

**CENTRO UNIVERSITÁRIO DO SUL DE MINAS**

**ENGENHARIA CIVIL**

**ABNER DAVID TROLEZI ALVES**

**ESTUDO DO SISTEMA DE MICRODRENAGEM DA RUA GERALDO ZANATELLI  
NO MUNICÍPIO DE VARGINHA/MG**

**VARGINHA  
2016**

**ABNER DAVID TROLEZI ALVES**

**ESTUDO DO SISTEMA DE MICRODRENAGEM DA RUA GERALDO ZANATELLI  
NO MUNICÍPIO DE VARGINHA/MG**

Trabalho de conclusão de curso apresentado ao Curso de Engenharia Civil do Centro Universitário do Sul de Minas como pré-requisito para a obtenção do grau de bacharel, sob orientação da Prof. Ms. Ivana Prado Vasconcelos.

**VARGINHA  
2016**

**ABNER DAVID TROLEZI ALVES**

**ESTUDO DO SISTEMA DE MICRODRENAGEM DA RUA GERALDO ZANATELLI  
NO MUNICÍPIO DE VARGINHA/MG**

Trabalho de Conclusão de Curso 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     /     /

---

Prof. Ms. Ivana Prado de Vasconcelos

Orientadora

---

Prof. Dr. Leopoldo Uberto Jr.

---

Prof. Esp. Luana Ferreira

OBS:

## **AGRADECIMENTOS**

Agradeço primeiramente a Deus, pois sem ele nada é possível. Aos meus pais João e Cláudia, por todo o apoio e compreensão. A minha namorada Tamara, por todas as vezes que estive ausente me dedicando aos estudos e por sempre me apoiar. E a minha coordenadora e orientadora Ivana, por compartilhar de seu tempo e conhecimento para o meu sucesso.

“A tarefa não é tanto ver aquilo que ninguém viu, mas pensar o que ninguém ainda pensou sobre aquilo que todo mundo vê.”

Arthur Schopenhauer.

## RESUMO

O presente trabalho trata de uma verificação da causa de um problema de erosão asfáltica que decorre na rua Geraldo Zanatelli no bairro Sagrado Coração no município de Varginha. A erosão tem gerado grandes conturbações aos usuários da via em estudo e aos usuários da avenida dos Tachos que faz interligação com a via em estudo. O problema gerado à população é devido à grande abertura resultante da erosão na via em estudo e aos detritos gerado pela mesma, que se depositam sobre a avenida, o que pode vir a acarretar acidentes. Para verificação da causa do problema foram realizadas diversas análises dos componentes que constituem o sistema de microdrenagem existente, onde foram realizadas diversas visitas in loco para se obter os dados para a sua verificação. Contudo após análises feitas constatou-se que o problema foi gerado por um conjunto de causas tais como: execução incorreta das sarjetas de determinado trecho, dispositivos hidráulicos obstruídos, inexistência de dispositivos hidráulicos em alguns trechos da via. Com isso buscou-se da melhor forma, alternativas e seus respectivos custos, para que se possa obter um correto funcionamento do sistema de microdrenagem.

**Palavras-chave:** Erosão asfáltica. Microdrenagem. Varginha.

## **ABSTRACT**

*This project aims to verify the cause of an asphalt erosion problem that can be found on Geraldo Zanatelli street, located in Sagrado Coração district in the city of Varginha. The erosion has created great disruptions to people who use this street, as well as to people who attend Tachos Avenue, once they are connected. The problem generated for the surrounding population occurs due to the resulting large erosion opening on this street and also due to the debris generated there, which are deposited on the avenue, which may lead to accidents. In order to verify the cause of the problem, several analyzes of the components that compose the existing micro drainage system were made, where many site visits occurred in order to collect data for the verification. However after some analyzes it was found that the problem was generated by a set of causes such as incorrect execution of gutters, clogged hydraulic devices, lack of hydraulic devices in some of the road sections. It sought to the best alternative form and their costs, so you can get a correct functioning of the micro drainage system.*

**Keywords:** *Asphalt erosion. Microdrainage. Varginha.*

## LISTA DE FIGURAS

Figura 1 – Local de Estudo.....	15
Figura 2 – Traçado da bacia em estudo juntamente com as direções do fluxo das águas pluviais .....	16
Figura 3 – Dimensões das sarjetas existentes.....	17
Figura 4 – Condições das sarjetas .....	17
Figura 5 – Condições das sarjetas .....	18
Figura 6 – Condição da Sarjeta correspondente ao problema em questão .....	18
Figura 7 – Desenho representativo da boca de lobo em corte.....	19
Figura 8 – Desenho representativo da boca de lobo em isométrico .....	19
Figura 9 – Boca de Lobo obstruída .....	20
Figura 10 – Boca de Lobo obstruída .....	20
Figura 11 – Boca de Lobo obstruída .....	21
Figura 12 – Boca de Lobo obstruída .....	21
Figura 13 – Desenho representativo da caixa de boca de lobo em isométrico.....	22
Figura 14 – Desenho representativo da caixa de boca de lobo em corte.....	22
Figura 15 – Situação da caixa da boca de lobo.....	23
Figura 16 – Situação da caixa da boca de lobo.....	23
Figura 17 – Dados fornecidos pelo Plúvio 2.1 para o município de Varginha/MG.....	28
Figura 18 – Exemplo de guia.....	30
Figura 19 – Modelo de Sarjeta .....	31
Figura 20 – Fator de redução da capacidade de escoamento das sarjetas .....	32
Figura 21 – Modelo de Sarjetão .....	33
Figura 22 – Modelo de Boca de Lobo .....	33
Figura 23 – Tipos de Boca de Lobo .....	34
Figura 24 – Geometria e equações para galeria.....	37
Figura 25 – Ábaco de fator de correção de vazão para sessões circulares .....	39
Figura 26 – Locação de caixa de ligação.....	42
Figura 27 – Subdivisão da bacia em estudo .....	44
Figura 28 – Incógnitas para dimensionamento do escoamento das sarjetas.....	47
Figura 29 – Ilustração da área molhada e do perímetro molhado para a sarjeta existente ..	50
Figura 30 – Planta baixa do poço de visita.....	60
Figura 31 – Corte AA do poço de visita .....	61

Figura 32 – Corte BB do poço de visita .....	62
Figura 33 – Tipo de Sarjetão a ser implantado .....	63
Figura 34 – Corte transversal da boca de lobo a ser instalada.....	65
Figura 35 – Isométrico da boca de lobo a ser instalada.....	66
Figura 36 – Detalhamento de armadura da tampa de concreto armado .....	66
Figura 37 – Corte transversal do sarjetão a ser instalado .....	69
Figura 38 – Detalhe da união entre sarjeta e pavimentação .....	70

## LISTA DE TABELAS

Tabela 1- Coeficiente de Run Off de acordo com o revestimento da superfície.....	26
Tabela 2 – Coeficiente de Run Off de acordo com a ocupação da área .....	27
Tabela 3 – Período de Retorno para projetos de drenagem urbana.....	28
Tabela 4 – Fator de redução de escoamento para bocas de lobo .....	35
Tabela 5 – Valores de coeficiente de rugosidade de Manning .....	38
Tabela 6 – Declividade mínima para cada diâmetro .....	39
Tabela 7 – Recobrimento mínimo para cada diâmetro de tubo.....	40
Tabela 8 – Tabela de escolha de diâmetro de tubo de ligação .....	40
Tabela 9 – Determinação da vazão para cada trecho da bacia .....	46
Tabela 10 – Verificação de necessidade de boca de lobo em cada trecho .....	49
Tabela 11 – Verificação da velocidade de escoamento para cada trecho.....	51
Tabela 12 – Quantidade e locação das bocas de lobo determinado pelo autor .....	54
Tabela 13 – Quantidade e locação das bocas de lobo existentes.....	54
Tabela 14 – Serviço e consumo necessário para limpeza manual de terrenos em geral .....	64
Tabela 15 – Serviços necessários para remoção da alvenaria de cada boca de lobo.....	67
Tabela 16 – Serviços necessários para remoção do concreto da base de cada boca de lobo .....	67
Tabela 17 – Materiais e serviços necessários para implantação de cada boca de lobo. ....	67
Tabela 18 – Serviço necessário para limpeza da boca e lobo.....	68
Tabela 19 – Materiais e serviços para a construção de uma tampa de concreto armado para boca de lobo.....	68
Tabela 20 – Materiais e serviços para o corte do pavimento onde será instalado o sarjetão .....	69
Tabela 21 – Materiais e serviços necessários para a implantação do sarjetão. ....	69
Tabela 22 – Materiais e serviços necessários para remoção do asfalto danificado.....	71
Tabela 23 – Materiais e serviços necessários para o recapeamento asfáltico do local danificado. ....	71
Tabela 24 – Estimativa de custo para limpeza manual de terreno em geral.....	72
Tabela 25 – Áreas dos trechos que necessitam de limpeza. ....	72
Tabela 26 – Estimativa de custo para remoção da alvenaria de cada boca de lobo. ....	73
Tabela 27 – Estimativa de custo para remoção do concreto da base de cada unidade de boca de lobo .....	73

Tabela 28 – Estimativa de custo para reconstrução e cada unidade de boca de lobo.....	73
Tabela 29 – Estimativa de custo total para remoção e reinstalação das bocas de lobo comprometidas .....	74
Tabela 30 – Estimativa de custo para limpeza de cada unidade de boca de lobo obstruída. ....	75
Tabela 31 – Estimativa de custo para fabricação de uma nova tampa de boca de lobo de concreto armado. ....	75
Tabela 32 – Estimativa de custo total para manutenção das bocas de lobo obstruídas.....	75
Tabela 33 – Estimativa de custo para demolição do asfalto onde será instalado o sarjetão.	76
Tabela 34 - Estimativa de custo para implantação de sarjetão .....	76
Tabela 35 – Estimativa de custo total para corte do pavimento .....	77
Tabela 36 - Estimativa de custo total para implantação do sarjetão.....	77
Tabela 37 – Estimativa de custo por m <sup>2</sup> para remoção do asfalto danificado .....	78
Tabela 38 - Estimativa de custo por m <sup>3</sup> para aplicação do concreto asfáltico.....	78
Tabela 39 – Estimativa de custo total para remoção do asfalto danificado.....	79
Tabela 40 - Estimativa de custo total para aplicação do concreto asfáltico .....	79

## SUMÁRIO

<b>1 INTRODUÇÃO .....</b>	<b>13</b>
<b>2 OBJETIVO GERAL E ESPECÍFICO .....</b>	<b>14</b>
2.1 Objetivo Geral .....	14
2.2 Objetivos específicos .....	14
<b>3 DIAGNÓSTICO BREVE.....</b>	<b>15</b>
3.1 Caracterização do local de estudo.....	15
3.2 Caracterização da bacia de Contribuição.....	15
3.3 Caracterização do sistema de microdrenagem existente.....	16
3.3.1 Sarjetas .....	16
3.3.2 Bocas de lobo .....	19
3.3.3 Caixas das bocas de lobo.....	22
3.3.4 Galerias e poços de visita.....	24
<b>4 PROJETO .....</b>	<b>25</b>
4.1 Memorial descritivo.....	25
4.1.1 Delimitação da bacia de contribuição .....	25
4.1.2 Determinação da vazão pluvial .....	25
4.1.3 Dispositivos hidráulicos .....	29
4.1.3.1 Guia.....	30
4.1.3.2 Sarjetas.....	30
4.1.3.3 Sarjetões.....	33
4.1.3.4 Boca de lobo .....	33
4.1.3.5 Galerias .....	36
4.1.3.6 Tubulação secundária .....	40
4.1.3.7 Poços de visitas .....	40
4.1.3.8 Caixas de passagem .....	41
4.2 Memorial e Planilhas de calculo .....	41
4.2.1 Calculo hidrológico do local em estudo.....	41
4.2.1.1 Calculo da vazão pluvial.....	41
4.2.2 Calculo hidráulico do local em estudo.....	43
4.2.2.1 Dimensionamento da capacidade de escoamento das sarjetas.....	46
4.2.2.2 Verificação da necessidade de boca de lobo considerando escoamento pela sarjeta. ..	47
4.2.2.3 Dimensionamento da capacidade de engolimento das bocas de lobo .....	51
4.2.2.4 Verificação de bocas de lobo considerando escoamento pelas sarjetas.....	52
4.2.2.5 Verificação de bocas de lobo desconsiderando escoamento pela sarjeta .....	53
4.2.2.6 Dimensionamento da tubulação secundaria.....	55
4.2.2.7 Dimensionamento das galerias .....	56
4.2.2.8 Poços de visita .....	60
4.2.2.9 Sarjetões.....	62
4.3 Especificações de materiais e serviços .....	63
4.3.1 Serviços a serem realizados .....	63

4.3.2 Limpeza das sarjetas .....	64
4.3.3 Substituição e manutenção de bocas de lobo .....	64
4.3.4 Instalação de sarjetões.....	68
4.3.5 Recapeamento do asfalto danificado.....	70
4.4 Estimativa de custo .....	72
4.4.1 Limpeza das sarjetas .....	72
4.4.2 Substituição das bocas de lobo comprometidas .....	73
4.4.3 Manutenção das bocas de lobo obstruídas. ....	75
4.4.4 Instalação de sarjetões.....	76
4.4.5 Recapeamento do asfalto danificado.....	78
4.4.6 Recomendações.....	80
<b>5 CONCLUSÃO.....</b>	<b>81</b>
<b>REFERÊNCIAS .....</b>	<b>82</b>
<b>APÊNDICE A .....</b>	<b>84</b>
<b>APÊNDICE B.....</b>	<b>85</b>
<b>APÊNDICE C .....</b>	<b>86</b>
<b>ANEXO A.....</b>	<b>87</b>
<b>ANEXO B.....</b>	<b>88</b>

## 1 INTRODUÇÃO

Um sistema de microdrenagem urbano é implantado quando se há a necessidade de coletar, transportar e direcionar as águas provindas de precipitações pluviométricas para um sistema de macrodrenagem. Para o dimensionamento de um sistema de microdrenagem deve-se realizar a caracterização hidrológica do local e realizar a instalação de diversos dispositivos hidráulicos basicamente como vias, sarjetas, bocas de lobo, poços de visitas, galerias, entre outros, determinados e/ou calculados de acordo com a necessidade do sistema.

O projeto deve ser feito de modo a propiciar condições seguras e confortáveis aos usuários do local onde se é implantado o sistema, evitando que ocorra transtornos ou até mesmo catástrofes que podem ser provenientes de um sistema mal elaborado.

Está cada vez mais comum encontrar problemas nos sistemas de drenagem. Esses problemas na grande maioria das vezes podem ser devidos à má elaboração do sistema de drenagem, a falta de manutenção e cuidado com os dispositivos hidráulicos, por meio de moradores locais e até mesmo responsáveis fiscais.

O trabalho em estudo foi realizado na Rua Geraldo Zanatelli que se localiza no bairro Sagrado Coração no município de Varginha. A rua em estudo é interligada com a Avenida dos Tachos, que possui um grande fluxo de automóveis e pessoas. A rua Geraldo Zanatelli possui um grande problema de erosão asfáltica, problema este que causa muitos transtornos na Avenida dos Tachos. Devido a isso faz-se necessário a utilização de um sistema de microdrenagem eficiente.

Conforme o diagnóstico obtido no TCC 1, foi possível identificar que a falha apresentada no sistema de microdrenagem foi devido a um conjunto de causas, dentre elas estão: a falta de manutenção pelo órgão responsável ou até mesmo pela população nos dispositivos hidráulicos fazendo com que comprometam um bom funcionamento do sistema; possíveis erros na execução e/ou projeção do sistema em alguns aspectos como, declividade transversal da via incapaz de direcionar corretamente o fluxo das águas pelas margens, o que gera o desvio do mesmo, mudando as contribuições em determinados trechos e também a instalação das sarjetas com material inadequado em determinados trechos onde são incapazes de resistir o escoamento superficial o que também resulta no problema em questão.

Através do diagnóstico do problema apresentado no trabalho foi possível definir quais os materiais e serviços e seus respectivos custos, que serão necessários para que se possa obter um correto funcionamento do sistema de microdrenagem do local de estudo.

## **2 OBJETIVO GERAL E ESPECÍFICO**

### **2.1 Objetivo Geral**

Propor melhorias para o sistema de microdrenagem do bairro Sagrado Coração no município de Varginha/MG.

### **2.2 Objetivos específicos**

- Realizar revisão de literatura sobre o tema em estudo;
- Levantar dados sobre o sistema de microdrenagem existente
- Caracterizar a bacia hidrográfica contribuinte ao local de estudo;
- Diagnosticar o sistema de microdrenagem;
- Verificar e propor soluções para melhoria no sistema de microdrenagem;
- Projeto complementar;
- Quantificação de materiais e serviços.

### 3 DIAGNÓSTICO BREVE

Para o desenvolvimento do trabalho, buscou-se fazer o levantamento e caracterização do sistema de microdrenagem existente e redimensionar os dispositivos no qual foi possível obter informações.

#### 3.1 Caracterização do local de estudo

O local de estudo do problema é a rua Geraldo Zanatelli que faz ligação com a Avenida dos Tachos, que é a avenida principal de entrada do Bairro Sagrado Coração localizado no município de Varginha/MG. A Figura 01 demonstra o trecho em estudo.

Figura 01 – Local de Estudo



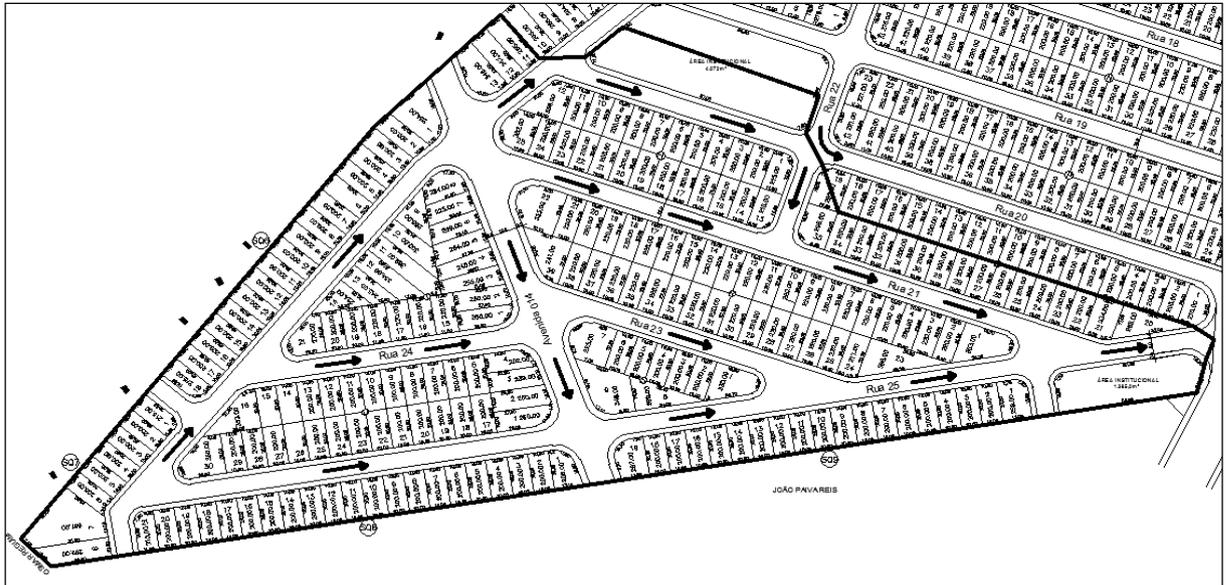
Fonte: (GOOGLE EARTH, 2016).

#### 3.2 Caracterização da bacia de Contribuição

Como nas ruas que dão acesso ao local de estudo há a inexistência de sarjetões para o correto direcionamento das águas pluviais, foi realizado uma visita in loco para se verificar quais ruas contribuem com o escoamento superficial para o local em estudo. O traçado que delimita a bacia de contribuição para o local em estudo juntamente com as direções do

escoamento das interligações de vias pode ser observado na Figura 02. Para a bacia delimitada obteve-se uma área de 77.072,77 m<sup>2</sup>.

Figura 02 – Traçado da bacia em estudo juntamente com as direções do fluxo das águas pluviais



Fonte: o autor, 2016.

### 3.3 Caracterização do sistema de microdrenagem existente

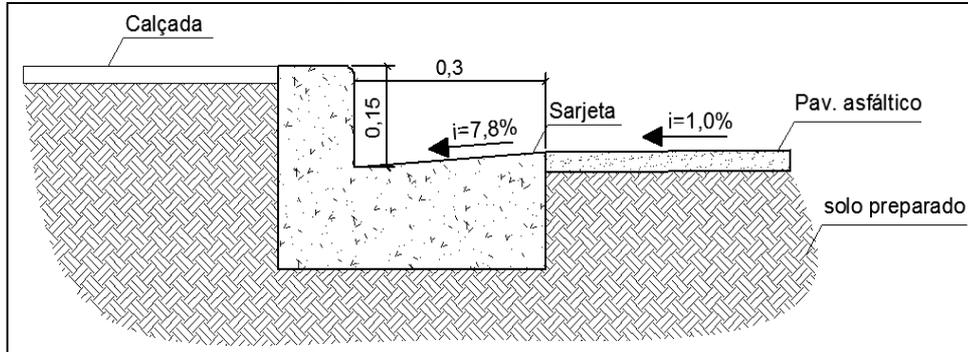
Para a caracterização do sistema de microdrenagem existente, foi realizada a verificação in loco dos dispositivos hidráulico como, condições e dimensões das sarjetas, declividades transversais das ruas e sarjetas, condições, locações e dimensões das bocas de lobos existentes. Além das declividades longitudinais obtidos pelo desenho do loteamento fornecido pela prefeitura local.

Foi realizada uma visita no local para verificação dos sarjetões e constatou-se que não há nenhum dispositivo do mesmo na bacia em estudo.

#### 3.3.1 Sarjetas

Para melhor representação da caracterização das sarjetas foi feito um desenho com as dimensões reais das sarjetas existentes na bacia de contribuição que constitui o sistema em estudo. O mesmo está apresentado na Figura 03.

Figura 03 – Dimensões das sarjetas existentes



Fonte: o autor, 2016.

Devido à falta de manutenção por parte dos proprietários dos lotes ou até mesmo pela prefeitura quando se trata de uma área institucional, em alguns trechos as sarjetas encontram-se obstruídas por matos e outros detritos que depõem sobre a mesma. Isto faz com que o curso d'água seja diferente do que foi projetado. Na Figura 04 e 05 pode ser observar as condições das sarjetas em determinados trechos.

Figura 04 – Condições das sarjetas



Fonte: o autor, 2016.

Figura 05 – Condições das sarjetas



Fonte: o autor, 2016.

Além da obstrução pela falta de manutenção, a sarjeta que corresponde ao problema em estudo, foi executada com pavimentação asfáltica, material este que não possui resistência ao escoamento da água em sua superfície. Dessa forma, quando ocorre o escoamento da água pluvial, o material se degrada gerando erosões que se aumentam rapidamente, chegando à pista de rolamento, que pode vir a ocasionar acidentes aos usuários da mesma. Conforme Figura 06.

Figura 06 – Condição da sarjeta correspondente ao problema em questão



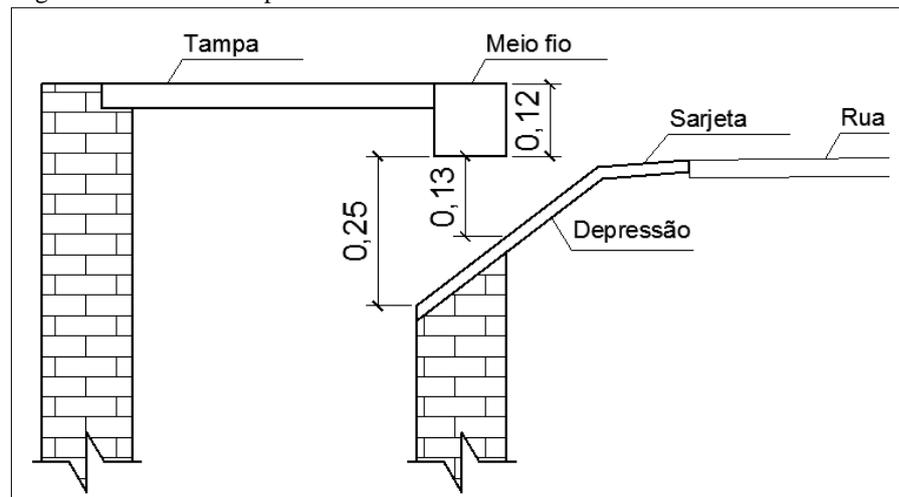
Fonte: o autor, 2016.

### 3.3.2 Bocas de lobo

Através de visita in loco, verificou-se que a bacia em estudo possui no total 12 bocas de lobo e 5 poços de visita em determinados trechos.

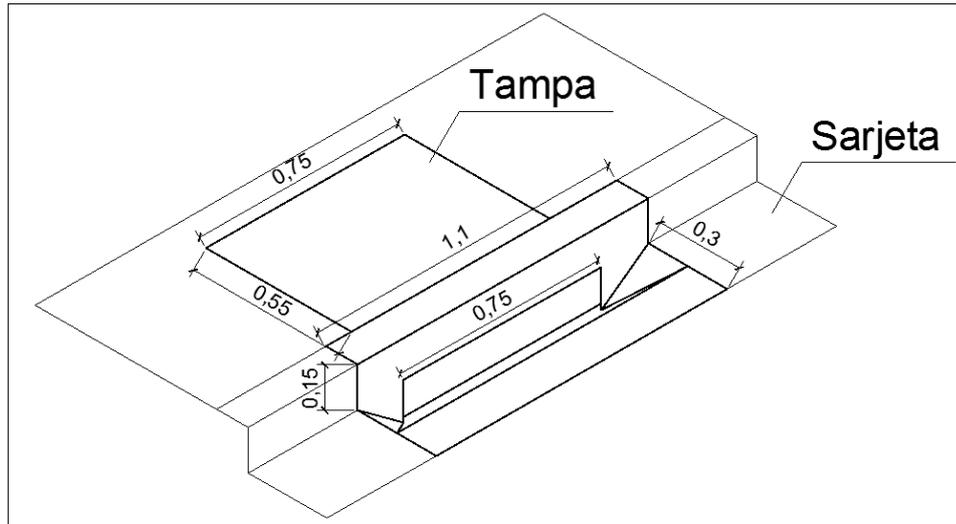
As bocas de lobos existentes nas bacias são do tipo com depressão, para melhor apresentação de suas dimensões também foi feito o desenho representativo do mesmo, conforme pode ser visto nas Figuras 07 e 08.

Figura 07 – Desenho representativo da boca de lobo em corte



Fonte: o autor, 2016.

Figura 08 – Desenho representativo da boca de lobo em isométrico



Fonte: o autor, 2016.

Devido à falta de manutenção ou até mesmo a falta de conscientização da população em jogar lixo nas vias públicas, resultou-se na obstrução de algumas bocas de lobo em determinados trechos, onde vem a impedir a entrada de água pluvial pela mesma fazendo com que acumule vazão a jusante nos trechos seguintes, o que podem vim a acarretar problemas devido a esses trechos não estarem preparados para essa situação. A obstrução de determinadas bocas de lobo pode ser observada nas Figuras 09, 10, 11 e 12.

Figura 09 – Boca de Lobo obstruída



Fonte: o autor, 2016.

Figura 10 – Boca de Lobo obstruída



Fonte: o autor, 2016.

Figura 11 – Boca de Lobo obstruída



Fonte: o autor, 2016.

Figura 12 – Boca de Lobo obstruída

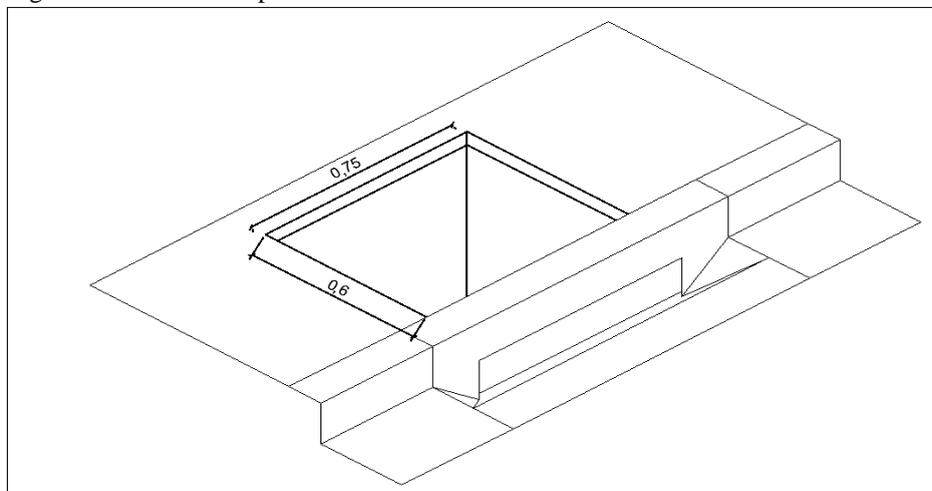


Fonte: o autor, 2016.

### 3.3.3 Caixas das bocas de lobo

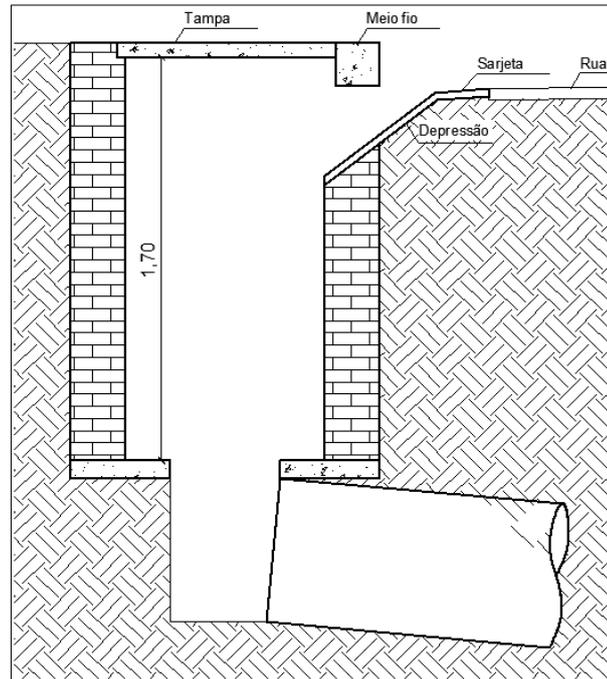
Do mesmo modo que as bocas de lobo, as caixas também possuem dimensões iguais para todas, para melhor representação foi realizado o desenho da mesma em isométrico e seu corte que podem ser vistos nas Figuras 13 e 14. As tubulações secundárias que direcionam as águas captadas pelas bocas de lobo até as galerias ou caixa de visitas é de 400 mm conforme verificado in loco.

Figura 13 – Desenho representativo da caixa de boca de lobo em isométrico



Fonte: o autor, 2016.

Figura 14 – Desenho representativo da caixa de boca de lobo em corte



Fonte: o autor, 2016.

Porém a situação real de algumas caixas de bocas de lobo são bem degradantes, o que faz com que comprometa o correto funcionamento do sistema de drenagem do local, nas Figuras 15 e 16, podem ser vistos a situação das caixas das bocas de lobo de determinados trechos.

Figura 15 – Situação da caixa da boca de lobo



Fonte: o autor, 2016.

Figura 16 – Situação da caixa da boca de lobo



Fonte: o autor, 2016.

#### 3.3.4 Galerias e poços de visita

Através do projeto de drenagem pluvial do bairro onde se situa a rua em estudo disponibilizado pela prefeitura local foi possível obter as dimensões das galerias e a quantidade e dimensões dos poços de vistas. O projeto pode ser observado no Anexo A.

## 4 PROJETO

O objetivo do projeto apresentado a seguir é solucionar o problema no sistema de microdrenagem decorrente na rua Geraldo Zanatelli do bairro Sagrado Coração no município de Varginha.

### 4.1 Memorial descritivo

#### 4.1.1 Delimitação da bacia de contribuição

Para se realizar a delimitação da bacia de contribuição do local de estudo, foi utilizado um programa de desenho ou projeto assistido por computador chamado AutoCAD. Além de visita in loco para se delimitar um correto traçado de contorno da bacia de contribuição separando-a das bacias vizinhas. A delimitação da bacia pode ser observado na Figura 02 apresentada anteriormente.

Para determinação da declividade longitudinal das ruas utilizou-se o desenho do loteamento disponibilizado pela prefeitura do Município de Varginha/MG, onde é possível obter as cotas de nível do loteamento para se verificar o sistema de microdrenagem do local de estudo. O desenho disponibilizado pela prefeitura pode ser observado no Anexo B.

#### 4.1.2 Determinação da vazão pluvial

Conforme Botelho (2011, p. 81) para bacias menores que 50 ha utiliza-se o método racional para o cálculo de vazão pluvial, através da equação 1.

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

Onde:

Q = Vazão Pluvial (m<sup>3</sup>/s);

C = Coeficiente de Run Off ou deflúvio superficial;

I = Intensidade de Chuva (m/s);

A = Área de contribuição (m<sup>2</sup>).

Como a bacia em estudo possui uma área inferior à recomendada, após a delimitação da mesma foi feito o cálculo da vazão pluvial pelo método racional indicado acima.

Devido ao local em estudo ser uma área com grande variação de ocupação, para o coeficiente de Run Off foi utilizado sua média ponderada que pode ser obtida pela equação 2 conforme indica Tomaz (2013, p. 8).

$$C_{\text{médio}} = \frac{C1. A1 + C2. A2 + C3. A3 + \dots + Ci. Ai}{A1 + A2 + A3 + \dots + Ai} \quad (2)$$

Onde:

$C_{\text{médio}}$  = Média ponderada do coeficiente de Run Off

$C1, C2, C3, \dots, Ci$  = Coeficiente de escoamento superficial para as áreas  $A1, A2, A3, \dots, Ai$

Para os coeficientes de cada área usou-se os valores contidos nas Tabela 01 e 02.

Tabela 01– Coeficiente de Run Off de acordo com o revestimento da superfície.

DESCRIÇÃO DA ÁREA	COEFICIENTE DE "RUNOFF"
Área Comercial	
● Central	0,70 a 0,95
● Bairros	0,50 a 0,70
Área Residencial	
● Residências Isoladas	0,35 a 0,50
Continuação da Tabela 03	
● Unidades Múltiplas (separadas)	0,40 a 0,60
● Unidades Múltiplas (conjugadas)	0,60 a 0,75
● Lotes com 2.000 m <sup>2</sup> ou mais	0,30 a 0,45
Áreas 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
"Playground"	0,20 a 0,35
Pátios de estradas de ferro	0,20 a 0,40
Áreas sem melhoramentos	0,10 a 0,30

Fonte: DAEE/CETESB, 1980, p.146 (adaptada pelo autor)

Tabela 02 – Coeficiente de Run Off de acordo com a ocupação da área

	Coeficiente "C"
Áreas centrais, densamente construídas, com ruas pavimentadas	0,70 a 0,90
Áreas adjacentes ao centro, com ruas pavimentadas	0,50 a 0,70
Áreas residenciais com casas isoladas	0,25 a 0,50
Áreas suburbanas pouco edificadas	0,10 a 0,20

Fonte: MEDEIROS FILHO, 2009 (adaptada pelo autor).

De acordo com Oliveira et al (2005, p 2) é possível determinar a precipitação de chuva de outras localidades que não possuem equações específicas através da equação geral IDF (Intensidade, Duração e Frequência) como pode ser observado pela equação 3.

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

Onde:

Im = intensidade média de chuva (mm/h);

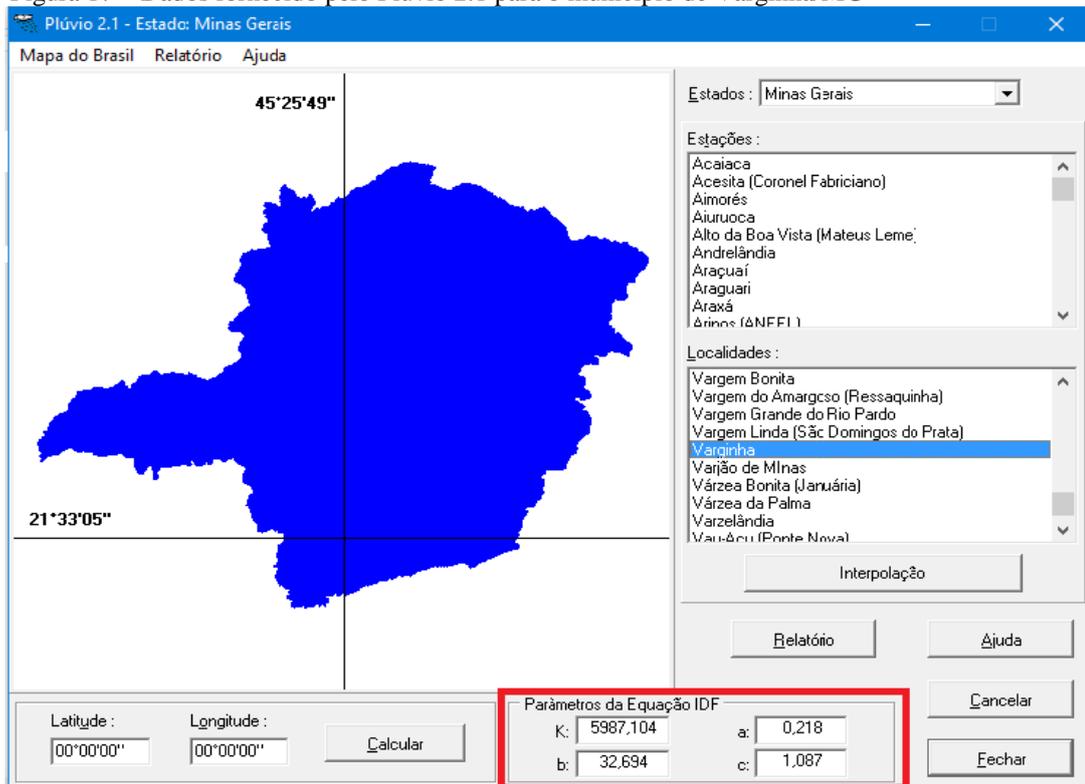
Tr = tempo de retorno (anos);

t = tempo de concentração (minutos);

K,a,b e c = coeficientes disponibilizados pelo software (adimensionais).

Os valores necessários para o cálculo foram obtidos pelo programa chamado Plúvio 2.1 da Universidade Federal de Viçosa - UFV, que fornece esses valores para determinadas regiões contidas no seu sistema. Os dados fornecidos para o município de Varginha/MG estão apresentados na Figura 17.

Figura 17 – Dados fornecido pelo Plúvio 2.1 para o município de Varginha/MG



Fonte: (UFV, 2016).

De acordo com Tomaz (2013, p. 5) o período de Retorno ( $T_r$ ) é um determinado tempo em que um evento hidrológico leva para ser igualado ou superado. Para os projetos de drenagem pode se observar o período de Retorno na Tabela 03.

Tabela 03 – Período de Retorno para projetos de drenagem urbana

Sistema	Característica	Intervalo $T_r$ (anos)	Valor Frequente (anos)
Microdrenagem	Residencial	2 - 5	2
	Comercial	2 - 5	5
	Áreas de prédios públicos	2 - 5	5
	Aeroporto	5 - 10	5
	Áreas comerciais e Avenidas	5 - 10	10
Macro-drenagem		10 - 25	10
Zoneamento de áreas ribeirinhas		5 - 100	100*

\* Limite da área de regulamentação

Fonte: PORTO ALEGRE, 2005 (adaptada pelo autor).

Devido ao local em estudo ser uma área residencial com pouco comércio o tempo de retorno (T) adotado para verificação do sistema de drenagem foi de 2 anos.

Segundo Botelho (2011, p. 70) o tempo de concentração ( $t_c$ ), é o período de tempo necessário para que toda uma bacia contribua para a vazão de uma considerada seção.

Ainda segundo Botelho (2011, p. 70) nas obras de microdrenagem o tempo de concentração pode ser definido pela equação 04.

$$t_c = t_a + t_s \quad (4)$$

Onde:

$t_c$  = Tempo de concentração

$t_a$  = Tempo que leva para uma gota de água cair em um ponto extremo da bacia, até a mesma chegar ao vale de maior extensão. Adota-se em projetos de drenagem urbana,  $t_a = 10$  min;

$t_s$  = Tempo que uma gota de água leva para percorrer o vale da bacia de maior extensão até a primeira boca de lobo do sistema de drenagem.

Conforme Botelho (2011, p.70)  $t_s$  poderá ser calculado pela equação 05 a seguir de George Ribeiro:

$$t_s = \frac{16 L}{(1,05 - 0,2p) \cdot (100 \cdot i_m^{0,04})} \quad (5)$$

Onde:

$t_s$  = Tempo de escoamento superficial (min);

L = Distância entre o ponto mais distante da área contribuinte ao ponto considerado (km);

p = Porcentagem da área permeável da bacia (decimal);

$I_m$  = Declividade média do terreno ao longo do trecho L considerado (m/m).

O “ $t_a$ ” da equação 05 foi utilizado, 10 minutos conforme recomenda Botelho (2011, p.70), para projetos de sistema urbanos.

#### 4.1.3 Dispositivos hidráulicos

Para a análise hidráulica do local em estudo foi verificado in loco as dimensões e condições dos dispositivos hidráulicos que constituem o sistema de drenagem existente.

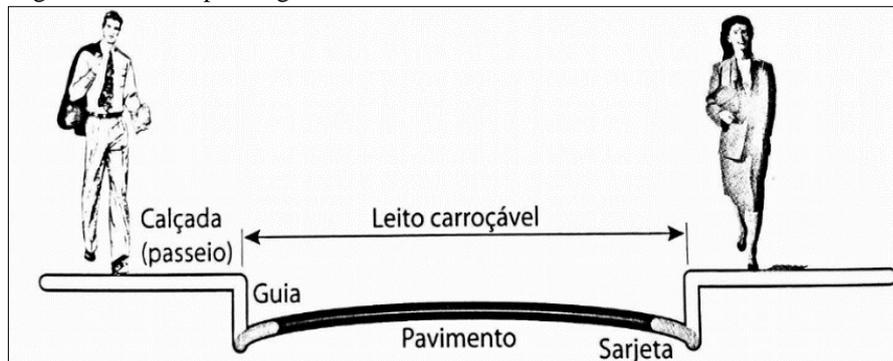
As vias contidas na bacia foram separadas em trecho para se determinar a vazão de chuva para cada lado de cada trecho, para que se possa verificar a necessidade de instalação de bocas de lobo. Para determinação da vazão de cada lado de cada trecho foi delimitado as áreas de contribuição de cada um do mesmo e utilizado a equação 1. Como são muitos trechos, foi feita uma tabela no Excel para se agilizar o dimensionamento.

A seguir constam as características e métodos de dimensionamento dos dispositivos hidráulicos que constituem o sistema de microdrenagem.

#### 4.1.3.1 Guia

De acordo com Teixeira (2014, p. 19) a guia delimita a calçada do leito viário no eixo longitudinal, são feitos de granito ou concreto simples. As guias são conhecidas também como “meio fio”. A guia pode ser observada na Figura 18.

Figura 18 – Exemplo de guia



Fonte: (BOTELHO, 2011, p.30).

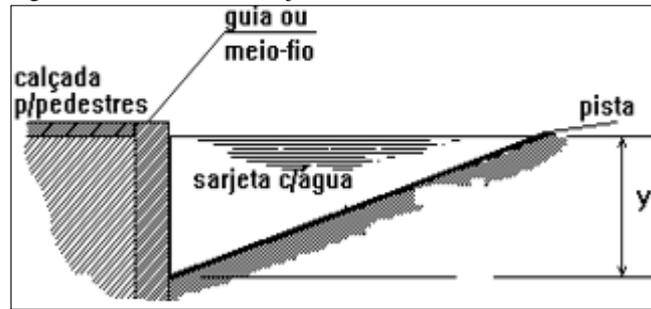
Segundo DNIT (2006, p. 2) meio-fio são limitadores físicos que possuem a função de impedir o fluxo de água, encaminhando os para os pontos predeterminados.

A guia que constitui o sistema de microdrenagem em estudo possui altura de 15 cm, dimensão esta que pôde ser obtida através de medição in loco.

#### 4.1.3.2 Sarjetas

Conforme Teixeira (2014, p. 19) a sarjeta situa-se entre a guia e a pista de rolamento, no sentido longitudinal da pista, sua forma é geralmente triangular e tem finalidade de captar e direcionar as águas provindas do escoamento superficial aos pontos de coleta. Conforme observadas na Figura 19.

Figura 19– Modelo de Sarjeta



Fonte: (MEDEIROS FILHO, 2009).

De acordo com as Instruções técnicas do Rio de Janeiro (2010, p. 21) para o dimensionamento das sarjetas utiliza-se a equação 06 a seguir de Manning modificada por Izzard.

$$Q = 0,375 \times \left(\frac{Z}{\eta}\right) \times i^{\frac{1}{2}} \times Y^{\frac{8}{3}} \quad (6)$$

Onde:

Q = descarga teórica, em m<sup>3</sup>/s;

Z = inverso da declividade transversal, em m/m;

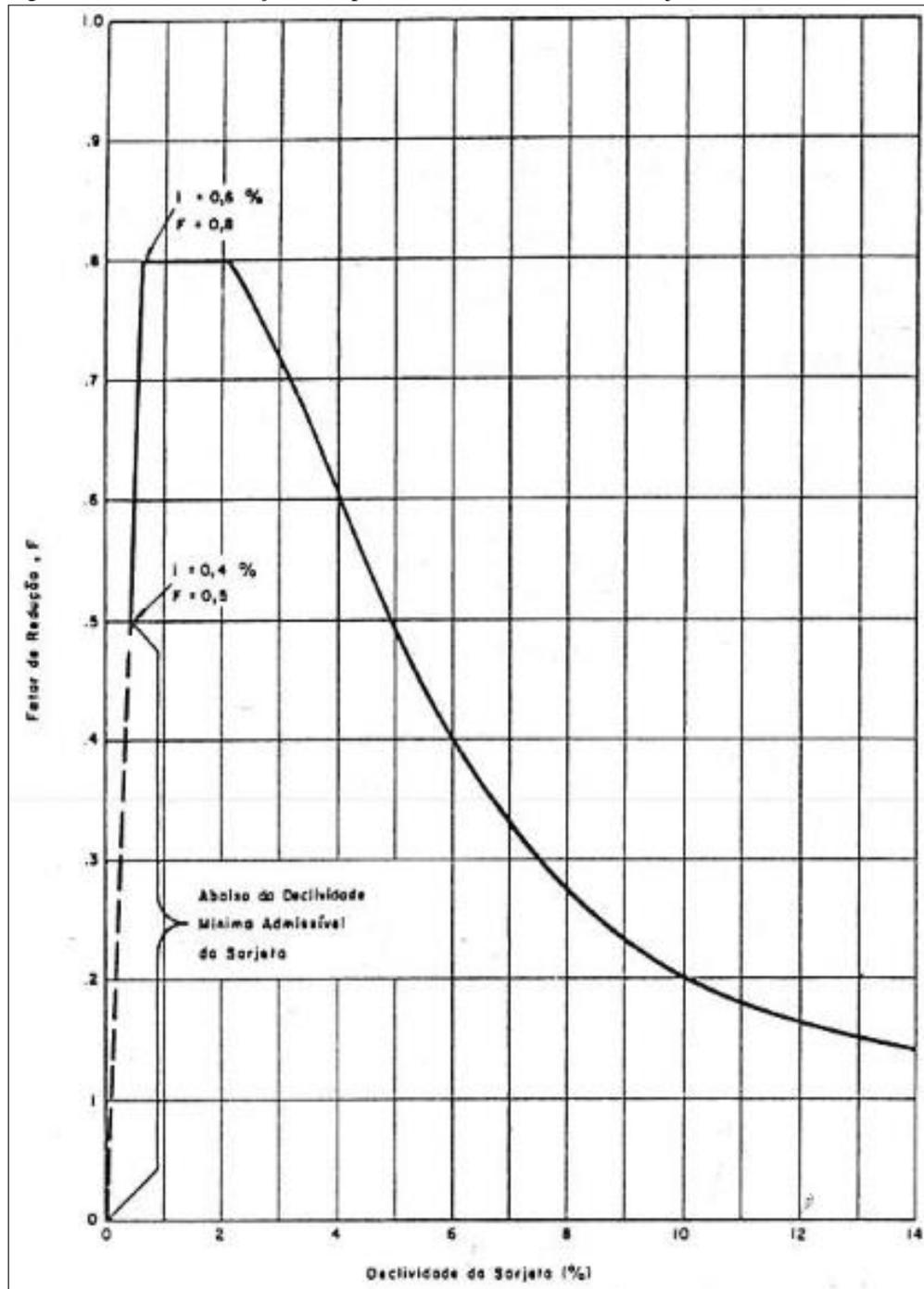
S = declividade longitudinal, em m/m;

Y = lâmina d'água, em m;

$\eta$  = coeficiente de rugosidade. (Para pavimentação asfáltica, utiliza-se 0,016)

De acordo com DAEE/CETESB (1980, p. 266) para a descarga admissível na sarjeta deve se multiplicar a capacidade de escoamento teórica calculada por um fator de redução que leva em consideração a possibilidade de obstrução por sedimentos em sarjetas de pequena declividade. A Figura 20 fornece os fatores de redução para determinadas declividades da via.

Figura 20 – Fator de redução da capacidade de escoamento das sarjetas



Fonte: (DAEE/CETESB, 1980 P. 270).

Segundo Medeiros Filho (2009) para projetos de ruas e avenidas a velocidade máxima para sarjetas é de 3 m/s e a mínima é de 0,75 m/s.

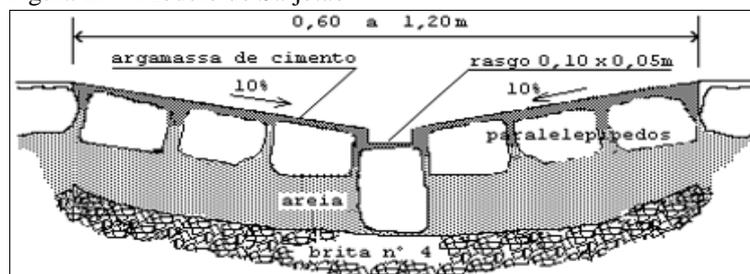
Para se determinar a vazão de escoamento superficial das sarjetas foi utilizado a forma de escoamento pela calha da rua através da equação 6 levando em consideração os fatores de redução conforme mencionado acima. Os dados das sarjetas necessários para essa

determinação foram obtidos in loco conforme pode ser visto na Figura 03, a declividade transversal da via também medida in loco é de 1%.

#### 4.1.3.3 Sarjetões

Segundo Teixeira (2014, p. 20) sarjetões tem como finalidade direcionar os efluentes para os pontos de coleta e/ou ligar sarjetas, situa-se nos encontro de leitos viário de vias públicas transversalmente à rua de menor fluxo ou nos pontos mais baixos, conforme Figura 21.

Figura 21 – Modelo de Sarjetão



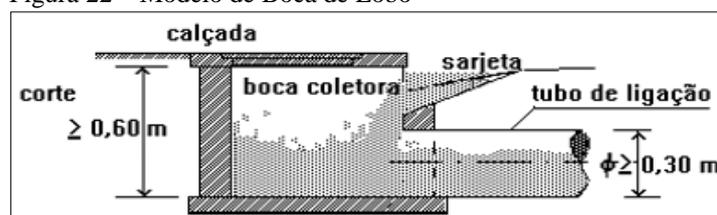
Fonte: (MEDEIROS FILHO, 2009).

Como na bacia contribuinte do sistema de microdrenagem em estudo há inexistência de sarjetões para o correto direcionamento do fluxo da água, faz-se necessário a implantação do mesmo de forma a garantir um correto funcionamento do sistema.

#### 4.1.3.4 Boca de lobo

Segundo Teixeira (2014, p. 21) as bocas coletoras são componentes hidráulicos que tem como função coletar as águas escoadas pela sarjetas e sarjetões, também chamados de “boca de lobo”, são instalados geralmente sob as calçadas ou sob as sarjetas, conforme Figura 22.

Figura 22 – Modelo de Boca de Lobo



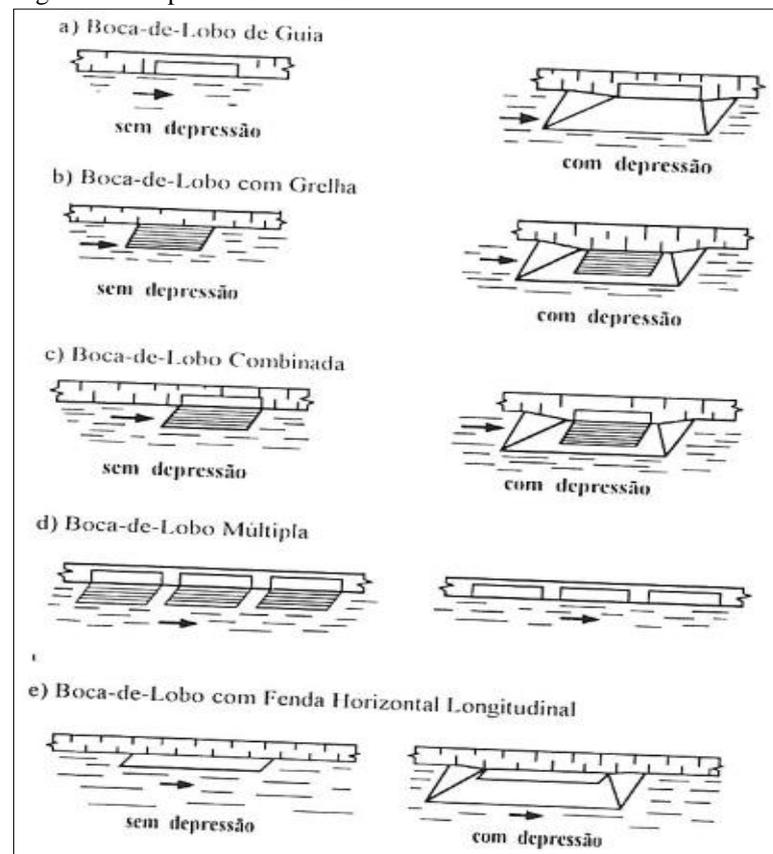
Fonte: (MEDEIROS FILHO, 2009).

Conforme Bidoni e Tucci (1995, p. 93) as bocas de lobo devem captar a água proveniente das sarjetas. Elas podem ser de três tipos:

- De Guia;
- De Grelha;
- Combinada;

Ainda conforme Bidoni e Tucci (1995, p.93) as bocas de lobo, além de possuírem diversos tipos, elas ainda podem possuir depressões em relação ao nível da superfície, e podem variar quanto ao seu número, sendo simples ou múltiplas, conforme Figura 23.

Figura 23 – Tipos de Boca de Lobo



Fonte: (BIDONI e TUCCI, 1995, p. 94).

Segundo Bidoni e Tucci (1995, p.93) a boca de lobo pode ser considerada como um vertedor, quando a água é acumulada sobre a mesma. Gerando assim uma lâmina com a altura menor do que a abertura da guia. Com isso a capacidade de engolimento da boca de lobo simples será dada pela equação 07.

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

Onde:

Q = vazão de engolimento, em m<sup>3</sup>/s;

L = Comprimento da soleira, em m;

y = Altura de água próxima à abertura na guia, em m.

Segundo Bidoni e Tucci (1995, p.98) devido a alguns fatores como irregularidades nos pavimentos das ruas junto as sarjetas, obstrução causada por detritos e alinhamento real, a capacidade de escoamento real calculada deve ser reduzida através de alguns fatores, com a finalidade de aproximar o valor teórico das limitações existentes. A Tabela 04 fornece alguns fatores de redução para os tipos de bocas de lobo.

Tabela 04 – Fator de redução de escoamento para bocas de lobo

Localização na sarjeta	Tipo de Boca de Lobo	% permitida sobre o valor teórico
Ponto Baixo	De guia	80
	Com grelha	50
	Combinada	65
Ponto Intermediário	de Guia	80
	grelha longitudinal	60
	grelha transversal ou longitudinal	60
	com barras transversais combinadas	110% dos valores indicados para a grelha correspondente

Fonte: DAEE/CETESB, 1980 p. 291 (adaptada pelo autor).

A verificação das quantidades e locações de bocas de lobo no sistema foi feita em relação as dimensões das bocas de lobos existente no sistema, levando em consideração os fatores de redução mencionados acima. As dimensões das bocas de lobo existentes foram obtidas in loco.

Para verificação da necessidade de boca de lobo nos trechos considerando escoamento pela sarjeta, fez-se a comparação da vazão no trecho com a vazão de escoamento da sarjeta. Caso a vazão do trecho seja maior que vazão de escoamento da sarjeta define-se que há a necessidade de instalação de boca de lobo para esse trecho e para verificação da quantidade de bocas de lobo em cada trecho, utilizou-se da equação 08.

$$N^{\circ}_{boca\ de\ lobo} = \frac{Q_{trecho} - Q_{sarjeta}}{Q_{engolimento\ real}} \quad (8)$$

Para maior praticidade no dimensionamento utilizou-se de uma planilha feita no Excel.

Além da verificação das vazões, para determinação da necessidade de instalação de bocas de lobo também é necessário que seja feito a verificação das velocidades máxima e mínima conforme recomenda por Medeiros Filho no item 4.1.3.2. Para essa verificação foi utilizado a equação 09 de Manning para determinação da velocidade. Essa equação também foi utilizada na tabela criada para verificação em cada trecho.

$$V = \frac{R_h^{\frac{2}{3}} \times i^{\frac{1}{2}}}{n} \quad (9)$$

Onde:

V = Velocidade de escoamento, em m/s;

n = coeficiente de rugosidade, (usualmente utiliza-se n = 0,013 para canais de concreto);

i = declividade média, em m/m;

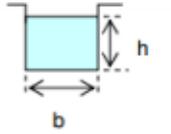
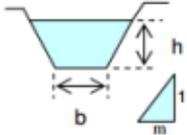
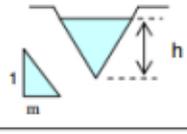
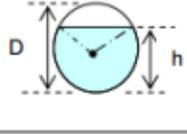
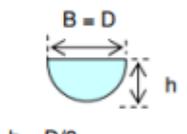
Rh = Raio Hidráulico (m).

#### 4.1.3.5 Galerias

Conforme Teixeira (2014, p. 21) são considerados galerias as tubulações construídas com diâmetro mínimo de 400 mm, tem como finalidade transportar as águas coletadas pelas bocas coletoras até o seu ponto de lançamento.

De acordo com Bidoni e Tucci (1995, p. 99) para se dimensionar uma galeria, deve-se escolher qual o tipo de geometria será adotado. Pode ser observado na Figura 24, as geometrias para cada seção de galeria e suas equações de dimensionamento.

Figura 24 – Geometria e Equações para galerias

Forma da seção	Área (A) (m <sup>2</sup> )	Perímetro molhado (P) (m)	Raio hidráulico (R) (m)	Largura do Topo (B) (m)
	$b.h$	$b + 2.h$	$\left(\frac{A}{P}\right) = \frac{b.h}{b + 2.h}$	$b$
	$(b + m.h).h$	$b + 2.h.\sqrt{1 + m^2}$	$\frac{A}{P}$	$b + 2.m.h$
	$m.h^2$	$2.h.\sqrt{1 + m^2}$	$\frac{A}{P}$	$2.m.h$
	$\frac{1}{8}(\theta - \text{sen } \theta).D^2$ $\theta = \text{RAD}$	$\frac{\theta.D}{2}$	$\frac{1}{4}\left(1 - \frac{\text{sen } \theta}{\theta}\right).D$	$\left(\frac{\text{sen } \theta}{2}\right).D$
	$\frac{\pi.D^2}{8}$	$\frac{\pi.D}{2}$	$\frac{D}{4} = \frac{h}{2}$	$D = 2.h$

**Obs.:**  $\theta = 2.\arccos\left(1 - 2.h/D\right)$ , onde  $\theta$  deve ser calculado em **radianos**.

Fonte: (PEREIRA MELO, 2014 apud TEIXEIRA, 2014, p.41).

Conforme Bidoni e Tucci (1995, p.92) através da equação 10 de Manning pode-se obter o dimensionamento hidráulico.

$$Q = \frac{A \cdot R_h^{\frac{2}{3}} \cdot S^{\frac{1}{2}}}{n} \quad (10)$$

Onde:

A = área de drenagem (m<sup>2</sup>);

R<sub>h</sub> = raio hidráulico (m);

S = declividade do fundo (m/m);

n = coeficiente de rugosidade.

Na Tabela 05 pode ser observado alguns coeficientes de rugosidade de Manning.

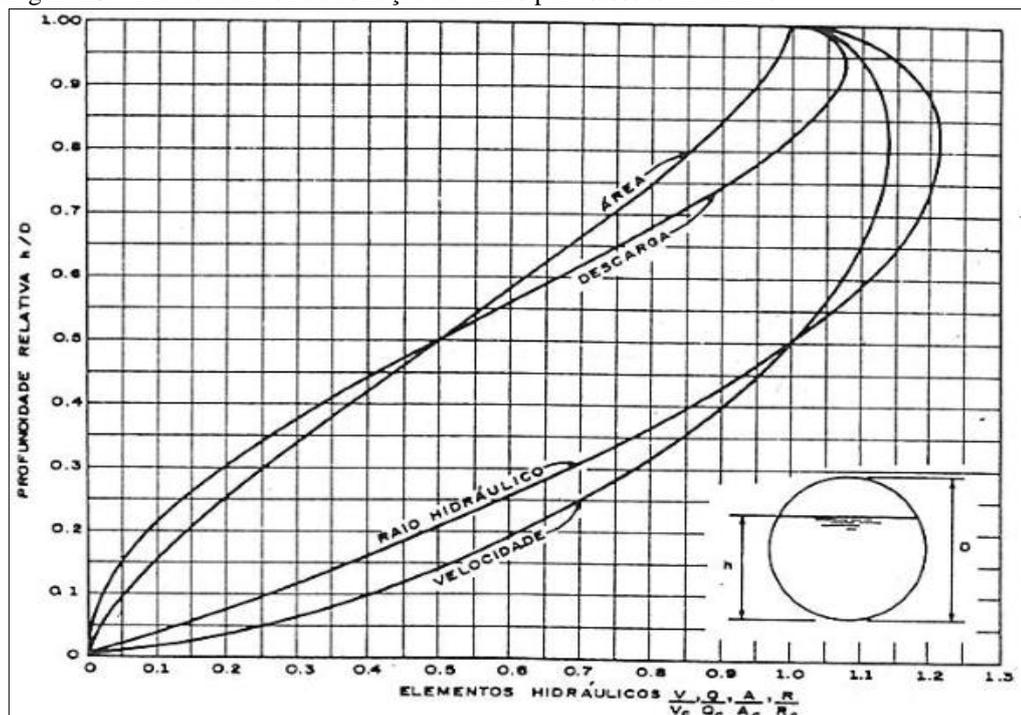
Tabela 05 – Valores de coeficiente de rugosidade de Manning

Características	n
Canais retilíneos com grama de até 15 cm de altura	0,30 - 0,40
Canais retilíneos com capina de até 30 cm de altura	0,30 - 0,060
Galeria de concreto	
pré-moldado com bom acabamento	0,011 - 0,014
moldado no local com formas de 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 de asfalto	0,014
concreto rugoso com pavimento de asfalto	0,015
pavimento de concreto	0,014 - 0,016
Pedras	0,016

Fonte: BIDONI e TUCCI, 1995, p. 92 (adaptada pelo autor).

Ainda conforme Bidoni e Tucci (1995, p. 180) para sessões circulares que possuem  $y/d$  diferente de 0,5 e 1 utiliza-se um fator de correção de vazão, que pode ser determinado no ábaco da Figura 25.

Figura 25 – Ábaco de fator de correção de vazão para sessões circulares



Fonte: (DAEE/CETESB, 1980 p.181).

De acordo com Botelho (2011, p.77) a velocidade mínima para a vazão de projeto deverá ser de 0,7 m/s, e a velocidade máxima de 5m/s. Para cada diâmetro, deve-se verificar qual a sua declividade mínima, conforme Tabela 06.

Tabela 06 – Declividade mínima para cada diâmetro

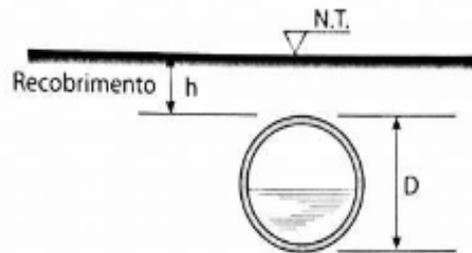
$\varnothing$ (mm)	Declividade mínima (m/m)
300	0,003
350	0,0023
400	0,0019
500	0,0014
600	0,0011
700	0,0009
800	0,0007
900	0,0006
1.000	0,0005
1.200	0,0004

Fonte: BOTELHO, 2011, p. 77 (adaptada pelo autor).

Para Botelho (2011, p.77) o recobrimento mínimo poderá ser de acordo com a Tabela 07.

Tabela 07 – Recobrimento Mínimo para cada diâmetro de tubo

Tubos	Recobrimento mínimo (h) (m)
Concreto simples	0,6
Concreto armado	
$\varnothing$ 700 mm	0,7
$\varnothing$ 800 mm	1
$\varnothing$ 1.000 mm	1
$\varnothing$ 1.200 mm	1,2
$\varnothing$ 1.500 mm	1,5



Fonte: BOTELHO, 2011, p. 77 (adaptada pelo autor).

Através do projeto de drenagem pluvial disponibilizado pela prefeitura local (Anexo A), pode-se obter os diâmetros das galerias instaladas no local em estudo. Com isso foi realizado o redimensionamento do diâmetro das galerias no intuito de verificar a sua eficiência. A equação utilizada para o redimensionamento foi a equação 10 de Manning, os dados necessários foram obtidos conforme indica a literatura citada anteriormente.

#### 4.1.3.6 Tubulação secundária

Ainda conforme Botelho (2011, p. 76) devido aos detritos direcionados as bocas de lobos, são utilizados tubos com diâmetro de 400 mm. Como pode-se haver a possibilidade de utilizar bocas de lobos múltiplas geralmente nesses casos utiliza-se tubos de ligação com diâmetro de 400mm e as vezes até de 600 mm. Na Tabela 08 podem-se observar algumas escolhas para diâmetro de tubos de ligação:

Tabela 08 – Tabela de escolha de diâmetro de tubo de ligação

Números de bocas de lobo a esgotar	Ø ligação
1	300 mm
2	400 mm
3	600 mm

Fonte: BOTELHO, 2011, p. 76 (adaptada pelo autor).

Segundo Teixeira (2014, p. 22) condutos de ligação tem a finalidade de transportar as águas coletadas dos pontos de captação até as galerias pluviais.

Conforme obtido através de verificação local, o diâmetro da tubulação secundaria é 400mm. Com o intuito de analisar o correto funcionamento, foi realizado o dimensionamento do diâmetro para a vazão de engolimento das bocas de lobo mencionadas anteriormente através da equação 10 de Manning. Adotou-se para efeito de projeto um  $R_h = D/4$  (seção plena) e  $y/d = 0,9$ .

#### 4.1.3.7 Poços de visitas

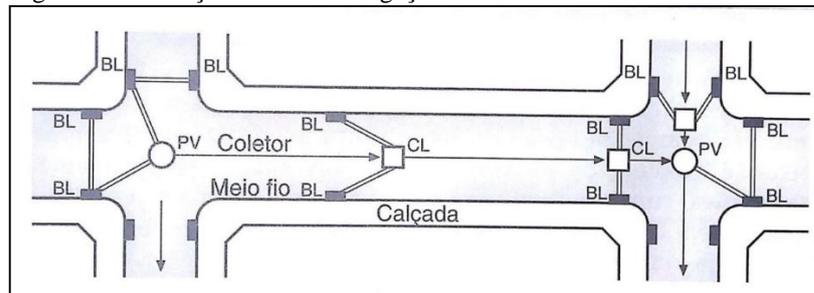
De acordo com Botelho (2011, p. 47) os poços de visita (P.V) tem como função permitir a limpeza, inspeção e desobstrução de galerias através de equipamentos mecânicos ou operários que entram nessas instalações. Esses poços de vistas são instalados geralmente:

- Quando ocorre o aumento do diâmetro de um dos da galeria;
- Em cruzamento de ruas;
- Quando há mudança de direção da galeria;
- A montante de rede (quando nasce a rede);
- Em trechos muito longos de galeria sem inspeção.

#### 4.1.3.8 Caixas de passagem

De acordo com Bidone e Tucci (1995, p. 85) caixa de passagem (CP) ou caixa de ligação (CL) é utilizada quando há a necessidade de se fazer bocas de lobo intermediárias ou para evitar a chegada de quatro ou mais tubos em um mesmo poço de visita. Sua função é parecida com a do poço de visita com a diferença de que a caixa de passagem não é visitável. Na Figura 26 é apresentado um exemplo de locação de caixa de passagem.

Figura 26 – Locação de caixa de ligação



Fonte: (AZEVEDO NETTO, 1998, p. 548).

## 4.2 Memorial e Planilhas de cálculo

### 4.2.1 Cálculo hidrológico do local em estudo

#### 4.2.1.1 Cálculo da vazão pluvial

A seguir podem ser observados os procedimentos realizados para se determinar a vazão pluvial para o local em estudo.

Coefficientes e áreas:

Área 01 (área edificada) = 53.583,88 m<sup>2</sup>

C 01 (área edificada) = 0,5

Área 02 (área verde) = 3.613,15 m<sup>2</sup>

C 02 (área verde) = 0,2

Área 03 (área pavimentada) = 19875,74 m<sup>2</sup>

C 03 (área pavimentada) = 0,9

$$C_{\text{médio}} = \frac{(53583,88.0,5) + (3613,15.0,2) + (19875,74.0,9)}{77072,77}$$

$$C_{\text{médio}} = 0,59$$

Valores para determinação do tempo de concentração ( $t_c$ ):

$t_a = 10$  minutos;

$L = 531,48$  m;

$I_m = 13,00$  %

$p = 4,69$  %

$$t_s = \frac{16 \cdot \left(\frac{531,48}{1000}\right)}{(1,05 - 0,2 \cdot 0,0469) \cdot (100 \cdot 0,13)^{0,04}}$$

$$t_s = 7,38 \text{ minutos}$$

$$t_c = 7,38 + 10$$

$$t_c = 17,38 \text{ minutos}$$

Valores obtidos pelo Plúvio para cálculo da intensidade pluviométrica do município de Varginha/MG:

$K = 5987,104$

$a = 0,218$

$b = 32,694$

$c = 1,087$

$Tr = 2$  anos

$t_c = 17,38$  minutos

$$I_m = \frac{5987,104 \cdot 2^{0,218}}{(17,38 + 32,694)^{1,087}}$$

$$I_m = 98,95 \text{ mm/h}$$

$$I_m = \frac{98,95}{3600}$$

$$I_m = 2,75 \cdot 10^{-5} \text{ m/s}$$

A área da bacia é de contribuição = 77072,77 m<sup>2</sup>.

Com esses dados foi possível calcular a vazão da bacia em estudo através da equação 01 como pode ser visto abaixo.

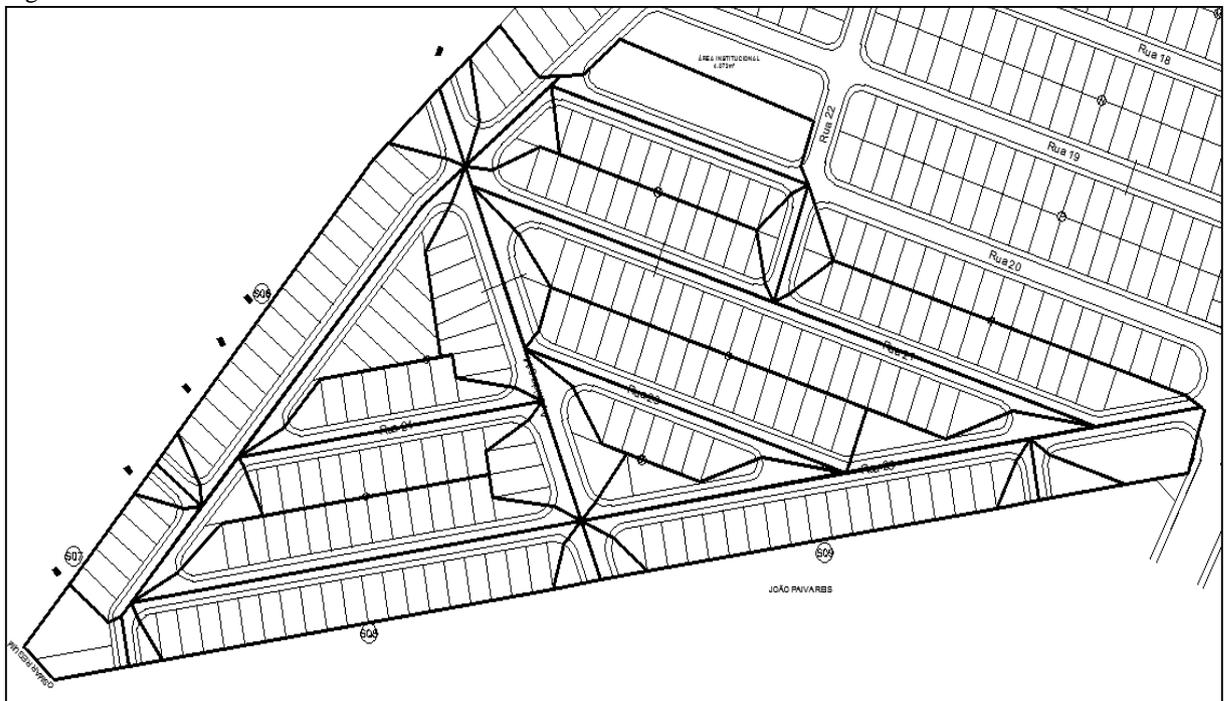
$$Q = 0,59 \times (2,75 \times 10^{-5}) \times 77072,77$$

$$Q = 1,25 \text{ m}^3/\text{s}$$

#### 4.2.2 Cálculo hidráulico do local em estudo

A bacia em estudo foi sub dividida em diversas bacias, sub bacias e trechos para que se possa determinar a necessidade de instalação de bocas de lobo para cada lado de cada trecho. A sub divisão das bacias pode ser observado na Figura 27.

Figura 27 – Subdivisão da bacia em estudo



Fonte: o autor, 2016.

A divisão dos trechos e caracterização das bacias e sub bacias pode ser visto no Apêndice A. Através das delimitações e área de cada sub bacia pôde-se calcular a vazão para cada lado de cada trecho. A seguir pode ser visto o cálculo da vazão referente a margem esquerda do trecho 1-2 como representativo dos cálculos realizados para os demais trechos.

Trecho 1-2 (Margem esquerda);

Bacia contribuinte: SQ7

Sub bacia: 3

Área da sub bacia 3: 1204,55m<sup>2</sup>

$$Q_{1-2} = \left( \frac{0,59 \times 98,95 \times 1204,55}{\frac{1000}{3600}} \right)$$
$$Q_{1-2} = 0,0195 \text{ m}^3/\text{s}$$

O mesmo cálculo foi realizado para cada trecho com o auxílio de uma planilha no Excel, a mesma pode ser visto na Tabela 09.

Tabela 09 – Determinação da vazão para cada trecho da bacia

Trecho	C	I	Margem esquerda			Margem direita		
			Bacia/sub bacia	Área (m <sup>2</sup> )	Q (m <sup>3</sup> /s)	Bacia/sub bacia	Área (m <sup>2</sup> )	Q (m <sup>3</sup> /s)
1-2			SQ7 3	1204,55	0,0195	SQ8 2	266,84	0,0043
2-3			SQ7 3+SQ7 1	2800,92	0,0454			0
2-4					0	U4	842,04	0,0136
19-3			SQ6 3	277,46	0,0045	SQ7 2	274,93	0,0045
3-5			SQ6 (1,3)+SQ7 (2,1,3)	8633,69	0,1398			0
4-5					0	T1	2823,23	0,0457
20-5			SQ5 2	449,61	0,0073	SQ6 2	529,07	0,0086
5-6			SQ5 (1,2)	1572,37	0,0255	H4	665,28	0,0108
6-12			SQ5 (1,2)+ A.I 1	4659,28	0,0754	H4+H1	3691,86	0,0598
12-13			H2+H1+H4+A.II+SQ5 (1,2)	8870,66	0,1436	Q2	585,24	0,0095
7-13			H3	3536,07	0,0573			0
13-17			Q(1,2)+ H(1,2,3,4)+A.I 1+SQ5(1,2)	17676,01	0,2862			0
7-17					0,0000	R1	6899,79	0,1117
7-8			R4	892,11	0,0144			0,0000
5-9	0,59	98,95			0	T(1,2)	5523,65	0,0894
8-14			R(3,4)	5496,47	0,0890	S1	2346,78	0,0380
4-9			T3	2549,32	0,0413	U(1,4)	4133,03	0,0669
9-10					0	U(2,1,4)+T(1,2,3)	13398,89	0,2169
2-10			U3	4386,2	0,0710	SQ8 (1,2)	5644,67	0,0914
11-10			SQ8 3	356,6	0,0058	SQ9 2	354,37	0,0057
10-15					0	SQ9 (1,2)+SQ8 (1,2,3)	11424,09	0,1850
10-14			S(2,3)+U(1,2,3,4)+T(1,2,3)	20358,4	0,3296			0
14-17			R(2,3,4)+S(1,2,3)+T(1,2,3)+U(1,2,3,4)	29516	0,4779			0
16-15			SQ9 3	297,49	0,0048	A.I2 2	495,06	0,0080
15-18					0	A.I2(1,2)+SQ9(1,2,3)+ SQ8(1,2,3)	13804,01	0,2235
17-18			Q(1,2)+H(1,2,3,4)+A.II+SQ5(1,2)+ R(1,2,3,4)+S(1,2,3)+T(1,2,3)+ U(1,2,3,4)+SQ6(1,2,3)+ SQ7(1,2,3)	63254,56	1,0242			0

Fonte: o autor, 2016

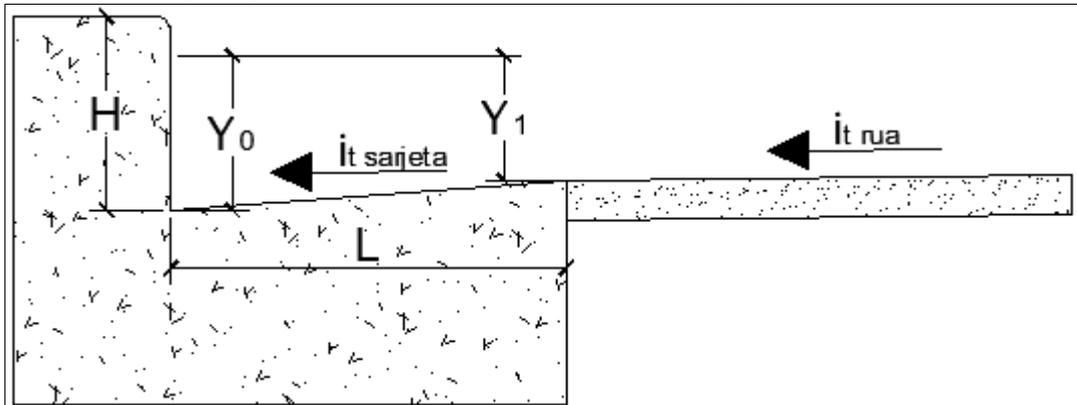
#### 4.2.2.1 Dimensionamento da capacidade de escoamento das sarjetas

A capacidade de escoamento das sarjetas varia de acordo com declividade longitudinal da via, sendo assim para praticidade no dimensionamento foi utilizado a equação 06 em função da declividade longitudinal e utilizado na planilha criada para determinação das vazões nos trechos, para se determinar a capacidade de escoamento das sarjetas de cada trecho.

O fator de rugosidade ( $n$ ) adotado foi de 0,016 (pavimento asfáltico).

A Figura 28 representa as incógnitas necessárias para dimensionamento da vazão de escoamento das sarjetas.

Figura 28 – Incógnitas para dimensionamento do escoamento das sarjetas



Fonte: o autor, 2016.

Sendo assim:

$$Y_0 = 0,8 \times 0,15$$

$$Y_0 = 0,12m = 12cm$$

$$Y_1 = ((0,078 \times 0,3) - 0,12) \times -1$$

$$Y_1 = 0,0966m = 9,66cm$$

$$Q_{sarjeta} = 0,375 \times \left\{ \left( \frac{1}{\frac{0,078}{0,016}} \times 0,12^{\frac{8}{3}} \right) - \left( \frac{1}{\frac{0,078}{0,016}} \times 0,0966^{\frac{8}{3}} \right) + \left( \frac{1}{\frac{0,01}{0,016}} \times 0,0966^{\frac{8}{3}} \right) \right\} \times i^{0,5}$$

$$Q_{sarjeta} = 5,067 \times i^{0,5} \text{ m}^3/s$$

Foi necessário acrescentar também na planilha a declividade longitudinal de cada trecho, essa declividade pôde ser obtida através das curvas de níveis contidas no desenho do loteamento disponibilizado pela prefeitura local. A seguir pode ser visto a determinação realizada para o trecho 1-2 como demonstrativo de como foi realizado os cálculos para os demais trechos na planilha.

Cota no ponto 1 = 978,9 m

Cota no ponto 2 = 977,8 m

Comprimento de trecho 1-2 = 27,08m

$$Q_{teórico\ sarjeta} = 5,067xi^{0,5}$$

$$i_{long.1-2} = \frac{978,9 - 977,8}{27,08}$$

$$i_{long.1-2} = 0,041\ m/m$$

$$Q_{teórico\ sarjeta} = 5,067xi0,041^{0,5}$$

$$Q_{teórico\ sarjeta} = 1,021\ m^3/s$$

Após determinado a vazão de escoamento das sarjetas pela equação, a mesma deve ser multiplicada pelo fator de redução conforme sugere DAEE/CETESB (1980, p. 266) no item 4.1.3.2 deste trabalho.

Fator de redução para  $i = 4,1\%$  conforme verificado na Figura 20: 0,59

$$Q_{real\ sarjeta} = 1,023x0,59$$

$$Q_{real\ sarjeta} = 0,6\ m^3/s$$

4.2.2.2 Verificação da necessidade de boca de lobo considerando escoamento pela sarjeta.

Para verificação da necessidade de boca de lobo nos trechos, considerando o escoamento pela sarjeta, fez-se a comparação da vazão no trecho com a vazão de escoamento da sarjeta. Caso a vazão do trecho seja maior que vazão de escoamento da sarjeta define-se que há a necessidade de instalação de boca de lobo para esse trecho.

Através da Tabela 10 foi feito o comparativo das vazões e determinado em quais trechos há a necessidade de instalação de boca de lobo.

Tabela 10 – Verificação de necessidade de boca de lobo em cada trecho

Trecho	Declividade		Q sarjeta				Necessidade de boca de lobo	
	Comprimento (m)	H cota (m)	i long.(m/m)	Qt sarjeta(m <sup>3</sup> /s)	F redução	Qr sarjeta (m <sup>3</sup> /s)	Margem esquerda	Margem direita
1-2	27,08	1,1	0,041	1,02	0,59	0,60	Desnecessário	Desnecessário
2-3	52,89	4,85	0,092	1,53	0,23	0,35	Desnecessário	Desnecessário
2-4	80,55	8,8	0,109	1,67	0,17	0,28	Desnecessário	Desnecessário
19-3	28,73	1	0,035	0,95	0,66	0,62	Desnecessário	Desnecessário
3-5	192,17	19,5	0,101	1,61	0,195	0,31	Desnecessário	Desnecessário
4-5	164,70	15,5	0,094	1,55	0,22	0,34	Desnecessário	Desnecessário
20-5	35,27	1,4	0,040	1,01	0,6	0,61	Desnecessário	Desnecessário
5-6	53,64	1	0,019	0,69	0,8	0,55	Desnecessário	Desnecessário
6-12	130,83	12	0,092	1,53	0,23	0,35	Desnecessário	Desnecessário
12-13	53,00	1,7	0,032	0,91	0,69	0,63	Desnecessário	Desnecessário
7-13	152,81	14,4	0,094	1,56	0,22	0,34	Desnecessário	Desnecessário
13-17	163,84	22,2	0,135	1,87	0,15	0,28	Necessário	Desnecessário
7-17	316,66	36,6	0,116	1,72	0,165	0,28	Desnecessário	Desnecessário
7-8	73,70	3,3	0,045	1,07	0,55	0,59	Desnecessário	Desnecessário
5-9	106,74	3,9	0,037	0,97	0,64	0,62	Desnecessário	Desnecessário
8-14	162,73	16,95	0,104	1,64	0,18	0,29	Desnecessário	Desnecessário
4-9	147,74	19,4	0,131	1,84	0,15	0,28	Desnecessário	Desnecessário
9-10	54,00	0,9	0,017	0,65	0,8	0,52	Desnecessário	Desnecessário
2-10	218,76	27,3	0,125	1,79	0,17	0,30	Desnecessário	Desnecessário
11-10	27,00	1	0,037	0,98	0,64	0,62	Desnecessário	Desnecessário
10-15	218,45	29,75	0,129	1,87	0,145	0,27	Desnecessário	Desnecessário
10-14	128,70	17,55	0,129	1,87	0,145	0,27	Necessário	Desnecessário
14-17	121,74	16,35	0,101	1,86	0,15	0,28	Necessário	Desnecessário
16-15	26,50	0,75	0,028	0,85	0,74	0,63	Desnecessário	Desnecessário
15-18	84,73	10,75	0,10	1,80	0,155	0,28	Desnecessário	Desnecessário
17-18	52,70	6,6	0,125	1,79	0,8	1,43	Desnecessário	Desnecessário

Fonte: o autor, 2016

Além da verificação das vazões, para determinação da necessidade de instalação de bocas de lobo também é necessário que seja feita a verificação das velocidades máxima e mínima conforme recomenda Medeiros Filho (2009) no item 4.1.3.5. Para essa verificação foi utilizada a equação 10 de Manning para determinação da velocidade. Utilizou-se também a equação 11 para compor a equação de Manning. Essa equação também foi utilizada na tabela criada para verificação em cada trecho. O cálculos feitos para o trecho 1-2 pode ser visto a seguir, de forma a representar como calculado para os demais trecho na planilha.

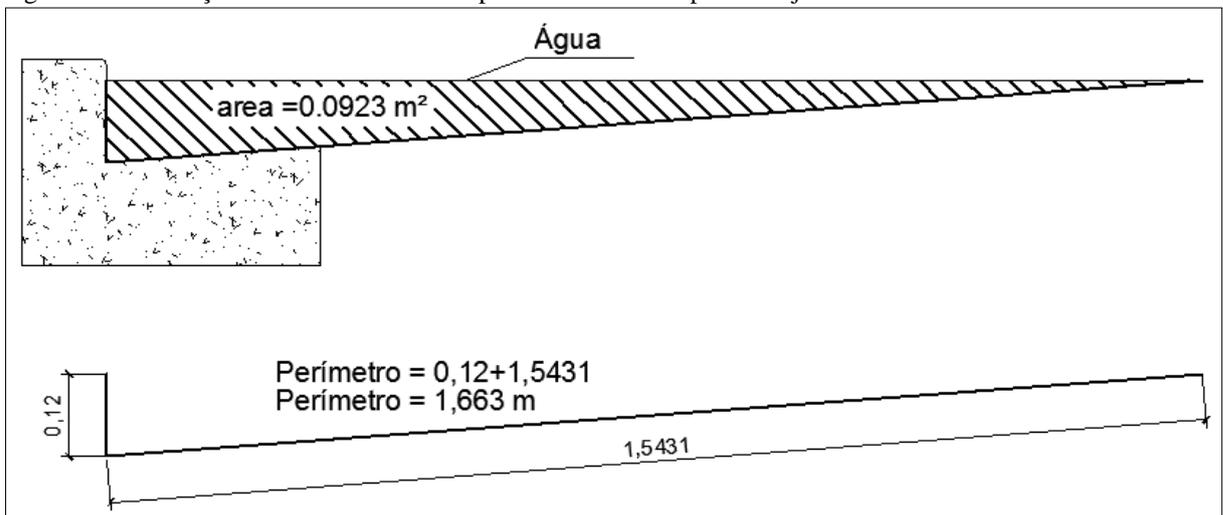
$$Rh = \frac{A_{molhada}}{P_{molhado}} \quad (11)$$

S = declividade longitudinal do trecho (i 1-2 = 0,041)

n = coeficiente de rugosidade (pavimento asfáltico = 0,016)

A determinação da área molhada e do perímetro molhado foi obtido pelo programa AutoCad como pode ser observado pela Figura 29.

Figura 29 – Ilustração da área molhada e do perímetro molhado para a sarjeta existente



Fonte: o autor, 2016.

Sendo assim:

$$V_{1-2} = \frac{\left(\frac{0,0923}{1,663}\right)^{\frac{2}{3}} \cdot 0,041^{\frac{1}{2}}}{0,016}$$

$$V_{1-2} = 1,833 \text{ m/s}$$

A verificação realizada para os demais trechos pode ser observada na Tabela 11.

Tabela 11 – Verificação da velocidade de escoamento para cada trecho

Trecho	i long.(m/m)	V (m/s)	Trecho	i long.(m/m)	V (m/s)
1-2	0,041	1,83	7-8	0,045	1,92
2-3	0,092	2,75	5-9	0,037	1,74
2-4	0,109	3,01	8-14	0,104	2,93
19-3	0,035	1,70	4-9	0,131	3,30
3-5	0,101	2,90	9-10	0,017	1,17
4-5	0,094	2,79	2-10	0,125	3,21
20-5	0,040	1,81	11-10	0,037	1,75
5-6	0,019	1,24	10-15	0,136	3,36
6-12	0,092	2,75	10-14	0,136	3,36
12-13	0,032	1,63	14-17	0,134	3,33
7-13	0,094	2,79	16-15	0,028	1,53
13-17	0,135	3,35	15-18	0,127	3,24
7-17	0,116	3,09	17-18	0,125	3,22

Fonte: o autor, 2016.

Para os trechos que excedem a velocidade de 3m/s conforme recomendado, são necessárias a instalação de bocas de lobos de forma a diminuir essa velocidade.

#### 4.2.2.3 Dimensionamento da capacidade de engolimento das bocas de lobo

Conforme verificado em visitas in loco, as dimensões das bocas de lobos existentes citadas no item 3.3.2 são padrão para todas, dimensões essas que foram utilizadas para o referente dimensionamento. Foi utilizada a equação 07.

Onde:

$$L = 0,75\text{m};$$

$$y = 0,22\text{m}$$

Sendo assim obtém-se:

$$Q_{\text{engolimento}} = 1,7 \times 0,75 \times 0,22^{\frac{3}{2}}$$

$$Q_{\text{engolimento}} = 0,131\text{m}^3/\text{s},$$

Após a determinação da vazão de engolimento, a mesma deve ser multiplicada pelo fator de redução conforme indica Bidoni e Tucci no item 4.1.3.4 deste trabalho. Com isso obtém-se:

$$Q_{engolimento\ real} = 0,131 \times 0,8$$

$$Q_{engolimento\ real} = 0,105 m^3/s$$

#### 4.2.2.4 Verificação de bocas de lobo considerando escoamento pelas sarjetas

Conforme análise feita no item 4.2.2.2 considerando escoamento pela sarjeta pode-se verificar que houve a necessidade de 3 bocas de lobo para o sistema em análise, através das vazões de escoamento e vazão de engolimento foi possível dizer se a boca de lobo será do tipo simples com depressão (tipo existente no local) ou se será do tipo múltiplas com depressão. Para isso fez-se os seguintes cálculos:

$$N^{\circ}_{boca\ de\ lobo} = \frac{Q_{trecho} - Q_{sarjeta}}{Q_{engolimento\ real}}$$

Então para o trecho 13-17 margem esquerda tem-se:

$$N^{\circ}_{boca\ de\ lobo\ 13-17} = \frac{0,2862 - 0,28}{0,105}$$

$$N^{\circ}_{boca\ de\ lobo\ 13-17} = 0,059\ bocas\ de\ lobo$$

$$N^{\circ}_{boca\ de\ lobo\ 13-17} = 1\ boca\ de\ lobo$$

Trecho 10-14 margem esquerda:

$$N^{\circ}_{boca\ de\ lobo\ 13-17} = \frac{0,3296 - 0,27}{0,105}$$

$$N^{\circ}_{boca\ de\ lobo\ 13-17} = 0,567\ bocas\ de\ lobo$$

$$N^{\circ}_{boca\ de\ lobo\ 13-17} = 1\ boca\ de\ lobo$$

Trecho 14-17 margem esquerda:

$$N^{\circ}_{\text{boca de lobo } 13-17} = \frac{0,4779 - 0,28}{0,105}$$

$$N^{\circ}_{\text{boca de lobo } 13-17} = 1,88 \text{ bocas de lobo}$$

$$N^{\circ}_{\text{boca de lobo } 13-17} = 2 \text{ bocas de lobo}$$

Fica a critério do projetista definir se será utilizado boca de lobo dupla ou duas bocas de lobo no decorrer do trecho.

#### 4.2.2.5 Verificação de bocas de lobo desconsiderando escoamento pela sarjeta

Como a capacidade de engolimento das bocas de lobo é de 0,105 m<sup>3</sup>/s, para determinação da instalação de bocas de lobo foi feita a análise das vazões nos trechos de forma a acumular uma vazão pouco menor ou igual a capacidade de engolimento da boca de lobo dependendo do projeto. Fica a critério do projetista decidir se vai usar uma boca de lobo ou múltiplas. Como foi feito a planilha para determinação das vazões a cada trecho (tabela 09), a verificação foi feita para os trechos onde obteve-se uma vazão acima da capacidade de engolimento. Sendo assim se tem:

Trecho 3-5 margem esquerda;

$$Q_{3-5} = 0,1398$$

$$Q_{\text{entubar}} = Q_{\text{engolimento real}} = 0,105 \text{ m}^3/\text{s}$$

$$Q_{\text{excedente}} = 0,1398 - 0,105$$

$$Q_{\text{excedente}} = 0,0345 \text{ m}^3/\text{s}$$

Com isso tem-se que para o trecho 3-5 deve-se instalar uma boca de lobo e para o trecho seguinte (5-6 margem esquerda) segue a vazão excedente do trecho 3-5 que é de 0,0345m<sup>3</sup>/s, que será somada a vazão do mesmo.

Para os demais trechos foi realizada a mesma análise e determinado o número de bocas de lobo para cada trecho onde a vazão é igual ou maior que a vazão de engolimento. As locações das bocas de lobo variam de acordo a decisão do projetista. Como a rua em estudo

faz ligação perpendicular à avenida principal do bairro, a vazão excedente no último trecho (15-18 margem direita e 17-18 margem esquerda) deve ser igual a zero, de modo a evitar o escoamento de águas no leito carroçável da avenida de interligação. Na tabela 12 pode ser observado o número de bocas de lobo em determinados trechos caracterizado pelo autor e na Tabela 13 são as locações das bocas de lobos existentes no local.

Tabela 12 – Quantidade e locação de bocas de lobo determinado pelo autor

<b>Trecho/margem</b>	<b>N<sup>o</sup> BL</b>	<b>Tipo de BL</b>
3-5 /esquerda	1	Simples, com depressão, fim de trecho
13-17/esquerda	1	Simples, com depressão, intermediaria
13-17/esquerda	1	Simples, com depressão, fim de trecho
7-17/direita	1	Simples, com depressão, fim de trecho
9-10/direita	1	Simples, com depressão, intermediaria
9-10/direita	1	Simples, com depressão, fim de trecho
2-10/direita	1	Simples, com depressão, fim de trecho
10-15/direita	1	Simples, com depressão, fim de trecho
10-14/esquerda	1	Simples, com depressão, fim de trecho
14-17/esquerda	1	Simples, com depressão, fim de trecho
15-18/direita	1	Simples, com depressão, fim de trecho
17-18/esquerda	1	Simples, com depressão, intermediaria
17-18/esquerda	1	Simples, com depressão, fim de trecho

Fonte: o autor, 2016.

Tabela 13 – Quantidade e locações das bocas de lobo existentes

<b>Trecho/margem</b>	<b>N<sup>o</sup> BL</b>	<b>Tipo de BL</b>
2-10 /esquerda	1	Simples, com depressão, intermediaria
2-10 /direita	1	Simples, com depressão, intermediaria
2-10 /esquerda	1	Simples, com depressão, fim de trecho
2-10 /direita	1	Simples, com depressão, fim de trecho
9-10/esquerda	1	Simples, com depressão, fim de trecho
10-14/esquerda	1	Simples, com depressão, fim de trecho
10-15/direita	1	Simples, com depressão, fim de trecho
8-14/esquerda	1	Simples, com depressão, fim de trecho
8-14/direita	1	Simples, com depressão, fim de trecho
14-15/esquerda	1	Simples, com depressão, fim de trecho
17-18/esquerda	1	Simples, com depressão, intermediaria
17-18/direita	1	Simples, com depressão, intermediaria

Fonte: o autor, 2016.

De acordo com o método de escoamento pela sarjeta foram necessárias 3 bocas de lobos em trechos distintos, porém, como o trecho mais baixo da bacia (trecho 17-18) faz interligação com a avenida principal do bairro, torna necessário a instalação de mais bocas de lobo de forma a captar as vazões que chegam a esse trecho evitando que escoe para a avenida principal. Contudo, como a vazão que chega a este trecho é muito alta, haveria a necessidade de instalação de muitas bocas de lobo em um mesmo trecho, o que torna inviável, com isso seria necessário à instalação de bocas de lobo nos demais trechos, fazendo com que diminua a vazão no trecho mais baixo.

Conforme a análise feita, desconsiderando o escoamento pela sarjeta, obteve-se uma quantidade e locação de bocas de lobo coerente com a quantidade e locação existente no sistema, sendo assim presume-se que este método foi o método utilizado pelo projetista.

#### 4.2.2.6 Dimensionamento da tubulação secundaria

Conforme obtido através de verificação local, o diâmetro da tubulação secundaria é 400mm. Com o intuito de analisar o correto funcionamento, foi realizado o dimensionamento do diâmetro para a vazão de engolimento das bocas de lobo mencionadas anteriormente através da equação 10. Sendo assim temos:

$Y/d = 0,9$  (condição mais favorável de funcionamento)

$q/Q = 1,066$  (ábaco da figura 25)

$i = 1\%$

$n = 0,016$

$$\frac{0,105}{1,066} = \frac{\pi x D^2 x D^{\frac{2}{3}} x 0,01^{0,5}}{4 x 4^{\frac{2}{3}} x 0,016}$$

$$D = 0,326 \text{ m}$$

$$D_{comercial} = 400 \text{ mm}$$

Com isso pode-se afirmar que a tubulação secundaria comporta a vazão de engolimento das bocas de lobo.

#### 4.2.2.7 Dimensionamento das galerias

Como ficou definido que o método de dimensionamento utilizado pelo projetista foi desconsiderando escoamento pela sarjeta, o redimensionamento das galerias também foi feito considerando este método. Sendo assim foi feito o redimensionamento do diâmetros das galeria e a verificação da velocidade para cada trecho de galeria. Com isso temos:

Galeria entre os poços de visita PV5 e PV4.

Dados:

$Q_{real} = \text{Vazão captada pelas bocas de lobo BL 9, BL 10, BL 11 e BL 12} = 0,1862 \text{ m}^3/\text{s}$

$Y/d = 0,9$  (condição mais favorável de funcionamento);

$q/Q = 1,066$  (ábaco da figura 25);

Seção plena:  $(Rh \text{ seção plena } (Rh,sp) = \frac{D}{4})$ ;

$$Rh_{real} = \frac{Rh,sp}{coef}$$

Coefficiente: 1,192 (ábaco da figura 25);

$$Q_{projeto} = \frac{Q_{Real}}{Coef.de redução} = \frac{0,1862}{1,066} = 0,1747 \text{ m}^3/\text{s}$$

$I \text{ da rua} = 0,125 \text{ m/m}$

$n = 0,016$

Então têm-se:

$$0,1747 = \frac{\pi \times D^2 \times D^{\frac{2}{3}} \times 0,125^{0,5}}{4 \times 4^{\frac{2}{3}} \times 0,016}$$

$$D = 0,252 \text{ m}$$

$$D_{comercial} = 300 \text{ mm}$$

$$Rh_{sp} = \frac{0,3}{4} = 0,075 \text{ m}$$

$$Rh_{real} = \frac{0,075}{1,192} = 0,063 \text{ m}$$

$$V = \frac{0,063^{\frac{2}{3}} \times 0,125^{0,5}}{0,016}$$

$$V = 3,49 \text{ m/s}$$

Como o diâmetro adotado pelo projetista (400 mm, anexo A) foi maior que o diâmetro calculado e a velocidade está dentro do recomendado, então pode-se afirmar que a galeria entre os poços de visita PV5 e PV4 atende ao sistema imposto a ela.

Galeria entre os poços de visita PV4 e PV3.

Dados:

$Q_{\text{real}} = \text{Vazão captada pelas bocas de lobo BL 8 e BL 7} + \text{vazão transportada pela galeria entre os poços de visitas PV 5 e PV 4} = 1,19 \text{ m}^3/\text{s}$

$Y/d = 0,9$  (condição mais favorável de funcionamento);

$q/Q = 1,066$  (ábaco da figura 25);

Seção plena:  $(Rh \text{ seção plena } (Rh,sp) = \frac{D}{4})$ ;

$$Rh_{\text{real}} = \frac{Rh,sp}{coef}$$

Coefficiente: 1,192 (ábaco da figura 25);

$$Q_{\text{projeto}} = \frac{Q_{\text{Real}}}{\text{Coef.de redução}} = \frac{1,19}{1,066} = 1,11 \text{ m}^3/\text{s}$$

$I \text{ da rua} = 0,129 \text{ m/m}$

$n = 0,016$

Então têm-se:

$$1,11 = \frac{\pi \times D^2 \times D^{\frac{2}{3}} \times 0,129^{0,5}}{4 \times 4^{\frac{2}{3}} \times 0,016}$$

$$D = 0,499 \text{ m}$$

$$D_{\text{comercial}} = 500 \text{ mm}$$

$$Rh_{sp} = \frac{0,5}{4} \times 0,125 \text{ m}$$

$$Rh_{\text{real}} = \frac{0,125}{1,192} = 0,105 \text{ m}$$

$$V = \frac{0,105^{\frac{2}{3}} \times 0,129^{0,5}}{0,016}$$

$$V = 4,99 \text{ m/s}$$

Como o diâmetro adotado pelo projetista (600 mm, anexo A) foi maior que o diâmetro calculado e a velocidade está dentro do recomendado, então pode-se afirmar que a galeria entre os poços de visita PV4 e PV3 atende ao sistema imposto a ela.

Galeria entre os poços de visita PV3 e PV2.

Dados:

$Q_{\text{real}} =$  Vazão captada pelas bocas de lobo BL 6, BL 5 e BL 4 + vazão transportada pela galeria entre os poços de visita PV 4/PV 3 = 1,4264 m<sup>3</sup>/s

$Y/d = 0,9$  (condição mais favorável de funcionamento);

$q/Q = 1,066$  (ábaco da figura 25);

Seção plena: ( $Rh$  seção plena ( $Rh,sp$ ) =  $\frac{D}{4}$ );

$$Rh,real = \frac{Rh,sp}{coef}$$

Coefficiente: 1,192 (ábaco da figura 25);

$$Q_{projeto} = \frac{Q_{Real}}{Coef.de\ redu\c{c}\tilde{a}o} = \frac{1,4264}{1,066} = 1,34 \text{ m}^3/\text{s}$$

$I$  da rua = 0,101 m/m

$n = 0,016$

Então temos:

$$1,34 = \frac{\pi \times D^2 \times D^{\frac{2}{3}} \times 0,101^{0,5}}{4 \times 4^{\frac{2}{3}} \times 0,016}$$

$$D = 0,563 \text{ m}$$

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

$$Rh_{sp} = \frac{0,6}{4} = 0,15 \text{ m}$$

$$Rh_{real} = \frac{0,15}{1,192} = 0,126 \text{ m}$$

$$V = \frac{0,126^{\frac{2}{3}} \times 0,101^{0,5}}{0,016}$$

$$V = 4,99 \text{ m/s}$$

Como o diâmetro adotado pelo projetista (600 mm, anexo A) foi igual ao diâmetro calculado e a velocidade está dentro do recomendado, então pode-se afirmar que a galeria entre os poços de visita PV3 e PV2 atende ao sistema imposto a ela.

Galeria entre os poços de visita PV2 e PV1.

Dados:

$Q_{real}$  = Vazão captada pelas bocas de lobo BL 3, BL 2 e BL 1 + vazão transportada pela galeria entre os poços de visita PV 3/PV 2 = 1,87m<sup>3</sup>/s

Y/d = 0,9 (condição mais favorável de funcionamento);

q/Q = 1,066 (ábaco da figura 25);

Seção plena: (Rh seção plena (Rh,sp) =  $\frac{D}{4}$ );

$$Rh_{real} = \frac{Rh_{sp}}{coef}$$

Coefficiente: 1,192 (ábaco da figura 25);

$$Q_{projeto} = \frac{Q_{Real}}{Coef.de\ redu\c{c}\tilde{a}o} = \frac{1,87}{1,066} = 2,75 \text{ m}^3/\text{s}$$

I da rua = 0,1 m/m

n = 0,016

Então têm-se:

$$1,75 = \frac{\pi \times D^2 \times D^{\frac{2}{3}} \times 0,127^{0,5}}{4 \times 4^{\frac{2}{3}} \times 0,016}$$

$$D = 0,596 \text{ m}$$

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

$$Rh_{sp} = \frac{0,6}{4} 0,15 m$$

$$Rh_{real} = \frac{0,15}{1,192} = 0,126 m$$

$$V = \frac{0,126^{\frac{2}{3}} \times 0,1^{0,5}}{0,016}$$

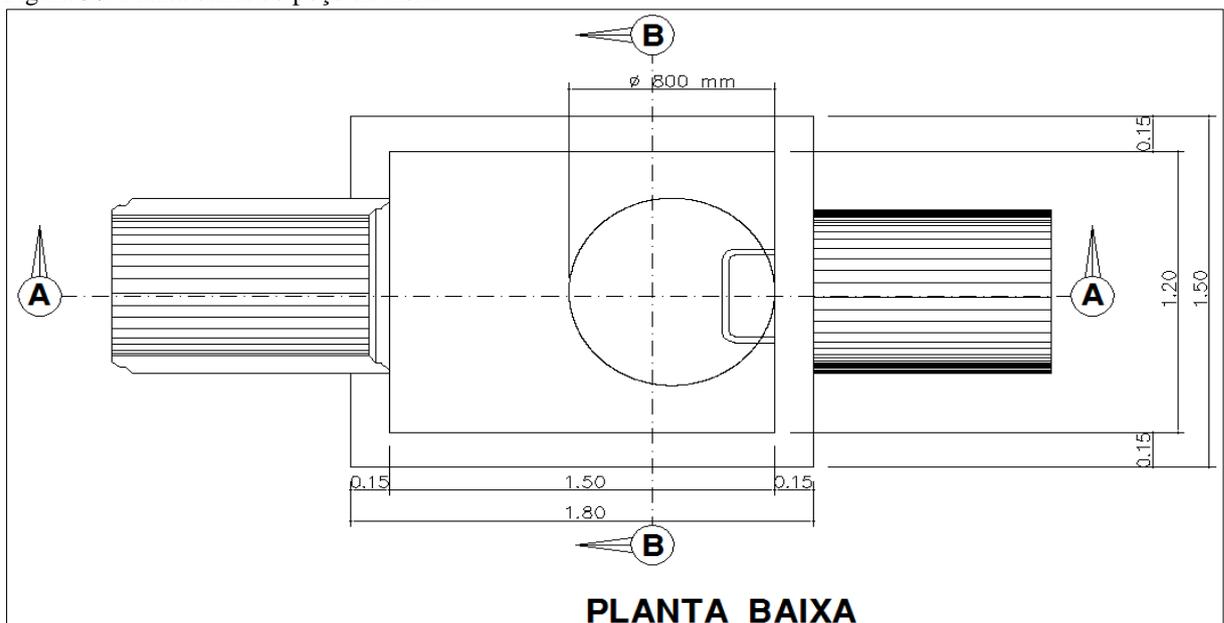
$$V = 4,96 m/s$$

Como o diâmetro adotado pelo projetista (600 mm, anexo A) foi igual ao diâmetro calculado e a velocidade está dentro do recomendado, então pode-se afirmar que a galeria entre os poços de visita PV2 e PV1 atende ao sistema imposto a ela.

#### 4.2.2.8 Poços de visita

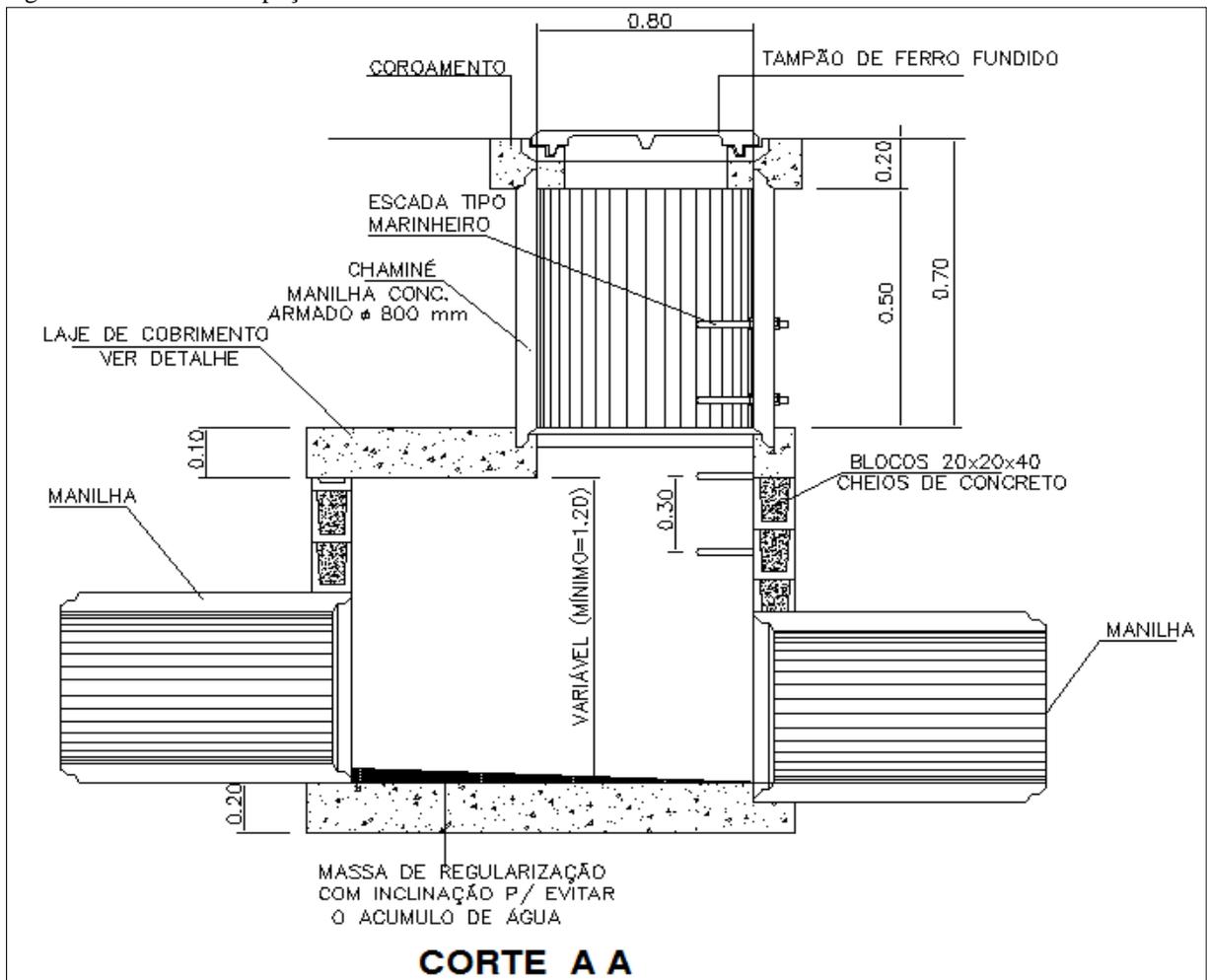
A bacia de contribuição para a rua em análise possui um total de 5 poços de visitas, suas locações podem ser observadas no Apêndice B. As dimensões dos mesmos foram obtidas através do projeto disponibilizado pela prefeitura local conforme pode ser visto nas Figuras 30, 31 e 32.

Figura 30: Planta baixa do poço de visita



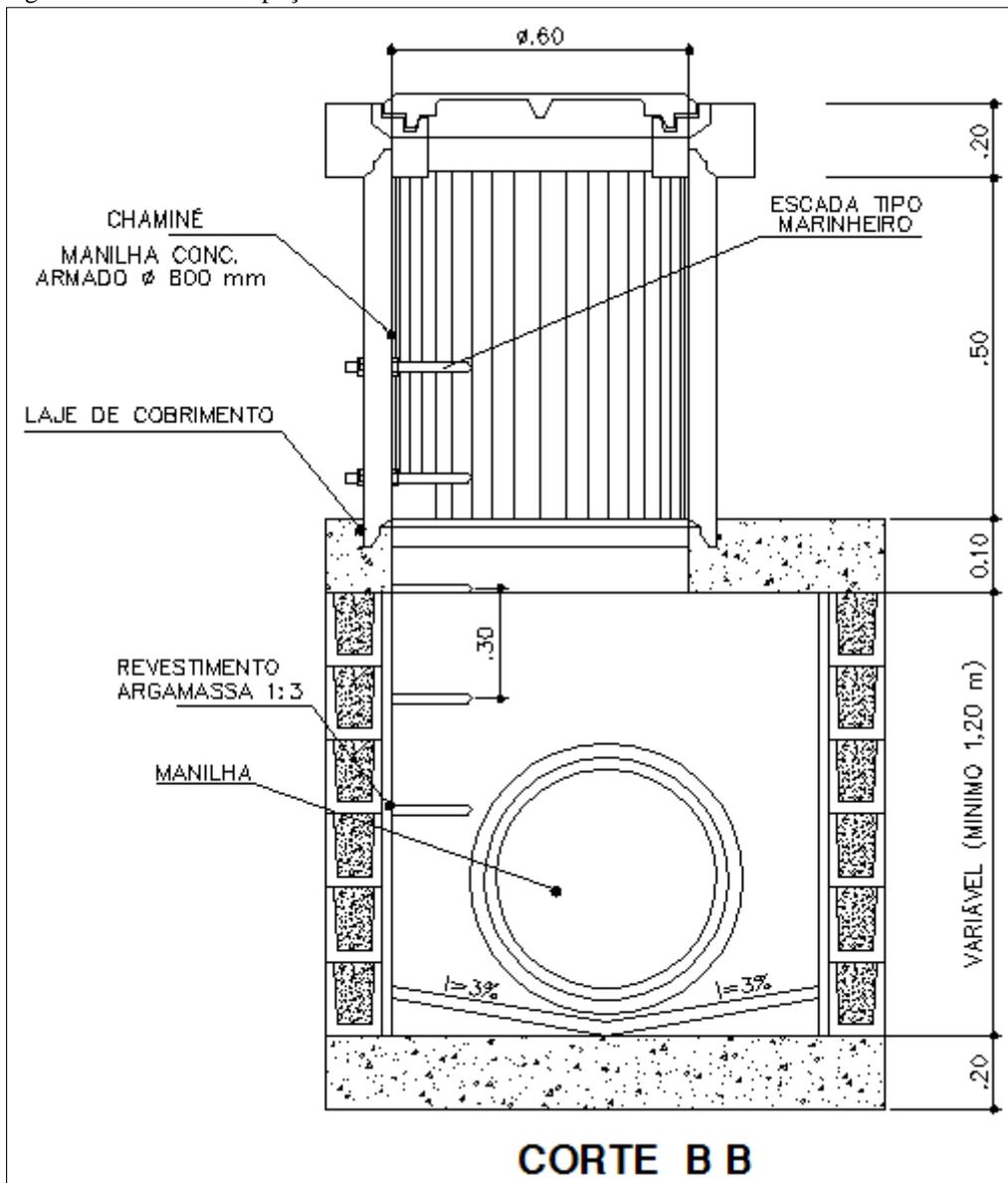
Fonte: Prefeitura Municipal de Varginha, 2016.

Figura 31: Corte AA do poço de visita



Fonte: Prefeitura Municipal de Varginha, 2016.

Figura 32: Corte BB do poço de visita

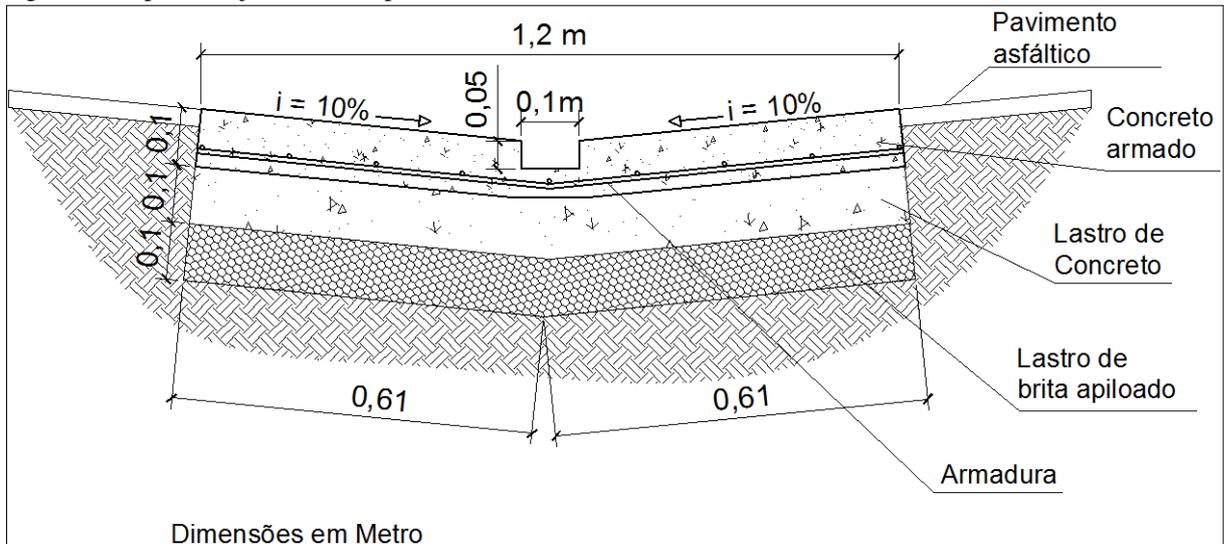


Fonte: Prefeitura Municipal de Varginha, 2016.

#### 4.2.2.9 Sarjetões

Contudo outro fator que contribuiu para o problema em questão foi a ausência de sarjetões em determinados trechos. Através de análises feitas in loco pôde-se verificar em quais trechos necessitam da implantação de sarjetões para um correto funcionamento do sistema. Na Figura 33 pode-se observar o tipo de sarjetão e no Apêndice C os locais de implantação.

Figura 33: Tipo de sarjetão a ser implantado



Fonte: o autor, 2016.

### 4.3 Especificações de materiais e serviços

Para a execução dos serviços devem ser seguidas todas as normas e especificações da ABNT.

Os materiais a serem utilizados devem atender as normas técnicas e especificações da ABNT.

#### 4.3.1 Serviços a serem realizados

De acordo com o diagnóstico realizado no decorrer do trabalho, é possível apontar os serviços que são necessários ser realizados para garantir um correto funcionamento do sistema de microdrenagem do local em estudo. São eles:

- Limpeza das sarjetas em determinados locais que se encontram com seu funcionamento comprometido;
- Substituição das bocas de lobo totalmente comprometidas e manutenção das bocas de lobos que se encontram em condições de reaproveitamento;
- Instalações de sarjetões em locais específicos conforme projeto (Apêndice C);
- Recapeamento do asfalto nos locais danificados.

#### 4.3.2 Limpeza das sarjetas

Conforme verificado in loco pôde-se observar que as condições das sarjetas em determinados trechos encontram-se em condições bem desfavoráveis de utilização devido a obstrução por vegetação e entulhos de construção, sendo assim faz-se necessário a limpeza do mesmo para garantir o correto funcionamento do sistema de drenagem como um todo. Para isto se dispões somente de mão de obra. Para esta etapa tem-se:

- Capina das sarjetas;
- Remoção dos entulhos.

A tabela 14 mostra o serviço e consumo por m<sup>2</sup> necessário para essa limpeza.

Tabela 14: Serviço e consumo necessário para limpeza manual de terrenos em geral.

Item	Descrição	Unidade	Consumo
<b>1</b>	<b>Raspagem e limpeza manual de terreno (m<sup>2</sup>)</b>		
1.1	Servente	h	0,3

Fonte: (TCPO, 2013. p.64) Modificado pelo autor.

O serviço e consumo necessários para limpeza de terrenos em geral foi obtido através da TCPO (Tabela de Composição de Preços para Orçamento, 2013).

#### 4.3.3 Substituição e manutenção de bocas de lobo

De acordo com a análise realizada no local, pôde-se perceber que as bocas de lobo obstruídas encontram-se na impossibilidade de reaproveitamento devido aos detritos que comprometem o seu funcionamento ter se solidificado na mesma comprometendo até mesmo sua estrutura tornando assim inviável a sua manutenção. Com isso faz-se necessário a substituição das bocas de lobo que se encontram totalmente obstruídas tais como: BL4, BL5, BL6 e BL7. Conforme os cálculos de análise do sistema de drenagem em estudo, como as bocas de lobo atendem à demanda do sistema, optou-se por manter as locações e dimensões existentes para a reconstrução das bocas de lobo danificadas.

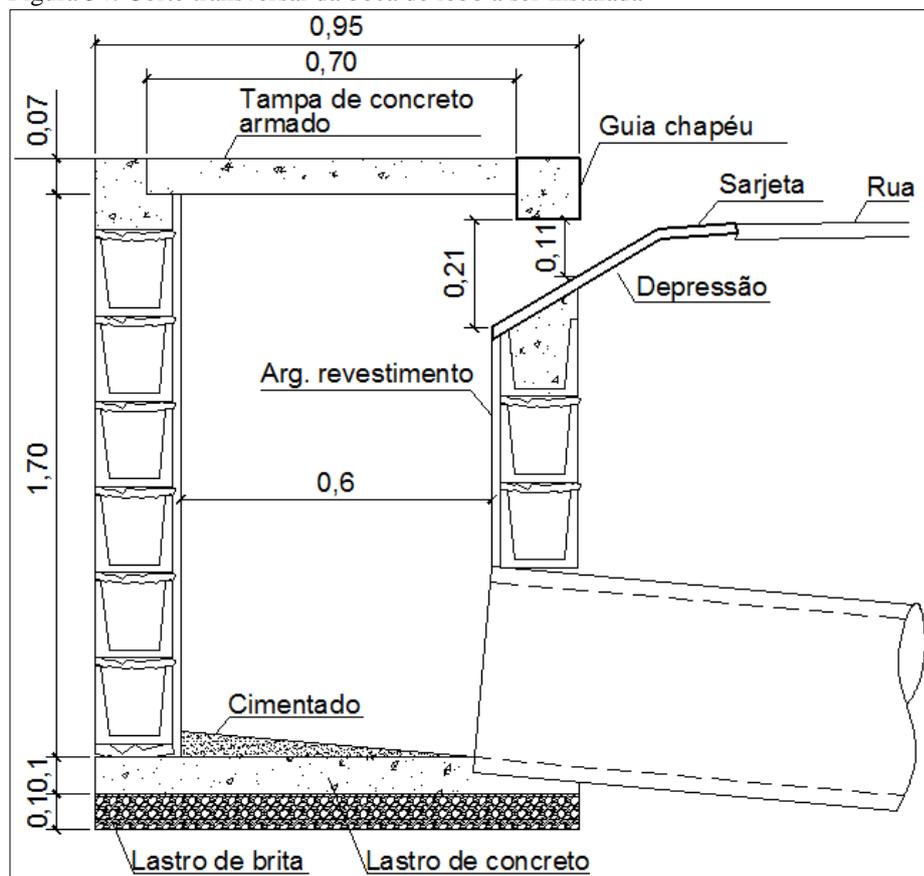
Contudo há outras bocas de lobo comprometidas que se encontram em condições de reaproveitamento devido ao nível de obstrução ser baixo e falta da tampa de concreto que compões as mesmas. São elas: BL1 e BL2.

Para esta etapa faz-se necessário:

- Remoção das bocas de lobo comprometidas;
- Regularização dos poços onde será reinstalada as bocas de lobo;
- Reinstalação das bocas de lobo.

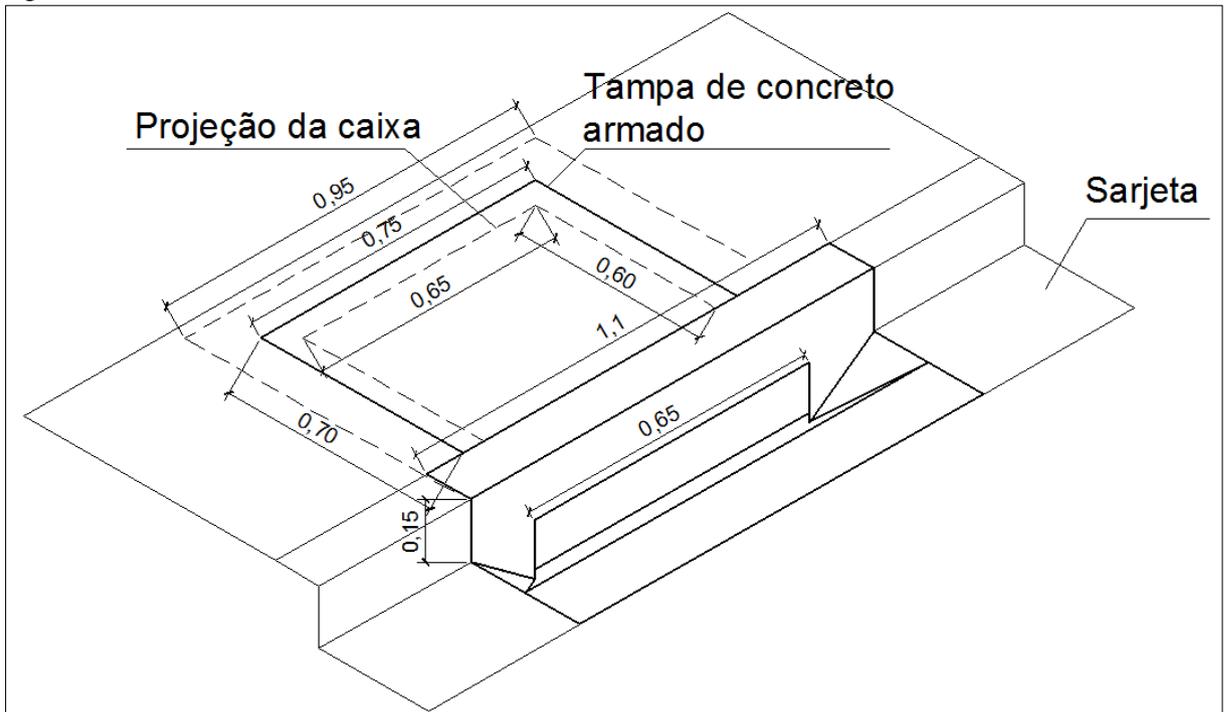
Nas figuras 34, 35 e 36 podem ser observadas as diretrizes necessárias para a reconstrução das bocas de lobo danificadas.

Figura 34: Corte transversal da boca de lobo a ser instalada



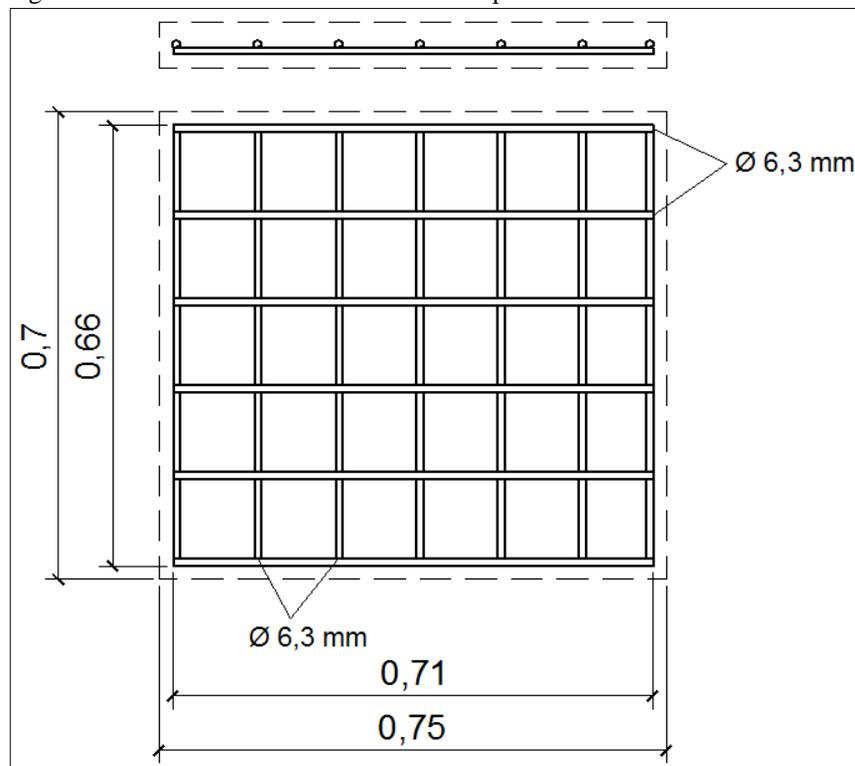
Fonte: o autor, 2016.

Figura 35: Isométrico da boca de lobo a ser instalada



Fonte: O autor, 2016.

Figura 36: Detalhamento de armadura da tampa de concreto armado



Fonte: o autor, 2016.

Para a remoção de cada boca de lobo, são necessários os seguintes serviços, conforme as Tabelas 15 e 16:

Tabela 15: Serviços necessários para remoção da alvenaria de cada boca de lobo.

Item	Descrição	Unidade	Consumo
<b>1</b>	<b>Demolição de alvenaria de tijolo comum, sem reaproveitamento (m<sup>3</sup>)</b>		
1.1	Pedreiro	h	0,3
1.2	Servente	h	3,0

Fonte: (TCPO, 2013.p. 58). Modificado pelo autor.

Tabela 16: Serviços necessários para remoção do concreto da base de cada boca de lobo.

Item	Descrição	Unidade	Consumo
<b>1</b>	<b>Demolição de concreto simples (m<sup>3</sup>)</b>		
1.1	Pedreiro	h	1,3
1.2	Servente	h	13,0

Fonte: (TCPO, 2013.p. 59). Modificado pelo autor.

Para reconstrução de cada boca de lobo são necessários os seguintes materiais e serviços conforme Tabela 17:

Tabela 17: Materiais e serviços necessários para implantação de cada boca de lobo.

Item	Descrição	Unidade	Consumo
<b>1</b>	<b>BOCA-DE-LOBO simples de alvenaria de concreto 19 cm x 19 cm x 39 cm</b>		
1.1	Ajudante de carpinteiro	h	2,21
1.2	Carpinteiro	h	2,21
1.3	Armador	h	3,42
1.4	Pedreiro	h	12
1.5	Servente	h	19,72
1.6	Areia lavada tipo média	m <sup>3</sup>	0,319
1.7	Cimento Portland CP II-E-32 (resistência: 32 Mpa)	kg	80,3
1.8	Barra de aço CA-50 3/8" (bitola: 10 mm)	kg	38,2
1.9	Bloco de concreto de vedação - bloco inteiro 19x19x39 - resistência 2,5 Mpa	unid.	59,6
1.10	Arame galvanizado (bitola: 18 BWG)	kg	0,683
1.11	Prego 18 x 27 com cabeça (diâmetro da cabeça: 3,4 mm / comprimento: 6,21 mm)	kg	0,237
1.12	Sarrafo 1"x4" (altura: 100 mm/ espessura: 25mm)	m	0,994
1.13	Tábua 1" x 12" (espessura: 25mm / largura: 300 mm)	m	1,58
1.14	Concreto estrutural virado em obra, controle "A", consistência para vibração, brita 1 e 2, fck 10MPa	m <sup>3</sup>	0,156
1.15	Concreto estrutural virado em obra, controle "A", consistência para vibração, brita 1 e 2, fck 20MPa	m <sup>3</sup>	0,42
1.16	Betoneira, elétrica, potência 2HP (1,5 kW), capacidade 400 l - vida útil 10.000 h	h prod.	0,2

Fonte: (TCPO, 2013.p. 105). Modificado pelo autor.

Para as bocas de lobos BL1 e BL2 que necessitam apenas de limpeza e uma nova tampa de concreto armado, faz-se necessários os seguintes materiais e serviços, conforme Tabelas 18 e 19:

Tabela 18: Serviço necessário para limpeza da boca e lobo.

Item	Descrição	Unidade	Consumo
<b>1</b>	<b>Raspagem e limpeza manual de terreno (m<sup>2</sup>)</b>		
1.1	Servente	h	0,3

Fonte: (TCPO, 2013. p.64). Modificado pelo autor.

Tabela 19: Materiais e serviços para construção de uma tampa de concreto armado para boca de lobo.

Item	Descrição	Unidade	Consumo
<b>1</b>	<b>Tampa de concreto para boca-de-lobo, dimensões 7cm x 70 x cm x 75 cm (un)</b>		
1.1	Pedreiro	h	0,2
1.2	Servente	h	0,2
1.3	Barra de aço CA-50 1/4" (bitola: 6,3 mm)	kg	5,0
1.4	Concreto dosado em central convencional brita 1 e 2 (resistência: 15 MPa)	m <sup>3</sup>	0,1
1.5	Fôrma de madeira para fundação, com tábuas	m <sup>2</sup>	1,1

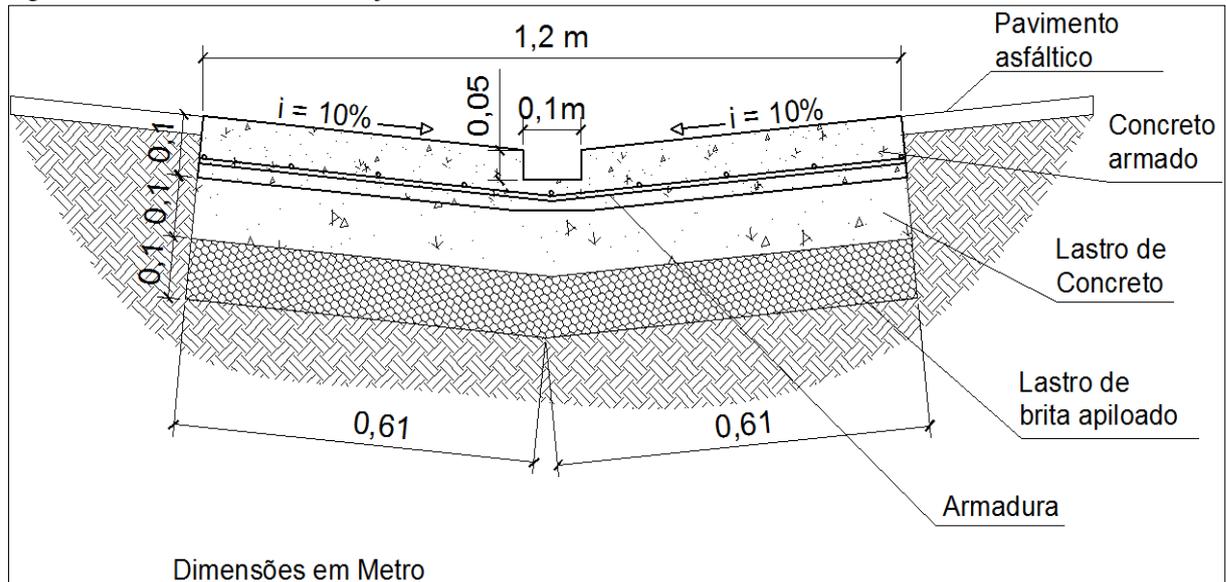
Fonte: (TCPO, 2013. p.106). Modificado pelo autor.

Os materiais e serviços necessários para a manutenção e implantação das bocas de lobo foram obtido através da TCPO (Tabela de Composição de Preços para orçamento, 2013).

#### 4.3.4 Instalação de sarjetões

Através da análise feita no sistema de microdrenagem existente pôde-se perceber que a inexistência de sarjetões em determinados trechos contribuiu muito para o problema em questão, com isso foi determinado em quais trechos são necessários as instalações de sarjetões (apêndice C) para o correto direcionamento da água. O tipo de sarjetão a ser implantado é o de concreto. A dimensão longitudinal dos sarjetões varia de acordo com a largura da rua onde será instalado, as demais dimensões se mantem para todos. Na figura 37 pode ser observado as diretrizes para a construção dos sarjetões.

Figura 37: Corte transversal do sarjetão a ser instalado



Fonte: O autor, 2016

Os materiais e serviços necessários para construção de cada sarjetão é de acordo com as tabelas 20 e 21. Os serviços preliminares são a remoção do asfalto no local de implantação e instalação do sarjetão.

Para o corte da pavimentação onde será instalado o sarjetão tem-se os seguintes materiais e serviços conforme Tabela 20:

Tabela 20: Materiais e serviços necessários para o corte do pavimento onde será instalado o sarjetão.

Item	Descrição	Unidade	Consumo
<b>1</b>	<b>Demolição de pavimentação asfáltica com utilização de martelo rompedor (m<sup>2</sup>)</b>		
1.1	Servente	h	0,1
1.2	Ponteiro para rompedor (comprimento: 160mm / diâmetro da seção: 32mm)	unid.	0,0015
1.3	Compressor de ar portátil rebocável, diesel, potência 63 HP (47kW)	h prod.	0,1
1.4	Martelo rompedor, pneumático, capacidade para furos com até 32 mm de diâmetro - vida útil: 8.000 h	h prod.	0,3

Fonte: (TCPO, 2013. p.60). Modificado pelo autor.

Para a implantação de cada sarjetão são necessários os seguintes materiais e serviços, conforme Tabela 21:

Tabela 21: Materiais e serviços necessários para a implantação do sarjetão.

Item	Descrição	Unidade	Consumo
<b>1</b>	<b>Sarjetão de concreto inclusive preparo de caixa de concreto fck = 18MPa - (m<sup>3</sup>)</b>		
1.1	Pedreiro	h	12,5
1.2	Servente	h	2,66
1.3	Areia lavada tipo média	m <sup>3</sup>	0,904
1.4	Pedra britada 1	m <sup>3</sup>	0,209
1.5	Pedra britada 2	m <sup>3</sup>	0,627
1.6	Pedra britada 3	m <sup>3</sup>	0,41
1.7	Cimento Portland CP II-E-32 (resistência: 32 MPa)	kg	304
1.8	Barra de aço CA-50 1/2" (bitola: 12,5 mm)	kg	1,6
1.9	Tábua 3ª construção (seção transversal: 1" x 12" / tipo de madeira: cedrinho)	m <sup>2</sup>	0,35
1.10	Betoneira, elétrica, potência 2HP (1,5 kW)	h prod.	0,31

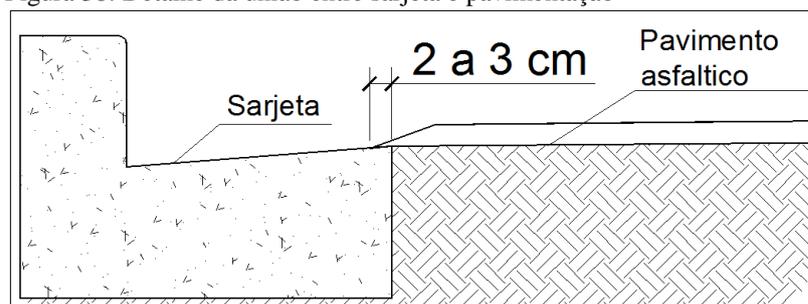
Fonte: (TCPO, 2013. p.104). Modificado pelo autor.

Os materiais e serviços necessários para a instalação de cada sarjetão foram obtido através da TCPO (Tabela de Composição de Preços para orçamento, 2013).

#### 4.3.5 Recapeamento do asfalto danificado

Devido à degradação da pavimentação ocorrida no local em estudo, para que sistema de drenagem tenha seu funcionamento correto é necessário que seja feito o recapeamento no local danificado em toda sua extensão, para isso faz-se necessário a remoção do asfalto danificado e o recapeamento asfáltico. O recapeamento deve ser feito com uma espessura de 5 cm de asfalto, que corresponde a mesma espessura existente medida in loco, a declividade transversal da via também deve ser de acordo com a declividade da via existente e a extensão do trecho onde se necessita de recapeamento é 25 m. Deve-se atentar para a junção da pavimentação com as sarjetas, onde a pavimentação asfáltica deve se sobrepor a sarjeta entre 2 e 3 cm, conforme figura 38.

Figura 38: Detalhe da união entre sarjeta e pavimentação



Fonte: o autor, 2016.

Para remoção do asfalto danificado são necessários os seguintes materiais e serviços, conforme Tabela 22:

Tabela 22: Materiais e serviços necessários para remoção do asfalto danificado.

Item	Descrição	Unidade	Consumo
<b>1</b>	<b>Demolição de pavimentação asfáltica com utilização de martelo rompedor (m<sup>2</sup>)</b>		
1.1	Servente	h	0,1
1.2	Ponteiro para rompedor (comprimento: 160mm / diâmetro da seção: 32mm)	unid.	0,0015
1.3	Compressor de ar portátil rebocável, diesel, potência 63 HP (47kW)	h prod.	0,1
1.4	Martelo rompedor, pneumático, capacidade para furos com até 32 mm de diâmetro - vida útil: 8.000 h	h prod.	0,3

Fonte: (TCPO, 2013. p.60). Modificado pelo autor.

Para o recapeamento do local danificado são necessários os seguintes matérias e serviços, conforme Tabela 23:

Tabela 23: Materiais e serviços necessários para o recapeamento asfáltico do local danificado.

Item	Descrição	Unidade	Consumo
<b>1</b>	<b>Concreto Asfáltico para aplicação em pavimentação usinado a quente</b>		
1.1	Servente	h	2,0
1.2	Concreto Asfáltico para aplicação em pavimentação usinado a quente	t	2,43
1.3	Vibroacabadora sore esteiras, diesel, potência 77 HP (57 kW) - vida útil 20.000 h	h prod.	0,068
1.4	Carregadeira sobre rodas 211 HP, com caçamba de aplicação geral	h prod.	0,1
1.5	Rolo compactador autopropelido estático de pneus, diesel, potência 80 HP (60 kW)	h prod.	0,068
1.6	Caminhão basculante, diesel, potência 167 HP (125 kW)	h prod.	0,39

Fonte: (TCPO, 2013. p.95). Modificado pelo autor.

Os materiais e serviços necessários para o recapeamento do asfalto danificado foram obtido através da TCPO (Tabela de Composição de Preços para orçamento).

#### 4.4 Estimativa de custo

##### 4.4.1 Limpeza das sarjetas

Na tabela 24 é possível se verificar a estimativa de custo por m<sup>2</sup> para limpeza manual de terrenos em geral.

Tabela 24: Estimativa de custo para limpeza manual de terreno em geral.

Item	Descrição	Unidade	Consumo	Preço unit.	Preço total
<b>1</b>	<b>Raspagem e limpeza manual de terreno (m<sup>2</sup>)</b>				
1.1	Servente	h	0,3	9,67	2,42
<b>Total</b>					<b>2,42</b>

Fonte: (TCPO, 2013. p.64); (SINAP, 2016). Modificado pelo autor.

Os trechos que necessitam de limpeza são os trechos 2-10 margem esquerda e direita e o trecho 10-15 margem direita. Com isso foi feito uma tabela com as dimensões dos trechos e largura das sarjetas mais meio fio para se obter a área de limpeza e poder apresentar a estimativa de custo, conforme Tabela 25:

Tabela 25: Áreas dos trechos que necessitam de limpeza.

Trecho	Margem	Comprimento (m)	Largura (sarjeta + meio fio) (m)	Área (m <sup>2</sup> )
2-10	Esquerda	166,75		70,03
2-10	Direita	197,58	0,42	82,98
10-15	Direita	185,58		77,94
<b>Total</b>				<b>230,96</b>

Fonte: O autor. 2016.

Sendo assim a estimativa de custo total para limpeza das sarjetas obstruídas é de R\$ 558,92, valor este obtido pela multiplicação da estimativa de custo da limpeza por m<sup>2</sup> e a área das sarjetas a ser limpa.

#### 4.4.2 Substituição das bocas de lobo comprometidas

A estimativa de custo para a implantação das bocas de lobo BL4, BL5, BL6 e BL7 é de acordo com as Tabela 26, 27, 28 e 29. Na Tabela 26 é possível verificar a estimativa de preço de cada unidade de boca de lobo.

Tabela 26: Estimativa de custo para remoção da alvenaria de cada boca de lobo.

Item	Descrição	Unidade	Consumo	Preço unit.	Preço total
<b>1</b>	<b>Demolição de alvenaria de tijolo comum, sem reaproveitamento (m<sup>3</sup>)</b>				
1.1	Pedreiro	h	0,3	14,81	4,443
1.2	Servente	h	3,0	9,67	29,01
<b>Total</b>					<b>33,45</b>

Fonte: (TCPO, 2013.p. 58); (SINAP, 2016). Modificado pelo autor.

O volume de alvenaria a ser removido de cada boca de lobo conforme as diretrizes apresentadas anteriormente é 0,93m<sup>3</sup>, sendo assim a estimativa de custo para demolição de cada boca de lobo é de R\$31,10. Como são um total de 4 bocas de lobo a ser substituídas, a etapa de demolição da alvenaria das bocas de lobo tem uma estimativa de custo de R\$124,43.

Na Tabela 27, verificasse a estimativa de custo para remoção do concreto da base de cada unidade de boca de lobo.

Tabela 27: Estimativa de custo para remoção do concreto da base de cada unidade de boca de lobo.

Item	Descrição	Unidade	Consumo	Preço unit.	Preço total
<b>1</b>	<b>Demolição de concreto simples (m<sup>3</sup>)</b>				
1.1	Pedreiro	h	1,3	14,81	19,253
1.2	Servente	h	13,0	9,67	125,71
<b>Total</b>					<b>144,96</b>

Fonte: (TCPO, 2013.p. 59); (SINAP, 2016). Modificado pelo autor.

O volume de concreto a ser removido de cada boca de lobo conforme as diretrizes apresentadas anteriormente é 0,045m<sup>3</sup>, sendo assim a estimativa de custo para demolição do concreto de cada boca de lobo é de R\$6,52. Como são um total de 4 bocas de lobo a ser substituídas, a etapa de demolição da alvenaria das bocas de lobo tem uma estimativa de custo de R\$26,10.

Conforme Tabela 28 é verificado a estimativa de custo para reconstrução de cada unidade de boca de lobo.

Tabela 28: Estimativa de custo para reconstrução e cada unidade de boca de lobo.

Item	Descrição	Unidade	Consumo	Preço unit.	Preço total
<b>BOCA-DE-LOBO simples de</b>					
<b>1</b>	<b>alvenaria de concreto 19 cm x 19 cm x 39 cm</b>				
1.1	Ajudante de carpinteiro	h	2,21	11,13	24,5973
1.2	Carpinteiro	h	2,21	14,81	32,7301
1.3	Armador	h	3,42	14,81	50,6502
1.4	Pedreiro	h	12	14,81	177,72
1.5	Servente	h	19,72	9,67	190,6924
1.6	Areia lavada tipo média	m <sup>3</sup>	0,319	58,33	18,60727
1.7	Cimento Portland CP II-E-32 (resistência: 32 Mpa)	kg	80,3	0,41	32,923
1.8	Barra de aço CA-50 3/8" (bitola: 10 mm)	kg	38,2	3,67	140,194
1.9	Bloco de concreto de vedação - bloco inteiro 19x19x39 - resistência 2,5 Mpa	unid.	59,6	1,88	112,048
1.10	Arame galvanizado (bitola: 18 BWG)	kg	0,683	12,37	8,44871
1.11	Prego 18 x 27 com cabeça (diâmetro da cabeça: 3,4 mm / comprimento: 6,21 mm)	kg	0,237	7,6	1,8012
1.12	Sarrafo 1"x4" (altura: 100 mm/ espessura: 25mm)	m	0,994	6,33	6,29202
1.13	Tábua 1" x 12" (espessura: 25mm / largura: 300 mm)	m	1,58	12,58	19,8764
1.14	Concreto estrutural virado em obra, controle "A", consistência para vibração, brita 1 e 2, fck 10MPa	m <sup>3</sup>	0,156	229,58	35,81448
1.15	Concreto estrutural virado em obra, controle "A", consistência para vibração, brita 1 e 2, fck 20MPa	m <sup>3</sup>	0,42	232,77	97,7634
1.16	Betoneira, elétrica, potência 2HP (1,5 kW), capacidade 400 l - vida útil 10.000 h	h prod.	0,2	1,21	0,242
<b>Total</b>					<b>950,40</b>

Fonte: (TCPO, 2013.p. 105); (SINAP, 2016). Modificado pelo autor.

A Estimativa de custo total das 4 unidades de bocas de lobo que necessita ser substituídas incluindo remoção e reinstalação, pode ser observada na Tabela 29.

Tabela 29: Estimativa de custo total para remoção e reinstalação das bocas de lobo comprometidas.

Valor total por boca de lobo (remoção e reinstalação) (R\$)	Quantidade de boca de lobo (Unid)	Total (R\$)
1128,82	4	4515,26

Fonte: O autor, 2016.

#### 4.4.3 Manutenção das bocas de lobo obstruídas.

A Estimativa de custo para limpeza de cada unidade de boca de lobo obstruída é observada na Tabela 30.

Tabela 30: Estimativa de custo para limpeza de cada unidade de boca de lobo obstruída.

Item	Descrição	Unidade	Consumo	Preço unit.	Preço total
<b>1</b>	<b>Raspagem e limpeza manual de terreno (m<sup>2</sup>)</b>				
1.1	Servente	h	0,3	9,67	2,42
<b>Total</b>					<b>2,42</b>

Fonte: (TCPO, 2013. p.64); (SINAP, 2016). Modificado pelo autor.

Como são 2 bocas de lobo que necessitam de limpeza com uma área de 0,45m<sup>2</sup> de base a ser limpa cada boca de lobo, a estimativa de custo total para limpeza é de R\$ 2,17.

A Estimativa de custo para fabricação de uma nova tampa de boca de lobo para cada unidade está descrita na Tabela 31.

Tabela 31: Estimativa de custo para fabricação de uma nova tampa de boca de lobo de concreto armado.

Item	Descrição	Unidade	Consumo	Preço unit.	Preço total
<b>1</b>	<b>Tampa de concreto para boca-de-lobo, dimensões 7cm x 70 cm x 120 cm (um)</b>				
1.1	Pedreiro	h	0,2	14,81	2,962
1.2	Servente	h	0,2	9,67	1,934
1.3	Barra de aço CA-50 1/4" (bitola: 6,3 mm)	kg	5,0	3,84	19,2
1.4	Concreto dosado em central convencional brita 1 e 2 (resistência: 15 MPa)	m <sup>3</sup>	0,1	231,77	13,9062
1.5	Fôrma de madeira para fundação, com tábuas	m <sup>2</sup>	1,1	26,37	29,2707
<b>Total</b>					<b>67,27</b>

Fonte: (TCPO, 2013. p.106). (SINAP, 2016). Modificado pelo autor.

A estimativa de custo total para manutenção das boca de lobo BL1 e BL2 incluindo limpeza e colocação da nova tampa de concreto armado, pode ser observada conforme Tabela 32.

Tabela 32: Estimativa de custo total para manutenção das bocas de lobo obstruídas.

<b>Total por boca de lobo (limpeza + tampa) (R\$)</b>	<b>Quantidade de boca de lobo (unid)</b>	<b>Total (R\$)</b>
69,44	2	139,38

Fonte: O autor, 2016.

#### 4.4.4 Instalação de sarjetões

A estimativa de custo para cada sarjetão a ser instalado varia de acordo com a largura da via onde será instalado o mesmo (Apêndice C). Essa largura corresponde ao comprimento de cada sarjetão. Os serviços preliminares necessários para esta etapa são: conte do pavimento onde será instalado e instalação do sarjetão. Para isso tem-se:

Estimativa de custo para o corte do pavimento, conforme Tabela 33.

Tabela 33: Estimativa de custo para demolição do asfalto onde será instalado o sarjetão.

<b>Item</b>	<b>Descrição</b>	<b>Unidade</b>	<b>Consumo</b>	<b>Preço unit.</b>	<b>Preço total</b>
<b>1</b>	<b>Demolição de pavimentação asfáltica com utilização de martelo rompedor (m<sup>2</sup>)</b>				
1.1	Servente	h	0,1	9,67	0,967
1.2	Ponteiro para rompedor (comprimento: 160mm / diâmetro da seção: 32mm)	unid.	0,0015	108,45	0,162675
1.3	Compressor de ar portátil rebocável, diesel, potência 63 HP (47kW)	h prod.	0,1	2,53	0,253
1.4	Martelo rompedor, pneumático, capacidade para furos com até 32 mm de diâmetro - vida útil: 8.000 h	h prod.	0,3		
				10,88	3,264
<b>Total</b>					<b>4,65</b>

Fonte: (TCPO, 2013. p.60). (SINAP, 2016) Modificado pelo autor.

Estimativa de custo para implantação de cada sarjetão, conforme Tabela 34.

Tabela 34: Estimativa de custo para implantação de sarjetão.

Item	Descrição	Unidade	Consumo	Preço unit.	Preço total
<b>1</b>	<b>Sarjetão de concreto inclusive preparo de caixa de concreto fck = 18MPa - (m³)</b>				
1.1	Pedreiro	h	12,5	14,81	185,125
1.2	Servente	h	2,66	9,67	25,7222
1.3	Areia lavada tipo média	m³	0,904	58,33	52,7303
1.4	Pedra britada 1	m³	0,209	50	10,45
1.5	Pedra britada 2	m³	0,627	50	31,35
1.6	Pedra britada 3	m³	0,41	50	20,5
1.7	Cimento Portland CP II-E-32 (resistência: 32 MPa)	kg	304	0,41	124,64
1.8	Barra de aço CA-50 1/2" (bitola: 12,5 mm)	kg	1,6	3,49	5,584
1.9	Tábua 3ª construção (seção transversal: 1" x 12" / tipo de madeira: cedrinho)	m²	0,35	41,93	14,6755
1.10	Betoneira, elétrica, potência 2HP (1,5 kW)	h prod.	0,31	1,21	0,37026
<b>Total</b>				<b>471,15</b>	

Fonte: (TCPO, 2013. p.104); (SINAP, 2016). Modificado pelo autor.

Como a estimativa de custo para a implantação dos sarjetões varia de acordo com a largura da via, foi feita uma tabela com a estimativa de custo total para corte do pavimento e uma tabela com a estimativa total para implantação dos sarjetões, assim pôde-se apresentar a estimativa de custo total incluindo corte e implantação para os sarjetões que irão compor o sistema de microdrenagem, nas Tabelas 35 e 36.

Tabela 35: Estimativa de custo total para corte do pavimento.

Corte do pavimento					
Sarjetão (SJ)	Comprimento (m)	Largura do sarjetão (m)	Área de corte (m²)	Valor unit. (R\$/m²)	Valor total (R\$)
1	34,95		41,94		195,02
2	43,18		51,82		240,94
3	23,00		27,60		128,34
4	23,00		27,60		128,34
5	31,59		37,91		176,27
6	39,66	1,2	47,59	4,65	221,30
7	35,03		42,04		195,47
8	33,25		39,90		185,54
9	48,95		58,74		273,14
10	48,95		58,74		273,14
11	23,00		27,60		128,34
<b>Total</b>					<b>2145,84</b>

Fonte: O autor, 2016.

Tabela 36: Estimativa de custo total para implantação do sarjetão.

<b>Implantação do sarjetão</b>						
<b>Sarjetão (SJ)</b>	<b>Comprimento (m)</b>	<b>Largura do sarjetão (m)</b>	<b>Altura (m)</b>	<b>Volume (m³)</b>	<b>Valor unit. (R\$/m³)</b>	<b>Valor total (R\$)</b>
1	34,95			12,58		5927,98
2	43,18			15,54		7323,89
3	23,00			8,28		3901,10
4	23,00			8,28		3901,10
5	31,59			11,37		5358,08
6	39,66	1,2	0,3	14,28	471,15	6726,85
7	35,03			12,61		5941,54
8	33,25			11,97		5639,63
9	48,95			17,62		8302,56
10	48,95			17,62		8302,56
11	23,00			8,28		3901,10
<b>Total</b>						<b>65226,38</b>

Fonte: O autor, 2016.

A estimativa de custo total para implantação dos sarjetões (corte do pavimento + implantação do sarjetão) é de:

Custo total (R\$) = Corte do pavimento + Implantação dos sarjetões

Custo total (R\$) = 2145,84 + 65226,38

Custo total (R\$) = 67372,23

#### 4.4.5 Recapeamento do asfalto danificado

A Estimativa de custo por m<sup>2</sup> para remoção do asfalto danificado, pode ser observada na Tabela 37.

Tabela 37: Estimativa de custo por m<sup>2</sup> para remoção do asfalto danificado.

<b>Item</b>	<b>Descrição</b>	<b>Unidade</b>	<b>Consumo</b>	<b>Preço unit.</b>	<b>Preço total</b>
<b>1</b>	<b>Demolição de pavimentação asfáltica com utilização de martelo rompedor (m<sup>2</sup>)</b>				
1.1	Servente	h	0,1	9,67	0,967
1.2	Ponteiro para rompedor (comprimento: 160mm / diâmetro da seção: 32mm)	unid.	0,0015	108,45	0,162675
1.3	Compressor de ar portátil rebocável, diesel, potência 63 HP (47kW)	h prod.	0,1	2,53	0,253
1.4	Martelo rompedor, pneumático, capacidade para furos com até 32 mm de diâmetro - vida útil: 8.000 h	h prod.	0,3	10,88	3,264
<b>Total</b>					<b>4,65</b>

Fonte: (TCPO, 2013. p.60); (SINAP, 2016). Modificado pelo autor.

A Estimativa de custo por m<sup>3</sup> para aplicação do concreto asfáltico incluindo preparo e aplicação, pode ser observada na Tabela 38.

Tabela 38: Estimativa de custo por m<sup>3</sup> para aplicação do concreto asfáltico.

Item	Descrição	Unidade	Consumo	Preço unit. (R\$)	Preço total (R\$)
<b>1</b>	<b>Concreto Asfáltico para aplicação em pavimentação usinado a quente - preparo e aplicação - m<sup>3</sup></b>				
1.1	Servente	h	2,0	9,67	19,34
1.2	Concreto Asfáltico para aplicação em pavimentação usinado a quente	t	2,43	222,56	540,82
1.3	Vibroacabadora sobre esteiras, diesel, potência 77 HP (57 kW) - vida útil 20.000 h	h prod.	0,068	176,28	11,99
1.4	Carregadeira sobre rodas 211 HP, com caçamba de aplicação geral	h prod.	0,07	110	7,70
1.5	Rolo compactador autopropelido estático de pneus, diesel, potência 80 HP (60 kW)	h prod.	0,068	17,23	1,17
1.6	Caminhão basculante, diesel, potência 167 HP (125 kW)	h prod.	0,39	61,26	23,89
<b>Total</b>					<b>604,91</b>

Fonte: (TCPO, 2013. p.95); (SINAP, 2016) Modificado pelo autor.

Como o comprimento do asfalto danificado é de 25 m, a espessura do asfalto é de 5 cm e a largura da via onde será recapeado é de 8m, com isso pôde-se fazer uma tabela com a estimativa de custo total para a remoção do asfalto danificado, uma tabela de estimativa de custo total para a aplicação do concreto asfáltico e apresentar a estimativa de custo total para o recapeamento do local danificado. As mesmas pode ser visto conforme Tabelas 39 e 40.

Tabela 39: Estimativa de custo total para remoção do asfalto danificado.

<b>Custo total para remoção do asfalto danificado</b>				
Comprimento (m)	Largura (m)	Área (m <sup>2</sup> )	Preço unit./m <sup>2</sup> (R\$)	Preço total (R\$)
25	8	200	4,65	929,34

Fonte: O autor, 2016.

Tabela 40: Estimativa de custo total para aplicação do concreto asfáltico.

<b>Custo total para aplicação do concreto asfáltico</b>					
Comprimento (m)	Largura (m)	Espessura (m)	Área (m <sup>3</sup> )	Preço unit./m <sup>2</sup> (R\$)	Preço total (R\$)
25	8	0,05	10	604,91	6049,11

Fonte: O autor, 2016.

A estimativa de custo total para o recapeamento do asfalto danificado é:

Custo total (R\$) = estimativa de custo para remoção do asfalto danificado + estimativa de custo para aplicação do concreto asfáltico.

Custo total (R\$) = 929,34 + 6049,11

Custo total (R\$) = 6078,44

Sendo assim o valor total estimado para manutenção e melhoria do sistema de microdrenagem do local em estudo é de R\$ 78.491,17.

Os valores que compõem as tabelas de estimativas de custos foram tirados da SINAP (Sistema Nacional de Pesquisa de Custos e Índices da Construção Civil, 2016).

#### 4.4.6 Recomendações

Cabe à prefeitura local exigir dos construtores o correto descarte dos detritos provindos de construções civis através de caçambas ou outros meios, conservando em condições de funcionamento os dispositivos hidráulicos que compõem o sistema de drenagem local. É necessário também que seja feita a fiscalização para que se possa evitar eventuais problemas como o apresentado neste trabalho, que vem a acarretar um prejuízo muito grande. Conforme apresentado a falta de fiscalização e manutenção periódica no sistema de microdrenagem local acarretou em um prejuízo de R\$ 78.491,17 onde esse prejuízo poderia ser evitado se houvesse um plano de fiscalização e/ou manutenção periódica dos dispositivos hidráulicos. Esse plano consistiria em fiscalizar corretamente os projetos de loteamento por um profissional qualificado, após término da execução da obra do loteamento e início das construções das edificações realizar fiscalização dos descartes de entulhos, fiscalização das condições dos dispositivos hidráulicos e até mesmo manutenção dos dispositivos quando necessário evitando que venha a comprometer o funcionamento do sistema. Esse plano de fiscalização e/ou manutenção dos dispositivos hidráulicos devem ocorrer com mais frequência no início das construções de edificações, devido ao grande número de construtores que executam suas obras ao mesmo tempo gerando assim um volume maior de entulhos.

## 5 CONCLUSÃO

São cada vez mais comuns os problemas em locais urbanos provindo do escoamento superficial de águas pluviais, muitas vezes sanáveis, em outras trazem consigo catástrofes e prejuízos imensuráveis.

Contudo, devido aos riscos oferecidos por um sistema de microdrenagem mal elaborado, é muito importante que para o correto dimensionamento do mesmo, tenha-se total domínio do conteúdo, uma vez que não há normas específicas que impõem e/ou auxilia nos dimensionamentos dos dispositivos hidráulicos, utilizam-se de conhecimentos compartilhados por profissionais experientes através de livros, internet, entre outros, de forma a proporcionar aos usuários conforto e segurança.

O presente conteúdo apresentado trata-se da verificação de um problema de erosão asfáltica decorrido devido a falha no sistema de microdrenagem, onde foram feitas diversas análises dos dispositivos que o compõem para se obter parâmetros e se identificar as possíveis causas para o presente problema em questão.

Sendo assim foi feito uma revisão bibliográfica pra ser possível diagnosticar o sistema e poder apresentar soluções que garantam o correto funcionamento do mesmo. Para isso foi necessário realizar o levantamento do sistema de microdrenagem do local através de visitas in loco para medições e análises dos dispositivos e busca por informações referente ao mesmo na prefeitura local. Com isso realizou-se a caracterização da bacia hidrográfica contribuinte do local em estudo e o diagnóstico do sistema onde com isso foi possível apontar soluções para melhoria no sistema de microdrenagem existente.

Devido ao diagnóstico apresentado no trabalho, foi possível apresentar as soluções tais como, limpeza e manutenção de dispositivos hidráulico, substituição de dispositivos comprometidos, implantação de dispositivos hidráulico inexistente no local e recapeamento do asfalto danificado, garantindo assim, um correto funcionamento do sistema de microdrenagem do local. Com o projeto de microdrenagem correto, busca-se evitar que os problemas existentes hoje no local, sejam resolvidos.

Por meio do trabalho apresentado pôde-se perceber que um grande fator que contribuiu para o problema em questão foi a falta de conscientização tanto da população quanto da prefeitura local, além de alguns erros de projetos e execuções. Sendo assim para um correto funcionamento dos sistemas de microdrenagem em geral é necessário que seja realizado e fiscalizado por profissionais qualificados e conscientes, uma vez que é a vida e os direitos dos cidadãos que estão em jogo.

## REFERÊNCIAS

BIDONE, Francisco R. A.; TUCCI, Carlos E. M. **Drenagem Urbana**. 1.ed. Porto Alegre: Editora da Universidade, 1995.

BOTELHO, Manuel Henrique Campos. **Águas de Chuva**: Engenharia das águas pluviais nas cidades. 3. ed. São Paulo: Blucher, 2011.

DAEE / CETESB – **Drenagem Urbana - Manual de Projeto**. 2ª Edição. 1980. São Paulo - SP.

DEPARTAMENTO NACIONAL DE INFRA-ESTRUTURA DE TRANSPORTE – DNIT. **Drenagem**: Meios-fios e Guias – Especificação de Serviços 020/2006 - ES. Rio de Janeiro, 2006. Disponível em: <[http://ipr.dnit.gov.br/normas-e-manuais/normas/especificacao-de-servicos-es/dnit020\\_2006\\_es.pdf](http://ipr.dnit.gov.br/normas-e-manuais/normas/especificacao-de-servicos-es/dnit020_2006_es.pdf)>. Acessado em: 06 de Abril de 2016.

Google *Earth*. Google. Disponível para download em: < <https://www.google.com.br/intl/pt-BR/earth/>>. Acessado em: 15 de Abril de 2016.

INSTRUÇÕES Técnicas para Elaboração de Estudos Hidrológicos e Dimensionamento Hidráulico de Sistemas de Drenagem Urbana. 2010. Rio de Janeiro, 2010. Disponível em: <<http://www.rio.rj.gov.br/dlstatic/10112/1377338/DLFE-215301.doc/InstrucoesTecnicasProjetosdeDrenagem1.versao.doc>>. Acessado em: 06 de Abril de 2016.

MEDEIROS FILHO, Carlos Fernandes de. Microdrenagem. 2009. Universidade Federal de Campina Grande – UFCG. Disponível em: <<http://www.dec.ufcg.edu.br/saneamento/Drenagem.html?submit=%25C>>. Acessado em 05 de Abril de 2016.

OLIVEIRA, Luiz Fernando Coutinho de et al. **Intensidade – duração – frequência de chuvas intensas para localidades no estado de Goiás e Distrito Federal**. 2005. Universidade Federal de Goiás, Goiás, 2005.

PORTO ALEGRE. Departamento de Esgotos Pluviais. **Plano Diretor de Drenagem Urbana**: Manual de Drenagem Urbana, 2005. Disponível em: <[http://lproweb.procempa.com.br/pmpa/prefpoa/dep/usu\\_doc/manual\\_de\\_drenagem\\_ultima\\_versao.pdf](http://lproweb.procempa.com.br/pmpa/prefpoa/dep/usu_doc/manual_de_drenagem_ultima_versao.pdf)>. Acessado em: 05 de Abril de 2016.

PREFEITURA MUNICIPAL DE VARGINHA. **Projeto de Drenagem Pluvial**. Varginha, 2016.

SINAPI - Sistema Nacional de Pesquisa de Custos e Índices da Construção Civil. **Planilha referencial de preços unitários de insumos**. CAIXA/IBGE. Belo Horizonte - MG. Setembro/2016.

TCPO – Tabelas de Composições de Preços para Orçamentos. 13 ed. São Paulo: PINI, 2013.

TEIXEIRA, Suzane Naiara. **Sistemas de Drenagem Urbana**: Estudo de Caso para a Macrodrenagem do Município de Arcos-MG. 2014. Monografia (Graduação) – Centro Universitário de Formiga, Minas Gerais, 2014.

TOMAZ, Plínio. **Método Racional**. 2013. Disponível em: <[http://www.pliniotomaz.com.br/downloads/Novos\\_livros/livro\\_metodo\\_calculos\\_vazao/capitulo02.pdf](http://www.pliniotomaz.com.br/downloads/Novos_livros/livro_metodo_calculos_vazao/capitulo02.pdf)>. Acessado em: 05 de Abril de 2014.

UFV – Universidade Federal de Viçosa. **Plúvio 2.1** - *Software*. Grupo de Pesquisa em Recursos Hídricos - GPRH da Universidade Federal de Viçosa - UFRV. Disponível para download em: <<http://www.gprh.ufv.br/?area=softwares>> Acessado em: 21 de Abril de 2016.

## APÊNDICE A

## APÊNDICE B

## APÊNDICE C

**ANEXO A**

**ANEXO B**