

N. CLASS. M 627.54  
CUTTER M 672 d  
ANO/EDIÇÃO 2015

**CENTRO UNIVERSITÁRIO DO SUL DE MINAS - UNIS/MG**

**ENGENHARIA CIVIL**

**BRUNO CESAR DE OLIVEIRA MIRANDA**

**DRENAGEM URBANA: Projeto para a implantação de um sistema ideal de drenagem  
para Avenida Alzira Barra Gazzola.**

**Varginha  
2015**

**Grupo Educacional UNIS**

**BRUNO CESAR DE OLIVEIRA MIRANDA**

**DRENAGEM URBANA: Projeto para a implantação de um sistema ideal de drenagem para Avenida Alzira Barra Gazzola.**

Trabalho apresentado como requisito para obtenção dos créditos da disciplina TCC II, 10º período do Curso de Engenharia Civil do Centro Universitário do Sul de Minas – UNIS/MG sob a orientação da Prof.ª Ivana Prado de Vasconcelos.

**Varginha  
2015**

**BRUNO CESAR DE OLIVEIRA MIRANDA**

**DRENAGEM URBANA: Projeto para a implantação de um sistema ideal de drenagem  
para Avenida Alzira Barra Gazzola.**

Trabalho de Conclusão de Curso apresentado ao curso de Engenharia de Civil do Centro Universitário do Sul de Minas, como pré-requisito para obtenção do grau de bacharel pela Banca Examinadora composta pelos membros:

Aprovado em \_\_/\_\_/\_\_

---

Esp. Max Felipe Ferreira Marques

---

Esp. Ana Paula Figueiredo

---

Ms. Ivana Prado de Vasconcelos

OBS:

## AGRADECIMENTOS

Agradeço a Deus por estar sempre comigo e por Ele ter me proporcionado a oportunidade de trilhar este caminho.

À minha família, em especial à minha mãe, pelas suas cobranças, incentivos, conselhos e orações que, por sua vez, vieram a me proporcionar um alicerce forte para superar todos os desafios. Ao meu pai, por todo seu apoio e à minha irmã pelo seu incentivo.

À minha esposa Ligia que me incentiva e me apoia. Sempre paciente ao me esperar chegar tarde após as aulas e nos dias e noites em que passo estudando.

À professora Ivana Prado de Vasconcelos coordenadora do curso de Engenharia Civil, pela sua dedicação ao me orientar, pela sua competência ao ensinar e pela paciência ao lidar com os meus erros.

Aos meus colegas de sala, que nos conhecemos há cinco anos, mas a nossa amizade durará para sempre, pois superamos cada desafio juntos.

E, por fim, à todas as pessoas que fazem parte da minha vida, pois sem elas isso jamais seria possível.

## RESUMO

A ausência de um sistema de drenagem nas vias urbanas acarreta problemas e transtornos ao meio ambiente e à população que a utiliza. Este trabalho tem como objetivo mostrar a situação atual da Avenida Alzira Barra Gazzola, em Varginha (MG) que, por sua vez, confere acesso à cidade universitária. Na maior parte de sua extensão, não existe qualquer tipo de sistema de drenagem, ao passo que é importante implantar, de forma eficiente, o sistema de drenagem pluvial. Com base na literatura específica e nas consultas aos órgãos administrativos, foi possível levantar todos os parâmetros de dimensionamento para a elaboração de um método de implantação do sistema de microdrenagem no local. A partir destes condicionantes, foi possível caracterizar a intensidade, duração e a frequências das chuvas daquela bacia, bem como as condições das vazões captadas. Não existe um planejamento de ocupação da área, porém há pedidos de diretrizes para uso residencial. Verificou-se que não existe sistema de captação, em razão disso se tornaram frequentes os alagamentos no local gerando a degradação do pavimento. A solução, como descrito antes, é propor um sistema de drenagem, com objetivo de captar as águas provenientes das chuvas, e através dos estudos realizados, a interligação do sistema proposto ao sistema existente na Cidade Universitária das águas pluviais, facilitando desta forma o desenvolvimento do projeto e reduzindo os custos quanto à execução de novos poços de visitas. Todos os procedimentos estão detalhados neste trabalho de forma a demonstrar a necessidade da implantação do sistema de águas pluviais assim como os caminhos a serem seguidos para o desenvolvimento do mesmo.

**Palavras Chave:** Micro drenagem; drenagem urbana; projeto de drenagem.

## **ABSTRACT**

*The absence of a drainage system in the urban roads causes problems and inconvenience to the environment and the people who uses. This work aims to show the current status of Alzira Avenue Bar Gazzola in Varginha (MG), which in turn give access to the university town. For most of its length, there is no type of drainage system, whereas it is of paramount importance to implement efficiently, one of these systems there. Based on the literature and consultation with administrative bodies, it was possible to all design parameters for developing a method of analysis. From these conditions, it was possible to characterize the intensity, duration and frequency of rainfall of the basin as well as the conditions of the capitate flows. There is no occupation planning of the area, but there are requests for guidelines for residential use. It has been found that there is no capitation system, and because it became frequent flooding and there became marked deterioration of the pavement. The solution, as said before, is to install a drainage system in order to capture the water from the rains, and through the studies, the dissipation of rainwater can occur on already deployed system of the City University of UNIS / MG, facilitating thus the development of the project and reducing costs for the implementation of new wells visits. Within the studies and attachments, all procedures are detailed enough to demonstrate the need for stormwater system deployment as well as the paths to follow for its development.*

**Keywords:** *Micro drainage; urban drainage; drainage project.*

## LISTA DE FIGURAS

Figura 1 – Representação da seção transversal de uma sarjeta.....	19
Figura 2 – Detalhe genérico da boca de lobo simples.....	21
Figura 3 – Relações trigonométricas e geométricas da galeria.....	22
Figura 4 – Detalhe típico do poço de visita.....	24
Figura 5 – Localização da Avenida Alzira Barra Gazzola com curvas de nível.....	28
Figura 6 – Delimitação da bacia de contribuição.....	29
Figura 7 – Divisão de áreas.....	29
Figura 8 – Área de contribuição do sistema existente.....	30
Figura 9 – Sistema de drenagem existente.....	30
Figura 10 – Degradação do pavimento.....	31
Figura 11 – Alagamento devido a vegetação e ao acúmulo de solo.....	31
Figura 12 – Alagamento próximo aos acessos.....	32
Figura 13 – Alagamento no ponto de cotas mais baixas.....	32
Figura 14 – Extensão e declividade da avenida e cotas de altimetria.....	33
Figura 15 – Parâmetros para equação de intensidade, duração e frequência de precipitação.....	35
Figura 16 – Divisão de áreas da bacia.....	37
Figura 17 – Comprimento do talvegue.....	38
Figura 18 – Pontos de acesso de águas pluviais.....	42
Figura 19 – Perfil da Avenida Alzira Barra Gazzola.....	43
Figura 20 – Menor cota da Avenida.....	43
Figura 21 – Distribuição das áreas da bacia.....	43
Figura 22 – Boca de Lobo Guia Chapéu.....	44
Figura 23 – Determinação de área para Bocas de Lobo.....	45
Figura 24 – Bacias e Bocas de Lobo.....	45
Figura 25 – Dimensionamento de sarjetas.....	46

## LISTA DE TABELAS

Tabela 1– Coeficiente de escoamento superficial .....	17
Tabela 2– Coeficiente de escoamento superficial .....	17
Tabela 3 – Período de retorno de chuvas intensas .....	18
Tabela 4 – Coeficiente de redução sobre os valores teóricos calculados .....	20
Tabela 5 – Condutos circulares parcialmente cheios. Relações baseadas na Equação de Manning .....	23
Tabela 6 – Dimensões dos poços de visita .....	24
Tabela 7 – Vazão total e declividade.....	42
Tabela 8 – Estimativa de distribuição de bocas de lobo.....	45
Tabela 9 – Cálculo de sarjetas.....	46
Tabela 10 – Cálculo Hidráulico da Galeria.....	47
Tabela 11 – Cálculo Hidráulico da Galeria II.....	47
Tabela 12 – Lista de Materiais e Mão de Obra.....	51
Tabela 13 – Orçamento Sintético.....	53



## SUMÁRIO

1 INTRODUÇÃO.....	10
2 OBJETIVOS.....	11
2.1 Objetivo Geral.....	11
2.2 Objetivo Especifico.....	11
3 REVISÃO BIBLIOGRÁFICA.....	12
3.1 Conceitos sobre sistema de micro drenagem.....	12
3.2 Componentes do sistema de micro drenagem.....	12
3.3 Fatores intervenientes do sistema.....	14
3.4 Parâmetros de projeto.....	15
4 METODOLOGIA.....	25
5 DIAGNÓSTICO.....	28
5.1 Características da área em estudo.....	28
5.2 Caracterização as situação atual.....	31
5.3 Análise da situação.....	33
6 CARACTERIZAÇÃO DO PROBLEMA E DESCRISÇÃO DE SOLUÇÕES.....	37
6.1 Verificação do sistema existente.....	38
6.2 Boca de Lobo.....	44
6.3 Sarjetas.....	46
7 LEGISLAÇÃO MUNICIPAL.....	48
8 PROCEDIMENTOS EXECUTIVOS.....	49
8.1 Sarjetas.....	49
8.2 Boca de Lobo.....	49
8.3 Poço de Visita.....	49
8.4 Tubos.....	50
8.5 Pavimentos em CBUQ.....	50
9 MATERIAIS, MÃO DE OBRA E ORÇAMENTO.....	51
10 CONCLUSÃO.....	54
11 REFERÊNCIAS BIBLIOGRÁFICAS.....	56

## 1 INTRODUÇÃO

Com base na metodologia de projeto e nas adversidades encontradas em campo, deve ser definida a melhor solução para a área em estudo. É preciso levar em conta todos os fatores, bem como é importante não olvidar das interferências atuais e futuras, de modo que imprescindível seria desenvolver um projeto que tenha como finalidade melhorar as condições do local.

Este trabalho mostra a situação da Avenida Alzira Barra Gazzola, em Varginha (MG) e que dá acesso para a cidade universitária. Aquela Avenida tem sofrido frequentes alagamentos devido à falta de dispositivos drenantes e, por conseqüência, vem gerando vários transtornos aos usuários.

Os problemas ocasionados pela falta de um sistema adequado de drenagem de águas pluviais são: os alagamentos, erosões, inundações, deslizamentos, aquaplanagem, obstrução da via e riscos de acidentes.

A maioria dos efeitos prejudiciais das chuvas em vias, como aquela que ora se comenta, ocorre devido a ação do homem, pois, a ocupação desordenada das áreas e a impermeabilização do solo diminui a capacidade de infiltração.

Um sistema adequado de drenagem proporciona diversos benefícios para a população e, como exemplo disso, tem-se:

- diminuição dos gastos com manutenção das vias;
- valorização das propriedades que existem na área afetada;
- escoamento rápido das águas superficiais;
- facilitação do tráfego;
- eliminação das águas estagnadas e lamaçais (focos de doenças);
- diminuição das perdas ao meio ambiente;
- melhoras das condições de circulação de pedestres e veículos em dias chuvosos.

Espera-se, com este trabalho, mostrar os problemas existentes e, outrossim, propor soluções que possam melhorar a qualidade da via em questão.

Este é um exercício fundamental e de grande importância para se obter a graduação de Engenheiro Civil e, não obstante isso, o assunto que se segue mostra todos os métodos e processos para a solução do problema em tela.

## **2 OBJETIVOS**

### **2.1 Objetivo Geral**

- ~~Apontar~~ Apresentar solução para o problema da ausência de drenagem para a Avenida Alzira Barra Gazzola, na cidade de Varginha-MG.

### **2.2 Objetivo Específico**

- Diagnosticar os problemas existentes;
- Levantar dados hidrológicos;
- Mensurar as vazões;
- Indicar possíveis soluções para a implantação de um sistema de drenagem;
- Dimensionar o sistema.

### 3 REVISÃO BIBLIOGRÁFICA

#### 3.1 Conceito sobre sistema de micro drenagem

Segundo Jabôr (2013), a drenagem é uma ciência que, através de um sistema dinâmico que busca evitar o excesso de águas superficiais e profundas, visa proteger tudo aquilo que possa sofrer influência da mesma.

Conforme CETESB – Companhia Ambiental do Estado de São Paulo (1986), sempre existirá o escoamento das águas pluviais independente do sistema, mas a qualidade do mesmo é o que determinará os benefícios ou prejuízos à população.

Segundo Botelho (2011), a calha da rua é o caminho para a passagem das águas pluviais, mas dependendo da situação não é suficiente, ocasionando, assim, alagamentos e inundações. Surge então a necessidade de dispositivos que captam essas águas.

Jabôr (2013) complementa, que, para garantir a integridade das estradas, do meio ambiente e dos usuários, é necessário que seja observado um conjunto de dispositivos de drenagem.

Botelho (2011), deve se planejar a chegada das águas em rios ou córregos para não causar perturbações ou erosões no corpo receptor.

#### 3.2 Componentes do sistema de micro drenagem

Conforme Botelho (2011) para se evitar o alagamento da rua, a vazão excedente da sarjeta deve ser captada por bocas de lobo, bocas de leão ou caixa com grelha e, ainda, por meio de galerias. A referida vazão deve ser enviada para os poços de visita ou caixas de passagem e destes vão para as tubulações principais onde são enviadas para os dissipadores de energia. Tais componentes devem ser colocados em pontos estratégicos, funcionando como “armadilhas” a fim de captar as águas nos locais corretos.

Botelho (2011), explica que são as guias, também chamadas de “meio-fio”, que definem o limite entre o passeio e o leito carroçável.

Azevedo Netto (1998), diz que as sarjetas são calhas formadas pelas faixas das vias e meio fio, já os sarjetões são faixas nos cruzamentos das vias. Ambos têm o comportamento de canais com seção triangular.

Botelho (2011) diz que os sarjetões são soluções superficiais para escoar as águas e evitar assim, em alguns casos, o uso de bocas de lobos e galerias.

Conforme CETESB (1986), as bocas de lobo são elementos localizados nas sarjetas e que tem como objetivo captar as águas provenientes das mesmas e conduzi-las para as galerias ou tubulações subterrâneas.

Botelho (2011) diz que a boca de lobo é a solução mais utilizada para a captação de água localizada na sarjeta, e essa captação é feita horizontalmente e/ou verticalmente. A boca de lobo consiste nos rebaixamentos da sarjeta, da guia chapéu, da grelha, da caixa de captação e da tampa de cobertura para, assim, conectar na galeria pluvial.

CETESB (1986) classifica as bocas de lobo de acordo com seu formato e mostra suas vantagens e/ou desvantagens para cada tipo:

- Boca de lobo simples: é constituída por uma abertura vertical na guia, denominada guia chapéu. A principal vantagem é que ocorrem obstruções por detritos com menor frequência, quando comparados com outros tipos de boca de lobo, sobretudo por conta de sua abertura ser maior. A desvantagem é a baixa eficiência quando utilizadas em sarjetas com alta declividade.

- Boca de lobo com grelha: possui uma abertura composta por barras, longitudinal ou transversal. A desvantagem é a fácil obstrução por detritos, ocasionando numa redução da sua capacidade de esgotamento.

- Boca de lobo combinada: é uma associação da boca de lobo simples e a boca de lobo com grelha, funcionando como um conjunto único. Sem ocorrência de obstrução, a guia chapéu pouco influi na capacidade de esgotamento, porém, caso haja uma obstrução, esta será importante para o seu funcionamento.

- Boca de lobo múltipla: é a ocorrência de duas ou mais bocas de lobos instaladas em série, pode ser de qualquer tipo daquelas citadas acima. E são consideradas todas as particularidades de cada tipo.

Botelho (2011) diz que as galerias são responsáveis pelo esgotamento da boca de lobo, encaminhando as águas até a canalização principal. Essas galerias podem ser de concreto simples ou concreto armado e seu critério de escolha é a capacidade que tem para suportar esforços. Ambos os tipos de galerias são juntas elásticas, usando um anel de borracha, e junta rígida, usando cimento argamassa de cimento e areia.

Para Botelho (2011), os poços de visita tem a função de permitir o acesso de pessoas para que seja feita a limpeza de desobstrução das galerias. Os Poços de visita são instalados em cruzamento de redes, na alteração de diâmetro da galeria, na mudança de direção da galeria, na montante da rede e nos trechos muito longos de galeria sem inspeção.

Botelho (2011) explica que as rampas e as escadarias hidráulicas são canais utilizados para conduzir as águas das posições altas para as posições mais baixas. As rampas têm declividade contínua e alta velocidade de escoamento. Já as escadarias hidráulicas tem descida descontínua, utilizando-se de degraus. As escadarias hidráulicas são classificadas em escadarias hidráulicas com colchão de água e escadarias hidráulicas sem o colchão de água.

- Escadarias hidráulicas com colchão de água: A água vai caindo sobre um colchão formado pela própria água, evitando, assim, a erosão do pavimento.

- Escadarias hidráulicas sem o colchão de água: é a mais simples das escadas, porém o pavimento recebe diretamente à ação erosiva das águas.

Segundo DNIT – Departamento Nacional de Infraestrutura e Transportes (2006) as bacias de amortecimento, ou dissipadores localizados, são obras destinadas à diminuir a velocidade da água que vem das galerias para o terreno natural, de modo a evitar o fenômeno da erosão. Geralmente as bacias de amortecimento são instaladas nos seguintes locais:

- No pé das descidas d'água nos aterros;
- Na boca de jusante dos bueiros;
- Na saída das sarjetas de corte, nos pontos de passagem de corte aterro.

Jabôr (2013) diz que os dissipadores de energia, são componentes utilizados para dissipar um fluxo d'água, diminuindo a sua velocidade e evitando a erosão no final das saídas d'água.

Para Jabôr (2013), um eficaz Projeto de Drenagem, definido e dimensionado, é fundamental para que os dispositivos que compõem um Sistema de Drenagem cumpram seus objetivos.

### **3.3 Fatores intervenientes no sistema**

Conforme SUDERHSA - Superintendência de Desenvolvimento de Recursos Hídricos e Saneamento Ambiental (2002) a drenagem pluvial é um item fundamental de um projeto urbanístico, pois ela permite o melhor funcionamento urbano e exige espaço. Os dispositivos de drenagem só terão sua melhor eficiência quando a engenharia e arquitetura caminham juntas.

Segundo Botelho (2011), a ocupação urbana leva em conta a topografia da área (evitando urbanizar trechos com declividade superior a 30%) e a geologia, dando, assim, critérios para cortes e aterros.

Azevedo Netto(1998) mostra que a bacia hidrográfica é uma área delimitada pelas suas vertentes, que, por sua vez, recebem as águas provenientes das chuvas que foram escoadas superficialmente até atingir a seção de drenagem.

Jabor (2013) diz que toda água proveniente de precipitação em uma bacia hidrográfica, tem uma parte considerável do seu volume retido através das depressões no terreno, vegetação, infiltração no solo. O resto do seu volume que flui para o local da área a ser drenada é chamado de coeficiente de escoamento ou coeficiente de deflúvio ou ainda coeficiente de “run-off”.

Jabôr (2013) diz que o tempo de concentração é o intervalo que se dá no início da precipitação até o momento em que toda bacia contribui para a vazão na seção analisada.

Botelho (2011), explica que a intensidade pluviométrica é a quantidade de chuva que cai em uma área de um metro quadrado num determinado espaço de tempo. E considerando a altura que a água subiu, temos o volume. A unidade usual é o milímetro, ou seja, quantos milímetros que a água subiu em um metro quadrado por um espaço de tempo.

Jabôr (2013) explica que o objetivo dos estudos hidrológicos é obter dados para que seja possível definir critérios para determinar as vazões a serem utilizadas no dimensionamento do projeto de drenagem.

CETESB (1986) afirma que devem ser feitos estudos hidrológicos para se obterem elementos e estabelecer índices para se determinar as vazões de projeto.

### **3.4 Parâmetros de projeto**

CETESB (1986) diz que nunca haverá situações idênticas em projetos distintos. Por isso é indispensável que o projetista tenha todas as informações pertinentes à área em estudo.

Para Botelho (2011), com a planta da área a ser drenada, é fundamental saber a conformação da área em estudo verificando, assim, o sentido de escoamento. Desta forma, é preciso posicionar as flechas de sentido com a finalidade de indicar as vertentes e o sentido de escoamento das águas pluviais.

Botelho (2011) complementa dizendo que o traçado das ruas é o elemento definidor do sistema de esgotamento pluvial. Pois é ele que define as larguras, declividades e a liberação ou não dos fundos de vales.

CETESB (1986) explica que a planta da área a ser drenada, deverá mostrar ruas, interseções, utilidade pública e tipo de ocupação. Deverá ser apresentado em escala 1:500 ou 1:1000 com curvas de nível de espaçamento entre si, de 0,5m ou 1m em relação a altimetria.

CETESB (1986) complementa dizendo que o engenheiro responsável pelo projeto e drenagem deve trabalhar em conjunto com o urbanista no planejamento das seções típicas das ruas e avenidas.

CETESB (1986) diz que o Método Racional é o método mais recomendado para analisar a descarga de projeto, porém, é indicado para bacias que sejam iguais ou menores que 1 Km<sup>2</sup> e que não tenham complexidades.

Azevedo Netto (1998) diz que a avaliação da vazão utilizando o método racional, consiste na aplicação da seguinte expressão:

$$Q = C \times i \times A$$

onde:

Q = Deflúvio superficial máximo direto. (m<sup>3</sup>/h)

C = Coeficiente de “Run off”.

i = Intensidade máxima de chuva. (mm/h)

A = Área contribuinte da bacia em ha.

Segundo CETESB (1986), para se calcular o coeficiente de “Run off” médio, baseia-se na porcentagem de diferentes tipos de superfícies em relação à área em estudo. Encontrando assim valores razoáveis do coeficiente para toda a área. Utiliza-se a fórmula:

$$C_{\text{Médio}} = \frac{\sum A_i \times C_i}{A_t}$$

onde:

A<sub>i</sub> – Área de acordo com sua característica de escoamento superficial da bacia em estudo. Ex: pavimentação asfáltica, área verde, área industrial e área residencial.

C<sub>i</sub> – Coeficiente de escoamento superficial de acordo com sua característica com base no uso e/ou ocupação da área conforme Tabela 1 e Tabela 2.

A<sub>t</sub> – Área total da bacia.



Tabela 1– Coeficiente de escoamento superficial.

DESCRIÇÃO DA ÁREA	COEFICIENTE DE “RUN OFF”
Área comercial <ul style="list-style-type: none"> <li>• Central</li> <li>• Bairros</li> </ul>	0,70 a 0,95 0,50 a 0,70
Área residencial <ul style="list-style-type: none"> <li>• Residências isoladas</li> <li>• Unidades Múltiplas (separadas)</li> <li>• Unidades Múltiplas (conjugadas)</li> <li>• Lotes com 2.000 m<sup>2</sup> ou mais</li> </ul>	0,35 a 0,50 0,40 a 0,60 0,60 a 0,75 0,30 a 0,45
Área com prédios de apartamentos	0,50 a 0,70
Área Industrial <ul style="list-style-type: none"> <li>• Indústrias Leves</li> <li>• Indústrias Pesadas</li> </ul>	0,50 a 0,80 0,60 a 0,90
Área residencial <ul style="list-style-type: none"> <li>• Residências isoladas</li> <li>• Unidades Múltiplas (separadas)</li> <li>• Unidades Múltiplas (conjugadas)</li> <li>• Lotes com 2.000 m<sup>2</sup> ou mais</li> </ul>	0,35 a 0,50 0,40 a 0,60 0,60 a 0,75 0,30 a 0,45
Parques, Cemitérios	0,10 a 0,25
“Playgrounds”	0,20 a 0,35
Pátios de estradas de ferro	0,20 a 0,40
Áreas sem melhoramento	0,10 a 0,30

Fonte: CETESB (1986).

Tabela 2– Coeficiente de escoamento superficial.

DESCRIÇÃO DA ÁREA	COEFICIENTE DE “RUN OFF”
Ruas <ul style="list-style-type: none"> <li>• Pavimentação asfáltica</li> <li>• Pavimentação de concreto</li> </ul>	0,70 a 0,95 0,80 a 0,95
Passeios	0,70 a 0,85
Telhados	0,70 a 0,95
Terrenos relvados (solos arenosos) <ul style="list-style-type: none"> <li>• Pequena declividade (2%)</li> <li>• Declividade média (2% a 7%)</li> <li>• Forte declividade (7%)</li> </ul>	0,05 a 0,10 0,10 a 0,15 0,15 a 0,20
Terrenos relvados (solos pesados) <ul style="list-style-type: none"> <li>• Pequena declividade (2%)</li> <li>• Declividade média (2% a 7%)</li> <li>• Forte declividade (7%)</li> </ul>	0,15 a 0,20 0,20 a 0,25 0,25 a 0,30

Fonte: CETESB (1986).

Chen (1983) propõe que, em regiões onde não há equações para se determinar a intensidade máxima de precipitação, deve ser utilizada a seguinte equação:

$$I_m = \frac{K \times TR^a}{(t + b)^c}$$

onde:

$I_m$  = Intensidade máxima de precipitação em  $\text{mm} \cdot \text{h}^{-1}$

TR = tempo de retorno da chuva em anos.

K – a – b – c são parâmetros locais obtidos por regressão não linear, com base nas informações extraídas de pluviogramas.

t – Tempo de duração mínima. (Min.)

Conforme CETESB (1986) para um sistema de micro drenagem será considerado um tempo de retorno de chuvas de 2 a 10 anos, que deve ser adotado de acordo com a Tabela 3.

Tabela 3 – Período de retorno de chuvas intensas.

TIPO DE OCUPAÇÃO DA ÁREA	PERÍODO DE RETORNO DA CHUVA INICIAL DE PROJETO
1. Residencial	2 anos
2. Áreas comerciais	5 anos
3. Áreas com edifícios públicos	5 anos
4. Aeroportos	2 – 5 anos
5. Áreas comerciais altamente valorizadas e terminais aeroportuários	5 – 10 anos

Fonte: CETESB (1986).

Segundo Botelho (2011) o tempo de concentração pode ser estimado pela soma de dois tempos:

$$t_c = t_a + t_s$$

$t_c$  – Tempo de duração da chuva em minutos.

$t_a$  – Tempo gasto por uma gota de água percorre do ponto extremo da bacia, até chegar ao vale de maior extensão, fixa – se:  **$t_a = 10$  minutos em projetos urbanos.**

$t_s$  – Tempo que uma gota de água gasta para percorrer o caminho de maior extensão da bacia, até a seção drenante.

Botelho (2011), para calcular o  $t_s$  utiliza-se a fórmula de George Ribeiro, publicada em fevereiro de 1961, na revista do Clube de Engenharia.

$$T_s = \frac{16 \times L}{(1,05 - 0,2p) \times (100 \times I_m)^{0,04}}$$

onde:

$T_s$  – Tempo de escoamento superficial da bacia (min.)

L – Distância entre o ponto mais longe da área de contribuição ao ponto considerado. (km).

$p$  – Porcentagem de área verde da bacia.

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

Segundo CETESB (1986), pode-se calcular a capacidade teórica de descarga nas sarjetas pela equação de Manning modificada por IZZARD:

$$Q = 0,375 \cdot \left(\frac{Z}{n}\right) \cdot i^{1/2} \cdot y^{8/3}$$

Onde:

$Q$  – descarga em  $m^3/s$ .

$Z$  – é o inverso da declividade transversal.

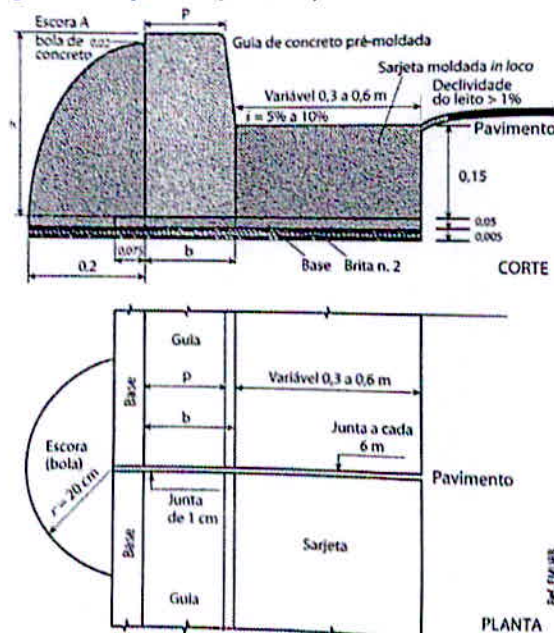
$i$  – é a declividade longitudinal.

$y$  – é profundidade junto à linha de fundo em m.

$n$  – é o coeficiente de rugosidade.

A Figura 1 mostra uma seção típica de uma sarjeta representando itens a serem considerados para a aplicação na equação.

Figura 1 – Representação da seção transversal de uma sarjeta.



Fonte: Botelho (2011)

Azevedo Netto (1998), diz que a capacidade hidráulica das bocas de lobo na guia, pode ser considerada como a de um vertedor de parede espessa, cuja expressão é:

$$Q = 1,71. L. H^{3/2} \text{ (m/s)}$$

Onde:

L – é o comprimento da abertura (m)

H – é a altura da água nas proximidades (m)

Para boca de lobo com grelha, pode-se utilizar a mesma expressão, porém deve-se substituir L por P (perímetro da área livre do orifício).

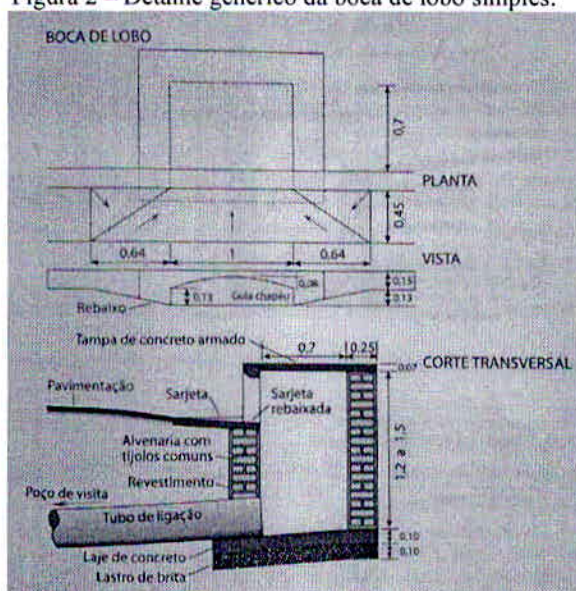
CETESB (1986) mostra que a capacidade hidráulica das bocas de lobo é reduzida por diversos fatores, tais como detritos carregados pelas chuvas e irregularidades nos pavimentos. Para compensar esses efeitos deve-se aplicar coeficientes de redução conforme o quadro 4.

Tabela 4 – Coeficiente de redução sobre os valores teóricos calculados.

LOCALIZAÇÃO NAS SARJETAS	TIPO DA BOCA DE LOBO	% PERMITIDA SOBRE O VALOR TEÓRICO
Ponto baixo	Simple	80
Ponto baixo	Com grelha	50
Ponto baixo	Combinada	65
Ponto intermediário	Simple	80
Ponto intermediário	Grelha longitudinal	60
Ponto intermediário	Grelha transversal, ou longitudinal com barras transversais.	50
Ponto intermediário	Combinada	110% dos valores indicados para a grelha correspondente.

Fonte: CETESB (1986).

Figura 2 – Detalhe genérico da boca de lobo simples.



Fonte: Botelho (2011).

Conforme Azevedo Netto (1998), com as vazões de projeto definidas, a aplicação do método racional considera-se os seguintes princípios:

- a duração da chuva é igual ao tempo de concentração;
- intensidade constante na duração da chuva;
- impermeabilidade da superfície não se altera na duração da chuva;
- o escoamento da galeria como conduto livre em regime permanente e uniforme;
- diâmetro mínimo é de 300 mm;
- velocidade mínima de 0,75m/s;
- velocidade máxima de 5m/s;
- declividade econômica é igual a do terreno;

Os valores indicados acima são sugeridos, pois ainda não existe uma norma brasileira de recomendações.

O diâmetro da tubulação pode ser calculado com a equação de Manning, considerando altura de lamina d'água menor que 0,9d, com a seguinte expressão:

$$d = 1,511 \left( n \cdot Q \cdot I^{-\frac{1}{2}} \right)^{\frac{3}{8}}$$

Azevedo Netto (1998) mostra que a Tabela 4 – Coeficiente de redução sobre os valores teóricos calculados, esta associado a equação de Manning e auxilia o dimensionamento das galerias com as seguintes relações:

$$y/d = 1/2 (1 - \cos\theta/2)$$

$$\theta = 2 \arccos (1 - 2y/d), \text{ em radianos.}$$

$$R/d = (\theta - \text{sen } \theta)/40$$

$$A/d^2 = (\theta - \text{sen } \theta)/8$$

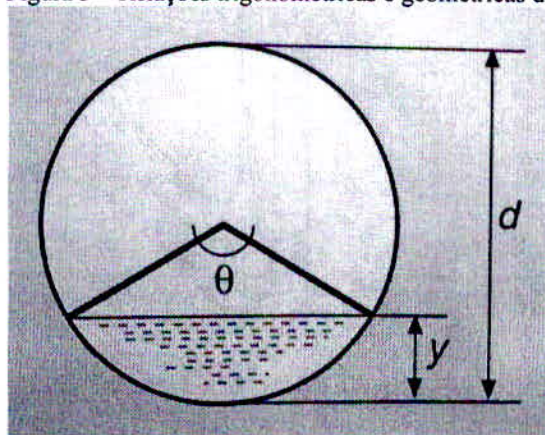
R = raio hidráulico

A = área molhada

$$v/v_p = \left(\frac{\theta - \text{sen } \theta}{\theta}\right)^{2/3}$$

$$Q/Q_p = \left(\frac{\theta - \text{sen } \theta}{\theta}\right)^{2/3} \cdot \left(\frac{\theta - \text{sen } \theta}{2\pi}\right)$$

Figura 3 – Relações trigonométricas e geométricas da galeria



Fonte: Azevedo Netto (1998).

$$Q_p = \frac{\pi d^2}{4 \cdot n} \cdot \left(\frac{d}{4}\right)^{2/3} I^{1/2}$$

$$v_p = \frac{1}{n} \cdot \left(\frac{d}{4}\right)^{2/3} I^{1/2}$$

onde:

n- Rugosidade do material.

$Q_p$ - Vazão a seção plena .

d- Diâmetro do tubo.

I - Inclinação.

$v_p$  – velocidade a seção plena.

Com a relação de  $Q/Q_p$ , consultar a Tabela 5 para de obter os valores de  $y/d$ , raio hidráulico, velocidade real e a área molhada.

Tabela 5 – Condutos circulares parcialmente cheios. Relações baseadas na Equação de Manning

Tabela 18.3 – Condutos circulares parcialmente cheios									
Relações baseadas na equação de Manning									
$y/d$	$R/d$	$A/d^2$	$v/v_p$	$Q/Q_p$	$y/d$	$R/d$	$A/d^2$	$v/v_p$	$Q/Q_p$
0,01	0,0066	0,0013	0,0890	0,00015	0,51	0,2531	0,4027	1,0084	0,51702
0,02	0,0132	0,0037	0,1408	0,00067	0,52	0,2562	0,4127	1,0165	0,53411
0,03	0,0197	0,0069	0,1839	0,00161	0,53	0,2592	0,4227	1,0243	0,55127
0,04	0,0262	0,0105	0,2221	0,00298	0,54	0,2621	0,4327	1,0320	0,56847
0,05	0,0326	0,0147	0,2569	0,00480	0,55	0,2649	0,4426	1,0393	0,58571
0,06	0,0389	0,0192	0,2891	0,00708	0,56	0,2676	0,4526	1,0464	0,60296
0,07	0,0451	0,0242	0,3194	0,00983	0,57	0,2703	0,4625	1,0533	0,62022
0,08	0,0513	0,0294	0,3480	0,01304	0,58	0,2728	0,4724	1,0599	0,63746
0,09	0,0575	0,0350	0,3752	0,01672	0,59	0,2753	0,4822	1,0663	0,65467
0,10	0,0635	0,0409	0,4011	0,02088	0,60	0,2776	0,4920	1,0724	0,67184
0,11	0,0695	0,0470	0,4260	0,02550	0,61	0,2799	0,5018	1,0783	0,68895
0,12	0,0755	0,0534	0,4499	0,03058	0,62	0,2821	0,5115	1,0839	0,70597
0,13	0,0813	0,0600	0,4730	0,03613	0,63	0,2842	0,5212	1,0893	0,72290
0,14	0,0871	0,0668	0,4953	0,04214	0,64	0,2862	0,5308	1,0944	0,73972
0,15	0,0929	0,0739	0,5168	0,04861	0,65	0,2881	0,5404	1,0993	0,75641
0,16	0,0986	0,0811	0,5376	0,05552	0,66	0,2900	0,5499	1,1039	0,77295
0,17	0,1042	0,0885	0,5578	0,06288	0,67	0,2917	0,5594	1,1083	0,78932
0,18	0,1097	0,0961	0,5774	0,07068	0,68	0,2933	0,5687	1,1124	0,80551
0,19	0,1152	0,1039	0,5965	0,07891	0,69	0,2948	0,5780	1,1162	0,82149
0,20	0,1206	0,1118	0,6150	0,08757	0,70	0,2962	0,5872	1,1198	0,83724
0,21	0,1259	0,1199	0,6331	0,09664	0,71	0,2975	0,5964	1,1231	0,85275
0,22	0,1312	0,1281	0,6506	0,10613	0,72	0,2987	0,6054	1,1261	0,86799
0,23	0,1364	0,1365	0,6677	0,11602	0,73	0,2998	0,6143	1,1288	0,88294
0,24	0,1416	0,1449	0,6844	0,12631	0,74	0,3008	0,6231	1,1313	0,89758
0,25	0,1466	0,1535	0,7007	0,13698	0,75	0,3017	0,6319	1,1335	0,91188
0,26	0,1516	0,1623	0,7165	0,14803	0,76	0,3024	0,6405	1,1354	0,92582
0,27	0,1566	0,1711	0,7320	0,15945	0,77	0,3031	0,6489	1,1369	0,93938
0,28	0,1614	0,1800	0,7470	0,17123	0,78	0,3036	0,6573	1,1382	0,95253
0,29	0,1662	0,1890	0,7618	0,18336	0,79	0,3039	0,6655	1,1391	0,96523
0,30	0,1709	0,1982	0,7761	0,19583	0,80	0,3042	0,6736	1,1397	0,97747
0,31	0,1756	0,2074	0,7901	0,20863	0,81	0,3043	0,6815	1,1400	0,98921
0,32	0,1802	0,2167	0,8038	0,22175	0,82	0,3043	0,6893	1,1399	1,00041
0,33	0,1847	0,2260	0,8172	0,23518	0,83	0,3041	0,6969	1,1395	1,01104
0,34	0,1891	0,2355	0,8302	0,24892	0,84	0,3038	0,7043	1,1387	1,02107
0,35	0,1935	0,2450	0,8430	0,26294	0,85	0,3033	0,7115	1,1374	1,03044
0,36	0,1978	0,2546	0,8554	0,27724	0,86	0,3026	0,7186	1,1358	1,03913
0,37	0,2020	0,2642	0,8675	0,29180	0,87	0,3018	0,7254	1,1337	1,04706
0,38	0,2062	0,2739	0,8794	0,30662	0,88	0,3007	0,7320	1,1311	1,05420
0,39	0,2102	0,2836	0,8909	0,32169	0,89	0,2995	0,7384	1,1280	1,06047
0,40	0,2142	0,2934	0,9022	0,33699	0,90	0,2980	0,7445	1,1243	1,06580
0,41	0,2182	0,3032	0,9131	0,35250	0,91	0,2963	0,7504	1,1200	1,07011
0,42	0,2220	0,3130	0,9239	0,36823	0,92	0,2944	0,7560	1,1151	1,07328
0,43	0,2258	0,3229	0,9343	0,38415	0,93	0,2921	0,7612	1,1093	1,07520
0,44	0,2295	0,3328	0,9445	0,40025	0,94	0,2895	0,7662	1,1027	1,07568
0,45	0,2331	0,3428	0,9544	0,41653	0,95	0,2865	0,7707	1,0950	1,07452
0,46	0,2366	0,3527	0,9640	0,43296	0,96	0,2829	0,7749	1,0859	1,07138
0,47	0,2401	0,3627	0,9734	0,44954	0,97	0,2787	0,7785	1,0751	1,06575
0,48	0,2435	0,3727	0,9825	0,46624	0,98	0,2735	0,7816	1,0618	1,05669
0,49	0,2468	0,3827	0,9914	0,48307	0,99	0,2666	0,7841	1,0437	1,04196
0,50	0,2500	0,3927	1,0000	0,50000	1,00	0,2500	0,7854	1,0000	1,00000

Fonte: Azevedo Netto (1998).

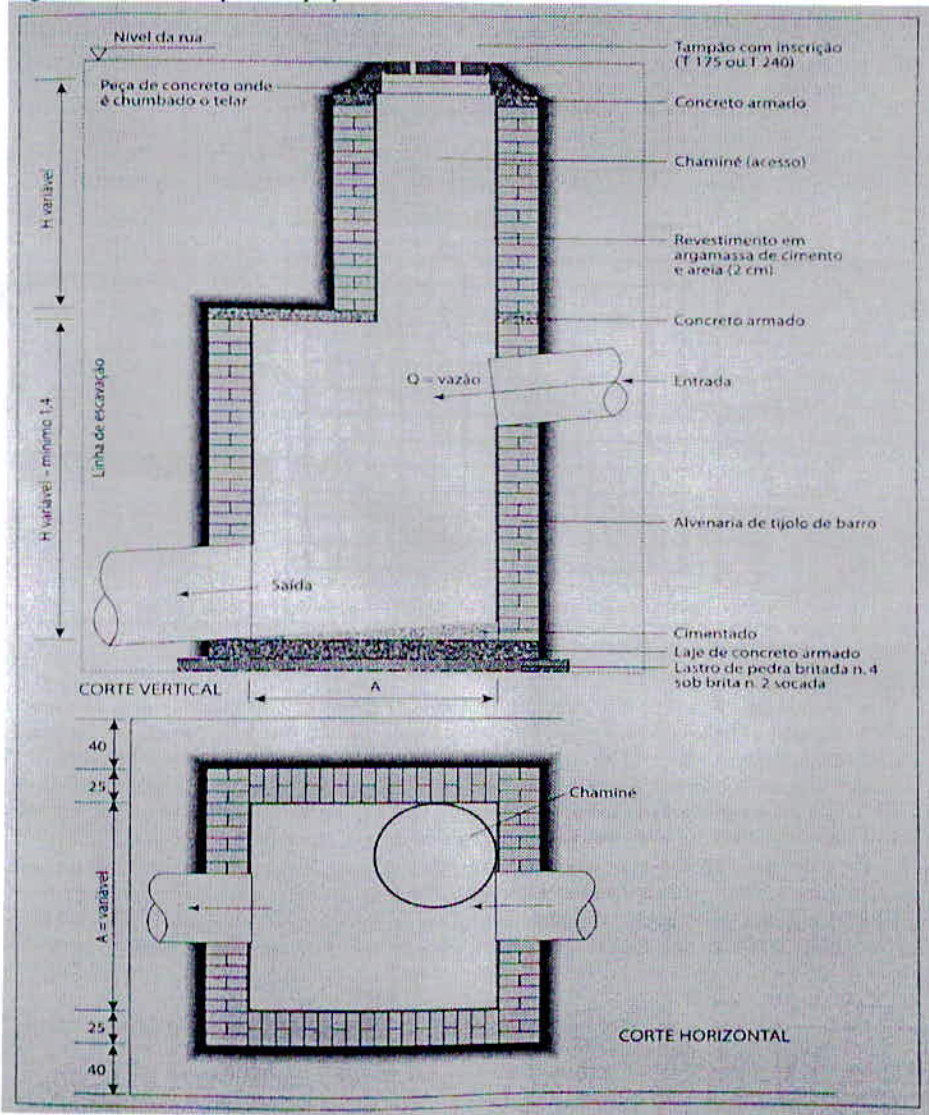
Segundo Botelho (2011) as dimensões dos poços de visita variam em função do diâmetro da galeria, na qual recebe. Conforme mostram as dimensões na Tabela 6 e aplicando na Figura 4 a seguir:

Tabela 6 – Dimensões dos poços de visita

Tabela de variação da dimensão A em função do maior diâmetro				
D (mm)	A (m)		D (mm)	A (m)
	1,20 mínimo		900	1,7
600	1,4		1000	1,8
700	1,5		1200	2
800	1,6		1500	2,3

Fonte: Botelho (2011).

Figura 4 – Detalhe típico do poço de visita



Fonte: Botelho (2011).



#### 4 METODOLOGIA

Este trabalho mostra a atual situação da Avenida Alzira Barra Gazzola, na cidade de Varginha-MG. Os dados da área em estudo foram levantados a partir de medições no local, arquivos da prefeitura e dos softwares Google Earth e Auto CAD civil 3D versão 2012. Com todos os dados em mãos foi possível gerar as curvas de nível. A partir deste ponto torna-se possível delimitar a bacia e dividir área de ruas, lotes e áreas verdes.

Para se determinar a vazão pluvial, foi aplicada a seguinte expressão:

$$Q = C \times i \times A$$

onde:

Q = Deflúvio superficial máximo direto. (m<sup>3</sup>/h)

C = Coeficiente de “Runoff”.

i = Intensidade máxima de chuva. (mm/h)

A = Área contribuinte da bacia em ha.

Determina-se o Coeficiente de “Runoff”, de acordo com as Tabelas 1 e 2, aplica-se a expressão:

$$C_{\text{Médio}} = \frac{\sum A_i \times C_i}{A_t}$$

onde:

A<sub>i</sub> – Área de acordo com sua característica de escoamento superficial da bacia em estudo.

C<sub>i</sub> – Coeficiente de escoamento superficial

A<sub>t</sub> – Área total da bacia.

O tempo de duração, será definido pela equação:

$$t_c = t_a + t_s$$

t<sub>c</sub> – Tempo de duração da chuva em minutos.

t<sub>a</sub> – Tempo gasto por uma gota de água percorre do ponto extremo da bacia, até chegar ao vale de maior extensão, fixa - se t<sub>a</sub> = 10 minutos em projetos urbanos.

t<sub>s</sub> – Tempo que uma gota de água gasta para percorrer o caminho de maior extensão da bacia, até a seção drenante.

Para calcular o tempo de escoamento superficial utiliza-se a fórmula de George Ribeiro:

$$T_s = \frac{16 \times L}{(1,05 - 0,2p) \times (100 \times I_m)^{0,04}}$$

onde:

$T_s$  – Tempo de escoamento superficial da bacia (min.)

$L$  – Distância entre o ponto mais longe da área de contribuição ao ponto considerado. (Km).

$p$  – Porcentagem de área verde da bacia.

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

Com todos os dados definidos, a intensidade máxima de precipitação será encontrada a partir da equação:

$$I_m = \frac{K \times TR^a}{(t + b)^c}$$

onde:

$I_m$  = Intensidade máxima de precipitação em  $\text{mm} \cdot \text{h}^{-1}$

$TR$  = tempo de retorno da chuva em anos.

$K - a - b - c$  são parâmetros locais obtidos por regressão não linear, com base nas informações extraídas do software Pluvio2.1.

$t$  – Tempo de duração mínima ou tempo de concentração da bacia. (Min.)

Para calcular a capacidade teórica de descarga nas sarjetas usa-se a equação de Manning modificada por Izzard:

$$Q = 0,375 \cdot \left(\frac{Z}{n}\right) \cdot i^{1/2} \cdot y^{8/3}$$

Onde:

$Q$  – descarga em  $\text{m}^3/\text{s}$ .

$Z$  – é o inverso da declividade transversal.

$i$  – é a declividade longitudinal.

$y$  – é profundidade junto à linha de fundo em m.

$n$  – é o coeficiente de rugosidade.

A capacidade hidráulica das bocas de lobo na guia será calculada como a de um vertedor de parede espessa, cuja a expressão é:

$$Q = 1,71 \cdot L \cdot H^{3/2} \text{ (m/s)}$$

Onde:

L – é o comprimento da abertura (m)

H – é a altura da água nas proximidades (m)

A consideração da redução da capacidade hidráulica das bocas de lobo deve-se considerar os coeficientes da Tabela 4.

O diâmetro da tubulação calcula-se pela expressão:

$$Q_p = \frac{\pi d^2}{4 \cdot n} \cdot \left(\frac{d}{4}\right)^{2/3} I^{1/2}$$

$$v_p = \frac{1}{n} \cdot \left(\frac{d}{4}\right)^{2/3} I^{1/2}$$

onde:

n - Rugosidade do material.

$Q_p$  - Vazão a seção plena.

d - Diâmetro do tubo.

I - Inclinação.

$v_p$  – velocidade a seção plena.

Com a relação de  $Q/Q_p$ , consultar a Tabela 5 – Conduitos circulares parcialmente Cheios para de obter os valores de  $y/d$ , raio hidráulico, velocidade real e a área molhada.

As dimensões dos poços de visita serão dadas pela Tabela 6 – Dimensões dos poços de visita e aplicando na Figura 4 – Detalhe típico do poço de visita.

## 5 DIAGNÓSTICO

### 5.1 Características da área em estudo.

A área em estudo será a bacia de contribuição da Avenida Alzira Barra Gazzola, na cidade de Varginha-MG, que esta situada as margens da rodovia BR491 que liga Varginha a Eloi Mendes no Km 232, nas coordenadas de latitude  $21^{\circ}34'21.10''S$  e longitude  $45^{\circ}28'29.91''O$ . Esta Avenida liga a rodovia BR491 a Cidade Universitária, tem um comprimento de 940 metros e uma largura média de 10,5 metros. A Figura 5 mostra as curvas de nível levantadas no local e a Figura 6 mostra a delimitação da bacia.

Figura 5 – Localização da Avenida Alzira Barra Gazzola com curvas de nível.



Fonte: GOOGLE EARTH, adaptado pelo autor (10/05/2015)

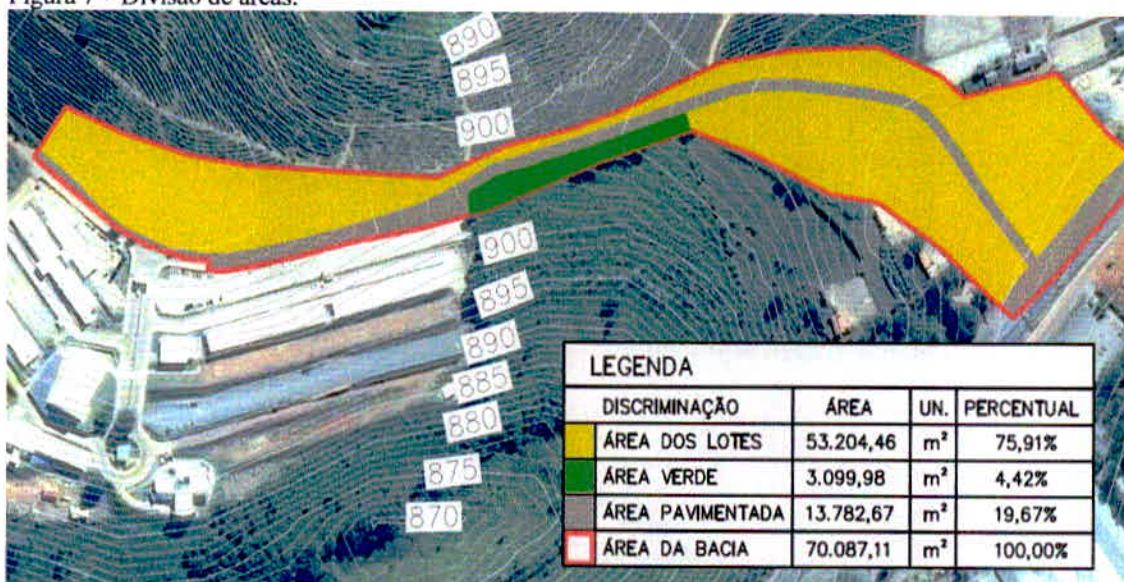
Figura 6 – Delimitação da bacia de contribuição



Fonte: GOOGLE EARTH, adaptado pelo autor (10/05/2015).

A bacia se constitui em uma área de (70.087,11 m<sup>2</sup>) setenta mil e oitenta e sete metros quadrados. Tem uma área verde de (3099,98 m<sup>2</sup>) três mil e noventa e nove metros quadrados que equivale a 4,47% da área da bacia, uma área pavimentada de (13.782,67 m<sup>2</sup>) treze mil e setecentos e oitenta e dois metros quadrados que equivale a 19,67% da área da bacia e áreas de lotes de (53.204,46 m<sup>2</sup>) cinquenta e três mil e duzentos e quatro metros quadrados que equivalem a 75,91% da área da bacia conforme mostra a Figura 7.

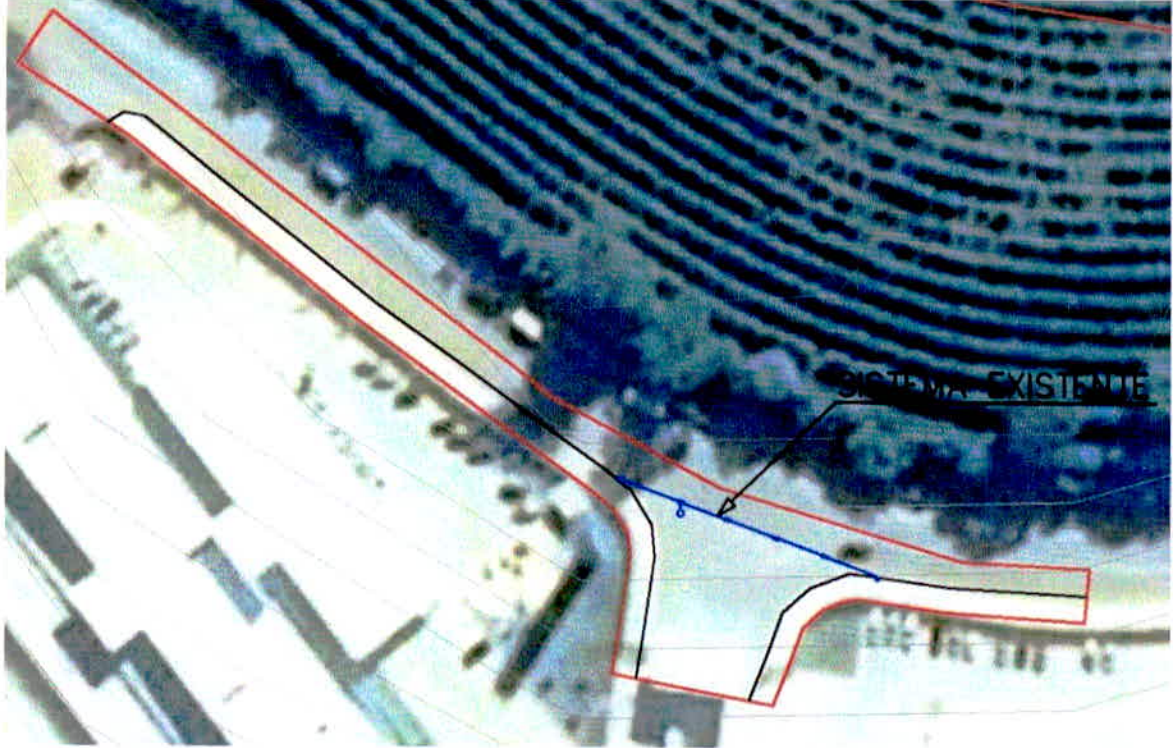
Figura 7 – Divisão de áreas.



Fonte: GOOGLE EARTH, adaptado pelo autor (10/05/2015).

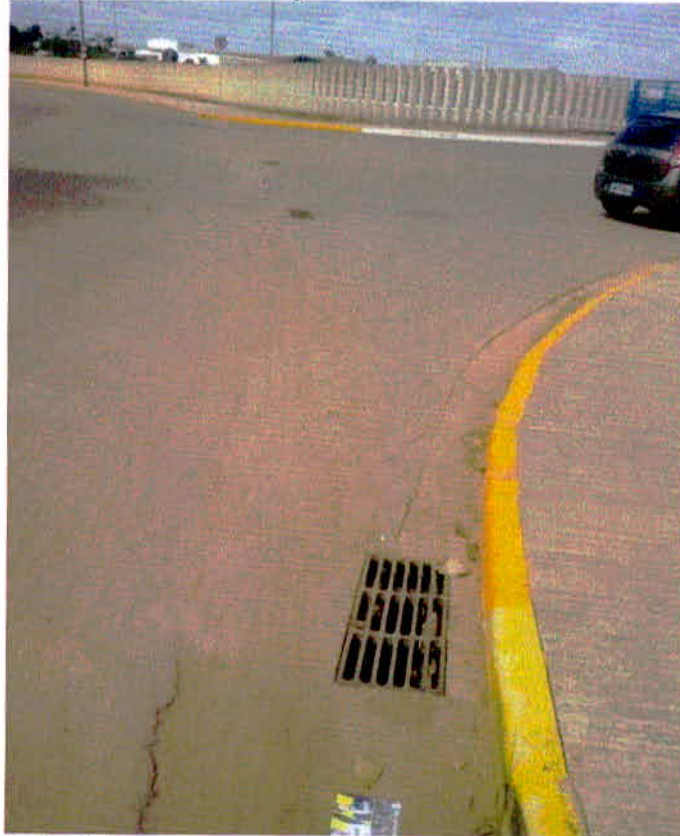
Em toda extensão da avenida existe apenas um trecho onde há um sistema de drenagem, que fica localizado em frente à portaria da Cidade Universitária do Centro Universitário do Sul de Minas – UNIS/MG, conforme mostra a Figura 8 e Figura 9.

Figura 8– Área de contribuição do sistema existente.



Fonte: GOOGLE EARTH, adaptado pelo autor (10/05/2015).

Figura 9– Sistema de drenagem existente



Fonte: Autor.

## 5.2 Caracterização da situação atual.

A Avenida Alzira Barra Gazzola não possui sarjetas para escoarem as águas ao longo da via, e isso vem degradando o pavimento existente conforme mostra a Figura 10.

Figura 10– Degradação do pavimento.



Fonte: Própria autoria

Em alguns trechos, a vegetação e o acúmulo de solo, impedem a passagem das águas e contribuem para o agravamento desta situação conforme mostra a Figura 11.

Figura 11– Alagamento devido a vegetação e ao acúmulo de solo.



Fonte: Autor.

As rampas de acesso que existem ao longo da via obstruem a passagem de águas devido à falta de um sistema de captação. As águas se acumulam conforme mostra a Figura 12.

Figura 12– Alagamento próximo aos acessos.



Fonte: Autor.

As águas que escoam pela via não vão para um sistema de captação e se acumulam na cota mais baixa da avenida, onde a declividade longitudinal faz com que toda água escoe para este ponto, causando alagamentos e riscos aos usuários da via. Veja a Figura 13.

Figura 13– Alagamento no ponto de cotas mais baixas.



Fonte: Autor

O local onde ocorre o pior alagamento é onde esta a cota mais baixa de 901,17m de altitude (Figura 14). Onde, na cota 921,56m junto à rodovia, se inicia a avenida, que percorre



uma extensão de 539m até a cota 901,17m com um desnível de 20,39m e declividade média de 3,78% levando toda água captada para a cota mais baixa. No final da avenida na cota 910,71, se inicia outra contribuição, que segue por uma extensão de 401m até a cota 901,17 com um desnível de 9,54m e declividade média de 2,38%. No ponto de cota 901,17 é onde se acumula as águas conforme Figura 13.

Figura 14– Extensão e declividade da avenida e cotas de altimetria.



Fonte: GOOGLE EARTH, adaptado pelo autor (10/05/2015).

Conforme visita à Prefeitura Municipal de Varginha, Flávia Pimenta de Pádua Zolini, que é a representante da Secretaria Municipal de Planejamento Urbano – SEPLA informou que não existe nenhum tipo de planejamento para aquela área, mas existem alguns pedidos de diretrizes de loteamentos residenciais. Com base nessas informações o local será especificado como uma área residencial, por tanto, o tempo de retorno será de dois anos conforme Tabela 3 – Período de retorno de chuvas intensas.

### 5.3 Análise da situação

Para analisar a situação, foram utilizadas algumas equações a fim de determinar a intensidade de chuvas na bacia e de definir a vazão final. Esta bacia possui uma área de 70.087,11m<sup>2</sup> e tem um comprimento de talvegue L = 0,539 Km com uma declividade de 3,78%.

Para calcular o  $t_s$  utiliza-se a fórmula de George Ribeiro:

$$T_s = \frac{16 \times L}{(1,05 - 0,2p) \times (100 \times I_m)^{0,04}}$$

onde:

$t_s$  – Tempo de escoamento superficial da bacia ( min.)

$L$  – Distância entre o ponto mais longe da área de contribuição ao ponto considerado. (km).

$p$  – Porcentagem de área verde da bacia.

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

$$L = 0,539 \text{ Km}$$

$$p = 0,0442$$

$$I_m = 0,0378 \text{ m/m}$$

$$T_s = \frac{16 \times 0,539}{(1,05 - 0,2 \times 0,042) \times (100 \times 0,0378)^{0,04}}$$

$$T_s = 0,0944 \text{ min}$$

E o tempo de duração, será definido pela equação:

$$t_c = t_a + t_s$$

$t_c$  – Tempo de duração da chuva em minutos.

$t_a$  – Tempo gasto por uma gota de água percorre do ponto extremo da bacia, até chegar ao vale de maior extensão, fixa - se  **$t_a = 10$  minutos em projetos urbanos.**

$t_s$  – Tempo que uma gota de água gasta para percorrer o caminho de maior extensão da bacia, até a seção drenante.

$$t_c = t_a + t_s$$

$$t_c = 10 + 0,09$$

$$t_c = 10,1 \text{ min}$$

O coeficiente de escoamento superficial médio será determinado pela expressão:

$$C_{\text{Médio}} = \frac{\sum A_i \times C_i}{A_t}$$

Onde:

$A_i$  – Área de acordo com sua característica de escoamento superficial da bacia em estudo.

$C_i$  – Coeficiente de escoamento superficial

$A_t$  – Área total da bacia.

A área foi considerada residencial com unidades múltiplas conforme Quadro 1. Portanto, adotando a média da variável de  $c = 0,4$  a  $0,6$  para esta situação será adotado  $c =$

0,5. Conforme a Tabela 2 na área pavimentada, também, será feito uma média onde  $c$  varia de 0,8 a 0,95, portanto  $c = 0,875$ . E área verde será considerada um terreno relvado (solo pesado) de declividade média, onde o  $c$  varia de 0,2 a 0,25, então  $c = 0,225$ .

Área de lotes: 53.204,46m<sup>2</sup>

Área pavimentada: 13.782,67m<sup>2</sup>

Área verde: 3.099,98m<sup>2</sup>

Área total da bacia: 70.087,11m<sup>2</sup>

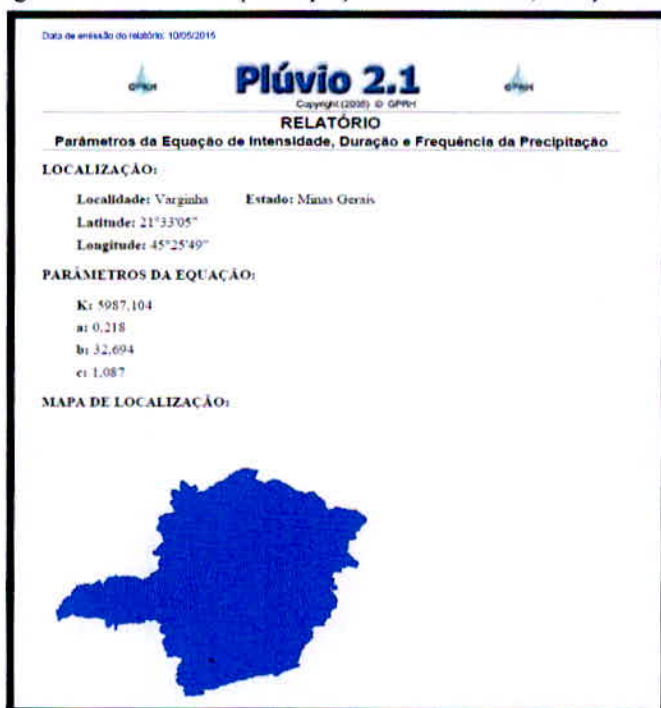
Portanto:

$$C_{\text{Médio}} = \frac{53.204,46 \times 0,5 + 13.782,67 \times 0,875 + 3.099,98 \times 0,225}{70.087,11}$$

$$C_{\text{Médio}} = 0,56$$

Conforme a Tabela 3 – Período de retorno de chuvas intensas o tempo de retorno será de 2 anos. Os parâmetros locais será definido pelo software Pluvio2.1

Figura 15 – Parâmetros para equação de intensidade, duração e frequência de precipitação.



Fonte: Universidade Federal de Viçosa

Com todos os dados definidos, para encontrar a intensidade máxima de precipitação utiliza-se a equação:

$$I_m = \frac{K \times TR^a}{(t + b)^c}$$

onde:

$I_m$  = Intensidade máxima de precipitação em  $\text{mm} \cdot \text{h}^{-1}$

TR = tempo de retorno da chuva em anos.

K – a – b – c são parâmetros locais obtidos por regressão não linear, com base nas informações extraídas de pluviogramas.

t – Tempo de duração mínima. (Min.)

$$I_m = \frac{5987,34 \times 2^{0,218}}{(10,1 + 32,694)^{1,087}}$$

$$I_m = 117,36 \text{ mm} \cdot \text{h}^{-1}$$

Para se determinar a vazão pluvial, deverá ser aplicada a seguinte expressão:

$$Q = C \times i \times A$$

onde:

Q = Deflúvio superficial máximo direto. ( $\text{m}^3/\text{h}$ )

C = Coeficiente de "Runoff".

i = Intensidade máxima de chuva. ( $\text{mm}/\text{h}$ )

A = Área contribuinte da bacia em ha.

$$Q = 0,56 \times \left( \frac{117,36 \text{ mm}/\text{h}}{1000 \times 3600} \right) \times 70.087,11 \text{ m}^2$$

$$Q = 1,279 \text{ m}^3/\text{s}$$

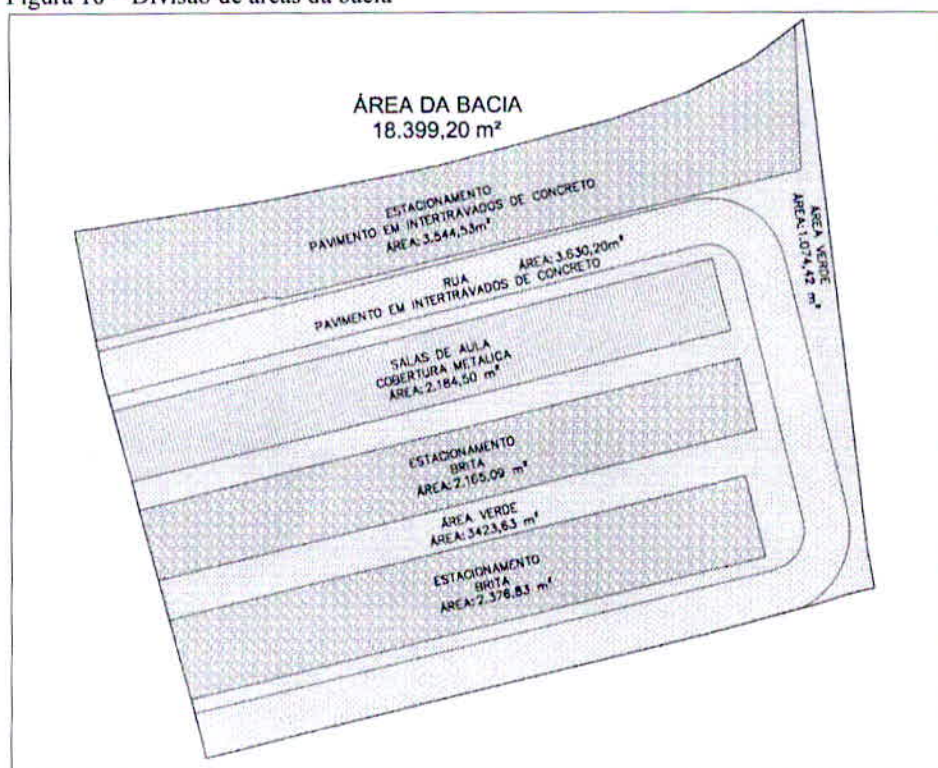
Esta é a vazão que deverá ser captada e enviada para as galerias e dissipando em um local adequado. A construção de sarjetas, bocas de lobo e galerias, formando um sistema de drenagem pluvial resolverão o problema em questão.

## 6 CARACTERIZAÇÃO DO PROBLEMA E DESCRIÇÃO DE SOLUÇÕES

A bacia, que contribui para o sistema existente, se constitui em uma área de 18.399,20 m<sup>2</sup> (dezoito mil trezentos e noventa e nove metros quadrados), conforme demonstrado na figura 16, sendo distribuída da seguinte forma:

- Área verde: 4.498,05 m<sup>2</sup> (quatro mil, quatrocentos e noventa e oito metros quadrados), equivalente a 24,45% da área da bacia.
- Áreavimentada com intertravados: 3.630,20 m<sup>2</sup> (três mil, seiscentos e trinta metros quadrados), equivalente a 19,73% da área da bacia.
- Área edificada com cobertura metálica: 2.184,50 m<sup>2</sup> (dois mil, cento oitenta e quatro metros quadrados) que equivale a 11,87% da área da bacia.
- Estacionamento pavimentado em concreto pré-fabricado intertravado: 3.544,53 m<sup>2</sup> (três mil, quinhentos e quarenta e quatro metros quadrados) que equivale a 19,26% da área da bacia.
- Dois estacionamentos em pedra britada: 4.541,92 m<sup>2</sup> (quatro mil, quinhentos e quarenta e um metros quadrados) equivalente a 24,68% da área da bacia.

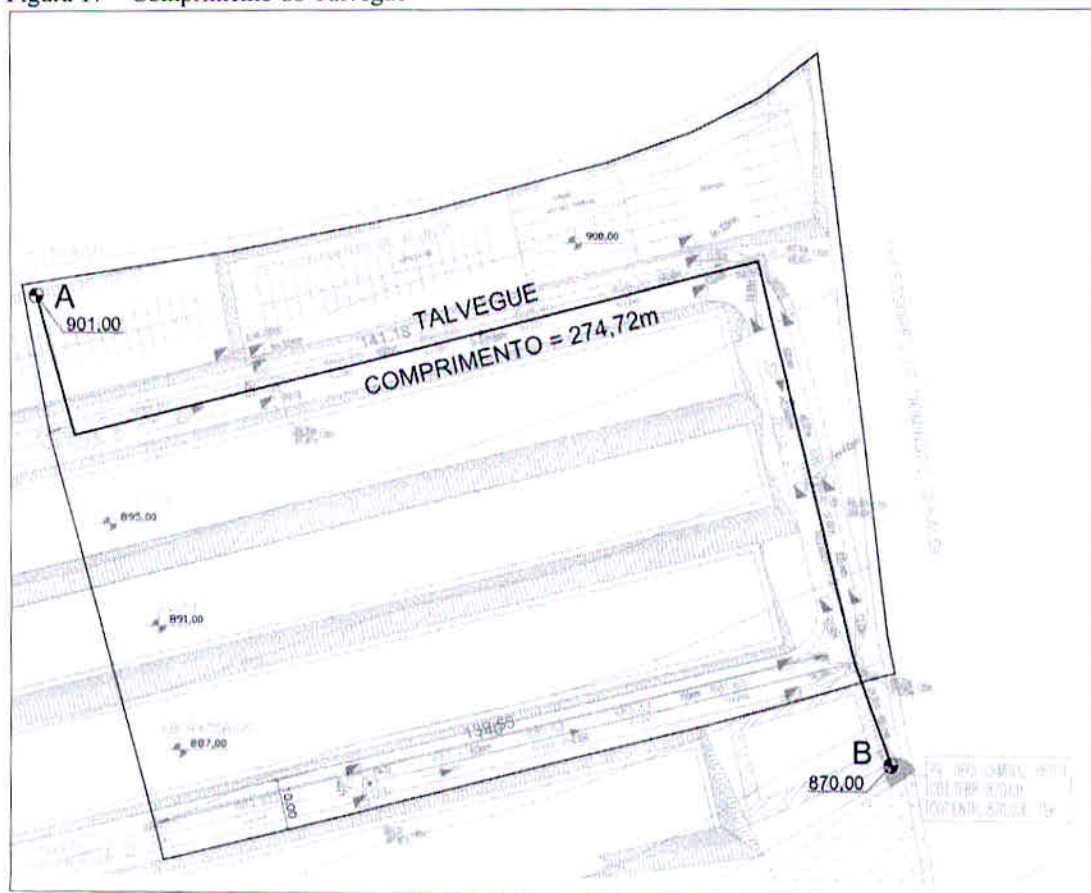
Figura 16 – Divisão de áreas da bacia



Fonte: Autor (01/10/2015)

A delimitação do talvegue, linha variável que determina o início do ponto de adução da rede até o nível mais baixo da bacia, expressa na Figura 17, determina um comprimento de 274,72 m (duzentos e setenta e quatro metros e setenta e dois centímetros).

Figura 17 – Comprimento do Talvegue



Fonte: Autor (01/10/2015)

### 6.1 Verificação do Sistema Existente

Para a análise da situação, foram utilizadas as equações de George Ribeiro, de tempo de duração e o coeficiente de escoamento superficial médio, no intuito de definir a intensidade máxima de precipitação de chuvas na bacia e de definir a vazão final relativa às contribuições da área da bacia estudada. Esta bacia possui uma área de 70.087,11m<sup>2</sup> e, conforme a Figura 17 tem um comprimento de talvegue  $L = 274,72$  metros, onde o ponto “A” na cota é 901 metros de altitude e o ponto “B” na cota é de 870 metros de altitude, tendo assim, uma diferença de nível de 31 metros, com declividade de 11,28%.

Desta forma, o desenvolvimento dos cálculos segue de forma descritiva.

Para cálculo de  $T_s$  foi utilizado à fórmula de George Ribeiro:

$$T_s = \frac{16 \times L}{(1,05 - 0,2p) \times (100 \times I_m)^{0,04}}$$

onde:

$T_s$  – Tempo de escoamento superficial da bacia ( min.)

$L$  – Distância entre o ponto mais longe da área de contribuição ao ponto considerado.

(km)

$p$  – Porcentagem de área verde da bacia.

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

Cálculo com os dados da bacia:

$L = 0,275$  Km

$p = 0,2445$

$I_m = 0,1128$  m/m

$$T_s = \frac{16 \times 0,275}{(1,05 - 0,2 \times 0,2445) \times (100 \times 0,1128)^{0,04}}$$

$$T_s = 0,048 \text{ min}$$

E o tempo de duração, será definido pela equação:

$$t_c = t_a + t_s$$

$t_c$  – Tempo de duração da chuva em minutos.

$t_a$  – Tempo gasto por uma gota de água percorre do ponto extremo da bacia, até chegar ao vale de maior extensão, fixa – se:  **$t_a = 10$  minutos em projetos urbanos.**

$t_s$  – Tempo que uma gota de água gasta para percorrer o caminho de maior extensão da bacia, até a seção drenante.

$$t_c = t_a + t_s$$

$$t_c = 10 + 0,048$$

$$t_c = 10,048 \text{ min}$$

O coeficiente de escoamento superficial médio será determinado pela expressão:

$$C_{\text{Médio}} = \frac{\sum A_i \times C_i}{A_t}$$

Onde:

$A_i$  – Área de acordo com sua característica de escoamento superficial da bacia em estudo.

$C_i$  – Coeficiente de escoamento superficial

$A_t$  – Área total da bacia.

Os estacionamentos que estão pavimentados com pedras britadas serão considerados como pátios de estradas de ferro conforme Tabela 1, pois possuem o mesmo material, onde adotando a média da variável de  $c$  (0,2 a 0,4), portanto  $c = 0,3$ .

Na área de cobertura metálica foi adotado  $c = 0,95$ . A adoção do  $c$  máximo, deu-se pois o telhado metálico é menos poroso que os outros materiais, possuindo um coeficiente de escoamento superficial alto.

A área verde será considerada um terreno relvado (solo pesado) de forte declividade, onde o  $c$  varia de 0,25 a 0,30, então  $c = 0,275$ .

Para as áreas pavimentadas em concreto intertravado o  $c$  varia de 0,8 a 0,95, então  $c = 0,875$ .

Estacionamentos em pedra britada: 4.541,92m<sup>2</sup>

A área de cobertura metálica: 2.184,50m<sup>2</sup>

Área verde: 4.498,05 m<sup>2</sup>

Áreas pavimentadas em concreto: 7.174,73m<sup>2</sup>

Área total da bacia: 18.399,20 m<sup>2</sup>

Portanto:

$$C_{\text{Médio}} = \frac{4.541,92 \times 0,3 + 2.184,50 \times 0,95 + 4.498,05 \times 0,275 + 7.174,73 \times 0,875}{18.399,20}$$

$$C_{\text{Médio}} = 0,59$$

Conforme o Tabela 3 – Período de retorno de chuvas intensas o tempo de retorno será de 2 anos. Os parâmetros locais será definido pelo software Pluvio2.1



Com todos os dados definidos, para encontrar a intensidade máxima de precipitação utiliza-se a equação:

$$I_m = \frac{K \times TR^a}{(t + b)^c}$$

onde:

$I_m$  = Intensidade máxima de precipitação em  $\text{mm} \cdot \text{h}^{-1}$

TR = tempo de retorno da chuva em anos.

K – a – b – c são parâmetros locais obtidos por regressão não linear, com base nas informações extraídas de pluviogramas.

t – Tempo de duração mínima. (Min.)

$$I_m = \frac{5987,104 \times 2^{0,218}}{(10,048 + 32,694)^{1,087}}$$

$$I_m = 117,51 \text{ mm} \cdot \text{h}^{-1}$$

Para se determinar a vazão pluvial, deverá ser aplicada a seguinte expressão:

$$Q = C \times i \times A$$

onde:

Q = Deflúvio superficial máximo direto. ( $\text{m}^3/\text{h}$ )

C = Coeficiente de “Runoff”.

i = Intensidade máxima de chuva. ( $\text{mm}/\text{h}$ )

A = Área contribuinte da bacia.

$$Q = 0,59 \times \left( \frac{117,51 \text{ mm}/\text{h}}{1000 \times 3600} \right) \times 18.399,20 \text{ m}^2$$

$$\text{Vazão atual } Q = 0,3543 \text{ m}^3/\text{s}$$

Em posse dos dados calculados, as demarcações dos pontos de entradas de águas pluviais foram desenvolvidos, de forma que na Figura 18, é possível analisar os pontos de acesso das águas pluviais da Avenida Alzira Barra Gazzola, onde:

- Início: PV 19 – ligado ao PV 20, com tubo de concreto Ø 600mm, comprimento de 46 metros e declividade de 18,91%.
- Central: PV 20 – ligado ao PV 21, por um tubo de concreto Ø 600mm, comprimento de 37 metros e declividade de 21,75%.
- Final: PV 21 ao PV Tipo (Terminal Tipo 1) – tubo de concreto Ø 600mm, comprimento de 24 metros e declividade de 36,87%.

Figura 18 – Pontos de acesso de águas pluviais



Fonte: autor

À vazão atual, serão adicionados, os valores a serem calculados, de forma a verificar a capacidade do sistema.

Será apresentada a análise sobre esta viabilidade técnica da disposição final da bacia citada, que consiste no sistema de drenagem existente da Cidade Universitária do UNIS/MG.

- Vazão atual:  $Q = 0,3543 \text{ m}^3/\text{s}$
- Vazão adicionada:  $Q = 1,279 \text{ m}^3/\text{s}$
- Vazão total:  $Q = 1,6333 \text{ m}^3/\text{s}$

Conforme os valores expressos, a Tabela 7 demonstra os valores específicos para o dimensionamento com a vazão total do sistema.

Tabela 7 – Vazão total e declividade

Trecho	Vazão no trecho ( $\text{m}^3/\text{s}$ )	$Q_p$ ( $Q_x/84$ )	Diâmetro Calculado	Diâmetro comercial	$Q_p$	$Q_x/Q_p$	Y/D (tabelado)	Declividade (m/m)
PV19 - PV 20	1,6333	1,944	0,576	0,60	2,19	0,89	0,74	0,1891
PV20 - PV21	1,6333	1,944	0,561	0,60	2,34	0,83	0,70	0,2175
PV21 - PV TERMINAL	1,6333	1,944	0,508	0,60	3,05	0,64	0,58	0,3687

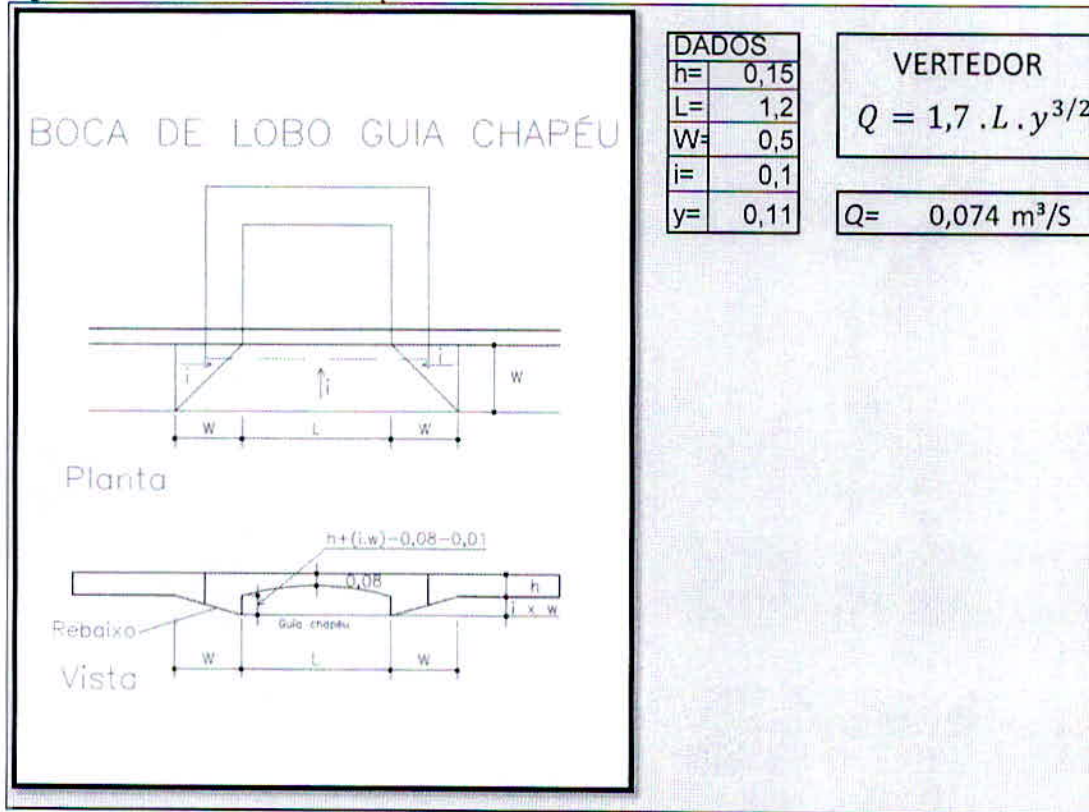
Fonte: autor

Devido ao perfil da Avenida Alzira Barra Gazzola, o mapa da bacia foi dividido em três vertentes, com sentidos diferentes, sendo desta forma definida a menor cota da Avenida, conforme demonstra as Figuras 19, 20 e 21.

## 6.2 Boca de Lobo

A definição da boca de lobo que será utilizada na adução das águas pluviais da bacia estudada, permitirá que sejam realizados os cálculos para definição da capacidade de engolimento da boca de lobo. Desta forma, a boca de lobo utilizada será pré-fabricada, modelo Guia Chapéu, conforme Figura 22.

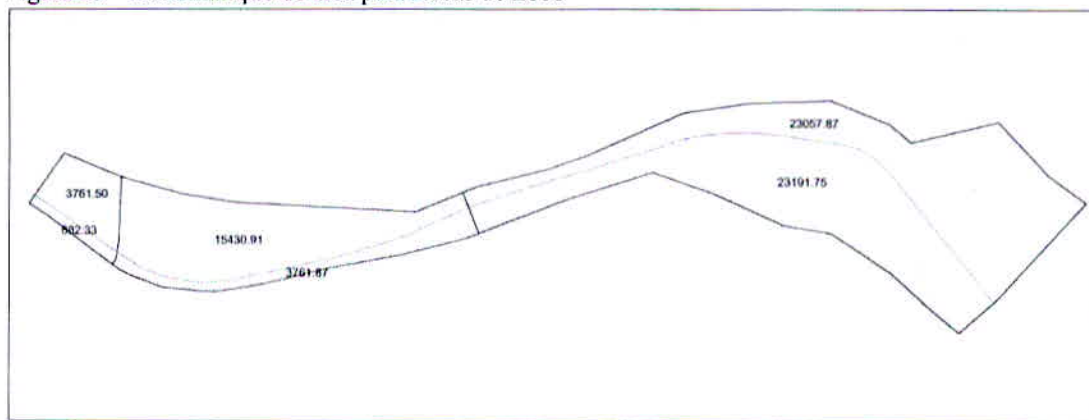
Figura 22 – Boca de Lobo Guia Chapéu



Fonte: autor

O eixo da pista subdivide as águas, ampliando para seis bacias totais, para a determinação das bocas de lobo, conforme a Figura 23.

Figura 23 – Determinação de área para Bocas de Lobo



Fonte: autor

Desta maneira, é possível determinar a quantidade de bocas de lobo, assim como o espaçamento médio entre elas, conforme descrito na Tabela 8.

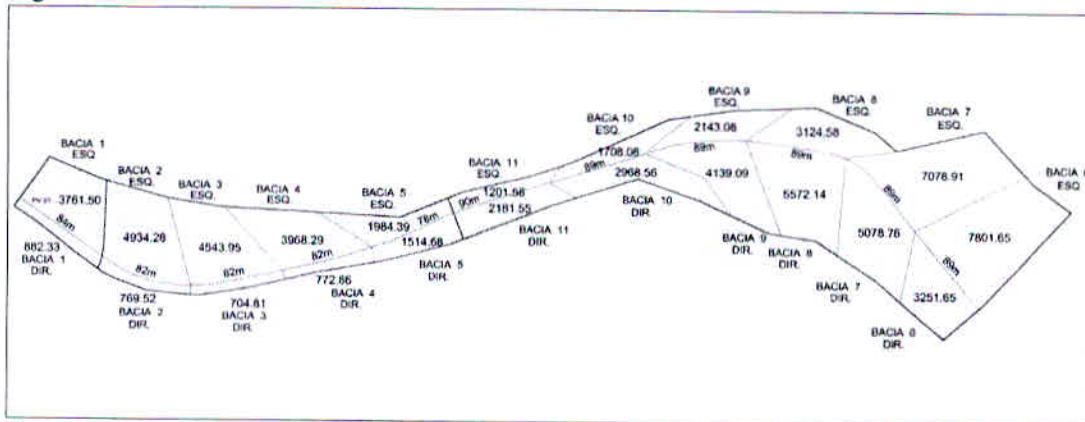
Tabela 8 – Estimativa de distribuição de bocas de lobo

Estimativa de distribuição das bocas de lobo														
BACIA	Área(m²)		C	I m/m	COTA (m)		COMP. (m)	I m/m	Q (m³/s)		QUANT. DE BL'S		ESPAÇAMENTO (m)	
	DIR.	ESQ.			MONT.	JUS.			DIR.	ESQ.	DIR.	ESQ.	DIR.	ESQ.
ÁREA 01	882,33	3761,50	0,56	117,36	911,50	910,30	88,68	0,014	0,016	0,069	1,000	1,000	89	89
ÁREA 02	3761,87	15430,91	0,56	117,36	911,50	901,17	326,47	0,032	0,069	0,282	1,000	4,000	326	82
ÁREA 03	23191,75	23057,87	0,56	117,36	921,40	901,17	536,51	0,038	0,423	0,421	6,000	6,000	89	89

Fonte: autor

De porte destes dados, a determinação das bacias contribuintes para cada boca de lobo foi desenvolvida na Figura 24.

Figura 24 – Bacias e bocas de lobo

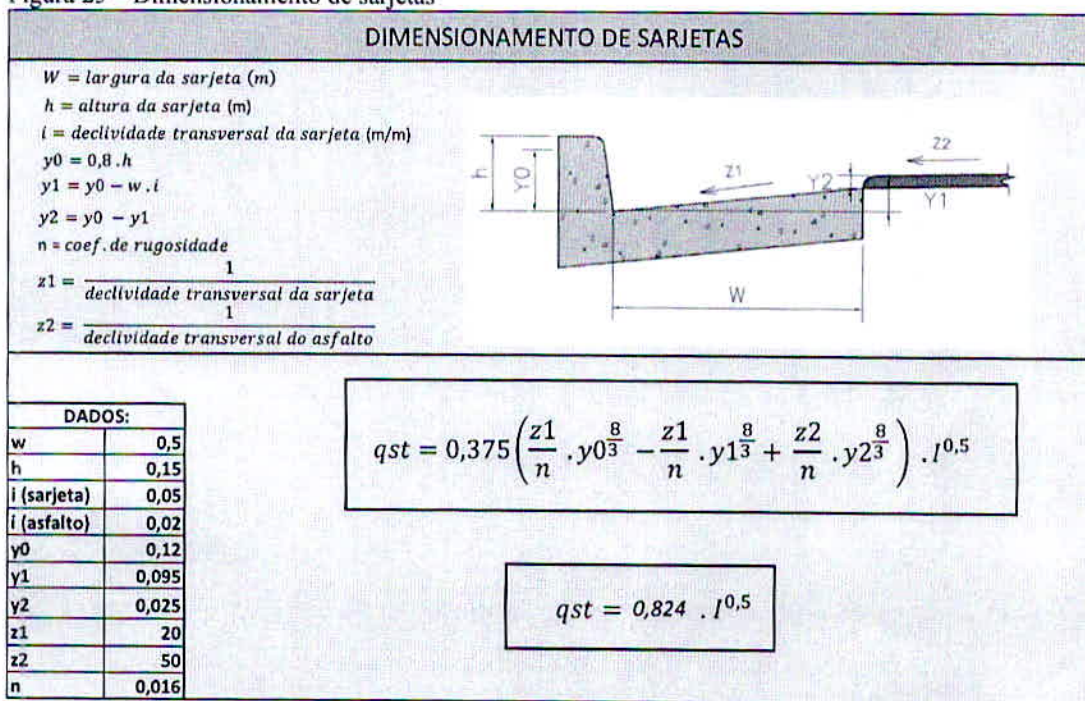


Fonte: autor

### 6.3 Sarjetas

Para a determinação das dimensões das sarjetas, foram verificados a capacidade de vazão, assim como a variação da declividade longitudinal. Para melhor compreensão da metodologia adotada, a Figura 25 especifica os dados utilizados para a equação.

Figura 25 – Dimensionamento de sarjetas



Fonte: autor

A somatória das informações colhidas em todo o projeto, possibilitam que sejam verificadas a necessidade da instalação de bocas de lobo em determinados pontos. Ciente da necessidade da boca de lobo para a condução da água para as galerias, o detalhamento correto das sarjetas, possibilitam que as mesmas sejam planejadas para captação em pontos específicos, projetando a quantidade necessária de bocas de lobo, minimizando custos.

Tabela 9 – Cálculo de sarjetas

BACIA	Área(m <sup>2</sup> )		C	I m/m	COTA		COMP.	I m/m	Q (m <sup>3</sup> /s)		Qacm.		Qst	Qsr (48%)	Q UNIT.		BOCA DE LOBO		Q	
	DIR.	ESQ.			MONT.	JUS.			DIR.	ESQ.	DIR.	ESQ.			DIR.	ESQ.	DIR.	ESQ.	DIR.	ESQ.
1	882,33	3761,50	0,56	117,36	911,40	910,30	89,54	0,012	0,016	0,069	0,016	0,069	0,091	0,044	-0,028	0,025	SIM	SIM	0,016	0,069
2	769,52	4934,28	0,56	117,36	911,40	908,90	83,94	0,030	0,014	0,090	0,014	0,090	0,142	0,068	-0,054	0,022	NÃO	SIM	0	0,022
3	704,81	4543,95	0,56	117,36	908,90	907,30	82,15	0,019	0,013	0,083	0,027	0,151	0,115	0,055	-0,028	0,096	NÃO	SIM	0	0,096
4	772,86	3968,29	0,56	117,36	907,30	903,80	82,05	0,043	0,014	0,072	0,041	0,128	0,170	0,082	-0,041	0,046	NÃO	SIM	0	0,046
5	1514,68	1984,39	0,56	117,36	903,80	901,17	78,33	0,034	0,028	0,036	0,069	0,118	0,151	0,072	-0,004	0,045	SIM	SIM	0,069	0,118
6	3251,65	7801,65	0,56	117,36	921,25	918,30	89,00	0,033	0,059	0,142	0,059	0,142	0,150	0,072	-0,013	0,070	NÃO	SIM	0	0,070
7	5078,76	7078,91	0,56	117,36	918,30	915,06	89,82	0,036	0,093	0,129	0,152	0,201	0,157	0,075	0,077	0,126	SIM	SIM	0,077	0,126
8	5572,14	3124,58	0,56	117,36	915,06	911,70	89,25	0,038	0,102	0,057	0,177	0,132	0,160	0,077	0,100	0,055	SIM	SIM	0,100	0,055
9	4139,09	2143,08	0,56	117,36	911,70	908,15	89,71	0,040	0,076	0,039	0,152	0,116	0,164	0,079	0,074	0,037	SIM	SIM	0,074	0,037
10	2968,56	1708,08	0,56	117,36	908,15	904,95	89,00	0,036	0,054	0,031	0,133	0,110	0,156	0,075	0,058	0,035	SIM	SIM	0,058	0,035
11	2181,55	1201,58	0,56	117,36	904,95	901,17	89,72	0,042	0,040	0,022	0,115	0,097	0,169	0,081	0,034	0,016	SIM	SIM	0,115	0,097

Fonte: autor

Com as vazões calculadas conforme a Tabela 9, o diâmetro da tubulação adotada, deve ser no mínimo de 400 mm.

Tabela 10 – Cálculo Hidráulico da Galeria

CÁLCULO HIDRAULICO DA GALERIA															
TRECHO	Vazão no trecho		Qp=(Qx/84)		Diâmetro		Diâmetro		Qp		Qx/Qp		Y/D		Declividade (m/m)
	DIR.	ESQ.	DIR.	ESQ.	DIR.	ESQ.	DIR.	ESQ.	DIR.	ESQ.	DIR.	ESQ.	DIR.	ESQ.	
PV1	0,016	0,069	0,019	0,082	0,177	0,305	0,40	0,40	0,17	0,17	0,11	0,48	0,22	0,50	0,010
PV3	0	0,022	0,000	0,026	0,000	0,198	-	0,40	-	0,17	-	0,15	-	0,28	0,010
PV4	0	0,096	0,000	0,114	0,000	0,345	-	0,40	-	0,17	-	0,67	-	0,60	0,010
PV5	0	0,046	0,000	0,055	0,000	0,262	-	0,40	-	0,17	-	0,32	-	0,40	0,010
PV6	0,069	0,118	0,082	0,140	0,305	0,373	0,40	0,40	0,17	0,17	0,48	0,82	0,50	0,69	0,010
PV7	0	0,070	0,000	0,084	0,000	0,307	-	0,40	-	0,17	-	0,49	-	0,50	0,010
PV8	0,077	0,126	0,092	0,150	0,318	0,383	0,40	0,40	0,17	0,17	0,54	0,88	0,52	0,74	0,010
PV9	0,100	0,055	0,119	0,066	0,351	0,281	0,40	0,40	0,17	0,17	0,70	0,39	0,62	0,45	0,010
PV10	0,074	0,037	0,088	0,044	0,313	0,242	0,40	0,40	0,17	0,17	0,51	0,26	0,51	0,36	0,010
PV11	0,058	0,035	0,069	0,042	0,286	0,236	0,40	0,40	0,17	0,17	0,40	0,24	0,46	0,35	0,010
PV6	0,115	0,097	0,137	0,115	0,369	0,347	0,40	0,40	0,17	0,17	0,80	0,68	0,68	0,61	0,010

Fonte: autor

Conforme a Figura 4 – Detalhe típico do poço de visita. – a profundidade mínima dos PV's será de 1,5 (um e meio) metros, pois o  $H$  é mínimo de 1,4 m, mais a laje de 0,1 m.

Tabela 11 – Cálculo Hidráulico da Galeria II

CÁLCULO HIDRAULICO DA GALERIA																
Trecho	Cota de terreno		Cota de PV		Prof. do PV		Comp. (m)	Vazão (m³/s)	Vazão acum. (m³/s)	Qp (Qx/84)	Diâm. Calc.	Diâmetro comercial	Qp	Qx/Qp	Y/D	Decliv. (m/m)
	Mont.	Jus.	Mont.	Jus.	Mont.	Jus.										
PV1-PV2	910,30	911,40	908,80	908,00	1,50	3,40	84	0,085	0,085	0,101	0,333	0,40	0,17	0,61	0,57	0,010
PV2-PV3	911,40	908,90	908,00	907,10	3,40	1,80	82	0,022	0,107	0,127	0,353	0,40	0,18	0,71	0,62	0,011
PV3-PV4	908,90	907,30	907,10	905,80	1,80	1,50	82	0,096	0,203	0,241	0,419	0,60	0,63	0,38	0,44	0,016
PV4-PV5	907,30	903,80	905,80	902,30	1,50	1,50	82	0,046	0,249	0,296	0,376	0,60	1,04	0,29	0,38	0,043
PV5-PV12	903,80	901,80	902,30	898,70	1,50	3,10	60	0,187	0,435	0,518	0,435	0,60	1,23	0,42	0,47	0,060
PV7-PV8	918,30	915,06	916,80	913,56	1,50	1,50	89	0,070	0,070	0,084	0,241	0,40	0,33	0,26	0,36	0,036
PV8-PV9	915,06	911,70	913,56	910,20	1,50	1,50	89	0,203	0,273	0,326	0,399	0,40	0,33	0,98	0,80	0,038
PV9-PV10	911,70	908,15	910,20	906,65	1,50	1,50	89	0,156	0,429	0,511	0,467	0,60	1,00	0,51	0,50	0,040
PV10-PV11	908,15	904,95	906,65	903,45	1,50	1,50	89	0,111	0,540	0,643	0,519	0,60	0,95	0,67	0,60	0,036
PV11-PV6	904,95	901,17	903,45	899,67	1,50	1,50	90	0,093	0,633	0,753	0,535	0,60	1,03	0,73	0,63	0,042
PV6-PV12	901,17	901,80	899,67	898,70	1,50	3,10	22	0,212	0,844	1,005	0,591	0,60	1,06	0,95	0,78	0,044
PV12-PV13	901,80	898,10	898,70	895,30	3,10	2,80	36	-	1,279	1,523	0,599	0,60	1,54	0,99	0,80	0,094
PV13-PV EXISTENTE	898,10	896,40	895,30	893,90	2,80	2,50	16	-	1,279	1,523	0,605	0,60	1,50	1,02	0,82	0,089

Fonte: Autor

Para completo detalhamento do posicionamento dos elementos, a planta de drenagem e os perfis constam no Anexo I.

## 7 LEGISLAÇÃO MUNICIPAL

Para o desenvolvimento deste projeto, faz-se necessário a aprovação municipal.

No Capítulo IV da Lei nº 3.068 da Prefeitura do Município de Varginha - Código de Obras Não Habitacionais, dispõe sobre as Águas Pluviais.

No Artigo 42, especifica que todo terreno deve ser preparado para permitir o escoamento de águas pluviais, assim como no Artigo 43 define que os lotes a jusantes são obrigados a permitir a passagem da rede de águas pluviais dos lotes a montante.

No processo desenvolvido neste trabalho, as águas pluviais oriundas da Avenida Alzira Barra Gazzola, serão captadas e direcionadas à rede de águas pluviais da Cidade Universitária do UNIS/MG, uma vez que o sistema está completamente pronto, reduzindo custos de implantação, assim como facilitando todo o processo.

As águas serão encaminhadas para o PV 21, que fica disposto próximo ao local estudado, e encontra-se a jusante do ponto problemático.

## **8 ESPECIFICAÇÕES DE SERVIÇOS**

Conforme a TCPO – Tabela de Composição de Preços para Orçamentos, alguns procedimentos devem ser seguidos de forma a garantir a segurança e qualidade de todo o projeto, desta forma, para a execução dos itens listados no trabalho, segue a metodologia para o desenvolvimento de cada um.

### **8.1 Sarjeta**

O concreto deve ser lançado sobre o lastro de brita de 5 (cinco) centímetros de espessura devidamente compactado. As dimensões da sarjeta devem ser mantidas com o auxílio de peças de madeira, previamente modeladas de acordo com o projeto. A superfície da sarjeta deve ser lisa, com declividade adequada, apropriada para o escoamento das águas pluviais.

### **8.2 Boca de Lobo**

Retirar o rejuntamento entre as guias de concreto. Abrir valas para retirada das guias. Para o assentamento das guias, ao longo do subleito preparado, devem ser observados o alinhamento, perfil e dimensão estabelecidos no projeto. As peças devem ser assentadas sobre o leito do lastro da areia de 5 cm de espessura e rejuntadas com a argamassa, bem alinhadas e niveladas. O fundo da vala deve ser apiloado e regularizado. Escorar as juntas com blocos cônicos de concreto com diâmetro aproximado na base de 25 cm. A área atrás das guias (mínimo de 50 cm) deve ser reaterrada com terra de boa qualidade e compactada com soquete.

### **8.3 Poço de Visita**

A laje de fundo será de concreto de 10cm de espessura, com argamassa mista no traço de 1:2:8. As paredes serão de alvenaria de tijolos maciços cerâmicos, assente com argamassa de cimento e areia no traço 1:3 em volume. As paredes serão revestidas internamente, com argamassa de cimento e areia no traço 1:3 em volume, perfeitamente desempenadas na espessura de 2,5cm. A laje intermediária será em concreto armado de 10 cm de espessura.



#### **8.4 Tubos**

A vala deve ter a largura de 1,25 a 1,50 vez o diâmetro externo ou interno, com o mínimo de 25 cm de um lado para o espaço necessário na instalação do tubo. Os tubos devem ser assentados com bolsas voltadas para o montante em relação ao escoamento e as juntas vedadas com argamassa de cimento e areia no traço 1:3. O rejuntamento será executado quando os tubos já estiverem definitivamente encaixados. O cobrimento mínimo deve ser de 50 cm no subleito de vias tráfego e 30 cm nos demais casos.

#### **8.5 Pavimento em CBUQ**

O concreto asfáltico deve ser preparado em usina apropriada, obedecendo as condições especificadas em norma, e transportado em caminhões basculantes. Sobre a base conformada na seção transversal estabelecida em projeto, a mistura deve ser espalhada com máquinas apropriadas. A compressão da mistura deve iniciar pelos bordos, seguindo em faixas sucessivas até o centro, de tal modo que, para cada passada do rolo compressor, se sobreponha a faixa já comprimida com metade da roda. A rolagem deve começar imediatamente após a distribuição da mistura.

## 9 MATERIAIS, MÃO DE OBRA E ORÇAMENTO

Para complementação do trabalho, foi realizada uma lista com os materiais e mão de obra que serão utilizadas no desenvolvimento da execução do projeto, assim como um orçamento sintético para prévia de custos da obra.

Os dados foram retirados da TCPO – Tabela de Composição de Preços para Orçamentos, SINAPI – Sistema Nacional de Pesquisa de Custos e Índices da Construção Civil e na SETOP – Secretaria de Transportes e Obras Públicas.

Tabela 12 – Lista de Materiais e Mão de Obra

LISTA DE MATERIAIS E MÃO DE OBRA			
CODIGO	ITEM	UNID	QUANT TOTAL
<b>TUBULAÇÃO DN 400</b>			
01270.0.40.1	Pedreiro	h	173,60
01270.0.45.1	Servente	h	651,00
SINAPI - 7761	Tubo Concreto Armado Classe Pa-2 Pb Nbr-8890/2007 Dn 400 Mm Para Águas Pluviais	m	442,68
*04060.8.1.34	Argamassa de cimento e areia sem peneirar traço 1:3	m³	0,87
**22800.9.14.1	Guindaste hidráulico mentado sobre chassi de caminhão, diesel, potência 228 HP (170 kW), capacidade 301-vida útil 20.000 h	h prod.	11,72
<b>TUBULAÇÃO DN 600</b>			
01270.0.40.1	Pedreiro	h	396,20
01270.0.45.1	Servente	h	396,20
SINAPI - 7761	Tubo Concreto Armado Classe Pa-2 Pb Nbr-8890/2007 Dn 600 Mm Para Águas Pluviais	m	577,32
*04060.8.1.34	Argamassa de cimento e areia sem peneirar traço 1:3	m³	2,26
**22800.9.14.1	Guindaste hidráulico mentado sobre chassi de caminhão, diesel, potência 228 HP (170 kW), capacidade 301-vida útil 20.000 h	h prod.	15,28
<b>POÇO DE VISITA PROFUNDIDADE ATE 2 METROS</b>			
01270.0.1.10	Ajudante de armador	h	63,50
01270.0.1.11	Ajudante de carpinteiro	h	47,40
01270.0.19.1	Carpinteiro	h	189,00
01270.0.25.1	Armador	h	63,50
01270.0.40.1	Pedreiro	h	123,00
01270.0.45.1	Servente	h	817,00
02060.3.2.2	Areia lavada tipo média	m³	12,80
02060.3.3.1	Pedra britada 1	m³	2,42
02060.3.3.2	Pedra britada 2	m³	8,41
02065.3.2.1	Cal hidratada CH III	kg	700,00
02065.3.5.1	Cimento Portland CP II-E-32 (resistência: 32,00 MPa)	kg	4000,00
02630.3.1.1	Tampão de ferro fundido para poço de visita simples - TD-600 (altura: 0,095 m / diâmetro do tampo: 0,66m / diâmetro do aro: 0,55 m)	un.	10,00
03125.3.1.1	Desmoldante de formas para concreto	l	5,40
03210.3.2.2	Barra de aço CA-50 3/8" (bitola: 10,00 mm / massa linear: 0,617 kg/m)	kg	913,00
0121.13.4.1	Tijolo maciço cerâmico 5,7x9x19 (comprimento: 190,00 mm / largura: 90,00 mm / altura: 57,00 mm)	un.	10200,00
05060.3.20.6	Prego 18 x 27 com cabeça (diâmetro da cabeça: 3,4 mm / comprimento: 62,1 mm)	kg	26,50
05060.3.3.1	Arame recozido (diâmetro do fio: 1,25 mm / bitola: 1SBWG)	kg	15,90
05062.3.2.1	Pontalete 3J construção (seção transversal: 3" x 3"/ tipo de madeira: cedro)	m	84,80
06062.3.4.3	Sarrafo 1" x 4" (altura: 100 mm / espessura: 25 mm)	m	48,40
06062.3.5.5	Tábua 1" x 12" (espessura: 25 mm / largura: 300 mm)	m	89,70
06062.3.6.1	Viga (largura: 30,00 mm / altura: 160,00 mm / tipo de madeira: peroba)	m	127,10
06062.3.6.3	Viga (largura: 60,00 mm / altura: 160,00 mm / tipo de madeira: peroba)	m	15,20
06135.3.1.2	Escora de madeira (diâmetro da seção: 200,00 mm / tipo de madeira: eucalipto)	m	14,20
**22300.925	Betoneira, elétrica, potência 2 HP (1,5 kW), capacidade 4001-vida útil 10.000 h	h prod.	2,80
<b>POÇO DE VISITA PROFUNDIDADE ATE 4 METROS</b>			
01270.0.1.10	Ajudante de armador	h	19,05
01270.0.1.11	Ajudante de carpinteiro	h	14,22
01270.0.19.1	Carpinteiro	h	93,60
01270.0.25.1	Armador	h	19,05
01270.0.40.1	Pedreiro	h	62,70
01270.0.45.1	Servente	h	468,00
02060.3.2.2	Areia lavada tipo média	m³	4,92
02060.3.3.1	Pedra britada 1	m³	0,73
02060.3.3.2	Pedra britada 2	m³	2,52

02065.3.2.1	Cal hidratada CH III	kg	378,00
02065.3.5.1	Cimento Portland CP II-E-32 (resistência: 32,00 MPa)	kg	1413,00
02630.3.1.1	Tampão de ferro fundido para poço de visita simples - TD-600 (altura: 0,095 m / diâmetro do tempo: 0,66m / diâmetro do aro: 0,55 m)	un.	3,00
03125.3.1.1	Desmoldante de fôrmas para concreto	l	1,62
03210.3.2.2	Barra de aço CA-50 3/8" (bitola: 10,00 mm / massa linear: 0,617 kg/m)	kg	273,90
0121.13.4.1	Tijolo maciço cerâmico 5,7x9x19 (comprimento: 190,00 mm / largura: 90,00 mm / altura: 57,00 mm)	un.	5550,00
05060.3.20.6	Prego 18 x 27 com cabeça (diâmetro da cabeça: 3,4 mm / comprimento: 62,1 mm)	kg	13,23
05060.3.3.1	Arame recozido (diâmetro do fio: 1,25 mm / bitola: 1SBWG)	kg	4,77
05062.3.2.1	Pontaletes 3J construção (seção transversal: 3" x 3" / tipo de madeira: cedro)	m	28,44
06062.3.4.3	Sarrafo 1" x 4" (altura: 100 mm / espessura: 25 mm)	m	14,52
06062.3.5.5	Tábua 1" x 12" (espessura: 25 mm / largura: 300 mm)	m	26,91
06062.3.6.1	Viga (largura: 30,00 mm / altura: 160,00 mm / tipo de madeira: peroba)	m	104,10
06062.3.6.3	Viga (largura: 60,00 mm / altura: 160,00 mm / tipo de madeira: peroba)	m	12,48
06135.3.1.2	Escora de madeira (diâmetro da seção: 200,00 mm / tipo de madeira: eucalipto)	m	11,64
**22300.925	Betoneira, elétrica, potência 2 HP (1,5 kW), capacidade 400l-vida útil 10.000 h	h prod.	0,84
<b>BOCA DE LOBO</b>			
01270.0.1.11	Ajudante de carpinteiro	h	44,20
01270.0.19.1	Carpinteiro	h	44,20
01270.0.25.1	Armador	h	68,40
01270.0.40.1	Pedreiro	h	240,00
01270.0.45.1	Servente	h	394,40
02060.3.2.2	Areia lavada tipo média	m³	6,38
02065.3.5.1	Cimento Portland CP II-E-32 (resistência: 32,00 MPa)	kg	1606,00
03210.3.2.2	Barra de aço CA-50 3/8" (bitola: 10,00 mm / massa linear: 0,617 kg/m)	kg	764,00
04221.3.2.5	Bloco de concreto de vedação - bloco inteiro 19 x 19 x 39 - resistência 23 MPa (comprimento: 390 mm / largura: 190 mm / altura: 190 mm)	un.	1192,00
05060.3.20.6	Prego 18 x 27 com cabeça (diâmetro da cabeça: 3,4 mm / comprimento: 62,1 mm)	kg	4,74
05060.3.3.1	Arame recozido (diâmetro do fio: 1,25 mm / bitola: 1SBWG)	kg	13,66
06062.3.4.3	Sarrafo 1" x 4" (altura: 100 mm / espessura: 25 mm)	m	19,88
06062.3.5.5	Tábua 1" x 12" (espessura: 25 mm / largura: 300 mm)	m	31,60
*03310.8.1.13	Concreto estrutural virado em obra, controle "A", consistência para vibração, brita 1 e 2, f. c, 10 MPa	m³	3,12
*03310.8.1.18	Concreto estrutural virado em obra, controle "A", consistência para vibração, brita 1 e 2, f. c 20 MPa	m³	8,40
<b>SARJETA</b>			
01270.0.40.1	Pedreiro	h	800,32
01270.0.45.1	Servente	h	2801,11
020603.11.3	Seixo rolado ou cascalho rolado fino	m³	100,99
02060.3.2.2	Areia lavada tipo grossa	m³	70,50
02065.3.5.1	Cimento Portland CP II-E-32 (resistência: 32,00 MPa)	kg	37538,74
05060.3.20.7	Prego 18 x 30 com cabeça (comprimento: 69,0 mm / diâmetro da cabeça: 3,4 mm)	kg	190,55
0K623.32	Ripa (largura: 10 mm / altura: 70 mm / tipo de madeira: peroba)	kg	634,54
06062.3.4.2	Sarrafo 1" x 2" (altura: 50 mm / espessura: 25 mm)	m	634,54
06062.3.5.4	Tábua 3' construção (seção transversal: 1" x 9" / tipo de madeira: cedrinho)	m²	1270,98
<b>PAVIMENTO</b>			
01270.0.45.1	Servente		2400,00
*02740.8.1.2	Concreto asfáltico para aplicação em pavimentação usinado a quente - preparo	h	2916,00
**22500.9.8.1	Vibroacabadora sobre esteiras, diesel, potência 77 HP (57 kW)-vida útil 20.000 h	t	81,60
**22700.9.20.10	Carregadeira sobre rodas 211 HR com caçamba de aplicação geral de bordas cortantes aparafusáveis, capacidade nominal da caçamba 3,30 m³, aplicação leve - vida útil: 8.000 h	h prod.	84,00
**22700.9.9.1	Rolo compactador autopropelido estático de pneus, diesel, potência 80 HP (60 kW), peso operacional 9,21 - vida útil 8.000 h	h prod.	81,60
**22800.9.1.1	Caminhão basculante, diesel, potência 167 HP (125 kW), capacidade carga útil 5.61. caçamba 5 m³ - vida útil 8.000 h	h prod.	468,00

Fonte: autor

Tabela 13 – Orçamento Sintético

ORÇAMENTO SINTÉTICO DRENAGEM PLUVIAL AVENIDA ALZIRA BARRA GAZZOLA						
ITEM	CÓDIGO	DESCRIÇÃO DOS SERVIÇOS	UNID.	QUANT.	PREÇO UNITÁRIO	CUSTO TOTAL
<b>01.00</b>		<b>ADMINISTRAÇÃO LOCAL</b>				
01.01	SETOP - ADM-001	ENGENHEIRO DE OBRAS PLENO - ENG CIVIL	MÊS	2,00	12.737,25	25.474,50
<b>Subtotal do item 01</b>						<b>25.474,50</b>
<b>02.00</b>		<b>MOBILIZAÇÃO E DESMOBILIZAÇÃO</b>				
02.01	SETOP - MOB-DES-030	MOBILIZAÇÃO E DESMOBILIZAÇÃO DE OBRA - para obras executadas em centros urbanos ou próximos de centros urbanos	%	0,21%	660,50	660,50
<b>Subtotal do item 02</b>						<b>660,50</b>
<b>03.00</b>		<b>CANTEIRO DE OBRAS</b>				
03.01	SINAPI - 74209/001	PLACA DE OBRA EM CHAPA DE AÇO GALVANIZADO	m²	24,00	9,50	227,88
03.02	SINAPI - 73847/003	ALUGUEL CONTAINER/SANIT C/2 VASOS/1 LAVAT/1 MIC/4 CHUV LARG= 2,20M COMPR=6,20M ALT=2,50M CHAPA ACO C/NERV TRAPEZ FORRO C/ CAIXA REFERENCIAL	MÊS	2,00	574,08	1.148,16
<b>Subtotal do item 03</b>						<b>1.376,04</b>
<b>04.00</b>		<b>LOCAÇÃO DA OBRA</b>				
04.01	SETOP - LOC-TOP-015	LOCAÇÃO TOPOGRÁFICA ACIMA DE 50 PONTOS	PT	2,00	500,00	1.000,00
<b>Subtotal do item 04</b>						<b>1.000,00</b>
<b>05.00</b>		<b>DEMOLIÇÕES/RETIRADAS E RECOMPOSIÇÕES</b>				
05.01	SINAPI - 72949	DEMOLICAO DE PAVIMENTACAO ASFALTICA, EXCLUSIVE TRANSPORTE DO MATERIAL RETIRADO	M3	56,10	20,00	1.122,00
05.02	SETOP - URB-MFC-020	REMOÇÃO E REASSENTAMENTO DE MEIO-FIO DE CONCRETO COM REAPROVEITAMENTO	M	1.905,52	11,70	22.294,58
05.03	SINAPI - 72946	IMPRIMACAO DE BASE DE PAVIMENTACAO COM EMULSAO CM-70	M2	1.200,00	3,63	4.356,00
<b>Subtotal do item 05</b>						<b>27.772,58</b>
<b>06.00</b>		<b>ESCAVAÇÃO</b>				
06.01	SINAPI - 73962/4	ESCAVACAO DE VALA NAO ESCORADA EM MATERIAL DE 1A CATEGORIA COM PROFUNDIDADE DE 1.5 ATE 3M COM RETROESCAVADEIRA 75HP, SEM ESGOTAMENTO	M3	2.037,00	6,97	14.197,89
06.02	SINAPI - 74015/1	REATERRO E COMPACTACAO MECANICO DE VALA COM COMPACTADOR MANUAL TIPO SOQUETE VIBRATORIO	M3	1.629,60	17,37	28.306,15
06.03	SINAPI - 83868	ESCORAMENTO DE VALAS TIPO CONTINUO	M2	4.074,00	43,48	177.137,52
<b>Subtotal do item 06</b>						<b>219.641,56</b>
<b>07.00</b>		<b>BERÇO</b>				
07.01	SINAPI - 73361	CONCRETO CICLOPICO C/CONC DOS RAC 10 MPA 30% PED DE MAO INCL TRANSP HORIZ C/CARRINHOS ATE 20M E COLOCACAO.	M3	513,20	191,27	98.159,76
<b>Subtotal do item 07</b>						<b>98.159,76</b>
<b>08.00</b>		<b>TUBOS DE CONCRETO</b>				
08.01	SINAPI - 73724	ASSENTAMENTO DE TUBOS DE CONCRETO DIAMETRO = 400MM, SIMPLES OU ARMADO, JUNTA EM ARGAMASSA 1:3 CIMENTO:AREIA	m	434,00	18,28	7.933,52
08.02	SINAPI - 7761	TUBO CONCRETO ARMADO CLASSE PA-2 PB NBR-8890/2007 DN 400 MM PARA ÁGUAS PLUVIAIS	m	434,00	60,51	26.261,34
08.03	SINAPI - 73722	ASSENTAMENTO DE TUBOS DE CONCRETO DIAMETRO = 600MM, SIMPLES OU ARMADO, JUNTA EM ARGAMASSA 1:3 CIMENTO:AREIA	m	566,00	35,56	20.126,96
08.04	SINAPI - 7762	TUBO CONCRETO ARMADO CLASSE PA-2 PB NBR-8890/2007 DN 600 MM PARA ÁGUAS PLUVIAIS	m	566,00	104,63	59.220,58
<b>Subtotal do item 08</b>						<b>113.542,40</b>
<b>09.00</b>		<b>BOCA DE LOBO</b>				
09.01	SINAPI-73950/1	CAIXA TIPO BOCA LOBO 30X90X90CM, EM ALV TIJ MACICO 1 VEZ, REVESTIDA COM ARGAMASSA 1:4 CIMENTO:AREIA, SOBRE BASE DE CONCRETO SIMPLES FCK=10MPA, INCLUINDO ESCAVACAO E REATERRO.	UN	20,00	1.054,21	21.084,20
<b>Subtotal do item 09</b>						<b>21.084,20</b>
<b>10.00</b>		<b>POÇO DE VISITA</b>				
10.01	SINAPI - 74124/1	POCO VISITA AG PLUV: CONC ARM 1X1X1,40M COLETOR D=40 A 50CM PAREDE E=15CM BASE CONC FCK=10MPA REVEST C/ARG CIM/AREIA 1:4 DEGRAUS FF INCL FORN TODOS MATERIAIS	un	4,00	1.270,36	5.081,44
10.02	SINAPI - 74124/2	POCO VISITA AG PLUV: CONC ARM 1,10X1,10X1,40M COLETOR D=60CM PAREDE E=15CM BASE CONC FCK=10MPA REVEST C/ARG CIM/AREIA 1:4 DEGRAUS FF INCL FORN TODOS MATERIAIS	un	9,00	1.481,16	13.330,44
<b>Subtotal do item 10</b>						<b>18.411,88</b>
<b>11.00</b>		<b>CHAMINÉ</b>				
11.01	SETOP - DRE-CHA-005	CHAMINÉ DE POÇO DE VISITA TIPO A, EM ALVENARIA DE TIJOLO CERÂMICO MACIÇO E = 20 CM REVESTIDA	UN	13,00	372,26	4.839,38
<b>Subtotal do item 11</b>						<b>4.839,38</b>
<b>12.00</b>		<b>TAMPA DE FERRO FUNDIDO</b>				
12.01	SINAPI - 73607	ASSENTAMENTO DE TAMPAO DE FERRO FUNDIDO 600 MM	UN	13,00	45,62	593,06
12.02	SINAPI - 21075	CARGA MAX 30000KG DIAM ABERT 900MM P/ POCO VISITA DE REDE AGUA PLUVIAL, ESGOTO ETC	UN	13,00	171,22	2.225,86
<b>Subtotal do item 12</b>						<b>2.818,92</b>
<b>TOTAL DA OBRA SEM BDI</b>						<b>315.140,17</b>

Fonte: Autor

## 10 CONCLUSÃO

Em detrimento a atual situação da Avenida Alzira Barra Gazzola, este trabalho foi desenvolvido, em busca de soluções para os problemas ocasionados pela falta de um sistema de drenagem de águas pluviais.

Dentre os principais problemas gerados estão:

- Alagamentos;
- Erosões;
- Inundações;
- Deslizamentos;
- Riscos de acidentes – Aquaplanagem;
- Obstrução da via, dentre outros.

O conhecimento gerado ao longo do curso de bacharel em Engenharia Civil, proporcionou dados e informações pertinentes para apontar soluções no caso citado, dentre eles a utilização do sistema já instalado na Cidade Universitária do UNIS/MG como receptor das águas pluviais oriundas da avenida, minimizando os custos de implantação, assim como a agilização de todo o processo executivo da obra.

A correta drenagem das águas pluviais na Avenida Alzira Barra Gazzola, proporcionará diversos benefícios, tanto aos usuários como ao sistema público, tais quais:

- Redução dos gastos com a manutenção das vias, que precisam estar em situação que gere segurança a motoristas e transeuntes;
- Valorização das áreas vicinais;
- Facilitação do tráfego, uma vez que a via é utilizada tanto por acadêmicos, como por empresas e moradores;
- Eliminação de águas estagnadas e lamaçais, com o intuito de reduzir riscos de doenças que possam acometer os usuários, pois a cada R\$1,00 investido em saneamento, economiza-se R\$4,00 em saúde, e a situação como a descrita neste trabalho, podem gerar focos de dengue, por exemplo.
- Redução de perdas ao meio ambiente, uma vez que, o correto manuseio das águas pluviais permitem que o seu escoamento superficial não seja afetado, não ocorrendo demasiada infiltração de água em locais específicos e restritos, gerando riscos de erosão.

Após análise de todos os fatores oriundos deste projeto, a implantação do sistema de drenagem faz-se de suma importância, tanto pela necessidade dos usuários por obter um local mais propício para o tráfego de pedestres e veículos, como questões de saúde que envolvem todo o contexto.

Para garantir a viabilidade do empreendimento, cálculos foram realizados no intuito de formular os valores a serem investidos no local, pode-se chegar ao valor de investimento de R\$315.140,17 (trezentos e quinze mil, cento e quarenta reais e dezessete centavos), o que representa um investimento diário de R\$29,18 (vinte nove reais e dezoito centavos) para um tempo de retorno de 30 anos.

Desta forma, mostra-se viável a implantação do sistema de drenagem no local, uma vez que os prejuízos que poderão acometer o local, assim como as constantes obras de manutenção oriundas das erosões no asfalto, tornam o projeto viável.

## 11 REFERÊNCIAS BIBLIOGRÁFICAS

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

CETESB, **Drenagem urbana:**Manual de projeto. 3ªed. São Paulo: CETESB/ASCETESB, 1986.

AZEVEDO NETTO, J.M. et al. **Manual de Hidráulica.** 8ªed. São Paulo: Blucher, 1998.

JABOR, Engº Marcos Augusto. **Drenagem de Rodovias:** Estudos Hidrológicos e Projeto de Drenagem. 2013.

BRASIL, Caixa Econômica Federal. **Sistema Nacional de Pesquisa de Custos e Índices da Construção Civil.** 2015

DNIT, **Manual de Drenagem de Rodovias,** 2ªed. Rio de Janeiro: 2006.

PREFEITURA DO MUNICÍPIO DE VARGINHA. **Lei nº3.068 – Código de Obras não Habitacionais.** 1998.

SUDERHSA, **Manual de Drenagem Urbana:** Região Metropolitana de Curitiba – P. Versão 1.0, 2002.

TCPO. **Tabela de Composição de Preços para Orçamentos.** São Paulo: PINI, 2015.

GOOGLE EARTH-MAPAS. **Http://mapas.google.com.** Consulta realizada em 10/05/2015.

GPRH-Grupo de Pesquisa em Recursos Hídricos. **PLUVIO 2.1.** Softwares. Universidade Federal de Viçosa. Consulta realizada em 10/05/2015.