

CENTRO UNIVERSITÁRIO DO SUL DE MINAS – UNIS/MG

ENGENHARIA CIVIL

MARIANA MARTINS BORGES

**ANÁLISE DO SISTEMA DE MICRODRENAGEM: estudo de caso da Av. Dr. José
Justiniano dos Reis no bairro Sion, Varginha-MG.**

Varginha

2016

MARIANA MARTINS BORGES

**ANÁLISE DO SISTEMA DE MICRODRENAGEM: estudo de caso da Av. Dr. José
Justiniano dos Reis no bairro Sion, Varginha-MG**

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

Varginha

2016

MARIANA MARTINS BORGES

**ANÁLISE DO SISTEMA DE MICRODRENAGEM: estudo de caso da Av. Dr. José
Justiniano dos Reis no bairro Sion, Varginha-MG**

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 / /

Prof. Ms. Ivana Prado de Vasconcelos
Orientadora e Coordenadora do curso de Engenharia Civil

Prof. Dr. Leopoldo Uberto Junior

Prof. Esp. Luana Ferreira Mendes

OBS:

Dedico aqueles que de alguma forma contribuíram para que eu alcançasse meus objetivos, a minha família e amigos que foram imprescindíveis nesta caminhada.

AGRADECIMENTOS

Agradeço a Deus pelo dom da vida e por estar presente em todos os momentos, me dando força e sabedoria para superar todas as dificuldades e me abençoando grandiosamente.

Aos meus pais, Lindberg e Dilma, pela educação e apoio, e a minha irmã, Cláudia, pelo apoio e incentivo.

Agradeço a minha orientadora e professora Ivana Prado de Vasconcelos coordenadora do curso de Engenharia Civil, a quem muito devo pelo conhecimento prático e teórico adquirido, pelo incentivo, dedicação e paciência.

Aos professores, que são os grandes responsáveis pelo conhecimento de todos os formandos e que contribuíram para minha formação acadêmica.

Aos colegas de sala de aula, que juntos nesses cinco anos compartilhamos momentos árduos, mas também de muitas risadas.

“A mente que se abre a uma nova ideia jamais
voltará ao seu tamanho original.”

Albert Einstein

RESUMO

O presente trabalho objetiva analisar e apresentar possíveis soluções para o sistema de microdrenagem da avenida Doutor José Justiniano dos Reis no bairro Sion, Varginha/MG. Na indisponibilidade do projeto do atual sistema de drenagem, o levantamento de dados para a realização do trabalho foi feito por meio de *software*, visitas *in loco* e utilização de equações e critérios de avaliação fundamentados na revisão bibliográfica. Inicialmente realizou-se a caracterização da área de influência da avenida e a condição do sistema de drenagem existente. A partir de visitas *in loco* foram levantados dados pertinentes ao sistema em questão, que possibilitaram a análise fundamentada nas diretrizes técnicas de especialistas em drenagem urbana e a partir destes indicar possíveis soluções que tornem o sistema de drenagem eficiente. Para a elaboração de um projeto de drenagem de águas pluviais eficaz, é necessário ter conhecimento das características da área contribuinte levando em consideração construções futuras ou qualquer outro fator que possa interferir no bom funcionamento do sistema. Dessa forma, o presente trabalho, permite ao graduando em engenharia civil, analisar o projeto, entender as particularidades que o mesmo envolve, sendo capaz de utilizar os conhecimentos adquiridos durante sua vida acadêmica para avaliar os problemas de drenagem da área em estudo e propor soluções para um sistema eficiente.

Palavras-chave: Drenagem urbana. Microdrenagem. Planejamento.

ABSTRACT

The present work aims to analyze and present possible solutions for the system microdrainage avenue Doutor José Justiniano dos Reis in Sion neighborhood, Varginha/MG. Unavailability of the project current drainage system, data collection to carry out the work it was done by software, site visits and use of equations and evaluation criteria based on the literature review. Initially held–If characterization Avenue area of influence and the condition of the existing drainage system. From on-site visits relevant data were collected to the system in question, that made possible the analysis based on technical guidelines for urban drainage specialists and from these indicate possible solutions that make efficient drainage system. For the preparation of a drainage project effectively rainwater, you must have knowledge of the taxpayer area characteristics taking into account future construction or any other factor that may interfere with the proper functioning of the system. Thus, the present work, it allows majoring in civil engineering, analyze the project, understand the particularities that it involves, being able to use the knowledge acquired during their academic life to evaluate the drainage problems in the area under study and propose solutions for an efficient system.

Keywords: *Urban Drainage. Microdrainage. Planning.*

LISTA DE ILUSTRAÇÕES

Figura 01 – Bacia de contribuição e ponto de projeto	14
Figura 02 – Posicionamento das bocas de lobo na avenida	15
Figura 03 – Boca de lobo com grelha	15
Figura 04 – Boca de lobo com trilhos de ferro	15
Figura 05 – Sarjeta	16
Figura 06 – Sarjeta obstruída por rampa	16
Figura 07 – Tubulação secundária sobre a sarjeta	17
Figura 08 – Alagamento na saída da tubulação	17
Figura 09 – Divisão das sub bacias	24
Figura 10 – Posicionamento das bocas de lobo	39
Figura 11 – Perfil da galeria para a declividade imposta e profundidade de escavação	46
Figura 12 – Detalhe transversal da galeria com as dimensões necessárias para escavação da vala	48

LISTA DE TABELAS

Tabela 01 – Áreas subbacias	25
Tabela 02 – Dimensionamento sarjetas	37
Tabela 03 – Dimensionamento sarjetões	38
Tabela 04 – Caracterização e verificação das bocas de lobo	40
Tabela 05 – Caracterização e verificação das tubulações secundárias	43
Tabela 06 – Dimensionamento galeria	45
Tabela 07 – Espaçamento máximo entre poços de visita	46
Tabela 08 – Locação, quantidade e dimensões dos poços de visita e caixas de passagem	47
Tabela 09 – Quantitativos de projeto e estimativa de custo direto	55

SUMÁRIO

1 INTRODUÇÃO	12
2 OBJETIVOS	13
3 DIAGNÓSTICO	14
3.1 Caracterização da bacia contribuinte	14
3.2 Caracterização do sistema existente	14
3.3 Análise geral do sistema	18
4 PROJETO DE DRENAGEM DE ÁGUAS PLUVIAIS	19
4.1 Memorial descritivo	19
4.1.1 Apresentação	19
4.1.2 Descrição do projeto	19
4.1.2.1 Vazão de projeto	19
4.1.2.2 Sarjetas	20
4.1.2.3 Sarjetões	21
4.1.2.4 Bocas de lobo	21
4.1.2.5 Tubulação secundária	22
4.1.2.6 Galeria	22
4.1.2.7 Poços de visita e caixas de passagem	23
4.1.2.8 Escavação	23
4.2 Memorial de cálculo	24
4.2.1 Caracterização hidrológica da bacia de contribuição	24
4.2.2 Análise Hidráulica do sistema	27
4.2.2.1 Sarjetas	27
4.2.2.1.1 Sarjetas para ruas	28
4.2.2.1.2 Sarjeta para avenida	33
4.2.2.2 Sarjetões	38
4.2.2.3 Dimensionamento das bocas de lobo	39
4.2.2.4 Tubulação secundária	42
4.2.2.5 Galeria	43
4.2.2.6 Poços de visita	46
4.2.2.7 Volume de escavação	47
4.3 Especificações de materiais e serviços	51
4.3.1 Materiais	51
4.3.2 Equipamentos	52
4.3.3 Serviços	53
4.3.3.1 Galerias	53
4.3.3.2 Bocas de lobo	53
4.3.3.3 Poços de visita e caixas de passagem	54
4.4 Quantitativos de projeto e estimativa de custo	54

5 CONCLUSÃO	57
REFERÊNCIAS	58
APÊNDICE A – Divisão das subbacias	60
APÊNDICE B – Dispositivos de drenagem: sarjeta e sarjetões	61
APÊNDICE C – Dispositivos de drenagem: bocas de lobo e tubulação secundária	62
APÊNDICE D – Dispositivos de drenagem: galeria	63
APÊNDICE E – Dispositivos de drenagem: poços de visita	64

1 INTRODUÇÃO

O sistema de drenagem engloba o conjunto de infraestruturas projetado para coletar e transportar o excesso de águas pluviais até o destino final, com o objetivo de reduzir riscos à população local, minimizando prejuízos ocasionados por enchentes. Este sistema subdivide-se em microdrenagem e macrodrenagem. O sistema de microdrenagem é composto por condutos pluviais a nível de loteamento ou de rede primária urbana, sendo este o objeto de estudo do trabalho.

O trabalho tem por objetivo analisar e propor melhorias ao sistema de microdrenagem da avenida Dr. José Justiniano dos Reis no bairro Sion em Varginha/MG, apresentando um projeto de drenagem de adequação do atual sistema, tornando-o eficiente. A avenida é a principal via de acesso ao bairro e possui um histórico de alagamentos que tem gerado prejuízos à moradores e usuários da via.

Para elaboração de um projeto de drenagem de águas pluviais devem ser consideradas as particularidades da área projetada, além de avaliar as adversidades atuais e futuras que interferem em cada projeto. A análise partiu de visitas ao local e embasamento teórico seguindo critérios convencionais de avaliação com o intuito de propor condições favoráveis quando da ocorrência de eventos chuvosos.

Para o desenvolvimento deste trabalho considerou-se indispensável o conhecimento dos métodos, especificações, padronizações e classificações estabelecidas por autores e profissionais direta ou indiretamente relacionadas com a área de drenagem. O trabalho a seguir fornece informações sobre a área em estudo e mostra os resultados das avaliações e análises, identificando os fatores que contribuem para o desempenho indesejado, e, a partir destes, apresenta soluções para melhoria do sistema.

O desenvolvimento do projeto de drenagem propõe adequação ao atual sistema. Seguindo recomendações e adotando parâmetros técnicos da área da drenagem pluvial, diante das avaliações, considera a substituição e inclusão de dispositivos, visando a recuperação do correto funcionamento do sistema.

2 OBJETIVOS

Geral

- Propor soluções para o sistema de microdrenagem da Avenida Dr. José Justiniano dos Reis do bairro Sion, em Varginha – MG.

Específico

- Elaborar a revisão de literatura técnica pertinente ao assunto;
- Caracterizar a bacia contribuinte à Avenida alvo deste estudo;
- Caracterizar o sistema de microdrenagem existente;
- Analisar os dados relativos à vazão e capacidade do atual sistema;
- Indicar as patologias e suas possíveis causas;
- Dimensionar o sistema.

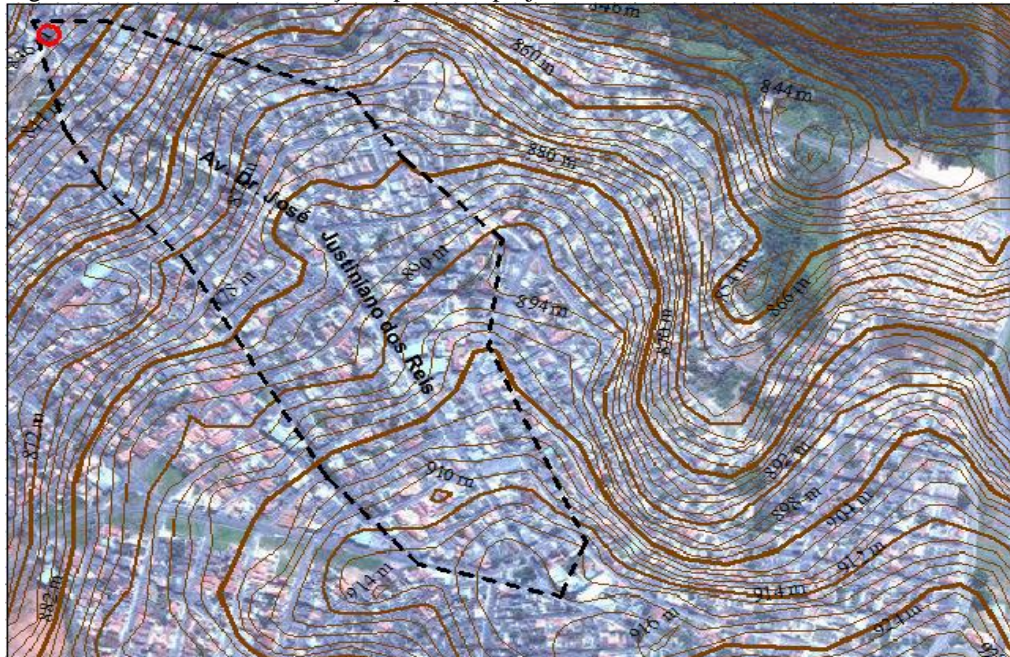
3 DIAGNÓSTICO

3.1 Caracterização da bacia contribuinte

A área da bacia de contribuição é de aproximadamente 201.516 m², ou seja, 20,15 ha, sendo: 141.000 m² (70%) lotes residenciais unifamiliares e na indisponibilidade do valor exato das áreas de pavimentação asfáltica, considerou-se 30% da área, 60.516 m². A avenida em estudo é o talvegue principal da bacia de contribuição, sendo o exutório, o ponto de projeto (Figura 01).

O bairro possui uma área total de 674.557 m², sendo 32.012 m² (4,75%) área verde, 1.499 m² (0,25%) área institucional e entre lotes residenciais unifamiliares e vias de circulação 641.045 (95%). A extensão da avenida é de aproximadamente 1 km e possui um intenso tráfego de veículos.

Figura 01 – Bacia de contribuição e ponto de projeto



Fonte: GOOGLE EARTH adaptado pela autora (29/04/16).

3.2 Caracterização do sistema existente

A bacia de contribuição possui 26 bocas de lobo, (Figura 02), todas do tipo caixa com grelha, (Figura 03), sendo 2 com grelhas de concreto, 18 com grelhas de barras com diâmetro de 25 mm, 2 com grelhas com barras redondas de ferro com diâmetro de 60 mm. Em 4 bocas

de lobo foram utilizados trilhos de ferro como grelhas, isso dificulta a limpeza das mesmas por serem fixos, assim como a redução da área de engolimento das bocas de lobo (Figura 04). Não existe uma padronização das dimensões das bocas de lobo.

Figura 02 – Posicionamento das bocas de lobo na avenida



Fonte: GOOGLE EARTH adaptado pela autora (14/10/16).

Figura 03 – Boca de lobo com grelha



Fonte: a autora (03/05/16).

Figura 04 – Boca de lobo com trilhos de ferro



Fonte: a autora (03/05/16).

Tão importante quanto a elaboração de projeto e execução das obras são a manutenção e cuidado com as obras existentes. Porém, o que foi observado é que em alguns trechos da avenida existem bocas de lobo que estão obstruídas por lixo e outros materiais sedimentados, o que diminui a sua capacidade substancial de esgotamento.

Um dos grandes problemas na drenagem urbana é o carreamento de lixo e sedimentos para as sarjetas e bocas de lobo. Esses resíduos acabam por obstruir as entradas e as tubulações. Por isso, são adotados poços de visita, que permitem acesso à tubulação em pontos estratégicos, tais como encontro de tubulações (TUCCI, 1995). No local não foi possível identificar poços de visita. Foi observado a ausência de tampões de poços de visita da galeria, o que faz cogitar a possibilidade de inexistência de poços de visita.

Na visita *in loco* verificou-se que a largura da sarjeta não é constante e em alguns pontos existe perda de seção por conta do recapeamento da avenida e por obstrução por rampas de garagens (Figuras 05 e 06). As sarjetas são de seção triangular do tipo B ($i = 15\%$) conforme padrão SUDECAP com largura média de 0,27 m. São de concreto e em alguns trechos são de asfalto. A declividade longitudinal média da avenida é de 8%. Também foi possível constatar que a altura do meio fio não é padrão, varia entre 0,10 m a 0,15 m. Constatou-se também a inexistência de sarjetões ao longo da avenida em estudo.

Figura 05 – Sarjeta



Fonte: a autora (03/05/16).

Figura 06 – Sarjeta obstruída por rampa



Fonte: a autora (03/05/16).

As tubulações secundárias são de concreto com diâmetros de 300 mm, 400 mm, 500 mm e 600 mm e em algumas bocas de lobo observadas eles não saem transversais à avenida, saem longitudinalmente, o que faz cogitar que elas estejam interligadas. No ponto crítico da avenida que é o ponto em análise a tubulação secundária da última boca de lobo é de 600 mm.

Em dois pontos da avenida, as tubulações que partem das bocas de lobo saem sobre a rua (Figura 07). Estes são pontos de alagamentos e pode ser pelo fato da sarjeta não comportar toda a vazão excedente (Figura 08).

Figura 07 – Tubulação secundária sobre a sarjeta



Fonte: a autora (03/05/16).

Figura 08 – Alagamento na saída da tubulação



Fonte: a autora (03/05/16).

As imagens anteriores mostram o local onde a água da boca de lobo vai para a tubulação e retorna à superfície. Algumas possibilidades para esta situação, são: a alta declividade do trecho e/ou que este esteja funcionando como um dispositivo para estreitamento da passagem da água.

Na indisponibilidade do projeto do atual sistema de drenagem, os elementos do sistema de drenagem pluvial encontrados na área de estudo foram descritos e ilustrados por meio de visitas *in loco* e a partir destes é possível iniciar os cálculos para verificação do sistema.

3.3 Análise geral do sistema

A bacia de contribuição não possui áreas permeáveis sendo predominantemente constituída por lotes residenciais e vias de circulação com pavimentação asfáltica, o que contribui para o aumento da vazão. O sistema existente é antigo e talvez não considerou o excesso de áreas impermeabilizadas. Também contribui para o aumento da vazão o tamanho da área, assim como sua declividade média, que influencia diretamente na intensidade de chuva. Todos estes devem ser considerados na elaboração do projeto de drenagem.

A análise hidráulica do sistema foi feita em primeiro momento apenas para a galeria, sendo, agora, analisado todos os elementos hidráulicos do sistema. Na primeira análise, feita anteriormente, os valores apresentados foram calculadas para o último trecho da rede de drenagem, sendo considerado como o trecho mais desfavorável de toda a galeria. Com base nas recomendações técnicas citadas na revisão bibliográfica, a velocidade máxima de projeto é de 5 m/s, sendo assim, o diâmetro de 800 mm não atenderia. A alta velocidade é em função da alta declividade da avenida.

De uma maneira geral, o histórico de alagamentos e a frequência com que eles acontecem, mostram um sistema de drenagem ineficiente. A vazão se mostra excessiva causando inundação das calçadas e da avenida com o risco de aquaplanagem para os usuários da via, além de erosão da pavimentação.

4 PROJETO DE DRENAGEM DE ÁGUAS PLUVIAIS

4.1 Memorial descritivo

4.1.1 Apresentação

O presente memorial descritivo, estabelece as bases fundamentais para a elaboração e apresentação do projeto de drenagem de águas pluviais da Avenida Doutor José Justiniano dos Reis, no bairro Sion no município de Varginha-MG.

Objetiva relatar e descrever as atividades levadas a termo, parâmetros utilizados no dimensionamento, bem como as soluções e respectivas metodologias adotadas no projeto de drenagem pluvial. Apresenta soluções de viabilidade técnica para solucionar problemas decorrentes das águas de chuvas de forma a evitar que volumes excessivos escoem pelas vias públicas ocasionando alagamentos no local.

4.1.2 Descrição do projeto

O projeto de drenagem consiste na definição e dimensionamento dos elementos que compõem o sistema, e tem por objetivo permitir que as águas provenientes de chuvas sejam escoadas do pavimento e direcionadas ao seu destino final sem causar danos, uma vez que se houver falhas no sistema de drenagem podem provocar danos aos usuários. Sob este aspecto, o projeto de drenagem teve o objetivo da definição dos tipos de dispositivos a serem utilizados assim como a localização de implantação dos mesmos. Através de critérios usuais de drenagem urbana, foram analisados os elementos do sistema, considerando o dimensionamento hidrológico e hidráulico (vide memorial de cálculo).

4.1.2.1 Vazão de projeto

Para a obtenção do valor da vazão de projeto alguns dados foram levantados, como:

- a) O período de retorno adotado para o projeto foi de 5 anos. O período de retorno foi adotado de acordo com as características de uso e ocupação do solo. O tipo de ocupação da área é predominantemente residencial e comercial;

- b) Para determinação do tempo de escoamento superficial, dados como comprimento do talvegue, declividade média da bacia e possível existência de área verde, foram levantados. O tempo de escoamento superficial foi de 16 min, assim o tempo de concentração foi de 26 min;
- c) Para definição da intensidade de precipitação são usados os dados k, a, b e c, obtidos através do *software* Plúvio, referentes à cidade de Varginha MG. O valor da intensidade de precipitação foi de 101,65 mm/h;
- d) Após a obtenção e caracterização das áreas, o valor do coeficiente de *Runoff* encontrado foi de 0,62;
- e) O valor da vazão de projeto foi obtido por meio do método racional, e foi calculada para cada sub bacia do projeto.

4.1.2.2 Sarjetas

As sarjetas existentes no atual sistema de drenagem foram examinadas, por meio de visitas *in loco*, quanto as suas dimensões, declividade transversal e material, assim como a declividade transversal das ruas e avenida que compõem o sistema, sendo posteriormente analisada sua capacidade de escoamento.

O material utilizado na execução das sarjetas é concreto, tendo em alguns pontos uma perda de seção por conta de material excedente da pavimentação. A altura do meio fio é 15 cm. Ruas e avenida possuem, respectivamente, 10 m e 12 m.

Nas ruas Celso Paiva e Sebastião Otaviano da Silva, a largura verificada da sarjeta foi de 45 cm, com declividade transversal da sarjeta de 6,5%. As ruas Dr. Adelson Barros, Francisco Silva Tavares, Humberto Conde, Alaor B. Nogueira e Amaro S. Lemes, onde a largura da sarjeta é de 30 cm e declividade de 6,5%, após o dimensionamento para verificação foi visto que estas atendem às demandas de vazão para escoamento superficial.

As ruas Dr. Estevam Bísaro, Antônio Plácido Barros, Jonas B. Rezende, José Ponciano, José Nogueira Tavares, Francisco da Silva Paiva e Maria Roquim Vidal, possuem sarjetas com largura de 35 cm e declividade transversal de 8,5 %, sendo elas suficientes para escoamento das vazões nesses trechos.

Na Av. Dr. José Justiniano dos Reis nos trechos 41-39, 39-38, 38-36, 36-34 e 34-30, a largura da sarjeta é 40 cm e declividade transversal de 15 %. Foi verificado que apenas para o primeiro trecho a sarjeta comporta toda a vazão. Os dois seguintes trechos, 39-38 e 38-36, a

sarjeta é suficiente para escoamento da vazão apenas na margem esquerda. Nos demais trechos onde as sarjetas não são suficientes para o escoamento de todo o fluxo da água, a vazão excedente é captada pelas bocas de lobo existentes no local, sendo necessário, obviamente, galeria.

Nos trechos 30-27, 27-23, 23-18 e 18-16, as sarjetas possuem largura de 45 cm com declividade transversal de 11 % e declividade transversal da avenida de 8 %. Os trechos 16-13, 13-10 e 10-7, possuem sarjetas com largura de 30 cm, declividade transversal da sarjeta de 12 % e declividade transversal da avenida de 8,5 %. Nos últimos trechos 7-5, 5-3 e 3-1 a sarjeta é de 30 cm de largura e declividade transversal da sarjeta e avenida de, respectivamente, 15 % e 6 %. Em nenhum desses trechos a sarjeta comporta toda a vazão demandada.

4.1.2.3 Sarjetões

Será necessário a construção de 23 sarjetões ao longo da avenida para orientação e estreitamento da vazão impedindo que a mesma escoe para o meio da via. Tal procedimento permite o desvio do excesso de vazão em determinada rua para outra. Os sarjetões serão em forma de V, como o encontro de duas sarjetas. Terão declividade transversal de 10%, e declividade longitudinal igual à do trecho da avenida. Possuirão largura padrão de 1,20 m e o material para execução dos sarjetões é concreto.

4.1.2.4 Bocas de lobo

No atual sistema foi verificado, por meio de visitas ao local, que existem 26 bocas de lobo do tipo caixa com grelha, sendo 2 com grelhas de concreto, 18 com grelhas de barras convencionais com diâmetro de 25 mm, 2 com grelhas com barras redondas de ferro com diâmetro de 60 mm, e em 4 bocas de lobo foram utilizados trilhos de ferro como grelhas, impossibilitando a manutenção das mesmas.

Após a análise das bocas de lobo, foi visto que no trecho 41-39 não é necessário boca de lobo e que nos trechos 39-38 e 38-36, as bocas de lobo estão na margem oposta, estando elas na margem esquerda, quando seriam necessárias na margem direita. Seguindo a verificação, nos trechos 16-13 margem esquerda, 16-13 margem direita, 13-10 margem direita e 3-1 margem esquerda, o perímetro das bocas de lobo não é suficiente para o engolimento de toda a vazão excedente das sarjetas.

Para correção, nos trechos 39.38 margem direita e 38.36 margem direita, será necessário implantação de uma boca de lobo nas dimensões 50 x 80 cm, do tipo caixa com grelha. Grelhas com barras de 25 mm. Nos trechos 16.13 margem esquerda e 3.1 margem esquerda, implantar mais uma boca de lobo com as mesmas dimensões, 50 x 85 cm, do tipo caixa com grelha, grelhas com barras de 25 mm, para auxiliar as bocas de lobo existentes. Para os trechos 16.13 margem direita e 13.10 margem direita, alterar as dimensões das bocas de lobo para, 55 x 100 cm e 50 x 110 cm, nesta ordem.

Em 3 bocas de lobo, nas quais são utilizados trilhos de ferro como grelhas, não se faz necessário o aumento de suas dimensões, porém, o espaçamento entre as barras está acima do que prescreve a literatura técnica pertinente ao assunto, que é de 5 cm a 6 cm, por uma questão de segurança aos usuários, sejam pedestres, ciclistas, motoqueiros ou animais. O espaçamento observado entre as barras é em média 12 cm. Outro fator, é a impossibilidade de manutenção das mesmas, por conta da fixação das barras.

4.1.2.5 Tubulação secundária

As tubulações secundárias existentes são de concreto com diâmetros de 300 mm, 400 mm, 500 mm e 600 mm. Na Tabela 04, (*vide* memorial de cálculo), estão representados os diâmetros das tubulações existentes no sistema e seus respectivos posicionamento. Após a análise foi constatado que todos os diâmetros do atual sistema estão atendendo à demanda de vazão que cada boca de lobo é responsável por escoar.

4.1.2.6 Galeria

A análise para os trechos da galeria foi feita com base nas vazões de projeto obtidas por meio de análise hidrológica e análise hidráulica do sistema. A atual galeria é composta por 14 trechos. Nos trechos iniciais, 39-38, 38-36 e 36-34, o diâmetro da tubulação é de 400 mm. Nos trechos 34-30, 30-27 o diâmetro da tubulação deve ser de 500 mm, trecho 27-23 diâmetro de 600 mm, trecho 23-18 diâmetro de 700 mm, trechos 16-13 e 13-10 diâmetro de 800 mm. Todos esses trechos estão atendendo aos critérios de funcionamento adequado.

Em cinco trechos da galeria, 18-16, 10-7, 7-5, 5-3 e 3-1, a velocidade se mostrou excessiva ao que prescreve alguns autores da área. Nesses trechos a declividade da avenida é

de 0,1 m/m, declividade considerada alta. Foi analisado duas possibilidades para correção da velocidade: impor uma declividade à galeria nos trechos em que a velocidade foi excessiva ou aumentar o diâmetro da tubulação nesses trechos.

Para primeiro possível solução, impor uma declividade aos trechos da galeria, o resultado obtido não foi satisfatório, pois com a declividade imposta aos trechos da galeria, sendo essa declividade a máxima para correção da velocidade, aumentou consideravelmente a profundidade de escavação, chegando a 9,43 m, sendo esse um fator que inviabiliza, seja tecnicamente, normativamente e economicamente, essa possibilidade. Sendo assim, a possibilidade mais viável será substituir os diâmetros das tubulações, nesses trechos, por um diâmetro comercial maior.

4.1.2.7 Poços de visita e caixas de passagem

Nas mudanças de diâmetro e atendendo o que se recomenda serão necessários 9 poços de visita e 4 caixas de passagem. Seguindo o padrão, todos os poços de visita possuirão tampões de ferro fundido que devem ter 60 cm de diâmetro, a chaminé ou câmara de acesso deverá ter 60 cm de largura, a caixa balão ou câmara de trabalho nas dimensões 1,0 x 1,0 m com altura variável de acordo com o recobrimento e diâmetro da tubulação. A estrutura deverá ser construída em alvenaria de tijolos maciços sobre uma laje de fundo e uma camada de brita como base.

As caixas de passagem ou caixas cegas deverão ser confeccionadas conforme projeto. As caixas deverão ser executadas de acordo com o projeto no que se refere à dimensões, espessura de paredes e locação das mesmas na plataforma. As caixas de inspeção e junção serão executadas em alvenaria de tijolos maciço, com reboco interno impermeabilizado.

4.1.2.8 Escavação

Será necessário escavar 82,8 m³ para implantação dos sarjetões, 1,70 m³ para implantação das novas bocas de lobo, 845,33 m³ para os trechos da galeria e 25,59 m³ para a implantação dos poços de visita e caixas de passagem. Sendo o volume total de escavação de 955,42 m³.

Tabela 01 – Áreas subbacias

Quadra	Subbacia	Área (m ²)	Quadra	Subbacia	Área (m ²)	
A	I	1.381,58	R	I	1.208,70	
	Total	1.381,58		II	4.694,96	
B	I	946,45		III	5.369,10	
	Total	946,45		IV	914,29	
C	I	990,00		Total	12.187,05	
	Total	990,00		S	I	173,86
D	I	1.228,57		II	3.116,74	
	II	4.383,23		III	3.543,43	
	Total	5.611,80		IV	1.153,78	
E	I	1.086,84		Total	7.987,81	
	II	4.520,81		T	I	1.053,26
	III	4.641,28		II	2.627,22	
	Total	10.248,93		III	1.916,83	
F	I	1.013,41		Total	5.597,31	
	II	4.184,37		U	I	1.103,39
	III	4.351,96		II	2.695,19	
	Total	9.549,74		III	2.835,64	
G	I	1.114,44		IV	866,17	
	II	4.279,10		Total	7.500,39	
	III	4.894,59		V	I	945,47
	Total	10.288,13		II	3.899,13	
H	I	1.068,02		III	2.915,95	
	II	3.856,00		Total	7.760,55	
	III	4.605,52		W	I	1.033,07
	Total	9.529,54		II	2.243,04	
I	I	1.006,53		III	2.216,87	
	II	3.365,88		IV	753,68	
	III	4.183,79		Total	6.246,66	
	Total	8.556,20		X	I	707,73
J	I	1.143,25		II	3.341,46	
	II	2.704,67		III	3.545,97	
	III	3.302,51		Total	7.595,16	
	Total	7.150,43		Y	I	1.111,06
K	I	1.136,75		II	3.689,15	
	II	2.345,63		III	4.758,71	
	III	3086,23		Total	9.558,92	
	Total	6.568,61		Z	I	1.093,78
L	I	6.160,07		II	2.121,45	
	II	1.486,54		III	2990,36	
	Total	7.646,61		Total	6.205,59	
M	I	3.124,18	A2	I	480,25	
	II	861,98		Total	480,25	
	Total	3.986,16		B2	I	3.962,41
N	I	1.126,02		II	811,75	
	II	1.890,42		III	715,84	
	III	1.772,43		IV	3.943,49	
	Total	4.788,87		Total	9.433,49	
	O	I		1.197,45	C2	I
P	II	3.166,70		II	684,54	
	III	2.675,18		Total	3.679,92	
	Total	7.039,33		D2	I	4.128,78
Q	I	997,94		II	3.900,53	
	II	5.085,38		III	853,11	
	III	3007,92		Total	8.882,42	
	Total	9.091,24				
	I	1.260,47				
	II	6.223,89				
	III	6.203,81				
	Total	13.688,17		Total da área a ser drenada	201.516,00	

Fonte: a autora (01/08/16).

O período de retorno foi adotado de acordo com as características de uso e ocupação do solo. O tipo de ocupação da área é predominantemente residencial e comercial, baseado nas recomendações de Tucci (1995, p. 86) e seguindo a Tabela 01, o período de retorno adotado para a bacia foi de 5 anos.

Para determinação do tempo de escoamento superficial, dados como comprimento do talvegue, declividade média da bacia e possível existência de área verde, foram levantados.

Comprimento do talvegue: 1 km

Área verde: 0

Declividade média da bacia:

$$Im = \frac{\Delta h}{L} = \frac{927 - 847}{1012} = 0,079 \text{ m/m}$$

Tempo de escoamento superficial:

$$ts = \frac{16L}{(1,05 \times 0,2 P)(100 \times Im)^{0,04}} = \frac{16 \times 1}{(1,05 \times 0,2 \times 0)(100 \times 0,079)^{0,04}} \\ = 16 \text{ min.}$$

Após a obtenção do valor do tempo de escoamento superficial, tem-se o tempo de concentração:

$$tc = ta + ts = 10 + 16 = 26 \text{ min}$$

Para definição da intensidade de precipitação são usados os dados k, a, b e c, obtidos através do *software* Plúvio, referentes à cidade de Varginha MG.

Intensidade da precipitação, equação:

$$I = \frac{K \cdot T^a}{(t + b)^c}$$

k: 5987,104

a: 0,218

b: 32,694

c: 1,087

$$I = 101,65 \text{ mm/h}$$

Após a obtenção e caracterização das áreas, obtém-se o valor do coeficiente de *Runoff* por meio da equação:

$$C_{\text{méd}} = \frac{C1 \times A1 + C2 \times A2}{A1 + A2}$$

Onde:

Lotes unifamiliares: 141.000 m², C = 0,5;

Áreas viárias e as calçadas: 60.516 m², C = 0,92.

$$C_{\text{méd}} = 0,62$$

A vazão total de projeto é obtida através do método racional, pela equação:

$$Q = C \times I \times A$$

Onde:

$$C = 0,62$$

$$I = 0,00002823 \text{ m/s}$$

$$A = 201.516 \text{ m}^2$$

$$Q = 3,53 \text{ m}^3/\text{s}$$

4.2.2 Análise Hidráulica do sistema

4.2.2.1 Sarjetas

Foram obtidos, por meio de visitas *in loco*, os dados necessários para verificação e dimensionamento das sarjetas, como: material da sarjeta, largura da sarjeta, declividade transversal da sarjeta, declividade transversal das ruas e avenida e altura do meio fio (vide Apêndice B).

Equação de Manning modificada por Izzard:

$$qs = 0,375 \times \left(\frac{z}{n}\right) \times y o^{\frac{8}{3}} \times i^{0,5}$$

qs: capacidade de escoamento pela sarjeta m³/s

z: inverso da declividade transversal da sarjeta m/m

n: coeficiente de rugosidade de Manning

y: altura da lâmina de água junto ao meio fio m

i: declividade longitudinal da sarjeta m/m

4.2.2.1.1 Sarjetas para ruas

a) Rua Celso Paiva e Rua Sebastião Otaviano da Silva:

Dados para dimensionamento verificados por meio de visitas *in loco*:

Largura rua: 10 m

I transversal rua: 3 %

Pavimentação asfáltica

Sarjeta de concreto mal acabado: n: 0,016

It sarjeta: 6,5 %

Altura meio fio: 15 cm

Largura da sarjeta: 0,45 m

$$Z = 1/itr$$

$$Z1 = \frac{1}{itrsarj} = \frac{1}{0,065} = 15,39 \text{ m/m}$$

$$Z2 = \frac{1}{itrrua} = \frac{1}{0,03} = 33,34 \text{ m/m}$$

$$yo = 80\% \text{ altura meio fio} = 0,8 * 0,15 = 0,12\text{m}$$

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

$$0,065 = \frac{0,12 - y_1}{0,45} = y_1 = 0,09m$$

$$qst = 0,375 \left[\left(\frac{15,39}{0,016} \right) * 0,12^{\frac{8}{3}} - \left(\frac{15,39}{0,016} \right) * 0,09^{\frac{8}{3}} + \left(\frac{33,34}{0,016} \right) * 0,09^{\frac{8}{3}} \right] * i^{0,5} =$$

$$qst = 1,95 * i^{0,5} = m^3/s$$

b) Rua Dr. Adelson Barros, Rua Francisco Silva Tavares e Rua Humberto Conde:

Dados para dimensionamento verificados por meio de visitas *in loco*:

Largura rua: 10 m

I transversal rua: 2 %

Pavimentação asfáltica

Sarjeta de concreto mal acabado: n: 0,016

It sarjeta: 6,5 %

Altura meio fio: 15 cm

Largura da sarjeta: 0,3 m

$$Z = 1/itr$$

$$Z1 = \frac{1}{itrsarj} = \frac{1}{0,065} = 15,39 m/m$$

$$Z2 = \frac{1}{itrrua} = \frac{1}{0,02} = 50 m/m$$

$$y_0 = 80\% \text{ altura meio fio} = 0,8 * 0,15 = 0,12m$$

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

$$0,065 = \frac{0,12 - y1}{0,3} = y1 = 0,10m$$

$$qst = 0,375 \left[\left(\frac{15,39}{0,016} \right) * 0,12^{\frac{8}{3}} - \left(\frac{15,39}{0,016} \right) * 0,10^{\frac{8}{3}} + \left(\frac{50}{0,016} \right) * 0,10^{\frac{8}{3}} \right] * i^{0,5} =$$

$$qst = 3,01 * i^{0,5} = m^3/s$$

c) Rua Dr. Estevam Biscoaro, Rua Antônio Plácido Barros e Rua Jonas B. Rezende:

Dados para dimensionamento verificados por meio de visitas *in loco*:

Largura rua: 10 m

I transversal rua: 2,5 %

Pavimentação asfáltica

Sarjeta de concreto mal acabado: n: 0,016

It sarjeta: 8,5 %

Altura meio fio: 15 cm

Largura da sarjeta: 0,35 m

$$Z = 1/itr$$

$$Z1 = \frac{1}{itrsarj} = \frac{1}{0,085} = 11,76 \text{ m/m}$$

$$Z2 = \frac{1}{itrrua} = \frac{1}{0,025} = 40 \text{ m/m}$$

$$yo = 80\% \text{ altura meio fio} = 0,8 * 0,15 = 0,12m$$

$$itrsarj = \frac{\Delta h(yo - y1)}{Lsarj}$$

$$0,085 = \frac{0,12 - y1}{0,35} = y1 = 0,09m$$

$$qst = 0,375 \left[\left(\frac{11,76}{0,016} \right) * 0,12^{\frac{8}{3}} - \left(\frac{11,76}{0,016} \right) * 0,09^{\frac{8}{3}} + \left(\frac{40}{0,016} \right) * 0,09^{\frac{8}{3}} \right] * i^{0,5} =$$

$$qst = 2,04 * i^{0,5} = m^3/s$$

- d) Rua José Ponciano, Rua José Nogueira Tavares, Rua Francisco da Silva Paiva e Rua Maria Roquim Vidal:

Dados para dimensionamento verificados por meio de visitas *in loco*:

Largura rua: 10 m

I transversal rua: 3,5 %

Pavimentação asfáltica

Sarjeta de concreto mal acabado: n: 0,016

It sarjeta: 8,5 %

Altura meio fio: 15 cm

Largura da sarjeta: 0,35 m

$$Z = 1/itr$$

$$Z1 = \frac{1}{itrsarj} = \frac{1}{0,085} = 11,76 \text{ m/m}$$

$$Z2 = \frac{1}{itrrua} = \frac{1}{0,035} = 28,5 \text{ m/m}$$

$$y_0 = 80\% \text{ altura meio fio} = 0,8 * 0,15 = 0,12 \text{ m}$$

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

$$0,085 = \frac{0,12 - y_1}{0,35} = y_1 = 0,09 \text{ m}$$

$$qst = 0,375 \left[\left(\frac{11,76}{0,016} \right) * 0,12^{\frac{8}{3}} - \left(\frac{11,76}{0,016} \right) * 0,09^{\frac{8}{3}} + \left(\frac{28,5}{0,016} \right) * 0,09^{\frac{8}{3}} \right] * i^{0,5} =$$

$$qst = 1,60 * i^{0,5} = m^3/s$$

e) Rua Alaor B. Nogueira e Amaro S. Lemes:

Dados para dimensionamento verificados por meio de visitas *in loco*:

Largura rua: 10 m

I transversal rua: 2,5 %

Pavimentação asfáltica

Sarjeta de concreto mal acabado: n: 0,016

It sarjeta: 6,5 %

Altura meio fio: 15 cm

Largura da sarjeta: 0,30 m

$$Z = 1/itr$$

$$Z1 = \frac{1}{itrsarj} = \frac{1}{0,065} = 15,39 \text{ m/m}$$

$$Z2 = \frac{1}{itrRua} = \frac{1}{0,025} = 40 \text{ m/m}$$

$$y0 = 80\% \text{ altura meio fio} = 0,8 * 0,15 = 0,12m$$

$$itrsarj = \frac{\Delta h(y0 - y1)}{Lsarj}$$

$$0,065 = \frac{0,12 - y1}{0,30} = y1 = 0,10m$$

$$qst = 0,375 \left[\left(\frac{15,39}{0,016} \right) * 0,12^{\frac{8}{3}} - \left(\frac{15,39}{0,016} \right) * 0,10^{\frac{8}{3}} + \left(\frac{40}{0,016} \right) * 0,10^{\frac{8}{3}} \right] * i^{0,5} =$$

$$q_{st} = 2,50 * i^{0,5} = m^3/s$$

4.2.2.1.2 Sarjeta para avenida

a) Av. Dr. José Justiniano dos Reis trechos 41-39, 39-38, 38-36, 36-34 e 34-30:

Dados para dimensionamento verificados por meio de visitas *in loco*:

Largura avenida: 12 m

I transversal avenida: 6 %

Pavimentação asfáltica

Sarjeta de concreto mal acabado: n: 0,016

It sarjeta: 15 %

Altura meio fio: 15 cm

Largura da sarjeta: 0,4 m

$$Z = 1/itr$$

$$Z1 = \frac{1}{itrsarj} = \frac{1}{0,15} = 6,67 \text{ m/m}$$

$$Z2 = \frac{1}{itravenida} = \frac{1}{0,06} = 16,67 \text{ m/m}$$

$$y_0 = 80\% \text{ altura meio fio} = 0,8 * 0,15 = 0,12\text{m}$$

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

$$0,15 = \frac{0,12 - y_1}{0,4} = y_1 = 0,06\text{m}$$

$$qst = 0,375 \left[\left(\frac{6,67}{0,016} \right) * 0,12^{\frac{8}{3}} - \left(\frac{6,67}{0,016} \right) * 0,06^{\frac{8}{3}} + \left(\frac{16,67}{0,016} \right) * 0,06^{\frac{8}{3}} \right] * i^{0,5} =$$

$$qst = 0,68 * i^{0,5} = m^3/s$$

b) Av. Dr. José Justiniano dos Reis trechos 30-27, 27-23, 23-18 e 18-16:

Dados para dimensionamento verificados por meio de visitas *in loco*:

Largura avenida: 12 m

I transversal avenida: 8 %

Pavimentação asfáltica

Sarjeta de concreto mal acabado: n: 0,016

It sarjeta: 11 %

Altura meio fio: 15 cm

Largura da sarjeta: 0,45 m

$$Z = 1/itr$$

$$Z1 = \frac{1}{itrsarj} = \frac{1}{0,11} = 9,09 \text{ m/m}$$

$$Z2 = \frac{1}{itravenida} = \frac{1}{0,08} = 12,5 \text{ m/m}$$

$$yo = 80\% \text{ altura meio fio} = 0,8 * 0,15 = 0,12\text{m}$$

$$itrsarj = \frac{\Delta h(yo - y1)}{Lsarj}$$

$$0,11 = \frac{0,12 - y1}{0,45} = y1 = 0,07\text{m}$$

$$qst = 0,375 \left[\left(\frac{9,09}{0,016} \right) * 0,12^{\frac{8}{3}} - \left(\frac{9,09}{0,016} \right) * 0,07^{\frac{8}{3}} + \left(\frac{12,5}{0,016} \right) * 0,07^{\frac{8}{3}} \right] * i^{0,5} =$$

$$q_{st} = 0,82 * i^{0,5} = m^3/s$$

c) Av. Dr. José Justiniano dos Reis trechos 16-13, 13-10 e 10-7:

Dados para dimensionamento verificados por meio de visitas *in loco*:

Largura avenida: 12 m

I transversal avenida: 8,5 %

Pavimentação asfáltica

Sarjeta de concreto mal acabado: n: 0,016

It sarjeta: 12 %

Altura meio fio: 15 cm

Largura da sarjeta: 0,30 m

$$Z = 1/itr$$

$$Z1 = \frac{1}{itrsarj} = \frac{1}{0,12} = 8,33 \text{ m/m}$$

$$Z2 = \frac{1}{itravenida} = \frac{1}{0,085} = 11,76 \text{ m/m}$$

$$y_o = 80\% \text{ altura meio fio} = 0,8 * 0,15 = 0,12m$$

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

$$0,12 = \frac{0,12 - y_1}{0,30} = y_1 = 0,08m$$

$$q_{st} = 0,375 \left[\left(\frac{8,33}{0,016} \right) * 0,12^{\frac{8}{3}} - \left(\frac{8,33}{0,016} \right) * 0,08^{\frac{8}{3}} + \left(\frac{11,76}{0,016} \right) * 0,08^{\frac{8}{3}} \right] * i^{0,5} =$$

$$q_{st} = 0,78 * i^{0,5} = m^3/s$$

d) Av. Dr. José Justiniano dos Reis trechos 7-5, 5-3 e 3-1:

Dados para dimensionamento verificados por meio de visitas *in loco*:

Largura avenida: 12 m

I transversal avenida: 6 %

Pavimentação asfáltica

Sarjeta de concreto mal acabado: n: 0,016

It sarjeta: 15 %

Altura meio fio: 15 cm

Largura da sarjeta: 0,30 m

$$Z = 1/itr$$

$$Z1 = \frac{1}{itrsarj} = \frac{1}{0,15} = 6,67 \text{ m/m}$$

$$Z2 = \frac{1}{itravenida} = \frac{1}{0,06} = 16,67 \text{ m/m}$$

$$y_o = 80\% \text{ altura meio fio} = 0,8 * 0,15 = 0,12\text{m}$$

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

$$0,15 = \frac{0,12 - y_1}{0,30} = y_1 = 0,07\text{m}$$

$$qst = 0,375 \left[\left(\frac{6,67}{0,016} \right) * 0,12^{\frac{8}{3}} - \left(\frac{6,67}{0,016} \right) * 0,07^{\frac{8}{3}} + \left(\frac{16,67}{0,016} \right) * 0,07^{\frac{8}{3}} \right] * i^{0,5} =$$

$$qst = 0,74 * i^{0,5} = m^3/s$$

A capacidade de escoamento real de cada sarjeta, assim como em quais trechos a capacidade de escoamento da sarjeta não é suficiente para transportar toda a vazão de demanda, sendo necessário nesses trechos galerias, estão representados na Tabela 02.

Tabela 02 – Dimensionamento sarjetas

RUA/AV	Trecho	i(mm/h)	C médio	DIMENSIONAMENTO SARJETAS										Situação		
				Área de Contribuição		Vazão (m³/s)		Cota(m)		L (m)	i (m/m)	qst (m³/s)	F	qsr (m³/s)	MD	ME
				MD	ME	MD	ME	M	J							
Dr. José Justiniano dos Reis	41.39			4.128,78	1.381,58	0,0723	0,0242	927	923	80	0,05	0,15205	0,49	0,07451	SG	SG
	39.38			4.128,78	2.328,03	0,0723	0,0408	923	918	67	0,074627	0,18576	0,34	0,06316	CG	SG
	38.36			9.756,05	3.318,03	0,1708	0,0581	918	913	67	0,074627	0,18576	0,34	0,06316	CG	SG
	36.34			9.756,05	4.546,60	0,1708	0,0796	913	906	75	0,093333	0,20774	0,24	0,04986	CG	CG
	34.30			25.691,31	14.657,95	0,4498	0,2566	906	900	67	0,089552	0,20349	0,25	0,05087	CG	CG
	30.27			32.734,56	24.544,13	0,5731	0,4297	900	894	67	0,089552	0,24539	0,25	0,06135	CG	CG
	27.23			43.482,56	34.737,53	0,7612	0,6081	894	890	67	0,059701	0,20036	0,41	0,08215	CG	CG
	23.18			59.165,05	44.690,17	1,0358	0,7824	890	886	70	0,057143	0,19602	0,42	0,08233	CG	CG
	18.16			74.328,39	-	1,3012		886	885	10	0,1	0,25931	0,2	0,05186	CG	
	16.13			88.044,37	53.736,49	1,5413	0,9407	885	881	70	0,057143	0,18646	0,42	0,07831	CG	CG
	13.10			100.594,0	61.548,13	1,7610	1,0775	881	876	75	0,066667	0,20140	0,37	0,07452	CG	CG
	10.7			107.766,6	68.475,78	1,8866	1,1988	876	870	67	0,089552	0,23342	0,25	0,05835	CG	CG
	7.5			113.529,6	74.361,28	1,9875	1,3018	870	863	75	0,093333	0,22607	0,24	0,05426	CG	CG
	5.3			117.290,07	76.414,61	2,0533	1,3377	863	856	65	0,107692	0,24284	0,2	0,04857	CG	CG
	3.1			123.048,7	78.467,94	2,1541	1,3737	856	847	90	0,1	0,23401	0,2	0,04680	CG	CG
40.37			-	3.900,53		0,0683	923	919	137	0,029197	0,33320	0,72	0,23990		SG	
Celso	37.33			2.995,38	7.844,02	0,0524	0,1373	919	909	116	0,086207	0,57254	0,3	0,17176	SG	SG
Paiva	33.34			6.281,62	8.559,86	0,1100	0,1499	909	906	75	0,04	0,39000	0,61	0,23790	SG	SG
	35.34			4.383,23	4.641,28	0,0767	0,0813	908	906	150	0,013333	0,22517	0,8	0,18013	SG	SG
Frans. S.	37.38			811,75	853,11	0,0142	0,0149	919	918	61	0,016393	0,20486	0,8	0,16389	SG	SG
Maria R.	32.33			480,25	684,54	0,0084	0,0120	911	910	52	0,019231	0,22188	0,8	0,17750	SG	SG
Dr.	29.30			3.689,15	2.990,36	0,0646	0,0524	907	900	125	0,056	0,71230	0,43	0,30629	SG	SG
Adelson	31.30	101,65	0,62	4.520,8	4.351,96	0,0791	0,0762	903	900	157	0,019108	0,41608	0,8	0,33286	SG	SG
Sebastiao	25.26			3.341,46	4.758,71	0,0585	0,0833	905	898	95	0,073684	0,52932	0,35	0,18526	SG	SG
Otaviano	26.27			2.243,04	4.758,71	0,0393	0,0833	898	894	88	0,045455	0,41574	0,54	0,22450	SG	SG
	28.27			4.184,37	4.894,59	0,0733	0,0857	897	894	153	0,019608	0,27305	0,8	0,21844	SG	SG
	26.22			4.049,19	753,68	0,0709	0,0132	898	895	57	0,052632	0,36707	0,48	0,17619	SG	SG
José	22.20			4.844,60	866,17	0,0848	0,0152	895	892	67	0,044776	0,33857	0,54	0,18283	SG	SG
Nogueira	20.15			3.680,48	1.153,78	0,0644	0,0202	892	889	72	0,041667	0,32660	0,59	0,19269	SG	SG
	15.12			-	914,29		0,0160	889	885	62	0,064516	0,40640	0,35	0,14224		SG
Frans. S.	21.22			3.899,13	3.545,97	0,0683	0,0621	903	895	150	0,053333	0,69513	0,44	0,30586	SG	SG
Tavares	22.23			2.695,19	7.019,74	0,0472	0,1229	895	890	105	0,047619	0,65684	0,52	0,34155	SG	SG
	24.23			4.279,10	4.605,52	0,0749	0,0806	891	890	155	0,006452	0,24177	0,8	0,19342	SG	SG
Jose	19.20			2.627,22	2.915,95	0,0460	0,0510	896	892	102	0,039216	0,31685	0,61	0,19328	SG	SG
Ponciano	20.18			3.116,74	11.462,36	0,0546	0,2007	892	886	115	0,052174	0,36547	0,48	0,17542	SG	CG
	19.15			-	1.916,83		0,0336	896	889	150	0,046667	0,65023	0,53	0,34462		SG
Humberto	15.16			4.694,96	10.294,52	0,0822	0,1802	889	885	140	0,028571	0,50878	0,8	0,40703	SG	SG
Conde	17.16			3.856,00	4.183,79	0,0675	0,0732	886	885	160	0,00625	0,23796	0,4	0,09518	SG	SG
Estevan	12.13			6.223,89	6.283,39	0,1090	0,1100	885	881	185	0,021622	0,29997	0,8	0,23997	SG	SG
Biscaro	14.13			3.365,88	3.302,51	0,0589	0,0578	882	881	131	0,007634	0,17824	0,28	0,04991	CG	CG
Ant.	9.10			5.085,38	6.203,81	0,0890	0,1086	880	876	200	0,02	0,28850	0,8	0,23080	SG	SG
Plácido	11.10			2.704,67	3.086,23	0,0473	0,0540	877	876	115	0,008696	0,19023	0,8	0,15218	SG	SG
Jonas B.	6.7			3.166,70	3.007,92	0,0554	0,0527	871	870	107	0,009346	0,19721	0,8	0,15777	SG	SG
Rezende	8.7			2.345,63	1.486,54	0,0411	0,0260	872	870	100	0,02	0,28850	0,8	0,23080	SG	SG
Alaor B.	4.5			1.890,42	2.675,18	0,0331	0,0468	864	863	70	0,014286	0,29881	0,8	0,23905	SG	SG
Amaro S.	2.3			861,98	1.772,43	0,0151	0,0310	857	856	56	0,017857	0,33408	0,8	0,26726	SG	SG

Fonte: a autora (02/09/16).

4.2.2.2 Sarjetões

O sarjetão pode ser calculado em forma de V (vide Apêndice B) e utilizando a seguinte equação:

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

Onde:

T: Largura sarjetão (m);

Q: vazão (m³/s);

n : coeficiente de Manning;

Sx: declividade transversal (m/m);

Sl: declividade longitudinal (m/m).

Os valores das larguras dos sarjetões se mostraram próximos, em torno de 1,20 de largura, como mostra a Tabela 03, sendo essa a largura padrão adotada. Devem ser posicionados ao longo da avenida em estudo (vide Apêndice B).

Tabela 03 – Dimensionamento sarjetões

AV	Sarjetão	Q (m ³ /s)	(Sl m/m)	Sx (m/m)	T (m)
Dr. José Justiniano dos Reis	1	0,152053	0,05	0,1	1,1202
	2	0,185762	0,074	0,1	1,122
	3	0,152053	0,05	0,1	1,1202
	4	0,185762	0,074	0,1	1,122
	5	0,207743	0,093	0,1	1,1209
	6	0,207743	0,093	0,1	1,1209
	7	0,203492	0,089	0,1	1,1215
	8	0,203492	0,089	0,1	1,1215
	9	0,245387	0,059	0,1	1,2994
	10	0,245387	0,059	0,1	1,2994
	11	0,200358	0,057	0,1	1,2121
	12	0,200358	0,057	0,1	1,2121
	13	0,196017	0,1	0,1	1,082
	14	0,196017	0,1	0,1	1,082
	15	0,259307	0,057	0,1	1,3352
	16	0,186456	0,1	0,1	1,0619
	17	0,186456	0,1	0,1	1,0619
	18	0,201395	0,057	0,1	1,2145
	19	0,201395	0,057	0,1	1,2145
	20	0,233417	0,098	0,1	1,1596
	21	0,233417	0,098	0,1	1,1596
	22	0,226074	0,1	0,1	1,1414
	23	0,242842	0,1	0,1	1,1725

Fonte: a autora (22/09/16).

4.2.2.3 Dimensionamento das bocas de lobo

O sistema de drenagem possui 26 bocas de lobo, todas do tipo caixa com grelha, sendo 2 com grelhas de concreto, 18 com grelhas de barras convencionais com diâmetro de 25 mm, 2 com grelhas com barras redondas de ferro com diâmetro de 60 mm, e em 4 bocas de lobo foram utilizados trilhos de ferro como grelhas. O posicionamento das bocas de lobo ao longo da avenida está representado na Figura 10.

Figura 10 – Posicionamento das bocas de lobo



Fonte: a autora (20/09/16).

Tomaz (2012, p. 18, apud Chin, 2000) esclarece que quando a boca de lobo é uma grelha ela funciona como um vertedor de soleira livre, para profundidade de lâmina até 12 cm. Para o dimensionamento será utilizado a equação:

$$Q = 1,66 \cdot P \cdot y^{1,5}$$

Onde:

Q: vazão de engolimento da grelha (m³/s);

P: perímetro da boca de lobo (m);

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

Após o posicionamento, caracterização e verificação das bocas de lobo, foi visto que no trecho 41-39 não é necessário boca de lobo e que nos trechos 39-38 e 38-36, as bocas de lobo estão na margem oposta, estando elas na margem esquerda, quando seriam necessárias na margem direita. Seguindo a verificação, nos trechos 16-13 margem esquerda, 16-13 margem direita, 13-10 margem direita e 3-1 margem esquerda, o perímetro das bocas de lobo não é suficiente para o engolimento de toda a vazão excedente das sarjetas, Tabela 04.

Tabela 04 – Caracterização e verificação das bocas de lobo

CARACTERIZAÇÃO E VERIFICAÇÃO DAS BOCAS DE LOBO												
BL	TRECHO	MARGEM	TIPO GRELHA	DIMENSÃO	ÁREA (m ²)	ÁREA GRELHAS	ÁREA ÚTIL	Perímetro (m)	Q (m ³ /s)	y (m)	Perímetro (m)	Verificação
1	41.39	ESQUERDA	BARRAS 25mm	60x85	0,51	0,1275	0,3825	2,9	-	-	-	OK
2	39.38	ESQUERDA	BARRAS 25mm	60x85	0,51	0,1275	0,3825	2,9	-	-	-	OK
3	38.36	ESQUERDA	CONCRETO	40x100	0,4	0,2	0,2	2,8	-	-	-	OK
4	36.34	ESQUERDA	BARRAS 25mm	50x80	0,4	0,12	0,28	2,6	0,030	0,12	0,431	OK
5	36.34	DIREITA	BARRAS 25mm	55x80	0,44	0,12	0,32	2,7	0,1209	0,12	1,753	OK
6	34.30	DIREITA	BARRAS 25mm	45x270	1,215	0,405	0,81	6,3	0,1390	0,12	2,014	OK
7	34.30	DIREITA	BARRAS 25mm	50x80	0,4	0,12	0,28	2,6	0,139	0,12	2,014	OK
8	34.30	ESQUERDA	BARRAS 25mm	60x85	0,51	0,1275	0,3825	2,9	0,176	0,12	2,551	OK
9	30.27	DIREITA	BARRAS 60mm	70x75	0,525	0,225	0,3	2,9	0,1128	0,12	1,635	OK
10	30.27	ESQUERDA	BARRAS 25mm	55x80	0,44	0,12	0,32	2,7	0,163	0,12	2,356	OK
11	27.23	ESQUERDA	BARRAS 25mm	55x85	0,47	0,1275	0,3425	2,8	0,158	0,12	2,285	OK
12	27.23	DIREITA	BARRAS 25mm	55x85	0,47	0,1275	0,3425	2,8	0,1674	0,12	2,425	OK
13	23.18	DIREITA	TRILHOS	80x85	0,68	0,34	0,34	3,3	0,1372	0,12	1,988	OK
14	23.18	DIREITA	BARRAS 25mm	55x85	0,47	0,1275	0,3425	2,8	0,1372	0,12	1,988	OK
15	16.13	ESQUERDA	BARRAS 25mm	50x85	0,425	0,1275	0,2975	2,7	0,336	0,12	4,876	NÃO
16	16.13	DIREITA	BARRAS 25mm	55x80	0,44	0,12	0,32	2,7	0,2137	0,12	3,096	NÃO
17	13.10	DIREITA	BARRAS 60mm	40x80	0,32	0,24	0,08	2,4	0,2235	0,12	3,239	NÃO
18	13.10	ESQUERDA	TRILHOS	80x120	0,96	0,48	0,48	4	0,141	0,12	2,037	OK
19	10.7	DIREITA	BARRAS 25mm	60x85	0,51	0,1275	0,3825	2,9	0,1417	0,12	2,054	OK
20	7.5	DIREITA	BARRAS 25mm	50x80	0,4	0,12	0,28	2,6	0,0525	0,12	0,761	OK
21	7.5	DIREITA	BARRAS 25mm	55x80	0,44	0,12	0,32	2,7	0,0525	0,12	0,761	OK
22	5.3	DIREITA	TRILHOS	90x150	1,35	0,6	0,75	4,8	0,0358	0,12	0,518	OK
23	5.3	DIREITA	CONCRETO	40x80	0,32	0,16	0,16	2,4	0,0358	0,12	0,519	OK
24	3.1	ESQUERDA	BARRAS 25mm	55x85	0,47	0,1275	0,3425	2,8	0,324	0,12	4,694	NÃO
25	3.1	DIREITA	BARRAS 25mm	45x80	0,36	0,12	0,24	2,5	0,0513	0,12	0,743	OK
26	3.1	DIREITA	TRILHOS	85x180	1,53	0,72	0,81	5,3	0,0513	0,12	0,743	OK

Fonte: a autora (20/09/16).

Nos trechos onde a área das bocas de lobo não é suficiente para o engolimento da vazão demandada, faz-se necessário um novo dimensionamento para as bocas de lobo nesses trechos (vide Apêndice C).

a) Trecho 39.38 margem direita:

Perímetro necessário: 0,132 m

Solução: Implantar uma boca de lobo com as dimensões, 50 x 85 cm, do tipo caixa com grelha. Grelhas com barras de 25 mm.

b) Trecho 38.36 margem direita:

Perímetro necessário: 1,56 m

Solução: Implantar uma boca de lobo com as dimensões, 50 x 85 cm, do tipo caixa com grelha. Grelhas com barras de 25 mm.

c) Trecho 16.13 margem esquerda:

Dimensões atuais: 50 x 85 cm

Perímetro necessário: 4,876 m

Solução: Implantar mais uma boca de lobo com as mesmas dimensões, 50 x 85 cm, do tipo caixa com grelha. Grelhas com barras de 25 mm.

d) Trecho 16.13 margem direita:

Dimensões atuais: 55 x 80 cm

Perímetro necessário: 3,096 m

Solução: Alterar as dimensões para 55 x 100 cm.

e) Trecho 13.10 margem direita:

Dimensões atuais: 40 x 80 cm

Perímetro necessário: 3,239 m

Solução: Alterar as dimensões para 55 x 100 cm, do tipo caixa com grelha e substituir as grelhas atuais que são barras de 60 mm, por barras de ferro de 25 mm.

f) Trecho 3.1 margem esquerda:

Dimensões atuais: 55 x 85 cm

Perímetro necessário: 4,694 m

Solução: Implantar mais uma boca de lobo com as mesmas dimensões, 50 x 85 cm, do tipo caixa com grelha. Grelhas com barras de 25 mm.

4.2.2.4 Tubulação secundária

Para verificação e dimensionamento das tubulações secundárias (vide Apêndice C), na indisponibilidade do projeto do atual sistema de drenagem, dados como declividade da tubulação e condição de escoamento foram adotados seguindo as especificações normativas. As tubulações secundárias existentes são de concreto com diâmetros de 300mm, 400 mm, 500 mm e 600 mm.

O cálculo para identificar o diâmetro da tubulação secundária foi feito por meio da fórmula de Manning, e a relação $y/D = 0,9$, onde funcionarão em uma situação mais favorável de escoamento. Para a relação $y/D = 0,9$, por meio do ábaco, tem-se para vazão de projeto:

Boca de lobo 26:

$$Q_p = \frac{Q}{1,066} = \frac{0,051}{1,066} = 0,048 \text{ m}^3/\text{s}$$

O diâmetro da tubulação será calculado por meio da equação de Manning:

$$Q_p = \left(\frac{1}{n}\right) \cdot R H^{\frac{2}{3}} \cdot \sqrt{i} \cdot A_m$$

Onde:

$$Q_p = 0,048 \text{ m}^3/\text{s}$$

I = declividade tubulação = 1%

n = 0,016 – Pavimento em concreto mal acabado

$$0,048 = \frac{\pi \cdot D^2 \cdot D^{\frac{2}{3}} \cdot 0,01^{0,5}}{4 \cdot 4^{\frac{2}{3}} \cdot 0,016} \rightarrow D = 0,249$$

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

Na Tabela 05 estão representados os diâmetros das tubulações existentes no sistema e a verificação para identificar se os mesmos atendem à demanda de vazão que cada boca de lobo

é responsável por escoar. Sendo constatado que todos os diâmetros do atual sistema estão atendendo.

Tabela 05 – Caracterização e verificação das tubulações secundárias

BL	TRECHO	MARGEM	TUBULAÇÃO SECUNDÁRIA							VERIFICAÇÃO
			Q (m³/s)	φ mm	Y/D	Q/Qo	Qp	φ m	φcom mm	
1	41.39	–	–	–	–	–	–	–	–	–
2	39.38	ESQUERDA	0,009	–	0,9	1,06	0,0086	0,1309	300	ok
3	38.36	ESQUERDA	0,086	–	0,9	1,06	0,0811	0,3	300	ok
4	36.34	ESQUERDA	0,083	300	0,9	1,06	0,030	0,268	300	ok
5	36.34	DIREITA	1,200	400	0,9	1,06	0,121	0,352	400	ok
6	34.30	DIREITA	0,000	400	0,9	1,06	0,139	0,071342	400	ok
7	34.30	DIREITA	0,139	400	0,9	1,06	0,139	0,071354	400	ok
8	34.30	ESQUERDA	0,021	400	0,9	1,06	0,176	0,090347	400	ok
9	30.27	DIREITA	0,000	400	0,9	1,06	0,113	0,057919	400	ok
10	30.27	ESQUERDA	0,000	400	0,9	1,06	0,163	0,083467	400	ok
11	27.23	ESQUERDA	0,021	400	0,9	1,06	0,158	0,080927	400	ok
12	27.23	DIREITA	0,000	400	0,9	1,06	0,167	0,085911	400	ok
13	23.18	DIREITA	0,000	400	0,9	1,06	0,137	0,07042	400	ok
14	23.18	DIREITA	0,137	400	0,9	1,06	0,137	0,07043	400	ok
15	16.13	ESQUERDA	0,042	600	0,9	1,06	0,336	0,172706	600	ok
16	16.13	DIREITA	0,000	500	0,9	1,06	0,214	0,109683	500	ok
17	13.10	DIREITA	0,000	500	0,9	1,06	0,223	0,114728	500	ok
18	13.10	ESQUERDA	0,000	600	0,9	1,06	0,141	0,072149	400	ok
19	10.7	DIREITA	0,000	400	0,9	1,06	0,142	0,072754	400	ok
20	7.5	DIREITA	0,000	400	0,9	1,06	0,052	0,026947	300	ok
21	7.5	DIREITA	0,053	400	0,9	1,06	0,053	0,02695	300	ok
22	5.3	DIREITA	0,000	400	0,9	1,06	0,036	0,018357	300	ok
23	5.3	DIREITA	0,036	400	0,9	1,06	0,036	0,018377	300	ok
24	3.1	ESQUERDA	0,000	600	0,9	1,06	0,324	0,16628	600	ok
25	3.1	DIREITA	0,000	600	0,9	1,06	0,051	0,026329	300	ok
26	3.1	DIREITA	0,051	600	0,9	1,06	0,051	0,026334	300	ok

Fonte: a autora (21/09/16).

4.2.2.5 Galeria

Na indisponibilidade do projeto do atual sistema de drenagem de águas pluviais e na impossibilidade de verificação dos diâmetros da galeria existente por ausência de poços de visita, a análise foi feita com base nos valores de vazão de projeto, obtida por meio de análise hidrológica da bacia de contribuição, e parâmetros normativos.

Após a obtenção do valor da vazão de escoamento das subbacias e verificação da capacidade de escoamento das sarjetas, iniciou-se o dimensionamento para a galeria. O cálculo representado abaixo foi feito para o último trecho da galeria. Foi considerado para ajuste da

vazão de projeto a relação $y/D = 0,9$, por ser considerada a situação mais favorável pela literatura técnica. Os dados foram lançados na fórmula de escoamento superficial.

Para a relação $y/D = 0,9$, por meio do ábaco, tem-se para vazão de projeto:

$$Q_p = \frac{Q}{1,066} = \frac{3,5}{1,066} = 3,28 \text{ m}^3/\text{s}$$

O diâmetro da galeria será calculado por meio da equação de Manning:

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

Onde:

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

$I =$ declividade rua = 10%

$n = 0,016$ – Pavimento em concreto mal acabado

$$3,28 = \frac{\pi \cdot D^2 \cdot D^{\frac{2}{3}} \cdot 0,1^{0,5}}{4 \cdot 4^{\frac{2}{3}} \cdot 0,016} \rightarrow D = 0,789$$

$$D_{com} = 800 \text{ mm}$$

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

$$Rh_{sp} = \frac{D}{4} = \frac{0,8}{4} = 0,20 \text{ m}$$

Para a relação $y/D = 0,9$:

$$\frac{Rh_{sp}}{Rh_{0,9}} = 1,20 \rightarrow Rh_{0,9} = \frac{0,20}{1,20} = 0,167 \text{ m}$$

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

Onde:

$$RH = 0,167 \text{ m}$$

$$I = 10\%$$

$$n = 0,016$$

$$V = \frac{0,167^{\frac{2}{3}} \cdot 0,1^{0,5}}{0,016} = 5,99 \text{ m/s}$$

Com base nas recomendações técnicas, a velocidade máxima de projeto é de 5 m/s, sendo assim, o diâmetro de 800 mm não atenderia. Isso acontece em cinco trechos da galeria. Nesses trechos a declividade da avenida é de 0,1 m/m, declividade considerada alta.

Existem duas possibilidades para correção dessa velocidade: impor uma declividade à galeria nos trechos em que a velocidade foi excessiva ou aumentar o diâmetro da tubulação nesses trechos. A Tabela 06 mostra o dimensionamento de todos os trechos da galeria e em quais as velocidades se mostraram excessivas.

Tabela 06 – Dimensionamento galeria

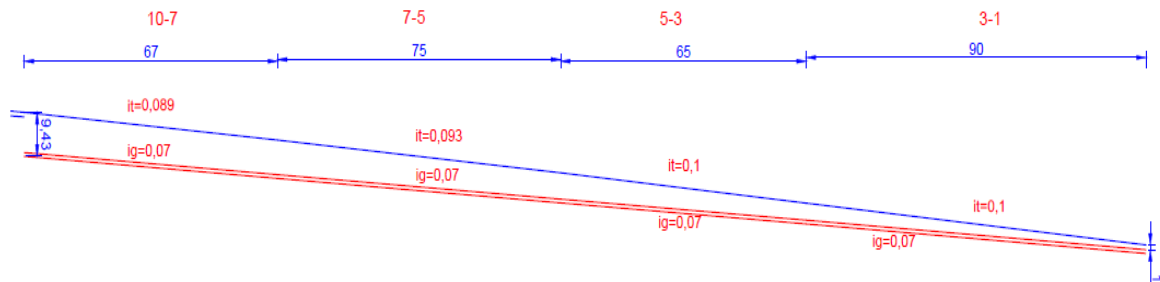
		DIMENSIONAMENTO GALERIA																	
Av. Trecho	L (m)	Cota (m)		IG	Q (m³/s)			Y/D	Q/Qo	Qp	φ m	φcom mm	Rhsp	R/Ro	Rh0,9	V (m/s)	Obs.		
		M	J		M	J	TOTAL												
Dr. José Justiniano dos Reis	39.38	67	923	918	0,07463	IG=It	0,0091		0,0091	0,9	1,066	0,009	0,097	400	0,1	1,2	0,0833	3,25742	ok
	38.36	67	918	913	0,07463	IG=It	0,1076		0,1076	0,9	1,066	0,101	0,226	400	0,1	1,2	0,0833	3,25742	ok
	36.34	75	913	906	0,09333	IG=It	0,1209	0,030	0,1507	0,9	1,066	0,141	0,246	400	0,1	1,2	0,0833	3,64287	ok
	34.30	67	906	900	0,08955	IG=It	0,3989	0,206	0,6046	0,9	1,066	0,567	0,417	500	0,125	1,2	0,1042	4,14067	ok
	30.27	67	900	894	0,08955	IG=It	0,5117	0,368	0,8800	0,9	1,066	0,826	0,485	500	0,125	1,2	0,1042	4,14067	ok
	27.23	67	894	890	0,0597	IG=It	0,6791	0,526	1,2051	0,9	1,066	1,13	0,588	600	0,15	1,2	0,125	3,8178	ok
	23.18	70	890	886	0,05714	IG=It	0,9534	0,700	1,6535	0,9	1,066	1,551	0,666	700	0,175	1,2	0,1458	4,13935	ok
	18.16	10	886	885	0,1	IG=It	1,2494		1,2494	0,9	1,066	1,172	0,538	700	0,175	1,2	0,1458	5,47585	
	16.13	70	885	881	0,05714	IG=It	1,4630	0,862	2,3254	0,9	1,066	2,181	0,755	800	0,2	1,2	0,1667	4,52474	ok
	13.10	75	881	876	0,06667	IG=It	1,6865	1,003	2,6895	0,9	1,066	2,523	0,773	800	0,2	1,2	0,1667	4,88728	ok
	10.7	67	876	870	0,08955	IG=It	1,8282	1,140	2,9687	0,9	1,066	2,785	0,759	800	0,2	1,2	0,1667	5,66436	
	7.5	75	870	863	0,09333	IG=It	1,9332	1,248	3,1808	0,9	1,066	2,984	0,772	800	0,2	1,2	0,1667	5,7827	
	5.3	65	863	856	0,10769	IG=It	2,0048	1,289	3,2939	0,9	1,066	3,09	0,762	800	0,2	1,2	0,1667	6,21162	
	3.1	90	856	847	0,1	IG=It	2,1073	1,327	3,4342	0,9	1,066	3,222	0,784	800	0,2	1,2	0,1667	5,98567	

Fonte: a autora (03/09/16).

Uma das possibilidades para correção da velocidade nesses trechos, seria impor uma declividade à galeria, partindo de jusante para montante, respeitando um recobrimento mínimo, Figura 11. A declividade máxima adotada para corrigir a velocidade foi de 0,07 m/m,

respeitando a velocidade máxima, de acordo com a literatura técnica pertinente, de 5 m/s, partindo de um recobrimento mínimo, de acordo com o diâmetro, de 1 m.

Figura 11 – Perfil da galeria para a declividade imposta e profundidade de escavação



Fonte: a autora (21/09/16).

O resultado obtido não foi satisfatório, pois com a declividade imposta aos trechos da galeria, sendo essa declividade a máxima para correção da velocidade, aumentou consideravelmente a profundidade de escavação, chegando a 9,43 m, sendo esse um fator que inviabiliza, seja tecnicamente, normativamente e economicamente, essa possibilidade.

Outra possibilidade é o aumento do diâmetro da tubulação. Adotar um diâmetro comercial acima para o trecho 18-16, e para os últimos 4 trechos da galeria, que de 800 mm passa a ser de 900 mm (vide Apêndice D). Sendo essa, a opção mais viável.

4.2.2.6 Poços de visita

Não foi identificado poços de visita no local, o dimensionamento dos mesmos partiu de especificações normativas e com base na literatura técnica pertinente ao assunto. O espaçamento máximo, de acordo com o padrão SUDECAP, Tabela 07, é em função do diâmetro da tubulação dos trechos da galeria.

Tabela 07 – Espaçamento máximo entre poços de visita

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

Fonte: SUDECAP, 2004, p.37.

A galeria possui 14 trechos, com comprimento médio dos trechos de 66 m. Seguindo o padrão, os tampões devem ter 60 cm de diâmetro. Nas mudanças de diâmetro e atendendo o que se recomenda serão necessários 9 poços de visita e 4 caixas de passagem (vide Apêndice E). Suas dimensões e pontos de locação estão representados na Tabela 08.

Tabela 08 – Locação, quantidade e dimensões dos poços de visita e caixas de passagem

Av.	Trecho	Caixa de passagem	Poço de visita	Dimensões (m)	
				Área	Altura
Dr. José Justiniano dos Reis	39		1	1,0x1,0	1,2
	36		1	1,0x1,0	1,2
	34	1		1,5x1,5	1,3
	27		1	1,0x1,0	1,4
	23	1		1,5x1,5	1,6
	18	1		1,5x1,5	1,6
	16		1	1,0x1,0	2
	13		1	1,0x1,0	2
	10	1		1,5x1,5	1,1
	7		1	1,0x1,0	2,1
	5		1	1,0x1,0	2,1
	3		1	1,0x1,0	2,1
	1		1	1,0x1,0	2,1

Fonte: a autora (22/09/16).

4.2.2.7 Volume de escavação

O volume de escavação foi calculado em função dos elementos que precisam ser modificados, como é o caso de alguns trechos da galeria, ou implantados no caso dos sarjetões, poços de visitas e de novas bocas de lobo.

a) Sarjetões:

Largura da rua: 10 m

Largura sarjetão: 1,20 m

Altura de escavação: 0,30 m

Número de sarjetões: 23

$$\text{Volume total de escavação} = 0,30 \times 10 \times 1,20 \times 23 = 82,8 \text{ m}^3$$

b) Bocas de lobo:

Trecho 39.38 margem direita:

Dimensões: 50 x 85 x 100 cm

Volume escavação = 0,425 m³

Trecho 38.36 margem direita:

Dimensões: 50 x 85 x 100 cm

Volume escavação = 0,425 m³

Trecho 16.13 margem esquerda:

Dimensões: 50 x 85 x 100 cm

Volume escavação = 0,425 m³

Trecho 3.1 margem esquerda:

Dimensões: 50 x 85 x 100 cm

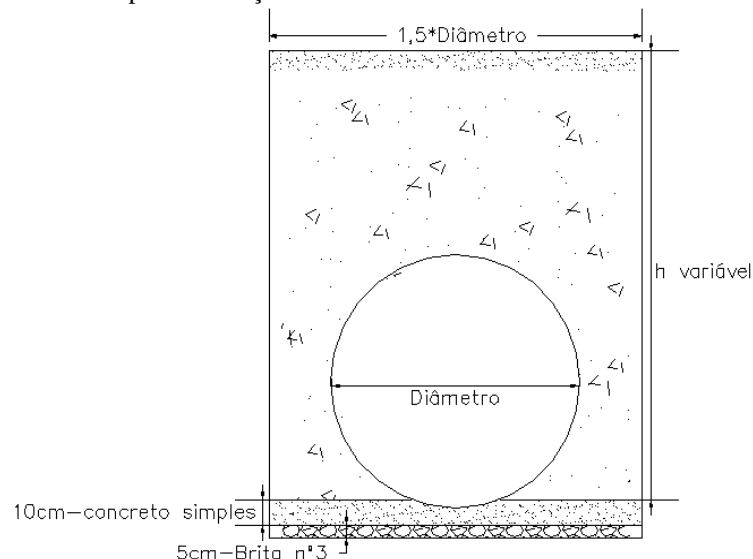
Volume escavação = 0,425 m³

Volume total de escavação para bocas de lobo = 1,70 m³

c) Galeria:

Para o cálculo do volume de escavação das galerias é necessário conhecer o diâmetro da tubulação, comprimento do trecho e qual espessura de base. Seguindo critérios normativos, as dimensões são representadas pela Figura 12.

Figura 12 – Detalhe transversal da galeria com as dimensões necessárias para escavação da vala



Fonte: a autora (22/09/16).

Trecho 18.16:

Diâmetro: 800 mm

Comprimento trecho: 10m

$$\begin{aligned} \text{Volume esc.} &= (h\text{variável} + \text{base}) * (1,5 * \text{diâmetro}) * \text{comprimento} = \\ &= (1,8+0,15)*1,2*10 = 23,4 \text{ m}^3 \end{aligned}$$

Trecho 10.7:

Diâmetro: 900 mm

Comprimento trecho: 67m

$$\begin{aligned} \text{Volume esc.} &= (h\text{variável} + \text{base}) * (1,5 * \text{diâmetro}) * \text{comprimento} = \\ &= (1,9+0,15)*1,35*67 = 185,42 \text{ m}^3 \end{aligned}$$

Trecho 7.5:

Diâmetro: 900 mm

Comprimento trecho: 75 m

$$\begin{aligned} \text{Volume esc.} &= (h\text{variável} + \text{base}) * (1,5 * \text{diâmetro}) * \text{comprimento} = \\ &= (1,9+0,15)*1,35*75 = 207,56 \text{ m}^3 \end{aligned}$$

Trecho 5.3:

Diâmetro: 900 mm

Comprimento trecho: 65 m

$$\begin{aligned} \text{Volume esc.} &= (h\text{variável} + \text{base}) * (1,5 * \text{diâmetro}) * \text{comprimento} = \\ &= (1,9+0,15)*1,35*65 = 179,88 \text{ m}^3 \end{aligned}$$

Trecho 3.1:

Diâmetro: 900 mm

Comprimento trecho: 90 m

$$\begin{aligned} \text{Volume esc.} &= (h\text{variável} + \text{base}) * (1,5 * \text{diâmetro}) * \text{comprimento} = \\ &= (1,9+0,15)*1,35*90 = 249,07 \text{ m}^3 \end{aligned}$$

Volume total de escavação galeria = 845,33 m³

d) Poços de visita e caixas de passagem:

Poço de visita 1:

Dimensões: 1,0 x 1,0 x 1,2 m

Volume escavação = 1,2 m³

Poço de visita 2:

Dimensões: 1,0 x 1,0 x 1,2 m

Volume escavação = 1,2 m³

Caixa de passagem 1:

Dimensões: 1,5 x 1,5 x 1,3 m

Volume escavação = 2,92 m³

Poço de visita 3:

Dimensões: 1,0 x 1,0 x 1,4 m

Volume escavação = 1,4 m³

Caixa de passagem 2 e 3:

Dimensões: 1,5 x 1,5 x 1,6 m

Volume escavação = 7,20 m³

Poço de visita 4:

Dimensões: 1,0 x 1,0 x 2 m

Volume escavação = 2 m³

Poço de visita 5:

Dimensões: 1,0 x 1,0 x 2 m

Volume escavação = 2 m³

Caixa de passagem 4:

Dimensões: 1,5 x 1,5 x 1,1 m

Volume escavação = 2,47 m³

Poço de visita 6:

Dimensões: 1,0 x 1,0 x 2,1 m

Volume escavação = 2,1 m³

Poço de visita 7:

Dimensões: 1,0 x 1,0 x 2,1 m

Volume escavação = 2,1 m³

Poço de visita 8:

Dimensões: 1,0 x 1,0 x 2,1 m

Volume escavação = 2,1 m³

Poço de visita 9:

Dimensões: 1,0 x 1,0 x 2,1 m

Volume escavação = 2,1 m³

Volume total de escavação poços de visita e caixas de passagem = 25,59 m³

O volume total de escavação de todos os elementos que deverão ser modificados ou implantados é 955,87 m³.

4.3 Especificações de materiais e serviços

As especificações de materiais e serviços são necessárias para a perfeita identificação dos materiais, equipamentos e serviços previstos no projeto de drenagem de águas pluviais. As especificações a seguir discriminam as características necessárias e suficientes ao desempenho requerido do projeto.

4.3.1 Materiais

- a) Base: o fundo escavado, de jusante para montante, deverá ser compactado mecanicamente até tornar-se regular e compacto. Sobre este será depositado lastro de brita nº 3 com espessura de 5 cm e, sobre este, um berço de concreto simples com espessura de 10 cm, que servirá de base para o assentamento das tubulações de concreto;
- b) Tubos de concreto: os tubos de concreto deverão ser do tipo e dimensões indicados no projeto e serão de encaixe tipo ponta e bolsa, devendo obedecer às especificações das normas vigentes. As classes de resistência previstas na NBR 8890/03 para tubos de concreto destinados à condução de águas pluviais são: PS1 e PS2 - para tubos de concreto simples (diâmetro de 200 mm a 600 mm); PA1, PA2, PA3 e PA4 - para tubos de concreto armado (diâmetro de 300 mm a 2.000 mm);
- c) Material de rejuntamento: o matéria de rejuntamento a ser empregado será argamassa de cimento e areia, devendo obedecer ao traço mínimo de 1:4, em massa;
- d) Material para construção de bocas de lobo, poços de visita e caixas de passagem: concreto simples com resistência mínima característica, aos 28 dias, de 15 MPa, concreto armado, aço CA-50, alvenaria com tijolos maciços cozidos e argamassa com traço 1:4;
- e) Grelhas: as grelhas para as bocas de lobo serão de ferro com dimensões especificadas em projeto;
- f) Tampões: os tampões para os poços de visita serão em ferro fundido. Seguindo o padrão, os tampões devem ter 66 cm de diâmetro.

4.3.2 Equipamentos

Os equipamentos necessários à execução dos serviços serão adequados aos locais de instalações das obras referidas, atendendo ao que dispõem as prescrições específicas para os serviços similares. Recomendam-se, no mínimo, os seguintes equipamentos:

- a) Caminhão basculante;
- b) Caminhão betoneira;
- c) Pá carregadeira;
- d) Rolo compactador;
- e) Retroescavadeira;

4.3.3 Serviços

4.3.3.1 Galerias

As escavações deverão ser executadas de acordo com as cotas e alinhamentos indicados no projeto e com a largura superando o diâmetro da canalização, adotada em projeto como sendo 1,5 o diâmetro da tubulação. O fundo das valas deverá ser compactado mecanicamente até seu nivelamento e compactação adequados.

As tubulações serão assentadas em berço de concreto simples, sendo este com espessura de 10 cm, e sub-base de lastro de brita nº 3, com espessura de 5 cm, lançados sobre o terreno natural. A resistência mínima à compressão do concreto simples, deverá ser, aos 28 dias, de 15 MPa. O mesmo é válido para as tubulações secundárias.

As juntas dos tubos serão preenchidas com argamassa de cimento e areias em traço 1:4, cuidando-se de remover toda a argamassa excedente no interior da tubulação. Os tubos terão suas bolsas assentadas no lado de montante para captar os deflúvios do sentido descendente das águas. O assentamento dos tubos deverá obedecer às cotas e ao alinhamento indicados no projeto.

Os parâmetros de classe e resistência das tubulações são previstas na NBR 8890/07. Depois da fixação das tubulações e deverá ser feito o reaterro, de preferência da própria escavação, em camadas com espessura máxima de 15 cm, sendo compactado com equipamento

manual até uma altura de 60 cm acima da geratriz superior da tubulação. Após essa altura, é feito a compactação mecânica.

4.3.3.2 Bocas de lobo

As escavações deverão ser feitas de acordo com as dimensões especificadas em projeto, adotando-se uma folga conveniente nas cavas de assentamento. Após a escavação, nivelamento e compactação para a fundação das bocas de lobo, deverão ser assentadas as bocas de lobo sobre a base de concreto dosado para a resistência característica à compressão mínima, aos 28 dias, de 15 MPa.

As paredes serão executadas com alvenaria de tijolo maciço recozido, assentes com argamassa no traço 1:4, sendo revestidas internamente com a mesma argamassa. A parte superior da alvenaria será fechada com uma cinta de concreto simples, dosado para a mesma resistência, sobre a qual será fixado o quadro para assentamento da grelha. A grelha será de ferro fundido. Suas dimensões e formas estão fixadas no projeto.

4.3.3.3 Poços de visita e caixas de passagem

Os poços serão assentados sobre a superfície resultante da escavação regularizada e compactada, executando-se o lastro de concreto magro dosado para resistência mínima característica à compressão, aos 28 dias, de 15 MPa. Após o lastro, será executado a laje de fundo que será em concreto armado, aço CA-50 e resistência mínima de 15 MPa. A alvenaria que será com tijolo maciço com argamassa no traço 1:4.

A laje de cobertura da caixa será pré-moldada, executada com concreto dosado para resistência à compressão, aos 28 dias, de 22 MPa, sendo esta provida de abertura circular com a dimensão da chaminé. Sobre a laje será instalada a chaminé de alvenaria com tijolos maciços recozidos. A escada será do tipo marinheiro, com degraus feitos de aço CA-25 de 16 mm de diâmetro, chumbados à alvenaria, distantes um do outro 30 cm. Na parte superior da chaminé será colocada a laje de redução, pré-moldada, para recebimento do pré-moldada. A instalação poço de visita será concluída com a colocação do tampão de ferro com diâmetro de 60 cm.

4.4 Quantitativos de projeto e estimativa de custo

A avaliação ou cálculo aproximado do custo da obra de drenagem de águas pluviais de trechos da Av. Dr. José Justiniano dos Reis, como implantação de bocas de lobo e substituição das tubulações de trechos da galeria, foram feitos a partir da identificação dos serviços necessários, quantidade e preço unitário de cada serviço. Para composição dos preços unitários de cada serviço, foi necessário consultar o Sistema Nacional de Pesquisa de Custos e Índices da Construção Civil (SINAPI). Os quantitativos de projeto e estimativa de custo direto estão expressos na Tabela 09.

Tabela 09 – Quantitativos de projeto e estimativa de custo direto

Obra: Av. Dr. José Justiniano dos Reis					
Item	Descrição	Unid.	Qtde	Preço Unitário (R\$)	Preço total (R\$)
1.0	PAVIMENTOS				
1.1	Demolição de revestimento asfáltico	m ²	419,2	13,48	5650,82
2.0	ESCAVAÇÃO				
2.1	Manual em valas em terra até 1,5m prof.	m ³	88,10	29,31	2582,21
2.2	Mecânica em valas com retro até 2,5m prof.	m ³	870,75	14,83	12913,22
3.0	REATERRO				
3.1	Reenchimento de valas com material local	m ³	654,96	8,66	5671,9536
4.0	TRANSPORTE DE MATERIAL				
4.1	Transporte com carga e descarga até 2km	m ³	365,87	8,30	3036,721
5.0	ESCORAMENTO				
5.1	Descontínuo	m ²	90	19,19	1727,1
6.0	BASE E SUB-BASE				
6.1	Concreto 25 MPa	m ³	57,2	266,77	15259,244
6.2	Concreto simples 15 MPa	m ³	72,85	482,20	35128,27
6.3	Lastro de brita nº 3	m ³	23,12	56,00	1294,72
7.0	LAJES E CHAMINÉS				
7.1	Concreto armado fck 22 MPa	m ³	1,8	1414,31	2545,758
7.2	Chaminé de concreto Φ 60 mm	m	4,8	105,42	506,016
8.0	TUBOS DE CONCRETO				
8.1	Tubo concreto poroso DN 300 mm	m	12	41,43	497,16

8.2	Tubo concreto armado, classe PA-3, PB, DN 800 mm, águas pluviais (NBR 8890)	m	10	203,05	2030,50
8.3	Tubo concreto armado, classe PA-3, PB, DN 900 mm, águas pluviais (NBR 8890)	m	297	277,84	82518,48
9.0	ASSENTAMENTO TUBOS DE CONCRETO				
9.1	Tubo concreto poroso DN 300 mm	m	12	11,85	142,20
9.2	Tubo concreto armado, classe PA-3, PB, DN 800 mm, águas pluviais (NBR 8890)	m	10	52,98	529,80
9.3	Tubo concreto armado, classe PA-3, PB, DN 900 mm, águas pluviais (NBR 8890)	m	297	79,77	23691,69
10.0	EXECUÇÃO DE POÇO DE VISITA				
10.1	Tipo "A" h <= 1,50m	und	9	618,49	5566,41
10.2	Metro adicional de PV tipo "A"	m	2,5	507,68	1269,20
11.0	EXECUÇÃO DE BOCA DE LOBO				
		und	4	352,76	1411,04
12.0	ALVENARIAS				
12.1	Alvenaria de tijolo maciço 15cm CI/AR	m ²	137,60	62,82	8644,032
13.0	REVESTIMENTOS				
13.1	Reboco argamassa CI/AR 1:4	m ²	137,60	15,00	2064,00
14.0	TAMPÕES, GRELHAS E ESCADAS				
14.1	Tampão fofo simples com base, classe B125 carga máx. 12,5 T, redondo tampa 600 mm, rede pluvial/esgoto	und	9	298,00	2682,00
14.2	Grelha fofo articulada 50 x 80 cm	und	4	145,30	581,20
14.3	Grelha fofo articulada 55 x 100 cm	und	2	165,50	331,00
14.4	Aço CA-25 de 16 mm	Kg	28,4	3,47	98,55
15.0	REMANEJAMENTOS				
15.1	Sinalização de valas	m	307	2,56	785,92
16.0	PAVIMENTAÇÃO				
16.1	Base de brita graduada; fornecimento, transporte e execução	m ³	83,84	93,00	7797,12
16.2	Imprimação com CM-30	m ²	419,20	4,50	1886,4
16.4	Capa em C.B.U.Q.; fornecimento, transp. e execução, camada com 4 cm	m ³	16,76	579,00	9704,04

TOTAL (R\$) 223.287,53

5 CONCLUSÃO

Para conclusão dos objetivos específicos apontados para desenvolvimento desse trabalho, todas as etapas foram rigorosamente cumpridas e avaliadas pelos seus resultados. A partir de conceitos técnicos e conhecimento sobre as características da área em estudo, foi possível avaliar todos os elementos que compõem o sistema, adotando critérios da literatura técnica pertinente ao assunto, e assim apresentar um novo projeto.

Os resultados apresentados das análises mostraram que no sistema atual, existem divergências quanto o posicionamento de algumas bocas de lobo e que o excesso de água no local durante as chuvas é resultado de uma drenagem ineficiente, causada por um conjunto de fatores, que juntos ocasionam falhas no sistema. São esses: falta de manutenção de bocas de lobo e sarjetas, inexistência de sarjetões para orientação e estreitamento da vazão, ausência de bocas de lobo em trechos que necessitam, e trechos onde o diâmetro da galeria se mostra insuficiente.

Algumas medidas preventivas podem contribuir para a atenuação do problema, como a desobstrução e manutenção das sarjetas e das bocas de lobo e educação da população acerca do correto gerenciamento dos seus resíduos. Para as próximas construções a maximização das áreas permeáveis, como áreas verdes e uma parcela permeável para lotes, pois outro fator que interfere no bom funcionamento do sistema é o excesso de áreas impermeabilizadas, causando a diminuição no tempo de concentração.

O projeto apresentado, com base nos resultados das análises, propõe alterações no atual sistema, mantendo os elementos que estão em conformidade para o correto funcionamento, sendo necessário apenas manutenção dos mesmos, e alteração, substituição e implantação de novos dispositivos de drenagem, reabilitando o sistema, vindo sanar os problemas existentes na avenida em estudo.

REFERÊNCIAS

- ADASA, Agência Reguladora de Águas, Energia e Saneamento Básico do Distrito Federal. **Importância da drenagem de águas pluviais.** Disponível em: <http://www.adasa.df.gov.br/index.php?option=com_content&view=article&id=849%3Adrenagem-de-aguas-pluviais-faca-a-sua-parte&catid=74&Itemid=316>. Acesso em 26 de março 2016.
- ASSOCIAÇÃO BRASILEIRA DE NORMAS TÉCNICAS. **NBR 8890/03:** Tubo de concreto de seção circular para águas pluviais e esgotos sanitários - Requisitos e métodos de ensaios. Rio de Janeiro/RJ: ABNT, 2003. 30 p.
- COLLISCHONN, Walter. **Introduzindo Hidrologia.** 5ª Ed. IPH UFRGS, 2008. 151 p.
- DNIT, Departamento Nacional de Infraestrutura de Transportes. **Manual de Hidrologia Básica para Estruturas de Drenagem.** 2ª Ed. Rio de Janeiro, 2005. 133 p.
- EVANGELISTA, Prof. Adão Wagner Pêgo. **Condutos livres.** Goiás: UFG, 2003. 11 p.
- FARIAS, Antônio Gil Augusto de. **Caracterização do Sistema de Drenagem na Área de Influência da Micro bacia do Arraio Monjolo, Foz do Iguaçu, PR.** Foz do Iguaçu: UDFC, 2008. 45 p.
- GLOBAL MAPPER.* Google. Disponível para download em: <<http://www.google.com.br/intl/pt-BR/earth/>>. Acesso em 16 de abril 2016.
- GOOGLE EARTH. Blue Marble Geographics.* Disponível para download em: <<http://www.bluemarblegeo.com/products/global-mapper.php>>. Acesso em 16 de abril 2016.
- GRIBBIN, John E. **Introdução à Hidráulica, Hidrologia e Gestão de Águas Pluviais.** Tradução 3ª Ed. Norte-americana em 2012. 494 p.
- IMADA, Rafael Guerreiro. **Práticas de Microdrenagem Sustentáveis para a Redução do Escoamento Superficial Urbano.** São Carlos/SP: Universidade de São Paulo, 2014. 122 p.
- KAMURA, Douglas Toshinobu et al. **Microdrenagem nas Grandes Cidades: problemas e soluções.** São Paulo/SP: Escola Politécnica da Universidade de São Paulo, 2006. 11 p.
- MOUTINHO, Vinicius de Mello. **Trabalho Final de Graduação Avaliação e Reabilitação de Redes de Microdrenagem.** Rio de Janeiro/RJ: UFRJ, 2011. 161 p.
- NETTO, José Martiniano de Azevedo. **Manual de Hidráulica.** 8ª Ed. São Paulo/SP. 1998, 669 p.
- NÓBREGA, Paulo Vinicius. **Capítulo IV - Sarjetas.** Disponível em: <<http://www.dec.ufcg.edu.br/saneamento/Dren04.html>>. Acesso em 28 de março 2016.
- PLÚVIO 2.1 - *Software.* Grupo de Pesquisa em Recursos Hídricos – GPRH da Universidade Federal de Viçosa - Disponível para download em: <<http://www.gprh.ufv.br/?area=software>>. Acesso em 19 de abril 2016.

SINAPI, Sistema Nacional de Pesquisa de Custos e Índices da Construção Civil. **Preços de Insumos e Custos de Composições**. Julho/2014.

SUDECAP, Superintendência de Desenvolvimento da Capital. **Drenagem Urbana**. Ed. Belo Horizonte. 1995, 137 p.

SUDECAP, Superintendência de Desenvolvimento da Capital. **Sistema de Microdrenagem**. Belo Horizonte/MG: Prefeitura Municipal de Belo Horizonte, 2004. 53 p.

TOMAZ, Plínio. **Cálculos Hidrológicos e Hidráulicos para Obras Municipais**. 2ª Ed. São Paulo: Navegar Editora 2011. 592 p.

TOMAZ, Plínio. **Curso de Manejo de Águas Pluviais: Capítulo 5 – Microdrenagem**. Guarulhos/SP, 2012. 100 p.

TUCCI, Carlos E. M. et al. **Drenagem Urbana**. 1ª Ed. Porto Alegre: UFRGS, 1995. 427 p.