimensional);

I: intensidade da chuva (m/s);

A: área da bacia (m² ou ha).

4.3 Dados hidráulicos

Com ausência dos dados referente ao sistema de drenagem urbana da região estudada, foi realizado visitas *in loco* visando a apresentação de dados atualizados.

4.3.1 Guias e Sarjetas

Os primeiros dispositivos analisados por meio de visitas *in loco* foram as sarjetas, juntamente, com as guias. O material empregado nas mesmas é concreto.

Para as dimensões nas guias pode-se observar que não há padronização de medida entre elas, da mesma forma que ocorreu na largura da sarjeta e na declividade transversal. Para fins de cálculos optou-se pela média entre as medidas encontradas.

No grupo A, a dimensão média da altura do meio fio verificada foi de 14 cm, já a largura nas sarjetas apresentou um valor 20 cm e declividade transversal igual há 2,5%. Por outro lado, o grupo B apresentou os seguintes valores 20 cm, 45 cm e 4,5% respectivamente.

O grupo C que se refere à Avenida Doutor José Justiniano dos Reis nos trechos 1-3; 3-5; 5-6; 6-8; 8-10; 10-13; 13-15 apresentaram uma altura média de 13 cm e uma largura nas sarjetas igual há 35 cm e declividade transversal aproximadamente de 6,0%.

Nos trechos 15-17; 17-19; 19-21; 21-23; 23-25; 25-27, a guia apresentou uma altura igual há 12 cm, as sarjetas possuem uma largura de 35 cm e com declividade transversal de 6,5%. Por fim, a declividade transversal nos trechos 27-29; 29-31; 31-32; 32-36; 36-38; 38-40; 40-41 foram de 3,0 % com uma largura média nas sarjetas igual a 15,5 cm e uma altura na guia de 7 cm.

Com relação à conservação destes componentes demonstrou boas em determinadas vias e ruins em outras, principalmente pela falta de manutenção e limpeza deveres que a Prefeitura deveria exercer. Vale ressaltar que não foi considerado o escoamento pela sarjeta até o limite, considerando que a prefeitura não estabelece nenhuma diretriz.

Verificou-se que para os trechos que as sarjetas apresentassem algum tipo de obstáculo ou danificado será realizada a recuperação dos mesmos para que volte a ter boas condições de escoamento. A partir disso foi possível calcular a capacidade de escoamento das sarjetas por meio dos seguintes equações.

4.3.1.1 Altura da lâmina de água

CETESB (1980) recomenda que a altura da lâmina d' água pode-se ser calculada de acordo com a Equação (5).

$$y_0 = 0,8 \times h \quad (5)$$

Onde:

y_0 : Altura da lâmina de água (m);

h : altura do meio fio (m).

4.3.1.2 Declividade da sarjeta

Segundo Tucci, Porto e Barros (1995) a declividade transversal das sarjetas é calculada através da Equação (6):

$$i_{\text{ sarjeta}} = \frac{\Delta h}{L_{\text{ sarjeta}}} \rightarrow \frac{y_0 - y_1}{L_{\text{ sarjeta}}} \quad (6)$$

Onde:

$i_{\text{ sarjeta}}$: declividade transversal da sarjeta (decimal);

y_0 : altura da lamina de água (m);

y_1 : diferença de altura entre sarjeta e via (m);

$L_{\text{ sarjeta}}$: largura da sarjeta (m).

4.3.1.3 Inverso das declividades

O inverso da declividade da sarjeta e da via pode-se ser calculado através das Equações (7) e (8) (WILKEN, 1978).

$$z_1 = \frac{1}{i_{\text{t sarjeta}}} \quad (7)$$

Onde:

z_1 : inverso da declividade da sarjeta

$i_{\text{t sarjeta}}$: inclinação transversal da sarjeta (decimal);

$$z_2 = \frac{1}{i_{\text{t via}}} \quad (8)$$

Onde:

z_1 : inverso da declividade da via

i : sarjeta: inclinação transversal da via (decimal);

4.3.1.4 Vazão da sarjeta teórica

A capacidade de escoamento teórica das sarjetas pode ser determinada através da Fórmula de Manning, porém alterada por Izzard, conforme a Equação (9) demonstra (CETESB, 1980).

$$q_{st} = 0,375 \times \left(\frac{z_1}{n} \times y_0^{\frac{8}{3}} - \frac{z_1}{n} \times y_1^{\frac{8}{3}} + \frac{z_2}{n} \times y_1^{\frac{8}{3}} \right) \quad (9)$$

Onde:

q_{st} : capacidade de escoamento teórica da sarjeta (m^3/s)

z_1 : inverso da declividade da sarjeta;

z_2 : inverso da declividade da via;

n : coeficiente de rugosidade, conforme Tabela 04;

Y_0 : altura da lâmina de água (m)

Y_1 : diferença de altura entre a sarjeta e a via (m).

Tabela 04 - Coeficientes de rugosidade de *Manning*

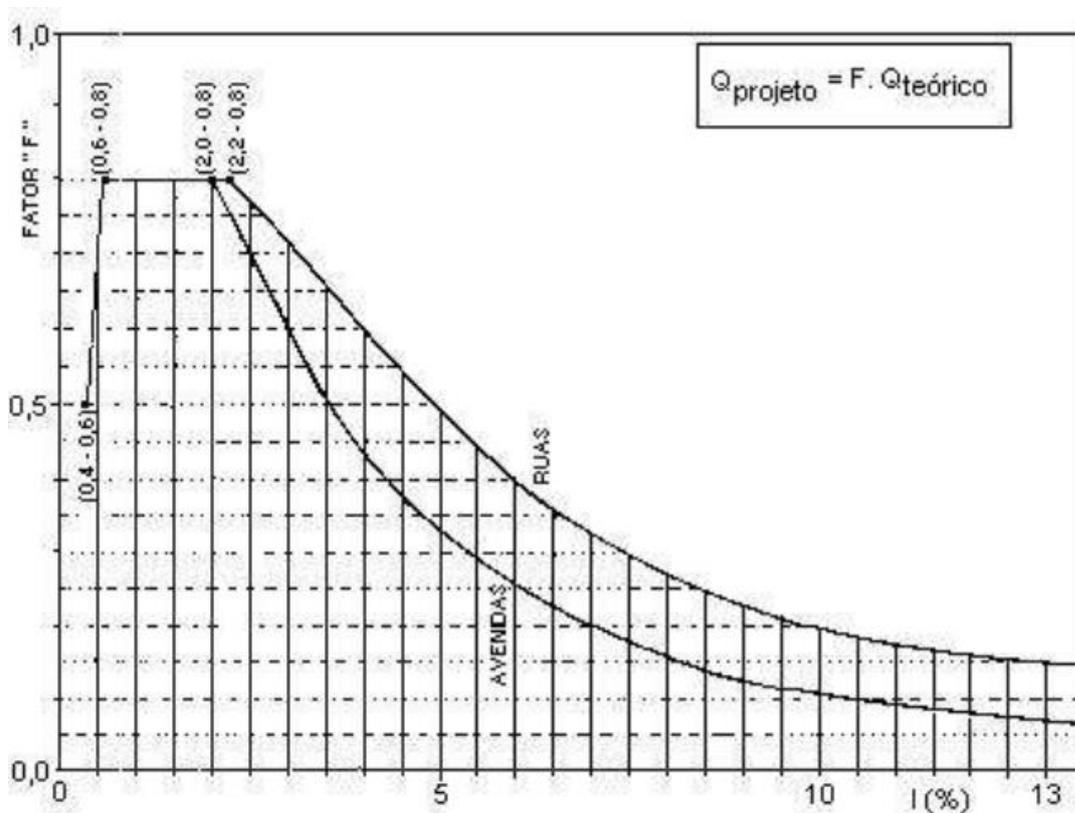
Características	n
Canais retilíneos com grama até 15 cm de altura	0,30 - 0,40
Canais retilíneos com grama até 30 cm de altura	0,30 - 0,06
Galerias de concreto	
Pré-moldado com bom acabamento	0,011 - 0,014
Moldado no local com formas metálicas simples	0,012 - 0,014
Moldado no local com formas de madeira	0,015- 0,020
Sarjetas	
Asfalto suave	0,013
Asfalto rugoso	0,016
Concreto suave com pavimento asfalto	0,014
Concreto rugoso com pavimento asfalto	0,015
Pavimento de concreto	0,014 - 0,016
Pedras	0,016

Fonte: (SÃO PAULO, 1980).

4.3.1.5 Vazão real na sarjeta

A Secretária Municipal de Desenvolvimento Urbano- SMDU (SÃO PAULO, 2012) determina que para obter a vazão real na sarjeta é preciso multiplicar a vazão teórica obtida pelo fator de redução da capacidade da sarjeta (f), conforme a Figura 17.

Figura 17- Fatores de redução de escoamento das sarjetas



Fonte: (SÃO PAULO, 1980).

4.3.2 Sarjetões

Será necessária a proposição de 25 sarjetões nos cruzamentos com a avenida principal da bacia de contribuição e um sarjetão na Avenida Dom Otto Motta totalizando 26 sarjetões,

com o objetivo de direcionar corretamente as águas pluviais para as sarjetas, impedindo, assim, o escoamento inadequado das mesmas. Levou em consideração o sistema viário para dispor os sarjetões na bacia, garantindo a continuidade de fluxo de veículos para não ocasionar nenhum outro problema na região. O Apêndice B, Folha de Desenho 02, demonstra a localização dos sarjetões.

O sarjetão implantado será em formato no corte transversal de V com largura de acordo com a Equação (10) definida por Tomaz (2010), abaixo.

$$T = \left[\frac{Q * n}{0,376 * Sx^{1,67} * Sl^{0,5}} \right]^{0,375} \quad (10)$$

Onde:

T: Largura sarjetão (m);

Q: vazão (m³/s);

n: coeficiente de Manning, de acordo com Quadro 04;

Sx: declividade transversal (m/m);

Sl: declividade longitudinal (m/m).

Os sarjetões implantados na bacia de contribuição terão declividade transversal de 10% e a largura variou entre 1,50 a 2,20 metros.

4.3.3 Galeria

Menezes e Costa (2012) definem que as galerias são constituídas por elementos hidráulicos como tubos de ligação e poços de visita que tem como objetivo captar as águas pluviais das bocas de lobo e ligações.

Consideram ainda que para o dimensionamento das galerias em águas pluviais a velocidade mínima é de 0,75 m/s, pois ao apresentar velocidades menores ocorreria maior dificuldade de auto limpeza nas tubulações. Sua velocidade máxima de 5,0 m/s, pelo fato que velocidades maiores evidenciariam outras tubulações ao processo de desgaste.

A Prefeitura Municipal de São Paulo (2012 volume 3) determina que o diâmetro mínimo das galerias deve ser de 500 mm.

O dimensionamento das galerias foi realizado levando em consideração os dados hidrológicos e hidráulicos do sistema de drenagem existente. A declividade da galeria será

considerada igual à declividade do terreno nos trechos analisados, por não possuir dados para diferenciar as declividades e nem poço de visita para fazer a distinção *in loco*. Sendo o diâmetro encontrado para ambas as margens de 600 mm, conforme explicado pelo profissional da Prefeitura de Varginha. Considerou para o ajuste da vazão de projeto a relação $y/D=0,9$.

Através de visitas *in loco* observou que o grupo B possui galeria, porém, por meio dos cálculos realizados nas sarjetas (*vide* Tabela 13) demonstrou que não há necessidade no local estudado, pois as sarjetas conseguem fazer o escoamento das águas pluviais até o próximo ponto de captação na avenida principal. Fator esse que demonstra a falta de projeto da Prefeitura de Varginha, além do gasto do dinheiro público com a implantação desses dispositivos. Com isso não foi avaliado as galerias nestas vias.

Vale ponderar ainda que para a concepção de projeto das galerias do grupo C dividiu-se em duas etapas, sendo que não foi considerada a capacidade na sarjeta em nenhum dos casos, pois a região apresenta grande concentração de comércio e residência e também por não possuir nenhum estudo de faixa de inundação na cidade de Varginha.

Primeiramente verificou-se a capacidade de transporte da galeria existente de 600 mm para este grupo, em função disso, foi dimensionado o diâmetro da galeria e qual a velocidade que as águas pluviais estão sendo transportada para a vazão excedente.

Destaca-se ainda que a vazão das águas pluviais do grupo A e B já estão sendo consideradas para o dimensionamento das galerias do grupo C.

Observou através dos cálculos (*vide* 5.3.3) que apenas os trechos 3-5; 5-6; 6-8; 10-13; 13-15; continuou com o mesmo diâmetro existente de 600 mm devido não apresentar vazão excedente. Por outro lado, os trechos 15-17; 17-21; 21-23; 23-25; 25-27; 29-31 apresentaram diâmetro de 700 mm sendo que para os trechos 23-25; 25-27; 27-29; 29-31 considerou uma declividade da galeria diferente a declividade do terreno por conta da velocidade ser superior a máxima permitida. Assim, com a declividade imposta os diâmetros nestes trechos passaram a ser 900 mm

Por fim, o diâmetro necessário para os trechos 32-38; 38-40 e 40-41 foi de 900 mm. O Apêndice D (Folha de Desenho 04) demonstra os perfis das galerias nos trechos da bacia de contribuição.

A profundidade máxima para as galerias foi de 4,50 metros, conforme Tomaz (2013) determina, levando em consideração o alinhamento das geratrizes superiores nos tubos quando ocorre mudança de diâmetro, respeitando um desnível de até 1,50 metros.

4.3.3.1 Velocidade

O Departamento de Águas e Energia Elétrica, DAEE, 2006, emprega a Equação de Manning para obter a velocidade, conforme a Equação (11).

$$V = \frac{1}{n} \times Rh^{2/3} \times \sqrt{i} \quad (11)$$

Onde:

V = velocidade (m/s)

n = coeficiente de rugosidade de Manning;

i = declividade média (m/m);

Rh = raio hidráulico (m).

Ainda conforme o mesmo autor é possível determinar o raio hidráulico pelas Equações (12) e (13) respectivamente.

$$Rh = \frac{D}{4} \quad (12)$$

Onde:

Rh: raio hidráulico (m);

D: diâmetro (mm)

$$Rh_{real} = \frac{Rh}{coeficiente} \quad (13)$$

Sendo:

Rh real: raio hidráulico real (m);

Rh: raio hidráulico (m);

Coeficiente: pela Figura 08 do ábaco.

Com isso encontra-se a velocidade real pela Equação (14).

$$V_{real} = \frac{Rh^{\frac{2}{3}} \times i^{0,5}}{n} \quad (14)$$

Onde:

Rh: raio hidráulico real (m);

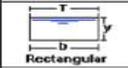
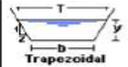
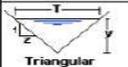
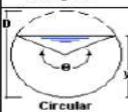
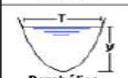
i: declividade longitudinal do trecho (m/m);

n: coeficiente de rugosidade.

4.3.3.2 Parâmetros de cálculo das galerias

Gribbin (2014) comenta a existência de diversos tipos de seções transversais, declividade e alinhamentos para os canais de transportes. Esses canais são produzidos também em outros tipos de materiais afetando claramente seu escoamento no canal, interferindo na sua velocidade na superfície. Conforme a Figura 18 demonstra os diferentes elementos geométricos.

Figura 18 - Elementos geométricos das seções dos canais

Tipo de sección	Área A (m ²)	Perímetro mojado P (m)	Raio hidráulico Rh (m)	Espejo de agua T (m)
 Rectangular	by	$b+2y$	$\frac{by}{b+2y}$	b
 Trapezoidal	$(b+zy)y$	$b+2y\sqrt{1+z^2}$	$\frac{(b+zy)y}{b+2y\sqrt{1+z^2}}$	$b+2zy$
 Triangular	zy^2	$2y\sqrt{1+z^2}$	$\frac{zy}{2\sqrt{1+z^2}}$	$2zy$
 Circular	$\frac{(\theta - \text{sen}\theta)D^2}{8}$	$\frac{\theta D}{2}$	$(1 - \frac{\text{sen}\theta}{\theta}) \frac{D}{4}$	$\frac{(\text{sen}\frac{\theta}{2}) D}{2\sqrt{y(D-y)}}$
 Parabólica	$\frac{2}{3} Ty$	$T + \frac{8y^2}{3T}$	$\frac{2T^2y}{3T+8y^2}$	$\frac{3A}{2y}$

Fonte: (TOMAZ, 2013c)

Menezes e Costa (2012) afirmam a existência de diversos critérios que são adotados pela literatura técnica em relação à velocidade mínima (V_{min}), velocidade máxima ($V_{máx}$), tempo de concentração inicial (T_{ci}), recobrimento mínimo (r_m), relação máxima lamina de água e diâmetro (h/D) e o tipo de escoamento sendo gradualmente variado (Grad. Variado) ou uniforme (Unif), de acordo com a Tabela 05 .

Tabela 05- Parâmetros para canais e/ou seção circular das galerias de águas pluviais

Autor /Instituição	V min (m/s)	V máx (m/s)	Tci (min)	Rm (m)	Seção Plena ou h/D	Tipo de Escoamento
Tucci et al. (2004)	0,60	5,00	10 (a)	1,00	Plena	Unif.
Azevedo Netto e Araújo (1998)	0,75	5,00	5,00	1,00	Plena ou 0,90	Unif.
Wilken (1978)	0,75	3,50(e)	5 a 15	-	Plena	Unif.
Alcântara apud Azevedo Netto (1969)	1,00	4,00	7 a 15	-	0,7	Grad. Variado
Porto (1999)	V méd = 4 a 6 (b)		-	-	0,75	Unif.
Cirilo (2003)	0,60	4,50	-	-	h/ D (c)	Unif.
Methdos e Durrans (2003)	0,60 a 0,90	4,50	-	0,90	0,85	Unif. E Grand. Variado
DAEE- CESTESB (1980)	-	-	-	-	0,82	Unif.
Prefeitura Municipal de Goiânia	0,75	5,00	-	-	0,85 a 0,90	Unif.

(a) Valor citado, porém, segundo o autor pode estar superestimado, necessitando ser calculado em caso de dúvida.

(b) Fonte: Curso de Canais, EE-UFG, Dep. Engenharia Hidráulica. Edições Engenharia S8/72.

(c.) Valor não fixado.

(d) Valores adotados pela ASCE (1992) – American Society of Civil Engineers.

(e) Pode-se adotar até 6 m/s se for previsto revestimento adequado para o conduto.

Fonte: (MENEZES E COSTA, 2012).

Para o dimensionamento das galerias foi adotado os parâmetros definido pelo autor Azevedo Netto e Araújo (1998).

4.3.3.3 Cálculo da vazão das galerias

Para o dimensionamento das galerias possui diversas equações, sendo que depende do coeficiente de rugosidade e o tipo de galeria a ser adotada como na equação de *Manning*, *Chezy* entre outras (PREFEITURA MUNICIPAL DE PORTO ALEGRE, 2005).

Conforme Azevedo Netto (1998) pela Equação (15) é possível determinar a vazão de projeto, sendo necessária a utilização do ábaco representado pela Figura 19 para realizar o cálculo.

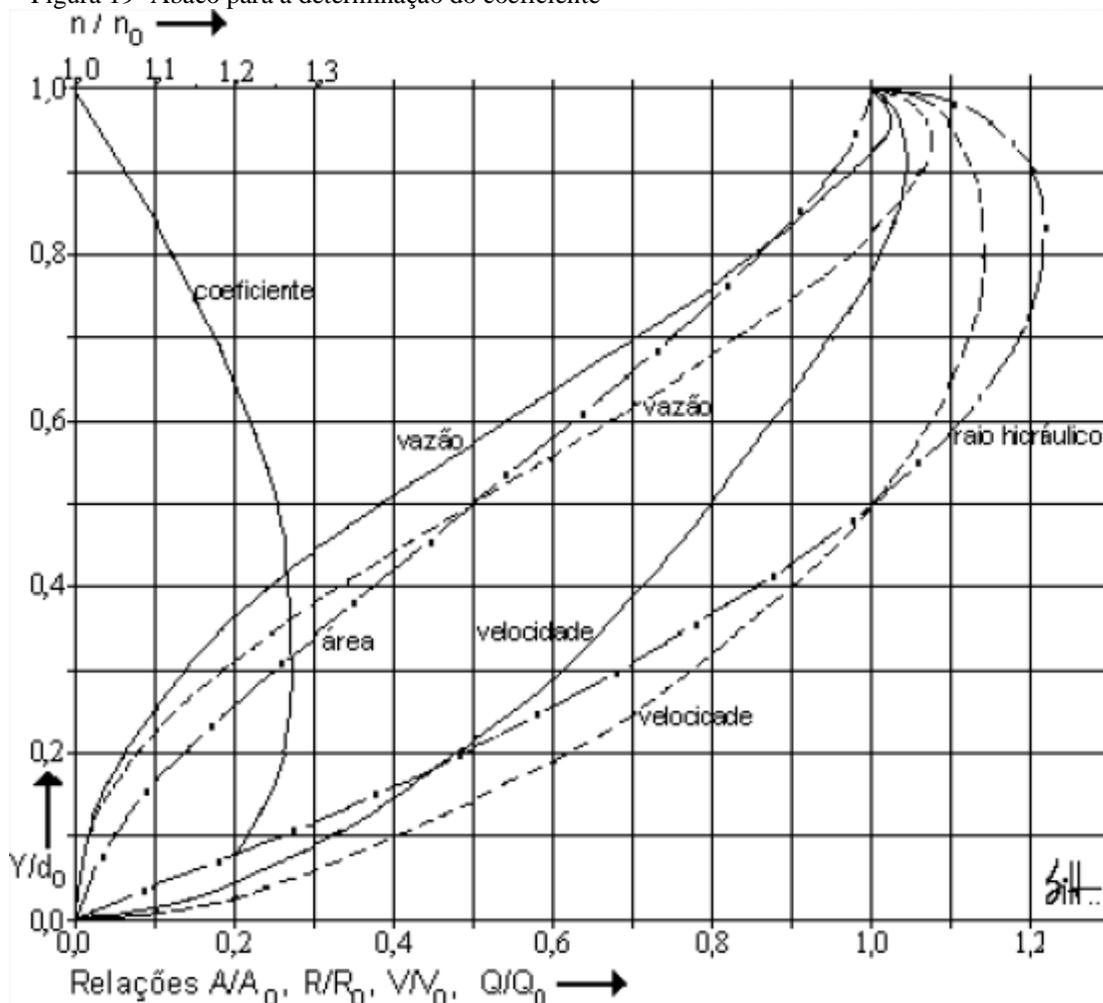
$$Q_{proj} = \frac{q}{coeficiente} \quad (15)$$

Sendo:

Q: vazão inicial da galeria (m³/s);

Coeficiente: ábaco

Figura 19- Ábaco para a determinação do coeficiente



Fonte: (AZEVEDO NETTO, 1980)

Tucci et al. (1995) define uma maneira de se calcular a vazão em função do raio hidráulico, através da Equação (16).

$$Q = \frac{A_m \times R_h \times i^{0,5}}{n} \quad (16)$$

Sendo:

Q: vazão inicial da galeria (m³/s);

A_m: área molhada (m²);

R_h: raio hidráulico (m), conforme equação 12;

i: declividade longitudinal do trecho (m/m);

n: coeficiente de rugosidade de Manning, de acordo com a Tabela 04.

4.3.3.4 Recobrimento mínimo das galerias

Tomaz (2013b) define que para as tubulações é previsto um recobrimento mínimo de 1,00 m (um metro), pois ao ter recobrimento menor provavelmente poderá sofrer interferência com trecho da rede de esgoto.

Já em relação ao diâmetro determina-se qual será o recobrimento mínimo utilizado, conforme a Tabela 06.

Tabela 06 - Recobrimento mínimo

Tubos	Recobrimento mínimo (H)
Concreto Simples	0,60 m
Concreto Armado	-
\varnothing 700 mm	0,70 m
\varnothing 800 mm	1,00 m
\varnothing 1000 mm	1,00 m
\varnothing 1200 mm	1,20 m
\varnothing 1500 mm	1,50 m

Fonte: (UNIVERSIDADE DE SÃO PAULO, 2015).

4.3.3.5 Declividade mínima das galerias

Botelho (2011) define que através da Tabela 07 é possível relacionar o diâmetro e a sua declividade mínima.

Tabela 07- Declividade mínima de acordo com o diâmetro comercial

Diâmetro Comercial (mm)	Declividade mínima (m/m)
300	0,003
350	0,0023
400	0,0019
500	0,0014
600	0,0011
700	0,0009
800	0,0007
900	0,0006
1000	0,005
1200	0,0004

Fonte: (BOTELHO, 2011).

4.3.4 Boca de Lobo

Na bacia de contribuição verificada *in loco* apresentou 42 bocas de lobo com grelha sem depressão, onde são dispostas entre as ruas e avenida. Foram subdivididas em três grupos para melhor entendimento devido à sua localização.

O grupo A não será analisado devido à inexistência das bocas de lobo nas vias. Já em relação ao grupo B, existem 10 bocas de lobo de diversas dimensões onde 4 apresentaram algum tipo de obstrução.

Por fim, o grupo C apresentou 29 bocas de lobo com grelha simples e 3 bocas de lobo combinada sendo que 16 demonstram boas condições de funcionamento. Conforme verificado no item 5.3.4.

A partir dos cálculos realizados nas sarjetas observaram que no grupo B não precisaria de galerias, conseqüentemente, as bocas de lobos nestas ruas são inviáveis, pois as sarjetas conseguem fazer o escoamento até o próximo ponto de captação da avenida principal. Demonstrando a falta de projeto e diretrizes de cálculos nesta região. Porém, realizou a verificação deste dispositivo.

De acordo com Lima (2007) a existência de resíduos sólidos nas vias urbanas compromete o sistema de drenagem como todo, principalmente reduzindo a capacidade de engolimento das bocas de lobo.

Com isso, o cálculo da vazão das bocas de lobo no Grupo B verificou-se a partir da sua dimensão medida *in loco*, da mesma forma para o Grupo C. Ainda foi analisada a capacidade da boca de lobo em perfeito funcionamento, sua condição e qual a capacidade real de engolimento destas bocas de lobo, por fim, se as mesmas são suficientes ou não.

Vale ressaltar que para efeito de cálculo considerou que todas apresentaram condições boas de funcionamento, pois a Prefeitura deveria exercer o reparo e manutenção desses dispositivos. Também não foi considerado neste caso o escoamento pelas sarjetas.

Aplicou-se um coeficiente de redução de 60% sobre a vazão de engolimento teórica calculada (Equação 16) nas bocas de lobo com grelhas longitudinais na avenida (grupo C) e 50% nas vias do grupo B por conta da grelha transversal, conforme recomendado pela CETESB (1980).

Constatou no grupo C que as bocas de lobo número 29 e 32, na margem esquerda, conseguem engolir toda a água pluvial que chega seria necessário implantar uma nova boca

de lobo com grelha sem depressão ao longo do meio fio com dimensões pré-estabelecida de 15 x 100 cm e 15 x 70 cm e adequar a dimensão das mesmas para 15 x 70 cm.

Para a margem direita apresentou 17 bocas de lobo na avenida sendo que apenas 5 consegue fazer o engolimento das águas pluviais sendo elas: 6, 15, 21, 23 e 31. Já em relação os outros componentes realizou um dimensionamento conforme demonstrado no subcapítulo 5.3.4. Observou ainda que as bocas de lobo número 8,16 e 24 não possuem funções hidráulicas.

4.3.4.1 BL com grelha

Tucciet al. (1995) definem ainda que a boca de lobo com grelha podem possuir os seguintes conceitos:

Como um vertedor de soleira livre para profundidade da lâmina de até 12 cm (doze centímetros). Será excluído do perímetro se um lado da grelha for adjacente à guia, a equação do engolimento dessa boca de lobo será pela Equação (16).

$$Q = 1,7 \times P \times y^{\frac{3}{2}} \quad (16)$$

Onde:

Q: vazão de engolimento (m³/s);

P: perímetro (m);

Y: altura de água próxima à abertura na guia (m).

Quando apresenta profundidades maiores que 42 cm (quarenta e dois centímetros) a vazão de engolimento é calculada pela Equação (17).

$$Q = 2,91 \times A \times y^{\frac{1}{2}} \quad (17)$$

Sendo:

Q: vazão (m³/s);

A: área da grade, excluídas as áreas ocupadas pelas barras (m²);

y: altura de água na sarjeta sobre a grelha (m).

A carga será adotada a critério do projetista quando a profundidade de lâmina de água estiver entre 12 cm (doze centímetros) e 42 (quarenta e dois centímetros).

Tucci et al. (1995) finaliza que para as bocas de lobo combinada sua capacidade teórica de esgotamento será em torno da somatória das vazões pela grelha e pela abertura na guia, calculadas separadamente.

A CETESB (1980) reitera ainda algumas recomendações de caráter geral sobre a escolha de qual tipo de boca de lobo utilizar, como: Ponto Intermediário das sarjetas que se posiciona em trechos contínuos e de declividade constante onde tem a entrada das águas pluviais apenas por uma margem; Ponto Baixo das Sarjetas que se localiza em pontos de mudança de declividade da rua ou junto à curvatura das guias no cruzamento das ruas e tem a entrada das águas pluviais por duas margens; Eficiência das bocas de lobo que retrata a capacidade de escoamento das bocas de lobo na pratica é menor do que quando calculado, devido a diversas razões como a obstrução das bocas de lobo por detritos carregados pela água, irregularidades nos pavimentos das ruas entre as sarjetas e a boca de lobo e cálculos que não correspondem a pratica.

Com isso, aplicam-se o coeficiente de redução sobre os valores teóricos calculados para chegar a um valor como seria na prática, de acordo com a Tabela 8.

Tabela 08 - Fator de redução da capacidade de engolimento de boca de lobo.

Localização na Sarjeta	Tipo de boca de lobo	% permitida sobre o valor teórico
	De guia	80
Ponto Baixo	Com grelha	50
	Combinada	65
	De guia	80
Ponto intermediário	Grelha longitudinal	60
	Grelha transversal ou longitudinal com	
	Barras transversais combinadas	60

Fonte: (SMDU/SP, 2012, CETESB, 1980, adaptado pela autora).

4.3.5 Tubulação secundária

As tubulações secundárias estão localizadas na Avenida Doutor José Justiniano dos Reis onde apresentaram diâmetros que variaram de 200 a 500 mm. De acordo com o Tabela 27, (*vide* memorial de cálculo) que demonstra a posição de cada tubulação, diâmetro e o seu material.

O dimensionamento das tubulações foi calculado por meio da fórmula de Manning, adotando a relação $y/D=0,9$. Verificou a partir da análise que quando é considerada a implantação das novas bocas de lobo dimensionadas o diâmetro das tubulações secundárias suportaria caso contrário às tubulações 10 e 12 iriam precisar de diâmetro superior ao existente.

4.3.6 Poço de Visita e caixa de passagem

O poço de visita tem como objetivo principal permitir o acesso às canalizações para limpeza e inspeção, sendo esses dispositivos localizados em pontos adequados no qual ocorrem alterações de direção, declividade, cruzamento de ruas e diâmetro. (PREFEITURA MUNICIPAL DE SÃO PAULO, 2012 VOLUME 3).

Com a falta de poço de visita no atual sistema de microdrenagem da bacia de contribuição realizou o dimensionamento para os poços de visitas levando em consideração os critérios normativos estabelecidos como espaçamento máximo, dimensão do poço de visita em função do diâmetro da galeria, alteração de direção, declividade entres outros. Vale ressaltar que foi considerado para a realização dos cálculos o diâmetro da galeria calculado conforme estipulado no subcapítulo 5. 3.3.

Serão necessários sete poços de visitas que terão tampões de ferro fundido com diâmetro de 60 cm, a chaminé terá uma largura de 60 cm e a caixa balão com dimensão de 1,0 x 1,0 m com altura variável conforme o recobrimento e o diâmetro da tubulação das galerias.

As caixas de passagem têm como função o recebimento de conexões dos ramais da boca de lobo, alteração na declividade e rebaixamento da rede tubular. Sua instalação só poderá ocorrer entre dois poços de visitas (SUDECAP, 2004).

As caixas de passagem serão realizadas conforme o projeto estabelecido em relação à dimensão, espessura de paredes e locação das mesmas na plataforma sendo necessárias três caixas de passagem com dimensão estabelecida 1,5 m x 1,5 m.

4.3.6.1 Critérios normativos

SUDECAP (2004) determina que o espaçamento máximo indicado para um poço de visita deve ser conforme a Tabela 09.

Tabela 09 – Espaçamento máximo entre poços de visita

DN (mm)	Espaçamento máximo (m)
500	100
800	120
1000	120
1200	150
1500	200

Fonte: SUDECAP, 2004, p.37.

Botelho (2011) especifica dimensão de cada poço de visita em relação ao diâmetro das galerias. A Tabela 10 demonstra os valores.

Tabela 10- Dimensão em função do diâmetro maior da galeria

Diâmetro (mm)	A (m)
-	1,20 mínimo
600	1,4
700	1,5
800	1,6
900	1,7
1000	1,8
1200	2
1500	2,3

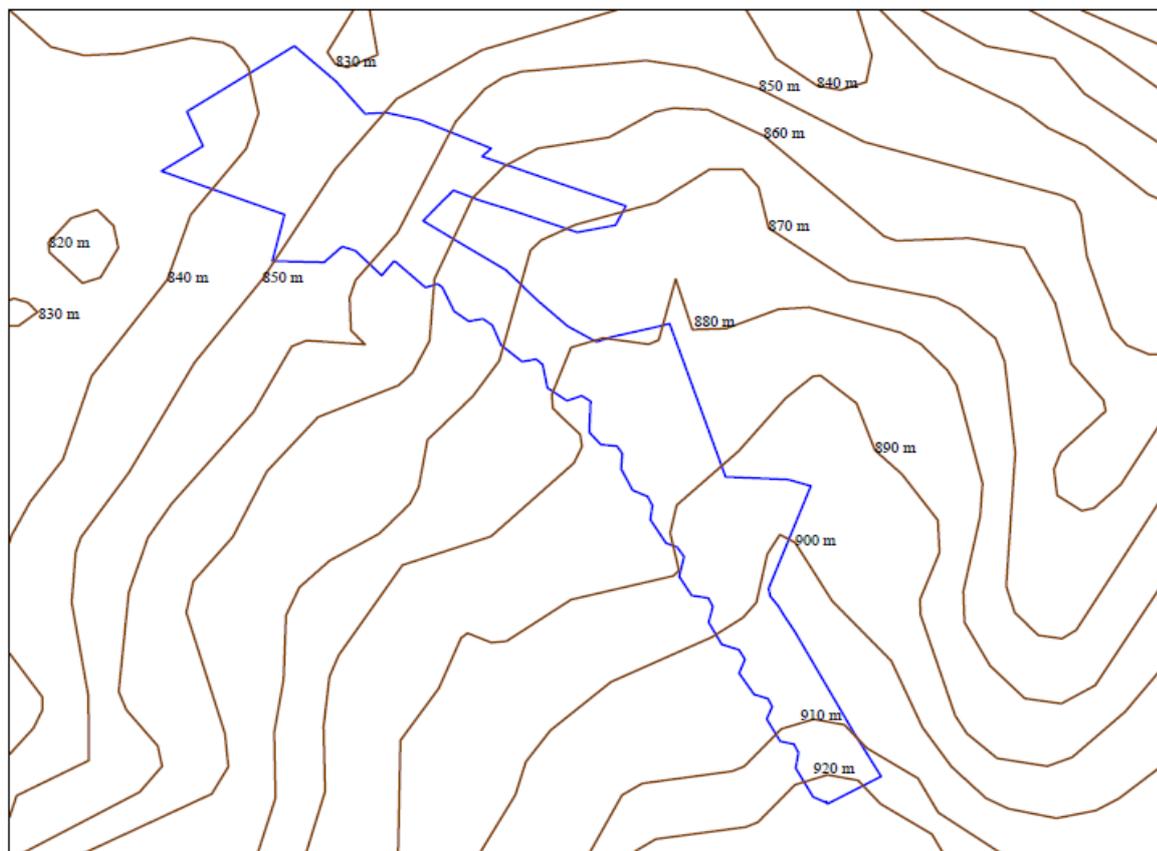
Fonte: (BOTELHO, 2011).

5. MEMORIAL DE CÁLCULO E PLANILHAS

5.1 Caracterização da bacia de contribuição

A delimitação da bacia de contribuição foi determinada pela topografia do terreno através do software *Google Earth*, obtendo as cotas de níveis pelo *Global Mapper*, de acordo com Figura 20.

Figura 20- Bacia de contribuição



Fonte: A autora (2017).

A cota do ponto mais alto da bacia é de 927 metros, já a cota do ponto mais baixo é de 841 metros. A distância entre as duas cotas em linha reta é de 1069,81 metros.

A bacia de contribuição analisada apresentou uma área total de 186.489,43 m², Tabela 11. Desta área, 104.345,30 m² corresponde em áreas de residências, ou seja, um percentual de 55,95%. Já as áreas comerciais de diversos tipos equivalem a uma área de 82.143,13 m² representando á 44,05% da bacia de contribuição. A bacia não possui área verde.

A bacia contém 30 quadras, sendo composta por um total de 87 sub bacia que contribuem no escoamento superficial, conforme a Figura 21 e o Apêndice A (Folha de Desenho 01).

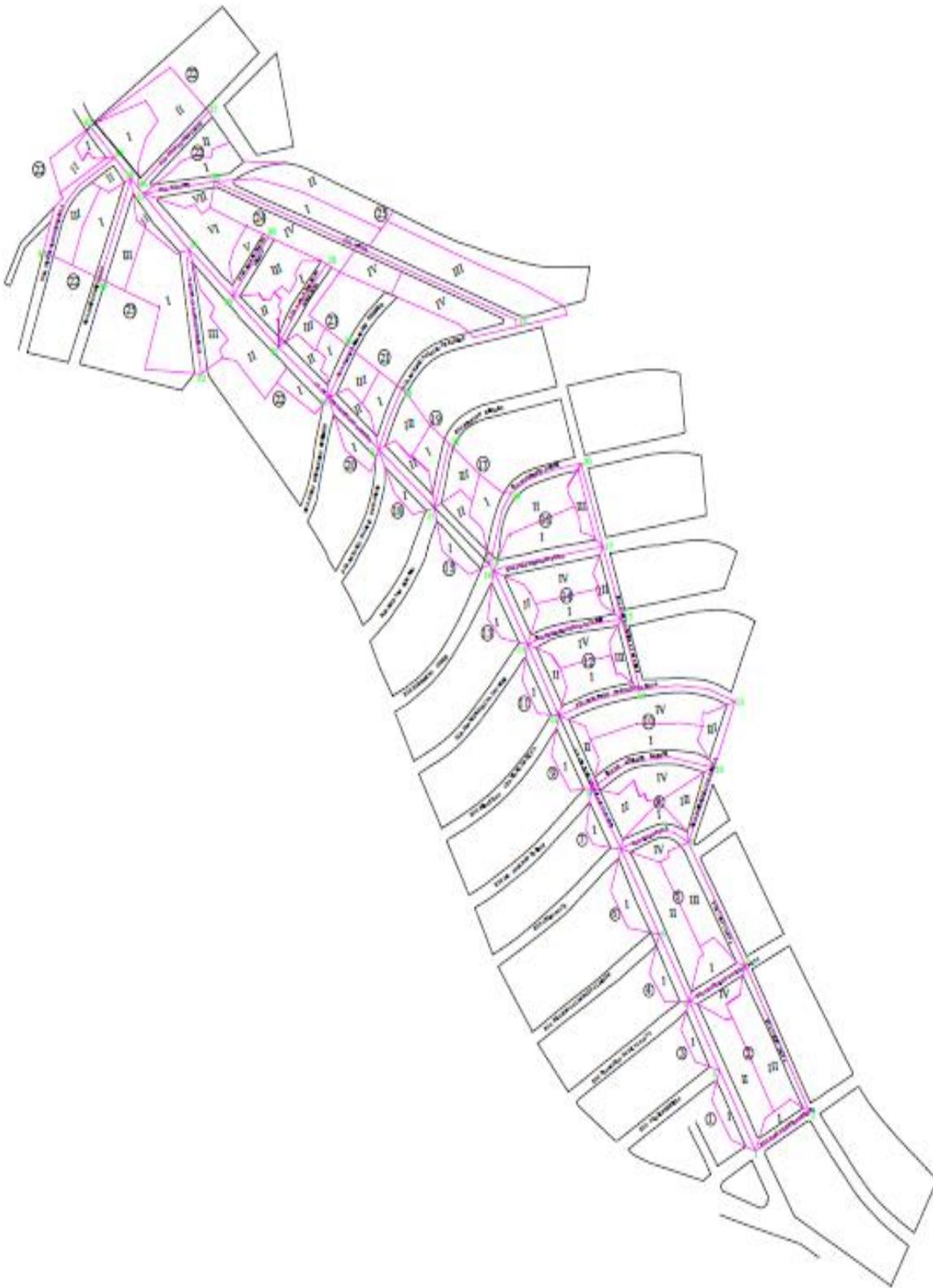
Tabela 11- Áreas da bacia de contribuição

Quadra	Sub Bacia	Área (m ²)	Quadra	Sub Bacia	Área (m ²)
1	I	1.137,30	19	I	2.062,05
	I	961,72		II	2.217,13
2	II	5.396,24		III	2.393,91
	III	5.439,67	20	I	1.027,87
	IV	1.037,91		I	2.340,30
3	I	994,60	21	II	890,83
4	I	1.560,41		III	2.115,26
5	I	1.345,60		IV	3.804,19
	II	5.385,81	22	I	978,54

	III	5.025,74		II	4.762,61
	IV	987,22		III	2.566,73
6	I	1.458,48		I	892,35
7	I	810,86	23	II	1.274,52
	I	1.015,28		III	1.723,03
8	II	3.562,23		IV	2.301,81
	III	3.253,42		I	1.121,97
	IV	2.357,54		II	985,01
9	I	1.105,30		III	2.093,91
	I	7.434,82	24	IV	3.325,24
10	II	907,99		V	1.099,70
	III	868,01		VI	4.165,65
	IV	8.118,22		VII	919,50
11	I	897,10		I	4.094,59
	I	3.057,76	25	II	3.755,69
12	II	878,96		III	6.641,90
	III	2.561,30		I	893,50
	IV	2.990,16	26	II	9.124,30
13	I	1.018,34		III	1.323,03
	I	2.043,32	27	I	2.880,00
14	II	1.064,68		II	2.578,73
	III	849,30		I	2.237,00
	IV	3.738,83	28	II	631,52
15	I	1.104,73		III	1.622,23
	I	2.332,32	29	I	2.173,86
16	II	3.806,93		II	5.525,07
	III	2.750,30	30	I	842,65
	I	1.733,77		II	1.419,75
17	II	2.211,31			
	III	1.492,72			
18	I	987,30			
				Total (m ²)	186.489,43

Fonte: A autora (2017).

Figura 21 – Sub Bacias



Fonte: A autora (2017).

Assim obteve-se um coeficiente *run off* médio, com base no Tabela 12.

Tabela 12 - Coeficiente de *run off*

Coeficiente <i>run off</i>	
Áreas Residenciais Isoladas	0,50
Área Comercial - Bairro	0,75

Fonte: A autora (2017).

Realizou o cálculo do coeficiente de *run off* médio, através da Equação (18).

$$Cm = \frac{(104345,30 \times 0,50) + (82143,13 \times 0,75)}{186486,43} = 0,61 \quad (18)$$

5.2 Cálculos Hidrológicos

A seguir realizaram-se os cálculos da verificação hidrológica com base na bacia de contribuição e os parâmetros descritos previamente

5.2.1 Cálculo da declividade do curso da água

Foi possível determinar a declividade do curso da água pela Equação (19).

$$Si = \frac{927 - 840}{1069,81} = 0,0813 \text{ m/m} \quad (19)$$

5.2.2 Definição do tempo de retorno

O tempo de concentração é calculado pela Equação (20), considerando os seguintes parâmetros para o cálculo.

$$\frac{16 \times 1,00}{[(1,05 - 0,2 \times 0) \times (100 \times 0,0813)^{0,04}]} = 16,00 \text{ minutos} \quad (20)$$

Onde:

Comprimento do talvegue: 1,00 km;

Área verde: 0;

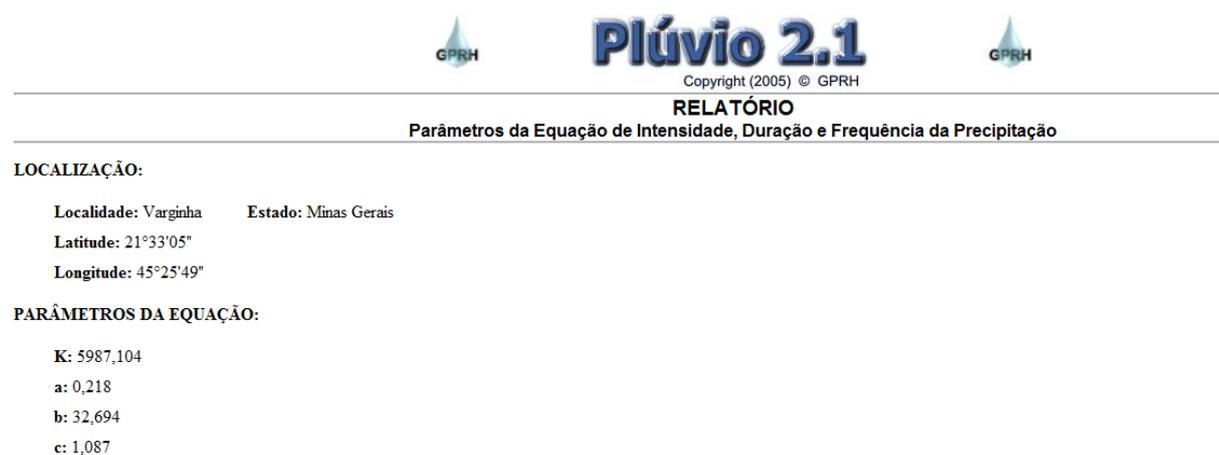
Já em relação ao tempo de concentração final, foi calculado pela Equação (21).

$$t_c = 16,00 + 10 \text{ min} = 26,00 \text{ minutos} \quad (21)$$

Devido à falta de informações de mapas sobre o tipo de ocupação urbana na região, o período de retorno foi determinado por meio de visitas *in loco* com base nas características das edificações da bacia, assim considerou o tempo de retorno igual há 5 anos.

Com base no dados obtidos pelo software *Plúvio 2.1* (GRUPO DE PESQUISA EM RECURSOS HIDRICOS, 2006), Figura 22, foi possível calcular a intensidade média da chuva pela Equação (22).

Figura 22 - Relatório do software Plúvio 2.1



Fonte: (GRUPO DE PESQUISA EM RECURSOS HIDRICOS, 2006).

$$I_m = \frac{5987,104 \times 5^{0,218}}{(26,00 + 32,694)^{1,087}} = 101,65 \text{ mm/hora} \quad (22)$$

Por fim, o valor para a vazão pluvial da bacia de contribuição foi realizado através da Equação (23).

$$Q = 0,61x\left(\frac{101,65}{(1000 \times 3600)}\right)x 186489,43 = 3,21 \text{ m}^3/\text{s} \quad (23)$$

5.3 Cálculos Hidráulicos

Os componentes hidráulicos na bacia de contribuição apresentaram diversos valores. Portanto, foram analisados em grupos e divididos em trechos por meio de planilhas para determinar os parâmetros como a capacidade escoamento, transporte e engolimento das águas pluviais, vazão, velocidade entre outros. Além do dimensionamento dos dispositivos que não

existem no atual sistema de drenagem urbana e que são essenciais para um bom funcionamento da rede.

5.3.1 Sarjetas

Para estabelecer a vazão nas sarjetas nos três grupos analisados, foram utilizados os seguintes parâmetros para ambos os casos: coeficiente de rugosidade para asfalto rugoso: 0,016; declividade na avenida: 1,5 %; declividade na rua: 2,0%; altura molhada para 80% da altura da guia. Já os critérios como a largura da sarjeta, declividade transversal, material da sarjeta e altura da guia foram obtidos por meio de visitas *in loco*.

Valem ressaltar que foi considerado um valor médio nas dimensões das guias e sarjetas para os cálculos a seguir, fatores esses que não interferem significativamente no resultando final encontrado, devido ao fato de não ter sido identificado grande diferenças.

As Equações 24 a 30 retratam a capacidade de escoamento nas sarjetas no grupo A para os trechos 1-2; 4-5; 7-8; 9-10; 11-13; 16-17; 18-19; 20-21; 22-23; 24-25, sendo considerados os seguintes dados para o dimensionamento nestas ruas: Declividade transversal nas ruas: 2,0%; Altura da guia: 14 cm; Declividade transversal na sarjeta: 2,5 %; Largura da sarjeta: 20 cm.

$$Z = 1/itr \quad (24)$$

$$Z1 = \frac{1}{itrsarj} = \frac{1}{0,025} = 40 \frac{m}{m} \quad (25)$$

$$Z2 = \frac{1}{itrrua} = \frac{1}{0,02} = 50 m/m \quad (26)$$

$$y_o = 80\% \text{ altura meio fio} = 0,8 * 0,14 = 0,112 m \quad (27)$$

$$itrsarj = \frac{\Delta h(y_o - y_1)}{Lsarj} \quad (28)$$

$$0,025 = \frac{0,112 - y_1}{0,20} = y_1 = 0,107 m \quad (29)$$

$$q_{st} = 0,375 \left[\left(\frac{40}{0,016} \right) * 0,112^{\frac{8}{3}} - \left(\frac{40}{0,016} \right) * 0,107^{\frac{8}{3}} + \left(\frac{50}{0,016} \right) * 0,107^{\frac{8}{3}} \right] * i^{0,5} = \quad (30)$$

$$q_{st} = 3,34 * i^{0,5} = m^3/s$$

Como o grupo A possui em sua composição a Avenida Dom Otto Motta, trecho 30-31, realizou um novo cálculo para determinar a equação teórica da sarjeta nesta via, pois declividade transversal na rua é diferente na avenida. Conforme as Equações 31 a 37.

Onde:

Declividade transversal na avenida: 1,5 %

$$Z = 1/itr \quad m \quad (31)$$

$$Z1 = \frac{1}{itrsarj} = \frac{1}{0,025} = 40 \text{ m/m} \quad (32)$$

$$Z2 = \frac{1}{itrrua} = \frac{1}{0,015} = 66,67 \frac{m}{m} \quad (33)$$

$$y_0 = 80\% \text{ altura meio fio} = 0,8 * 0,14 = 0,112 \text{ m} \quad (34)$$

$$itrsarj = \frac{\Delta h(y_0 - y_1)}{Lsarj} \quad (35)$$

$$0,025 = \frac{0,112 - y_1}{0,20} = y_1 = 0,107 \text{ m} \quad (36)$$

$$qst = 0,375 \left[\left(\frac{40}{0,016} \right) * 0,112^{\frac{8}{3}} - \left(\frac{40}{0,016} \right) * 0,107^{\frac{8}{3}} + \left(\frac{66,67}{0,016} \right) * 0,107^{\frac{8}{3}} \right] * i^{0,5} = \quad (37)$$

$$qst = 4,34 * i^{0,5} = m^3/s$$

Para o grupo B que se refere aos trechos 14-15; 26-27; 28-29; 34-32; 33-34; 35-36; 37-38; 39-40, calculou-se com base nas Equações 37 a 43 considerando os seguintes parâmetros.

Onde:

Declividade transversal nas ruas: 2,0%

Altura da guia: 20 cm

Declividade transversal na sarjeta: 4,5 %

Largura da sarjeta: 45 cm

$$Z = 1/itr \quad (37)$$

$$Z1 = \frac{1}{itrsarj} = \frac{1}{0,045} = 22,22 \text{ m/m} \quad (38)$$

$$Z2 = \frac{1}{itrrua} = \frac{1}{0,02} = 50 \text{ m/m} \quad (39)$$

$$y_0 = 80\% \text{ altura meio fio} = 0,8 * 0,20 = 0,16 \text{ m} \quad (40)$$

$$itrsarj = \frac{\Delta h(y_0 - y_1)}{Lsarj} \quad (41)$$

$$0,045 = \frac{0,16 - y_1}{0,45} = y_1 = 0,142 \text{ m} \quad (42)$$

$$q_{st} = 0,375 \left[\left(\frac{22,22}{0,016} \right) * 0,16^{\frac{8}{3}} - \left(\frac{22,22}{0,016} \right) * 0,142^{\frac{8}{3}} + \left(\frac{50}{0,016} \right) * 0,142^{\frac{8}{3}} \right] * i^{0,5} =$$

$$q_{st} = 7,50 * i^{0,5} = m^3/s \quad (43)$$

O grupo C foi subdividido em três grupos, sendo o primeiro composto pelos seguintes trechos: 2-3; 3-5; 5-6; 6-8; 8-10; 10-13; 13-15. Determinou a capacidade de escoamento teórica nas sarjetas conforme as Equações 44 a 50 demonstra as características nas sarjetas.

Onde:

Declividade transversal na avenida: 1,5%

Altura da guia: 13 cm

Declividade transversal na sarjeta: 6,0 %

Largura da sarjeta: 35 cm

$$Z = 1/itr \quad (44)$$

$$Z1 = \frac{1}{itrsarj} = \frac{1}{0,06} = 16,67 \text{ m/m} \quad (45)$$

$$Z2 = \frac{1}{itrrua} = \frac{1}{0,015} = 66,67 \text{ m/m} \quad (46)$$

$$y_0 = 80\% \text{ altura meio fio} = 0,8 * 0,13 = 0,104 \text{ m} \quad (47)$$

$$itrsarj = \frac{\Delta h(y_0 - y_1)}{Lsarj} \quad (48)$$

$$0,06 = \frac{0,104 - y_1}{0,35} = y_1 = 0,083 \text{ m} \quad (49)$$

$$q_{st} = 0,375 \left[\left(\frac{16,67}{0,016} \right) * 0,104^{\frac{8}{3}} - \left(\frac{16,67}{0,016} \right) * 0,083^{\frac{8}{3}} + \left(\frac{66,67}{0,016} \right) * 0,083^{\frac{8}{3}} \right] * i^{0,5} = \quad (50)$$

$$q_{st} = 2,47 * i^{0,5} = m^3/s$$

Já em relação aos trechos 15-17; 17-19; 19-21; 21-23; 23-25; 25-27, encontraram os seguintes valores de acordo Equações 51 a 57.

Onde:

Declividade transversal na avenida: 1,5%

Altura da guia: 12 cm

Declividade transversal na sarjeta: 6,5 %

Largura da sarjeta: 35 cm

$$Z = 1/itr \quad (51)$$

$$Z1 = \frac{1}{itrsarj} = \frac{1}{0,065} = 15,38 \text{ m/m} \quad (52)$$

$$Z2 = \frac{1}{itrrua} = \frac{1}{0,015} = 66,67 \text{ m/m} \quad (53)$$

$$y_o = 80\% \text{ altura meio fio} = 0,8 * 0,12 = 0,096 \text{ m} \quad (54)$$

$$itrsarj = \frac{\Delta h(y_o - y_1)}{Lsarj} \quad (55)$$

$$0,065 = \frac{0,096 - y_1}{0,35} = y_1 = 0,073 \text{ m} \quad (56)$$

$$q_{st} = 0,375 \left[\left(\frac{15,38}{0,016} \right) * 0,096^{\frac{8}{3}} - \left(\frac{15,38}{0,016} \right) * 0,073^{\frac{8}{3}} + \left(\frac{66,67}{0,016} \right) * 0,073^{\frac{8}{3}} \right] * i^{0,5} = \quad (57)$$

$$q_{st} = 1,85 * i^{0,5} = m^3/s$$

Por fim, nos trechos 27-29; 29-31; 31-32; 32-36; 36-38; 38-40; 40-41 calculou-se de acordo com as Equações 58 a 64.

Onde:

Declividade transversal na avenida: 1,5%

Altura da guia: 7 cm

Declividade transversal na sarjeta: 5,0 %

Largura da sarjeta: 15,5 cm

$$Z = 1/itr \quad (58)$$

$$Z1 = \frac{1}{itrsarj} = \frac{1}{0,050} = 20 \text{ m/m} \quad (59)$$

$$Z2 = \frac{1}{itrrua} = \frac{1}{0,015} = 66,67 \text{ m/m} \quad (60)$$

$$y_0 = 80\% \text{ altura meio fio} = 0,8 * 0,07 = 0,056 \text{ m} \quad (61)$$

$$itrsarj = \frac{\Delta h(y_0 - y_1)}{Lsarj} \quad (62)$$

$$0,03 = \frac{0,056 - y_1}{0,155} = y_1 = 0,051 \text{ m} \quad (63)$$

$$q_{st} = 0,375 \left[\left(\frac{20}{0,016} \right) * 0,056^{\frac{8}{3}} - \left(\frac{20}{0,016} \right) * 0,051^{\frac{8}{3}} + \left(\frac{66,67}{0,016} \right) * 0,051^{\frac{8}{3}} \right] * i^{0,5} = \quad (64)$$

$$q_{st} = 0,59 * i^{0,5} = m^3/s$$

A partir das equações obtidas da capacidade de escoamento teórica nas sarjetas, foi possível calcular a capacidade real nas mesmas para margem direita e esquerda. Por fim, realizou uma comparação entre a capacidade escoamento real e a vazão das águas pluviais nas vias se as mesmas necessitam de galeria ou não. A Tabela 13 demonstra esses cálculos, sendo que para o cálculo da área de contribuição das margens utilizou a divisão conforme a Tabela 14.

Tabela 13- Dimensionamento nas sarjetas

Via	Grupo	Trecho	i (mm/h)	C médio	Área de Contribuição (m ²)		Vazão (m ³ /s)		Cota (m)		L (m)	i (m/m)	qst (m ³ /s)	F
					MD	ME	MD	ME	M	J				
Rua José Vicente Ferreira	A	1-2			961,72	0	0,017	0,000	927,000	926,000	63,570	0,016	0,419	
Rua Francisco da Silva Paiva	A	4-5			1.345,60	1.037,91	0,023	0,018	919,000	918,000	197,610	0,005	0,238	
Rua Celso Paiva	A	7-8			1.015,28	11.398,77	0,017	0,196	910,000	907,000	191,680	0,016	0,418	
Rua Dr. Adelson Barros	A	9-10			7.434,82	2.357,54	0,128	0,041	907,000	901,000	195,790	0,031	0,585	
Rua Sebastiao Otaviano da Silva	A	11-13			3.057,76	12.239,65	0,053	0,211	905,000	894,000	236,700	0,046	0,720	0,70
Rua Joao Ponciano Pinto	A	16-17	101,650	0,61	2.332,32	3.738,83	0,040	0,064	892,000	886,000	176,710	0,034	0,615	
Rua Humberto Conde	A	18-19			1.733,77	3.806,93	0,030	0,065	888,000	885,000	197,580	0,015	0,412	
Rua Estevan Biscaro	A	20-21			2.062,05	1.492,72	0,036	0,026	882,000	881,000	54,500	0,018	0,452	
Rua Ant. Palacio de Barros	A	22-23			1.121,97	2.393,91	0,019	0,041	877,000	876,000	55,040	0,018	0,450	
Rua Jonas Bernardes	A	24-25			892,35	2.115,26	0,015	0,036	872,000	871,000	47,370	0,021	0,485	
Avenida Dom Otto Motta	A	30-31			2.115,26	893,50	0,036	0,015	856,000	849,000	102,100	0,069	1,136	0,60
Rua Francisco Silva Tavares	B	14-15			2.043,32	2.990,16	0,035	0,051	895,000	891,000	159,210	0,025	1,189	
Rua Alaor Barbosa Nogueira	B	26-27			1.121,97	1.723,03	0,019	0,030	865,000	863,000	83,560	0,024	1,160	
Rua Amaro Souza Lemos	B	28-29			1.099,70	2.093,91	0,019	0,036	857,000	856,000	65,500	0,015	0,927	
Rua São José	B	34-32	101,65	0,61	2.880,00	21.087,23	0,050	0,036	849,000	844,000	118,420	0,042	1,541	0,55
Rua Maria	B	33-34			10.736,49	9.431,24	0,019	0,162	880,000	849,000	327,840	0,095	2,306	
Rua Professor Ramos Cesar	B	35-36			2.173,86	2.578,73	0,037	0,044	844,000	843,000	94,190	0,011	0,773	
Rua José Domicilano	B	37-38			1.323,03	2.237,00	0,023	0,038	843,000	842,000	87,570	0,011	0,801	
Rua José Claudio Ferreira	B	39-40			2.253,75	1.419,75	0,039	0,024	842,000	841,000	113,250	0,009	0,705	
	C	2-3			6357,960	1137,300	0,109	0,020	927,000	923,000	75,42	0,053	0,569	
	C	3-5			7395,870	2131,900	0,127	0,037	923,000	919,000	85,0	0,047	0,449	
	C	5-6			14127,280	3692,310	0,243	0,064	919,000	914,000	62,6	0,080	0,585	
	C	6-8			25526,050	5150,790	0,439	0,089	914,000	907,000	74,5	0,094	0,635	0,25
	C	8-10			32461,100	5961,650	0,558	0,103	907,000	901,000	68,1	0,088	0,614	
	C	10-13			53043,560	7066,950	0,912	0,122	901,000	894,000	67,7	0,103	0,666	
	C	13-15			59970,440	7964,050	1,032	0,137	894,000	891,000	69,1	0,043	0,431	
	C	15-17			66817,270	8982,390	1,149	0,155	891,000	886,000	79,2	0,063	0,465	
Avenida Doutor José Justiniano dos Reis	C	17-21	101,65	0,61	78394,320	13587,120	1,349	0,234	886,000	881,000	74,2	0,067	0,480	
	C	21-23			85067,410	14574,420	1,463	0,251	881,000	876,000	74,1	0,067	0,480	0,22
	C	23-25			89195,470	15602,290	1,534	0,268	876,000	871,000	64,3	0,078	0,516	
	C	25-27			94085,370	23931,630	1,618	0,412	871,000	863,000	36,8	0,217	0,862	
	C	27-29			100786,260	23931,630	1,734	0,412	863,000	856,000	41,9	0,167	0,241	
	C	29-31			106051,610	26046,890	1,824	0,448	856,000	849,000	36,5	0,192	0,259	
	C	31-32			127138,840	39564,690	2,187	0,681	849,000	844,000	87,5	0,057	0,141	0,32
	C	32-38			138771,430	40964,850	2,387	0,705	844,000	842,000	42,1	0,048	0,129	
	C	38-40			138771,430	44621,600	2,387	0,768	842,000	840,000	35,4	0,056	0,140	
	C	40-41			138771,430	47718,000	2,387	0,821	840,000	838,000	45,3	0,044	0,124	

Fonte: A autora (2017).

Tabela 14- Áreas de contribuição das sub bacias

Via	Trecho	Margem Direita	Margem Esquerda
Rua José Vicente Ferreira	1-2	2-I	-
Rua Francisco da Silva Paiva	4-5	2-IV;	5-I
Rua Celso Paiva	7-8	8-I	5-III,IV; 2-III
Rua Adelson Barros	9-10	10-I	8-IV
Rua Sebastiao Otaviano da Silva	11-13	12-I	8-III; 10-III, IV
Rua Ponciano Pinto	16-17	16-I	14-IV
Rua Humberto Conde	18-19	17-I	16- II,III; 14-III; 12-III
Rua Estevan Biscaro	20-21	19-I	17-III
Rua Ant. Palacio de Barros	22-23	21-I	19-III
Rua Jonas Bernardes	24-25	23-I	21-III
Avenida Dom Otto Motta	30-31	22-III	26-I
Rua Francisco Silva Tavares	14-15	14-I	12-IV
Rua Alaor Barbosa Nogueira	26-27	24-I	23-III
Rua Amaro Souza Lemos	28-29	24-V	24-III
Rua São José	34-32	27-I	24-IV,VII; 23-IV; 21-IV; 25-I,II,III
Rua Maria	33-34	25-II,III	24-IV, 23-IV; 21-IV
Rua Professor Ramos Cesar	35-36	29-II	27-II
Rua José Domicilano	37-38	26-III	28-I
Rua José Claudio Ferreira	39-40	28-II,III	30-II
	2-3	2-I	1-I
	3-5	2-I, II, IV;	1-I; 3-I
	5-6	2-I, II, IV; 5-I, II,	1-I; 3-I; 4-I
	6-8	2-I, II,III, IV; 5-I,II, III, IV	1-I; 3-I; 4-I; 6-I
	8-10	2-I, II,III, IV; 5-I,II, III, IV; 8-I,II, IV	1-I; 3-I; 4-I; 6-I; 7-I
	10-13	2-I, II,III, IV; 5-I,II, III, IV; 8-I,II,III, IV, 10-I, II, II,IV	1-I; 3-I; 4-I; 6-I; 7-I;9-I
	13-15	2-I, II,III, IV; 5-I,II, III, IV; 8-I,II,III, IV, 10-I, II, II,IV; 12-I,II, IV	1-I; 3-I; 4-I; 6-I; 7-I;9-I; 11-I
	15-17	2-I, II,III, IV; 5-I,II, III, IV; 8-I,II,III, IV, 10-I, II, II,IV; 12-I,II, IV; 14-I,II,IV	1-I; 3-I; 4-I; 6-I; 7-I;9-I; 11-I; 13-I
	17-21	2-I, II,III, IV; 5-I,II, III, IV; 8-I,II,III, IV, 10-I, II, II,IV; 12-I,II, III,IV; 14-I,II,III,IV; 16-I,II,III; 17-I,II, III	1-I; 3-I; 4-I; 6-I; 7-I;9-I; 11-I; 13-I; 15-I
	21-23	2-I, II,III, IV; 5-I,II, III, IV; 8-I,II,III, IV, 10-I, II, II,IV; 12-I,II, III,IV; 14-I,II,III,IV; 16-I,II,III; 17-I,II,III; 19-I,II,III	1-I; 3-I; 4-I; 6-I; 7-I;9-I; 11-I; 13-I; 15-I; 18-I
	23-25	2-I, II,III, IV; 5-I,II, III, IV; 8-I,II,III, IV, 10-I, II, II,IV; 12-I,II, III,IV; 14-I,II,III,IV; 16-I,II,III; 17-I,II,III; 19-I,II,III; 21-I,II,III	1-I; 3-I; 4-I; 6-I; 7-I;9-I; 11-I; 13-I; 15-I; 18-I; 20-I
	25-27	2-I, II,III, IV; 5-I,II, III, IV; 8-I,II,III, IV, 10-I, II, II,IV; 12-I,II, III,IV; 14-I,II,III,IV; 16-I,II,III; 17-I,II,III; 19-I,II,III; 21-I,II,III; 23-I,II,III	1-I; 3-I; 4-I; 6-I; 7-I;9-I; 11-I; 13-I; 15-I; 18-I; 20-I; 22-I
Avenida Doutor José Justiniano dos Reis	27-29	2-I, II,III, IV; 5-I,II, III, IV; 8-I,II,III, IV, 10-I, II, II,IV; 12-I,II, III,IV; 14-I,II,III,IV; 16-I,II,III; 17-I,II,III; 19-I,II,III; 21-I,II,III; 23-I,II,III; 24-I,II,III	1-I; 3-I; 4-I; 6-I; 7-I;9-I; 11-I; 13-I; 15-I; 18-I; 20-I; 22-I,II,III
	29-31	2-I, II,III, IV; 5-I,II, III, IV; 8-I,II,III, IV, 10-I, II, II,IV; 12-I,II, III,IV; 14-I,II,III,IV; 16-I,II,III; 17-I,II,III; 19-I,II,III; 21-I,II,III; 23-I,II,III; 24-I,II,III, V,VI	1-I; 3-I; 4-I; 6-I; 7-I;9-I; 11-I; 13-I; 15-I; 18-I; 20-I; 22-I,II,III; 26-I,II,III
	31-32	2-I, II,III, IV; 5-I,II, III, IV; 8-I,II,III, IV, 10-I, II, II,IV; 12-I,II, III,IV; 14-I,II,III,IV; 16-I,II,III; 17-I,II,III; 19-I,II,III; 21-I,II,III;IV 23-I,II,III,IV; 24-I,II,III, V,VI,VII; 25-I,II,III	1-I; 3-I; 4-I; 6-I; 7-I;9-I; 11-I; 13-I; 15-I; 18-I; 20-I; 22-I,II,III; 26-I,II,III;
	32-38	2-I, II,III, IV; 5-I,II, III, IV; 8-I,II,III, IV, 10-I, II, II,IV; 12-I,II, III,IV; 14-I,II,III,IV; 16-I,II,III; 17-I,II,III; 19-I,II,III; 21-I,II,III;IV 23-I,II,III,IV; 24-I,II,III, V,VI,VII; 25-I,II,III; 27-I,II; 29- II	1-I; 3-I; 4-I; 6-I; 7-I;9-I; 11-I; 13-I; 15-I; 18-I; 20-I; 22-I,II,III; 26-I,II,III; 28-I
	38-40	2-I, II,III, IV; 5-I,II, III, IV; 8-I,II,III, IV, 10-I, II, II,IV; 12-I,II, III,IV; 14-I,II,III,IV; 16-I,II,III; 17-I,II,III; 19-I,II,III; 21-I,II,III;IV 23-I,II,III,IV; 24-I,II,III, V,VI,VII; 25-I,II,III; 27-I,II; 29- I,II	1-I; 3-I; 4-I; 6-I; 7-I;9-I; 11-I; 13-I; 15-I; 18-I; 20-I; 22-I,II,III; 26-I,II,III; 28-I,II,III
	40-41	2-I, II,III, IV; 5-I,II, III, IV; 8-I,II,III, IV, 10-I, II, II,IV; 12-I,II, III,IV; 14-I,II,III,IV; 16-I,II,III; 17-I,II,III; 19-I,II,III; 21-I,II,III;IV 23-I,II,III,IV; 24-I,II,III, V,VI,VII; 25-I,II,III; 27-I,II; 29- I,II	1-I; 3-I; 4-I; 6-I; 7-I;9-I; 11-I; 13-I; 15-I; 18-I; 20-I; 22-I,II,III; 26-I,II,III; 28-I,II,III; 30-I,II

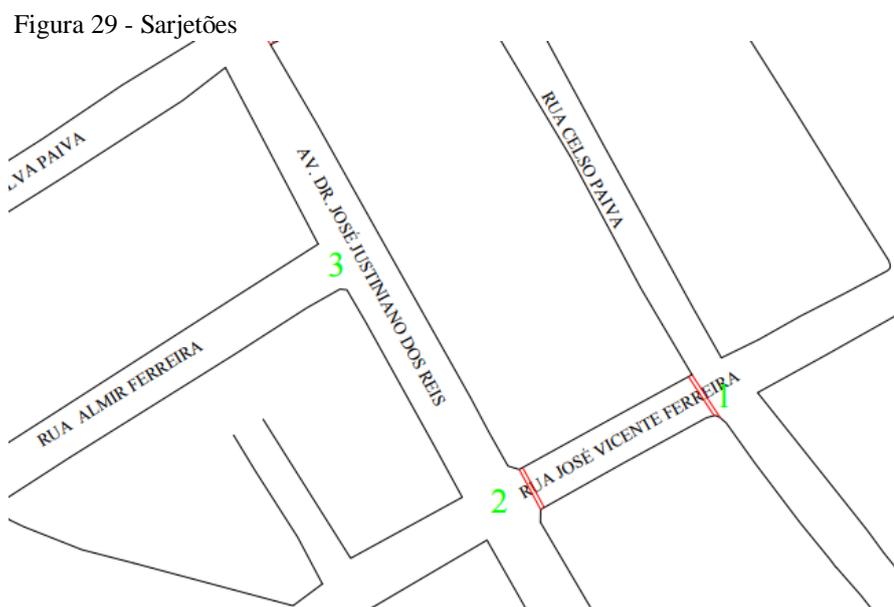
Fonte: A autora (2017).

Observou através da Tabela 13, que os Grupos A e B não precisam de galerias, pois a vazão pluvial que chega nessas vias é inferior a vazão de escoamento real nas sarjetas. Como ocorre também no Grupo C nos trechos 2-3 para ambas as margens e para os trechos 3-5; 5-6; 6-8; 8-10; 10-13 para a margem esquerda.

Por outro lado os trechos do Grupo C, 3-5; 5-6; 6-8; 8-10; 10-13 na margem direita e para os trechos 13-15; 15-17; 17-21; 21-23; 23-25; 25-27; 27-29; 29-31; 31-32; 32-38; 38-40; 40-41 ambas margens precisam de galeria para poder transportar toda a vazão da águas pluviais.

5.3.2 Sarjetão

O sarjetão será em formato tipo V. A largura é calculada com base na Equação (64), conforme exemplo resolvido para a Rua José Vicente Ferreira onde apresentou dois sarjetões dispostos segundo a Figura 29. Foi implantado nesta via por conta de apresentar um menor fluxo de veículos e assim não interferindo na trafegabilidade como pode ocorrer na Rua Celso Paiva.



Para a Rua José Vicente Ferreira temos os seguintes dados, sendo calculado conforme a Equação (65):

$$T = \left[\frac{0,293 * 0,016}{0,376 * 0,10^{1,67} * 0,016^{0,5}} \right]^{0,375} = 1,77 \text{ m} \quad (65)$$

Onde:

Vazão (m³/s): 0,293;

Coefficiente de Manning: 0,016 (asfalto rugoso);

Declividade Transversal (m/m): 0,10;

Declividade Longitudinal (m/m): 0,016;

A Tabela 15 demonstra os valores das larguras encontrados para outras vias que possuem sarjetões. Observou-se que a largura variou 1,50 a 2,20 metros.

Tabela 15 - Dimensionamento dos sarjetões

Via	Trecho	Quantidade	Q (m ³ /s)	SI (m/m)	Sx (m/m)	T (m)
Rua José Vicente Ferreira	1-2	2	0,293	0,016	0,1	1,80
Rua Francisco da Silva Paiva	4-5	2	0,166	0,005	0,1	1,80
Rua Celso Paiva	7-8	1	0,292	0,016	0,1	1,80
Rua José Ciríaco da Silva	7-11	1	0,345	0,04	0,1	1,60
Rua Dr. Adelson Barros	9-10	2	0,409	0,031	0,1	1,80
Rua Sebastiao Otaviano da Silva	11-13	1	0,504	0,046	0,1	1,80
Rua José Nogueira Tavares	12-18	1	0,384	0,075	0,1	1,50
Rua Francisco Silva Tavares	14-15	2	0,654	0,025	0,1	2,20
Rua Joao Ponciano Pinto	16-17	2	0,431	0,034	0,1	1,80
Rua Humberto Conde	18-19	1	0,288	0,015	0,1	1,80
Rua Estevan Biscaro	20-21	1	0,317	0,018	0,1	1,80
Rua Antônio Palácio de Barros	22-23	1	0,315	0,018	0,1	1,80
Rua Jonas Bernardes Resende	24-25	1	0,34	0,021	0,1	1,80
Rua Alaor Barbosa Nogueira	26-27	1	0,638	0,024	0,1	2,20
Rua Amaro Souza Lemos	28-29	1	0,510	0,015	0,1	2,20
Rua Maria	33-34	1	1,268	0,095	0,1	2,20
Avenida Dom Otto Motta	30-31	1	0,682	0,069	0,1	1,85
Rua São Jose	34-32	1	0,848	0,042	0,1	2,20
Rua Professor Ramos Cesar	35-36	1	0,425	0,011	0,1	2,20
Rua Jose Domiciliano	37-38	1	0,441	0,011	0,1	2,20
Rua Jose Claudio Perreira	39-40	1	0,388	0,009	0,1	2,20
Total		26				

Fonte: A autora (2017).

5.3.3 Galerias

Conforme demonstrado no subcapítulo 5.3.1 os grupos A e B não precisam de galeria, com isso não foram realizado o dimensionamento das mesmas. Para o dimensionamento das galerias para o Grupo C não foi considerado o escoamento das águas pluviais nas sarjetas, mas a vazão do grupo A e B foram levadas em consideração para o dimensionamento seguinte.

Primeiramente determinou-se a vazão real que a galeria existente, com diâmetro de 600 mm transporta, posteriormente dimensionou a galeria com base na vazão excedente calculada. A Tabela 16 demonstra vazão que a galeria de 600 mm consegue entubar.

Tabela 16 – Verificação da galeria existente

Grupo C	Trecho	L (m)	Cota (m)		i (m/m)	IG	Ø existente (mm)	Q projeto (m ³ /s)	Q entubar p/ y/D - 0,90 (m ³ /s)
			M	J					
	3-5	85	923	919	0,04706	IT = IG		1,082	1,015
	5-6	62,55	918	914	0,06395	IT = IG		1,262	1,183
	6-8	74,48	914	907	0,09398	IT = IG		1,529	1,435
	8-10	68,10	907	901	0,08811	IT = IG		1,481	1,389
	10-13	67,70	901	894	0,1034	IT = IG		1,604	1,505
	13-15	69,10	894	891	0,04342	IT = IG		1,039	0,975
Avenida	15-17	79,20	891	886	0,06313	IT = IG		1,253	1,176
Doutor	17-21	74,15	886	881	0,06743	IT = IG		1,295	1,215
José	21-23	74,14	881	876	0,06744	IT = IG	600	1,296	1,215
Justiniano	23-25	64,30	876	871	0,07776	IT = IG		1,620	1,520
dos Reis	25-27	36,82	871	863	0,21727	IT = IG		1,525	1,431
	27-29	41,87	863	856	0,16718	IT = IG		1,674	1,570
	29-31	36,45	856	849	0,19204	IT = IG		1,712	1,606
	31-32	87,54	849	844	0,05712	IT = IG		1,312	1,231
	32-38	42,09	844	842	0,04752	IT = IG		1,087	1,020
	38-40	35,40	842	840	0,05665	IT = IG		1,186	1,112
	40-41	45,30	840	838	0,04415	IT = IG		1,048	0,983

Fonte: A autora (2017).

Através desses valores e os dados obtidos pela análise hidrológica da bacia de contribuição, foi possível verificar se a galeria de 600 mm comporta toda a vazão excedente ou não. Para os cálculos da vazão a entubar considerou a relação $y/D=0,9$ e a declividade do terreno igual à declividade da galeria. Por fim, o recobrimento mínimo para as galerias para este diâmetro adotou-se igual a um metro.

Vale ressaltar se existir vazão excedente nos trechos analisados, calculou-se um novo diâmetro para transportar toda a vazão excedente e também verificou a velocidade.

O cálculo abaixo representado pelas Equações 66 a 72 foi realizado para o trecho 25-27.

$$Qp = \frac{Q}{1,066} = \frac{2,23}{1,066} = 2,09 \text{ m}^3/\text{s} \quad (66)$$

Onde:

Vazão total da chuva: 2,23 m³/s;

Vazão existente para ϕ 600 mm: 1,82 m³/s;

Vazão excedente: 0,604 m³/s.

O diâmetro da galeria é obtido por meio da equação de *Manning* abaixo.

$$Qp = \left(\frac{1}{n}\right) \cdot RH^{\frac{2}{3}} \cdot \sqrt{i} \cdot Am \quad (67)$$

Onde:

Qp: 2,09m³/s;

I: declividade: 0,2173 m/m;

n: 0,016 (pavimento asfáltico rugoso).

$$2,09 = \frac{\pi \cdot D^2 \cdot D^{\frac{2}{3}} \cdot 0,0760^{0,5}}{4 \cdot 4^{\frac{2}{3}} \cdot 0,016} \rightarrow D = 0,576 \quad (68)$$

$$D_{com} = 600 \text{ mm}$$

Para o diâmetro adotado a velocidade de projeto na tubulação será:

$$Rh_{sp} = \frac{D}{4} = \frac{0,6}{4} = 0,15 \text{ m} \quad (69)$$

Para a relação $y/D = 0,9$:

$$\frac{Rh_{sp}}{Rh_{0,9}} = 1,20 \rightarrow Rh_{0,9} = \frac{0,15}{1,20} = 0,125 \text{ m} \quad (70)$$

$$V = \left(\frac{1}{n}\right) \cdot RH^{\frac{2}{3}} \cdot \sqrt{i} \quad (71)$$

$$V = \frac{0,125^{\frac{2}{3}} \cdot 0,2173^{0,5}}{0,016} = 7,28 \text{ m/s} \quad (72)$$

Verificou-se que o diâmetro da galeria existente na avenida é de 600 mm, sendo suficiente para conseguir transportar toda a vazão pluvial neste trecho, porém não se pode reduzir o diâmetro e também a velocidade encontrada foi superior à velocidade máxima de 5,0 m/s, conforme Azevedo Netto (1998) determina.

Assim, existem duas formas de se corrigir a velocidade podendo impor uma declividade à galeria, sendo esta diferente da declividade da avenida ou aumentar o diâmetro da tubulação.

Neste caso, por meio de tentativa através da planilha de cálculo, verificou que a possibilidade mais viável é impor uma declividade à galeria de 0,021 m/m, levando em consideração a profundidade de escavação neste trecho, respeitando o limite de 4,50 m. Assim, com base na declividade adotada o diâmetro neste trecho passou a ser 900 mm. Sendo que está declividade adotada encontra-se dentro da declividade mínima estabelecida por Botelho (2011) de 0,0006 m/m para diâmetro de 900 mm.

A partir disso, foi possível obter os seguintes resultados para os outros trechos que precisam da galeria, conforme exposto pela Tabela 17.

Tabela 17 – Dimensionamento da galeria necessária

Trecho	L (m)	Cota (m)		i (m/m)	IG	Q entubar - ø 600	Q chuva (m³/s)			Q excedente (m³/s)	Q final (m³/s)	Qp	ø (m)	ø com (mm)	
		M	J				MD	ME	TOTAL						
3-5	85	923	919	0,047	IT = IG	1,015	0,127	-	0,127	-	-	-	-	600	0
5-6	62,55	919	914	0,080	IT = IG	1,183	0,243	-	0,443	-	-	-	-	600	0
6-8	74,48	914	907	0,094	IT = IG	1,434	0,439	-	0,639	-	-	-	-	600	0
8-10	68,1	907	901	0,088	IT = IG	1,389	0,558	-	0,758	-	-	-	-	600	0
10-13	67,7	901	894	0,103	IT = IG	1,504	0,912	-	0,912	-	-	-	-	600	0
13-15	69,1	894	891	0,043	IT = IG	0,975	1,032	0,137	1,169	-0,194	1,169	1,097	0,612	700	0
15-17	79,2	891	886	0,063	IT = IG	1,175	1,149	0,155	1,404	-0,229	1,404	1,317	0,611	700	0
17-21	74,15	886	881	0,067	IT = IG	1,215	1,349	0,234	1,583	-0,368	1,583	1,485	0,631	700	0
21-23	74,14	881	876	0,067	IT = IG	1,215	1,463	0,251	1,714	-0,499	1,714	1,608	0,650	700	0
23-25	64,3	876	871	0,078	IT = IG	1,305	1,534	0,268	1,902	-0,597	1,902	1,784	0,658	700	0
25-27	36,82	871	863	0,217	IT = IG	2,181	1,618	0,412	2,230	-0,049	2,230	2,092	0,576	600	0
27-29	41,87	863	856	0,167	IT = IG	1,913	1,734	0,412	2,346	-0,433	2,346	2,201	0,617	700	0
29-31	36,45	856	849	0,192	IT = IG	2,050	1,824	0,448	2,672	-0,622	2,672	2,507	0,631	700	0
31-32	87,54	849	844	0,057	IT = IG	1,118	2,187	0,681	2,868	-1,750	2,868	2,690	0,814	900	0
32-38	42,09	844	842	0,048	IT = IG	1,020	2,387	0,705	3,092	-2,072	3,092	2,901	0,866	900	0
38-40	35,4	842	840	0,056	IT = IG	1,112	2,387	0,768	3,155	-2,043	3,155	2,960	0,845	900	0
40-41	45,3	840	838	0,044	IT = IG	0,983	2,387	0,821	3,208	-2,225	3,208	3,009	0,891	900	0

Fonte: A autora (2017).

Da mesma forma que ocorreu no trecho calculado, os trechos 27-29; 29-31 também apresentaram velocidade superior à máxima permitida por apresentarem uma declividade alta quando comparada com as demais, assim adotou-se por meio de tentativa uma declividade de 0,023 m/m e 0,030 m/m respectivamente, visto que, o diâmetro necessário nesses trechos é de 700 mm, entretanto com declividade imposta o diâmetro nestes trechos passou a ser 900 mm.

Em contrapartida, nos trechos 3-5; 5-6; 6-8; 10-13; não precisam da adequação no diâmetro existente de 600 mm, pois são suficientes para transportar as águas pluviais que chegam nestes trechos, assim o diâmetro calculado foi igual ao diâmetro atual. O Apêndice E ,Folha de Desenho 05, demonstra os perfis das galerias nos trechos da bacia de contribuição e a Tabela 18 ilustra as alterações necessárias conforme explicado anteriormente.

Tabela 18- Adequação da declividade na galeria

Trecho	L (m)	Cota (m)		i (m/m)	IG	Q final (m ³ /s)	Qp	ø com (mm)	Rh	Rh real	Velocidade (m/s)	Verificação	
		M	J										
25-27	36,82	871	863	0,021	IT ≠ IG	2,230	2,092	0,893	900	0,225	0,188	2,97	OK!
27-29	41,87	863	856	0,023	IT ≠ IG	2,346	2,201	0,895	900	0,225	0,188	3,11	OK!
29-31	36,45	856	849	0,030	IT ≠ IG	2,672	2,507	0,894	900	0,225	0,188	3,55	OK!

Fonte: A autora (2017).

Tomaz (2013) determina que a profundidade máxima é de 4,50 metros, levando em consideração o alinhamento das geratrizes superiores nos tubos quando ocorre mudança de diâmetro, respeitando um desnível de até 1,50 metros. Conforme a Tabela 19 demonstra.

Tabela 19 - Profundidade das galerias

Grupo C	Trecho	L (m)	i (m/m)	IG	ø com (mm)	Profundidade (m)
	3-5	85	0,047	IT = IG	600	1,00
	5-6	62,55	0,064	IT = IG	600	1,00
	6-8	74,48	0,094	IT = IG	600	1,00
	8-10	68,10	0,088	IT = IG	600	1,00
	10-13	67,70	0,103	IT = IG	600	1,00
Avenida	13-15	69,10	0,043	IT = IG	700	1,10
Doutor José	15-17	79,20	0,063	IT = IG	700	1,10
Justiniano	17-21	74,15	0,067	IT = IG	700	1,10
dos Reis	21-23	74,14	0,067	IT = IG	700	1,10
	23-25	64,30	0,078	IT = IG	700	1,10
	25-27	36,82	0,021	IT ≠ IG	900	2,10
	27-29	41,87	0,023	IT ≠ IG	900	3,10
	29-31	36,45	0,030	IT ≠ IG	900	4,20
	31-32	87,54	0,057	IT = IG	900	4,20

32-38	42,09	0,048	IT = IG	900	4,20
38-40	35,40	0,056	IT = IG	900	4,20
40-41	45,30	0,044	IT = IG	900	4,20

Fonte: A autora (2017).

5.3.4 Boca de Lobo

No grupo B foi verificada a presença de 10 bocas de lobo com grelha adjacente ao meio fio sem depressão. Primeiramente realizou a verificação da capacidade de engolimento nas bocas de lobo existentes, visto que, através dos cálculos realizados nas sarjetas (*vide* sub capítulo (5.3.1) não seria necessário à implantação destas bocas de lobo. O posicionamento das bocas de lobo está representado conforme o Apêndice C (Folha de Desenho 03).

O fator de redução da capacidade de engolimento foi de 50% por conta das bocas de lobo possuir grelhas, conforme estabelecido por SMDU/SP (2012) e CETESB (1980).

A profundidade da lâmina de água para este grupo foi igual a 18 cm, sendo calculada conforme a Equação 73. A Tabela 20 demonstra os outros trechos.

$$Q = 1,7 \times P \times y^{\frac{3}{2}} \quad (73)$$

Onde:

Q: vazão de engolimento (m³/s);

P: perímetro (m);

y: altura de água próxima à abertura da guia (m).

Tabela 20 – Capacidade de engolimento no grupo B

Via	Nomenclatura	Margem	Condição	Dimensão (cm)	Perímetro (cm)	Capacidade da vazão da boca de lobo existente (m ³ /s)	Fator de Redução	Capacidade da boca de lobo em perfeito funcionamento (m ³ /s)	Capacidade da boca de lobo em real (m ³ /s)	Q pluvial (m ³ /s)	Situação
Rua Francisco Silva Tavares	13	Esquerda	Boa	60 x 100	220	0,190	0,5	0,0952	0,0952	0,0514	OK!
Rua São José	33	Esquerda	Ruim	55 x 85	195	0,169		0,0844	0,0000	0,0360	
Rua José Domiciliano	36	Esquerda	Boa	55 x 85	195	0,169		0,0844	0,0844	0,0385	OK!
Rua José Claudio Ferreira	39	Esquerda	Boa	55 x 85	280	0,242		0,1212	0,1212	0,0244	OK!
Rua Alaor Barbosa Nogueira	25	Direita	Ruim	60 x 90	210	0,182		0,0909	0,0000	0,0193	
Rua Amaro Souza Lemos	27	Direita	Boa	50 x 80	180	0,156		0,0779	0,0779	0,0189	OK!
Rua Maria	22	Direita	Boa	60 x 90	210	0,182		0,0909	0,0909	0,0190	OK!
Rua São José	34	Direita	Boa	60 x 90	210	0,182		0,0909	0,0909	0,0495	OK!
Rua Prof. Ramos Cesar	35	Direita	Ruim	60 x 90	210	0,182		0,0909	0,0000	0,0374	
Rua José Claudio Ferreira	40	Direita	Boa	55 x 85	195	0,169		0,0844	0,0844	0,0388	OK!

Fonte: A autora (2017).

Observou que as bocas de lobo 25,33 e 35 tiveram a capacidade de engolimento real igual á zero, consequentemente, a vazão pluvial que chega nessas vias é superior a sua capacidade de engolimento. Isso ocorre devido a obstrução por meio de vegetação, lixos que interfere na capacidade de engolimento, visto que, ao se realizar a manutenção e reparo destes dispositivos, deveres que a Prefeitura de Varginha deveria exercer constantemente, essas bocas de lobo iriam conseguir fazer o engolimento perfeitamente.

Vale ressaltar que não foi levado em consideração a capacidade de escoamento nas sarjetas em nenhum dos casos.

Por outro lado, o grupo C possui a maior quantidade de boca de lobo sendo 29 bocas de lobo simples adjacente ao meio fio sem depressão e 3 bocas de lobo combinada (números 6, 38 e 41), onde 15 estão localizadas na margem esquerda da avenida principal e 17 no lado oposto. Conforme a Tabela 21 e 22.

Tabela 21 - Tipo das bocas de lobo existente margem esquerda

Nomenclatura	Trecho	Margem	Tipo
1	2-3		
2	3-5		
3	5-6		
4	6-8		
7	8-10		
9	10-13		
11	13-15		Grelha simples adjacente ao meio fio sem depressão
14	15-17	Esquerda	
17	17-21		
20	21-23		
29	29-31		
32	31-32		
37	38-40		
38	38-40		Grelha combinada
41	40-41		

Fonte: A autora (2017).

Tabela 22 - Tipo das bocas de lobo existente margem direita

Nomenclatura	Trecho	Margem	Tipo
5	6-8		Grelha simples adjacente ao meio fio sem depressão
6	8-10		Grelha combinada
8	8-10		
10	10-13		
12	13-15		
15	15-17		
16	15-17	Direita	
18	17-21		
19	21-23		
21	23-25		
23	25-27		
24	25-27		
26	27-29		
28	29-31		
30	31-32		Grelha simples adjacente ao meio fio sem depressão
31	31-32		
42	40-41		

Fonte: A autora (2017).

De acordo com SMDU/SP (2012) e CETESB (1980) determinam que o fator de redução para as bocas de lobo com grelha é de 50% e para as bocas de lobo combinada igual a

35%, sendo aplicado sobre a capacidade de engolimento teórica calculada (Equação 72). A Tabela 23 relaciona as alturas de lâmina de água para os trechos do grupo C. Considerou ainda o fator de majoração para as grelhas longitudinais de 60%.

Tabela 23- Altura da lâmina de água

Nomenclatura	Trecho	Margem	Altura da lâmina de água (m)
1	2-3		
2	3-5		
3	5-6		
4	6-8		0,125
7	8-10		
9	10-13		
11	13-15		
14	15-17	Direita	
17	17-21		0,12
20	21-23		
29	29-31		
32	31-32		
37	38-40		0,064
38	38-40		
41	40-41		
5	6-8		
6	8-10		
8	8-10		0,125
10	10-13		
12	13-15		
15	15-17		
16	15-17		
18	17-21		
19	21-23	Esquerda	0,12
21	23-25		
23	25-27		
24	25-27		
26	27-29		
28	29-31		
30	31-32		0,064
31	31-32		
42	40-41		

Fonte: A autora (2017).

A partir disso, foi possível verificar a capacidade de engolimento nas bocas de lobo em perfeito funcionamento, se apresentasse algum tipo de obstrução a capacidade de engolimento real seria igual á zero. A Tabela 24 demonstra os cálculos.

Tabela 24– Verificação da capacidade de engolimento nas margens

Nomenclatura	Trecho	Margem	Dimensão (cm)	Perímetro (cm)	Capacidade da vazão da boca de lobo existente (m ³ /s)	Fator de Redução	Capacidade da boca de lobo em perfeito funcionamento (m ³ /s)	Condição da boca de lobo devem engolir	Capacidade da Boca de Lobo real (m ³ /s)
1	2-3	Esquerda	50 x 90	190	0,102		0,0510	Boa	0,0510
2	3-5	Esquerda	55 x 85	195	0,105		0,0523	Boa	0,0523
3	5-6	Esquerda	55 x 85	195	0,105		0,0523	Boa	0,0523
4	6-8	Esquerda	60 x 80	200	0,107		0,0537	Ruim	0,0000
7	8-10	Esquerda	65 x 85	215	0,115		0,0577	Boa	0,0577
9	10-13	Esquerda	60 x 80	200	0,107		0,0537	Ruim	0,0000
11	13-15	Esquerda	50 x 80	180	0,097	0,5	0,0483	Boa	0,0483
14	15-17	Esquerda	50 x 80	180	0,091		0,0454	Boa	0,0454
17	17-21	Esquerda	60 x 90	210	0,106		0,0530	Ruim	0,0000
20	21-23	Esquerda	70 x 120	260	0,131		0,0656	Boa	0,0656
29	29-31	Esquerda	25 x 35	85	0,017		0,0084	Ruim	0,0000
32	31-32	Esquerda	20 x 35	120	0,024		0,0118	Ruim	0,0000
37	32-38	Esquerda	30 x 40	100	0,020		0,0098	Boa	0,0098
38	38-40	Esquerda	40 x 70	150	0,029		0,0103	Boa	0,0103
41	40-41	Esquerda	40 x 70	150	0,029	0,35	0,0103	Boa	0,0103
5	6-8	Direita	55 x 85	195	0,105	0,5	0,0523	Boa	0,0523
6	8-10	Direita	60 x 280	400	0,215	0,35	0,0751	Ruim	0,0000
8	8-10	Direita	45 x 80	170	0,091		0,0456	Boa	0,0456
10	10-13	Direita	60 x 80	200	0,107		0,0537	Boa	0,0537
12	13-15	Direita	45 x 85	175	0,094		0,0470	Ruim	0,0470
15	15-17	Direita	85 x 100	270	0,145		0,0724	Ruim	0,0000
16	15-17	Direita	60 x 90	210	0,113		0,0563	Boa	0,0563
18	17-21	Direita	60 x 80	200	0,101		0,0505	Boa	0,0505
19	21-23	Direita	50 x 80	180	0,091		0,0454	Ruim	0,0000
21	23-25	Direita	60 x 85	205	0,103	0,5	0,0517	Boa	0,0517
23	25-27	Direita	60 x 70	190	0,096		0,0480	Ruim	0,0000
24	25-27	Direita	50 x 70	170	0,086		0,0429	Boa	0,0429
26	27-29	Direita	40 x 60	140	0,028		0,0138	Boa	0,0138
28	29-31	Direita	20 x 30	70	0,014		0,0069	Boa	0,0069
30	31-32	Direita	20 x 30	80	0,016		0,0079	Boa	0,0079
31	31-32	Direita	35 x 220	290	0,057		0,0285	Boa	0,0285
42	40-41	Direita	25 x 30	80	0,016		0,0079	Ruim	0,0000

Fonte: A autora (2017).

Observou a partir da Tabela 13 que as bocas de lobo 4, 9, 14, 29 e 32 na margem esquerda e 6, 10, 12, 19, 23 e 42 na margem direita apresentaram algum tipo de obstáculo em seu dispositivo, com isso sua capacidade de engolimento real igual á zero. Ocasionalmente um acúmulo da vazão para o próximo trecho, pois a água não consegue ser entubada devido a presença de lixos e vegetações. Apresentou ainda um percentual de perda na capacidade real de engolimento de 69,07% na margem esquerda e 64,74% na margem direita.

Levando em consideração os dados obtidos na capacidade de engolimento real nas bocas de lobo, foi possível dimensionar para as margens esquerda e direita se as mesmas precisam de adequação no seu perímetro ou a implantação de novas bocas de lobo na avenida para conseguir engolir as águas pluviais.

Vale ressaltar que para este cálculo considerou que todas as bocas de lobo apresentaram condições boas de funcionamento, visto que, a Prefeitura de Varginha deveria exercer a manutenção nas mesmas. A Tabela 25 demonstra esta situação na margem esquerda.

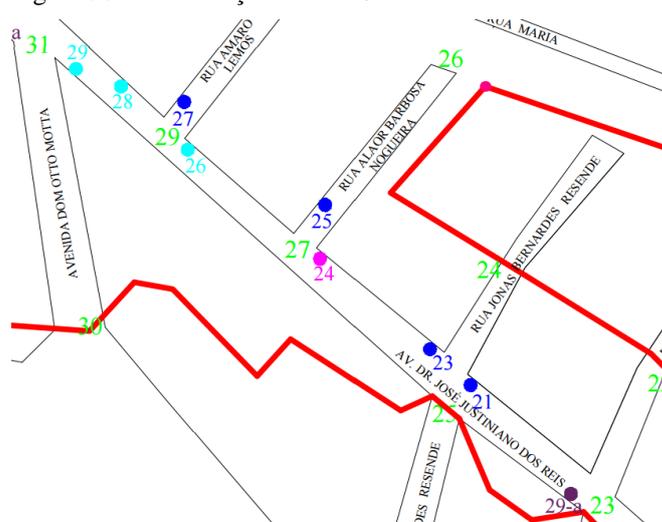
Tabela 25 – Capacidade de engolimento necessária na margem esquerda

Nomenclatura	Trecho	Perímetro (cm)	Margem	Capacidade da Boca de Lobo (m ³ /s)	Q engolimento necessária(m ³ /s)	Situação
1	2-3	190	Esquerda	0,1020	0,020	OK!
2	3-5	195	Esquerda	0,1046	0,017	OK!
3	5-6	195	Esquerda	0,1046	0,027	OK!
4	6-8	200	Esquerda	0,1073	0,025	OK!
7	8-10	215	Esquerda	0,1154	0,014	OK!
9	10-13	200	Esquerda	0,1073	0,019	OK!
11	13-15	180	Esquerda	0,0966	0,015	OK!
14	15-17	180	Esquerda	0,0909	0,018	OK!
17	17-21	210	Esquerda	0,1991	0,079	OK!
20	21-23	260	Esquerda	0,1312	0,017	OK!
29	29-31	85	Esquerda	0,0906	0,197	-0,107
32	31-32	120	Esquerda	0,0236	0,233	-0,209
37	38-40	100	Esquerda	0,0197	0,040	OK!
38	38-40	150	Esquerda	0,0295	0,021	OK!
41	40-41	150	Esquerda	0,0295	0,009	OK!

Fonte: A autora (2017).

Observou que apenas as bocas de lobo número 29 e 32 que não conseguem fazer o engolimento necessário. A partir disso realizou o dimensionamento das mesmas, levando em consideração a medida padrão para as bocas de lobo a serem implantadas de 15 x 100 cm e 15 x 70 cm, devido a largura na sarjeta ser 15,5 cm.

Figura 30 – Localização da BL 29-a



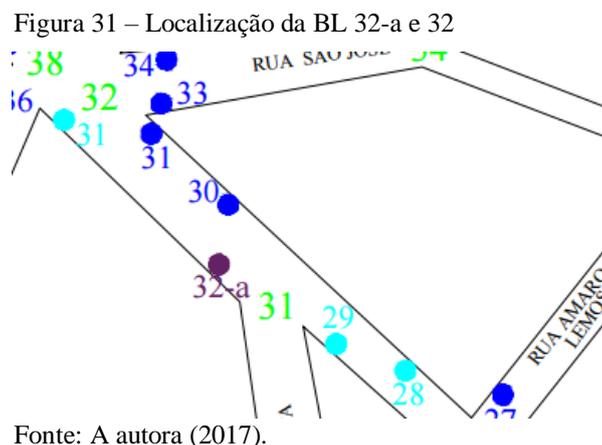
Fonte: A autora (2017).

Onde:

Boca de Lobo número 29 - Trecho 29-31

Vazão a engolir: 0,197 m³/s

Solução: implantar uma nova boca de lobo com grelha sem depressão no trecho 23-25 com dimensão pré estabelecida 15 x 100 cm (29-a) ; e adequar a dimensão da boca de lobo número 29 para 15 x 70.



Onde:

Boca de Lobo número 32 - Trecho 31-32

Vazão a engolir: 0,233 m³/s

Solução: implantar uma nova boca de lobo dupla com grelha antecedendo a boca de lobo número 32 com dimensão pré-estabelecida 15 x 70 cm (32-a); e adequar a boca de lobo número 32 para dimensão igual a 15 x 70 cm;

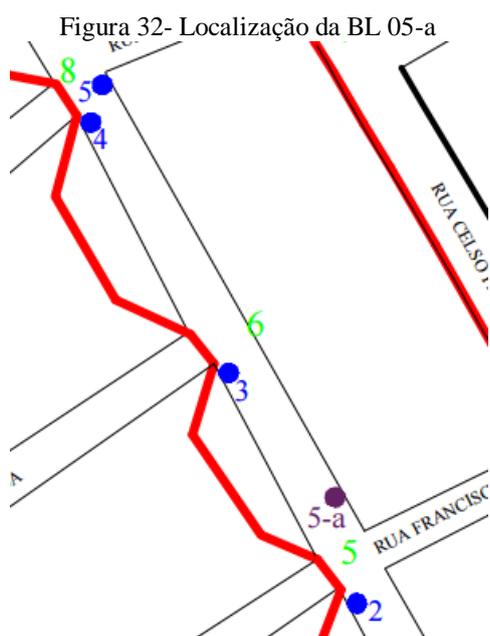
Assim, da mesma forma foi realizado para a margem direita chegando aos seguintes resultados conforme a Tabela 26. Considerou ainda uma padronização para a implantação das novas bocas de lobo para os trechos que necessitam, sendo consideradas as seguintes medidas: 30 x 100 cm ou 30 x 70 cm para largura nas sarjetas igual a 35 cm; 15 x 100 cm ou 15 x 70 cm para a largura nas sarjetas de 15,5 cm.

Tabela 26 – Capacidade de engolimento necessária na margem direita

Nomenclatura	Trecho	Perímetro (cm)	Margem	Capacidade da Boca de Lobo real (m ³ /s)	Q engolimento necessária(m ³ /s)	Situação
--------------	--------	----------------	--------	---	---	----------

5	6-8	195	Direita	0,105	0,196	-0,091
6	8-10	400	Direita	0,215	0,119	OK!
8	8-10	170	Direita	0,091	0,038	DISPENSÁVEL
10	10-13	200	Direita	0,107	0,354	-0,247
12	13-15	175	Direita	0,094	0,119	-0,025
15	15-17	270	Direita	0,145	0,100	OK!
16	15-17	210	Direita	0,113	0,032	DISPENSÁVEL
18	17-21	200	Direita	0,101	0,199	-0,098
19	21-23	180	Direita	0,091	0,115	-0,024
21	23-25	205	Direita	0,103	0,071	OK!
23	25-27	190	Direita	0,096	0,084	OK!
24	25-27	170	Direita	0,086	0,036	DISPENSÁVEL
26	27-29	140	Direita	0,028	0,096	-0,068
28	29-31	70	Direita	0,014	0,072	-0,058
30	31-32	80	Direita	0,016	0,064	-0,048
31	31-32	290	Direita	0,057	0,048	OK!
42	40-41	80	Direita	0,016	0,070	-0,054

Fonte: A autora (2017).



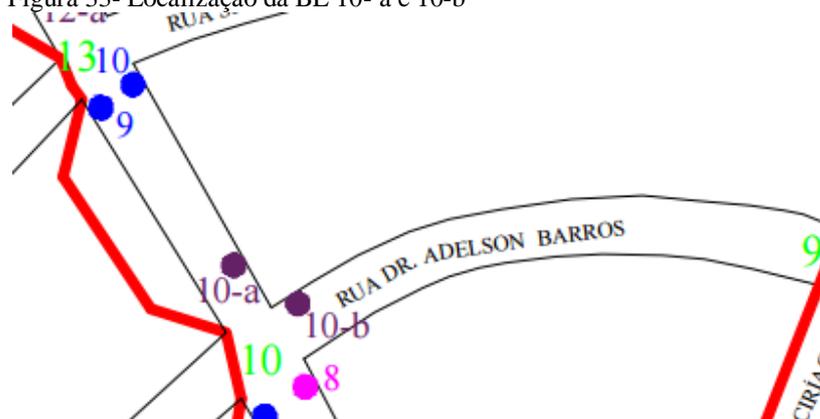
Onde:

Boca de Lobo número 05 - trecho 6-8

Vazão a engolir: 0,196 m³/s

Solução: implantar uma nova boca de lobo com grelha sem depressão, no trecho 5-6, com dimensão pré estabelecida 30 x 70 cm(5-a).

Figura 33- Localização da BL 10- a e 10-b



Fonte A autora (2017).

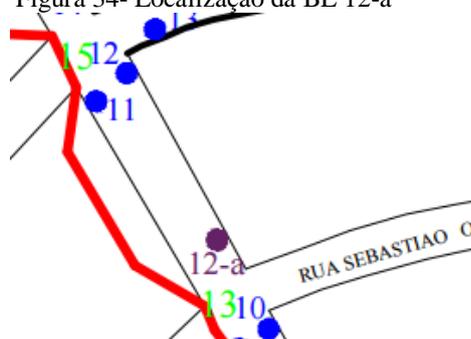
Onde:

Boca de Lobo número 10 - trecho 10-13

Vazão a engolir: 0,354 m³/s

Solução: implantar uma nova boca de lobo dupla com grelha sem depressão, antecedendo a boca de lobo número 10 com dimensão igual a 30 x 70 cm (10-a) e uma boca de lobo simples na Rua Dr. Adelson Barros (trecho 9-10) com dimensão 30 x 70 cm (10-b).

Figura 34- Localização da BL 12-a



Fonte: A autora (2017).

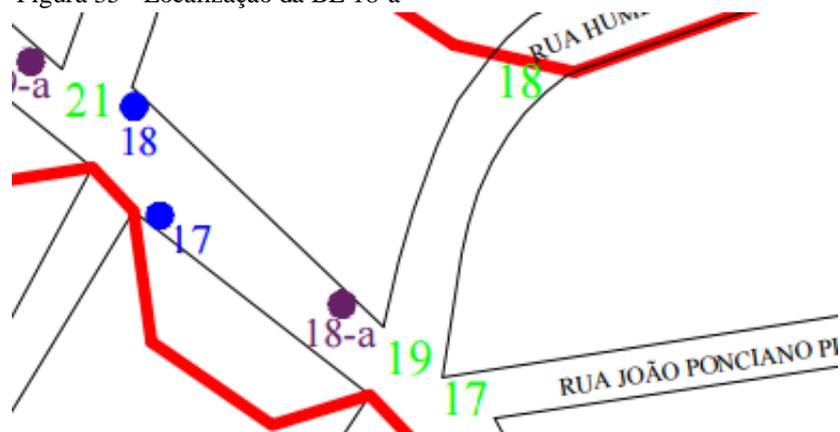
Onde:

Boca de Lobo número 12 - trecho 13-15

Vazão a engolir: 0,119 m³/s

Solução: implantar uma nova boca de lobo com grelha adjacente ao meio fio sem depressão antecedendo a boca de lobo número 12 com dimensão igual a 30 x 70 cm (12-a).

Figura 35 - Localização da BL 18-a



Fonte: A autora (2017).

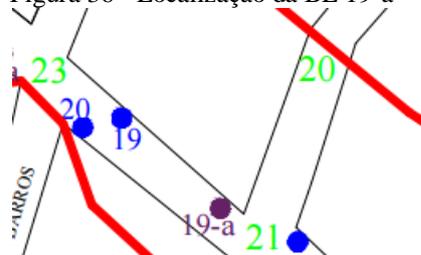
Onde:

Boca de Lobo número 18 - trecho 17-21

Vazão a engolir: 0,199 m³/s

Solução: implantar uma nova boca de lobo com grelha sem depressão na guia antecedendo a boca de lobo número 18 com dimensão igual a 30 x 70 cm (18-a).

Figura 36 - Localização da BL 19-a



Fonte: A autora (2017).

Onde:

Boca de Lobo número 19 - trecho 21-23

Vazão a engolir: 0,115 m³/s

Solução: implantar uma nova boca de lobo com grelha sem depressão adjacente ao meio fio antes da boca de lobo número 19 com dimensão de 30 x 70 cm (19-a).

Boca de Lobo número 26 - trecho 27-29

Vazão a engolir: 0,096 m³/s

Solução: adequar a dimensão da boca de lobo para 30 x 100 cm.

Boca de Lobo número 28- trecho 29-31

Vazão a engolir: 0,072 m³/s

Solução: adequar a dimensão da boca de lobo número 28 para 15 x 100 cm, afastado do meio fio.

Boca de Lobo número 42- trecho 40-41

Vazão a engolir: 0,070 m³/s

Solução: adequar a dimensão da boca de lobo número 42 para 15 x 70 cm, afastado do meio fio.

Vale ressaltar que para a margem direita observou que as bocas de lobo número 08, 16 e 24 não possuem funções hidráulicas, pois as bocas de lobo que antecedem elas conseguem fazer todo o engolimento das águas pluviais.

5.3.5 Tubulação secundária

Com a ausência de projeto do sistema de drenagem atual na bacia de contribuição adotou-se a declividade da tubulação e a condição de escoamento com base nas descrições normativas para realizar a verificação e o dimensionamento nas tubulações secundárias.

Por meio de visitas *in loco* verificou a existência de 12 tubulações na avenida, sendo encontradas em concreto ou PVC com diâmetros que variaram entre 200 mm a 500 mm. A Tabela 27 demonstra a localização, material, diâmetro de cada uma.

Tabela 27 - Tubulação secundária existente

Nomenclatura	Trecho	Margem	Material	Diâmetro (mm)
1	3-5	Esquerda	PVC	200
2	3-5	Direita	PVC	200
3	5-6	Esquerda	Concreto	300
4	6-8	Esquerda	Concreto	300
5	8-10	Esquerda	PVC	500
6	8-10	Direita	PVC	500
7	10-13	Esquerda	Concreto	300
8	10-13	Direita	Concreto	300
9	13-15	Esquerda	Concreto	300
10	13-15	Direita	Concreto	300
11	25-27	Direita	Concreto	400

O cálculo para determinar se o diâmetro existente é equivalente ao diâmetro necessário foi realizado por meio da fórmula de Manning com a relação $y/D=0,9$. A vazão é determinada para a vazão da boca de lobo que antecede a tubulação secundária, como demonstra para a Boca de Lobo 1 para a tubulação secundária 1. Conforme as Equações (73) a (75).

$$Qp = \frac{Q}{1,066} = \frac{0,020}{1,066} = 0,0187 \text{ m}^3/\text{s} \tag{73}$$

$$Qp = \left(\frac{1}{n}\right) \cdot RH^{\frac{2}{3}} \cdot \sqrt{i} \cdot Am \tag{74}$$

Onde:

Qp: 0,0187 m³/s

I: declividade tubulação de 1%

n: 0,016 (pavimento asfáltico rugoso)

$$0,0187 = \frac{\pi \cdot D^2 \cdot D^{\frac{2}{3}} \cdot 0,01^{0,5}}{4 \cdot 4^{\frac{2}{3}} \cdot 0,016} \rightarrow D = 0,175$$

$$D_{com} = 200 \text{ mm}$$

(75)

As verificações nos diâmetros nas tubulações existentes são representadas conforme a Tabela 28. Observou por meio deste quadro que as tubulações 3, 4, 5, 6, 7, 8 e 11 apresentaram diâmetro superior ao necessário e as tubulações 10 e 12 inferiores. Já a tubulação dois não tem função hidráulica visto que não existe boca de lobo anterior no atual sistema de drenagem.

Nomenclatura	Trecho	Margem	Vazão (m ³ /s)	i (m/m)	Qp (m ³ /s)	ø (m)	ø comercial (m)	Verificação
1	3-5	Esquerda	0,02		0,0188	0,175	200	OK!
2	3-5	Direita	-				Dispensável	
3	5-6	Esquerda	0,017		0,0159	0,165	200	OK!
4	6-8	Esquerda	0,027		0,0253	0,196	200	OK!
5	8-10	Esquerda	0,025		0,0235	0,191	200	OK!
6	8-10	Direita	0,196	0,01	0,1839	0,412	500	OK!
7	10-13	Esquerda	0,014		0,0131	0,153	200	OK!
8	10-13	Direita	0,013		0,0122	0,149	200	OK!
9	13-15	Esquerda	0,019		0,0178	0,172	200	OK!
10	13-15	Direita	0,154		0,1445	0,377	400	
11	25-27	Direita	0,084		0,0788	0,300	300	OK!
12	31-32	Esquerda	1,284		1,2045	0,835	900	

Fonte: A autora (2017).

Porém, se fosse considerar o dimensionamento realizado nas bocas de lobo (*vide* subcapítulo 5.3.4), a vazão diminui conseqüentemente os diâmetros das tubulações 10 e 12 também são reduzidas, constatando que os diâmetros existentes atendem a demanda necessária, conforme o Tabela 29 demonstra.

Tabela 29-Verificação das tubulações secundárias existentes

Nomenclatura	Trecho	Margem	Vazão (m ³ /s)	i (m/m)	Qp (m ³ /s)	ø (m)	ø comercial (m)	Verificação
1	3-5	Esquerda	0,02		0,0188	0,175	200	OK!
2	3-5	Direita	0,018		0,0169	0,168	200	OK!
3	5-6	Esquerda	0,017		0,0159	0,165	200	OK!
4	6-8	Esquerda	0,027		0,0253	0,196	200	OK!
5	8-10	Esquerda	0,025		0,0235	0,191	200	OK!
6	8-10	Direita	0,196	0,01	0,1839	0,412	500	OK!
7	10-13	Esquerda	0,014		0,0131	0,153	200	OK!
8	10-13	Direita	0,013		0,0122	0,149	200	OK!
9	13-15	Esquerda	0,019		0,0178	0,172	200	OK!
10	13-15	Direita	0,05		0,0469	0,247	300	OK!
11	25-27	Direita	0,084		0,0788	0,300	300	OK!
12	31-32	Esquerda	0,091		0,0854	0,309	400	OK!

Fonte A autora (2017).

5.3.5 Poço de Visita e Caixa de Passagem

O sistema de microdrenagem analisado não possui nenhum poço de visita sendo dimensionado com base nos critérios normativos. A galeria possui 17 trechos, com extensão média nos trechos de 64 metros. Considerou para o tampão o diâmetro mínimo estabelecido de 60 cm, sendo o mais comum a ser realizado.

Levando em consideração as mudanças de diâmetro, declividade e distância recomendada, conforme a Tabela 29 será necessária o dimensionamento de 7 poços de visitas e 3 caixas de passagem (vide Apêndice F, folha de desenho 06).

Tabela 29- Poço de visita e caixa de passagem

Trecho	Poço de Visita	Caixa de Passagem	Diâmetro da galeria (mm)	Dimensão	
				Área (m)	Altura (m)
3	PV 1	-	600	1,0 x 1,0	1,4
6	PV 2	-	600	1,0 x 1,0	1,4
8		CL 1	600	1,5 x 1,5	1,2
13	PV 3	-	700	1,0 x 1,0	1,5
17	PV 4	-	700	1,0 x 1,0	1,5
23	-	CL 2	700	1,5 x 1,5	1,3
27	PV 5	-	900	1,0 x 1,0	1,7
31	-	CL 3	900	1,5 x 1,5	1,4
32	PV 6	-	900	1,0 x 1,0	1,7
41	PV 7	-	900	1,0 x 1,0	1,7

Fonte: A autora (2017).

5.4 Volume de escavação

O volume de escavação foi calculado de acordo com os dispositivos que precisam ser alterados como ocorre nas galerias e bocas de lobo ou implantados para os sarjetões, poços de visitas, caixa de passagem e bocas de lobo.

5.4.1 Sarjetões

Largura da rua: 10

Altura de escavação: 0,30 m

Número de Sarjetões: 26

Tabela 30- Volume de escavação sarjetão

Trecho	Quantidade	Largura do Sarjetão (m)	Volume (m ³)
1-2	2	1,8	10,6
4-5	2	1,8	10,7
7-8	1	1,8	5,3
7-11	1	1,6	4,8
9-10	2	1,8	10,7
11-13	1	1,8	5,4
12-18	1	1,5	4,4
14-15	2	2,2	13,2
16-17	2	1,8	10,7
18-19	1	1,8	5,4
20-21	1	1,8	5,4
22-23	1	1,8	5,3
24-25	1	1,8	5,3
26-27	1	2,2	6,6
28-29	1	2,2	6,6
33-34	1	2,2	6,6
30-31	1	1,9	5,6
34-32	1	2,2	6,6
35-36	1	2,2	6,6
37-38	1	2,2	6,7
39-40	1	2,2	6,6
Total (m³)			149,0

Fonte: A autora (2017).

5.4.2 Bocas de Lobo

Primeiramente foi calculado o volume de escavação para a margem direita, conforme a Tabela 31, e para margem esquerda de acordo com a Tabela 32. Considerou a altura de 100 cm para todas.

Tabela 31- Volume de escavação BL direita

Número	Dimensão (cm)	Volume (m ³)
29-a	15 x 100	0,150
29 *	15 x 70	0,018
32-a	15 x 70	0,105
32*	15 x 70	0,035
Total (m³)		0,273

* adequar dimensão

Fonte: A autora (2017).

Tabela 32- Volume de escavação BL esquerda

Número	Dimensão (cm)	Volume (m ³)
5-a	30 x 70	0,21
10-a**	30 x 70	0,42
10-b	30 x 70	0,21
12-a	30 x 70	0,21
18-a	30 x 70	0,21
19-a	30 x 70	0,21
26*	30 x 100	0,06
28*	15 x 100	0,09
42*	15 x 70	0,03
Total (m ³)		1,650

* adequar dimensão

** dupla

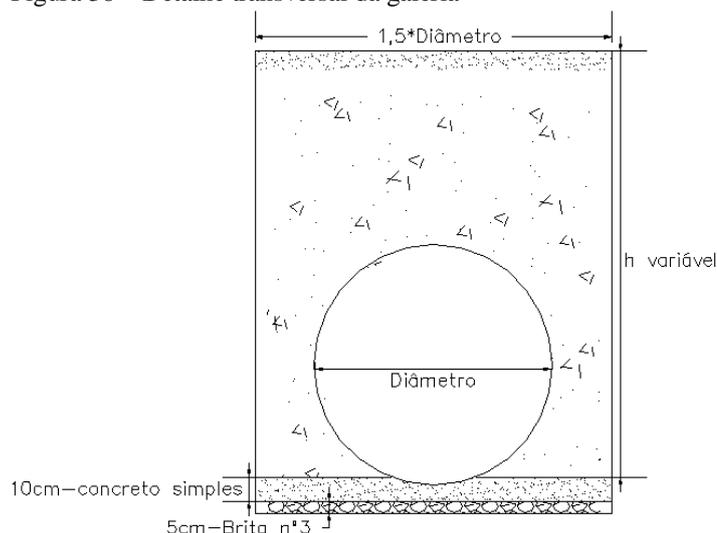
Fonte: A autora (2017).

Com isso, o volume de escavação necessário para as bocas de lobo é de 1,92 m³.

5.4.3 Galeria

Para o cálculo do volume de escavação nas galerias é necessário conhecer o diâmetro da tubulação, comprimento do trecho e a espessura de base. Seguindo esses critérios normativos, as dimensões são representadas pela Figura 38.

Figura 38 – Detalhe transversal da galeria



Fonte: A

A

autora (2017).

partir do trecho 13-

15 as galerias apresentaram um diâmetro calculado diferente ao diâmetro existente de 600 mm, assim determinou o volume de escavação necessário por meio da Equação 73. A Tabela 33 demonstra o volume total para os trechos.

$$\text{Volume esc.} = (h\text{variável} + \text{base}) \times (1,5 \times \text{diâmetro}) \times \text{comprimento} \quad (73)$$

Tabela 33- Volume de escavação galeria

Trecho	L (m)	i (m/m)	IG	ø (mm)	H (m)	Volume (m ³)
13-15	69,1	0,043	IT = IG	700	1,1	90,69
15-17	79,2	0,063	IT = IG	700	1,1	103,95
17-21	74,15	0,067	IT = IG	700	1,1	97,32
21-23	74,14	0,067	IT = IG	700	1,1	97,31
23-25	64,3	0,078	IT = IG	700	1,1	84,39
25-27	36,82	0,021	IT ≠ IG	900	2,1	111,84
27-29	41,87	0,023	IT ≠ IG	900	3,1	183,70
29-31	36,45	0,030	IT ≠ IG	900	4,2	214,05
31-32	87,54	0,057	IT = IG	900	4,2	514,08
32-38	42,09	0,048	IT = IG	900	4,2	247,17
38-40	35,4	0,056	IT = IG	900	4,2	207,89
40-41	45,3	0,044	IT = IG	900	4,2	266,02
Total (m ³)						2218,43

Fonte: A autora (2017).

5.4.4 Poço de Visita e Caixa de Passagem

Por fim, os últimos dispositivos que precisam calcular o volume de escavação são os poços de visitas e caixa de passagem, visto que, no atual sistema de drenagem não existem. Com isso, através da Tabela 34 foi possível determinar o volume total.

Tabela 34- Volume de escavação PV e caixa de passagem

Trecho	Poço de Visita	Caixa de Passagem	Dimensão		Volume (m ³)
			Área (m)	Altura (m)	
2	PV 1	-	1,0 x 1,0	1,4	1,40
5	PV 2	-	1,0 x 1,0	1,4	1,40
8	-	CL 1	1,5 x 1,5	1,2	2,70
13	PV 3	-	1,0 x 1,0	1,5	1,50
17	PV 4	-	1,0 x 1,0	1,5	1,50
21	-	CL 2	1,5 x 1,5	1,3	2,93
25	PV 5	-	1,0 x 1,0	1,7	1,70
29	-	CL 3	1,5 x 1,5	1,4	3,15
32	PV 6	-	1,0 x 1,0	1,7	1,70
41	PV 7	-	1,0 x 1,0	1,7	1,70
Total (m ³)					19,68

Fonte: A autora (2017).

Através dos cálculos realizados o volume total da escavação de todos os dispositivos foi de 2389,03 m³.

5.5 Especificações dos serviços e materiais

As especificações de serviços e materiais definem os procedimentos mínimos que devem ser estabelecidos para a identificação dos materiais, equipamentos e serviços necessários para a realização do projeto de drenagem de águas pluviais, sendo os seguintes dispositivos que contemplam o projeto: sarjetas, sarjetões, galerias, bocas de lobo, poços de visita e caixa de passagem.

A Prefeitura de Varginha juntamente com o engenheiro responsável da obra deverão fiscalizar e executar a obra, sendo executado conforme previsto no projeto do sistema de microdrenagem fornecido pela autora do projeto.

Vale ressaltar que os materiais a serem empregados deverão atender as exigências previstas pelas normas da ABNT: NBR e do DNIT.

A partir disso, serão necessárias as seguintes especificações para a execução do projeto.

5.5.1 Serviços Preliminares

A limpeza, remoção dos dispositivos, sinalização da obras os serviços topográficos compõem os serviços preliminares para um projeto de drenagem urbana.

Sendo que a responsabilidade fica para o engenheiro de obras realizarem os serviços topográficos como a locação das bocas de lobo; tubulações para as galerias os poços de visita necessários. Deve ainda ser levada em consideração a variação da declividade descrita no projeto.

Para cada estaca utilizada deverá ser demarcado à cota do terreno e a profundidade de escavação necessária para os dispositivos.

Para a limpeza e a remoção dos componentes de drenagem que não possuem mais funções hidráulicas no projeto fica encargo da Prefeitura de Varginha realizar este serviço juntamente com a fiscalização do engenheiro de obras. Já em relação ao rompimento do pavimento asfáltico deverá ser utilizado com marteletes pneumáticos e discos de cortes.

Os resíduos deverão ser acondicionados e transportados de maneira correta conforme estabelecido pelo Plano de Gerenciamento de Resíduos da Construção Civil para a cidade de Varginha (VARGINHA, 2013).

5.5.2 Escavação

A escavação nas valas se refere a um procedimento realizado para conseguir implantar os componentes de drenagem previstos em projeto. Podendo ser executado manualmente ou por meio de um equipamento mecânico adequado, como por exemplo, caminhão basculante; escavadeira hidráulica; compressores; pá; enxada entre outros.

As valas deverão ser abertas no sentido de jusante para montante por meio de equipamento mecânico seguindo a linha do eixo. Já o nivelamento e o acerto no fundo das valas deverão ser realizados também com equipamento mecânico para conseguir receber as tubulações previstas, conforme estabelece a **NBR 15645/2008**.

A largura, profundidade e localização serão estabelecidas conforme no projeto. Para as redes duplas, as tubulações são localizadas a um terço da lateral do leito.

O material escavado poderá ser depositado caso a necessidade de reuso o restante deve ser transportado para o local apropriado.

5.5.3 Escoramento

Quando as valas apresentar profundidade superior a 1,25 metros é obrigatório realizar o escoramento, conforme estabelecido na **NR 18**. A **NBR 15645/2008** recomenda que a dimensão máxima do escoramento seja conforme a **NBR 12666/1992** e completa que o escoramento não poderá ser retirado antes atingir 0,60 metros acima da tubulação ou 1,50 metros abaixo da superfície natural do terreno. A partir disso, deverá ser realizados pranchões de madeira de 0,027 m x 0,30 m, espaçadas de 1,35 m, travadas horizontalmente com estroncas de diâmetro de 0,20 m, espaçadas verticalmente de 1,00 m por pontaleamento.

5.5.4 Materiais

Os materiais que serão necessários para a realização do projeto são: base, tubos de concreto, material de rejuntamento, material para a construção dos dispositivos, grelhas para as bocas de lobo e tampões para os poços de visita.

A base terá o fundo escavado no sentido de jusante para montante com compactação por meio de equipamento mecânico até apresentar um fundo uniforme, nivelado e compactado. Após a compactação será depositado um lastro de brita nº 3 com espessura igual a 5 cm e em seguida um berço de concreto simples com espessura de 10 cm que terá como objetivo ser a base para o assentamento das tubulações de concreto.

Os tubos de concreto terão dimensões conforme estabelecido em projeto e serão de encaixe tipo macho e fêmea, ou ponta e bolsa, respeitando às normas vigentes. Para as classes de resistências para à condução das águas pluviais, conforme a **NBR 8890/03** estabelece, será PS1 e PS2 para tubos de concreto simples com diâmetro entre 200 mm a 600 mm e PA1, PA2, PA3, PA4 para tubos de concreto armado com diâmetro entre 300 mm a 2000 mm. Deverão ser assentados de forma que o eixo da tubulação fique em linha reta em ambos os planos.

O rejuntamento será realizado com argamassa de cimento e areia, com traço mínimo de 1:4, em massa. Já em relação aos materiais de construção para os componentes de drenagem como as bocas de lobo e caixa de passagem serão de concreto simples com resistência conforme estabelecido em 28 dias com fck igual a 15 Mpa, concreto armado, aço CA-50, alvenaria com tijolos maciços cozidos e argamassa com traço 1:4. As grelhas das bocas de lobo e os tampões para os poços de visita serão em ferro fundido com dimensões pré-estabelecida em projeto.

5.5.5 Equipamentos

Para a realização dos procedimentos necessários para executar o projeto de drenagem urbana proposto recomendam-se os seguintes equipamentos, respeitando as normas descritas e adequadas ao local que será realizado a obra.

Caminhão basculante; Caminhão betoneira; Pá carregadeira; Ferramentas manuais; Rolo compactador; Retroescavadeira; Escavadeira hidráulica; Martelotes pneumáticos; Discos de cortes.

5.5.6 Serviços

5.5.6.1 Sarjetões

Os sarjetões apresentarão seção em V moldado *in loco* com declividade transversal de 10%, sendo composto por uma base de lastro de concreto de 15 Mpa com dimensão igual a 0,10 cm e empregado com concreto de resistência de 25 Mpa de 20 cm. A largura conforme indicada no projeto.

5.5.6.2 Galerias

As escavações nas valas para implantação das novas galerias deverão ser executadas conforme as cotas e profundidade prevista em projeto e com largura de 1,5 do diâmetro das galerias.

As tubulações de concreto serão assentadas sob uma sub-base de lastro de brita nº 3 de 5 cm, sobre este, um berço de concreto simples de 10 cm, respeitando às cotas e o alinhamento indicado no projeto. Apresentando uma resistência mínima à compressão de 15 Mpa após os 28 dias. Da mesma forma será realizado para a tubulação secundária.

As juntas dos tubos deverão ser preenchidas com argamassa de cimento e areia com traço 1:4, ressaltando a importância de se retirar o excesso de argamassa no interior da tubulação.

Após o assentamento e a fixação das tubulações de concreto será necessário realizar o reaterro através do material escavado preferencialmente desde que esteja em boa qualidade em camadas com espessura máxima de 15 cm, sendo compactado por meio de equipamento manual até atingir uma altura de 60 cm acima da geratriz superior da tubulação. Após esse procedimento que poderá utilizar a compactação mecânica.

5.5.6.3 Bocas de Lobo

As bocas de lobo que precisam ser implantadas ou adequadas deverão ser escavadas conforme dimensões indicadas, adotando uma folga nas cavas de assentamento. Após a escavação, preparação, nivelamento e compactação da superfície do fundo as bocas de lobo serão assentadas sobre uma base de concreto dosado para uma resistência à compressão de 15 Mpa, aos 28 dias.

Já em relação às paredes serão de alvenaria de tijolo maciço recozido, com argamassa de cimento e areia no traço 1:4, em massa. Ainda será necessário o revestimento com a mesma argamassa internamente.

A parte superior da alvenaria será fechada por meio de uma cinta de concreto simples com resistência à compressão de 15 MPa, aos 28 dias, onde serão fixadas as bocas de lobo com grelha. As grelhas serão de ferro fundido.

5.5.6.4 Poço de visita

Os poços de visitas deverão ser executados conforme as medidas indicadas no projeto. Eles serão assentados, compactados e regularizados sobre uma superfície resultante da escavação que apresentará um lastro de concreto magro com característica à compressão de 15 Mpa, aos 28 dias.

Finalizando o lastro, serão executadas as fôrmas das paredes da câmara de trabalho e os tubos convergentes ao poço de visita com a colocação das armaduras (CA-50) com a concretagem no fundo da caixa com resistência à compressão de 15 Mpa, aos 28 dias. Após está etapa, realiza-se o desmolde e a fixação da laje de cobertura pré-moldada executada com concreto dosado para resistência à compressão de 22 MPa, aos 28 dias, sendo está laje provida da abertura circular com a dimensão da chaminé.

A chaminé será de tijolos maciços recozidos com rejunte e revestido internamente com argamassa de cimento e areia no traço 1:4, em massa, e será instalada sobre a laje de cobertura. A escada do poço de visita será do tipo marinheiro, para ter acesso à câmara de trabalho com degraus feito de aço CA-25 de diâmetro de 16 mm, chumbados à alvenaria, separados um dos outro de 40 cm.

A cinta de concreto será executada na parte superior da chaminé, nela será colocada à laje de redução, pré-moldada, ajustada para receber o tampão de ferro fundido com diâmetro de 60 cm.

5.5.6.4 Caixa de Passagem

A caixa de passagem será realizada em alvenaria de tijolos maciços com fundo em concreto (15 Mpa), com dimensão pré-estabelecida em projeto.

5.6 Quantitativos e estimativa de custo

A estimativa de custo e os quantitativos foram realizados para a obra de drenagem pluvial da Avenida Doutor José Justiniano sendo calculada com base nos valores unitários adquiridos pelo Sistema Nacional de Pesquisa de Custos e Índices da Construção Civil (SINAPI). Assim, através da Tabela 35 demonstra os quantitativos de projeto e a estimativa de custo direto da obra.

Tabela 35 - Quantitativos e estimativa de custo

PLANILHA ORÇAMENTÁRIA DE ESTIMATIVA DE CUSTOS					
OBRA: AVENIDA DOUTOR JOSÉ JUSTINIANO DOS REIS					
LOCAL: VARGINHA - MG					
MÊS DE REFERÊNCIA: OUTUBRO/2017					
PCI.817-01					
ITEM	DESCRIÇÃO DO SERVIÇO	UNID.	QUANT.	R\$ UNIT.	R\$ TOTAL
1	SERVIÇOS PRELIMINARES				
1.1	Sinalização da obra	m	24	R\$ 21,16	R\$ 507,84
1.2	Locação e nivelamento com auxílio de equipamento topográfico	m ²	560,35	R\$ 23,16	R\$ 12.977,71
2	DEMOLIÇÃO/REMOÇÃO				
2.1	Demolição do pavimento asfáltico, exclusive carga e transporte.	m ²	4118,16	R\$ 9,28	R\$ 38.216,52
2.2	Remoção das galerias a partir do trecho 13-15 (DN= 600 mm), excluindo escavação e aterro.	m	686,36	R\$ 62,00	R\$ 42.554,32
2.3	Remoção dos dispositivos hidráulicos	m	18,7	R\$ 2,68	R\$ 50,12
3	ESCAVAÇÃO				
3.1	Escavação mecânica das valas com retroescavadeira para profundidade de 1,5 m ate 3,0 m.	m ³	585,5	R\$ 10,29	R\$ 6.024,80
3.2	Escavação mecânica das valas com retroescavadeira para profundidade 3,0 m a 4,5 m.	m ³	1632,91	R\$ 22,62	R\$ 36.936,42
4	ESCORAMENTO				
4.1	Escoramento para valas tipo pontaleamento para profundidade superior 1,25 m- tábuas de 0,027 x 0,30 m	m ²	71,11	R\$ 14,32	R\$ 1.018,30
5	REATERRO				
5.1	Reaterro de vala com compactação manual	m ³	2218,43	R\$ 36,12	R\$ 80.129,69
6	SARJETÃO				
6.1	Sarjetão tipo em V moldado in loco	m	40,51	R\$ 88,73	R\$ 3.594,45

7 BASE E SUB - BASE					
7.1	Lastro de brita nº 3	m³	29,99	R\$ 217,83	R\$ 6.532,72
7.2	Concreto simples 15 Mpa	m³	106,18	R\$ 205,01	R\$ 21.767,96
7.3	Concreto 25 Mpa	m³	29,8	R\$ 243,82	R\$ 7.265,84
8 LAJES E CHAMINÉS					
8.1	Laje de cobertura pré-moldada com fck 22 Mpa	m²	1,2	R\$ 65,64	R\$ 78,77
8.2	Chaminé p/ poço de visita em alvenaria, exclusivos tampão e anel	m	4,2	R\$ 502,30	R\$ 2.109,66
9 ALVENARIA					
9.1	Alvenaria de tijolo maciço 15 cm CI/AR	m²	125,3	R\$ 78,40	R\$ 9.823,52
10 REVESTIMENTO					
10.1	Reboco argamassa CI/AR 1:4	m²	125,3	R\$ 17,80	R\$ 2.230,34
11 GALERIAS					
11.1	Tubos de concreto armado com DN 700 mm para rede coletora de águas pluviais-classe PA3, PB, águas pluviais (NBR 8890) - fornecimento e assentamento - junta rígida.	m	360,89	R\$ 180,46	R\$ 65.126,21
11.2	Tubos de concreto armado com DN 900 mm para rede coletora de águas pluviais-classe PA3, PB, águas pluviais (NBR 8890) - fornecimento e assentamento - junta rígida.	m	325,47	R\$ 248,39	R\$ 80.843,49
12 BOCAS DE LOBO					
12.1	Execução da boca de lobo com grelha de ferro fundido	und.	13	R\$ 596,17	R\$ 7.750,21
13 POÇO DE VISITA					
13.1	Poço de visita de águas pluviais: concreto armado (CA-50) 1 x 1 x 1,4 m - DN galeria: 600 mm - excluem tampão e chaminé	und.	3	R\$ 1.182,73	R\$ 3.548,19
13.2	Poço de visita de águas pluviais: concreto armado 1 x 1 x 1,5 m - DN galeria: 700 mm - excluem tampão e chaminé	und.	2	R\$ 2.457,32	R\$ 4.914,64
13.3	Poço de visita de águas pluviais: concreto armado 1 x 1 x 1,7 m - DN galeria: 900 mm - excluem tampão e chaminé	und.	2	R\$ 2.840,42	R\$ 5.680,84
14 TAMPÕES E ESCADAS					
14.1	Escada tipo marinheiro com aço CA-25 de 16 mm	m	6	R\$ 224,09	R\$ 1.344,54
14.2	Tampão de ferro fundido com diâmetro de 60 cm-rede pluvial	und.	7	R\$ 382,93	R\$ 2.680,51
14.3	Assentamento tampão de ferro fundido de 60 cm	und.	7	R\$ 64,92	R\$ 454,44

15		CAIXA DE PASSAGEM			
15.1	Caixa de passagem com alvenaria de tijolos maciços com fundo em concreto (15 Mpa)	und.	3	R\$ 168,31	R\$ 504,93
16		PAVIMENTAÇÃO			
16.1	Sub-base de solo estabilizado granulometricamente, exclusive escavação, carga e transporte e solo.	m ³	823,632	R\$ 5,46	R\$ 4.497,03
16.2	Base de brita graduada tratada com 2 % de cimento, compactação 100%, exclusive escavação, carga e transporte do solo.	m ³	617,724	R\$ 22,83	R\$ 14.102,64
16.3	Imprimação CM-30	m ²	4118,16	R\$ 3,90	R\$ 16.060,82
16.4	Concreto betuminoso usinado a quente com fornecimento do material betuminoso, exclusive transporte.	m ³	370,6344	R\$ 644,50	R\$ 238.873,87
TOTAL					R\$ 718.201,34

Fonte: a autora.

6. CONCLUSÃO

Este estudo teve como objetivo a realização de um projeto de drenagem urbana para a Avenida Doutor José Justiniano dos Reis e as demais vias que pertencem à bacia de contribuição.

Primeiramente foi realizada uma nova delimitação da bacia de contribuição para a segunda etapa do trabalho devido à presença de um sistema que também está interceptando o ponto crítico que foi estudado na primeira etapa. Deste modo apresentou uma área total de 186.489,43 m².

Constatarem-se por meio de visitas *in loco* que a bacia de contribuição apresentam três grupos distintos que foram divididos em A, B e C devido seus dispositivos de drenagem existentes. O grupo A é composto por 12 vias que possuem apenas guias e sarjetas, já o grupo B tem em sua composição os componentes guias, sarjetas, bocas de lobo e galerias totalizando 8 ruas. Por último, o grupo C que corresponde à avenida principal que contém da mesma forma os dispositivos do grupo B, porém com maior quantidade, sendo subdividido em trechos. Não existem sarjetões e poço de visita.

Observou um acúmulo de vegetação e lixos que impedem que as águas pluviais consigam chegar aos dispositivos para fazer o escoamento, transportar ou engolir essas águas. Dessa forma, acontecem constantemente os problemas de inundações e enxurradas na região analisada.

Através dos dados obtidos e da divisão imposta, foi possível verificar por meio de cálculos, os dados hidrológicos como, por exemplo, intensidade média da chuva, tempo de concentração e a vazão da bacia de contribuição.

No que se refere aos dados hidráulicos foram realizados para todos os componentes existentes a verificação da capacidade de escoamento, transporte e engolimento dos mesmos, visto que, se não fosse suficiente realizou-se um novo dimensionamento.

Notou-se que para as sarjetas danificadas será necessária a realização da manutenção e reparação para que consigam realizar o escoamento em boas condições. Verificou-se ainda que será necessário substituir as tubulações existentes e implantar novas redes de galerias.

Do mesmo modo que ocorreu para as bocas de lobo que foram substituídas por bocas de lobo padronizadas por não conseguir fazer todo o engolimento das águas pluviais. Por outro lado, as bocas de lobo que apresentaram boas condições de funcionamento e estavam posicionadas em local adequado foram mantidas.

Por fim, realizou o dimensionamento para os sarjetões e poços de visitas que não existem no atual sistema de drenagem e são fundamentais para um bom funcionamento do sistema.

Assim, foi estimado um custo direto para a introdução deste projeto de R\$ 718.201,34 com isso as águas pluviais terão um escoamento adequado para chegar até os dispositivos que tem a função de captar e transportar, visando à reabilitação do sistema de microdrenagem na avenida e impellido os problemas nesta região. Concluindo esta etapa de estudo da avenida, onde todos os objetivos propostos foram realizados com êxito.

REFERÊNCIAS

ALTEROSA ALERTA. **Chuva causa destruição em Varginha**. Varginha: TV Alterosa, 06 fev. 2017. Disponível em: <<https://www.alterosa.com.br/2017/02/06/chuva-causa-destruicao-em-varginha/>>. Acesso em: 10 maio 2017.

AUTODESK.**AutoCAD**. Version 2016. [S.l.]: Autodesk, 2016. Disponível em: <<https://www.autodesk.com.br/products/autocad/free-trial>>. Acesso em: 20 abr. 2017

ASSOCIAÇÃO BRASILEIRA DE NORMAS TÉCNICAS. **NBR 8890**: Tubo de concreto de seção circular para águas pluviais. Rio de Janeiro, 2003.

ASSOCIAÇÃO BRASILEIRA DE NORMAS TÉCNICAS. **NBR 15645**: Execução de obras de esgoto sanitário e drenagem de águas pluviais utilizando-se tubos e aduelas de concret. Rio de Janeiro, 2008.

ASSOCIAÇÃO BRASILEIRA DE NORMAS TÉCNICAS. **NBR 12666**: Projeto e execução de valas para assentamento de tubulação de água, esgoto ou drenagem urbana.. Rio de Janeiro, 2008.

BELO HORIZONTE. Prefeitura Municipal de Belo Horizonte. **Instrução técnica para elaboração de estudos e projetos de drenagem urbana do município de Belo Horizonte**. Belo Horizonte: Prefeitura Municipal de Belo Horizonte, 2004. 53 p.

BLUE MARBLE GEOGRAPHICS.:**Global Mapper™**. version 18.1.0. [S.l.]: Blue Marble Geographics, 2017. Disponível em: <<http://www.bluemarblegeo.com/index.php>>. Acesso em 26 abr. 2017

BOTELHO, Manoel Henrique Campos. **Águas de chuva**: Engenharia das águas pluviais nas cidades. 3 ed. São Paulo: Blucher, 2011. 300 p.

BRASIL. Associação Brasileira de Normas Técnicas. **Tubo de concreto, de seção circular, para águas pluviais e esgotos sanitários – Requisitos e métodos de ensaio**. Rio de Janeiro: ABNT, 2003. 16 p. Disponível em: < <https://pt.scribd.com/document/87195076/NBR-08890-2003-Tubo-de-concreto-armado-de-secao-circular-para-AGUAS-PLUVIAIS-E-esgoto-sanitario-AGUA>>. Acesso em 05 out. 2017.

BRASIL. Fundação Nacional de Saúde. **Manual de Saneamento**. 3. ed. ver. Brasília: Fundação Nacional de Saúde, 2006. 4088 p. Disponível em: <<http://www.feis.unesp.br/Home/departamentos/engenhariacivil/pos-graduacao/funasa-manual-saneamento.pdf>>. Acesso em: 24 abr. 2017.

BRASIL. Instituto Brasileiro de Geografia e Estatística. **Pesquisa nacional de saneamento básico 2000**. Rio de Janeiro: Instituto Brasileiro de Geografia e Estatística, 2002. 397 p. Disponível em: <<http://biblioteca.ibge.gov.br/visualizacao/livros/liv45.pdf>>. Acesso em: 20 abr. 2017.

BRASIL. Ministério do Trabalho. **Norma Regulamentadora Nº 18 - Condições e Meio Ambiente de Trabalho na Indústria da Construção**. Brasília: Ministério do Trabalho,

1978. 66 p. Disponível em:

<<http://trabalho.gov.br/images/Documentos/SST/NR/NR18/NR18atualizada2015.pdf>>.

Acesso em: 28 out. 2017.

CANHOLI, Aluísio Pardo. **Drenagem Urbana e Controle de Enchentes**. 2. ed. São Paulo: Oficina de Textos, 2014. 302 p.

CARVALHO, Daniel Fonseca de; SILVA, Leonardo Duarte Batista da. Bacia Hidrográfica. In: _____. **Hidrologia**. Rio de Janeiro: Universidade Federal Rural do Rio de Janeiro, 2006a. Cap. 3, p. 15 - 32. Disponível em:

<<http://www.ufrj.br/institutos/it/deng/leonardo/downloads/APOSTILA/HIDRO-Cap3-BH.pdf>>. Acesso em: 10 abr. 2017

CARVALHO, Daniel Fonseca de; SILVA, Leonardo Duarte Batista da. Bacia Hidrográfica. In: _____. **Hidrologia**. Rio de Janeiro: Universidade Federal Rural do Rio de Janeiro, 2006b. Cap. 7, p. 52 - 76. Disponível em:

<<http://www.ufrj.br/institutos/it/deng/leonardo/downloads/APOSTILA/Apostila%20IT%2003/IT503%20Cap%207.pdf>>. Acesso em: 10 abr. 2017

CARVALHO, Groves Moíses de. **Drenagem Urbana**. Belo Horizonte: Superintendência de Desenvolvimento da Capital, 1995. 140p.

COGO, Waleska Miranda. **Inundações Urbanas**: estudo de caso para o Sistema de Macrodrenagem do Córrego Bambus - Três Pontas. 77 f. Monografia (Graduação) - Engenharia Civil, Centro Universitário do Sul de Minas, 2016.

COSTA, Alfredo Ribeiro da; MENEZES FILHO, Carlos Martins de. Sistemática de Cálculo para o Dimensionamento de Galerias de Águas Pluviais: uma Abordagem Alternativa.

Revista Eletrônica de Engenharia Civil, [S.l.], v. 4, n. 1, 2012. Disponível em:

<<https://www.revistas.ufg.br/reec/article/view/18162>>. Acesso em: 23 abr. 2017.

DEPARTAMENTO NACIONAL DE INFRAESTRUTURA E TRANSPORTES. **Manual de hidrologia básica para estrutas de drenagem**. Rio de Janeiro: DNIT, 2005. 133p.

DEPARTAMENTO NACIONAL DE INFRAESTRUTURA E TRANSPORTE. **Drenagem – Dispositivos de drenagem pluvial urbana – Especificação de serviço**. Rio de Janeiro:

DNIT, 2004. 07p. Disponível em: <http://ipr.dnit.gov.br/normas-e-manuais/normas/especificacao-de-servicos-es/dnit030_2004_es.pdf>. Acesso em 10 out. 2017.

FERNANDES, Carlos. Sistema de drenagem urbana. In: _____. **Microdrenagem**: um estudo inicial. Campo Grande: Universidade Federal de Campina Grande, 2012. Cap. 1. Disponível em: <<http://www.dec.ufcg.edu.br/saneamento/Dren01.html>>. Acesso em: 21 abr. 2017.

FERREIRA, Armando Luís Mendes. **Caracterização morfológica das bacias hidrográficas e áreas inundáveis no Concelho de Pombal**. 156 f. Dissertação (Mestrado) - Universidade de Coimbra. Coimbra, 2010. Disponível em:

<<https://estudogeral.sib.uc.pt/bitstream/10316/14706/1/Tese%20Armando%20Ferreira.pdf>>. Acesso em: 15 abr. 2017.

- FERREIRA, Matheus Magnago; REIS, José Antônio Tosta dos Reis; MANDONÇA, Antônio Sérgio Ferreira. **Estimativas de vazões máximas para cursos d' água da bacia hidrográfica do Rio Itapemirim**. Revista CIATEC – UPF, [S.l.], v. 7, p. 67-78, 2015.
- FLINKLER, Ranquel. **A Bacia Hidrográfica**. [S.l.:s.n.], [201?]. 127 p. Disponível em: <http://www.planejamento.mppr.mp.br/arquivos/File/bacias_hidrograficas/planejamento_manejo_e_gestao_unidade_1.pdf>. Acesso em: 05 abr. 2017.
- GARCEZ, Lucas Nogueira. ALVAREZ, Guilherme Acosta. **Hidrologia**. 2. ed. [S.l.]: Edgard Blucher, 1988. 304 p.
- GOOGLE. **Google Earth**. Version 7.1.8.30.36 [S.l.]:Google, 2017. Disponível em: <<http://www.google.com.br/intl/pt-PT/earth/>>. Acesso em: 24 abr. 2017.
- GREGÓRIO, William. **Sistema de microdrenagem urbana**. 2017. Entrevista concedida a Ariane Nogueira Domingues, Varginha, 21 abr. 2017.
- GRIBBIN, John E. **Introdução à hidráulica, hidrologia e gestão de águas pluviais**. 4. ed. [S.l.]: Trilha, 2015. 544 p.
- GRUPO DE PESQUISA EM RECURSOS HÍDRICOS. **Plúvio**. version 2.1. Viçosa: Universidade Federal de Viçosa, 2006. Disponível: <<http://www.gprh.ufv.br/?area=softwares>>. Acesso em 28 abr. 2017.
- IMADA, Rafael Guerreiro. **Práticas de microdrenagem sustentáveis para a redução do escoamento urbano**. 122 f. Monografia (Graduação) - Engenharia Ambiental, Universidade de São Paulo, 2014.
- KAMURA, Douglas Toshinobu et al. **Microdrenagem nas grandes cidades: problemas e soluções**. São Paulo: Escola Politécnica da Universidade de São Paulo, [200-?]. 11p.
- LEAL, Ubiratan. **Saneamento**. [S.l.: s.n.], 2011. Disponível em: <<http://infraestruturaurbana17.pini.com.br/solucoes-tecnicas/6/1-sarjetoes-de-concreto-armado-227269-1.aspx>>. Acesso em: 10 out. 2017.
- MARTINEZ JÚNIOR, Francisco; MAGNI, Nelson Luiz Goi. **Equações de chuvas intensas do Estado de São Paulo**. São Paulo: Escola Politécnica da Universidade de São Paulo, 1999. 11p.
- MASCARÓ, Juan L.; YOSHINAGA, Mário. **Infra-estrutura urbana**. [S.l.: s.n.], [200-]. 202p.
- MATIAS, Luana Nogueira. **Propostas para solucionar o sistema de microdrenagem na rua toledo piza em Campanha-MG**. 99f. Monografia (Graduação) - Engenharia Civil, Centro Universitário do Sul de Minas, 2016.
- MORALES, Paulo Roberto Dias. **Curso de drenagem urbana e meio ambiente**. Rio de Janeiro: Instituto Militar de Engenharia, 2003. 176 p. Apostila.
- NAKAMURA, Juliana. Bocas de Lobo. In:_____. **Saneamento**. [S.l.:s.n.], 2011. Ed. 8. Cap. 2. Não paginado. Disponível em: <<http://infraestruturaurbana.pini.com.br/solucoes->

tecnicas/8/2-bocas-de-lobo-como-planejar-o-posicionamento-das-239376-1.aspx>. Acesso em: 21 abr. 2017.

NAKAYAMA, Paulo Takashi. **Drenagem urbana**. [S.l.]: Comitê da Bacia Hidrográfica do Pontal do Paranapanema, [200-?]. 35p.

NETTO, José Martiniano Azevedo. **Manual de Hidráulica**. 8. ed. [S.l.]: Edgard Blucher, 2000. 669 p.

OLIVEIRA, Nancy Nunes de. **Aproveitamento de água de chuva de cobertura para fins não potáveis de próprios da educação da rede municipal de Guarulhos**. 80 f. Monografia (Graduação) - Engenharia Civil, Universidade de Guarulhos, 2008. Disponível em: <<http://www.pliniotomaz.com.br/downloads/15nancy.pdf>>. Acesso em: 18 abr. 2017.

PAZ, Adriano Rolim da. **Hidrologia Aplicada**. Caxias do Sul: Universidade Estadual do Rio Grande do Sul, 2004. 138 p. Disponível em: <http://www.ct.ufpb.br/~adrianorpaz/artigos/apostila_HIDROLOGIA_APLICADA_UERGS.pdf>. Acesso em: 15 mar. 2017.

PORTO ALEGRE. Departamento de Esgotos Pluviais. **Plano diretor de drenagem urbana: manual de drenagem urbana**. v. 6. Porto Alegre: Prefeitura Municipal de Porto Alegre, 2005. 167 p.

PORTO, Rubem La Laina; ZAHED FILHO, Kamel; SILVA, Ricardo Martins da. **Bacias Hidrográficas**. São Paulo: Escola Politécnica da Universidade de São Paulo, 1999. 35p.

RIO DE JANEIRO (cidade). Subsecretária de gestão de bacias hidrográficas. **Instruções técnicas para elaboração de estudos hidrológicos e dimensionamento hidráulico de sistemas de drenagem urbana**. Rio de Janeiro: Prefeitura da Cidade do Rio de Janeiro, 2010. 55p.

SÃO PAULO (cidade). Fundação Centro Tecnológico de Hidráulica. **Diretrizes básicas para projetos de drenagem urbana no município de São Paulo**. São Paulo: Prefeitura do Município de São Paulo, 1999. 289 p.

SÃO PAULO (cidade). Secretária Municipal de Desenvolvimento Urbano. **Manual de drenagem e manejo de águas pluviais: aspectos tecnológicos; diretrizes para projetos**. v. 3. São Paulo: Secretária Municipal de Desenvolvimento Urbano, 2012. 128p. Disponível em: <http://www.prefeitura.sp.gov.br/cidade/secretarias/upload/desenvolvimento_urbano/arquivos/manual-drenagem_v3.pdf>. Acesso em 24 abr. 2017.

SÃO PAULO (Estado). Departamento de Águas e Energia Elétrica; Companhia de Tecnologia de Águas e Energia Elétrica. **Drenagem Urbana: Manual de projeto**. 2 ed. São Paulo: DAEE/CETESB, 1980. 254 p.

SÃO PAULO (Estado). Departamento de Estradas de Rodagem. **Meio-frio, sarjetas e sarjetões**. São Paulo: Secretaria dos Transportes, 2006. Disponível em: <[ftp://ftp.sp.gov.br/ftpder/normas/ET-DE-H00-018_A.pdf](http://ftp.sp.gov.br/ftpder/normas/ET-DE-H00-018_A.pdf)>. Acesso em: 20 abr. 2017.

SÃO PAULO (Estado). Secretaria de Estado de Energia, Recursos Hídricos e Saneamento. **Guia prático para projeto de pequenas obras hidráulicas**. São Paulo: Departamento de Águas e Energia Elétrica, 2005. 116 p.

SERGIPE. Companhia Estadual de Habitação e Obras Públicas. **Poços de Visita para Redes de Drenagem**. Sergipe.: Governo do Estado de Sergipe, [201?]. . Disponível em: <<http://187.17.2.135/orse/esp/ES00286.pdf>>. Acesso em: 26 abr. 2017.

SILVA, Roseli da (Coord.). **Núcleo de pesquisas em qualidade de vida: a construção do IEQV**. São Paulo: Universidade Presbiteriana Mackenzie, 2005. 126 p. Disponível em: <http://www.mackenzie.br/fileadmin/Graduacao/CCSA/nucleos/NPQV/Relatorio_IEQV/relatorioieqv.pdf>. Acesso em: 20 abr. 2017.

SINAPI, Sistema Nacional de Pesquisa de Custos e Índices da Construção Civil. **Preços de Insumos e Custos de Composições**. Outubro/ 2017.

SPERLING, Marcos Von. **Estudos e modelagem da qualidade da água de rios**. Belo Horizonte: Universidade Federal de Minas Gerais, 2007. 588 p.

TEODORO, Valter Luiz Lost et al. O conceito de bacia hidrográfica e a importância da caracterização morfométrica para o entendimento da dinâmica ambiental local. **Revista Uniara**, [S.l.], 2007, n. 20, p. 137 - 156. Disponível em: <http://www.uniara.com.br/legado/revistauniara/pdf/20/RevUniara20_11.pdf>. Acesso em: 20 abr. 2017.

TOMAZ, Plínio. **Bombeamento de águas pluviais**. [S.l.: s.n],2010. Disponível em: <http://www.pliniotomaz.com.br/downloads/capitulo_11_bombeamento_aguas_pluviais.pdf> Acesso em: 30 mar. 2017.

_____. **Curso de Manejo de Águas Pluviais**. [S.l.: s.n], 2010. Disponível em: <http://www.pliniotomaz.com.br/downloads/livro_calculos/capitulo05.pdf> Acesso em: 30 mar. 2017.

_____. **Cálculos hidrológicos e hidráulicos para obras municipais**. [S.l.: s.n.], 2012. Disponível em: <http://www.pliniotomaz.com.br/downloads/livro07calculo_hidrologico.pdf>. Acesso em: 10 abr. 2017.

_____. **Distribuição de Gumbel e Log Pearson Tipo III**. [S.l.: s.n], 2016. Disponível em: <http://www.pliniotomaz.com.br/downloads/Novos_livros/livro_calculoshidrolicos/capitulo151.pdf>. Acesso em: 27 mar. 2017.

_____. **Método Racional**. [S.l.: s.n],2013a. Disponível em: <http://www.pliniotomaz.com.br/downloads/Novos_livros/livro_metodo_calculos_vazao/capitulo02.pdf> Acesso em: 25 mar. 2017.

_____. **Microdrenagem** [S.l.: s.n],2013b. Disponível em: <http://www.pliniotomaz.com.br/downloads/Novos_livros/livro_calculoshidrolicos/capitulo05Microdrenagem.pdf> Acesso em: 25 mar. 2017.

_____. **Tempo de Concentração**. [S.l.: s.n], 2013c. Disponível em: <http://www.pliniotomaz.com.br/downloads/Novos_livros/livro_calculos_hidrolicos/capitulo04.pdf>. Acesso em: 27 mar. 2017.

TONELLO, Kelly Cristina. **Análise hidroambiental da bacia hidrográfica da Cachoeira das Pombas, Ganhães, MG**. 85 f. Tese (Pós-Graduação) - Universidade Federal de Viçosa. Viçosa, 2005. Disponível em: <http://vampira.ourinhos.unesp.br:8080/cediap/material/analise_hidroambiental_em_microbacias.pdf>. Acesso em: 15 abr. 2017.

TUCCI, Carlos Eduardo Morelli. **Hidrologia: ciência e aplicação**. 4. ed. [S.l.]: Associação Brasileira de Recursos Hídricos, 2007. 855 p.

TUCCI, Carlos Eduardo Morelli; PORTO, Rubem La Laina; BARROS, Mário T. de. **Drenagem Urbana**. [S.l.]: Universidade Federal do Rio Grande do Sul, 1995. 428 p.

UNIVERSIDADE DE SÃO PAULO. **Microdrenagem urbana**. São Paulo: Departamento de Tecnologia da Arquitetura, 2015. 48 p. Disponível em: - <http://www.fau.usp.br/cursos/graduacao/arq_urbanismo/disciplinas/aut0192/Aula_aut-0192-microdrenagem.pdf>. Acesso em: 27 mar. 2017.

VARGINHA. Decreto nº 6.613, de 03 de outubro de 2013. Institui plano de gestão de resíduos sólidos da construção civil, Varginha, Minas Gerais, out. 2013. Disponível em: <<http://www.varginha.mg.gov.br/legislacao-municipal/decretos/472-2013/10415-decreto-nd-66132013-institui-o-plano-de-gestao-de-residuos-solidos-da-construcao-civil>>. Acesso em: 10 nov. 2017.

VASCONCELOS, Ivana Prado. **Notas de Aula**. Varginha: Centro Universitário do Sul de Minas, 2017.

VILELA, Estela Schiavoni. **Adequação do sistema de microdrenagem urbana na sub-bacia da lagoa seca no município de Boa Esperança- MG**. 116f. Monografia (Graduação) - Engenharia Civil, Centro Universitário do Sul de Minas, 2016.

VILLELA, Swami Marcondes; MATTOS, Arthur. **Hidrologia aplicada**. São Paulo: McGraw-Hill, 1975. 239 p.

VIOLA, Heitor. **Gestão de Águas Pluviais em áreas urbanas: o estudo de caso da cidade do samba**. 398 f. Dissertação (Pós-Graduação) - Universidade Federal do Rio de Janeiro, 2008.

WILKEN, Paulo Sampaio. **Engenharia de Drenagem Superficial**. São Paulo: Companhia de Tecnologia de Saneamento Ambiental, 1978. 478 p.

ZMITROWICS, Witold; ANGELIS NETO, Generoso de. **Infra-Estrutura Urbana**. São Paulo: Escola Politécnica da Universidade de São Paulo, 1997. 40p. Disponível em: <<https://www.passeidireto.com/arquivo/5246010/infra-estrutura-urbana>>. Acesso em: 14 abr. 2017.

APÊNDICE A – DIVISÃO DAS SUB BACIAS

APÊNDICE B – Dispositivo de drenagem: sarjetão

APÊNDICE C– Dispositivo de drenagem: boca de lobo

APÊNDICE D– Dispositivo de drenagem: galeria

APÊNDICE E – Perfil da galeria

APÊNDICE F– Dispositivo de drenagem: PV e caixa de passagem

APÊNDICE G– Detalhe dos dispositivos