

N. CLASS. M627.42  
CUTTER F487e  
ANO/EDIÇÃO 2015

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

**ENGENHARIA CIVIL**

**ALAMIRO ALVES CHAGAS FILHO**

**ESTUDOS DOS ALAGAMENTOS NA AV. PLÍNIO SALGADO, NO MUNICÍPIO DE  
VARGINHA.**

**Varginha**

**2015**

**ALAMIRO ALVES CHAGAS FILHO**

**ESTUDOS DOS ALAGAMENTOS NA AV. PLÍNIO SALGADO, NO MUNICÍPIO DE  
VARGINHA.**

Trabalho apresentado como ao curso de Engenharia Civil do Centro Universitário do Sul de Minas – UNIS/MG, como pré-requisito para obtenção do grau de bacharel, sob orientação do Prof. Dr. Leopoldo Uberto Ribeiro Júnior.

**Varginha**

**2015**

**ALAMIRO ALVES CHAGAS FILHO**

**ESTUDOS DOS ALAGAMENTOS NA AV. PLÍNIO SALGADO, NO MUNICÍPIO DE  
VARGINHA.**

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 2015

---

Prof. Dr. Leopoldo Uberto Ribeiro Junior

---

Prof. Dr. Roberto Luiz Queiroz

---

Prof. Dr. Guaracy Silva

OBS:

## **AGRADECIMENTOS**

**Agradeço aos meus colegas, professores e a minha família por terem ajudado na construção deste trabalho.**

## RESUMO

O presente trabalho aborda os problemas causados na época das chuvas pelo sistema de drenagem delimitado pela Av. Plínio Salgado e o seu entorno. São expostos os problemas causadores do alagamento, onde são analisados os elementos de microdrenagem, tais como bocas de lobo e galerias. Através de visitas a campo foram medidas cinquenta ruas e duzentas e cinquenta e quatro bocas de lobo, com a ajuda de uma trena. Depois de serem feitas essas medidas, houve a comparação do método racional com a capacidade de projeto, para com os resultados dizer se a boca de lobo suporta ou não aquela vazão. E das cinquenta ruas, cinco ruas apresentaram problemas, resultando em água que descia para a Av. Plínio Salgado. Então são apresentadas novas configurações para as bocas de lobo dessas cinco ruas, evitando assim que essa água alague a Av. Plínio Salgado. Também são mostrados os cálculos da galeria da Av. Plínio Salgado. Com os resultados obtidos comprova-se que a estrutura de microdrenagem existente não suporta a demanda na época das chuvas, mas mostra como as alternativas de solução apresentadas podem ser eficazes contra os problemas existentes.

**Palavras Chave:** Drenagem Urbana; Microdrenagem ; Galeria.

### **ABSTRACT**

*This assignment discusses the problems caused during the rainy season the drainage system bordered by Av. Plinio Salgado and his surroundings. The cause of the flooding problems are exposed, which are analyzed microdrainage elements such as sluice gates and galleries. Through field visits were measures fifty streets and two hundred fifty-four sluice gates, with the help of a measuring tape. After making these measures, there was a comparison of the rational method to project capacity, with the results to say whether the sluice gates that supports or does not flow. And the fifty streets, five streets malfunctioned, resulting in water that fell onto Av. Plinio Salgado. So are presented new settings for the sluice gates of these five streets, thus preventing the water floods Av. Plinio Salgado. Also are shown the calculations of the gallery of Av. Plinio Salgado. With the obtained results it is proved that the existing microdrainage structure does not support the demand in the rainy season, but it shows how the presented alternative solutions can be effective against existing problems.*

**Keywords:** *Urban drainage ; Microdrainage; Gallery.*

## LISTA DE TABELAS

Tabela 1 – Período de retorno para microdrenagem.....	24
Tabela 2 – Áreas, porcentagens e tipo de terreno.....	27
Tabela 3 - Valores recomendados para o coeficiente C .....	28
Tabela 4 - Valores de C para áreas urbanas restritas.....	28
Tabela 5 - Coordenadas geográficas e parâmetros da equação de chuvas intensas para os municípios.....	29
Tabela 6 – Características dos condutos circulares parcialmente cheios .....	31
Tabela 7 – Coeficiente de rugosidade “n” de manning .....	31
Tabela 8 – Coordenadas geográficas e parâmetros da equação de chuvas intensas para o município de Varginha .....	34
Tabela 9 – Rua Dr. José de Assis Ribeiro .....	37
Tabela 10 – Rua Dr. José de Assis Ribeiro – Nova Configuração.....	37
Tabela 11 – Rua Bolívia.....	40
Tabela 12 – Rua Bolívia – Nova Configuração.....	40
Tabela 13 – Rua México.....	43
Tabela 14 – Rua México – Nova Configuração .....	43
Tabela 15 – Rua Equador .....	46
Tabela 16 – Rua Equador – Nova Configuração.....	46
Tabela 17 – Av. Brasil.....	49
Tabela 18 – Av. Brasil – Nova Configuração .....	49
Tabela 19 – Características dos condutos circulares utilizando-se 70%.....	52
Tabela 20 – Características dos condutos circulares utilizando-se $Q_x/Q_p=0,59$ .....	53
Tabela 21 – Rua Francisco Rosemburg – Margem Direita .....	59
Tabela 22 – Rua Francisco Rosemburg – Margem Esquerda .....	60
Tabela 23 – Rua Álvaro Mendes – Margem Direita .....	60
Tabela 24 – Rua Álvaro Mendes – Margem Esquerda.....	60
Tabela 25 – Rua Dr. Antônio Francisco de Oliveira – Margem Direita .....	60
Tabela 26 – Rua Dr. Antônio Francisco de Oliveira – Margem Esquerda.....	61
Tabela 27 – Rua Allan Kardec – Margem Esquerda.....	61
Tabela 28 – Rua Allan Kardec – Margem Direita.....	62
Tabela 29 – Rua Manoel M. Santos .....	62
Tabela 30 – Rua São Bento .....	63

Tabela 31 – Rua Tenente Joaquim Pinto – Margem Esquerda.....	63
Tabela 32 – Rua Tenente Joaquim Pinto – Margem Direita .....	63
Tabela 33 – Rua Santa Catarina .....	63
Tabela 34 – Rua Dona Zica.....	64
Tabela 35 – Rua Venezuela.....	65
Tabela 36 – Rua Dr. Arnaldo Barbosa .....	65
Tabela 37 – Rua Colômbia.....	65
Tabela 38 – Rua Maria Antonieta.....	65
Tabela 39 – Rua Dr. José Resende Pinto.....	66
Tabela 40 – Rua Irmão Mário Esdras – Margem Esquerda .....	66
Tabela 41 – Rua Irmão Mário Esdras – Margem Direita .....	66
Tabela 42 – Rua Arthur Saviolo Lima .....	66
Tabela 43 – Rua Alberto Cabre.....	67
Tabela 44 – Rua Coronel Emílio Resende.....	67
Tabela 45 – Rua Pres. Arthur Bernardes.....	68
Tabela 46 – Rua Argentina.....	68
Tabela 47 – Rua Pres. Evaristo Soares.....	68
Tabela 48 – Rua José Gonçalves Pereira.....	68
Tabela 49 – Rua dos Comerciários.....	69
Tabela 50 – Rua do Líbano.....	69
Tabela 51 – Rua Dom Joseph Kallas.....	69
Tabela 52 – Rua Poeta Toninho Bittencourt .....	69
Tabela 53 – Av. Dr. José Marcos .....	69
Tabela 54 – Rua Santa Margarida .....	70
Tabela 55 – Rua Ana Jacinta .....	70
Tabela 56 – Rua Tonico Xavier.....	70
Tabela 57 – Rua Aparecida .....	71
Tabela 58 – Rua Hylio Foresti.....	71
Tabela 59 – Rua dos Bancários .....	71
Tabela 60 – Rua Marilda .....	71
Tabela 61 – Rua Estrela do Sul .....	71
Tabela 62 – Rua Antônio Adilson.....	72
Tabela 63 – Rua Q-Luz .....	72
Tabela 64 – Rua Pref. José Bueno de Almeida .....	72



Tabela 65 – Rua Padre Parreira Vilaça.....	72
Tabela 66 – Rua 166.....	72
Tabela 67 – Rua Zilah Frota.....	73
Tabela 68 – Rua José Figueiredo Frota.....	73
Tabela 69 – Rua Vera Cruz.....	73
Tabela 70 – Rua Antonieta.....	73
Tabela 71 – Rua Maria Nazareth.....	73
Tabela 72 – Rua Dr. José de Assis Ribeiro.....	74
Tabela 73 – Rua Bolívia.....	74
Tabela 74 – Rua México.....	75
Tabela 75 – Rua Equador.....	75
Tabela 76 – Av. Brasil.....	76

## LISTA DE FIGURAS

Figura 1 – Modelo de Sistema Hidrológico Simples.....	23
Figura 2 – Av. Plínio Salgado .....	26
Figura 3 – Medição de boca de lobo.....	36
Figura 4 – Medição de boca de lobo.....	37
Figura 5 – Bocas de lobo da Rua Dr. José de Assis Ribeiro .....	38
Figura 6 – Bocas de lobo da Rua Dr. José de Assis Ribeiro – Nova Configuração .....	39
Figura 7 – Medição de boca de lobo.....	40
Figura 8 – Bocas de lobo da Rua Bolívia .....	41
Figura 9 – Bocas de lobo da Rua Bolívia – Nova Configuração.....	42
Figura 10 – Medição de boca de lobo .....	43
Figura 11 – Bocas de lobo da Rua México .....	44
Figura 12 – Bocas de lobo da Rua México – Nova Configuração .....	45
Figura 13 – Medição de boca de lobo.....	46
Figura 14 – Bocas de lobo da Rua Equador .....	47
Figura 15 – Bocas de lobo da Rua Equador – Nova Configuração.....	48
Figura 16 – Bocas de lobo da Av. Brasil.....	50
Figura 17 – Bocas de lobo da Av. Brasil – Nova Configuração .....	51
Figura 18 – Aproximadamente 50% da seção .....	54
Figura 19 – Alagamento na Av. Plínio Salgado .....	54
Figura 20 – Boca de lobo tampada por sujeira .....	59
Figura 21 – Boca de lobo tampada por mato e terra.....	61
Figura 22 – Medição de boca de lobo.....	62
Figura 23 – Foto de boca de lobo da Rua Dona Zica .....	64
Figura 24 – Boca de lobo com sujeira .....	67
Figura 25 – Foto de boca de lobo suja.....	70
Figura 26 – Boca de lobo com mato.....	74
Figura 27 – Escoamento da última boca de lobo da Rua Bolívia.....	75

## SUMÁRIO

<b>1 INTRODUÇÃO .....</b>	<b>12</b>
<b>1.1 OBJETIVO .....</b>	<b>13</b>
1.1.1 Geral .....	13
1.1.2 Específico .....	13
<b>2 REVISÃO BIBLIOGRÁFICA .....</b>	<b>14</b>
2.1 Saneamento.....	14
2.2 Definições de drenagem .....	15
2.3 Diferença entre microdrenagem e macrodrenagem.....	15
2.4 Microdrenagem.....	16
2.4.1 Sarjetas .....	17
2.4.2 Bocas de Lobo .....	18
2.4.3 Galerias.....	19
2.4.4 Cálculo das Galerias .....	20
2.5 Método Racional .....	21
<b>3 MATERIAL E MÉTODOS .....</b>	<b>26</b>
3.1 Apresentação da área em estudo.....	26
3.2 Características da área em estudo .....	27
3.3 Estimativa através do método racional .....	27
3.3.1 Coeficiente de Runoff.....	28
3.3.2 Cálculo da intensidade de chuva .....	28
3.4 Dimensionamento das bocas de lobo .....	30
3.5 Cálculo das galerias .....	30
<b>4 RESULTADOS .....</b>	<b>32</b>
4.1 Cálculo da vazão total da bacia .....	32
4.2 Proposição de readequação do sistema das bocas de lobo .....	35
4.3 Cálculo da galeria da Av. Plínio Salgado .....	52
<b>5 CONCLUSÃO.....</b>	<b>55</b>
<b>6 REFERÊNCIAS BIBLIOGRÁFICAS .....</b>	<b>56</b>
<b>ANEXO A – CARACTERIZAÇÃO DA ÁREA EM ESTUDO .....</b>	<b>58</b>
<b>ANEXO B – SISTEMA DE MICRODRENAGEM DA ÁREA EM ESTUDO .....</b>	<b>77</b>
<b>ANEXO C – MAPA DA ÁREA EM ESTUDO.....</b>	<b>95</b>

## 1 – INTRODUÇÃO

O assunto de drenagem é de extrema importância e igual interesse no âmbito da Engenharia Civil e de uso geral, pois avalia os problemas causados pela má drenagem ou pela falta dela, causando alagamentos nas ruas e vias da cidade, como é o caso da Av. Plínio Salgado.

Os problemas de drenagem estão relacionados à falta de planejamento urbano dos dispositivos de condução das águas pluviais, tais como sarjetas, bocas de lobo e galerias. Normalmente há também o uso incorreto do solo. Os problemas gerados pelo mau planejamento urbano em muitos casos são difíceis de detectar e principalmente de solucionar.

Como os canais, as sarjetas, as bocas de lobo e as galerias tem a função de transportar e lançar em corpos hídricos as águas de chuvas, se ocorrer uma diminuição da água infiltrada no solo, haverá uma redução da área permeável, o que irá gerar um aumento do escoamento superficial das águas de chuva, podendo ocorrer alagamentos nas vias públicas. Ou seja, o crescimento acelerado e desenfreado das cidades, faz com que se provoque um choque abrupto nos processos de drenagem urbana ou da interceptação das águas pluviais.

As estruturas de distribuição d'água, de esgotos sanitários, de drenagem de águas das chuvas e de recolhimento de lixo são serviços governamentais de saneamento básico, na qual as estruturas de drenagem fazem parte.

O aumento da urbanização gera o agravamento dos problemas de drenagem, pois as áreas de depressão dos municípios estão sujeitas a alagamentos, devendo-se utilizar os métodos de drenagem para se prevenir dessas inundações. Com o aumento da população urbana, há também o aumento das edificações, o que faz o solo sofrer mudanças ou alterações, ocorrendo à impermeabilização do solo e a conseqüente diminuição da infiltração da água no solo.

As comunidades que estão em áreas mais baixas, estão mais sujeitas a alagamentos, então deve-se haver um bom dimensionamento das estruturas que irão receber as águas superficiais e subterrâneas, e assim evitar os transbordamentos nos períodos de chuvas intensas através da microdrenagem, que irá fazer o controle superficial do escoamento das águas de chuva. Então deve-se adotar sistemas preventivos contra as inundações.

A drenagem é de extrema importância para a sociedade, pois evita que aconteçam alagamentos nas vias públicas, devido ao correto planejamento para o escoamento das águas pluviais.

É um assunto de extrema relevância, pois na drenagem urbana há o descarregamento das águas em dutos subterrâneos que são coletadas através de bocas de lobo, com a finalidade

de serem lançados nos cursos d' água, na qual é coletada e lançada toda a água proveniente das chuvas.

Na revisão bibliográfica, o presente trabalho aborda no item 2.1, sobre o saneamento básico.

No item 2.2 expõe as definições de drenagem.

No item 2.3 apresenta as diferenças entre microdrenagem e macrodrenagem.

O item 2.4 retrata as teorias sobre microdrenagem, e nos subitens são apresentadas as sarjetas, as bocas de lobo, as galerias e os cálculos das galerias.

E o item 2.5 tem como foco o método racional.

Este trabalho de Conclusão de Curso abordará o assunto Drenagem Urbana, em especial sobre a drenagem da Av. Plínio Salgado. A análise se dará de maneira teórica e observando suas influências na prática, estudando as consequências de uma drenagem urbana equivocada, e de que maneira ela influencia no contexto da cidade.

## **1.1 – OBJETIVO**

### **1.1.1 – Geral**

Apresentar soluções para os problemas de drenagem pluvial na Av. Plínio Salgado, que possui inúmeros problemas na época de chuvas, devido ao alagamento da avenida.

### **1.1.2 – Específico**

- Delimitar a área de estudo e caracterizar as estruturas existentes de microdrenagem, tais como as bocas de lobo e as galerias da Av. Plínio Salgado.
- Identificar as problemas existentes no entorno da Av. Plínio Salgado.
- Apresentar soluções para tentar eliminar os problemas do sistema de drenagem

## 2 - REVISÃO BIBLIOGRÁFICA

### 2.1 – Saneamento

FUNASA (2004) define que o conceito de saneamento ambiental é quando há uma correta coleta e disposição sanitária de resquícios sólidos, líquidos e gasosos, além de proporcionar o regimento sanitário de uso do solo, e também a drenagem urbana, sendo algumas ações econômicas que tem como finalidade atingir a salubridade ambiental para a proteção e a melhoria das condições de vida urbana e rural.

Para Righetto (2009) os seguintes elementos do saneamento básico devem ser observados: um sistema de coleta e transporte para a correta destinação dos resíduos sólidos; elementos estruturais de acumulação e transporte sendo constituídos de áreas de infiltração e retenção; além de uma correta infraestrutura de esgotamento sanitário de águas pluviais formada pelas estações de tratamento, pelas redes coletoras, e a destinação final dos efluentes. E finalizando, água para abastecimento, observando-se os aspectos da qualidade e da quantidade.

FUNASA (2004) afirma que a maioria das cidades se aproveita das águas superficiais que são tratadas e distribuídas para as residências e indústrias, sendo que algumas comunidades captam água subterrânea para abastecimento público. E para recuperar parcialmente a qualidade da água, há a coleta e o transporte dos esgotos para uma estação anterior à sua disposição final, o que leva a uma diluição em um corpo receptor, promovendo uma melhora e a purificação pela natureza da qualidade da água.

De acordo com Righetto (2009), a lei 11.445/2007, que estabelece as diretrizes e os princípios fundamentais para o saneamento básico, deve-se dispor a drenagem das águas pluviais como práticas através do gerenciamento e planejamento da ocupação do território brasileiro. Sendo que o manuseio das águas pluviais representa um agregado das atividades, da infraestrutura e das instalações na qual a drenagem urbana é a responsável por amenizar as vazões de cheia, além de reter e transportar as águas pluviais.

FUNASA (2004) esclarece que os principais problemas no abastecimento de água são: deficiente infraestrutura do sistema de esgoto sanitário, que recebe contaminação crescente das águas superficiais e subterrâneas; inadequado tratamento de resíduos sólidos atingindo o abastecimento de água; e ausência de depuração de águas urbanas e industriais. Existe ainda projetos deficientes, ou sem a adequada manutenção das instalações de abastecimento público. E finalizando, falta a correta desinfecção de água destinada ao consumo humano, ocorrendo principalmente em pequenos povoados.

## **2.2 – Drenagem**

Segundo Righetto (2009) para se haver uma correta gestão das águas pluviais urbanas, é necessário um Plano Diretor de Drenagem Urbana (PDDU). Sendo que o PDDU cuida da ocupação e da evolução da infraestrutura de drenagem, para diminuir ou até mesmo eliminar prejuízos econômicos e ambientais, tomando como meta o planejamento dos deflúvios superficiais no espaço urbano.

De acordo com Botelho (2011), o governo municipal cuida da microdrenagem, enquanto que o governo federal cuida do estudo da drenagem de grandes rios, além de licenciar os recursos hídricos para usos ambientais e hidroelétricos. Sendo que quando certos rios cruzam as áreas urbanas, e passam por vários municípios, a administração fica por conta do poder estadual.

Conforme Righetto (2009), no que diz respeito as atividades de manejo das águas pluviais urbanas, tem-se duas vertentes de trabalho. A primeira engloba os sistemas de microdrenagem no que tange os seus elementos hidráulicos estruturais, contando com as boas práticas de contenção e de transporte das águas pluviais e do carreamento e deposição de sedimentos e resíduos sólidos. A segunda trata de fiscalizar e impor medidas de remediação, pois é composta por dispositivos legais e de administração da infraestrutura de drenagem.

Canholi (2005) explica que para o correto planejamento de drenagem deve haver um abrangente processo de planejamento urbano, de maneira a adequar o uso do solo e dos transportes, e coordenar principalmente com os recursos de saneamento básico (água e esgoto).

Righetto (2009) assegura que pode-se conseguir benefícios indiretos importantes com um sistema de drenagem bem projetado, entre eles estão: Saneamento das baixadas, menor custo de implantação de núcleos habitacionais, rebaixamento do lençol freático, recuperação de terras inaproveitadas, baixa no custo de construção e manutenção das vias, e melhoria do tráfego de veículos durante as chuvas.

## **2.3 – Diferença entre microdrenagem e macrodrenagem**

Botelho (2011) esclarece que quando se trata da drenagem de um rio ou da bacia em estudo, chama-se macrodrenagem. E se for a drenagem de um bairro, de uma rua, de um trecho, e ocorre a existência de drenagem superficial através do escoamento pelas sarjetas das

ruas, sendo complementada pela drenagem profunda captada por bueiros e bocas de lobo, então nesse caso chama-se microdrenagem.

#### **2.4 – Microdrenagem**

CETESB (1986) afirma que o sistema de microdrenagem ou inicial deve coletar as águas pluviais através do sistema composto por bocas de lobo, guias e sarjetas, pavimentos das ruas, canais de pequena dimensão e as galerias pluviais com um projeto correto, onde evita-se danos às propriedades, interferências entre as enxurradas e os tráfegos dos pedestres e veículos, além das inundações na área urbana. Sendo que o dimensionamento do sistema tem um período de retorno de 2 a 10 anos, para o escoamento de águas pluviais.

Tomaz (2010) elucida que como não existem Normas da ABNT para o assunto de microdrenagem, acaba se tornando de difícil padronização pelos órgãos públicos, pelas cidades e os estados, já que cada entidade adota um critério diferente.

De acordo com CETESB (1986), é admissível desde que não seja frequente a inundação de passeios, e de todo pavimento das ruas, e quando se tratar de estabelecimentos comerciais e industriais, e de residências, devem ser ainda mais raros. E para se dimensionar o sistema pluvial, as chuvas devem ocorrer em média de 2 a 10 anos, compreendendo sarjetas, galerias de águas pluviais, guias e pavimentos das ruas, formando o sistema de drenagem inicial. E quando o correr chuvas mais críticas, o sistema de drenagem deve suportar o escoamento superficial, evitando que ocorram perdas de vidas humanas e prejuízos materiais.

Tomaz (2010) explica que um grande problema das bocas de lobo e das alturas das guias é se encontrar um padrão adequado para esses elementos, pois são problemas que devem encontrar soluções isoladamente.

CETESB (1986) assegura que com a junção do sistema inicial de drenagem com o sistema de macrodrenagem, constitui-se o sistema geral de drenagem de determinada área urbana. O sistema inicial de drenagem tem o objetivo de evitar danos que ocorrem frequentemente por causa das chuvas intensas, recebendo o sistema de galerias de águas pluviais, através das sarjetas, sarjetões, pequenos canais e bueiros, sendo que o sistema de galerias de águas pluviais é formado por condutos, bocas de lobo, poços de visita e outros dispositivos que tem a função de coletar e conduzir toda a chuva inicial de projeto, para um ponto de lançamento no sistema geral de drenagem.

Conforme Tomaz (2010) a explicação do que é microdrenagem tem muitas definições, onde pode se elucidar como o escoamento superficial nas bocas de lobo, nas ruas e nas galerias que recebem as águas das chuvas. Outra definição seria o de uma área de até 120 ha.



Ou ainda a subdivisão em tubos pequenos e tubos grandes, sendo que os primeiros deslocam no máximo  $0,57 \text{ m}^3/\text{s}$ , enquanto que os tubos grandes deslocam acima de  $0,57 \text{ m}^3/\text{s}$ . E com tantas definições, fica difícil para os especialistas conceituarem a respeito desse assunto.

Botelho (2011) afirma que as guias tem como finalidade definir os limites entre o leito carroçável e o passeio, sendo estas feitas de concreto simples, podendo ser pré-moldado, ou ainda de granito. Quando as guias são colocadas, possuem o nome de “meio-fio”.

Para CETESB (1986) deve-se haver uma manutenção permanente, com a desobstrução e a limpeza das galerias e das bocas de lobo, antecedendo as épocas chuvosas. E se as obras de execução tiverem sido cuidadosamente projetadas, haverá um bom funcionamento do sistema inicial de drenagem.

Segundo Tomaz (2010), é de extrema importância a definição da altura do nível de água na sarjeta, e qual o período de retorno que irá se admitir, pois o projeto das tubulações e bueiros devem ser bem dimensionados para não haver riscos, e para as águas das chuvas serem levadas com segurança.

#### **2.4.1 – Sarjetas**

Botelho (2011) elucida que utiliza-se as sarjetas para a fixação das guias por onde a água escoará. E como as ruas possuem o formato abaulado (declividade transversal) o sentido em que as águas correm é pelas sarjetas.

Tomaz (2010) esclarece que existem duas hipóteses para se calcular a capacidade de condução da rua ou da sarjeta, que seria a água escoando só pelas sarjetas, e a água escoando por toda a calha da rua.

De acordo com Botelho (2011) é essencial a presença das sarjetas nas ruas asfaltadas, devido a dificuldade que seria a máquina de asfaltamento para chegar até a guia. No entanto se chegasse ocorreria dano. As sarjetas podem ser feitas de paralelepípedo, ou ainda de concreto simples, moldado in loco.

Conforme Tomaz (2010) depende da declividade da rua, para se saber quais elementos devem ser utilizados, sendo que em uma rua com grandes declividades é comum se usar grelhas ou grades, e com baixa declividade deve-se usar somente a entrada de água na sarjeta.

Botelho (2011) explica que a expressão do termo “meio-fio” surgiu porque no Brasil colônia havia uma canaleta no centro da rua que recebia as águas das chuvas, mas essa solução tornou-se problemática com o crescimento das cidades, devido ao caos gerado no trânsito, fazendo com que se apresentasse como solução, as sarjetas nas extremidades, com uma metade das águas para um lado da seção transversal, e a outra metade para o outro lado.

Tomaz (2010) assegura que as sarjetas se classificam de acordo com o seu funcionamento em livre ou afogada, e também se classificam de acordo com a sua localização, podendo estar nos cruzamentos, nos pontos baixos ou intermediários.

#### **2.4.2 – Bocas de Lobo**

Para CETESB (1986) as bocas de lobo que estão localizadas nos pontos intermediários das sarjetas, fazem com que as águas de chuva possuam acesso unicamente por uma das extremidades da boca de lobo. E as que se localizam nos pontos baixos das sarjetas, ocorrem devido a inclinação da rua, do ponto positivo ao negativo. E ocorrem também na interceptação das ruas, e na curvatura das guias, e nesse caso o acesso se dá pelas duas extremidades da boca de lobo.

Segundo Botelho (2011), deve-se proteger a tampa da boca de lobo das manobras de carros e caminhões com proteções, pois essas tampas frequentemente são arrebentadas pelas rodas dos veículos. Deve-se também fazer a limpeza com certa periodicidade para evitar entupimentos. Em cidades com um sistema de águas pluviais, a densidade por área urbana de bocas de lobo deve ser entre 400 m<sup>2</sup> a 800 m<sup>2</sup>. E por último o tubo que liga a boca de lobo ao poço de visita em relação a capacidade de engolimento da boca de lobo não necessita de ter capacidade hidráulica superior a boca.

Tomaz (2010) afirma que em relação as bocas de lobo, se a acumulação de água na sarjeta requisitar ou for ultrapassada da sua capacidade de absorção, deve-se locar as bocas em ambos os lados da rua. E o posicionamento deve ser na região baixa da quadra.

CETESB (1986) esclarece que a boca de lobo simples escoo de uma das seguintes maneiras: quando a boca de lobo funciona como um ducto, denomina-se escoamento afogado; ou quando ela funciona controlando a vazão, como um sangrador, designa-se escoamento com superfície livre.

Tomaz (2010) elucida que deve-se ter um espaço máximo de 60 m entre uma boca de lobo e outra, isso se não foi feito nenhum tipo de diagnóstico da eficiência do escoamento da sarjeta. E essas bocas de lobo devem ser instaladas nos pontos além da montante das faixas de cruzamento, próximo das esquinas.

De acordo com CETESB (1986), a capacidade de esgotamento de uma boca de lobo deve ser calculada para ser menor que o cálculo realizado, pois aparecem os seguintes fatores na sua execução: nas ruas, sarjetas e bocas de lobo existem irregularidades; os resíduos

carregados pelas águas originam obstruções; e os cálculos pressupostos não correspondem ao que ocorre na prática.

Botelho (2011) assegura que a área da sarjeta é captada pela boca de lobo, que constitui-se de uma guia chapéu feita de concreto armado ou granito. Há também uma caixa de captação feita de bloco de concreto armado ou alvenaria de tijolo. A sarjeta deve ser rebaixada para se captar a água corretamente. Há ainda tubos de concreto que se ligam a uma galeria pluvial através da conexão da caixa, e por último uma tampa de cobertura.

Tomaz (2010) explica que as bocas de lobo se classificam dependendo do tipo de estrutura que as compõe, podendo ser dos seguintes tipos: boca de lobo simples, com grelhas e combinada. E a boca de lobo que irá coletar a água, possui na sarjeta um rebaixamento para aumentar a sua capacidade.

Conforme Botelho (2011), a grelha retém os materiais maiores, evitando que eles tenham como destino o sistema pluvial. Mas como esses materiais que são retidos pela boca de lobo ficam presos na grelha, exige-se uma constante limpeza. Além disso, pelo fato da grelha ser de ferro fundido, há muitos roubos de grelhas, deixando o local com uma abertura, o que pode trazer perigo para os pedestres. As bocas de lobo tem a função de captar a água horizontalmente, através de depressões da sarjeta.

### **2.4.3 – Galerias**

Para Botelho (2011) em algumas galerias utiliza-se um tubo com diâmetro máximo de 1,50 m, porém dependendo da cidade, a prefeitura define como tamanho máximo de 1,20 m, o que faz com que o tubo de 2,00 m de diâmetro sejam muito raros, pois são de difícil manuseio, devido ao peso avantajado. Em virtude disso não se encontra a fabricação em série de tubos de 2,00 m nas indústrias.

Conforme CETESB (1986), o sistema de galerias de águas pluviais formado por sarjetas, bueiros, sarjetões, e pequenos canais forma o sistema de microdrenagem, que tem como finalidade impedir os sinistros e as impertinências geradas pelas chuvas frequentes e intensas. Todos os dispositivos que foram planejados para coletar e conduzir os descarregamentos das chuvas, foram projetados inicialmente para arremessar as chuvas para um sistema geral de drenagem, e fazem parte do sistema de galerias de águas pluviais, composto por bocas de lobo, condutos e poços de visita.

Tomaz (2010) explica que projeta-se as galerias pluviais como conduto livre, o que faz com que o material utilizado resulte na velocidade a ser alcançada. Em tubos de concreto o recobrimento mínimo será de 1,00 m, havendo diversos padrões de diâmetros de tubulações

comerciais, podendo ser de 0,30 m com concreto simples e não armado; já o de 0,40 m pode ser armado; depois vai de 0,50 m até 1,50 m, todos com armadura; e acima de 1,50 m, utiliza-se aduelas de concreto. E quanto as juntas dos tubos, elas podem ser rígidas ou elásticas.

Segundo CETESB (1986), a coleta e a condução dos descarregamentos de correntes de uma chuva inicial de projeto, até uma posição final de lançamento é resultado de um sistema condutor de tubos subterrâneos e de aparelhos complementares que formam o sistema de galerias de águas pluviais. Portanto quanto mais longe se localizar o ponto de lançamento, mais longo será o sistema de galerias.

De acordo com Tomaz (2010), nas galerias deve-se utilizar velocidades mínimas de 0,60 m/s e as máximas de 5,00 m/s, para se dimensionar a vazão. Em alguns casos, pode-se tolerar o limite de 6 m/s, através dos seguintes argumentos: drenar para alturas mais baixas as águas das chuvas de ruas sem saída; se forem colocados novos poços de visita em ruas com grande declividade, o custo de implantação da estrutura será de valor elevado.

#### 2.4.4 – Cálculo das galerias

Para o cálculo das galerias utiliza-se a seção circular da rede de drenagem pluvial, onde deve-se utilizar a tabela com características dos condutos circulares parcialmente cheios para realizar o cálculo hidráulico. A tabela é baseada através da razão entre o tirante d'água e o diâmetro, que corresponde a  $(y/D)$ , e na tabela há também a razão entre as vazões e as velocidades. Conhecendo-se a razão  $y/D$ , e conhecendo-se as vazões na condição de seção plena, determina-se a vazão nas condições de trabalho.

Segundo Batista e Lara (2010) utiliza-se a seguinte expressão para se calcular as vazões à seção plena:

$$Q_p = \frac{0,1}{n} \cdot \pi \cdot D^{8/3} \cdot I^{1/2}$$

onde:

$n$  – Rugosidade do material;

$Q_p$  – Vazão real de projeto ( $m^3/s$ );

$D$  – Diâmetro do tubo (m);

$I$  – Inclinação.

## 2.5 – Método Racional

CETESB (1986) elucida que o método racional é largamente utilizado nos Estados Unidos e em outros países, sendo que ele foi introduzido em 1889, mas sofreu duras críticas acadêmicas devido a sua simplicidade, porém nenhum outro método desenvolvido teve o mesmo nível de aceitação. O método racional deve ser aplicado para bacias que não possuam grande complexidade, além de gerar resultados satisfatórios quando se trata de projetos de drenagem urbana.

Botelho (2011) afirma que deve-se tomar cuidado com a topografia quando for projetar o sistema pluvial de um determinado bairro, principalmente anotando-se a ocorrência de eventuais pontos baixos e altos no meio das quadras.

Tomaz (2010) esclarece que o transporte da água em uma bacia ocorre de três maneiras: escoamento em canais, onde se incluem as sarjetas; outra maneira seria escoamento em tubos, e finalmente a última é o escoamento superficial.

Santos (2010) assegura que para vazões de pico em pequenas bacias de baixa complexidade e com área de até 2,00 Km<sup>2</sup>, utiliza-se o método racional.

CETESB (1986) explica que o método racional por apresentar apenas aproximações nas suas respostas, gera muitas críticas quando é aplicado, se tornando adequado apenas quando a resultante de uma tormenta de uma dada bacia possui estimativa da descarga do pico do deflúvio superficial direto.

Tomaz (2010) elucida que o coeficiente de run off “C” é conhecido como coeficiente de deflúvio, ou como de escoamento superficial, na qual se estabelece que o coeficiente é a razão do volume total de escoamento superficial pelo volume precipitado total.

Para CETESB (1986), o método racional por mostrar apenas um ponto do hidrograma, leva grande desvantagem em relação a outros métodos. Além de não fornecer dados diretos para se encaminhar o hidrograma através das obras de drenagem. Possui a desvantagem de superdimensionar as obras de drenagem, pois superestima as descargas quando uma bacia se torna complexa.

Segundo Tomaz (2010) deve-se usar média ponderada para o coeficiente de run off, no caso da bacia apresentar um tipo de ocupação variável.

$$C = \frac{C1.A1 + C2.A2 + C3.A3 + \dots + CiAi}{A1 + A2 + A3 + \dots + Ai}$$

$C_1, C_2, C_3, \dots, C_i$  = Coeficientes de escoamento superficial para as áreas  $A_1 + A_2 + A_3 + \dots + A_i$ , respectivamente.

$A_1 + A_2 + A_3 + \dots + A_i$  = Áreas que possuem coeficientes  $C_1, C_2, C_3, \dots, C_i$

$C$  = Coeficiente de escoamento superficial obtido pela média ponderada efetuada.

Botelho (2011) assegura que considerando-se a distância que uma gota de água demora para percorrer do ponto mais distante até o ponto a ser considerado, ou seja, é o tempo necessário depois que começa a chuva, para que toda bacia esteja contribuindo, o que é chamado de tempo de concentração. Sendo que este cálculo pode ser feito por diversas fórmulas, mas neste trabalho será utilizada a fórmula de George Ribeiro.

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

$t_c = T_s + 10 \text{ min}$

Onde:

$L$  = distância em quilômetros;

$p$  = porcentagem de bacia com cobertura vegetal;

$t_c$  = tempo de concentração;

$T_s$  = tempo de escoamento superficial, ou seja o tempo que uma gota de água que cai na extremidade de bacia leva para chegar até a seção considerada;

$I_m$  = declividade da distância máxima.

Conforme CETESB (1986), deve-se fazer verificação “in loco”, assim como análises complementares de campo, para cada bacia, e dependendo dos resultados, investigar se a bacia recebe contribuição de bacias adjacentes. Mas inicialmente deve-se definir os limites das bacias relevantes através da obtenção de uma planta topográfica da área em estudo, sendo que esta deve estar em escala adequada para se fazer a correta aplicação do método racional.

De acordo com Santos (2010) deve-se a simplicidade do método racional a sua grande aceitação, de maneira que a obtenção dos resultados é satisfatória, desde que se respeitem seus limites de validade.

CETESB (1986) elucida que o deflúvio superficial direto depende da intensidade da chuva na aplicação do método, já que as curvas de “intensidade-duração-frequência” são preparadas para a área considerada, para ser estimado com a intensidade da chuva, de acordo com o tempo de concentração estimado.

Tomaz (2010) esclarece que quando o método racional é aplicado deve-se saber quais são os limites na qual o método tem validade, seguindo-se as seguintes considerações: os

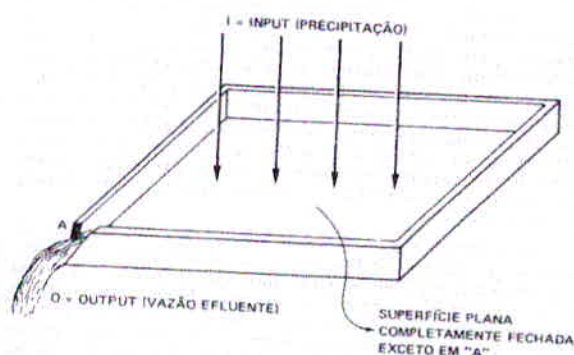
picos de vazão do método racional são maiores do que os outros métodos; busca-se analisar a sensibilidade dos parâmetros admitidos; se a obra for de grande importância, maior será o período de retorno; deve-se dar prioridade no momento em que for calculado o tempo de concentração utilizando-se o método cinemático; e por último quando a vazão de escoamento superficial variando com o tempo necessitar da hidrógrafa, utiliza-se outro método. Podendo ser um dos seguintes: Método Santa Bárbara, Método SCN ou Método de Denver.

Conforme Botelho (2011), nos primeiros 10 minutos há infiltração ou acumulação da água de chuva nos terrenos da bacia. Portanto só haverá contribuição após 10 minutos, ou seja, deve-se acrescentar à  $t_s$  o valor de 10 minutos, que correspondem ao tempo morto.

CETESB (1986) afirma que há uma variação do tempo de entrada com a declividade da superfície, sendo que esse tempo de entrada pode variar com outras características como: comprimento da superfície de escoamento, chuva antecedente e capacidade de infiltração do solo, armazenamento em depressão e cobertura do solo. E quanto mais se aumentar a intensidade da chuva, mais o tempo de entrada será diminuído, sendo que esse tempo de entrada se aplica de 10 a 30 minutos.

Para Tomaz (2010) o método racional diz respeito entre a correlação do escoamento superficial (deflúvio) e a chuva, sendo apresentado pela primeira vez por Mulvaney em 1851, mas só foi utilizado em 1889 por Emil Kuichling nos EUA. Como é mostrado na figura 1 abaixo:

Figura 1 – Modelo de Sistema Hidrológico Simples.



Fonte: (Tomaz, 2010, p.2)

Santos (2010) assegura que o método racional maximiza os resultados das vazões, quando se trata de bacias complexas, com diversas sub-bacias, o que gera obras de drenagem superdimensionadas.

CETESB (1986) explica que o tempo de concentração para as galerias de drenagem urbana compreende um tempo inicial de entrada na qual atinge-se a primeira boca de lobo de

montante, através do tempo requerido para a total fluidez do escoamento superficial. Sendo que depois de atingir a primeira boca de lobo, leva-se um tempo de percurso da galeria até o ponto em estudo.

Segundo Tomaz (2010), se diz o nome racional para confrontar os métodos mais remotos, considerados empíricos, contrariamente ao método racional. E este método se calcula supondo determinada seção de estudo, na qual se calcula em delimitada bacia, a sua vazão de pico.

Conforme CETESB (1986) deve-se construir um gráfico que mostre a intensidade da chuva versus a duração, isso após se selecionar o período de retorno. Sendo que a chuva tem determinada frequência e determinado tempo de concentração, com a intensidade há determinada precipitação em uma unidade de tempo (mm/min).

Segundo Tomaz (2010), a vazão efluente da saída (output) varia conforme um hidrograma triangular explicado por Pagan em 1972 e por Mitchi em 1974. Sendo que o tempo de concentração é de igual duração ao tempo da chuva, descrevendo o funcionamento do método racional, onde  $2 t_c$  é o tempo da totalidade do escoamento, enquanto  $t_c$  é o tempo do escoamento máximo.

CETESB (1986) define que há alguns efeitos englobados pelo coeficiente de “run off” tais como os efeitos da distribuição cronológica, a magnitude do pico de deflúvio direto, além da retenção, evaporação, e detenção das descargas e interceptação. Tem-se uma relação fixa para uma área de drenagem, usada na equação, devendo-se tomar cuidado na seleção do coeficiente de “run off” , pois para determinações mais precisas, é a variável do método menos suscetível.

De acordo com o Manual da Fundação do Centro Tecnológico de Hidráulica (1999) o período de retorno para a microdrenagem varia de 2 a 10 anos. Sendo que onde as perdas são maiores, pode-se escolher até 10 anos, como por exemplo áreas comerciais, e utiliza-se 2 anos para áreas pouco densas e residenciais. Como é mostrado na tabela 1 abaixo:

Tabela 1 – Período de retorno para a microdrenagem

Tipo de Obra	Tipo de Ocupação da Área	Período de Retorno
Microdrenagem	Residencial	2
	Comercial	5
	Áreas com Edifícios de Serviço Público	5
	Aeroportos	2-5
	Áreas Comerciais e Artérias de Tráfego	5-10

Fonte: (Manual da Fundação do Centro Tecnológico de Hidráulica, 1999, p. 222)



Santos (2010) elucida que o método racional para bacias de maior tamanho, aumenta a incerteza do modelo, pois não avalia o volume de cheia e a distribuição temporal das vazões, além de considerar a duração da precipitação máxima de projeto igual ao tempo de concentração da bacia, sendo assim quando toda a bacia estiver contribuindo à montante, acontecerá a contribuição máxima.

Tomaz (2010) esclarece que deve-se analisar como o método racional é fundamentado com as seguinte suposição: distribui-se uniformemente a chuva pela área completa da bacia. Como o tempo de duração da chuva excede o tempo de concentração da bacia ou é igual a esse tempo, todo escoamento superficial da bacia acaba contribuindo. No coeficiente superficial de escoamento as perdas são incorporadas.

CETESB (1986) afirma que aplicando um coeficiente de “run off” composto a determinadas áreas de “amostragem”, deve-se selecionar valores do coeficiente razoáveis para toda a área, observando-se a área de drenagem em estudo com seus diferentes tipos de superfícies.

Conforme Botelho (2011) a fórmula do método racional é dada por:

$$Q = C.i.A$$

Onde:

Q= Cálculo da vazão (m<sup>3</sup>/h)

C = Coeficiente de deflúvio;

i = precipitação (intensidade) (mm/h)

A = área contribuinte em m<sup>2</sup>

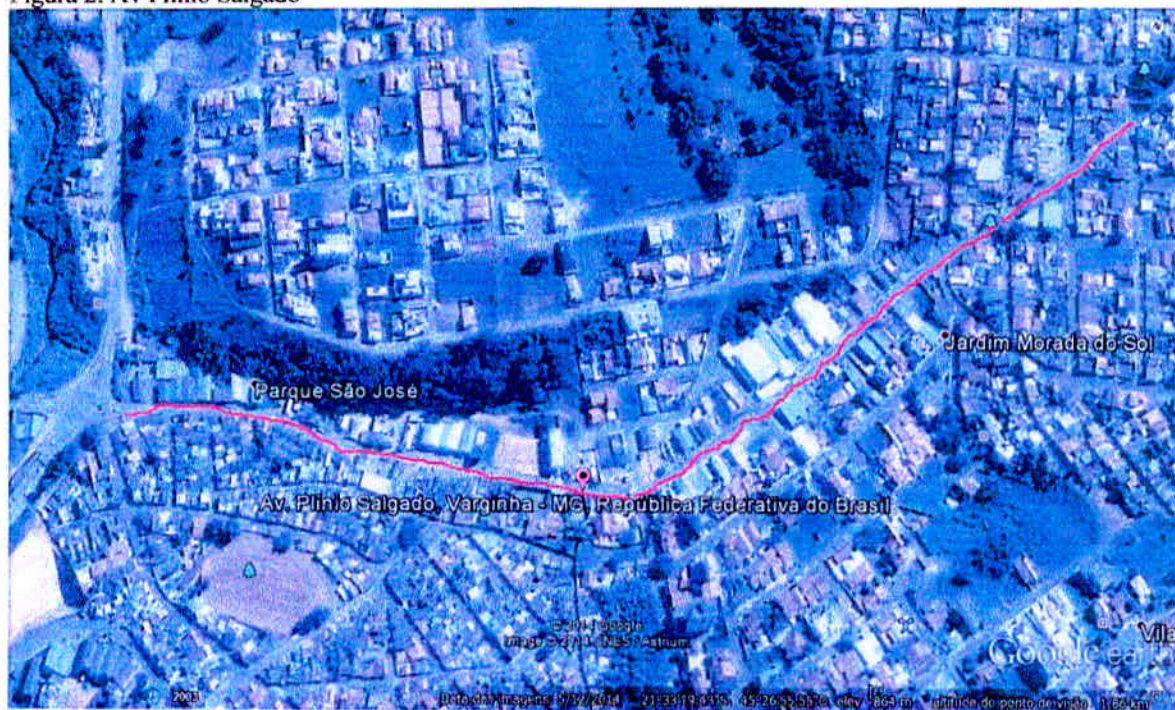
### 3 – MATERIAL E MÉTODOS

#### 3.1 – Apresentação da área em estudo

O trabalho apresentado destina-se a fazer uma análise dos alagamentos que ocorrem em dias de chuva na Av. Plínio Salgado.

A figura 2 abaixo mostra a Av. Plínio Salgado, delimitada pela linha vermelha:

Figura 2: Av Plínio Salgado



Fonte : (Google Earth)

Será calculada a vazão que a Av. Plínio Salgado recebe através de alguns artificios como as fórmulas de determinação da intensidade da chuva e tempo de retorno.

O local tem as seguintes características tais como: A influência dos bairros ao redor nas cheias, a baixa declividade da Avenida, pois se trata de ser o ponto mais baixo, além de ser uma Avenida plana e alongada, com escoamento lento nos pontos de alagamento.

A escolha das fórmulas para o cálculo da intensidade da chuva, cálculo da vazão e determinação do tempo de retorno será feita analisando as características do local e dos bairros ao redor.

Fazer o dimensionamento das redes de drenagem, para eliminar ou minimizar os alagamentos causados durante as cheias.

Será utilizado o Método Racional para calcular a bacia e todas as bocas de lobo dos bairros ao redor.

### 3.2 – Características da área em estudo

A área em estudo está localizada no município de Varginha – MG, distribuída nos seguintes bairros: Bom Pastor, Jardim Morada do Sol, Vila Santa Cruz, Vista Alegre, Vila Pinto, Vila Murad.

A área de abrangência é de (488.063,70 m<sup>2</sup>) quatrocentos e oitenta e oito mil, e sessenta e três metros quadrados ou 0,488 Km<sup>2</sup>, ou ainda 48,80 ha. Sendo que a área verde representa (21.073,79 m<sup>2</sup>) vinte e um mil, e setenta e três metros quadrados, equivale a 4,32 % da área total. As áreas de lotes pluri-habitacionais representam (337.187,05 m<sup>2</sup>) trezentos e trinta e sete mil, cento e oitenta e sete metros quadrados, o que equivale a 69,09 % da área total. E áreas impermeabilizadas como os passeios de concreto e as ruas pavimentadas com asfalto representam (129.802,86 m<sup>2</sup>) cento e vinte nove mil, oitocentos e dois metros quadrados, equivalentes a 26,59 % da área total. Como é mostrado na tabela 2 abaixo:

Tabela 2: Áreas, porcentagens e tipo de terreno.

Tipo de Terreno	Áreas (m <sup>2</sup> )	Porcentagem da Área
Área Total	488.063,70	100%
Área Verde	21.073,79	4,32%
Lotes Pluri-habitacionais	337.187,05	69,09%
Ruas Pavimentadas e Passeios	129.802,86	26,59%

Fonte: o autor.

### 3.3 – Estimativa através do Método Racional.

Para se fazer o diagnóstico foi utilizado o cálculo da vazão pluvial através da equação do Método Racional.

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

onde:

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

C = O coeficiente de deflúvio, também conhecido como coeficiente de "Runoff".

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

A = Área contribuinte da bacia em m<sup>2</sup>.

Fonte: (DAEE, 2005, p.17)

A seguir será mostrado cada um dos seguintes termos: C, i e A.

### 3.3.1 – Coeficiente de Runoff

Começando por C, que é o coeficiente de “Runoff”. Para se calcular o coeficiente de “Runoff” a fórmula utilizada é dada por:

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

onde:

$A_i$  – Área e o tipo de uso que compõem a área da bacia em estudo. Ex: área verde, área de lotes, pátios e estacionamentos.

$C_i$  – C médio, com base no uso e/ou ocupação da área.

$A_t$  – Área total da bacia em estudo.

Fonte: (JUNIOR, 2010, p.24)

Na tabela 3 abaixo se encontram os valores recomendados para o coeficiente C:

Tabela 3: Valores recomendados para o coeficiente C

CARACTERÍSTICAS DA ÁREA	C – MÍNIMO	C – MÁXIMO
Área totalmente urbanizada	0,50	1,00
Área parcialmente urbanizada	0,35	0,50
Área predominantemente de plantações, pastos, etc	0,20	0,35

Fonte: (DAEE, 2005, p.18)

Na tabela 4 abaixo são mostrados os valores de C para áreas urbanas restritas:

Tabela 4 – Valores de C para áreas urbanas restritas

CARACTERÍSTICAS DA ÁREA	C – MÍNIMO	C – MÁXIMO
Pátios e estacionamentos	0,90	0,95
Áreas cobertas	0,75	0,95
Lotes urbanos grandes	0,30	0,45
Parques e cemitérios	0,10	0,25
Terreno rochoso montanhoso	0,5	0,85
Relvado arenoso plano	0,05	0,10

Fonte: (SUDECAP, 2004, p.20)

### 3.3.2 – Cálculo da intensidade de chuva

Prosseguindo com os fatores para se realizar o diagnóstico, será mostrada a equação de  $i$ , que é para utilização das equações de chuvas intensas da região em estudo, proposta por Chen (1983), dada pela seguinte equação:

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

onde:

Im = Intensidade máxima média de precipitação em  $mm.h^{-1}$

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.)

Fonte: (MACHADO, 2011, p.3)

Utilizando-se a tabela 5 a seguir, encontram-se os parâmetros locais obtidos por regressão não linear, que são o K – a – b – c. São parâmetros da equação de chuvas intensas para alguns municípios, na qual se obtêm as informações extraídas de pluviogramas.

Tabela 5 - Coordenadas geográficas e parâmetros da equação de chuvas intensas para os municípios

ALGUMAS LOCALIDADES NO SUL DE MG	Lat (S)	Long (W)	Alt (m)	K	b	a	c
1. Alfenas	21°25'	45°56'	881	3810.884	20.33	0.207	1.075
2. Alpinópolis	20°51'	46°23'	876	3156.330	17.82	0.205	1.009
3. Alterosa	21°14'	46°08'	843	3571.337	18.51	0.216	1.047
4. Areado	21°21'	46°08'	815	3645.200	19.11	0.213	1.056
5. Boa Esperança	21°05'	45°33'	775	4291.578	31.73	0.175	1.025
6. Cabo Verde	21°28'	46°23'	927	3543.313	18.23	0.218	1.044
7. Campo Belo	20°53'	45°16'	945	3628.243	29.52	0.171	1.011
8. Campo do Meio	21°06'	45°49'	785	3541.593	20.62	0.199	1.038
9. Campos Gerais	21°14'	45°45'	843	3830.386	20.70	0.206	1.071
10. Candeias	20°46'	45°16'	967	3627.415	29.51	0.171	1.011
11. Capitólio	20°36'	46°03'	766	2049.092	16.67	0.168	0.913
12. Carmo do Rio Claro	20°58'	46°07'	830	2608.310	17.32	0.186	0.961
13. Coqueiral	21°11'	45°26'	867	5949.010	38.66	0.179	1.059
14. Cristais	20°52'	45°31'	873	3641.217	29.41	0.171	1.009
15. Divisa Nova	21°30'	46°11'	877	3663.250	19.48	0.210	1.059
16. Elói Mendes	21°36'	45°33'	907	4262.090	23.32	0.20	1.067
17. Fama	21°24'	45°49'	776	3810.506	20.34	0.207	1.075
18. Guanapé	20°45'	45°55'	760	2048.334	16.67	0.168	0.913
19. Ilícinea	20°56'	45°49'	857	2126.349	17.07	0.169	0.917
20. Lavras	21°14'	44°59'	919	10224.81	56.28	0.187	1.149
21. Machado	21°40'	45°55'	820	3811.290	20.34	0.207	1.075
22. Nepomuceno	21°14'	45°14'	840	9821.279	54.55	0.187	1.141
23. Paraguaçu	21°32'	45°44'	826	3810.660	20.34	0.207	1.075
24. Perdões	21°05'	45°05'	842	7201.555	43.12	0.188	1.087
25. São João Batista do Glória	20°38'	46°30'	695	2122.868	16.73	0.173	0.915
26. Três Pontas	21°22'	45°30'	885	5690.461	32.62	0.200	1.080
27. Varginha	21°33'	45°25'	916	5987.104	32.69	0.218	1.087

Fonte: (MACHADO, 2011, p. 6 e p.7)

E o último termo da equação do Método Racional é o A, que representa a área contribuinte da bacia em ha.

### 3.4 – Dimensionamento das bocas de lobo

Serão utilizadas as seguintes fórmulas para o dimensionamento das bocas de lobo:

Fórmula para o dimensionamento de boca de lobo:

$$Q = 1,7 \cdot L \cdot y^{3/2}$$

Q= É a vazão em m<sup>3</sup>/s;

y= É a altura da lâmina d'água próxima à abertura da guia;

L= É o comprimento da soleira em metros.

Fonte: (SUDERHSA, 2002, p. 105)

Se a altura da água superar o dobro da abertura no meio-fio, a vazão é calculada pela seguinte expressão:

$$Q = 3,10 \cdot L \cdot h^{3/2} \cdot \sqrt{\frac{2y - h}{2h}}$$

Q= É a vazão em m<sup>3</sup>/s;

y= É a altura da lâmina d'água próxima à abertura da guia;

L= É o comprimento da soleira em metros;

H= É a altura do meio-fio em metros.

Fonte: (SUDERHSA, 2002, p. 105)

### 3.5 – Cálculo das galerias

Para o cálculo das galerias deve-se utilizar  $y/D = 0,70$ , que é o valor utilizado para redes de drenagem. Utilizando-se  $y/D = 0,70$ , o valor de  $Q_x/Q_p = 0,83$ . Na razão  $Q_x/Q_p$ , substitui-se  $Q_p$  pela vazão obtida nos cálculos do método racional da Avenida Plínio Salgado. Depois de obtido  $Q_p$ , substitui-se na equação abaixo para obter o diâmetro.

Utiliza-se a seguinte expressão para se calcular as vazões à seção plena:

$$Q_p = \frac{0,1}{n} \cdot \pi \cdot D^{8/3} \cdot I^{1/2}$$

onde:

n – Rugosidade do material. (vide em tabela 7).

$Q_p$  – Vazão real de projeto (m<sup>3</sup>/s)

D – Diâmetro do tubo (m)

I – Inclinação.

Fonte: (Baptista e Lara, 2010, p.236).

A tabela 6 abaixo apresenta as características dos condutos circulares:

Tabela 6 - Características dos condutos circulares parcialmente cheios

<b>Características dos condutos circulares parcialmente cheios.</b>											
y/d	Qx/Qp	Ux/Up	y/d	Qx/Qp	Ux/Up	y/d	Qx/Qp	Ux/Up	y/d	Qx/Qp	Ux/Up
0,07	0,01	0,32	0,36	0,26	0,82	0,51	0,51	1	0,66	0,76	1,1
0,1	0,02	0,41	0,37	0,27	0,83	0,51	0,52	1,01	0,66	0,77	1,1
0,12	0,03	0,46	0,38	0,28	0,85	0,52	0,53	1,01	0,67	0,78	1,11
0,14	0,04	0,47	0,39	0,29	0,87	0,52	0,54	1,02	0,68	0,79	1,11
0,15	0,05	0,49	0,39	0,3	0,87	0,54	0,55	1,02	0,68	0,8	1,12
0,16	0,06	0,51	0,39	0,31	0,88	0,55	0,56	1,02	0,69	0,81	1,12
0,18	0,07	0,53	0,4	0,32	0,89	0,55	0,57	1,03	0,69	0,82	1,13
0,19	0,08	0,54	0,41	0,33	0,9	0,56	0,58	1,03	0,7	0,83	1,13
0,2	0,09	0,59	0,41	0,34	0,9	0,56	0,59	1,04	0,7	0,84	1,13
0,22	0,1	0,62	0,42	0,35	0,91	0,57	0,6	1,04	0,71	0,85	1,13
0,22	0,11	0,63	0,42	0,36	0,92	0,58	0,61	1,05	0,72	0,86	1,13
0,25	0,12	0,65	0,43	0,37	0,93	0,58	0,62	1,06	0,73	0,87	1,13
0,26	0,13	0,67	0,44	0,38	0,93	0,58	0,63	1,06	0,74	0,88	1,13
0,27	0,14	0,68	0,45	0,39	0,93	0,58	0,64	1,06	0,74	0,89	1,13
0,28	0,15	0,69	0,46	0,4	0,94	0,59	0,65	1,07	0,75	0,9	1,14
0,28	0,16	0,71	0,47	0,41	0,95	0,6	0,66	1,08	0,75	0,91	1,14
0,28	0,17	0,71	0,47	0,42	0,96	0,6	0,67	1,08	0,76	0,92	1,14
0,29	0,18	0,72	0,48	0,43	0,97	0,61	0,68	1,08	0,77	0,93	1,14
0,3	0,19	0,73	0,48	0,44	0,97	0,62	0,69	1,08	0,78	0,94	1,14
0,31	0,2	0,77	0,48	0,45	0,98	0,62	0,7	1,08	0,78	0,95	1,15
0,32	0,21	0,78	0,49	0,46	0,99	0,62	0,71	1,09	0,78	0,96	1,15
0,33	0,22	0,79	0,49	0,47	0,99	0,63	0,72	1,09	0,79	0,97	1,15
0,34	0,23	0,8	0,5	0,48	0,99	0,63	0,73	1,09	0,8	0,98	1,15
0,35	0,24	0,81	0,5	0,49	0,99	0,64	0,74	1,09	0,81	0,99	1,15
0,36	0,25	0,82	0,5	0,5	1	0,65	0,75	1,1	0,82	1	1,15

Fonte: (Baptista e Lara, 2010, p.236).

Na tabela 7 a seguir é apresentado o coeficiente de manning para a determinação da seção de um canal, que varia de acordo com o material utilizado no tubo.

Tabela 7 – Coeficiente de rugosidade “n” de manning.

Tipo de superfície	Coeficiente de rugosidade “n”
Tubo de concreto	0,014
Tubo de PVC	0,010

Fonte: (SUDECAP, 2004, p.27)

## 4 – RESULTADOS

### 4.1 – Cálculo da vazão total da bacia

A Av. Plínio Salgado sofre alagamentos constantes durante os períodos de chuvas, então serão analisadas as áreas alagadas e os seus entornos, e as possíveis causas dos problemas.

Para determinar o cálculo da vazão pluvial foi utilizado o Método Racional.

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

onde:

C = O coeficiente de deflúvio, também conhecido como coeficiente de “Runoff”.

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

onde:

$A_i$  – Área e o tipo de uso que compõem a área da bacia em estudo. Ex: área verde, área de lotes, pátios e estacionamentos.

$C_i$  – C médio retirado da tabela 3 e da tabela 4 na página 28 deste trabalho, com base no uso e ocupação da área.

$A_t$  – Área total da bacia em estudo.

Fonte: (JÚNIOR, 2010, p.24)

$$C_{Médio} = \frac{\sum(21.073,79 \times 0,2) + (337.187,05 \times 0,5) + (129.802,86 \times 0,90)}{488.063,70}$$

$$C_{Médio} = 0,593$$

Utilizando-se as equações de chuvas intensas da região em estudo, proposta por Chen (1983), dada pela seguinte equação:

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

onde:

$I_m$  = Intensidade máxima média de precipitação em  $mm.h^{-1}$

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.)

Fonte: (MACHADO, 2010, p.24)



O tempo de concentração da bacia calcula-se através da seguinte equação:

$$t_c = t_a + t_s$$

$t_c$  – Tempo de duração de uma chuva forte em minutos.

$t_a$  – Tempo que leva uma gota de água caindo em um ponto mais alto da bacia, até chegar na boca de lobo mais distante, nas literaturas técnicas 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 boca de lobo mais distante.

Fonte: (BOTELHO, 2011, p.70)

O cálculo de  $t_s$  é dado através da seguinte fórmula:

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

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).

Fonte: (BOTELHO, 2011, p.70)

$$T_s = \frac{16 \times 0,582}{(1,05 - 0,2 \times 4,32) \times (100 \times 0,1194)^{0,04}}$$

$$T_s = 45,33 \text{ minutos}$$

O tempo de concentração da bacia será:

$$t_c = 10 + 45,33$$

$$t_c = 55,33 \text{ minutos}$$

Utilizando-se a tabela 8 abaixo, encontram-se os parâmetros locais obtidos por regressão não linear, que são o  $K - a - b - c$ , para a cidade de Varginha. São parâmetros da equação de chuvas intensas para, na qual se obtêm as informações extraídas de pluviogramas.

Tabela 8: Coordenadas geográficas e parâmetros da equação de chuvas intensas para o município de Varginha

LOCALIDADE DE VARGINHA	Lat (S)	Long (W)	Alt (m)	K	b	a	c
I. Varginha	21°33'	45°25'	916	5987,104	32,69	0,218	1,087

Fonte: (MACHADO, 2011, p. 6 e p.7)

E agora com os valores do tempo de duração mínima, com os valores de K – a – b – c obtidos na tabela 8, e com TR (tempo de retorno) variando entre 2 a 10 anos, substitui-se na seguinte fórmula:

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

Onde para TR será adotado um tempo de retorno de 2 anos, pois para cálculo de drenagem urbana, o tempo de retorno varia entre 2 a 10 anos.

$$Im = \frac{5.987,104 \times 2^{0,218}}{(55,33 + 32,694)^{1,087}}$$

$$Im = 53,587 \text{ mm/h ou } 0,0535 \text{ m/h}$$

Depois de calculados C e i, e com a variável A, que significa a área contribuinte da bacia. Podemos calcular a vazão pluvial, utilizando-se o Método Racional. O valor do C médio obtido foi de 0,593. O valor de i foi de 0,0535m/h.

$$Q = 0,593 \times 0,0535 \text{ m/h} \times 488.063,70 \text{ m}^2$$

$$Q = 19.368,87 \text{ m}^3/\text{h}$$

$$Q = 4,30 \text{ m}^3/\text{s}$$

#### 4.2 – Proposição de readequação do sistema das bocas de lobo

Serão apresentadas as configurações das bocas de lobo atuais, e as possíveis novas configurações das bocas de lobo para solucionar os problemas do sistema de drenagem. Os resultados serão mostrados em tabelas, e o primeiro cálculo da Rua Dr. José de Assis Ribeiro será detalhado, sendo que o cálculo do método racional segue o mesmo raciocínio apresentado anteriormente neste trabalho de conclusão de curso. Além das tabelas, também serão apresentados figuras dos mapas em Autocad, de como estão localizadas as bocas de lobo atuais, e como ficariam configuradas essas bocas de lobo na tentativa de tentar eliminar os problemas existentes.

Rua Dr. José de Assis Ribeiro

$$T_s = \frac{16.0,367}{(1,05 - 0) \cdot (100.0,191)^{0,04}}$$

$$T_s = 4,96$$

$$t_c = 10 + 4,96$$

$$t_c = 14,96$$

$$I_m = \frac{5.987,104 \times 2^{0,218}}{(14,96 + 32,694)^{1,087}}$$

$$I_m = 104,41 \text{ mm/h ou } 0,104 \text{ m/h}$$

Boca de Lobo 1

$$\text{Área} = 2678,57 \text{ m}^2$$

$$\text{Quarteirão} = 2034,48 \text{ m}^2$$

$$\text{Rua} = 644,09 \text{ m}^2$$

$$C_{\text{Médio}} = \frac{\sum(2034,48 \times 0,5) + (644,09 \times 0,9)}{2678,57}$$

$$C_{\text{Médio}} = 0,59$$

$$Q = C \cdot i \cdot A$$

$$Q = 0,59 \cdot 0,104 \cdot 2678,57$$

$$Q = 164,35 \text{ m}^3/\text{h}$$

$$Q = 0,045 \text{ m}^3/\text{s}$$

$$Y = 0,21 \text{ m} \quad L = 0,75$$

Y= Altura do meio-fio

L= Maior comprimento da boca de lobo

$$Q = 1,7 \cdot L \cdot y^{3/2}$$

$$Q = 1,7 \cdot 0,75 \cdot 0,21^{3/2}$$

$$Q = 0,12 \text{ m}^3/\text{s}$$

Medição de boca de lobo na figura 3 abaixo:

Figura 3 – Medição de boca de lobo



Fonte: o autor.

Atuais configurações das bocas de lobo mostradas na tabela 9:

Tabela 9 - Rua Dr. José de Assis Ribeiro

Nº da Boca de Lobo	Q Método Racional em m <sup>3</sup> /s	Q de Projeto ou de Engolimento da Boca de Lobo em m <sup>3</sup> /s	Suporta ou Não Suporta
1	0,045	0,12	Suporta
2	0,025	0,075	Suporta
3	0,025	0,12	Suporta
4	0,066	0,049	Não Suporta
5	0,063	0,056	Não Suporta

Fonte: o autor.

Novas configurações das bocas de lobo apresentadas na tabela 10:

Tabela 10 - Rua Dr. José de Assis Ribeiro – Nova Configuração

Nº da Boca de Lobo	Q Método Racional em m <sup>3</sup> /s	Q de Projeto ou de Engolimento da Boca de Lobo em m <sup>3</sup> /s	Suporta ou Não Suporta
1	0,045	0,12	Suporta
2	0,025	0,075	Suporta
3	0,025	0,12	Suporta
4	0,030	0,079	Suporta
5	0,030	0,071	Suporta
6	0,035	0,049	Suporta
7	0,030	0,056	Suporta

Fonte: o autor.

Serão colocadas duas bocas de lobo na Rua Dr. José de Assis Ribeiro esquina com Allan Kardec, que serão as bocas de lobo Nº 4 e 5, fazendo com que as bocas de lobo Nº 6 e 7 não fiquem sobrecarregadas. Dessa maneira a vazão de projeto suportará a vazão pelo método racional e não sobrar água para a Av. Plínio Salgado. Medição de boca de lobo na figura 4 abaixo.

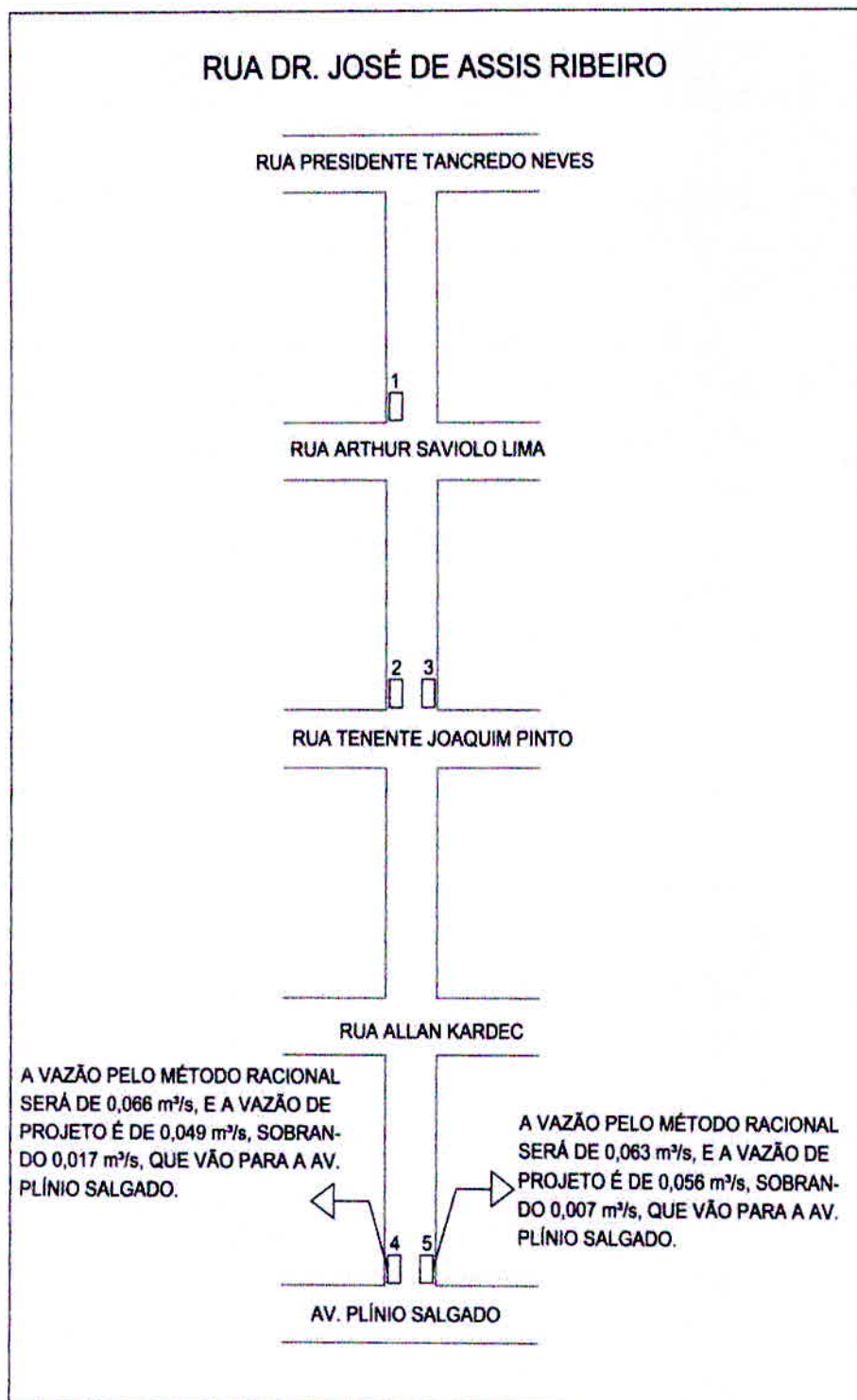
Figura 4 – Medição de boca de lobo



Fonte: o autor.

Atuais configurações das bocas de lobo, com seus problemas na figura 5 abaixo:

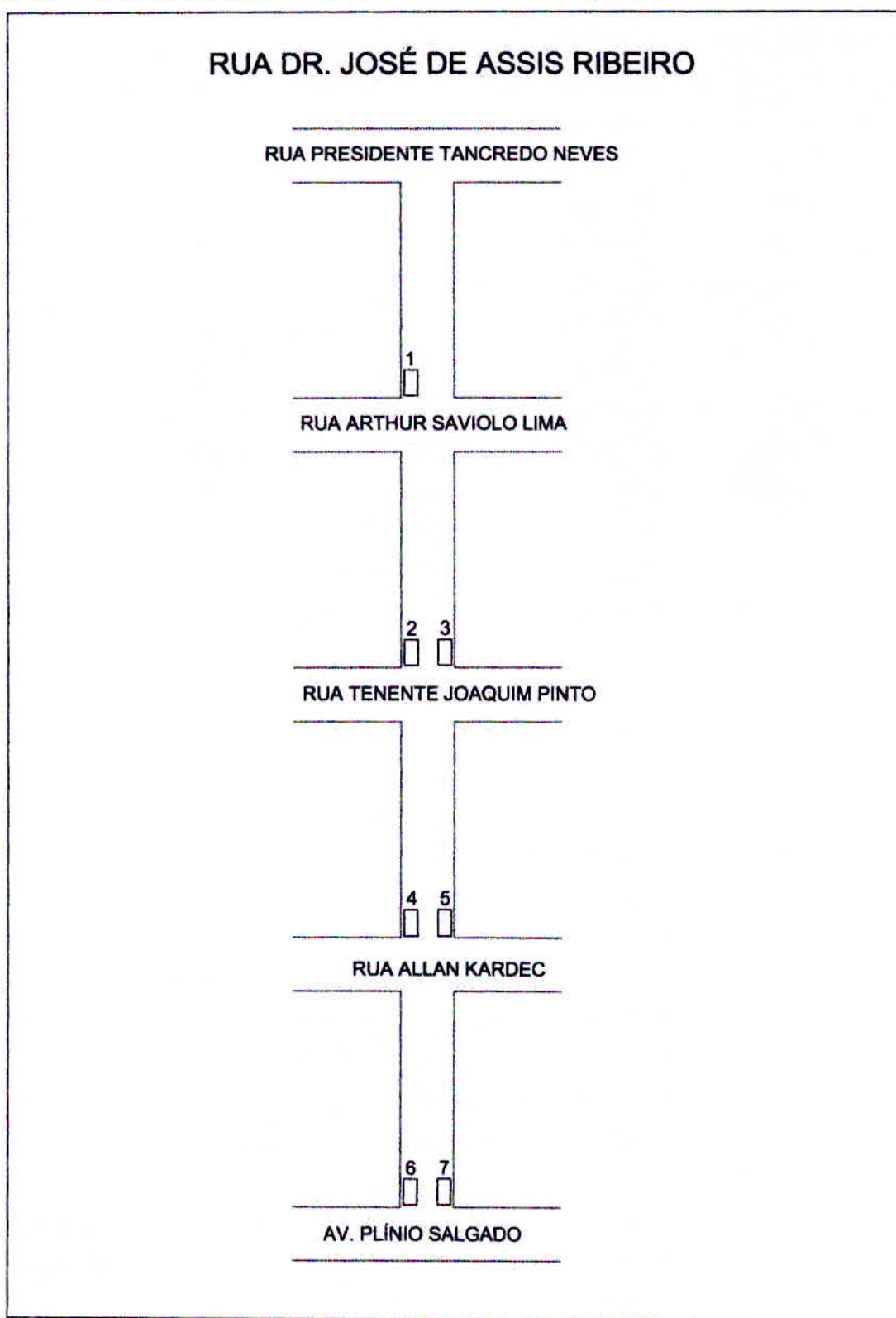
Figura 5 – Bocas de lobo Rua Dr. José de Assis Ribeiro



Fonte: o autor.

Novas configurações das bocas de lobo apresentadas na figura 6:

Figura 6 – Bocas de lobo Rua Dr. José de Assis Ribeiro – Nova Configuração



Fonte: o autor.

## Rua Bolívia

Atuais configurações das bocas de lobo mostradas na tabela 11:

Tabela 11 - Rua Bolívia

Nº da Boca de Lobo	Q Método Racional em m <sup>3</sup> /s	Q de Projeto ou de Engolimento da Boca de Lobo em m <sup>3</sup> /s	Suporta ou Não Suporta
1	0,030	0,17	Suporta
2	0,019	0,15	Suporta
3	0,076	0,074	Não Suporta

Fonte: o autor.

Novas configurações das bocas de lobo apresentadas na tabela 12:

Tabela 12 - Rua Bolívia – Nova Configuração

Nº da Boca de Lobo	Q Método Racional em m <sup>3</sup> /s	Q de Projeto ou de Engolimento da Boca de Lobo em m <sup>3</sup> /s	Suporta ou Não Suporta
1	0,030	0,17	Suporta
2	0,019	0,15	Suporta
3	0,038	0,074	Suporta
4	0,038	0,063	Suporta

Fonte: o autor.

Será colocada a boca de lobo Nº 4 na Rua Bolívia esquina com Av. Brasil. Esta nova boca de lobo irá gerar uma configuração de maneira que a vazão de projeto suportará a vazão pelo método racional, evitando que sobre a vazão de 0,002 m<sup>3</sup>/s para a Av. Brasil. Medição de boca de lobo na figura 7 abaixo.

Figura 7 – Medição de boca de lobo

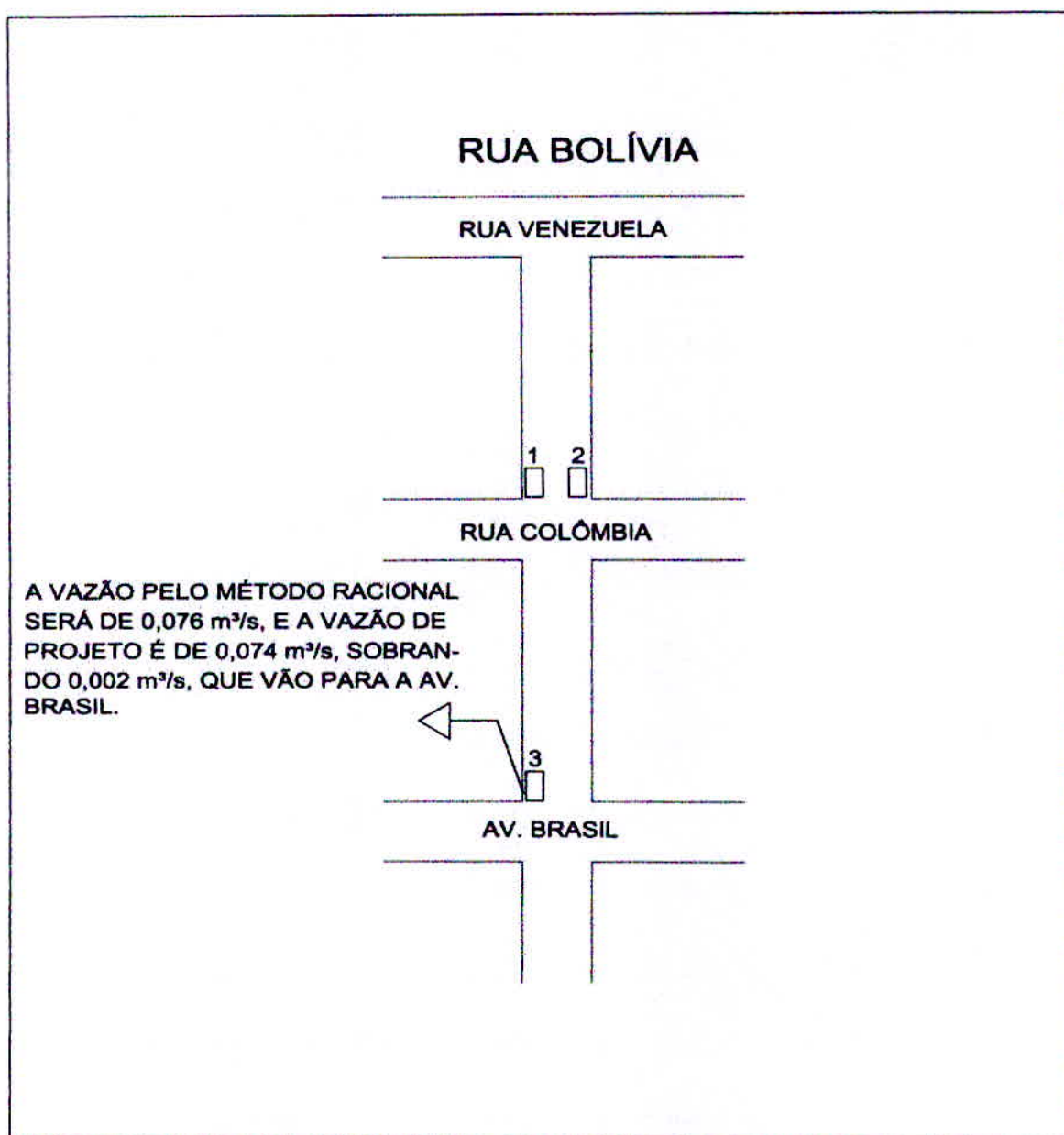


Fonte: o autor.



Atuais configurações das bocas de lobo, com seus problemas na figura 8:

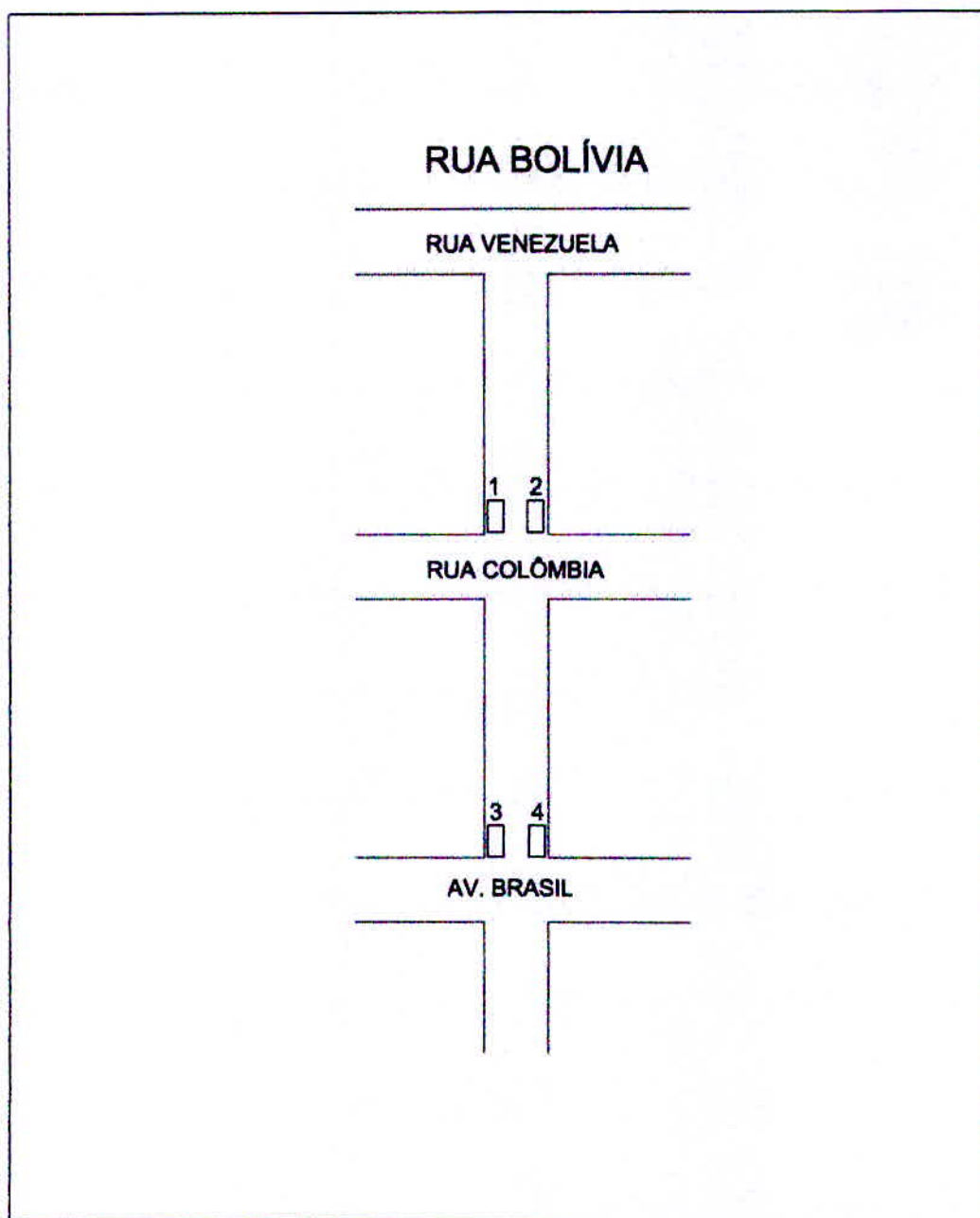
Figura 8 – Bocas de lobo da Rua Bolívia



Fonte: o autor.

Novas configurações das bocas de lobo apresentadas na figura 9:

Figura 9 – Bocas de lobo da Rua Bolívia – Nova Configuração



Fonte: autor.

## Rua México

Atuais configurações das bocas de lobo mostradas na tabela 13:

Tabela 13 – Rua México

Nº da Boca de Lobo	Q Método Racional em m <sup>3</sup> /s	Q de Projeto ou de Engolimento da Boca de Lobo em m <sup>3</sup> /s	Suporta ou Não Suporta
1	0,031	0,063	Suporta
2	0,022 desta boca de lobo Nº 2 + o valor que vem da Rua Equador que é igual a 0,031, gerando um total de <b>0,053</b>	0,049	Não Suporta

Fonte: o autor.

Novas configurações das bocas de lobo apresentadas na tabela 14:

Tabela 14 – Rua México – Nova Configuração

Nº da Boca de Lobo	Q Método Racional em m <sup>3</sup> /s	Q de Projeto ou de Engolimento da Boca de Lobo em m <sup>3</sup> /s	Suporta ou Não Suporta
1	0,031	0,063	Suporta
2	0,022	0,049	Suporta

Fonte: o autor.

Como serão colocadas quatro bocas de lobo na Rua Equador, a água que estava sobrando da Rua Equador e vindo para a Rua México, não sobrarão mais, e não sobrecarregará a boca de lobo Nº 2. Sendo assim a boca de lobo Nº 2 que possui uma vazão de 0,022 m<sup>3</sup>/s pelo método racional, e possui uma vazão de projeto de 0,049 m<sup>3</sup>/s pela vazão de projeto, suportará a vazão necessária. Medição de boca de lobo na figura 10 abaixo.

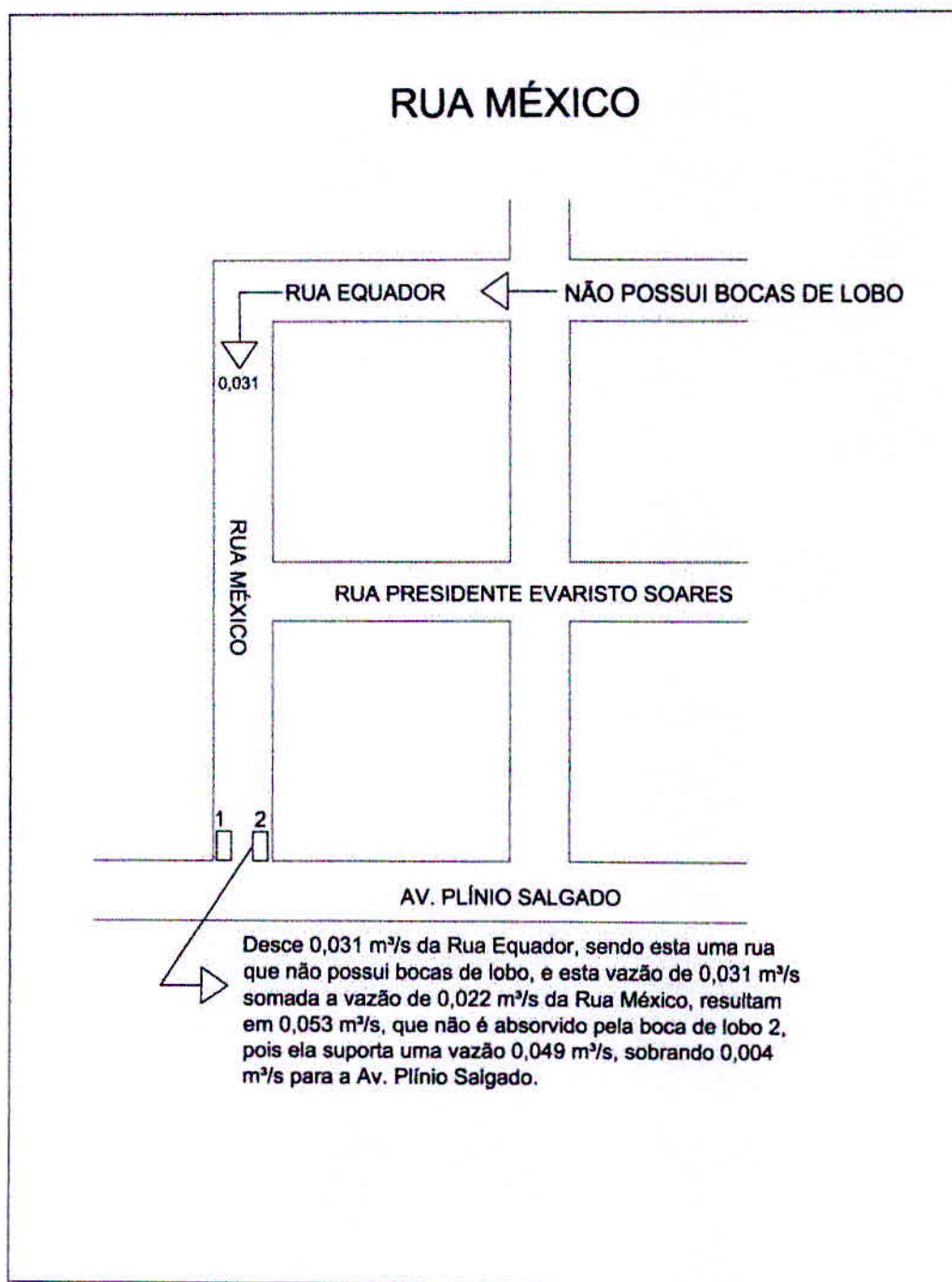
Figura 10 – Medição de boca de lobo



Fonte: o autor.

Atuais configurações das bocas de lobo, com seus problemas na figura 11:

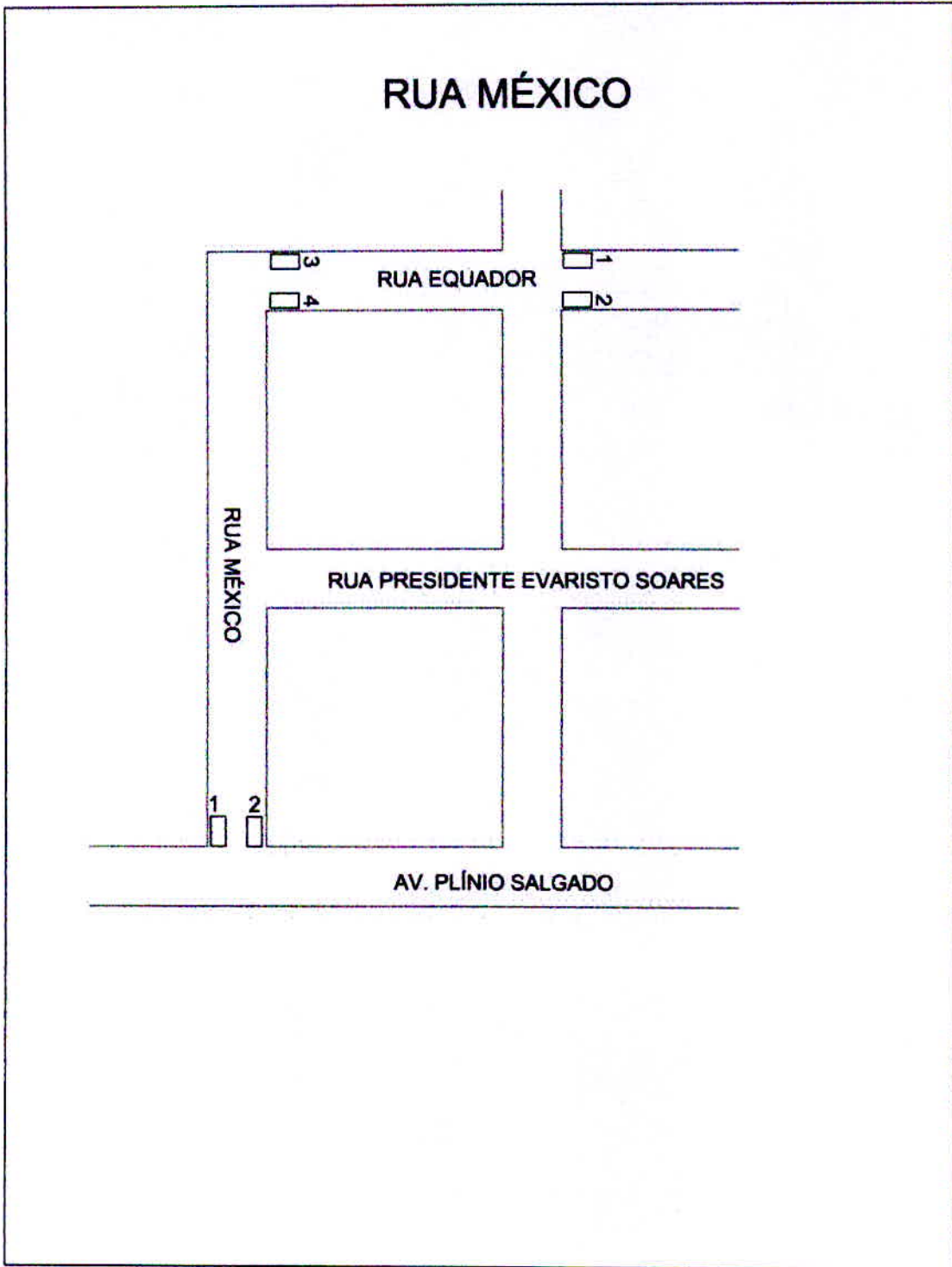
Figura 11 – Bocas de lobo da Rua México



Fonte: autor.

Novas configurações das bocas de lobo apresentadas na figura 12:

Figura 12 – Bocas de lobo da Rua México – Nova Configuração



Fonte: autor.

## Rua Equador

Atuais configurações das bocas de lobo mostradas na tabela 15:

Tabela 15 – Rua Equador

Nº da Boca de Lobo	Q Método Racional em m <sup>3</sup> /s	Q de Projeto ou de Engolimento da Boca de Lobo em m <sup>3</sup> /s	Suporta ou Não Suporta
Cruzamento com Av. Brasil	0,061	Não possui boca de lobo, água vai para a Av. Brasil	Não Suporta
Cruzamento com Rua México	0,031	Não possui boca de lobo, água vai para a Rua México	Não Suporta

Fonte: autor.

Novas configurações das bocas de lobo apresentadas na tabela 16:

Tabela 16 – Rua Equador – Nova Configuração

Nº da Boca de Lobo	Q Método Racional em m <sup>3</sup> /s	Q de Projeto ou de Engolimento da Boca de Lobo em m <sup>3</sup> /s	Suporta ou Não Suporta
1	0,034	0,071	Suporta
2	0,030	0,063	Suporta
3	0,016	0,056	Suporta
4	0,015	0,071	Suporta

Fonte: autor.

Como na Rua Equador não existe nenhuma boca de lobo, serão criadas quatro novas bocas de lobo com um comprimento de aproximadamente 80 cm, e o meio fio tem alturas variando entre 12, 13 e 14 cm. Com a criação dessas quatro novas bocas de lobo, a vazão de projeto suportará a vazão do método racional, e não irá sobrar água para a Rua México e nem para a Av. Brasil. Medição de boca de lobo na figura 13 abaixo.

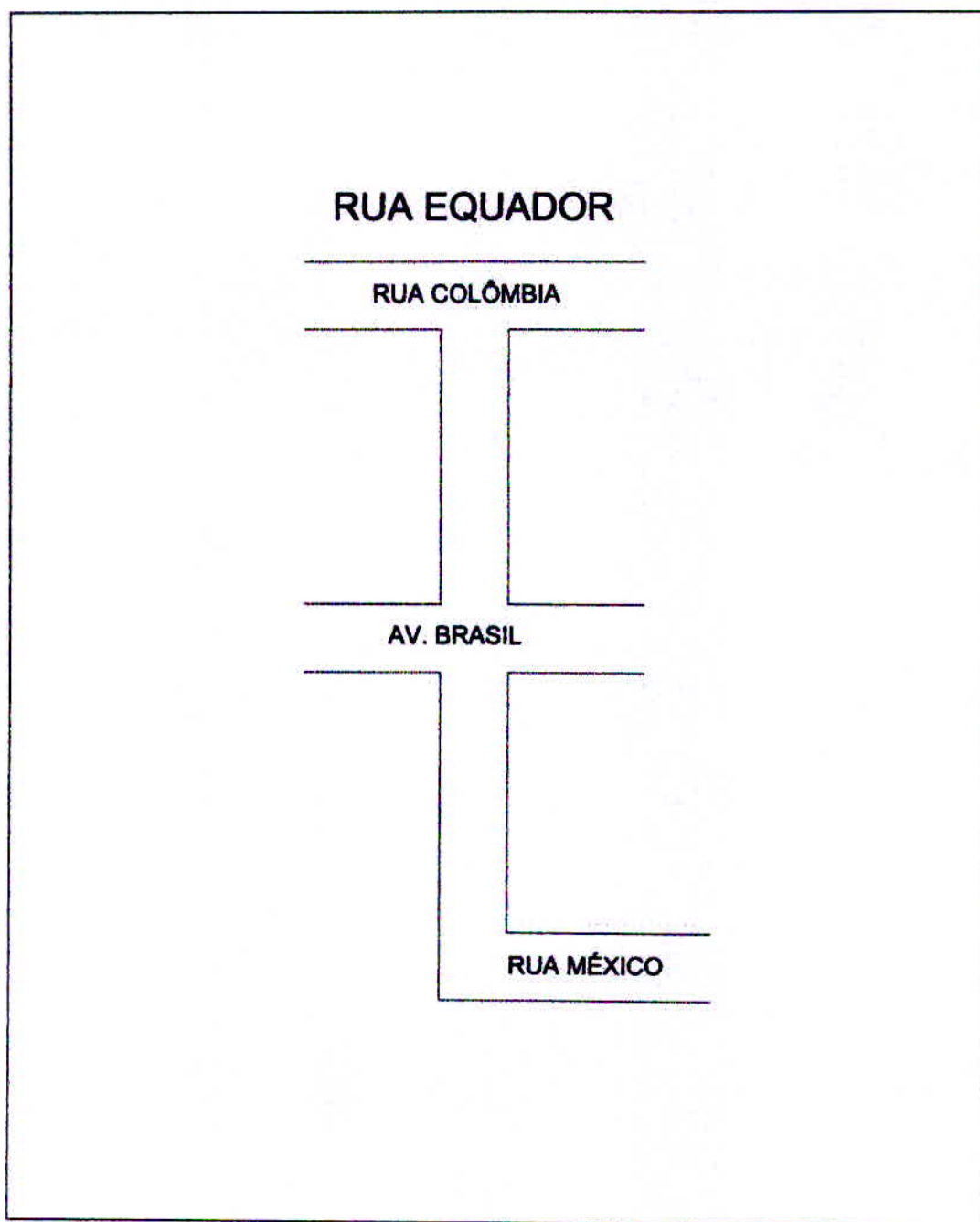
Figura 13 – Medição de boca de lobo



Fonte: o autor.

Atuais configurações das bocas de lobo, com seus problemas na figura 14:

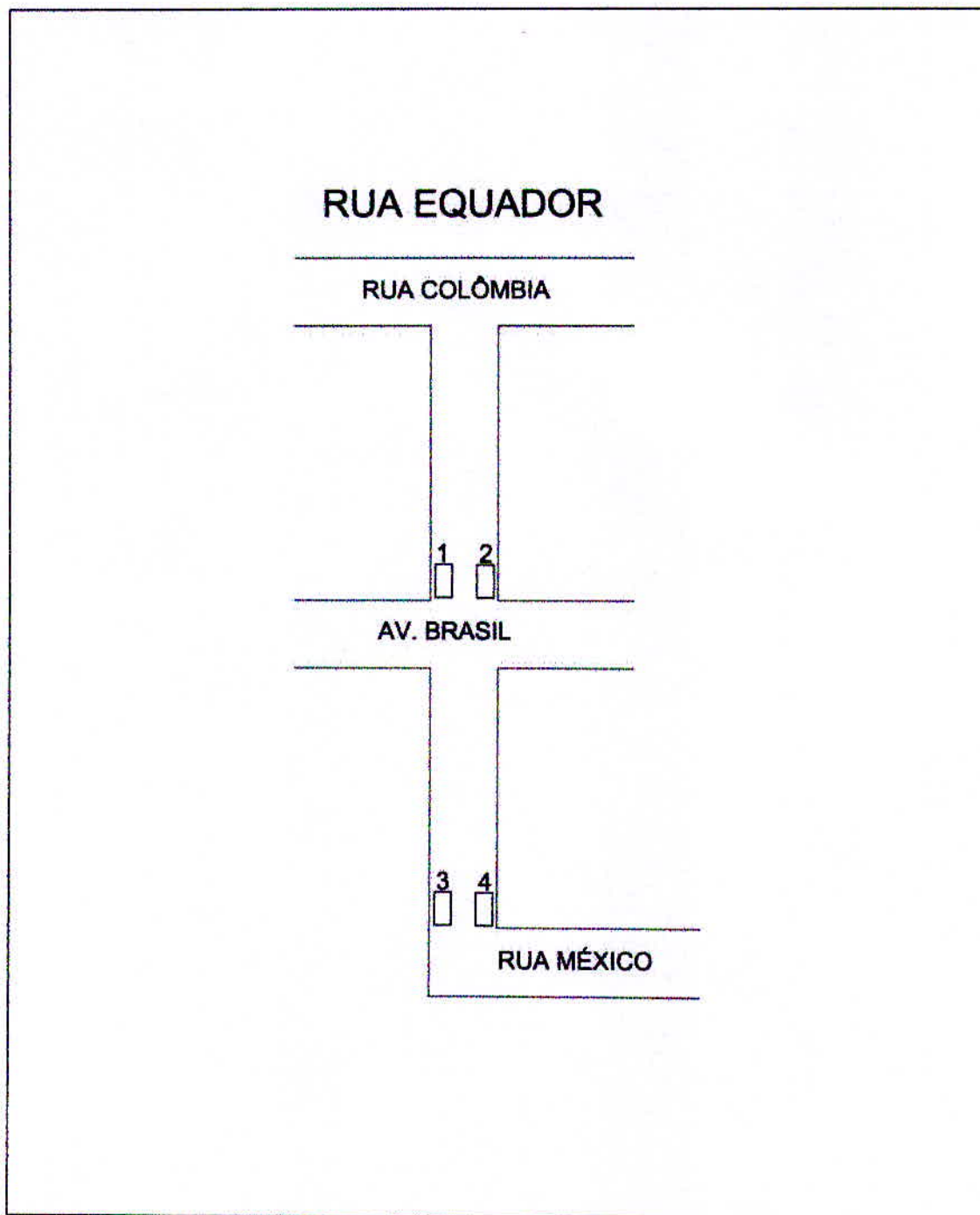
Figura 14 – Bocas de lobo da Rua Equador



Fonte: autor.

Novas configurações das bocas de lobo apresentadas na figura 15:

Figura 15 – Bocas de lobo da Rua Equador – Nova Configuração





Av. Brasil

Atuais configurações das bocas de lobo mostradas na tabela 17:

Tabela 17 – Av. Brasil

Nº da Boca de Lobo	Q Método Racional em m <sup>3</sup> /s	Q de Projeto ou de Engolimento da Boca de Lobo em m <sup>3</sup> /s	Suporta ou Não Suporta
1	0,023	0,10	Suporta
2	0,033	0,13	Suporta
3	0,107 desta boca de lobo Nº 3 + o valor que vem da Rua Equador que é igual a 0,061 + 0,002 que vem da Rua Bolívia, somando-se tudo, obtém-se um total de <b>0,170</b> .	0,089	Não Suporta
4	Somando-se 0,081 que sobrou da boca de lobo Nº 3, mais 0,031 da boca de lobo Nº 4, dará um total de <b>0,112</b> .	0,071	Não Suporta
5	0,077	0,043	Não Suporta

Fonte: o autor.

Novas configurações das bocas de lobo apresentadas na tabela 18:

Tabela 18 – Av. Brasil – Nova Configuração

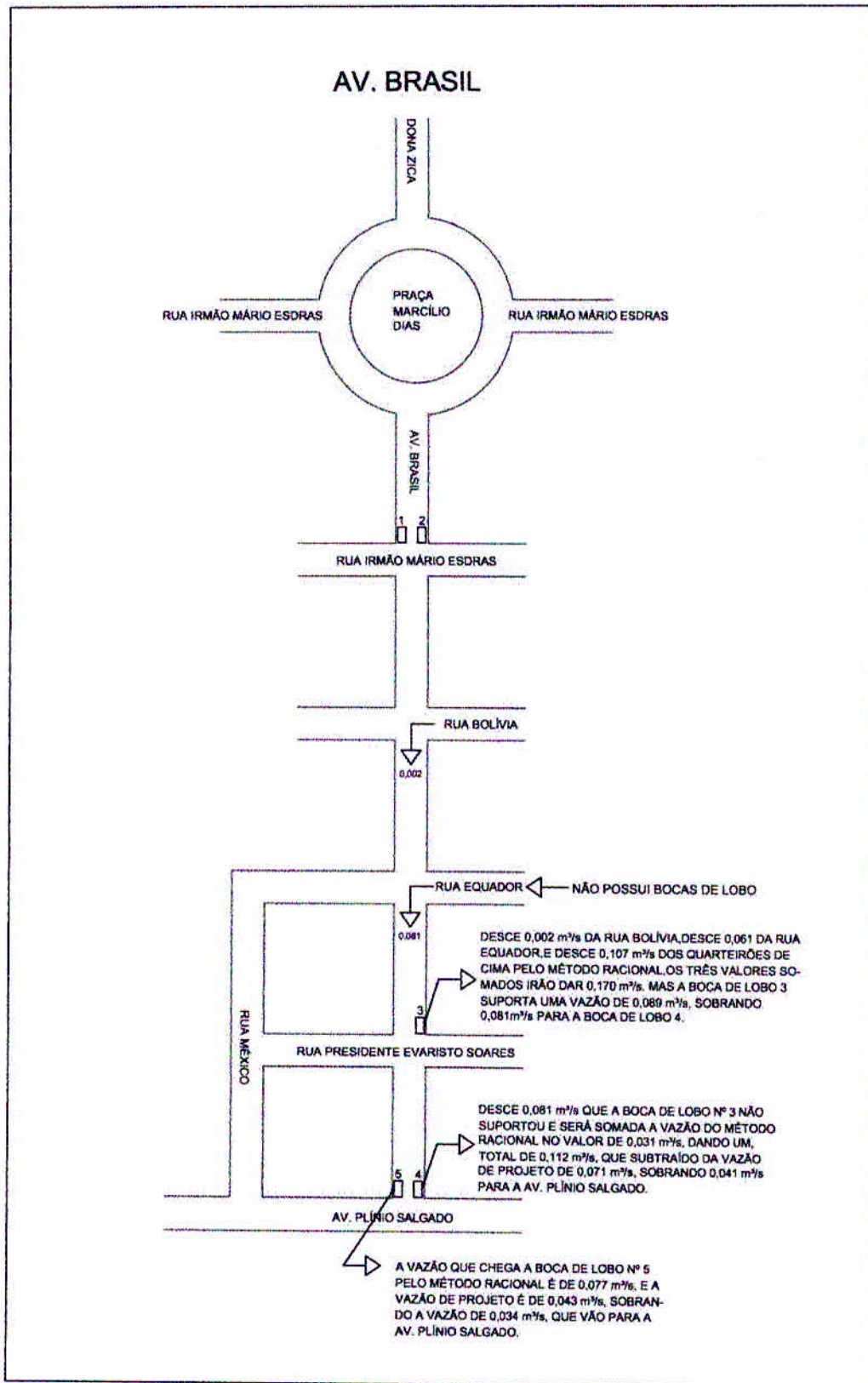
Nº da Boca de Lobo	Q Método Racional em m <sup>3</sup> /s	Q de Projeto ou de Engolimento da Boca de Lobo em m <sup>3</sup> /s	Suporta ou Não Suporta
1	0,023	0,10	Suporta
2	0,033	0,13	Suporta
3	0,029	0,087	Suporta
4	0,039	0,10	Suporta
5	0,019	0,079	Suporta
6	0,037	0,095	Suporta
7	0,012	0,063	Suporta
8	0,029	0,095	Suporta
9	0,016	0,071	Suporta
10	0,029	0,043	Suporta

Fonte: o autor.

Serão colocadas as novas bocas de lobo Nº 3, 4, 5, 6, 7, e as antigas bocas de lobo Nº 3, 4 e 5 serão numeradas para Nº 8, 9 e 10. Como foram colocadas novas bocas de lobo na Rua Bolívia e na Rua Equador, não sobrar água dessas ruas na Av. Brasil. E com essa nova configuração com dez bocas de lobo ao invés de cinco, as bocas de lobo não ficarão sobrecarregadas.

Atuais configurações das bocas de lobo, com seus problemas na figura 16:

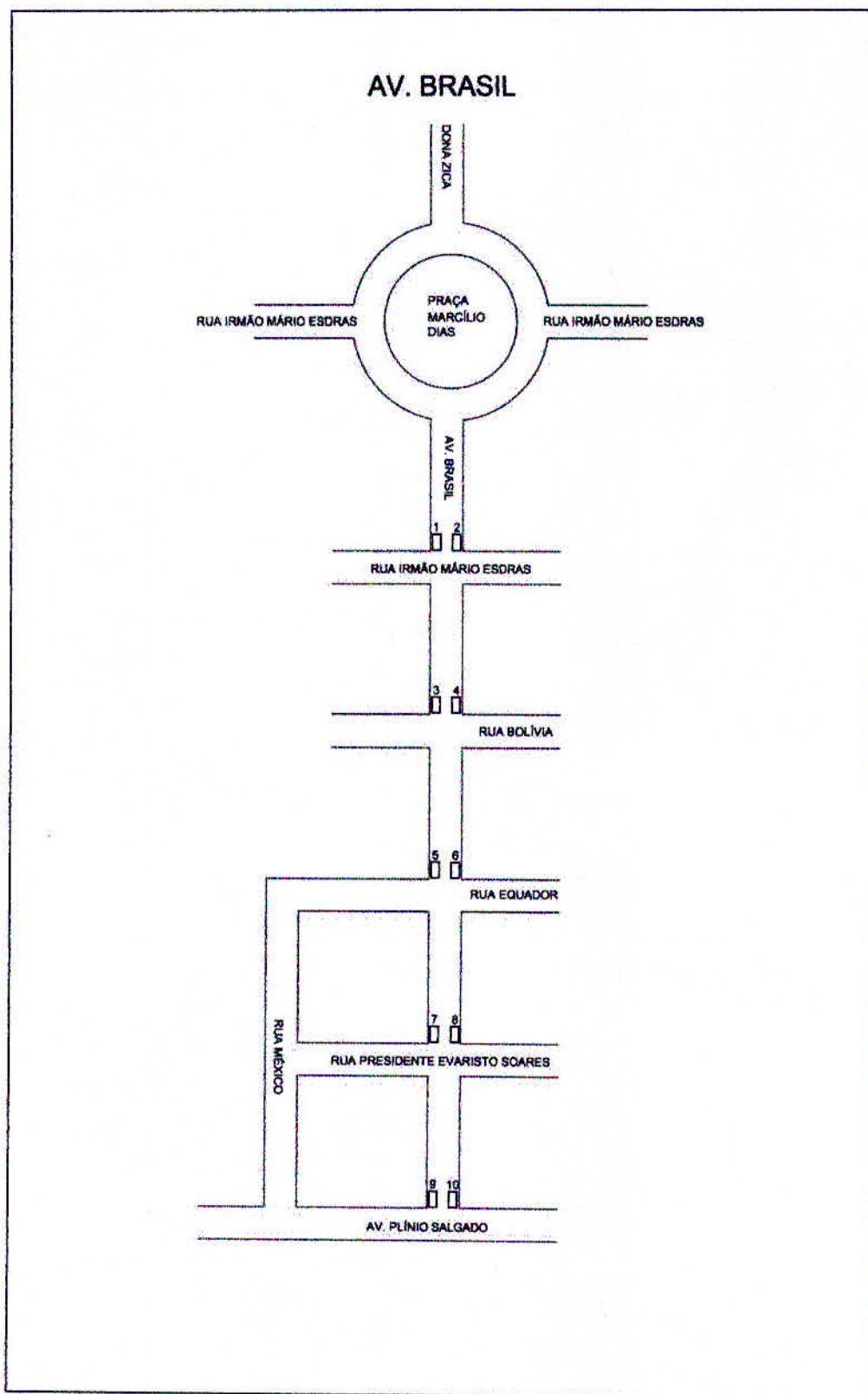
Figura 16 – Bocas de lobo da Av. Brasil



Fonte: o autor.

Novas configurações das bocas de lobo apresentadas na figura 17:

Figura 17 – Bocas de lobo da Av. Brasil – Nova Configuração



Fonte: o autor.

### 4.3 – Cálculo da galeria da Av. Plínio Salgado

A seguir será mostrado o cálculo da galeria da Av. Plínio Salgado. Será utilizada a tabela 6 da página 31, com as características dos condutos circulares parcialmente cheios. O diâmetro do tubo utilizado na galeria da Av. Plínio Salgado é de 1,2 m ou 1.200 mm. Abaixo é mostrada a expressão para se calcular as vazões à seção plena:

$$Q_p = \frac{0,1}{n} \cdot \pi \cdot D^{8/3} \cdot I^{1/2}$$

onde:

$n$  – Rugosidade do material. (vide em tabela 7).

$Q_p$  – Vazão real de projeto ( $m^3/s$ )

$D$  – Diâmetro do tubo (m)

$I$  – Inclinação.

Fonte: (Baptista e Lara, 2010, p.236).

O coeficiente “n” de manning é retirado da tabela 7, página 31, e por ser um tubo de concreto, possui valor de 0,014.

Adotando-se 70% do uso de ocupação na galeria, ou seja, para o cálculo das galerias deve-se utilizar  $y/D = 0,70$ , que é o valor utilizado para redes de drenagem. Pela tabela 19 abaixo, utilizando-se  $y/D = 0,70$ , o valor de  $Q_x/Q_p = 0,83$ .

Tabela 19 - Características dos condutos circulares utilizando-se 70%

<b>Características dos condutos circulares parcialmente cheios.</b>		
$y/d$	$Q_x/Q_p$	$U_x/U_p$
0,7	0,83	1,13

Fonte: (Baptista e Lara, 2010, p.236).

#### Cálculo da Galeria da Av. Plínio Salgado

$y/D = 0,70$

Pela tabela:  $Q_x/Q_p = 0,83$

$$\frac{Q_x}{Q_p} = 0,83$$

$$Q_p = \frac{Q_x}{0,83}$$

A vazão pelo método racional é de  $Q = 4,30 \text{ m}^3/\text{s}$ , esse valor foi obtido pelo cálculo da vazão que está na página 34.

$$Q_p = \frac{4,30}{0,83}$$

$$Q_p = 5,18 \text{ m}^3/\text{s}$$

Agora substituímos o valor de  $5,18 \text{ m}^3/\text{s}$  na seguinte equação:

$$Q_p = \frac{0,1}{n} \cdot \pi \cdot D^{8/3} \cdot I^{1/2}$$

$$5,18 = \frac{0,1}{0,014} \cdot \pi \cdot D^{2,66} \cdot 0,040^{0,5}$$

Efetuando os cálculos, obtemos o seguinte diâmetro:

$$D = 1,05 \text{ m}$$

Adota-se o diâmetro comercial superior imediato = 1,2 m ou 1.200 mm.

Substituindo o diâmetro de 1,2 m na fórmula:

$$Q_p = \frac{0,1}{0,014} \cdot \pi \cdot 1,2^{2,66} \cdot 0,040^{0,5}$$

$$Q_p = 7,28 \text{ m}^3/\text{s}$$

$$\frac{Q_x}{Q_p} = \frac{4,30}{7,28}$$

$$\frac{Q_x}{Q_p} = 0,59$$

Com o valor de  $Q_x/Q_p = 0,59$  encontrado, vou até a tabela 20 abaixo e encontro o  $y/d$  que é de 0,56, e com esse valor multiplico pelo diâmetro.

Tabela 20 - Características dos condutos circulares utilizando-se  $Q_x/Q_p=0,59$

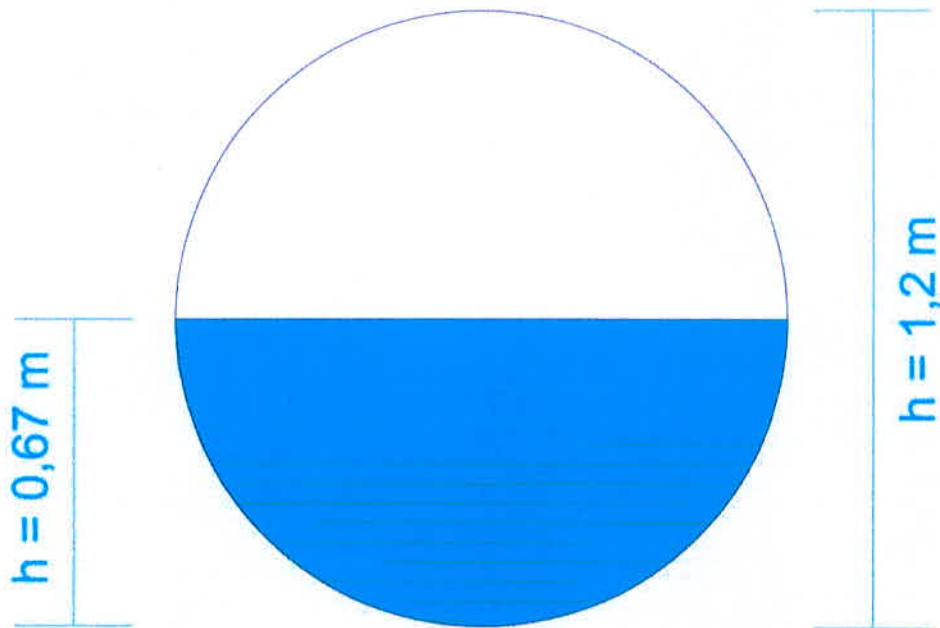
<b>Características dos condutos circulares parcialmente cheios.</b>		
$y/d$	$Q_x/Q_p$	$U_x/U_p$
0,56	0,59	1,04

Fonte: (Baptista e Lara, 2010, p.236).

$D \cdot y/d = 1,2 \cdot 0,56 = 0,67 \text{ m}$  que é aproximadamente 50% de 1,2 m

Na figura 18 abaixo é mostrada a seção do tubo a 50%.

Figura 18 – Aproximadamente 50% da seção



Fonte: o autor.

Na figura 19 é mostrado um alagamento na Av. Plínio Salgado.

Figura 19 – Alagamento na Av. Plínio Salgado



Fonte: o autor.

## 5 – CONCLUSÃO

Como foi exposto neste trabalho sobre a drenagem pluvial da Av. Plínio Salgado, pode-se identificar os pontos onde o sistema de microdrenagem se apresentava ineficiente, causando inundações na Avenida. No local em estudo foram medidos os dispositivos de microdrenagem, o que totalizou duzentos e cinquenta e quatro bocas de lobo, que foram medidas utilizando-se uma trena, e posteriormente comparou-se o método racional com a capacidade de projeto de cada boca de lobo, e com os valores encontrados dizer se determinada boca de lobo suporta ou não aquela vazão.

Na área em estudo havia um total de cinquenta ruas, e destas cinquenta ruas foram detectados problemas em cinco ruas, que são as seguintes: Rua México, Rua Dr. José de Assis Ribeiro, Av. Brasil, Rua Bolívia e Rua Equador. O problema destas ruas é que as bocas de lobo que fazem esquina com a Av. Plínio Salgado, não suportam as vazões na qual estão sujeitas. A solução encontrada para esses problemas foi apresentar uma nova configuração para essas bocas de lobo, adotando novas bocas de lobo e adequando um novo sistema de drenagem.

Também foi feito o cálculo da galeria da Av. Plínio Salgado, através dos resultados obtidos foram realizados cálculos para sanar os problemas e adequar para um novo sistema de drenagem, apresentando soluções para a Avenida em estudo.

Neste trabalho não foi feito um estudo relativo aos custos da nova configuração das bocas de lobo. Então seria pertinente fazer um orçamento dos valores que ficariam para ser feita essa obra com as novas bocas de lobo. Seria interessante também apresentar um estudo aprofundado das galerias da região da Avenida em estudo, pois foi apresentado apenas a galeria da Av. Plínio Salgado.

## 6 – BIBLIOGRAFIA.

- BAPTISTA, Marcio B. **Fundamentos de Engenharia Hidráulica**. 3ª ed. Belo Horizonte: UFMG, 2010
- BOTELHO, Manoel Henrique Campos. **Águas de chuva: Engenharia das águas pluviais nas cidades**. 3ª ed. São Paulo: Blucher, 2011.
- CANHOLI, Aluísio Pardo. **Drenagem Urbana e controle de enchentes**. 2ª ed. São Paulo: Oficina de Textos, 2005.
- CETESB. **Drenagem urbana: Manual de projeto**. 3ª ed. São Paulo: CETESB/ASCETESB, 1986.
- DEPARTAMENTO DE ÁGUAS E ENERGIA ELÉTRICA. **Guia prático para projetos de pequenas obras hidráulicas**. 1ª ed. São Paulo: DAEE, 2005.
- FUNASA. **Manual de saneamento**. 3ª ed. Brasília: Ministério da Saúde, 2004.
- FUNDAÇÃO CENTRO TECNOLÓGICO DE HIDRÁULICA. **Diretrizes básicas para projetos de drenagem urbana no município de São Paulo**. 2ª ed. São Paulo: Prefeitura do Município de São Paulo, 1999.
- JÚNIOR, Álvaro Mari. **Determinação do coeficiente de deflúvio da bacia do arroio Ouro Verde localizada no município de Foz do Iguaçu**. Dissertação apresentada ao Curso de Engenharia Ambiental, da Faculdade Dinâmica das Cataratas, 2010.
- MACHADO, Marco Aurélio de Mello. **Estimativa de chuvas intensas para o Oeste de Minas Gerais e o entorno do reservatório da usina hidrelétrica de furnas**. Artigo apresentado no Centro Universitário de Formiga, UNIFOR-MG, 2011.
- RAMOS; Carlos Lloret. **Diretrizes básicas para projetos de drenagem urbana no município de São Paulo**. São Paulo: Fundação Centro Tecnológico de Hidráulica, 1999.
- RIGHETTO, Antônio Morazzi. **PROSAB: Manejo de águas pluviais urbanas**. 1ª ed. Rio de Janeiro: ABES, 2009
- SANTOS; Luciana Cabral Costa. **Estimativa de vazões máximas de projeto por métodos determinísticos e probabilísticos**. Dissertação apresentada ao Centro Tecnológico, da Universidade Federal do Espírito Santo, 2010.
- SUDECAP. **Instrução técnica para elaboração de estudos e projetos de drenagem urbana do município de Belo Horizonte**. 2ª ed. Belo Horizonte: Prefeitura Municipal de Belo Horizonte, 2004.
- SUDERSA. **Manual de drenagem urbana**. 1ª ed. Curitiba: Secretaria de Estado do Meio Ambiente e Recursos Hídricos, 2002.



TOMAZ; Plínio. **Curso de Manejo de Águas Pluviais**. 1º ed. Guarulhos: Livro eletrônico, 2010.

## ANEXO A – CARACTERIZAÇÃO DA ÁREA EM ESTUDO

Serão mostrados a seguir os resultados obtidos através dos cálculos de todas as bocas de lobo, de todas as ruas que compõem a área que contribui para a bacia. Foram realizadas medidas de cinquenta ruas, e duzentos e cinquenta e quatro bocas de lobo, utilizando uma trena, medindo a altura do meio-fio, e a maior dimensão da boca de lobo para achar a vazão de projeto e comparar com a vazão do método racional. As tabelas a seguir mostram de forma resumida a comparação entre a vazão do método racional e a vazão de projeto, e se a boca de lobo suporta ou não aquela vazão.

Como foi apresentado anteriormente neste trabalho de conclusão de curso, o processo para o cálculo do método racional é o mesmo. A primeira boca de lobo na Rua Francisco Rosemburg (Margem Direita) será detalhada na tabela, as demais serão mostrados os resultados em tabelas

1 - Rua Francisco Rosemburg - Margem Direita

$$T_s = \frac{16.0,240}{(1,05 - 0) \cdot (100.0,152)^{0,04}}$$

$$T_s = 3,29$$

$$t_c = 10 + 3,29$$

$$t_c = 13,30$$

$$I_m = \frac{5.987,104 \times 2^{0,218}}{(13,30 + 32,694)^{1,087}}$$

$$I_m = 108,51 \text{ mm/h ou } 0,108 \text{ m/h}$$

Boca de Lobo 1

Área = 1328,66 m<sup>2</sup>

Quarteirão = 1096,6 m<sup>2</sup>

Rua = 232,06 m<sup>2</sup>

$$C_{\text{Médio}} = \frac{\sum(1096,6 \times 0,5) + (232,06 \times 0,9)}{1328,66}$$

$$C_{\text{Médio}} = 0,57$$

$$Q = C \cdot i \cdot A$$

$$Q = 0,57 \cdot 0,108 \cdot 1328,66$$

$$Q = 81,79 \text{ m}^3/\text{h}$$

$$Q = 0,022 \text{ m}^3/\text{s}$$

Y = 0,10 m    L = 0,85

Y = Altura do meio-fio

L= Maior comprimento da boca de lobo

$$Q = 1,7 \cdot L \cdot y^{3/2}$$

$$Q = 1,7 \cdot 0,85 \cdot 0,10^{3/2}$$

$$Q = 0,045 \text{ m}^3/\text{s}$$

Depois de ser mostrado como é feito o cálculo de cada boca de lobo, a seguir serão mostradas todas as tabelas das cinquenta ruas que compõem a bacia da Av. Plínio Salgado.

Rua Francisco Rosemburg – Margem Direita

Tabela 21 - Rua Francisco Rosemburg – Margem Direita

Nº da Boca de Lobo	Q Método Racional em m <sup>3</sup> /s	Q de Projeto ou de Engolimento da Boca de Lobo em m <sup>3</sup> /s	Suporta ou Não Suporta
1	0,022	0,045	Suporta
2	Tampada por sujeira	Tampada por sujeira	Não Suporta
3	0,023	0,022	Não Suporta
4	0,063	0,056	Não Suporta
5	0,021	0,10	Suporta
6	0,017	0,068	Suporta

Fonte: o autor.

Figura 20 – Boca de lobo tampada por sujeira



Fonte: o autor.

## Rua Francisco Rosemburg – Margem Esquerda

Tabela 22 – Rua Francisco Rosemburg – Margem Esquerda

Nº da Boca de Lobo	Q Método Racional em m <sup>3</sup> /s	Q de Projeto ou de Engolimento da Boca de Lobo em m <sup>3</sup> /s	Suporta ou Não Suporta
1	0,025	0,23	Suporta
2	0,021	0,12	Suporta
3	0,018	0,045	Suporta
4	0,011	0,081	Suporta

Fonte: o autor.

## Rua Álvaro Mendes – Margem Direita

Tabela 23 – Rua Álvaro Mendes – Margem Direita

Nº da Boca de Lobo	Q Método Racional em m <sup>3</sup> /s	Q de Projeto ou de Engolimento da Boca de Lobo em m <sup>3</sup> /s	Suporta ou Não Suporta
1	0,027	0,10	Suporta
2	0,022	0,097	Suporta
3	0,010	0,14	Suporta
4	0,114	0,103	Não Suporta
5	0,024	0,076	Suporta
6	0,028	0,11	Suporta

Fonte: o autor.

## Rua Álvaro Mendes – Margem Esquerda

Tabela 24 - Rua Álvaro Mendes – Margem Esquerda

Nº da Boca de Lobo	Q Método Racional em m <sup>3</sup> /s	Q de Projeto ou de Engolimento da Boca de Lobo em m <sup>3</sup> /s	Suporta ou Não Suporta
1	0,020	0,092	Suporta
2	0,013	0,063	Suporta

Fonte: o autor.

## Rua Dr. Antônio Francisco de Oliveira – Margem Direita

Tabela 25- Rua Dr. Antônio Francisco de Oliveira – Margem Direita

Nº da Boca de Lobo	Q Método Racional em m <sup>3</sup> /s	Q de Projeto ou de Engolimento da Boca de Lobo em m <sup>3</sup> /s	Suporta ou Não Suporta
1	0,034	0,092	Suporta
2	0,018	0,083	Suporta
3 e 4 Juntas	0,017	Q3= 0,15 + Q4= 0,20 Q total= 0,35	Suporta
5	0,015	0,12	Suporta
6 e 7 Juntas	0,014	Q6= 0,10 + Q7= 0,12 Q total= 0,22	Suporta
8	0,013	0,12	Suporta

Fonte: o autor.

## Rua Dr. Antônio Francisco de Oliveira – Margem Esquerda

Tabela 26 - Rua Dr. Antônio Francisco de Oliveira – Margem Esquerda

Nº da Boca de Lobo	Q Método Racional em m <sup>3</sup> /s	Q de Projeto ou de Engolimento da Boca de Lobo em m <sup>3</sup> /s	Suporta ou Não Suporta
1	0,047	0,11	Suporta
2	Tampado por mato e terra	Tampado por mato e terra	Não Suporta
3	0,048	0,14	Suporta

Fonte: o autor.

Figura 21 – Boca de lobo tampada por mato e terra



Fonte: o autor.

## Rua Allan Kardec – Margem Esquerda

Tabela 27 – Rua Allan Kardec – Margem Esquerda

Nº da Boca de Lobo	Q Método Racional em m <sup>3</sup> /s	Q de Projeto ou de Engolimento da Boca de Lobo em m <sup>3</sup> /s	Suporta ou Não Suporta
1	0,049	0,11	Suporta
2	0,017	0,11	Suporta
3	0,025	0,25	Suporta
4	0,027	0,12	Suporta
5	0,032	0,24	Suporta
6	0,031	0,17	Suporta
7	0,035	0,052	Suporta
8	0,035	0,14	Suporta
9	0,039	0,12	Suporta
10	0,064	0,059	Não Suporta
11	0,032	0,11	Suporta
12	0,006	0,084	Suporta

Fonte: o autor.

Figura 22 – Medição de boca de lobo



Fonte: o autor.

### Rua Allan Kardec – Margem Direita

Tabela 28 - Rua Allan Kardec – Margem Direita

Nº da Boca de Lobo	Q Método Racional em m <sup>3</sup> /s	Q de Projeto ou de Engolimento da Boca de Lobo em m <sup>3</sup> /s	Suporta ou Não Suporta
1	0,058	0,056	Não Suporta
2	0,055	0,053	Não Suporta
3	0,032	0,079	Suporta
4	0,025	0,24	Suporta
5 e 6 Juntas	0,032	Q5= 0,23 + Q6= 0,053 Q total= 0,283	Suporta
7	0,028	0,13	Suporta

Fonte: o autor.

### Rua Manoel M. Santos

Tabela 29 – Rua Manoel M. Santos

Nº da Boca de Lobo	Q Método Racional em m <sup>3</sup> /s	Q de Projeto ou de Engolimento da Boca de Lobo em m <sup>3</sup> /s	Suporta ou Não Suporta
1	0,015	0,11	Suporta
2, 3 e 4 Juntas	0,023	Q2= 0,12 + Q3= 0,19 + Q4=0,23 Q total= 0,54	Suporta
5	0,014	0,14	Suporta

Fonte: o autor.

## Rua São Bento

Tabela 30- Rua São Bento

Nº da Boca de Lobo	Q Método Racional em m <sup>3</sup> /s	Q de Projeto ou de Engolimento da Boca de Lobo em m <sup>3</sup> /s	Suporta ou Não Suporta
1	0,015	0,20	Suporta
2	0,016	0,13	Suporta
3,4 e 5 Juntas	0,039	Q3= 0,20 + Q4= 0,18 + Q5=0,22 Q total= 0,60	Suporta

Fonte: o autor.

## Rua Tenente Joaquim Pinto/ Antônio Cesário – Margem Esquerda

Tabela 31 – Rua Tenente Joaquim Pinto – Margem Esquerda

Nº da Boca de Lobo	Q Método Racional em m <sup>3</sup> /s	Q de Projeto ou de Engolimento da Boca de Lobo em m <sup>3</sup> /s	Suporta ou Não Suporta
1	0,098	0,27	Suporta
2	0,044	0,10	Suporta
3	0,027	0,11	Suporta
4	0,050	0,12	Suporta
5	0,032	0,14	Suporta
6	0,027	0,14	Suporta
7	0,035	0,21	Suporta
8	0,025	0,20	Suporta
9	0,032	0,085	Suporta
10 e 11 Juntas	0,049	Q10= 0,10 + Q11= 0,13 Q total= 0,23	Suporta

Fonte: o autor.

## Rua Tenente Joaquim Pinto/ Antônio Cesário – Margem Direita

Tabela 32 - Rua Tenente Joaquim Pinto – Margem Direita

Nº da Boca de Lobo	Q Método Racional em m <sup>3</sup> /s	Q de Projeto ou de Engolimento da Boca de Lobo em m <sup>3</sup> /s	Suporta ou Não Suporta
1	0,061	0,085	Suporta
2	0,059	0,30	Suporta
3	0,025	0,10	Suporta
4	0,032	0,071	Suporta
5	0,033	0,11	Suporta
6	0,032	0,19	Suporta

Fonte: o autor.

## Rua Santa Catarina

Tabela 33 – Rua Santa Catarina

Nº da Boca de Lobo	Q Método Racional em m <sup>3</sup> /s	Q de Projeto ou de Engolimento da Boca de Lobo em m <sup>3</sup> /s	Suporta ou Não Suporta
1	0,10	0,11	Suporta
2	0,031	0,081	Suporta
3	0,025	0,030	Suporta

4	0,034	0,33	Suporta
5	0,027	0,13	Suporta
6 e 7 Juntas	0,038	Q6= 0,23 + Q7= 0,28 Q total= 0,51	Suporta
8	0,030	0,16	Suporta
9	0,060	0,079	Suporta
10	0,054	0,049	Não Suporta
11	0,045	0,10	Suporta
12	0,035	0,19	Suporta

Fonte: o autor.

### Rua Dona Zica

Tabela 34 – Rua Dona Zica

Nº da Boca de Lobo	Q Método Racional em m <sup>3</sup> /s	Q de Projeto ou de Engolimento da Boca de Lobo em m <sup>3</sup> /s	Suporta ou Não Suporta
1	0,065	0,10	Suporta
2	0,059	0,14	Suporta
3	0,030	0,21	Suporta
4 e 5 Juntas	0,011	Q4= 0,11 + Q5= 0,10 Q total= 0,21	Suporta
6 e 7 Juntas	0,008	Q6= 0,10 + Q7= 0,10 Q total= 0,20	Suporta
8	0,036	0,10	Suporta
9	0,034	0,13	Suporta
10	0,024	0,13	Suporta
11	0,026	0,066	Suporta

Fonte: o autor.

Figura 23 – Boca de lobo na Rua Dona Zica



Fonte: o autor.



## Rua Venezuela

Tabela 35 – Rua Venezuela

Nº da Boca de Lobo	Q Método Racional em m <sup>3</sup> /s	Q de Projeto ou de Engolimento da Boca de Lobo em m <sup>3</sup> /s	Suporta ou Não Suporta
1	0,041	0,10	Suporta
2	0,037	0,15	Suporta
3	0,040	0,20	Suporta
4	0,046	0,20	Suporta
5	0,038	0,17	Suporta
6	0,029	0,26	Suporta
7	0,028	0,056	Suporta
8	0,023	0,13	Suporta

Fonte: o autor.

## Rua Dr. Arnaldo Barbosa

Tabela 36 – Rua Dr. Arnaldo Barbosa

Nº da Boca de Lobo	Q Método Racional em m <sup>3</sup> /s	Q de Projeto ou de Engolimento da Boca de Lobo em m <sup>3</sup> /s	Suporta ou Não Suporta
1	0,027	0,11	Suporta
2	0,020	0,083	Suporta
3	0,024	0,10	Suporta
4	0,020	0,15	Suporta
5	0,033	0,12	Suporta
6	0,075	0,067	Não Suporta
7	0,030	0,092	Suporta
8	0,027	0,24	Suporta

Fonte: o autor.

## Rua Colômbia

Tabela 37 – Rua Colômbia

Nº da Boca de Lobo	Q Método Racional em m <sup>3</sup> /s	Q de Projeto ou de Engolimento da Boca de Lobo em m <sup>3</sup> /s	Suporta ou Não Suporta
1	0,059	0,10	Suporta
2	0,071	0,089	Suporta
3	0,070	0,20	Suporta
4	0,067	0,11	Suporta
5	0,110	0,103	Não Suporta
6	0,016	0,16	Suporta
7	0,028	0,13	Suporta

Fonte: o autor.

## Rua Maria Antonieta

Tabela 38 – Rua Maria Antonieta

Nº da Boca de Lobo	Q Método Racional em m <sup>3</sup> /s	Q de Projeto ou de Engolimento da Boca de Lobo em m <sup>3</sup> /s	Suporta ou Não Suporta
1	0,020	0,14	Suporta
2	0,021	0,17	Suporta
3	0,024	0,12	Suporta

4	0,024	0,14	Suporta
5	0,029	0,089	Suporta
6	0,029	0,064	Suporta
7	0,117	0,130	Suporta

Fonte: o autor.

### Rua Dr. José Resende Pinto

Tabela 39 – Rua Dr. José Resende Pinto

Nº da Boca de Lobo	Q Método Racional em m <sup>3</sup> /s	Q de Projeto ou de Engolimento da Boca de Lobo em m <sup>3</sup> /s	Suporta ou Não Suporta
1	0,074	0,13	Suporta
2	0,072	0,13	Suporta
3	0,024	0,24	Suporta
4 e 5 Juntas	0,019	Q4= 0,20 + Q5= 0,14 Q total= 0,34	Suporta
6 e 7 Juntas	0,054	Q6= 0,10 + Q7= 0,095 Q total= 0,195	Suporta

Fonte: o autor.

### Rua Irmão Mário Esdras – Margem Esquerda

Tabela 40 – Rua Irmão Mário Esdras – Margem Esquerda

Nº da Boca de Lobo	Q Método Racional em m <sup>3</sup> /s	Q de Projeto ou de Engolimento da Boca de Lobo em m <sup>3</sup> /s	Suporta ou Não Suporta
1	0,068	0,18	Suporta
2	0,066	0,31	Suporta

Fonte: o autor.

### Rua Irmão Mário Esdras – Margem Direita

Tabela 41 - Rua Irmão Mário Esdras – Margem Direita

Nº da Boca de Lobo	Q Método Racional em m <sup>3</sup> /s	Q de Projeto ou de Engolimento da Boca de Lobo em m <sup>3</sup> /s	Suporta ou Não Suporta
1	0,037	0,10	Suporta
2	0,040	0,14	Suporta
3 e 4 Juntas	0,046	Q3= 0,13 + Q4= 0,061 Q total= 0,191	Suporta

Fonte: o autor.

### Rua Arthur Saviolo Lima

Tabela 42 – Rua Arthur Saviolo Lima

Nº da Boca de Lobo	Q Método Racional em m <sup>3</sup> /s	Q de Projeto ou de Engolimento da Boca de Lobo em m <sup>3</sup> /s	Suporta ou Não Suporta
1	0,053	0,081	Suporta
2	0,050	0,066	Suporta
3	0,078	0,063	Não Suporta
4	0,025	0,27	Suporta

5	0,015	0,091	Suporta
6	0,064	0,10	Suporta

Fonte: o autor.

Figura 24 – Boca de lobo com sujeira



Fonte: o autor.

### Rua Alberto Cabre

Tabela 43 – Rua Alberto Cabre

Nº da Boca de Lobo	Q Método Racional em m <sup>3</sup> /s	Q de Projeto ou de Engolimento da Boca de Lobo em m <sup>3</sup> /s	Suporta ou Não Suporta
1	0,032	0,26	Suporta
2	0,019	0,083	Suporta
3	0,018	0,16	Suporta
4	0,020	0,10	Suporta
5	0,038	0,052	Suporta

Fonte: o autor.

### Rua Coronel Emílio Resende

Tabela 44 – Rua Coronel Emílio Resende

Nº da Boca de Lobo	Q Método Racional em m <sup>3</sup> /s	Q de Projeto ou de Engolimento da Boca de Lobo em m <sup>3</sup> /s	Suporta ou Não Suporta
1	0,032	0,12	Suporta
2	0,034	0,12	Suporta
3 e 4 Juntas	0,010	Q3= 0,10 + Q4= 0,10 Q total= 0,20	Suporta
5 e 6 Juntas	0,041	Q5= 0,095 + Q6= 0,10 Q total= 0,195	Suporta

Fonte: o autor.

## Rua Pres. Arthur Bernardes

Tabela 45 – Rua Pres. Arthur Bernardes

Nº da Boca de Lobo	Q Método Racional em m <sup>3</sup> /s	Q de Projeto ou de Engolimento da Boca de Lobo em m <sup>3</sup> /s	Suporta ou Não Suporta
1 e 2 Juntas	0,024	Q1= 0,16 + Q2= 0,076 Q total= 0,236	Suporta
3	0,021	0,31	Suporta
4	0,035	0,27	Suporta
5	0,037	0,22	Suporta
6	0,038	0,12	Suporta

Fonte: o autor.

## Rua Argentina

Tabela 46 – Rua Argentina

Nº da Boca de Lobo	Q Método Racional em m <sup>3</sup> /s	Q de Projeto ou de Engolimento da Boca de Lobo em m <sup>3</sup> /s	Suporta ou Não Suporta
1 e 2 Juntas	0,075	Q1= 0,22 + Q2= 0,16 Q total= 0,38	Suporta
3	0,030	0,12	Suporta
4	0,071	0,13	Suporta
5	0,065	0,14	Suporta
6	0,026	0,22	Suporta

Fonte: o autor.

## Rua Pres. Evaristo Soares

Tabela 47 - Rua Pres. Evaristo Soares

Nº da Boca de Lobo	Q Método Racional em m <sup>3</sup> /s	Q de Projeto ou de Engolimento da Boca de Lobo em m <sup>3</sup> /s	Suporta ou Não Suporta
1 e 2 Juntas	0,071	Q1= 0,15 + Q2= 0,15 Q total= 0,30	Suporta
3	0,080	0,076	Não Suporta
4	0,030	0,12	Suporta
5	0,023	0,11	Suporta

Fonte: o autor.

## Rua José Gonçalves Pereira

Tabela 48 - Rua José Gonçalves Pereira

Nº da Boca de Lobo	Q Método Racional em m <sup>3</sup> /s	Q de Projeto ou de Engolimento da Boca de Lobo em m <sup>3</sup> /s	Suporta ou Não Suporta
1	0,020	0,18	Suporta
2	0,018	0,15	Suporta
3	0,029	0,11	Suporta
4	0,037	0,13	Suporta

Fonte: o autor.

## Rua dos Comerciantes

Tabela 49 - Rua dos Comerciantes

Nº da Boca de Lobo	Q Método Racional em m <sup>3</sup> /s	Q de Projeto ou de Engolimento da Boca de Lobo em m <sup>3</sup> /s	Suporta ou Não Suporta
1	0,023	0,075	Suporta
2	0,032	0,083	Suporta

Fonte: o autor.

## Rua do Líbano

Tabela 50 -- Rua do Líbano

Nº da Boca de Lobo	Q Método Racional em m <sup>3</sup> /s	Q de Projeto ou de Engolimento da Boca de Lobo em m <sup>3</sup> /s	Suporta ou Não Suporta
1	0,031	0,11	Suporta
2	0,047	0,095	Suporta

Fonte: o autor.

## Rua Dom Joseph Kallas

Tabela 51 - Rua Dom Joseph Kallas

Nº da Boca de Lobo	Q Método Racional em m <sup>3</sup> /s	Q de Projeto ou de Engolimento da Boca de Lobo em m <sup>3</sup> /s	Suporta ou Não Suporta
1	0,023	0,090	Suporta
2	0,034	0,10	Suporta

Fonte: o autor.

## Rua Poeta Toninho Bitencourt

Tabela 52 - Rua Poeta Toninho Bitencourt

Nº da Boca de Lobo	Q Método Racional em m <sup>3</sup> /s	Q de Projeto ou de Engolimento da Boca de Lobo em m <sup>3</sup> /s	Suporta ou Não Suporta
1	0,031	0,092	Suporta
2	0,025	0,10	Suporta
3	0,028	0,056	Suporta

Fonte: o autor.

## Av. Dr. José Marcos

Tabela 53 - Av. Dr. José Marcos

Nº da Boca de Lobo	Q Método Racional em m <sup>3</sup> /s	Q de Projeto ou de Engolimento da Boca de Lobo em m <sup>3</sup> /s	Suporta ou Não Suporta
1	0,104	0,101	Não Suporta
2	0,065	0,11	Suporta
3	0,076	0,083	Suporta

Fonte: o autor.

## Rua Santa Margarida

Tabela 54 - Rua Santa Margarida

Nº da Boca de Lobo	Q Método Racional em m <sup>3</sup> /s	Q de Projeto ou de Engolimento da Boca de Lobo em m <sup>3</sup> /s	Suporta ou Não Suporta
1	0,045	0,11	Suporta
2	0,12	0,42	Suporta
3	0,054	0,075	Suporta
4	0,051	0,10	Suporta

Fonte: o autor.

## Rua Ana Jacinta

Tabela 55 - Rua Ana Jacinta

Nº da Boca de Lobo	Q Método Racional em m <sup>3</sup> /s	Q de Projeto ou de Engolimento da Boca de Lobo em m <sup>3</sup> /s	Suporta ou Não Suporta
1	0,091	0,24	Suporta
2	0,064	0,17	Suporta
3	0,053	0,20	Suporta

Fonte: o autor.

## Rua Tonico Xavier

Tabela 56 - Rua Tonico Xavier

Nº da Boca de Lobo	Q Método Racional em m <sup>3</sup> /s	Q de Projeto ou de Engolimento da Boca de Lobo em m <sup>3</sup> /s	Suporta ou Não Suporta
1	0,088	0,095	Suporta
2	0,053	0,20	Suporta
3	0,060	0,12	Suporta
4	0,048	0,23	Suporta

Fonte: o autor.

Figura 25 – Boca de lobo suja



Fonte: o autor.

## Rua Aparecida

Tabela 57 – Rua Aparecida

Nº da Boca de Lobo	Q Método Racional em m <sup>3</sup> /s	Q de Projeto ou de Engolimento da Boca de Lobo em m <sup>3</sup> /s	Suporta ou Não Suporta
1	0,024	0,090	Suporta
2	0,017	0,15	Suporta
3	0,018	0,19	Suporta

Fonte: o autor.

## Rua Hylio Foresti

Tabela 58 - Rua Hylio Foresti

Nº da Boca de Lobo	Q Método Racional em m <sup>3</sup> /s	Q de Projeto ou de Engolimento da Boca de Lobo em m <sup>3</sup> /s	Suporta ou Não Suporta
1	0,026	0,12	Suporta
2	0,017	0,11	Suporta
3	0,016	0,18	Suporta

Fonte: o autor.

## Rua dos Bancários

Tabela 59 - Rua dos Bancários

Nº da Boca de Lobo	Q Método Racional em m <sup>3</sup> /s	Q de Projeto ou de Engolimento da Boca de Lobo em m <sup>3</sup> /s	Suporta ou Não Suporta
1	0,029	0,092	Suporta
2	0,039	0,11	Suporta

Fonte: o autor.

## Rua Marilda

Tabela 60 - Rua Marilda

Nº da Boca de Lobo	Q Método Racional em m <sup>3</sup> /s	Q de Projeto ou de Engolimento da Boca de Lobo em m <sup>3</sup> /s	Suporta ou Não Suporta
1	0,021	0,087	Suporta
2 e 3 Juntas	0,028	Q2= 0,079 + Q3= 0,11 Q total= 0,189	Suporta

Fonte: o autor.

## Rua Estrela do Sul

Tabela 61 - Rua Estrela do Sul

Nº da Boca de Lobo	Q Método Racional em m <sup>3</sup> /s	Q de Projeto ou de Engolimento da Boca de Lobo em m <sup>3</sup> /s	Suporta ou Não Suporta
1	0,025	0,092	Suporta
2 e 3 Juntas	0,026	Q2= 0,11 + Q3= 0,13 Q total= 0,24	Suporta

Fonte: o autor.

## Rua Antônio Adilson

Tabela 62 - Rua Antônio Adilson

Nº da Boca de Lobo	Q Método Racional em m <sup>3</sup> /s	Q de Projeto ou de Engolimento da Boca de Lobo em m <sup>3</sup> /s	Suporta ou Não Suporta
1 e 2 Juntas	0,039	Q1= 0,15 + Q2= 0,14 Q total= 0,29	Suporta
3	0,030	0,12	Suporta

Fonte: o autor.

## Rua Q-Luz

Tabela 63 - Rua Q-Luz

Nº da Boca de Lobo	Q Método Racional em m <sup>3</sup> /s	Q de Projeto ou de Engolimento da Boca de Lobo em m <sup>3</sup> /s	Suporta ou Não Suporta
1	0,012	0,15	Suporta
2	0,016	0,092	Suporta

Fonte: o autor.

## Rua Pref. José Bueno de Almeida

Tabela 64 - Rua Pref. José Bueno de Almeida

Nº da Boca de Lobo	Q Método Racional em m <sup>3</sup> /s	Q de Projeto ou de Engolimento da Boca de Lobo em m <sup>3</sup> /s	Suporta ou Não Suporta
1	0,063	0,047	Não Suporta
2	0,045	0,17	Suporta

Fonte: o autor.

## Rua Padre Parreira Vilaça

Tabela 65 - Rua Padre Parreira Vilaça

Nº da Boca de Lobo	Q Método Racional em m <sup>3</sup> /s	Q de Projeto ou de Engolimento da Boca de Lobo em m <sup>3</sup> /s	Suporta ou Não Suporta
1	0,022	0,23	Suporta
2	0,017	0,12	Suporta

Fonte: o autor.

## Rua 166

Tabela 66 - Rua 166

Nº da Boca de Lobo	Q Método Racional em m <sup>3</sup> /s	Q de Projeto ou de Engolimento da Boca de Lobo em m <sup>3</sup> /s	Suporta ou Não Suporta
1	0,012	0,034	Suporta
2	0,014	0,10	Suporta

Fonte: o autor.



## Rua Zilah Frota

Tabela 67 - Rua Zilah Frota

Nº da Boca de Lobo	Q Método Racional em m <sup>3</sup> /s	Q de Projeto ou de Engolimento da Boca de Lobo em m <sup>3</sup> /s	Suporta ou Não Suporta
1	0,014	0,056	Suporta
2	0,015	0,037	Suporta

Fonte: o autor.

## Rua José Figueiredo Frota

Tabela 68 - Rua José Figueiredo Frota

Nº da Boca de Lobo	Q Método Racional em m <sup>3</sup> /s	Q de Projeto ou de Engolimento da Boca de Lobo em m <sup>3</sup> /s	Suporta ou Não Suporta
1	0,027	0,029	Suporta

Fonte: o autor.

## Rua Vera Cruz

Tabela 69 - Rua Vera Cruz

º da Boca de Lobo	Q Método Racional em m <sup>3</sup> /s	Q de Projeto ou de Engolimento da Boca de Lobo em m <sup>3</sup> /s	Suporta ou Não Suporta
1	0,023	0,15	Suporta

Fonte: o autor.

## Rua Antonieta

Tabela 70 - Rua Antonieta

Nº da Boca de Lobo	Q Método Racional em m <sup>3</sup> /s	Q de Projeto ou de Engolimento da Boca de Lobo em m <sup>3</sup> /s	Suporta ou Não Suporta
1	0,033	0,048	Suporta

Fonte: o autor.

## Rua Maria Nazareth

Tabela 71 - Rua Maria Nazareth

Nº da Boca de Lobo	Q Método Racional em m <sup>3</sup> /s	Q de Projeto ou de Engolimento da Boca de Lobo em m <sup>3</sup> /s	Suporta ou Não Suporta
1	0,024	0,41	Suporta
2	0,027	0,16	Suporta
3	0,062	0,11	Suporta
4	0,022	0,18	Suporta
5	0,096	0,061	Não Suporta
6	0,022	0,11	Suporta
7	0,066	0,21	Suporta

Fonte: o autor.

Figura 26 – Boca de lobo com mato



Fonte: o autor.

### Rua Dr. José de Assis Ribeiro

Tabela 72 - Rua Dr. José de Assis Ribeiro

Nº da Boca de Lobo	Q Método Racional em m <sup>3</sup> /s	Q de Projeto ou de Engolimento da Boca de Lobo em m <sup>3</sup> /s	Suporta ou Não Suporta
1	0,045	0,12	Suporta
2	0,025	0,075	Suporta
3	0,025	0,12	Suporta
4	0,066	0,049	Não Suporta
5	0,063	0,056	Não Suporta

Fonte: o autor.

### Rua Bolívia

Tabela 73 - Rua Bolívia

Nº da Boca de Lobo	Q Método Racional em m <sup>3</sup> /s	Q de Projeto ou de Engolimento da Boca de Lobo em m <sup>3</sup> /s	Suporta ou Não Suporta
1	0,030	0,17	Suporta
2	0,019	0,15	Suporta
3	0,076	0,074	Não Suporta

Fonte: o autor.

Figura 27 - Escoamento da última boca de lobo da Rua Bolívia



Fonte: o autor.

### Rua México

Tabela 74 – Rua México

Nº da Boca de Lobo	Q Método Racional em m <sup>3</sup> /s	Q de Projeto ou de Engolimento da Boca de Lobo em m <sup>3</sup> /s	Suporta ou Não Suporta
1	0,031	0,063	Suporta
2	0,022 desta boca de lobo Nº 2 + o valor que vem da Rua Equador que é igual a 0,031, gerando um total de <b>0,053</b>	0,049	Não Suporta

Fonte: o autor.

### Rua Equador

Tabela 75 – Rua Equador

Nº da Boca de Lobo	Q Método Racional em m <sup>3</sup> /s	Q de Projeto ou de Engolimento da Boca de Lobo em m <sup>3</sup> /s	Suporta ou Não Suporta
Cruzamento com Av. Brasil	0,061	Não possui boca de lobo, água vai para a Av. Brasil	Não Suporta
Cruzamento com Rua México	0,031	Não possui boca de lobo, água vai para a Rua México	Não Suporta

Fonte: o autor.

## Av. Brasil

Tabela 76 – Av. Brasil

Nº da Boca de Lobo	Q Método Racional em m <sup>3</sup> /s	Q de Projeto ou de Engolimento da Boca de Lobo em m <sup>3</sup> /s	Suporta ou Não Suporta
1	0,023	0,10	Suporta
2	0,033	0,13	Suporta
3	0,107 desta boca de lobo Nº 3 + o valor que vem da Rua Equador que é igual a 0,061 + 0,002 que vem da Rua Bolívia, somando-se tudo, obtém-se um total de <b>0,170</b> .	0,089	Não Suporta
4	Somando-se 0,081 que sobrou da boca de lobo Nº 3, mais 0,031 da boca de lobo Nº 4, dará um total de <b>0,112</b> .	0,071	Não Suporta
5	0,077	0,043	Não Suporta

Fonte: o autor.