

CENTRO UNIVERSITÁRIO DO SUL DE MINAS – UNIS/MG
ENGENHARIA CIVIL
LUIZ RICARDO GONÇALVES OLIVEIRA

PROPOSTA DE ADEQUAÇÃO DO SISTEMA DE MICRODRENAGEM NA
AVENIDA ZEQUINHA CÉSAR, NO MUNICÍPIO DE TRÊS CORAÇÕES – MG

Varginha
2018

LUIZ RICARDO GONÇALVES OLIVEIRA

**PROPOSTA DE ADEQUAÇÃO DO SISTEMA DE MICRODRENAGEM NA
AVENIDA ZEQUINHA CÉSAR, NO MUNICÍPIO DE TRÊS CORAÇÕES – MG**

Trabalho apresentado ao curso de Engenharia Civil do Centro Universitário do Sul de Minas (UNIS/MG) como pré-requisito para obtenção do grau de bacharel, sob orientação da Professora Esp. Luana Ferreira Mendes.

Varginha

2018

LUIZ RICARDO GONÇALVES OLIVEIRA

**PROPOSTA DE ADEQUAÇÃO DO SISTEMA DE MICRODRENAGEM NA
AVENIDA ZEQUINHA CÉSAR, NO MUNICÍPIO DE TRÊS CORAÇÕES – MG**

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

Aprovado em / /

Prof.^a Esp. Luana Ferreira Mendes (Orientadora)

Prof.^o

Prof.^o

AGRADECIMENTOS

Agradeço a DEUS, por ter me dado uma família tão importante. Uma vez me disseram que quando viemos a terra escolhemos nosso lar. Escolhi bem. Obrigado SENHOR. Agradeço também à professora Luana Ferreira Mendes, pela orientação no decorrer deste trabalho. Por fim agradeço a todos que contribuíram para esse trabalho.

“...a pior punição para o covarde e sua longa vida. Uma morte em pé, vale mais que uma vida inteira de joelhos. Lutem e lutem novamente, até que os cordeiros se tornem leões. ”

RESUMO

A ocupação desordenada e a crescente urbanização nas cidades, são fatores agravantes na impermeabilização das áreas urbanas. Aliado a este fator, tem-se a inexistência de projetos de drenagem urbana, trazendo transtornos e riscos para a população local. O grande problema dos projetos de drenagem urbana, embora seja um item básico e fundamental do planejamento urbano, são tratados de forma parcial e superficial, muitas vezes deixado de lado pela gestão pública. Os principais problemas relacionados a falta de projetos e diretrizes relacionados a drenagem urbana são: a erosão de pavimento, inundações, alagamentos de vias, carreamento de solo, manutenção inadequada dos sistemas de drenagem. Estes problemas se não tratados, podem trazer sérios riscos a população local. Na Avenida Zequinha César, localizada em Três Corações, tem-se erosão de sarjetas, carreamento de solo, acúmulo de água nas sarjetas e vias, vegetação invadindo e obstruindo sarjetas, erosão do pavimento urbano. Uma vez detectadas as causas, elaborou-se um projeto realizando o dimensionamento e implantação de meio fio; sarjetas; boca de lobo e galerias; dispositivos de microdrenagem que irão solucionar os problemas apontados neste estudo.

Palavras-chave: Sistema de microdrenagem, Drenagem urbana, Erosão.

ABSTRACT

Disorganized occupation and increasing urbanization in cities are aggravating factors in waterproofing urban areas. Allied to this factor, there is a lack of urban drainage projects, bringing disruptions and risks to the local population. The major problem of urban drainage projects, although it is a basic and fundamental item of urban planning, is treated in a partial and superficial way, often left aside by public management. The main problems related to the lack of projects and guidelines related to urban drainage are pavement erosion, flooding, flooding of roads, land transport, inadequate maintenance of drainage systems. These untreated problems can pose serious risks to the local population. At Zequinha César Avenue, located in Três Corações, there is erosion of gutters, soil transportation, water accumulation in gutters and roads, vegetation invading and obstructing gutters, erosion of urban pavement. Once the causes were detected, a project was carried out carrying out the dimensioning and implantation of half-wire; gutters; wolf's mouth and galleries; microdrainage devices that will solve the problems pointed out in this study.

Keywords: Microdrainage System. Urban Drainage. Erosion.

LISTA DE ILUSTRAÇÕES

Figura 01 - Mapa territorial da cidade de Três Corações	17
Figura 02 - Foto aérea da Avenida Zequinha César.	18
Figura 03 - Erosão de Pavimento.	19
Figura 04 - Boca de lobo obstruída por vegetação e resíduos sólidos.....	19
Figura 05 - Vegetação e erosão em sarjeta.	20
Figura 06 - Erosão em sarjeta.	20
Figura 07 - Vegetação e carreamento de solo obstruindo sarjeta.	21
Figura 08 - Trecho com ausência de sarjetas.....	22
Figura 09 - Desenho esquemático das dimensões da sarjeta.	28
Figura 10- Fatores de redução de escoamento das sarjetas.	30
Figura 11 - Fator de correção galerias.	34
Figura 12 - Corte transversal Sarjetão	37
Figura 13 - Área de Drenagem da Avenida Zequinha César.....	47
Figura 14 - Distância da cota mais alta a mais baixa.....	47
Figura 15 - Distância do maior percurso de água até o ponto crítico.....	48
Figura 16 - Divisão das sub-bacias da Avenida Zequinha César	48
Figura 17 - Parâmetros K, a, b, c do software “Plúvio”.	50
Figura 18 - Dimensões da boca de lobo.	64
Figura 19 – Sarjetão de concreto.	74

LISTA DE QUADROS

Quadro 01- Coeficientes de “ <i>Runoff</i> ”	24
Quadro 02 - Períodos de retorno para diferentes ocupações da área	26
Quadro 03 - Fatores de redução de capacidade de engolimento das bocas de lobo, pela sua localização.	32
Quadro 04- Espaçamentos dos poços de vista em metros.	33

LISTA DE TABELAS

Tabela 01 - Coeficientes de “ <i>Runoff</i> ”, para a Avenida Zequinha César.....	48
Tabela 02 - Comparativo intensidade de chuva.	50
Tabela 03 - Vazão para tempo de retorno de 10 anos (acumuladas).....	51
Tabela 04 - Declividade dos trechos da área de contribuição.	53
Tabela 05- Vazão de escoamento pluvial das sarjetas.....	60
Tabela 06- Velocidade de escoamento pluvial das sarjetas.....	63
Tabela 07 - Dimensões tubos de ligação.	69
Tabela 08 - Dimensões galerias.....	72
Tabela 09 - Dimensões dos poços de visita.....	73
Tabela 10 - Dimensões Calculadas dos sarjetões.	73
Tabela 11 - Estimativa de custo do sistema de microdrenagem.....	76

ABREVIACÕES

BDI – Benefícios e despesas indiretas

cm - Centímetros

DAAE/CETESB – Departamento de Águas e Energia Elétrica [e] Companhia de Tecnologia de Saneamento Ambiental

DEER-MG – Departamento Edificações e Estradas de Rodagem de Minas Gerais

DNIT – Departamento Nacional de Infra-Estrutura de Transportes

GPRH – Grupo de Pesquisa em Recursos Hídricos

IBGE – Instituto Brasileiro de Geografia e Estatística

IDF – Intensidade, duração e frequência

ha- Hectares

m/s – Metros por segundo

SETOP – Secretaria de Estado de Transportes e Obras Públicas

SINAPI - Sistema Nacional de Pesquisa de Custos e Índices da Construção Civil

SMDU/SP- Secretaria Municipal de Desenvolvimento Urbano, São Paulo (cidade)

SUDECAP – Superintendência de Desenvolvimento da Capital

TCU – Tribunal de Contas da União

UFV – Universidade Federal de Viçosa

SÚMARIO

1 INTRODUÇÃO	15
2 OBJETIVOS	16
2.1 Objetivo geral.....	16
2.2 Objetivos Específicos.....	16
3 DIAGNÓSTICO	17
3.1 Local de Estudo.....	17
3.2 Estudo de caso.....	18
3.3 Problemas da Avenida Zequinha César	18
4 PROJETO	23
4.1 Memorial Descritivo	23
4.2 Levantamento de dados	23
4.2.1 Área de drenagem bacia	23
4.2.2 Caracterização do local (coeficientes de “ <i>Runoff</i> ”).....	24
4.2.3 Intensidade de Chuva.....	25
4.2.4 Período de Retorno	26
4.2.5 Tempo de Concentração	26
4.2.6 Vazão de projeto atual	27
4.3 Obtenção dos parâmetros hidráulicos	28
4.3.1 Determinação da capacidade de escoamento pelas sarjetas	28
4.3.2 Verificação Velocidade de escoamento das sarjetas	30
4.3.3 Determinação da capacidade de engolimento das bocas de lobo	31
4.3.4 Poços de Visita	33
4.3.5 Dimensionamento Galerias e tubulações secundarias	33
4.3.6 Sarjetões	36
4.3.7 Disposição final	37
4.4 Especificações de serviços	38
4.4.1 Objetivo do projeto.....	38
4.4.2 Normas de execução.....	38
4.4.3 Placa da Obra.....	38

4.4.4	Limpeza inicial	38
4.4.5	Sinalização.....	38
4.4.6	Abertura de valas	39
4.4.7	Remoção de terra excedente	39
4.4.8	Escoramento da vala.....	39
4.4.9	Reenchimento da vala.....	40
4.4.10	Lastro fundo de vala	40
4.5	Especificações e controles tecnológicos dos dispositivos de drenagem urbana.....	40
4.5.1	Sarjetas	40
4.5.2	Sarjetão	41
4.5.3	Caixa bocas de lobo	41
4.5.4	Grelha	42
4.5.5	Tubos de concreto.....	43
4.5.6	Poços de visita do tipo (A, B, C)	44
4.5.7	Chaminé poço de visita	44
4.5.8	Tampão de ferro fundido	45
4.5.9	Caixas de Ligação tipo (A, B, C).....	46
5	MEMORIAL DE CÁLCULO	47
5.1	Caracterização da área de contribuição e caracterização de solo.....	47
5.1.1	Caracterização da área de contribuição	47
5.2.2	Caracterização do uso do solo (coeficiente de “ <i>Runoff</i> ”)	48
5.2	Intensidade de precipitação	49
5.2.1	Período de retorno	49
5.2.2	Tempo de concentração	49
5.3	Vazão de projeto	51
5.4	Dimensionamento dos dispositivos do sistema de microdrenagem.....	52
5.4.1	Sarjetas	52
5.4.2	Verificação da velocidade das sarjetas	60
5.4.3	Bocas de Lobo	63
5.4.4	Tubulações Secundarias	66
5.4.5	Galerias.....	70
5.4.6	Poços de Visita e caixa de ligação.....	73
5.4.7	Sarjetões	73

5.4.7 Disposição final	74
6 QUANTITATIVO E ORÇAMENTO	75
7 CONCLUSÃO.....	80
REFERÊNCIAS	81
ANEXO A – COEFICIENTE RUGOSIDADE DE MANNING	86
ANEXO B – CÁLCULO DO BDI ADOTADO	87
APÊNDICE A – DESENHO TÉCNICO	88

1 INTRODUÇÃO

A urbanização das cidades, trouxe muitos benefícios e desenvolvimento para a vida das pessoas. Porém o modo desordenado e intenso que a mesma foi implantada, desencadeou diversos problemas, principalmente os relacionados ao meio ambiente, recursos hídricos e a drenagem urbana.

A microdrenagem urbana, vem em auxílio, visando corrigir e eliminar totalmente, os danos causados pelas águas pluviais em determinado local.

O sistema de microdrenagem, abrange o conjunto de infraestruturas de um loteamento, projetado para coletar e conduzir o excesso de águas pluviais até o seu destino final, com o objetivo de reduzir riscos à população local, minimizando prejuízos ocasionados pelo mau escoamento das águas, favorecendo assim o desenvolvimento urbano de maneira sustentável.

De acordo com BOTELHO (2011, p.17), a implantação de um loteamento, causa diversos impactos ambientais; dentre eles a prática de retirar vegetação de um determinado lugar, fazer corte e aterros, para a abertura de vias urbana, alterando-se assim o fluxo das águas.

Para a elaboração de um projeto de drenagem de águas pluviais, devem ser consideradas as particularidades da área projetada, além de avaliar as adversidades futuras que interferem em cada projeto.

A Avenida Zequinha César é uma importante via de acesso do bairro Parque de Cícero, em Três Corações – MG que vem sofrendo com erosões de sarjetas, ausência de sarjetas em alguns trechos, acúmulo de vegetação e deterioração do pavimento, devido as chuvas torrenciais. Uma vez identificado a causa do problema (dispositivos de drenagem inadequados para a vazão de escoamento pluvial do local), fez-se necessário a elaboração de um novo projeto de drenagem urbana, a fim de sanar os problemas citados, trazendo conforto e segurança, tanto para os moradores locais, quanto para à prefeitura do município.

2 OBJETIVOS

2.1 Objetivo geral

Este trabalho tem por finalidade desenvolver um projeto de adequação do sistema de microdrenagem para a Avenida Zequinha César, no bairro Parque de Cícero, localizada no município de Três Corações, Minas Gerais.

2.2 Objetivos Específicos

- Caracterizar o local de estudo;
- Delimitar a bacia de contribuição;
- Realizar visitas “in loco” e cálculos de verificações para averiguação da eficiência dos dispositivos existentes;
- Verificar a existência de projetos relacionados a drenagem urbana na área de estudo;
- Propor um projeto de adequação do sistema de microdrenagem, para a área de estudo;
- Elaborar memorial descritivo e desenho técnico;
- Elaborar orçamento de custo de materiais para o projeto de readequação, proposto para a área de estudo;

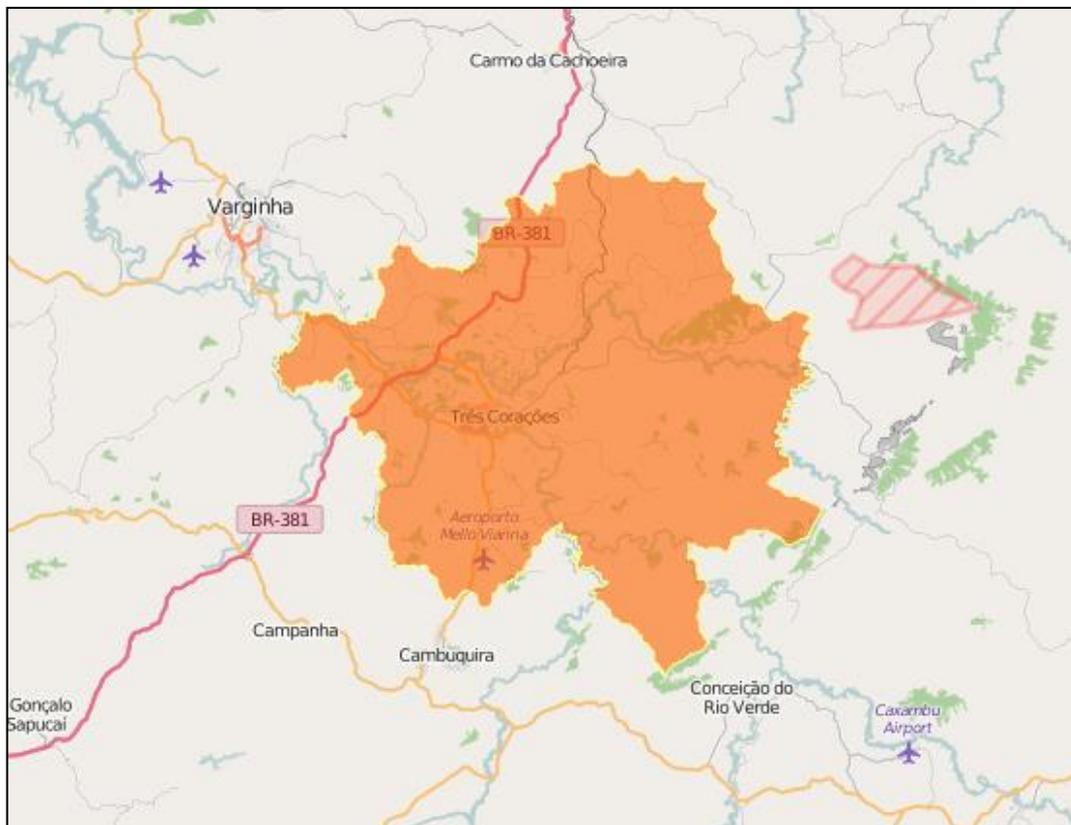
3 DIAGNÓSTICO

3.1 Local de Estudo

O local de estudo de caso deste trabalho se localiza na cidade de Três Corações, no Sul de Minas Gerais; e apresenta uma população estimativa de aproximadamente 78.999 habitantes (ano de 2017), distribuídos numa área de 828,038 km².(IBGE, 2018).

A figura 01 mostra o mapa territorial da cidade de Três Corações.

Figura 01 - Mapa territorial da cidade de Três Corações

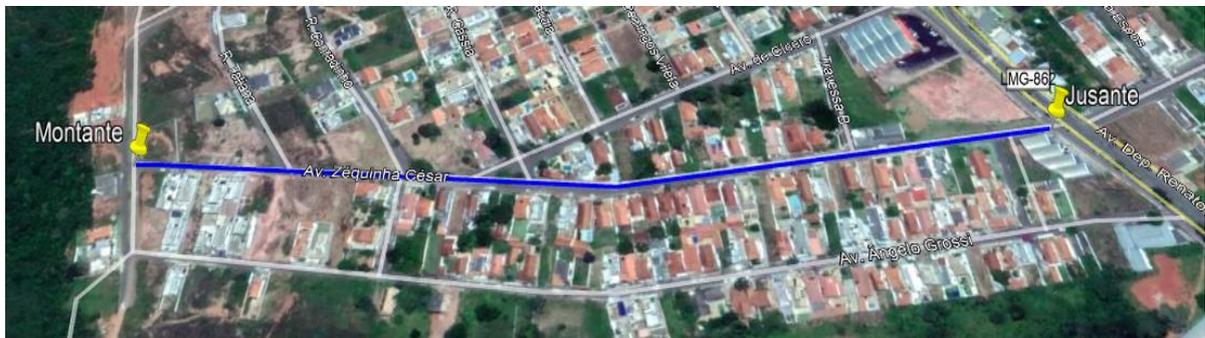


Fonte: (IBGE, 2016).

3.2 Estudo de caso

A área delimitada no município de Três Corações para este trabalho, fica localizada na Avenida Zequinha César, no bairro Parque de Cícero, e conta com uma extensão total de aproximadamente 710,55 metros de comprimento. As coordenadas a montante da avenida são “21° 40.447'S” de latitude e “45° 16.694'O” longitude. As coordenadas a jusante da avenida são “21° 40.429'S” de latitude e “45° 16.281'O” longitude. As coordenadas foram levantadas utilizando o software “*Google Earth*”. A figura 02 ilustra a localização da avenida em estudo.

Figura 02 - Foto aérea da Avenida Zequinha César.



Fonte: Adaptado (*Google Earth*, 2018).

De acordo com a PREFEITURA MUNICIPAL DE TRES CORAÇÕES, a Avenida Zequinha César, faz parte do loteamento Parque de Cícero, um bairro muito antigo, que foi criado, quando a prefeitura exigia o mínimo de infraestrutura. Portanto, de acordo com a mesma, ainda existem muitas ruas sem pavimentação, meio-fio, drenagem pluvial insuficiente, o que causa frequentemente alagamentos, com carreamento de solo nas vias de acesso ao município.

3.3 Problemas da Avenida Zequinha César

A Avenida Zequinha César, pertence ao bairro Parque de Cícero, no município de Três Corações. Dentre os principais problemas encontrados na Avenida Zequinha César, está o assoreamento de loteamentos baldios na mesma, sarjetas com vegetação, sarjetas quebradas, erosão de pavimento, acúmulo de poças de água nas sarjetas da via, e erosão de sarjetas na via. Nas figuras 03, 04, 05, 06, 07 e 08 temos amostras de alguns problemas, relacionados pela falta de um sistema de microdrenagem adequado na avenida.

Figura 03 - Erosão de Pavimento.



Fonte: Autoria própria.

Figura 04 - Boca de lobo obstruída por vegetação e resíduos sólidos.



Fonte: Autoria própria.

Figura 05 - Vegetação e erosão em sarjeta.



Fonte: Autorial própria.

Figura 06 - Erosão em sarjeta.



Fonte: Autorial própria.

Figura 07 - Vegetação e carreamento de solo obstruindo sarjeta.



Fonte: Autoria própria.

Figura 08 - Trecho com ausência de sarjetas.



Fonte: Autoria própria.

4 PROJETO

4.1 Memorial Descritivo

4.2 Levantamento de dados

O procedimento usado para adquirir as informações necessárias para caracterizar a bacia e o trecho em estudo é de extrema importância para poder avaliar se os dispositivos ali existentes estão sendo ou não suficiente para conduzir a vazão pluvial do local. Dentre os itens analisados estão:

- Área de drenagem da bacia
- Caracterização do local e seus coeficientes de Runoff
- Intensidade de Chuva
- Período de retorno
- Tempo de concentração
- Vazão de projeto
- Dimensionamento de Sarjetas
- Verificação de velocidade de escoamento
- Medições de sarjetas “*in loco*”
- Determinação da capacidade de engolimento das bocas de lobo
- Dimensionamento dos Poços de Visita
- Dimensionamento de galerias
- Dimensionamento de Sarjetões
- Verificação de projetos de Drenagem junto a Prefeitura Municipal

4.2.1 Área de drenagem bacia

Para a determinação da área de drenagem da bacia de contribuição, foi feita uma visita “*in loco*” no local, para identificar o fluxo das águas e com auxílios dos softwares “*Google Earth 7.3.1.4507*”, da empresa Google, que emite imagem por satélite; o “*Global Mapper 19.0.0*”, da empresa “*Blue Marble Geographics*”, que fornece os traçados das curvas de nível; e do software “*AutoCad 2018*” da empresa “*AutoDesk*”, para desenhar e quantificar as áreas do estudo de caso; o software “*Excel*” da empresa “*Microsoft*”, para automatização dos cálculos.

4.2.2 Caracterização do local (coeficientes de “Runoff”)

O local foi caracterizado após definir a área de drenagem, foi possível com auxílio do programa AutoCad e imagens de satélite definir as características da área de drenagem local. Com base nos programas auxiliares e em visitas “*in loco*”, foi possível dividir a área da seguinte forma:

- a) Edificação residencial;
- b) Vias pavimentadas;

Os valores para os coeficientes de “Runoff”, foram retirados do quadro 01 e o resultado final da equação 01.

Quadro 01- Coeficientes de “Runoff”.

DESCRIÇÃO DAS ÁREAS DAS BACIAS TRIBUTARIAS	COEFICIENTE DE DEFLUVIO “c”
Comercio:	
Áreas Centrais	0,70 a 0,95
Áreas da periferia do centro	0,50 a 0,70
Residencial:	
Áreas de uma única família	0,30 a 0,50
Multi-unidades, isoladas	0,40 a 0,60
Multi-unidades, ligadas	0,60 a 0,75
Residencial (suburbana)	0,25 a 0,40
Área de apartamentos	0,50 a 0,70
Industrial:	
Áreas leves	0,50 a 0,80
Áreas densas	0,60 a 0,90
Parques, cemitérios	0,10 a 0,25
Playgrounds	0,20 a 0,35
Pátios e espaço de serviços de estrada de ferro	0,20 a 0,40
Terrenos baldios	0,10 a 0,30
TIPO DE SUPERFICIE	COEFICIENTE DE DEFLUVIO “c”
Ruas	
Asfalto	0,70 a 0,95
Concreto	0,80 a 0,95
Tijolos	0,70 a 0,85
Trajeto de acesso a calçadas	0,75 a 0,85
Telhados	0,75 a 0,85
Gramados; solos arenosos:	
Plano 2%	0,05 a 0,10
Médio 2 a 7%	0,10 a 0,15
Íngreme 7%	0,15 a 0,20

Gramados; solo compacto:	
Plano, 2%	0,13 a 0,17
Médio, 2 a 7%	0,18 a 0,22
Íngreme, 7%	0,15 a 0,35

Fonte: Adaptado (DNIT, 2005, p.128-129).

A SMDU/SP (2012, p.53, vol.02) define que quando a bacia apresenta uma área de ocupação muito heterogênea é recomendável calcular o valor C para toda a bacia, pela média ponderada dos diversos valores de C, encontrados para cada ocupação específica. A equação 01 ilustra esse coeficiente.

$$C_m = \frac{1}{A} \sum C_i \times A_i \quad (01)$$

Onde:

C_m - Coeficiente médio de escoamento superficial

A - Área total da bacia de contribuição (m²)

C_i - Coeficiente de escoamento superficial correspondente à ocupação “i”

A_i - Área da bacia correspondente à ocupação “i” (m²)

4.2.3 Intensidade de Chuva

Para se obter os dados referentes a intensidade pluviométrica foi utilizado o software “Plúvio 2.1”, desenvolvido pelo Grupo de Pesquisa em Recursos Hídricos (GPRH), da universidade federal de Viçosa (UFV). O software disponibiliza os coeficientes k, a, b e c; que serão aplicados na equação 02, a equação IDF (intensidade, duração e frequência). Fornecendo assim a intensidade média máxima de precipitação para o local em estudo.

$$I = \frac{K \cdot T^a}{(t + b)^c} = mm/h \quad (02)$$

Onde:

I – Intensidade máxima média da precipitação;

T – Período de retorno em anos;

t – Precipitação em minutos;

K, a, b, c - Parâmetros relativos a localidade (extraídos do software “Plúvio 2.1”)

4.2.4 Período de Retorno

Para definição do período de retorno da área de drenagem, será utilizado período de retorno de 10 (dez), anos, estando dentro do limite indicado pela literatura que é de 2 (dois) a 10 (dez) anos para projetos de microdrenagem. Os valores do período de retorno para sistema de microdrenagem, podem ser consultados no quadro 02.

O quadro 02, define valores de período de retorno adotados no Brasil:

Quadro 02 - Períodos de retorno para diferentes ocupações da área.

Características do sistema	Tr (anos)
Microdrenagem	2 a 10
Macro drenagem	25 a 50
Grandes Corredores de tráfego e áreas vitais da cidade	100
Áreas onde se localizam instalações e edificações de uso estratégico, como hospitais, bombeiros, polícia, centros de controle de emergência, etc.	500
Quando a riscos de perdas de vidas humanas	100 (mínimo)

Fonte: Adaptado (SMDU/SP, 2012, vol.2, p.28).

4.2.5 Tempo de Concentração

Para se obter o tempo de concentração, foi utilizada a fórmula de George Ribeiro. Para chegar ao tempo de concentração, foi necessário obter os dados de declividade média da área de contribuição, resultado do levantamento topográfico auxiliado pelo programa “Global Mapper”, o comprimento percorrido pela água do divisor mais distante até a jusante da seção de estudo, a fração de cobertura vegetal existente no local, obtidos através de visitas “*in loco*” e com o auxílio do software “AutoCad” e “Google Earth”.

O tempo de concentração de uma determinada seção, é composto por duas parcelas, dado pela equação 03:

$$t_c = t_s + t_i$$

(03)

Onde:

t_c - Tempo de concentração em minutos

t_s - Tempo de escoamento Superficial (Dado pela equação de George Ribeiro).

t_i – Tempo concentração do trecho inicial (adota-se o valor de 10 minutos, para vias e sarjetas, TUCCI et al, 1995, p.90).

De acordo com a PREFEITURA DA CIDADE DO RIO DE JANEIRO (2010, p.6) e BOTELHO (2011, p.70), o tempo de escoamento superficial (t_s) pode ser obtido através da Equação de George Ribeiro, expressa pela equação 04.

$$t_s = \frac{16L}{(1,05 - 0,2 P)(100 \times Im)^{0,04}} \quad (04)$$

Onde:

t_s - Tempo de escoamento superficial (min);

L - Distância entre o ponto mais distante da área contribuinte ao ponto considerado (Km);

P - Porcentagem, da área da bacia coberta de vegetação (decimal);

Im - Declividade media do terreno ao longo do trecho L considerado (em m/m);

4.2.6 Vazão de projeto atual

Para a verificação da vazão de projeto da área de drenagem em estudo, foi utilizado o método racional TUCCI et al (1995), para a determinação da vazão de projeto de bacias com área de até 2 Km², utiliza-se o método racional, utilizando a equação 05.

$$Q = C. I. A \quad (05)$$

Onde:

Q - Vazão de pico

C - Coeficiente escoamento Superficial.

I – Intensidade de chuva (mm/h).

A – Área da bacia hidrográfica (m²).

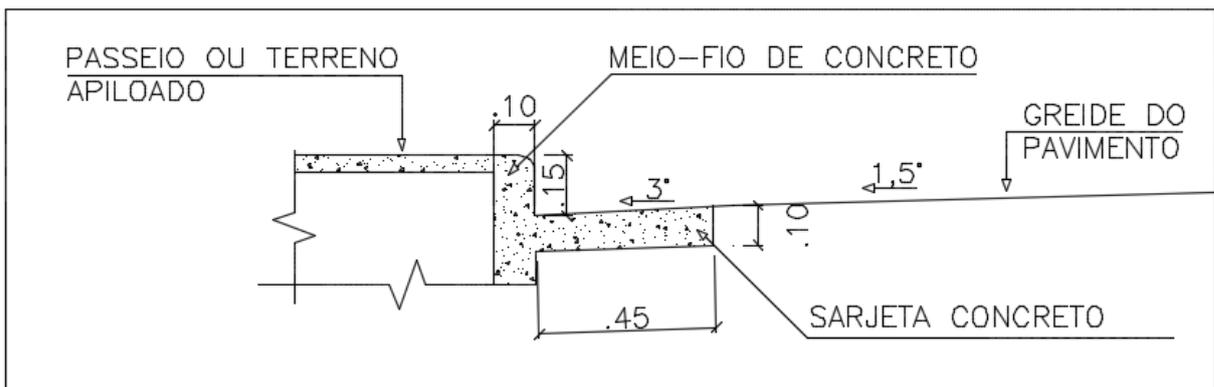
4.3 Obtenção dos parâmetros hidráulicos

Os critérios usados para o dimensionamento dos dispositivos de drenagem, foi primeiramente o aproveitamento dos dispositivos existentes quando possível. E após levantamento das áreas das sub-bacias, o sentido do fluxo das águas pluviais e os trechos. Foram utilizadas equações e metodologias conforme será apresentado a seguir.

4.3.1 Determinação da capacidade de escoamento pelas sarjetas

Para a dimensionamento das sarjetas, será realizada visita “*in loco*”, para medição da largura e altura da mesma, para o dimensionamento será considerado a equação 06, que é a equação usada para dimensionamento de sarjeta para pavimentos asfálticos, que é segundo DAAE/CETESB (1980), a equação de Manning, modificada por Izard. A sarjeta adotada em projeto tem as seguintes dimensões, altura de 15 cm (centímetros) de meio fio, as sarjetas com largura de 45 cm (centímetros) e declividade transversal adotada de 3% (três por cento). A inclinação transversal adotada para a avenida foi de 1,5% (um virgula cinco por cento) e para as ruas foi de 2% (dois por cento), ambas citadas por VASCONCELOS (2018). As dimensões da sarjeta estão de acordo com a figura 09 a seguir:

Figura 09 - Desenho esquemático das dimensões da sarjeta.



Fonte: Autoria própria.

Equação de dimensionamento de sarjetas.

$$Q = 0,375 x \left(\frac{z1}{n} * y0^{8/3} - \frac{z1}{n} * y1^{8/3} + \frac{z2}{n} * y1^{8/3} \right) * i^{0,5} \quad (06)$$

Onde:

Q - Vazão em (m³/s).

$z1$ - Inverso da inclinação transversal da sarjeta.

$z2$ - Inverso da inclinação transversal da via.

$y0$ - Altura da lamina d'água junto a guia que usualmente é 80% da altura do meio fio.

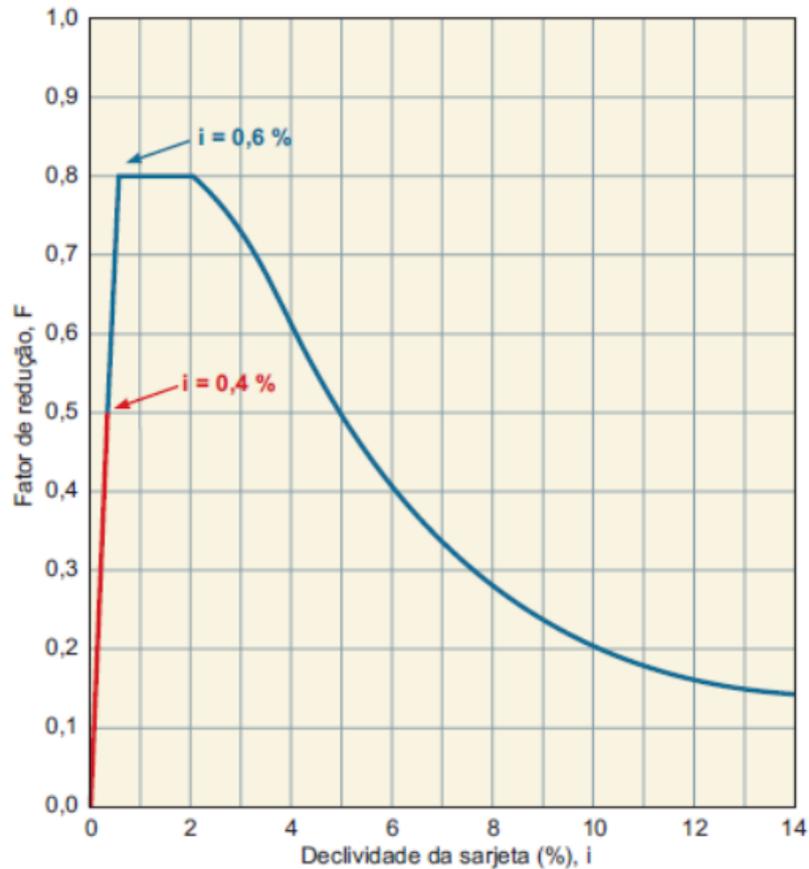
$y1$ - Calcula-se por: $y0 - (\text{inclinação da sarjeta} \times \text{largura da sarjeta})$

n - Coeficiente de rugosidade de Manning (Quadro 01 e 02 Anexo A).

i - Declividade longitudinal do trecho (m/m).

Para determinar o valor real da vazão de escoamento das sarjetas, foi usado os valores de correção de vazão de sarjetas de acordo com a declividade longitudinal, conforme figura 10 abaixo.

Figura 10- Fatores de redução de escoamento das sarjetas.



Fonte: DIOGO e SCIAMMARELLA (2008, p.79).

Com isto a vazão real da sarjeta é calculada pela equação 07:

$$q_{sreal} = q_{st} \times F \quad (07)$$

Onde:

q_{st} - Vazão teórica;

F - Fator de redução.

4.3.2 Verificação Velocidade de escoamento das sarjetas

A verificação de velocidade de escoamento das sarjetas da via em estudo, será utilizada a equação 08, de Izard (TOMAZ 2011, p.179). Para as velocidades de escoamento das sarjetas, será adotado o limite mínimo de 0,5 m/s e limite máximo de 3 m/s, conforme exposto por TOMAZ (2011, p.167), e PREFEITURA MUNICIPAL DO RIO DE JANEIRO (2010, p.21).

$$V = 0,958 \times \left(\frac{1}{Z^{\frac{1}{4}}}\right) \times \left(\frac{S^{0,5}}{n}\right)^{\frac{3}{4}} \times Q^{\frac{1}{4}} \quad (08)$$

Onde:

V - Velocidade da sarjeta (m/s).

Z - Declividade transversal da rua (m/m).

S - Declividade longitudinal da rua (m/m).

n - Coeficiente de rugosidade de Manning (Quadro 01 e 02 Anexo A).

Q - Vazão em (m³/s).

4.3.3 Determinação da capacidade de engolimento das bocas de lobo

As bocas de lobo serão do tipo grelha de ponto baixo e intermediária (quando necessário), foram dimensionadas para funcionarem como vertedouro de soleira livre, devido à altura da lâmina d'água (em torno de 80% da altura do meio fio). Foram colocadas nos trechos onde a sarjeta não tinha capacidade de conduzir as águas pluviais e onde não houvesse declividade longitudinal, para evitar pontos de alagamentos.

O modelo de boca de lobo tipo grelha, foi o escolhido por ser mais usual na região, onde a posição das barras escolhidas para o projeto foi a longitudinal (por apresentar maior eficiência de engolimento), as bocas de lobo, terão uma depressão de 3 cm (centímetros).

Para o DNIT (2006, p.289), o dimensionamento de bocas de lobo com grelha situados em pontos baixos das sarjetas, pode ser feito baseado nas experiências efetuadas pelo United States of Corps Engineers (Hidraulic Laboratory Report nº 54), que permitiram constatar que a grelha tem um funcionamento análogo ao de um vertedor de soleira livre.

Ainda de acordo com TUCCI et al (1995) as bocas de lobos apresentam os seguintes comportamentos:

- Uma boca de lobo com grelha pode funcionar como vertedouro de soleira livre desde que apresente profundidade de lâmina de água até 12 cm (doze centímetros) e um dos lados da grelha é adjacente da guia. A capacidade de engolimento dessa boca de lobo pode ser calculada através da equação 09.

$$Q = 1,7 \cdot P \cdot y^{\frac{3}{2}}$$

(09)

Onde:

Q- Vazão máxima esgotada pela boca de lobo, em m³/s.

P- Perímetro do orifício (em m).

y – Altura de água próxima a abertura, em m.

- Para profundidades de lâminas de água com altura maior que 42 cm (quarenta e dois centímetros) a vazão é calculada conforme a equação 10.

$$Q = 2,91 \cdot A \cdot y^{0,5} \quad (10)$$

Onde:

Q- Vazão máxima esgotada pela boca de lobo, em m³/s.

A- Área da grade, excluídas as áreas ocupadas pelas grades (em m²).

y – Altura de água próxima a abertura, em m.

Ainda, de acordo com DNIT (2006, p.289), para a faixa de transição situada, entre 12 e 42 cm, a escolha do y depende exclusivamente do projetista, e consequentemente, de sua experiência.

Para o cálculo de sua vazão de engolimento, foi utilizada a equação 09 e aplicado o fator de correção da vazão da boca de lobo, de acordo com o quadro 03.

Quadro 03 - Fatores de redução de capacidade de engolimento das bocas de lobo, pela sua localização.

Localização das Sarjetas	Tipo de boca-de-lobo	% permitida sobre o valor teórico
Ponto Baixo	Simples	80
Ponto Baixo	Com grelha	50
Ponto Baixo	Combinada	65
Ponto intermediário	Simples	80
Ponto intermediário	Grelha Longitudinal	60
Ponto intermediário	Grelha Transversal, ou longitudinal com barras transversais	50
Ponto intermediário	combinada	110 % dos valores indicados para a grelha correspondente

Fonte: Adaptado (DAAE/CETESB, 1980, p.291).

4.3.4 Poços de Visita

Os poços de visita foram locados apenas onde houvesse necessidade dos mesmos; no cruzamento de ruas, mudança de declividade, limite de espaçamento máximo entre poços de visita, diâmetro de galerias e ligação de bocas de lobo a galeria principal.

Suas dimensões foram definidas, conforme “Caderno de drenagem - Projetos Padrão”, fornecido pelo DEER-MG.

O espaçamento dos poços de visita, seguiram recomendações do DAAE/CETESB, conforme quadro 04.

Quadro 04- Espaços dos poços de vista em metros.

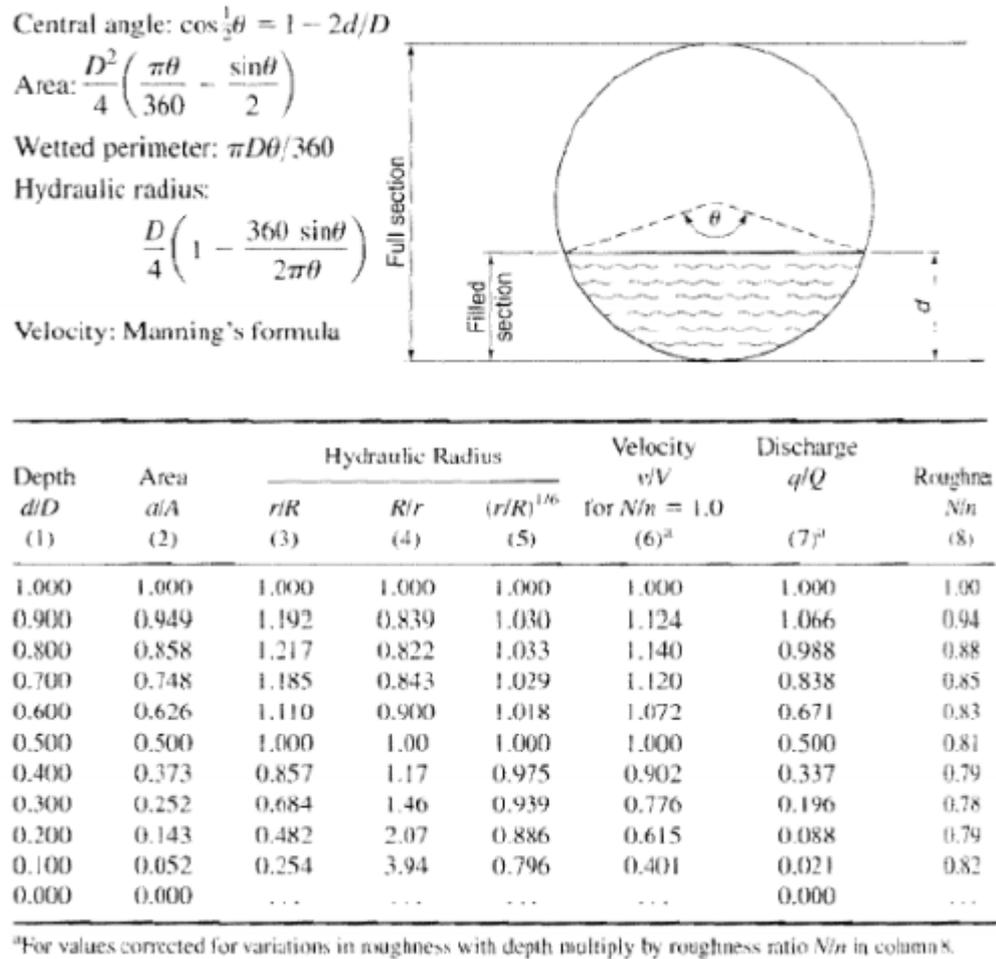
Diâmetro (ou altura do conduto em m)	Espaçamento máximo (m)
0,30	120
0,50 – 0,90	150
1,00 ou mais	180

Fonte: Adaptado (DAAE/CETESB, 1980, p.217).

4.3.5 Dimensionamento Galerias e tubulações secundarias

A seção escolhida foi a seção circular, por se a mais usual. A relação y/D adotado no projeto é de 0,80; sendo assim o fator de correção para a vazão da galeria e de 0,988, e o de correção do raio hidráulico de 1,217 (valores retirados da figura 11).

Figura 11 - Fator de correção galerias.



Fonte: VASCONCELOS (2018).

As galerias foram locadas através do cálculo das vazões excedentes das sarjetas. Uma vez conhecida a vazão a ser entubada, foi possível conhecer a vazão transportada pelas galerias.

Para os cálculos dos diâmetros das galerias, foram usadas as equações, 11,12 e 13. A velocidade das galerias, foi calculada de acordo com recomendações do DNIT, para velocidades mínimas e máximas. O diâmetro mínimo adotado também foi de acordo com recomendações do DNIT. O recobrimento mínimo das galerias foi de 1 m (um metro), conforme TOMAZ (2013, p.32).

Equação para fator de correção vazão de projeto:

$$Q_{gal} = \frac{Q_{exc}}{\text{Coeficiente}}$$

(11)

Com isso pode-se dimensionar o diâmetro comercial, após a aplicação do fator de correção, fazendo-se uso da equação da continuidade, de acordo com TUCCI et al (1995, p.99), conforme exposto na equação 12.

$$Q_{galeria} = \frac{\pi \cdot D^2}{4} \cdot \frac{D^{\frac{2}{3}}}{4^{\frac{2}{3}}} \cdot \frac{i^{0,5}}{n} \quad (m^3/s) \quad (12)$$

Onde:

D - Diâmetro mínimo da seção (em m).

Q_{gal} - Vazão a ser escoada pela galeria (em m³/s).

n - Coeficiente de rugosidade de Manning (Quadro 01 e 02 Anexo A).

i – Declividade do trecho, em m/m.

Após dimensionado o diâmetro comercial do trecho da galeria, deve se verificar a velocidade da galeria, utilizando se a equação de Manning, (EVANGELISTA, 2003, p.5), equação 13:

$$V = \left(\frac{1}{n}\right) \cdot RH^{\frac{2}{3}} \cdot i^{0,5} \quad (13)$$

Onde:

V - Velocidade (em m/s).

n - Coeficiente de rugosidade de Manning (Quadro 01 e 02 Anexo A).

i – Declividade do trecho, em m/m.

RH - Raio hidráulico, em que o Raio hidráulico e expresso por:

$$RH_{pleno} = \frac{\emptyset}{4}$$

$$RH_{d/D} = \frac{RH}{r/R}$$

Onde:

\emptyset - Diâmetro calculado da galeria.

r/R – Relação do raio hidráulico, em função da altura da lamina d'água, retirados da figura 08.

DNIT (2006, p.301), recomenda que a velocidade de escoamento das galerias, não seja superior a 4,5 m/s, devido à resistência a erosão do tubo de concreto, nem inferior a 1 m/s, visando facilitar sua autolimpeza.

O diâmetro mínimo tanto para os ramais de boca-de-lobo como para as galerias não deverá ser inferior a 0,40 m (DNIT 2006, p.301).

4.3.6 Sarjetões

Sarjetão é um canal triangular geralmente localizado em pontos baixos do greide da via pública ou nos seus cruzamentos, destinado a coletar e conduzir as águas pluviais até a boca de lobo ou outra sarjeta. (DAAE/CETESB 1980).

Segundo BOTELHO (2011, p.32), sarjetão são rasgos construídos de concreto ou paralelepípedo, construídos preferencialmente, transversais a rua de menor fluxo de veículos.

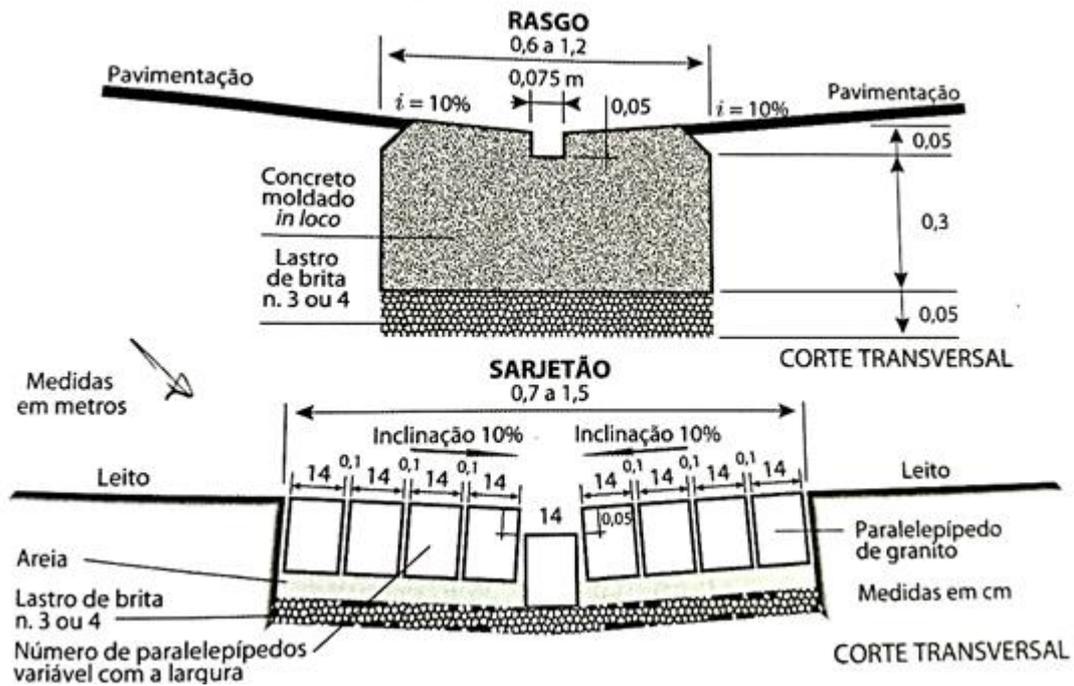
DAAE/CETESB (1980, p.264), os sarjetões são utilizados para cruzar superficialmente, descargas por ruas secundárias e eventualmente ruas principais.

De acordo com TUCCI et al (1995, p.78), os sarjetões são calhas localizadas nos cruzamentos das vias públicas, formadas pela sua própria pavimentação, destinado a orientar o fluxo das águas que escoam pela sarjeta.

TOMAZ (2013, p.25), afirma que o sarjetão pode ser calculado da mesma maneira que as sarjetas.

Na figura 12, temos um corte transversal, esquematizando um sarjetão.

Figura 12 - Corte transversal Sarjetão



Fonte: BOTELHO (2011, p.33).

4.3.7 Disposição final

A água drenada da avenida, será direcionada através de uma única galeria, calculada para a vazão final acumuladas das galerias ao longo dos trechos da avenida. A galeria instalada na avenida Deputado Renato Azeredo será verificada junto a prefeitura do município para averiguação do diâmetro instalado no local. Se a galeria instalada no local não comportar a vazão de escoamento das galerias da avenida, será calculado o diâmetro necessário para o devido escoamento das águas pluviais, fazendo-se assim a readequação dos diâmetros do sistema de microdrenagem existente no local.

4.4 Especificações de serviços

4.4.1 Objetivo do projeto

Este trabalho, tem por objetivo a elaboração de um projeto de correção, para o sistema de microdrenagem urbana, localizado na Avenida Zequinha César, no Bairro Parque de Cícero na cidade de Três Corações – MG.

4.4.2 Normas de execução

Deverão ser seguidas todas as normas e especificações da ABNT.

Todos os materiais a serem empregados na construção da rede coletora de águas pluviais deverão ser de primeira qualidade, atendendo as normas e técnicas e especificações deste memorial.

4.4.3 Placa da Obra

Será de responsabilidade da contratada providenciar o assentamento da placa da obra, conforme padrões da prefeitura municipal de Três Corações – MG.

4.4.4 Limpeza inicial

Ao iniciar a implantação do projeto de drenagem pluvial cabe a limpeza inicial das ruas, sendo retirado todo e qualquer obstáculo, e ou entulho que possam vir a interferir em sua execução, realizado com auxílio de equipamentos mecânicos de remoção e transportado ao local adequado para seu despejo.

4.4.5 Sinalização

A empresa contratada, ficará com a responsabilidade de colocação de placas de sinalização, inclusive noturnas, com a finalidade de alertar pedestres e tráfego de veículos, sobre possíveis riscos durante a execução da obra, sendo as mesmas quadradas, feitas de chapa de aço galvanizado com totalmente refletiva com lado mínimo de 0,45 m.

4.4.6 Abertura de valas

Para a construção da canalização de acordo com as cotas do projeto, sem distinção da qualidade do terreno, com distinção da rocha sã, a escavação será feita por processo manual ou mecânico que assegure além da regularidade do fundo da vala, “compatível com o perfil projetado”, a manutenção da espessura prevista para o lastro.

As valas referentes ao assentamento da tubulação deverão ser executadas por equipamentos mecânicos do tipo escavadeira hidráulica, obedecendo ao projeto construtivo, conforme recomendação técnica 1.47.c do DEER-MG. Na escavação deste projeto as valas serão escoradas com pranchões ou longarinas descontínuas de madeira eucalipto espessura de 2,5 cm, e largura de 20 cm. Para manter uma declividade constante em conformidade com a indicada nos projetos o fundo das valas será preparado, sendo apiloado, com regularização e lastro especificados no item 4.4.10.

4.4.7 Remoção de terra excedente

Toda a terra excedente, deverá ser removida para fora do canteiro de obras, sem distancia determinada, de maneira que ao final da obra o canteiro, se apresente limpo. Quando houver terra imprópria para o reaterro da vala, a juízo da fiscalização deverá a mesma ser removida para o bota fora e substituída por material de qualidade.

4.4.8 Escoramento da vala

Será feito de forma e com o material que a contratada escolher, como o mais eficiente e econômico, devendo o mesmo ser de qualidade e oferecer segurança aos colaboradores. Fica estabelecido que o escoramento será justificado pela construtora, que é responsável pela sua estabilidade e por danos que possam ocorrer às vias públicas percorridas, às canalizações subterrâneas de serviço público ou a terceiros, salvo casos especiais de força maior, de danos ou acidentes que claramente não possam ser atribuídos a defeitos de escoramento, tanto pelo sistema, como pelo estado de conservação que apresente.

O sistema de escoramento, deverá ser acompanhado e executado por um engenheiro de segurança do trabalho, ou outro profissional capacitado e habilitado junto aos órgãos competentes.

4.4.9 Reenchimento da vala

Será feito o apiloamento do material, em camadas de 20 cm (centímetros), por processo mecânico ou manual, por vias secas ou úmidas, desde que seja eficiente para a perfeita compactação de aterro dos lados e sobre a galeria construída.

4.4.10 Lastro fundo de vala

Sempre que necessário e o terreno do fundo da vala o exigir, deverá ser executado lastro de brita ou de concreto, para aumentar o suporte e a estabilização do fundo da vala, de acordo com as seguintes recomendações:

- a) Lastro de concreto traço 1:3:6, com largura da galeria, com mais de 40 cm (centímetros).
- b) Lastro de concreto, será executada uma camada de 6cm de concreto traço 1:3:6 e com largura da galeria prevista. O lastro deve ser adensado, sem prejuízo da declividade da tubulação, acompanhando a declividade do trecho executado.

4.5 Especificações e controles tecnológicos dos dispositivos de drenagem urbana

Estas especificações foram estabelecidas conforme o caderno de desenho do DEER-MG (Departamento Edificações e Estradas de Rodagem do Estado de Minas Gerais), conforme recomendação técnica RT-01.47c, e conforme recomendações do Caderno de encargos/ Superintendência de Desenvolvimento da Capital, (SUDECAP, 2008, capítulo 19).

4.5.1 Sarjetas

O concreto a ser utilizado deve ser constituído de cimento Portland, água e agregados, com resistência $F_{ck} = 15,0$ Mpa. O concreto para a constituição da sarjeta moldada “*in-loco*” deverá ter Slump baixo, compatível com o uso do equipamento extrusor. Após a passagem da máquina deverão ser induzidas juntas de retenção pelo enfraquecimento da seção com espaçamento de 3,0 m. As guias de madeira serão implantadas segundo a seção transversal e espaçadas de, no máximo, 2,0m. As juntas de dilatação das sarjetas serão preenchidas com argamassa 1:3 (cimento e areia) e concreto, respectivamente, na espessura de 2,5 cm.

Os materiais e misturas deverão ser submetidos aos ensaios previstos na referida norma da ABNT:

Concreto: NBR – 12655/06, NBR – 5739/80;

Agregados para concreto: NBR – 7211/05, NBR/NM – 26, NBR/NH – 248, e NBR/NM – 46;

Será medido em metro linear, estando incluído, a execução dos serviços e fornecimento dos materiais constantes nos quadros de consumo, bem como o transporte de todos os materiais até o canteiro de obras.

4.5.2 Sarjetão

O concreto a ser utilizado deve ser constituído de cimento Portland, água e agregados, com resistência $F_{ck} = 25,0$ Mpa. O terreno deverá ser regularizado e apilado. As juntas de dilatação dos sarjetões serão preenchidas com argamassa 1:3 (cimento e areia), na espessura de 2,5 cm. O terreno de fundação deverá ser regularizado e apilado manualmente. A inclinação dos sarjetões será de 10% (dez por cento) e espessura de 30 cm (centímetros).

Os materiais e misturas deverão ser submetidos aos ensaios previstos na referida norma da ABNT:

Concreto: NBR – 12655/06, NBR – 5739/80;

Agregados para concreto: NBR – 7211/05, NBR/NM – 26, NBR/NH – 248, e NBR/NM – 46;

Será medido em metro linear, estando incluído, a execução dos serviços e fornecimento dos materiais constantes nos quadros de consumo, bem como o transporte de todos os materiais até o canteiro de obras.

4.5.3 Caixa bocas de lobo

O concreto a ser utilizado deve ser constituído de cimento Portland, água e agregados, com resistência $F_{ck} = 15$ Mpa. As armaduras devem ser de aço CA 50. O recobrimento mínimo da armadura deverá ser de 2,50 cm. A alvenaria será constituída de tijolo maciço (5cm x 10cm x 40cm) ou bloco de concreto (20cm x 20cm x 40cm) rejuntados e revestidos com argamassa traço 1:3.

As caixas “bocas de lobo” serão construídas com três paredes simples e uma dupla (frontal). A operação de preparo do local e construção das caixas se dará pela seguinte forma:

primeiro será realizado a escavação e remoção do material de forma a comportar a “boca de lobo” prevista, execução das paredes em alvenaria, assentados com argamassa cimento e areia, traço 1:3, conectando-a a rede condutora e ajustando os tubos de entrada e/ou saída á alvenaria executada, através de rejunte com argamassa. As caixas coletoras serão executadas sobre a geratriz inferior da tubulação e terão o comprimento e a profundidade conforme as características de desenho do projeto, sendo medidas de acordo com o tipo empregado, e determinação do número de unidades executadas.

Os materiais e misturas deverão ser submetidos aos ensaios previstos na referida norma da ABNT:

Concreto: NBR – 12655/06, NBR – 5739/80;

Agregados para concreto: NBR – 7211/05, NBR/NM – 26, NBR/NH – 248, e NBR/NM – 46;

Tijolos maciços: NBR – 6460/01;

Armaduras: NBR – ISO 6892, NBR – 7480/96, NBR – 6153/88, NBR – 7477/82, e NBR – 7478/82.

Será medido em unidade, estando incluído, a execução dos serviços e fornecimento dos materiais constantes nos quadros de consumo, bem como o transporte de todos os materiais até o canteiro de obras.

4.5.4 Grelha

As grelhas para boca de lobo serão em ferro fundido nodular (dúctil), classe CL250 kN, com travamento automático, seguindo requisitos de classificação e métodos de ensaios, prescritos na norma. A peças deveram satisfazer as dimensões previstos no projeto de drenagem urbana. As peças deveram ser garantidas pelo fabricante até 6 meses contra defeitos não detectados quando da aceitação.

Só serão aceitas grelhas com as seguintes especificações:

Norma ABNT-NBR 10160, material empregado na fabricação classe C250, nome e marca do fabricante.

Será medido em unidade, estando incluído, a execução dos serviços e fornecimento dos materiais constantes nos quadros de consumo, bem como o transporte de todos os materiais até o canteiro de obras.

As medidas de comprimento e largura das grelhas, deveram estar de acordo com os desenhos do projeto de drenagem urbana.

4.5.5 Tubos de concreto

A tubulação será de seção circular constituída por tubos de concreto armado, pré-moldados, com armadura do tipo CA 50, tipo ponta e bolsa, com diâmetro mínimo de 0,40 m para as galerias principais e os tubos de ligação das bocas de lobo aos poços de visita, obedecendo na sua fabricação, as prescrições da ABNT. O concreto do berço deverá ser de cimento Portland, agregados e água, com resistência $F_{ck} = 9 \text{ Mpa}$, traço 1:3:6 (cimento, areia e brita). Os tubos deverão ser rejuntados externa e internamente com argamassa aditivada, no traço 1:3 de cimento e areia média e impermeabilizante. A declividade do tubo deverá ser de no mínimo de 1%. Evita-se no assentamento dos tubos de corte dos mesmos, sendo recomendável a mudança de posição de caixas e poços de visita, sempre que possa vir a ocorrer. Para o assentamento e colocação dos tubos é necessário a utilização de maquinário hidráulico para que os tubos sejam descidos, sendo perfeitamente nivelados e alinhados. Antes da execução das juntas, estes serão conferidos evitando que a ponta do tubo esteja descentralizada em relação a bolsa. Caso os tubos apresentem algum defeito de fabricação, não serão utilizados ou com problemas de encaixe.

As especificações do lastro para assentamento no fundo de vala, deverão seguir os desenhos do projeto executivo.

Os materiais e misturas deverão ser submetidos aos ensaios previstos na referida norma da ABNT:

Concreto: NBR – 12655/06, NBR – 5739/80;

Agregados para concreto: NBR – 7211/05, NBR/NM – 26, NBR/NH – 248, e NBR/NM – 46;

Tubos de concreto: NBR-8890/07.

Será medido em metro linear, estando incluído, a execução dos serviços e fornecimento dos materiais constantes nos quadros de consumo, bem como o transporte de todos os materiais até o canteiro de obras exceto escavação e reaterro.

4.5.6 Poços de visita do tipo (A, B, C)

O concreto a ser utilizado deve ser constituído de cimento Portland, água e agregados, com resistência $F_{ck} = 15,0$ Mpa. As armaduras são da tampa da caixa e devem ser de aço CA-50 ou CA-60. As formas deverão ser constituídas de chapa de compensado resinado travados de forma a proporcionar paredes lisas e sem deformações. O espaçamento entre os PV's deverá ser consultado no desenho técnico.

Os materiais e misturas deverão ser submetidos aos ensaios previstos na referida norma da ABNT:

Concreto: NBR – 12655/06, NBR – 5739/80;

Agregados para concreto: NBR – 7211/05, NBR/NM – 26, NBR/NH – 248, e NBR/NM – 46;

Armaduras: NBR – ISO 6892, NBR – 7480/96, NBR – 6153/88, NBR – 6598/84 NBR – 7477/82, e NBR – 7478/82.

Será medido em unidade, estando incluído, a execução dos serviços e fornecimento dos materiais constantes nos quadros de consumo, bem como o transporte de todos os materiais até o canteiro de obras.

4.5.7 Chaminé poço de visita

O concreto a ser utilizado (tampa, caixa e calha) deve ser constituído de cimento Portland, água e agregados, com resistência $F_{ck} = 15,0$ Mpa. As armaduras devem ser de aço CA-50 ou CA-60. O aço utilizado na escada de marinho é o CA-25. A alvenaria de tijolos de tijolos requemados, 1º categoria espessura de 0,20 m. A argamassa da composição de revestimento da alvenaria do revestimento interno e para assentamento dos tijolos será constituído no traço 1:3. A laje de redução será fabricada e curada por processos que assegurem a obtenção de concreto homogêneo, compacto e de bom acabamento. O recobrimento da armadura da tampa é de 11 cm, conforme desenho técnico, em conformidade com a recomendação técnica 1.47.c do DEER-MG.

Os materiais e misturas deverão ser submetidos aos ensaios previstos na referida norma da ABNT:

Tijolos maciços: NBR – 6460/01.

Concreto: NBR – 12655/06, NBR – 5739/80;

Agregados para concreto: NBR – 7211/05, NBR/NM – 26, NBR/NH – 248, e NBR/NM – 46;

Armaduras: NBR – ISO 6892, NBR – 7480/96, NBR – 6153/88, NBR – 6598/84 NBR – 7477/82, e NBR – 7478/82.

Será medido em unidade, estando incluído, a execução dos serviços e fornecimento dos materiais constantes nos quadros de consumo, bem como o transporte de todos os materiais até o canteiro de obras.

4.5.8 Tampão de ferro fundido

O tampão será de ferro fundido cinzento, devendo apresentar textura compacta e granulação homogênea. A tampa deverá ter 4 (quatro) furos. O tampão deverá ser articulado. Nenhum defeito ou imperfeição poderá ser retocado ou corrigido por qualquer processo. Na tampa deverá ser escrita ``Águas Pluviais - Ano`` com, no mínimo, 25 (vinte e cinco) milímetros de altura. As tampas deverão ser providas de alças que permitam seu levantamento de forma fácil e segura. As peças deverão ser dimensionadas para resistirem a ação do trem tipo brasileiro rodoviário TB-36.

As peças de ferro fundido cinzento deverão satisfazer as condições estabelecidas na norma 84 NBR – 6598/84. Os tampões de ferro fundido deverão ser submetidos ao ensaio de resistência a compressão descrito a seguir:

A aparelhagem deverá ser provida de dispositivo que permita a elevação da carga de modo contínuo, sem golpes com velocidade constante de 6000Kg/min;

O tampão deverá ser assentado, horizontalmente, sobre uma mesa plana e rígida, nivelada e indeformável;

A carga será aplicada no centro do tampão por intermédio de um disco de aço de 200mm de diâmetro e 50mm de espessura à velocidade de 6000Kg/min;

Nenhuma peça deverá trincar ou romper com carga inferior a 9000Kgf.

Deverá ser colhida amostras ao acaso para analisar a qualidade dos lotes de peças conforme tabela no desenho técnico. Peças aprovadas, mas, que apresentaram defeitos nos 6 (seis) primeiros meses de uso, deverão ser repostas.

Será medido em unidade, estando incluído, a execução dos serviços e fornecimento dos materiais constantes nos quadros de consumo, bem como o transporte de todos os materiais até o canteiro de obras.

4.5.9 Caixas de Ligação tipo (A, B, C)

O concreto a ser utilizado (tampa, caixa e calha) deve ser constituído de cimento Portland, água e agregados, com resistência $F_{ck} = 15,0$ Mpa. As armaduras devem ser de aço CA-50 ou CA-60. As formas deverão ser constituídas de chapa de compensado resinado travados de forma a proporcionar paredes lisas e sem deformações. O recobrimento da armadura da tampa é de 2,5 cm.

Os materiais e misturas deverão ser submetidos aos ensaios previstos na referida norma da ABNT:

Concreto: NBR – 12655/06, NBR – 5739/80;

Agregados para concreto: NBR – 7211/05, NBR/NM – 26, NBR/NH – 248, e NBR/NM – 46;

Armaduras: NBR – ISO 6892, NBR – 7480/96, NBR – 6153/88, NBR – 6598/84 NBR – 7477/82, e NBR – 7478/82.

Será medido em unidade, estando incluído, a execução dos serviços e fornecimento dos materiais constantes nos quadros de consumo, bem como o transporte de todos os materiais até o canteiro de obras.

5 MEMORIAL DE CÁLCULO

5.1 Caracterização da área de contribuição e caracterização de solo

5.1.1 Caracterização da área de contribuição

A bacia de contribuição da Avenida Zequinha César foi delimitada através de cristas de curvas de nível, feita com curvas de nível obtidas com os auxílios dos programas “*Global Mapper 19.0.0*” “*Google Earth 7.3.1.4507*” e “*AutoCad 2018*”. A área de contribuição comporta uma área total de 62490,40 m². Conforme figura 13.

Figura 13 - Área de Drenagem da Avenida Zequinha César



Fonte: Autoria própria.

A distância do ponto mais alto da bacia a cota 925,78 e o ponto mais baixo a cota 863,80 em linha reta e de 704,14 (setecentos e quatro, quatorze), conforme figura 14.

Figura 14 - Distância da cota mais alta a mais baixa.



Fonte: Autoria própria.

A distância do maior percurso de água até o ponto crítico em análise e de 760,27 (setecentos e sessenta, vinte sete) metros. Conforme figura 15.

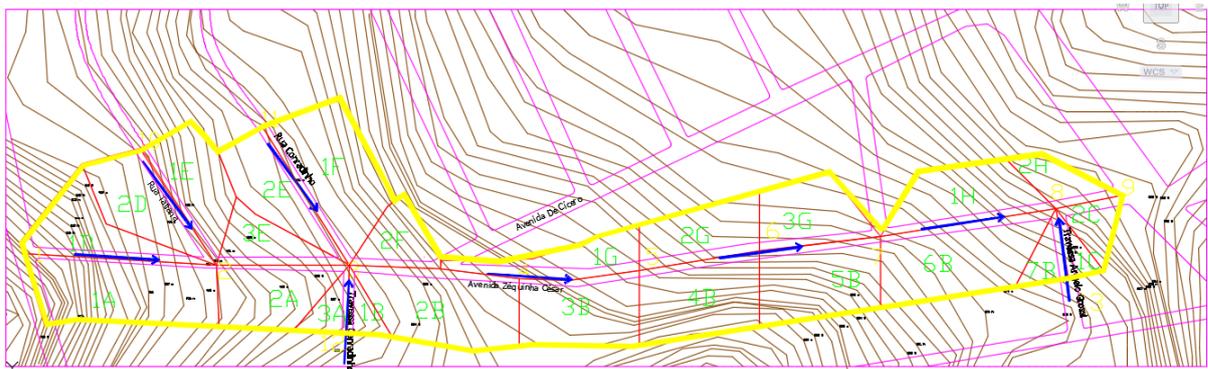
Figura 15 - Distância do maior percurso de água até o ponto crítico.



Fonte: Autoria própria.

A divisão dos trechos e sub-bacias da Avenida Zequinha César são ilustrados na figura 16 abaixo.

Figura 16 - Divisão das sub-bacias da Avenida Zequinha César



Fonte: Autoria própria.

5.2.2 Caracterização do uso do solo (coeficiente de “Runoff”)

Com a área de drenagem levantada, encontra-se os coeficientes de “Runoff”, definidos no quadro abaixo. Os valores de coeficientes de “Runoff”, foram extraídos do quadro 01. Conforme tabela 01.

Tabela 01 - Coeficientes de “Runoff”, para a Avenida Zequinha César.

	Área (m ²)	%	C (DNIT)
Área total bacia	62490,40	100,00	
Pavimento	13405,21	21,45	0,95
Área residencial	49085,19	78,55	0,6

Fonte: Autoria própria.

Assim, pode-se aplicar a equação 01, para se encontrar o coeficiente de “*Runoff*” médio da bacia de estudo.

$$C_m = [(13405,21 * 0,95) + (49085,19 * 0,60)]/62490,40 = 0,675$$

5.2 Intensidade de precipitação

5.2.1 Período de retorno

Para período de retorno, foram adotados valores referentes de 10 (dez) anos, referentes a obras de microdrenagem.

5.2.2 Tempo de concentração

Para calcular o tempo de concentração, foi usada a equação de George Ribeiro, para determinar o tempo de concentração da área de drenagem.

Declividade média do curso d’água:

$$I_m = \frac{925,78 - 863,80}{704,14} = 0,088 \text{ m/m}$$

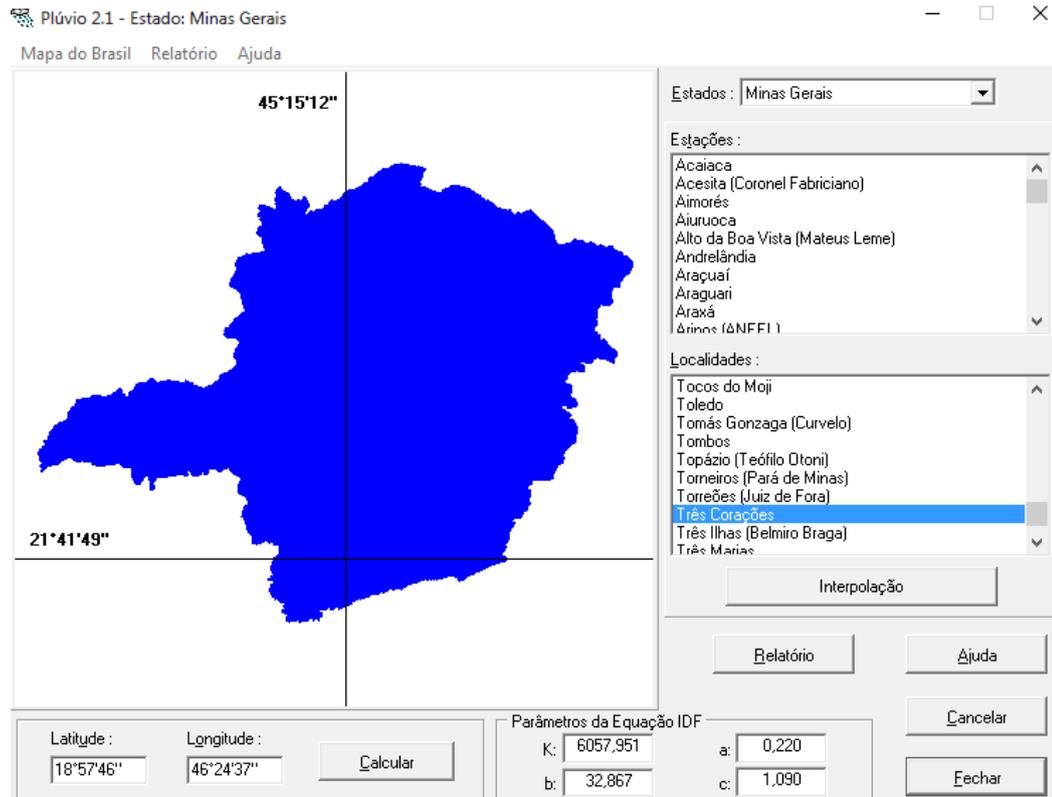
$$t_s = \frac{16 * 0,76027}{(1,05 - 0,2 * 0)(100 * 0,088)^{0,04}} = 10,62 \text{ min}$$

Com o tempo de escoamento definido pela equação de George Ribeiro, determina-se o tempo de concentração:

$$t_c = 10,62 + 10 = 20,62 \text{ min}$$

Por fim, foi necessário consultar o software “*Plúvio 2.1*”, que disponibilizou os coeficientes necessários para cálculo da intensidade pluviométrica. A figura 17 abaixo mostra os dados usados para se realizar o cálculo da intensidade pluviométrica, para a cidade de Três Corações.

Figura 17 - Parâmetros K, a, b, c do software “Plúvio”.



Fonte: Adaptado (“Plúvio”).

Para TR = 10 anos:

$$I = \frac{6057,951 \cdot 10^{0,220}}{(20,62 + 32,867)^{1,090}} = 131,38 \frac{mm}{h} = 0,00003649 m^3/s$$

Intensidade pluviométrica, para tempo de retorno de 10 anos. Conforme tabela 02.

Tabela 02 - Comparativo intensidade de chuva.

Tempo de retorno (anos)	Intensidade de chuva (m ³ /s)
10	0,00003649

Fonte: Autoria própria.

5.3 Vazão de projeto

Para a vazão de projeto, usou-se o método racional, pelo fato da área de drenagem ser menor que 2 km².

Assim, pode-se calcular a vazão para cada trecho da bacia em estudo. Será adotado tempo de retorno de 10 (dez) anos, para sistemas de microdrenagem urbana.

Para Tempo Retorno 10 anos:

$$Q = 0,675 * 0,00003649 * \text{Área}_{\text{bacia}} = (2,46 * 10^{-5} * \text{Área}_{\text{contribuição}}) \text{ m}^3/\text{s}$$

Foi feito a vazão para tempo de retorno de 10(anos), conforme tabela 03, abaixo:

Tabela 03 - Vazão para tempo de retorno de 10 anos (acumuladas).

Rua	Trecho	Contribuição		Vazão (m ³ /s)	
		Margem Esquerda	Margem Direita	Margem Esquerda	Margem Direita
Avenida Zequinha César	1 & 2	3291.69	4603.46	0,081	0,113
	2 & 3	11038.08	7536.25	0,271	0,185
	3 & 4	19631,66	13191,72	0,483	0,325
	4 & 5	21338,37	17768,3	0,525	0,438
	5 & 6	23146,9	20390,14	0,570	0,501
	6 & 7	26997,35	24001,29	0,664	0,590
	7 & 8	30321,47	28569,6	0,745	0,702
	8 & 9	31571,74	30918,68	0,776	0,761
Rua Tatiana	10 & 2	2804,9	2917,4	0,069	0,072
Rua Conradinho	11 & 3	4814,97	2889,61	0,119	0,071
Travessa Conradinho	12 & 3	893,05	518,93	0,022	0,013
Travessa Ângelo Grossi	13 & 8	810,07	535,95	0,020	0,013

Fonte: Autoria própria.

5.4 Dimensionamento dos dispositivos do sistema de microdrenagem

5.4.1 Sarjetas

Para a determinação da capacidade das sarjetas da avenida, foi considerado largura da sarjeta de 45 cm (quarenta e cinco centímetros). A inclinação da sarjeta e de 3% (três por cento), inclinação da avenida foi considerada 1,5% (um virgula cinco por cento), (de acordo com VASCONCELOS 2018), a altura do meio-fio da avenida foi de 15 cm (quinze centímetros), o coeficiente de rugosidade de 0,015 conforme quadro 02 anexo A.

Com esses dados foi possível calcular a vazão de escoamento na sarjeta em função da declividade longitudinal de cada trecho analisado na avenida.

$$z1 = \frac{1}{0,03} = 33,33$$

$$z2 = \frac{1}{0,015} = 66,67$$

$$y0 = 0,15 * 0,80 = 0,12$$

$$y1 = (0,03x 0,45) - 0,12 = 0,1065$$

$$Q = 0,375 x \left(\frac{33,33}{0,015} * 0,12^{8/3} - \frac{33,33}{0,015} * 0,1065^{8/3} + \frac{66,67}{0,015} * 0,1065^{8/3} \right) * i^{0,5}$$

$$= 5,04 * i^{0,5}$$

Para as sarjetas das ruas adjacentes a avenida, foi considerado largura da sarjeta de 45 cm (quarenta e cinco centímetros), inclinação transversal da sarjeta de 3% (três por cento), inclinação das ruas adjacentes a avenida de 2% (dois por cento), (de acordo com VASCONCELOS 2018), a altura do meio-fio das ruas foi de 15 cm (quinze centímetros), o coeficiente de rugosidade de 0,015 conforme quadro 02 anexo A.

Com esses dados foi possível calcular a vazão de escoamento na sarjeta em função da declividade longitudinal de cada trecho analisado nas ruas adjacentes a avenida.

$$z1 = \frac{1}{0,03} = 33,33$$

$$z2 = \frac{1}{0,02} = 50$$

$$y0 = 0,15 * 0,80 = 0,12$$

$$y1 = (0,03x 0,45) - 0,12 = 0,1065$$

$$Q = 0,375 \times \left(\frac{33,33}{0,015} * 0,12^{8/3} - \frac{33,33}{0,015} * 0,1065^{8/3} + \frac{50}{0,015} * 0,1065^{8/3} \right) * i^{0,5}$$

$$= 3,98 * i^{0,5}$$

De acordo com o SMDU/SP (2012, p.40, vol. 3), o fator de redução para sarjetas varia conforme a declividade de cada trecho conforme a tabela 04, tabela 05 demonstra a capacidade de escoamento de cada trecho de sarjeta. Os valores de redução de escoamento foram retirados da figura 10.

Tabela 04 - Declividade dos trechos da área de contribuição.

Rua	Trecho	Cota		L (m)	Declividade		f
		Montante	Jusante		(m/m)	%	
Avenida Zequinha César	1 & 2	919,76	904	117,55	0,1341	13,41	0,15
	2 & 3	904	894,83	92,91	0,0987	9,87	0,23
	3 & 4	894,83	888,46	110,27	0,0578	5,78	0,42
	4 & 5	888,46	883,33	78,41	0,0654	6,54	0,34
	5 & 6	883,33	878,86	78,63	0,0568	5,68	0,41
	6 & 7	878,86	876,88	79,54	0,0249	2,49	0,73
	7 & 8	876,88	867	115,26	0,0857	8,57	0,27
	8 & 9	867	863,80	44,21	0,0723	7,23	0,29
Rua Tatiana	10 & 2	907	903	52,19	0,0766	7,66	0,29
Rua Conradinho	11 & 3	896,9	895,83	40,58	0,0264	2,64	0,75
Travessa Conradinho	12 & 3	897	895,83	44,51	0,0263	2,63	0,75
Travessa Ângelo Grossi	13 & 8	871,45	867	45,89	0,0970	9,70	0,23

Fonte: Autoria própria.

Assim, foi feito os cálculos para cada trecho de sarjeta da avenida, e a necessidade de implantação de galerias.

Verificação de capacidade das sarjetas das ruas

Calculo por trecho:

Rua Tatiana trecho 10-2:

Margem Esquerda:

$$Q = 0,375 \times \left(\frac{33,33}{0,015} * 0,12^{8/3} - \frac{33,33}{0,015} * 0,1065^{8/3} + \frac{50}{0,015} * 0,1065^{8/3} \right) * 0,0766^{0,5} = 1,10$$

$$qsr = 1,10 \times 0,29 = 0,320$$

$$Q_{pluvial} = (2,46 * 10^{-5} * 2804,90) = 0,069 \text{ m}^3/\text{s}$$

Qsr > Qpluvial ? : OK → SEM GALERIA

Margem Direita:

$$Q = 0,375 \times \left(\frac{33,33}{0,015} * 0,12^{8/3} - \frac{33,33}{0,015} * 0,1065^{8/3} + \frac{50}{0,015} * 0,1065^{8/3} \right) * 0,0766^{0,5} = 1,10$$

$$qsr = 1,10 \times 0,29 = 0,320$$

$$Q_{pluvial} = (2,46 * 10^{-5} * 2917,4) = 0,072 \text{ m}^3/\text{s}$$

qsr > Qpluvial ? : OK → SEM GALERIA

Rua Conradinho trecho 11-3:

Margem Esquerda:

$$Q = 0,375 \times \left(\frac{33,33}{0,015} * 0,12^{8/3} - \frac{33,33}{0,015} * 0,1065^{8/3} + \frac{50}{0,015} * 0,1065^{8/3} \right) * 0,0264^{0,5} = 0,65$$

$$qsr = 0,65 \times 0,75 = 0,487$$

$$Q_{pluvial} = (2,46 * 10^{-5} * 4814,97) = 0,119 \text{ m}^3/\text{s}$$

Qsr > Qpluvial ? : OK → SEM GALERIA

Margem Direita:

$$Q = 0,375 \times \left(\frac{33,33}{0,015} * 0,12^{8/3} - \frac{33,33}{0,015} * 0,1065^{8/3} + \frac{50}{0,015} * 0,1065^{8/3} \right) * 0,0264^{0,5} = 0,65$$

$$qsr = 0,65 \times 0,75 = 0,487$$

$$Q_{pluvial} = (2,46 * 10^{-5} * 2889,61) = 0,071 \text{ m}^3/\text{s}$$

qsr > Qpluvial ? : OK → SEM GALERIA

Travessa Conradinho trecho 12-3:

Margem Esquerda:

$$Q = 0,375 \times \left(\frac{33,33}{0,015} * 0,12^{8/3} - \frac{33,33}{0,015} * 0,1065^{8/3} + \frac{50}{0,015} * 0,1065^{8/3} \right) * 0,0263^{0,5} = 0,65$$

$$qsr = 0,65 \times 0,75 = 0,487$$

$$Q_{pluvial} = (2,46 * 10^{-5} * 893,05) = 0,022 \text{ m}^3/\text{s}$$

$Qsr > Q_{pluvial}$?: OK → SEM GALERIA

Margem Direita:

$$Q = 0,375 \times \left(\frac{33,33}{0,015} * 0,12^{8/3} - \frac{33,33}{0,015} * 0,1065^{8/3} + \frac{50}{0,015} * 0,1065^{8/3} \right) * 0,0263^{0,5} = 0,65$$

$$qsr = 0,65 \times 0,75 = 0,487$$

$$Q_{pluvial} = (2,46 * 10^{-5} * 518,93) = 0,013 \text{ m}^3/\text{s}$$

$qsr > Q_{pluvial}$?: OK → SEM GALERIA

Travessa Ângelo Grossi trecho 13-8:

Margem Esquerda:

$$Q = 0,375 \times \left(\frac{33,33}{0,015} * 0,12^{8/3} - \frac{33,33}{0,015} * 0,1065^{8/3} + \frac{50}{0,015} * 0,1065^{8/3} \right) * 0,0970^{0,5} = 1,23$$

$$qsr = 1,23 \times 0,23 = 0,283$$

$$Q_{pluvial} = (2,46 * 10^{-5} * 810,07) = 0,020 \text{ m}^3/\text{s}$$

$qsr > Q_{pluvial}$?: OK → SEM GALERIA

Margem Direita:

$$Q = 0,375 \times \left(\frac{33,33}{0,015} * 0,12^{8/3} - \frac{33,33}{0,015} * 0,1065^{8/3} + \frac{50}{0,015} * 0,1065^{8/3} \right) * 0,0970^{0,5} = 1,23$$

$$qsr = 1,23 \times 0,23 = 0,283$$

$$Q_{pluvial} = (2,46 * 10^{-5} * 535,85) = 0,013 \text{ m}^3/\text{s}$$

$qsr > Q_{pluvial}$?: OK → SEM GALERIA

Verificação de capacidade das sarjetas (Avenida Zequinha César)

Trecho 1-2:

Margem Esquerda:

$$Q = 0,375 \times \left(\frac{33,33}{0,015} * 0,12^{8/3} - \frac{33,33}{0,015} * 0,1065^{8/3} + \frac{66,67}{0,015} * 0,1065^{8/3} \right) * 0,1341^{0,5} = 1,85$$

$$qsr = 1,85 \times 0,15 = 0,277$$

$$Q_{pluvial} = (2,46 * 10^{-5} * 3291,69) = 0,081 \text{ m}^3/\text{s}$$

$qsr > Q_{pluvial}$?: OK → SEM GALERIA

Margem Direita:

$$Q = 0,375 \times \left(\frac{33,33}{0,015} * 0,12^{8/3} - \frac{33,33}{0,015} * 0,1065^{8/3} + \frac{66,67}{0,015} * 0,1065^{8/3} \right) * 0,1341^{0,5} = 1,85$$

$$qsr = 1,85 \times 0,15 = 0,277$$

$$Q_{pluvial} = (2,46 * 10^{-5} * 4603,46) = 0,113 \text{ m}^3/\text{s}$$

$qsr > Q_{pluvial}$?: OK → SEM GALERIA

Trecho 2-3:

Margem Esquerda:

$$Q = 0,375 \times \left(\frac{33,33}{0,015} * 0,12^{8/3} - \frac{33,33}{0,015} * 0,1065^{8/3} + \frac{66,67}{0,015} * 0,1065^{8/3} \right) * 0,0987^{0,5} = 1,58$$

$$qsr = 1,58 \times 0,23 = 0,363$$

$$Q_{pluvial} = (2,46 * 10^{-5} * 11038,08) = 0,271 \text{ m}^3/\text{s}$$

$qsr > Q_{pluvial}$?: OK → SEM GALERIA

Margem Direita:

$$Q = 0,375 \times \left(\frac{33,33}{0,015} * 0,12^{8/3} - \frac{33,33}{0,015} * 0,1065^{8/3} + \frac{66,67}{0,015} * 0,1065^{8/3} \right) * 0,0987^{0,5} = 1,58$$

$$qsr = 1,58 \times 0,23 = 0,363$$

$$Q_{pluvial} = (2,46 * 10^{-5} * 7536,25) = 0,185 \text{ m}^3/\text{s}$$

$qsr > Q_{pluvial}$?: OK → SEM GALERIA

Trecho 3-4:

Margem Esquerda:

$$Q = 0,375 x \left(\frac{33,33}{0,015} * 0,12^{8/3} - \frac{33,33}{0,015} * 0,1065^{8/3} + \frac{66,67}{0,015} * 0,1065^{8/3} \right) * 0,0578^{0,5} = 1,21$$

$$qsr = 1,21x0,42 = 0,508$$

$$Qpluvial = (2,46 * 10^{-5} * 19631,66) = 0,483 \text{ m}^3/\text{s}$$

qsr > Qpluvial ? : OK → SEM GALERIA

Margem Direita:

$$Q = 0,375 x \left(\frac{33,33}{0,015} * 0,12^{8/3} - \frac{33,33}{0,015} * 0,1065^{8/3} + \frac{66,67}{0,015} * 0,1065^{8/3} \right) * 0,0578^{0,5} = 1,21$$

$$qsr = 1,21x0,42 = 0,508$$

$$Qpluvial = (2,46 * 10^{-5} * 13191,72) = 0,325 \text{ m}^3/\text{s}$$

qsr > Qpluvial ? : OK → SEM GALERIA

Trecho 4-5:

Margem Esquerda:

$$Q = 0,375 x \left(\frac{33,33}{0,015} * 0,12^{8/3} - \frac{33,33}{0,015} * 0,1065^{8/3} + \frac{66,67}{0,015} * 0,1065^{8/3} \right) * 0,0654^{0,5} = 1,29$$

$$qsr = 1,29x0,34 = 0,438$$

$$Qpluvial = (2,46 * 10^{-5} * 21338,37) = 0,525 \text{ m}^3/\text{s}$$

qsr > Qpluvial ? : NÃO OK → COM GALERIA

$$qexc = 0,525-0,438 = 0,086 \text{ m}^3/\text{s}$$

Margem Direita:

$$Q = 0,375 x \left(\frac{33,33}{0,015} * 0,12^{8/3} - \frac{33,33}{0,015} * 0,1065^{8/3} + \frac{66,67}{0,015} * 0,1065^{8/3} \right) * 0,0654^{0,5} = 1,29$$

$$qsr = 1,29x0,34 = 0,438$$

$$Qpluvial = (2,46 * 10^{-5} * 17768,30) = 0,438 \text{ m}^3/\text{s}$$

qsr > Qpluvial ? : NÃO OK → COM GALERIA

$$qexc = 0,438-0,438 = 0 \text{ m}^3/\text{s}$$

Trecho 5-6:

Margem Esquerda:

$$Q = 0,375 \times \left(\frac{33,33}{0,015} * 0,12^{8/3} - \frac{33,33}{0,015} * 0,1065^{8/3} + \frac{66,67}{0,015} * 0,1065^{8/3} \right) * 0,0568^{0,5} = 1,20$$

$$qsr = 1,20 \times 0,41 = 0,492$$

$$Q_{pluvial} = (2,46 * 10^{-5} * 23146,90) = 0,570 \text{ m}^3/\text{s}$$

qsr > Qpluvial ? : NÃO OK → COM GALERIA

$$q_{exc} = 0,570 - 0,492 = 0,078 \text{ m}^3/\text{s}$$

Margem Direita:

$$Q = 0,375 \times \left(\frac{33,33}{0,015} * 0,12^{8/3} - \frac{33,33}{0,015} * 0,1065^{8/3} + \frac{66,67}{0,015} * 0,1065^{8/3} \right) * 0,0568^{0,5} = 1,20$$

$$qsr = 1,20 \times 0,41 = 0,492$$

$$Q_{pluvial} = (2,46 * 10^{-5} * 20390,14) = 0,501 \text{ m}^3/\text{s}$$

qsr > Qpluvial ? : NÃO OK → COM GALERIA

$$q_{exc} = 0,501 - 0,492 = 0,010 \text{ m}^3/\text{s}$$

Trecho 6-7:

Margem Esquerda:

$$Q = 0,375 \times \left(\frac{33,33}{0,015} * 0,12^{8/3} - \frac{33,33}{0,015} * 0,1065^{8/3} + \frac{66,67}{0,015} * 0,1065^{8/3} \right) * 0,0249^{0,5} = 0,795$$

$$qsr = 0,795 \times 0,73 = 0,580$$

$$Q_{pluvial} = (2,46 * 10^{-5} * 26997,35) = 0,664 \text{ m}^3/\text{s}$$

qsr > Qpluvial ? : NÃO OK → COM GALERIA

$$q_{exc} = 0,664 - 0,580 = 0,084 \text{ m}^3/\text{s}$$

Margem Direita:

$$Q = 0,375 \times \left(\frac{33,33}{0,015} * 0,12^{8/3} - \frac{33,33}{0,015} * 0,1065^{8/3} + \frac{66,67}{0,015} * 0,1065^{8/3} \right) * 0,0249^{0,5} = 0,795$$

$$qsr = 0,795 \times 0,73 = 0,580$$

$$Q_{pluvial} = (2,46 * 10^{-5} * 24001,29) = 0,590 \text{ m}^3/\text{s}$$

qsr > Qpluvial ? : NÃO OK → COM GALERIA

$$q_{exc} = 0,590 - 0,580 = 0,010 \text{ m}^3/\text{s}$$

Trecho 7-8

Margem Esquerda:

$$Q = 0,375 \times \left(\frac{33,33}{0,015} * 0,12^{8/3} - \frac{33,33}{0,015} * 0,1065^{8/3} + \frac{66,67}{0,015} * 0,1065^{8/3} \right) * 0,0857^{0,5} = 1,475$$

$$qsr = 1,475 \times 0,27 = 0,398$$

$$Q_{pluvial} = (2,46 * 10^{-5} * 30321,47) = 0,745 \text{ m}^3/\text{s}$$

qsr > Qpluvial ? : NÃO OK → COM GALERIA

$$q_{exc} = 0,745 - 0,398 - 0,086 - 0,078 - 0,084 = 0,099 \text{ m}^3/\text{s}$$

Margem Direita:

$$Q = 0,375 \times \left(\frac{33,33}{0,015} * 0,12^{8/3} - \frac{33,33}{0,015} * 0,1065^{8/3} + \frac{66,67}{0,015} * 0,1065^{8/3} \right) * 0,0857^{0,5} = 1,475$$

$$qsr = 1,475 \times 0,27 = 0,398$$

$$Q_{pluvial} = (2,46 * 10^{-5} * 28569,6) = 0,702 \text{ m}^3/\text{s}$$

qsr > Qpluvial ? : NÃO OK → COM GALERIA

$$q_{exc} = 0,702 - 0,398 - 0,010 - 0,010 - 0,00 = 0,284 \text{ m}^3/\text{s}$$

Trecho 8-9:

Margem Esquerda:

$$Q = 0,375 \times \left(\frac{33,33}{0,015} * 0,12^{8/3} - \frac{33,33}{0,015} * 0,1065^{8/3} + \frac{66,67}{0,015} * 0,1065^{8/3} \right) * 0,0723^{0,5} = 1,35$$

$$qsr = 1,35 \times 0,29 = 0,391$$

$$Q_{pluvial} = (2,46 * 10^{-5} * 31571,74) = 0,776 \text{ m}^3/\text{s}$$

$$qsr = 0,776 - (0,391 + 0,086 + 0,078 + 0,084 + 0,099) = 0,038 \text{ m}^3/\text{s}$$

qsr > Qpluvial ? : NÃO OK → COM GALERIA

Margem Direita:

$$Q = 0,375 \times \left(\frac{33,33}{0,015} * 0,12^{8/3} - \frac{33,33}{0,015} * 0,1065^{8/3} + \frac{66,67}{0,015} * 0,1065^{8/3} \right) * 0,0723^{0,5} = 1,35$$

$$qsr = 1,35 \times 0,29 = 0,391$$

$$Q_{pluvial} = (2,46 * 10^{-5} * 30918,68) = 0,761 \text{ m}^3/\text{s}$$

$$qsr = +0,761 - 0,0 - 0,010 - 0,010 - 0,391 - 0,284 = 0,066 \text{ m}^3/\text{s}$$

qsr > Qpluvial ? : NÃO OK → COM GALERIA

A tabela 05 mostra a capacidade de escoamento real pluvial das sarjetas de cada trecho da área de estudo.

Tabela 05- Vazão de escoamento pluvial das sarjetas.

Rua	Trecho	q st (m³)	f	q s real (m³/s)
Avenida Zequinha César	1 & 2	1,85	0,15	0,277
	2 & 3	1,58	0,23	0,363
	3 & 4	1,21	0,42	0,508
	4 & 5	1,29	0,34	0,438
	5 & 6	1,20	0,41	0,492
	6 & 7	0,80	0,73	0,580
	7 & 8	1,48	0,27	0,398
	8 & 9	1,35	0,29	0,391
Rua Tatiana	10 & 2	1,10	0,29	0,320
Rua Conradinho	11 & 3	0,65	0,75	0,487
Travessa Conradinho	12 & 3	0,65	0,75	0,487
Travessa Ângelo Grossi	13 & 8	1,23	0,23	0,283

Fonte: Autoria própria.

5.4.2 Verificação da velocidade das sarjetas

A verificação da velocidade de escoamento das sarjetas foi feita conforme a equação de IZARD (TOMAZ 2011, p.179), foi feita a verificação das sarjetas das ruas e das avenidas, das áreas de contribuição.

Velocidade das Sarjetas das ruas:

i transversal rua = 2%

Coefficiente de rugosidade de manning = 0,015

S declividade longitudinal da rua (Conforme trecho)

Q vazão da sarjeta (conforme trecho)

Velocidade mínima = 0,5 m³/s

Velocidade máxima = 3 m³/s

Rua Tatiana Trecho 10-2:

$$V = 0,958 x \left(\frac{1}{50^{\frac{1}{4}}} \right) x \left(\frac{0,0766^{0,5}}{0,015} \right)^{\frac{3}{4}} x 0,320^{\frac{1}{4}} = 2,41 \rightarrow \text{OK}$$

Rua Conradinho 11-3:

$$V = 0,958 x \left(\frac{1}{50^{\frac{1}{4}}} \right) x \left(\frac{0,0264^{0,5}}{0,015} \right)^{\frac{3}{4}} x 0,487^{\frac{1}{4}} = 1,79 \rightarrow \text{OK}$$

Travessa Conradinho Trecho 12-3:

$$V = 0,958 x \left(\frac{1}{50^{\frac{1}{4}}} \right) x \left(\frac{0,0263^{0,5}}{0,015} \right)^{\frac{3}{4}} x 0,487^{\frac{1}{4}} = 1,79 \rightarrow \text{OK}$$

Travessa Ângelo Grossi Trecho 13-8:

$$V = 0,958 x \left(\frac{1}{50^{\frac{1}{4}}} \right) x \left(\frac{0,0970^{0,5}}{0,015} \right)^{\frac{3}{4}} x 0,283^{\frac{1}{4}} = 2,55 \rightarrow \text{OK}$$

Velocidade de escoamento das sarjetas da avenida:

Velocidade das Sarjetas:

i transversal avenida = 1,5%

Coefficiente de rugosidade de manning = 0,015

S declividade longitudinal da rua (Conforme trecho)

Q vazão da sarjeta (conforme trecho)

Velocidade mínima = 0,5 m³/s

Velocidade máxima = 3 m³/s

Para trecho 1-2 da Avenida Zequinha César:

$$V = 0,958 x \left(\frac{1}{66,67^{\frac{1}{4}}} \right) x \left(\frac{0,1341^{0,5}}{0,015} \right)^{\frac{3}{4}} x 0,277^{\frac{1}{4}} = 2,67$$

Trecho 2-3:

$$V = 0,958 x \left(\frac{1}{66,67^{\frac{1}{4}}} \right) x \left(\frac{0,0987^{0,5}}{0,015} \right)^{\frac{3}{4}} x 0,363^{\frac{1}{4}} = 2,54 \rightarrow \text{OK}$$

Trecho 3-4:

$$V = 0,958 \times \left(\frac{1}{66,67^{\frac{1}{4}}} \right) \times \left(\frac{0,0578^{0,5}}{0,015} \right)^{\frac{3}{4}} \times 0,508^{\frac{1}{4}} = 2,27 \rightarrow \text{OK}$$

Trecho 4-5:

$$V = 0,958 \times \left(\frac{1}{66,67^{\frac{1}{4}}} \right) \times \left(\frac{0,0654^{0,5}}{0,015} \right)^{\frac{3}{4}} \times 0,438^{\frac{1}{4}} = 2,29 \rightarrow \text{OK}$$

Trecho 5-6:

$$V = 0,958 \times \left(\frac{1}{66,67^{\frac{1}{4}}} \right) \times \left(\frac{0,0568^{0,5}}{0,015} \right)^{\frac{3}{4}} \times 0,492^{\frac{1}{4}} = 2,24 \rightarrow \text{OK}$$

Trecho 6-7:

$$V = 0,958 \times \left(\frac{1}{66,67^{\frac{1}{4}}} \right) \times \left(\frac{0,0249^{0,5}}{0,015} \right)^{\frac{3}{4}} \times 0,580^{\frac{1}{4}} = 1,72 \rightarrow \text{OK}$$

Trecho 7-8:

$$V = 0,958 \times \left(\frac{1}{66,67^{\frac{1}{4}}} \right) \times \left(\frac{0,0857^{0,5}}{0,015} \right)^{\frac{3}{4}} \times 0,398^{\frac{1}{4}} = 2,47 \rightarrow \text{OK}$$

Trecho 8-7:

$$V = 0,958 \times \left(\frac{1}{66,67^{\frac{1}{4}}} \right) \times \left(\frac{0,0723^{0,5}}{0,015} \right)^{\frac{3}{4}} \times 0,391^{\frac{1}{4}} = 2,30 \rightarrow \text{OK}$$

Os valores da velocidade das sarjetas trecho a trecho, podem ser conferidos conforme tabela 06.

Tabela 06- Velocidade de escoamento pluvial das sarjetas.

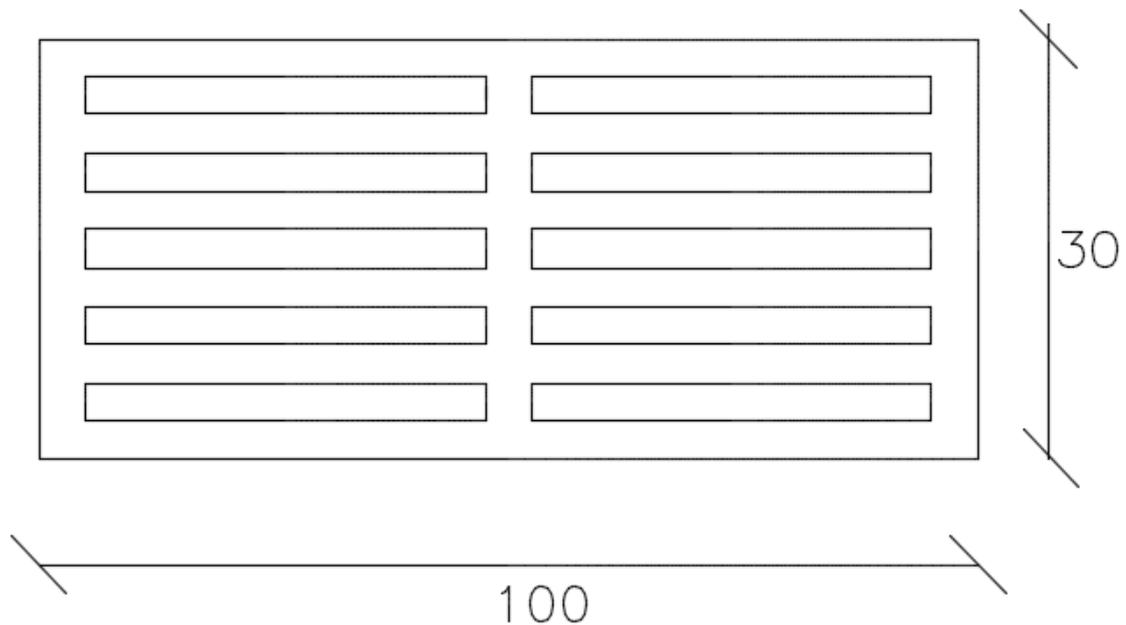
Rua	Trecho	Velocidade Sarjetas (Tomaz 2011)
Avenida Zequinha César	1 & 2	2,67
	2 & 3	2,54
	3 & 4	2,27
	4 & 5	2,29
	5 & 6	2,24
	6 & 7	1,72
	7 & 8	2,47
	8 & 9	2,30
Rua Tatiana	10 & 2	2,41
Rua Conradinho	11 & 3	1,79
Travessa Conradinho	12 & 3	1,79
Travessa Ângelo Grossi	13 & 8	2,55

Fonte: Autoria própria.

5.4.3 Bocas de Lobo

As bocas de lobo, foram dimensionadas conforme a capacidade da sarjeta de cada trecho das ruas que fazem parte da área de contribuição, sendo que no local existe apenas uma boca de lobo. Foram distribuídas 10 bocas de lobo em toda a avenida, sendo as duas últimas bocas de lobo no final do trecho em estudo, o ponto de cota mais baixo da avenida Zequinha César. As dimensões da boca de lobo, foram todas padronizadas, para melhor execução do projeto. A figura 18, mostra as dimensões da boca de lobo adotada.

Figura 18 - Dimensões da boca de lobo.



Fonte: Autoria própria.

O cálculo das bocas de lobo do tipo grelha, foi feito de acordo com TUCCI et al (1995), o fator de redução de capacidade de engolimento das bocas de lobo, feito de acordo com orientações de DAAE/CETESB (1980, p.291).

Boca de lobo tipo grelha padrão - medida grelha 30x100

Engolimento boca de lobo padrão 30x100

$$\text{Vazão pluvial} \rightarrow Q = 1,7 \times P \times y^{3/2}$$

OBS: $y = 14,5$ cm (Boca de lobo com depressão)

$$Q = 1,7 \times (0,30+0,30+1,00) \times 0,145^{3/2} = 0,150$$

$$Q_{\text{teórico}} = 0,150 \text{ m}^3/\text{s}$$

$$Q_{\text{real}} = 0,150 \times 0,60 = 0,090 \text{ m}^3/\text{s} \text{ (intermediária)}$$

Trecho 4-5:

Margem Esquerda:

$$q_{\text{sr}} > Q_{\text{pluvial}} ? : \text{NÃO OK} \rightarrow \text{COM GALERIA}$$

$$q_{\text{exc}} = 0,525 - 0,438 = 0,086 \text{ m}^3/\text{s} \rightarrow 1 \text{ boca de lobo}$$

Margem Direita:

$$q_{\text{sr}} > Q_{\text{pluvial}} ? : \text{NÃO OK} \rightarrow \text{COM GALERIA}$$

$$q_{\text{exc}} = 0,438 - 0,438 = 0 \text{ m}^3/\text{s} \rightarrow 1 \text{ boca de lobo}$$

Trecho 5-6:

Margem Esquerda:

$$q_{sr} > Q_{pluvial} ? : \text{NÃO OK} \rightarrow \text{COM GALERIA}$$

$$q_{exc} = 0,570 - 0,492 = 0,078 \text{ m}^3/\text{s} \rightarrow 1 \text{ boca de lobo}$$

Margem Direita:

$$q_{sr} > Q_{pluvial} ? : \text{NÃO OK} \rightarrow \text{COM GALERIA}$$

$$q_{exc} = 0,501 - 0,492 = 0,010 \text{ m}^3/\text{s} \rightarrow 1 \text{ boca de lobo}$$

Trecho 6-7:

Margem Esquerda:

$$q_{sr} > Q_{pluvial} ? : \text{NÃO OK} \rightarrow \text{COM GALERIA}$$

$$q_{exc} = 0,664 - 0,580 = 0,084 \text{ m}^3/\text{s} \rightarrow 1 \text{ boca de lobo}$$

Margem Direita:

$$q_{sr} > Q_{pluvial} ? : \text{NÃO OK} \rightarrow \text{COM GALERIA}$$

$$q_{exc} = 0,590 - 0,580 = 0,010 \text{ m}^3/\text{s} \rightarrow 1 \text{ boca de lobo}$$

Trecho 7-8:

Margem Esquerda:

$$q_{sr} > Q_{pluvial} ? : \text{NÃO OK} \rightarrow \text{COM GALERIA}$$

$$q_{exc} = 0,745 - 0,398 - 0,090 - 0,090 - 0,090 = 0,077 \text{ m}^3/\text{s} \rightarrow 1 \text{ boca de lobo}$$

Margem Direita:

$$q_{sr} > Q_{pluvial} ? : \text{NÃO OK} \rightarrow \text{COM GALERIA}$$

$$q_{exc} = 0,702 - 0,398 - 0,090 - 0,090 - 0,090 = 0,034 \text{ m}^3/\text{s} \rightarrow 1 \text{ boca de lobo}$$

Trecho 8-9:

Margem Esquerda:

$$q_{sr} > Q_{pluvial} ? : \text{NÃO OK} \rightarrow \text{COM GALERIA}$$

$$q_{sr} = 0,776 - (0,391 + 0,090 + 0,090 + 0,090 + 0,090) = 0,025 \text{ m}^3/\text{s} \rightarrow 1 \text{ boca de lobo}$$

Margem Direita:

$$q_{sr} > Q_{pluvial} ? : \text{NÃO OK} \rightarrow \text{COM GALERIA}$$

$$q_{sr} = +0,761 - (0,090 + 0,090 + 0,090 + 0,090 + 0,391) = 0,010 \text{ m}^3/\text{s} \rightarrow 1 \text{ boca de lobo}$$

5.4.4 Tubulações Secundarias

As tubulações secundarias foram dimensionados para receber as aguas pluviais das bocas de lobo dimensionadas na avenida. Os dados de dimensionamento das tubulações secundarias, são descritos a seguir, o diâmetro mínimo adotado foi de 400 mm, conforme recomendações do DNIT (2006).

Dados:

Relação $y/d = 0,80$

Coefficiente = 0,988

$r/R = 1,217$

Rugosidade de manning = 0,015

i = inclinação do tubo de ligação

V = velocidade mínima/máxima (1 m/s e 4,5 m/s, conforme DNIT)

$$Q_{gal} = \frac{Q_{exc}}{Coeficiente}$$

$$Q_{galeria} = \frac{\pi \cdot D^2}{4} \cdot \frac{D^{\frac{2}{3}}}{4^{\frac{2}{3}}} \cdot \frac{i^{0,5}}{n} \quad (m^3/s)$$

$$V = \left(\frac{1}{n}\right) \cdot RH^{\frac{2}{3}} \cdot i^{0,5}$$

RH - Raio hidráulico, em que o Raio hidráulico e expresso por:

$$RH_{pleno} = \frac{\emptyset}{4}$$

$$RH_{\frac{y}{d}=0,80} = \frac{RH}{r/R}$$

Tubo 1 →

$$Q_{gal} = \frac{0,090}{0,988} = 0,091$$

$$0,091 = \frac{\pi \cdot D^2}{4} \cdot \frac{D^{\frac{2}{3}}}{4^{\frac{2}{3}}} \cdot \frac{0,0750^{0,5}}{0,015} = 0,212 \text{ G1} \rightarrow D_{adot} = 0,40\text{m}$$

$$RH_{pleno} = \frac{0,40}{4} = 0,100 \quad RH_{\frac{y}{d}=0,80} = \frac{0,100}{1,217} = 0,082$$

$$V = \left(\frac{1}{0,015}\right) \cdot 0,082^{\frac{2}{3}} \cdot 0,0750^{0,5} = 3,45 \text{ m/s} \rightarrow \text{OK}$$

Tubo 2 →

$$Q_{gal} = \frac{0,090}{0,988} = 0,091$$

$$0,091 = \frac{\pi \cdot D^2}{4} \cdot \frac{D^{\frac{2}{3}}}{4^{\frac{2}{3}}} \cdot \frac{0,0751^{0,5}}{0,015} = 0,212 \text{ G1} \rightarrow D_{adot} = 0,40\text{m}$$

$$RH_{pleno} = \frac{0,40}{4} = 0,100 \quad RH_{\frac{y}{d}=0,80} = \frac{0,100}{1,217} = 0,082$$

$$V = \left(\frac{1}{0,015} \right) \cdot 0,082^{\frac{2}{3}} \cdot 0,0750^{0,5} = 3,45 \text{ m/s} \rightarrow \text{OK}$$

Tubo 3 →

$$Q_{gal} = \frac{0,090}{0,988} = 0,091$$

$$0,091 = \frac{\pi \cdot D^2}{4} \cdot \frac{D^{\frac{2}{3}}}{4^{\frac{2}{3}}} \cdot \frac{0,0728^{0,5}}{0,015} = 0,213 \text{ G1} \rightarrow D_{adot} = 0,40\text{m}$$

$$RH_{pleno} = \frac{0,40}{4} = 0,100 \quad RH_{\frac{y}{d}=0,80} = \frac{0,100}{1,217} = 0,082$$

$$V = \left(\frac{1}{0,015} \right) \cdot 0,082^{\frac{2}{3}} \cdot 0,0728^{0,5} = 3,40 \text{ m/s} \rightarrow \text{OK}$$

Tubo 4 →

$$Q_{gal} = \frac{0,090}{0,988} = 0,091$$

$$0,091 = \frac{\pi \cdot D^2}{4} \cdot \frac{D^{\frac{2}{3}}}{4^{\frac{2}{3}}} \cdot \frac{0,0712^{0,5}}{0,015} = 0,214 \text{ G1} \rightarrow D_{adot} = 0,40\text{m}$$

$$RH_{pleno} = \frac{0,40}{4} = 0,100 \quad RH_{\frac{y}{d}=0,80} = \frac{0,100}{1,217} = 0,082$$

$$V = \left(\frac{1}{0,015} \right) \cdot 0,082^{\frac{2}{3}} \cdot 0,0712^{0,5} = 3,36 \text{ m/s} \rightarrow \text{OK}$$

Tubo 5 →

$$Q_{gal} = \frac{0,090}{0,988} = 0,091$$

$$0,091 = \frac{\pi \cdot D^2}{4} \cdot \frac{D^{\frac{2}{3}}}{4^{\frac{2}{3}}} \cdot \frac{0,0450^{0,5}}{0,015} = 0,233 \text{ G1} \rightarrow D_{adot} = 0,40\text{m}$$

$$RH_{pleno} = \frac{0,40}{4} = 0,100 \quad RH_{\frac{y}{d}=0,80} = \frac{0,100}{1,217} = 0,082$$

$$V = \left(\frac{1}{0,015} \right) \cdot 0,082^{\frac{2}{3}} \cdot 0,045^{0,5} = 2,67 \text{ m/s} \rightarrow \text{OK}$$

Tubo 6 →

$$Q_{gal} = \frac{0,090}{0,988} = 0,091$$

$$0,091 = \frac{\pi \cdot D^2}{4} \cdot \frac{D^{\frac{2}{3}}}{4^{\frac{2}{3}}} \cdot \frac{0,0475^{0,5}}{0,015} = 0,231 \text{ G1} \rightarrow D_{adot} = 0,40\text{m}$$

$$RH_{pleno} = \frac{0,40}{4} = 0,100 \quad RH_{\frac{y}{d}=0,80} = \frac{0,100}{1,217} = 0,082$$

$$V = \left(\frac{1}{0,015} \right) \cdot 0,082^{\frac{2}{3}} \cdot 0,0475^{0,5} = 2,75 \text{ m/s} \rightarrow \text{OK}$$

Tubo 7 →

$$Q_{gal} = \frac{0,090}{0,988} = 0,091$$

$$0,091 = \frac{\pi \cdot D^2}{4} \cdot \frac{D^{\frac{2}{3}}}{4^{\frac{2}{3}}} \cdot \frac{0,0560^{0,5}}{0,015} = 0,224 \text{ G1} \rightarrow D_{adot} = 0,40\text{m}$$

$$RH_{pleno} = \frac{0,40}{4} = 0,100 \quad RH_{\frac{y}{d}=0,80} = \frac{0,100}{1,217} = 0,082$$

$$V = \left(\frac{1}{0,015} \right) \cdot 0,082^{\frac{2}{3}} \cdot 0,0560^{0,5} = 2,98 \text{ m/s} \rightarrow \text{OK}$$

Tubo 8 →

$$Q_{gal} = \frac{0,090}{0,988} = 0,091$$

$$0,091 = \frac{\pi \cdot D^2}{4} \cdot \frac{D^{\frac{2}{3}}}{4^{\frac{2}{3}}} \cdot \frac{0,0540^{0,5}}{0,015} = 0,226 \text{ G1} \rightarrow D_{adot} = 0,40\text{m}$$

$$RH_{pleno} = \frac{0,40}{4} = 0,100 \quad RH_{\frac{y}{d}=0,80} = \frac{0,100}{1,217} = 0,082$$

$$V = \left(\frac{1}{0,015} \right) \cdot 0,082^{\frac{2}{3}} \cdot 0,0540^{0,5} = 2,93 \text{ m/s} \rightarrow \text{OK}$$

Tubo 9 →

$$Q_{gal} = \frac{0,090}{0,988} = 0,091$$

$$0,091 = \frac{\pi \cdot D^2}{4} \cdot \frac{D^{\frac{2}{3}}}{4^{\frac{2}{3}}} \cdot \frac{0,0666^{0,5}}{0,015} = 0,217 \text{ G1} \rightarrow D_{adot} = 0,40\text{m}$$

$$RH_{pleno} = \frac{0,40}{4} = 0,100 \quad RH_{\frac{y}{d}=0,80} = \frac{0,100}{1,217} = 0,082$$

$$V = \left(\frac{1}{0,015} \right) \cdot 0,082^{\frac{2}{3}} \cdot 0,0666^{0,5} = 3,25 \text{ m/s} \rightarrow \text{OK}$$

Tubo 10 →

$$Q_{gal} = \frac{0,090}{0,988} = 0,091$$

$$0,091 = \frac{\pi \cdot D^2}{4} \cdot \frac{D^{\frac{2}{3}}}{4^{\frac{2}{3}}} \cdot \frac{0,0566^{0,5}}{0,015} = 0,224 \text{ G1} \rightarrow D_{adot} = 0,40\text{m}$$

$$RH_{pleno} = \frac{0,40}{4} = 0,100 \quad RH_{\frac{y}{d}=0,80} = \frac{0,100}{1,217} = 0,082$$

$$V = \left(\frac{1}{0,015} \right) \cdot 0,082^{\frac{2}{3}} \cdot 0,0566^{0,5} = 3,00 \text{ m/s} \rightarrow \text{OK}$$

As dimensões dos tubos de ligação, são expressas na tabela 07. Os detalhes de desenho se encontram no apêndice A.

Tabela 07 - Dimensões tubos de ligação.

Tubulação secundária			
Tubo	D (mm)	i (m/m)	L (m)
T1	400	0,0750	4,23
T2	400	0,0751	4,26
T3	400	0,0728	4,46
T4	400	0,0712	4,56
T5	400	0,0450	9,32
T6	400	0,0475	8,85
T7	400	0,0560	7,69
T8	400	0,0540	7,96
T9	400	0,0666	6,00
T10	400	0,0566	7,06

Fonte: Autoria própria.

5.4.5 Galerias

As galerias foram dimensionadas para receber as águas pluviais das bocas de lobo, implantadas na avenida. Os dados de dimensionamento das galerias, são apresentados a seguir, o diâmetro mínimo adotado foi de 400 mm, conforme recomendações do DNIT:

Relação $y/d = 0,80$

Coefficiente = 0,988

$r/R = 1,217$

Rugosidade de Manning = 0,015

i = inclinação ao longo do trecho

V = velocidade mínima/máxima (1 m/s e 4,5 m/s, conforme DNIT)

$$Q_{gal} = \frac{Q_{exc}}{Coeficiente}$$

$$Q_{galeria} = \frac{\pi \cdot D^2}{4} \cdot \frac{D^{\frac{2}{3}}}{4^{\frac{2}{3}}} \cdot \frac{i^{0,5}}{n} \quad (m^3/s)$$

$$V = \left(\frac{1}{n}\right) \cdot RH^{\frac{2}{3}} \cdot i^{0,5}$$

RH - Raio hidráulico, em que o Raio hidráulico é expresso por:

$$RH_{pleno} = \frac{\phi}{4} \quad RH_{\frac{y}{d}=0,80} = \frac{RH}{r/R}$$

Trecho 5-6 → Galeria G1

$$Q_{gal} = \frac{0,180}{0,988} = 0,182$$

$$0,182 = \frac{\pi \cdot D^2}{4} \cdot \frac{D^{\frac{2}{3}}}{4^{\frac{2}{3}}} \cdot \frac{0,0578^{0,5}}{0,015} = 0,289 \text{ G1} \rightarrow D_{adot} = 0,40\text{m}$$

$$RH_{pleno} = \frac{0,40}{4} = 0,100 \quad RH_{\frac{y}{d}=0,80} = \frac{0,100}{1,217} = 0,082$$

$$V = \left(\frac{1}{0,015}\right) \cdot 0,082^{\frac{2}{3}} \cdot 0,0578^{0,5} = 3,03 \text{ m/s} \rightarrow \text{OK}$$

Trecho 6-7 → Galeria G2

$$Q_{gal} = \frac{0,360}{0,988} = 0,364$$

$$0,364 = \frac{\pi \cdot D^2}{4} \cdot \frac{D^{\frac{2}{3}}}{4^{\frac{2}{3}}} \cdot \frac{0,0250^{0,5}}{0,015} = 0,438 \text{ G1} \rightarrow D_{adot} = 0,50\text{m}$$

$$RH_{pleno} = \frac{0,50}{4} = 0,125 \quad RH_{\frac{y}{d}=0,80} = \frac{0,125}{1,217} = 0,103$$

$$V = \left(\frac{1}{0,015} \right) \cdot 0,103^{\frac{2}{3}} \cdot 0,0250^{0,5} = 2,31 \text{ m/s} \rightarrow \text{OK}$$

Trecho 7-8 → Galeria G3

$$Q_{gal} = \frac{0,540}{0,988} = 0,547$$

$$0,547 = \frac{\pi \cdot D^2}{4} \cdot \frac{D^{\frac{2}{3}}}{4^{\frac{2}{3}}} \cdot \frac{0,0721^{0,5}}{0,015} = 0,418 \text{ G1} \rightarrow D_{adot} = 0,50\text{m}$$

$$RH_{pleno} = \frac{0,50}{4} = 0,125 \quad RH_{\frac{y}{d}=0,80} = \frac{0,125}{1,217} = 0,103$$

$$V = \left(\frac{1}{0,015} \right) \cdot 0,103^{\frac{2}{3}} \cdot 0,0721^{0,5} = 3,93 \text{ m/s} \rightarrow \text{OK}$$

Trecho 7-8 → Galeria G4 (intermediaria)

$$Q_{gal} = \frac{0,540}{0,988} = 0,547$$

$$0,547 = \frac{\pi \cdot D^2}{4} \cdot \frac{D^{\frac{2}{3}}}{4^{\frac{2}{3}}} \cdot \frac{0,0889^{0,5}}{0,015} = 0,402 \text{ G1} \rightarrow D_{adot} = 0,50\text{m}$$

$$RH_{pleno} = \frac{0,50}{4} = 0,125 \quad RH_{\frac{y}{d}=0,80} = \frac{0,125}{1,217} = 0,103$$

$$V = \left(\frac{1}{0,015} \right) \cdot 0,103^{\frac{2}{3}} \cdot 0,0889^{0,5} = 4,36 \text{ m/s} \rightarrow \text{OK}$$

Trecho 8-9 → Galeria G5 (Caixa passagem)

$$Q_{gal} = \frac{0,720}{0,988} = 0,729$$

$$0,729 = \frac{\pi \cdot D^2}{4} \cdot \frac{D^{\frac{2}{3}}}{4^{\frac{2}{3}}} \cdot \frac{0,0849^{0,5}}{0,015} = 0,452 \text{ G1} \rightarrow D_{adot} = 0,50\text{m}$$

$$RH_{pleno} = \frac{0,50}{4} = 0,125 \quad RH_{\frac{y}{d}=0,80} = \frac{0,125}{1,217} = 0,103$$

$$V = \left(\frac{1}{0,015} \right) \cdot 0,103^{\frac{2}{3}} \cdot 0,0849^{0,5} = 4,26 \text{ m/s} \rightarrow \text{OK}$$

Trecho 8-9 → Galeria G6

$$Q_{gal} = \frac{0,900}{0,988} = 0,911$$

$$0,911 = \frac{\pi \cdot D^2}{4} \cdot \frac{D^{\frac{2}{3}}}{4^{\frac{2}{3}}} \cdot \frac{0,0445^{0,5}}{0,015} = 0,555 \text{ G1} \rightarrow D_{adot} = 0,60\text{m}$$

$$RH_{pleno} = \frac{0,60}{4} = 0,150 \quad RH_{\frac{y}{d}=0,80} = \frac{0,150}{1,217} = 0,123$$

$$V = \left(\frac{1}{0,015} \right) \cdot 0,123^{\frac{2}{3}} \cdot 0,0445^{0,5} = 3,48 \text{ m/s} \rightarrow \text{OK}$$

As dimensões das galerias, são expressas na tabela 08. Os detalhes de desenho se encontram no apêndice A.

Tabela 08 - Dimensões galerias.

Galerias			
Galeria	D (mm)	i (m/m)	L (m)
G1	400	0,0578	78,96
G2	500	0,0250	79,13
G3	500	0,0721	57,82
G4	500	0,0889	57,47
G5	500	0,0849	37,77
G6	600	0,0445	15,50

Fonte: Autoria própria.

5.4.6 Poços de Visita e caixa de ligação

Os poços de visitas, as chaminés e as caixas de ligação, foram dimensionados conforme o Caderno de drenagem - Projetos Padrão, do DEER-MG. O espaçamento dos poços de visitas, foi conforme recomendações do DAAE/CETESB. A tabela 09 abaixo, detalha as dimensões dos poços de visita. Os detalhes de desenho, se encontram no apêndice A.

Tabela 09 - Dimensões dos poços de visita.

Poço de visita					
Poço de visita	a (cm)	L(cm)	H (cm)	CPV (cm)	H total (cm)
PV1 (Tipo A)	15	90	40	100	160
PV2 (Tipo A)	15	90	50	100	170
PV3 (Tipo A)	15	90	50	100	170
PV4 (Tipo C)	15	90	130	100	250
PV5 (Tipo A)	15	90	50	100	170
PV6 (Tipo A)	15	90	80	100	200
Caixa (Tipo A)	15	90	75	-	175

Fonte: Autoria própria.

5.4.7 Sarjetões

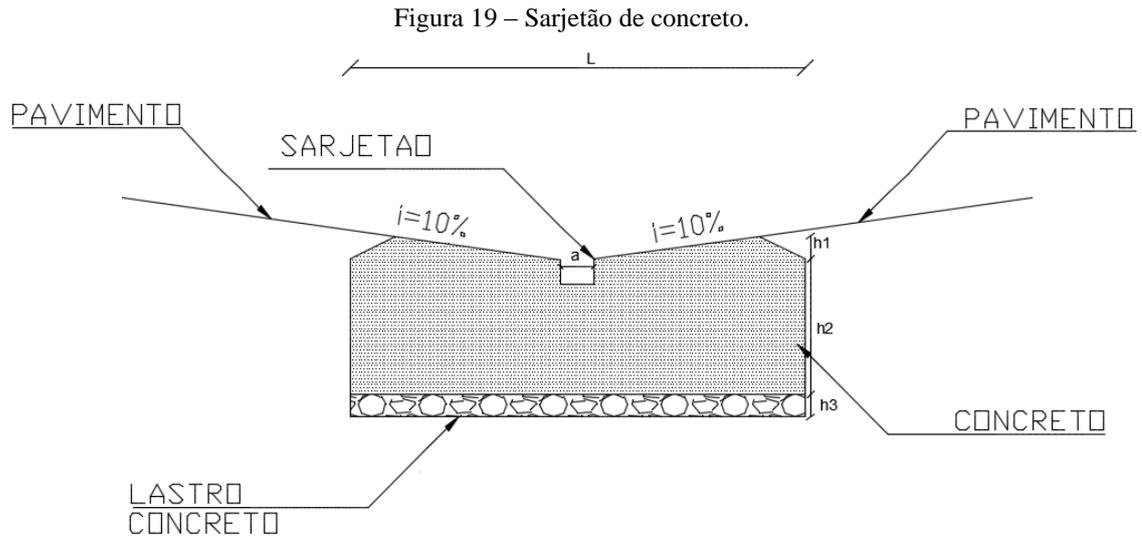
As dimensões dos sarjetões são expressas na tabela 10 abaixo, o esquema detalhado dos sarjetões se encontra no apêndice A, no projeto de intervenção de drenagem urbana.

Tabela 10 - Dimensões Calculadas dos sarjetões.

Tipo SPV	Dimensão (cm)					
	a	h1	h2	h3	L(m)	C(m)
01	7,5	5	30	5	1,00	8,40
02	7,5	5	30	5	1,00	8,30
03	7,5	5	30	5	1,00	7,40
04	7,5	5	30	5	1,00	20,70
05	7,5	5	30	5	1,00	13,50
06	7,5	5	30	5	1,00	9,50

Fonte: Autoria própria.

A figura 19, mostra o sarjetão adotado.



Fonte: Adaptado (Botelho, 2011, p.33).

5.4.7 Disposição final

As águas pluviais da avenida desembocam em um poço de visita na avenida deputado Renato Azeredo, o diâmetro da galeria existente, segundo a prefeitura e de 400 mm, porém o diâmetro mínimo para a disposição final da galeria na avenida Zequinha César e de 600 mm, necessitando a readequação do mesmo.

Trecho Final → PV-6 – Galeria G6

$$Q_{gal} = \frac{0,900}{0,988} = 0,911$$

$$0,911 = \frac{\pi \cdot D^2}{4} \cdot \frac{D^{\frac{2}{3}}}{4^{\frac{2}{3}}} \cdot \frac{0,0445^{0,5}}{0,015} = 0,555 G1 \rightarrow D_{adot} = 0,60m$$

$$RH_{pleno} = \frac{0,60}{4} = 0,150 \quad RH_{\frac{y}{a}=0,80} = \frac{0,150}{1,217} = 0,123$$

$$V = \left(\frac{1}{0,015} \right) \cdot 0,123^{\frac{2}{3}} \cdot 0,0445^{0,5} = 3,48 \text{ m/s} \rightarrow \text{OK}$$

6 QUANTITATIVO E ORÇAMENTO

Para a elaboração da estimativa de custo dos valores de serviço e materiais, para o projeto de microdrenagem da Avenida Zequinha César, foi utilizada a tabela do SINAPI (Sistema Nacional de Pesquisa de Custos e Índices da Construção Civil, junho de 2018), fornecida através do site da Caixa Econômica Federal e tabela da SETOP (janeiro de 2018), fornecida através da Secretaria de Estado de Transportes. O BDI (Benefícios e despesas indiretas), foi calculado de acordo com a tabela do item 9.1 do Acórdão 2.622/2013-Plenário, do TCU (Tribunal de Contas da União, Anexo B), para obras de construção de redes de abastecimento de água, coleta de esgoto e construções correlatas. A tabela 11, mostra a estimativa de custo.

Tabela 11 - Estimativa de custo do sistema de microdrenagem.

		PLANILHA ORÇAMENTÁRIA								
		AVENIDA ZEQUINHA CÉSAR - PARQUE DE CÍCERO- TRÊS CORAÇÕES - MG		DATA : 02/09/2018	BDI =	26.44				
Item		Discriminação		Unid.	Quantidade Prevista Total	Preço Unitário s/BDI	Preço Unitário c/BDI	Valor (R\$) Previsto Total		
									Conforme Planilha Orçamentária	
				(A)		(B)	(AxB)			
1.0	CÓDIGO	MOBILIZAÇÃO E DESMOBILIZAÇÃO / SERVIÇOS PRELIMINARES								
1.1	MOB-DES-005	MOBILIZAÇÃO E DESMOBILIZAÇÃO DE OBRA - PARA OBRAS EXECUTADAS EM CENTROS URBANOS OU PRÓXIMO DE CENTROS URBANOS		VB	1.00	2,894.00	3,659.17	3,659.17		
1.2	74209/001	PLACA DE OBRA EM CHAPA DE AÇO GALVANIZADO		VB	1.00	321.47	406.47	406.47		
Total Grupo								R\$ 4,065.64		
Demolições										
2.0		Demolições								
2.1	97636	DEMOLIÇÃO PARCIAL DE PAVIMENTO ASFÁLTICO, DE FORMA MECANIZADA, SEM REAPROVEITAMENTO. AF_12/2017		M²	343.80	9.25	11.70	4,020.98		
Total Grupo								R\$ 4,020.98		
Drenagem										
3.0		Drenagem								
3.1	94290	EXECUÇÃO DE SARJETA DE CONCRETO USINADO, MOLDADA IN LOCO EM TRECHO CURVO, 45 CM BASE X 10 CM ALTURA. AF_06/2016		M	31.31	39.46	49.89	1,562.16		

3.2	94289	EXECUÇÃO DE SARJETA DE CONCRETO USINADO, MOLDADA IN LOCO EM TRECHO RETO, 45 CM BASE X 10 CM ALTURA. AF_06/2016	M	1355.20	31.58	39.93	54,112.80
3.3	90085	ESCAVAÇÃO MECANIZADA DE VALA COM PROF. MAIOR QUE 1,5 M ATÉ 3,0 M (MÉDIA ENTRE MONTANTE E JUSANTE/UMA COMPOSIÇÃO POR TRECHO), COM ESCAVADEIRA HIDRÁULICA (0,8 M ³ /111 HP), LARG. DE 1,5 M A 2,5 M, EM SOLO DE 1A CATEGORIA, EM LOCAIS COM ALTO NÍVEL DE INTERFERÊNCIA. AF_01/2015	M ³	584.46	6.80	8.60	5,025.14
3.4	94052	ESCORAMENTO DE VALA, TIPO DESCONTÍNUO, COM PROFUNDIDADE DE 1,5 A 3,0 M, LARGURA MAIOR OU IGUAL A 1,5 M E MENOR QUE 2,5 M, EM LOCAL COM NÍVEL ALTO DE INTERFERÊNCIA. AF_06/2016	M ²	38.00	30.09	38.05	1,445.74
3.5	94110	LASTRO COM PREPARO DE FUNDO, LARGURA MAIOR OU IGUAL A 1,5 M, COM CAMADA DE BRITA, LANÇAMENTO MANUAL, EM LOCAL COM NÍVEL ALTO DE INTERFERÊNCIA. AF_06/2016	M ³	116.89	173.79	219.74	25,685.42
3.6	94100	PREPARO DE FUNDO DE VALA COM LARGURA MAIOR OU IGUAL A 1,5 M E MENOR QUE 2,5 M, EM LOCAL COM NÍVEL ALTO DE INTERFERÊNCIA. AF_06/2016	M ³	680.45	2.76	3.49	2,374.60
3.7	93368	REATERRO MECANIZADO DE VALA COM ESCAVADEIRA HIDRÁULICA (CAPACIDADE DA CAÇAMBA: 0,8 M ³ / POTÊNCIA: 111 HP), LARGURA ATÉ 1,5 M, PROFUNDIDADE DE 1,5 A 3,0 M, COM SOLO (SEM SUBSTITUIÇÃO) DE 1ª CATEGORIA EM LOCAIS COM ALTO NÍVEL DE INTERFERÊNCIA. AF_04/2016	M ³	818.24	11.81	14.93	12,218.42
3.8	74154/001	ESCAVACAO, CARGA E TRANSPORTE DE MATERIAL DE 1A CATEGORIA COM TRATOR SOBRE ESTEIRAS 347 HP E CACAMBA 6M3, DMT 50 A 200M	M ³	233.78	4.44	5.61	1,312.43
3.9	93361	REATERRO MECANIZADO DE VALA COM ESCAVADEIRA HIDRÁULICA (CAPACIDADE DA CAÇAMBA: 0,8 M ³ / POTÊNCIA: 111 HP), LARGURA ATÉ 1,5 M, PROFUNDIDADE DE 1,5 A 3,0 M, COM SOLO (SEM SUBSTITUIÇÃO) DE 1ª CATEGORIA EM LOCAIS COM ALTO NÍVEL DE INTERFERÊNCIA. AF_04/2016	M ³	191.23	11.81	14.93	2,855.55

3.10	92219	TUBO DE CONCRETO PARA REDES COLETORAS DE ÁGUAS PLUVIAIS, DIÂMETRO DE 400 MM, JUNTA RÍGIDA, INSTALADO EM LOCAL COM ALTO NÍVEL DE INTERFERÊNCIAS - FORNECIMENTO E ASSENTAMENTO. AF_12/2015	M	143.35	100.38	126.92	18,194.05
3.11	95572	TUBO DE CONCRETO (SIMPLES) PARA REDES COLETORAS DE ÁGUAS PLUVIAIS, DIÂMETRO DE 500 MM, JUNTA RÍGIDA, INSTALADO EM LOCAL COM ALTO NÍVEL DE INTERFERÊNCIAS - FORNECIMENTO E ASSENTAMENTO. AF_12/2015	M	232.19	139.21	176.02	40,869.42
3.12	92221	TUBO DE CONCRETO (SIMPLES) PARA REDES COLETORAS DE ÁGUAS PLUVIAIS, DIÂMETRO DE 600 MM, JUNTA RÍGIDA, INSTALADO EM LOCAL COM ALTO NÍVEL DE INTERFERÊNCIAS - FORNECIMENTO E ASSENTAMENTO. AF_12/2015	M	15.50	162.98	206.07	3,194.11
3.13	DRE-BOC-005 SETOP	BOCA DE LOBO SIMPLES (TIPO A - FERRO FUNDIDO), QUADRO, GRELHA E CANTONEIRA, INCLUSIVE ESCAVAÇÃO, REATERRO E BOTA-FORA	UNI	10.00	2,026.55	2,562.37	25,623.70
3.14	DRE-CHA-005	CHAMINÉ DE POÇO DE VISITA TIPO "A", EM ALVENARIA COM DEGRAUS DE AÇO CA-50	UNI	6.00	464.05	586.74	3,520.47
3.15	DRE-POÇ-004	POÇO DE VISITA PARA REDE TUBULAR TIPO A DN 400, EXCLUSIVE ESCAVAÇÃO, REATERRO E BOTA FORA	UNI	1.00	1,453.71	1,838.07	1,838.07
3.16	DRE-POÇ-005	POÇO DE VISITA PARA REDE TUBULAR TIPO A DN 500, EXCLUSIVE ESCAVAÇÃO, REATERRO E BOTA FORA	UNI	3.00	1,453.71	1,838.07	5,514.21
3.17	DRE-POÇ-110	POÇO DE VISITA PARA REDE TUBULAR TIPO C DN 500, EXCLUSIVE ESCAVAÇÃO, REATERRO E BOTA FORA	UNI	1.00	2,206.59	2,790.01	2,790.01
3.18	DRE-POÇ-110	POÇO DE VISITA PARA REDE TUBULAR TIPO A DN 600, EXCLUSIVE ESCAVAÇÃO, REATERRO E BOTA FORA	UNI	1.00	1,545.82	1,954.53	1,954.53
3.19	73607	TAMPAO DE FERRO FUNDIDO PARA POÇO DE VISITA	UNI	6.00	74.19	93.81	562.84
3.20	DRE-CXS-007	CAIXA DE CAPTAÇÃO E DRENAGEM TIPO A (120 X 120 X 150 CM), D = 500 MM A 1500MM, INCLUSIVE ESCAVAÇÃO, REATERRO E BOTA FORA	UNI	1.00	1,837.14	2,322.88	2,322.88

3.21	EST-CON-115 SETOP	SARJETÃO (FORNECIMENTO E LANÇAMENTO DE CONCRETO ESTRUTURAL USINADO BOMBEADO FCK >= 25 MPA, BRITA 1 E MÓDULO DE ELASTICIDADE CONFORME NBR 6118)	M³	26.68	421.72	533.22	14,226.38
Total Grupo							R\$ 227,202.93
Pavimentação Asfáltica em CBUQ							
4.0							
4.1	72961	REGULARIZACAO E COMPACTACAO DE SUBLEITO ATE 20 CM DE ESPESSURA	M²	343.80	1.23	1.56	534.68
4.2	72923	BASE PARA PAVIMENTACAO COM BRITA GRADUADA, INCLUSIVE COMPACTACAO (15cm)	M³	51.57	60.87	76.96	3,969.03
4.3	96401	EXECUÇÃO DE IMPRIMAÇÃO COM ASFALTO DILUÍDO CM-30. AF_09/2017	M²	343.80	4.31	5.45	1,873.56
4.4	72942	PINTURA DE LIGACAO COM EMULSAO RR-1C	M²	343.80	1.3	1.64	565.11
4.5	95995	CONSTRUÇÃO DE PAVIMENTO COM APLICAÇÃO DE CONCRETO BETUMINOSO USINADO A QUENTE (CBUQ), ESPESSURA 5,0 cm- EXCLUSIVE TRANSPORTE	M³	17.19	781.85	988.57	16,993.54
Total Grupo							R\$ 23,935.93
Serviços Complementares							
5.0							
5.1	9537	LIMPEZA FINAL DA OBRA	M²	3137.20	2.09	2.64	8,290.35
Total Grupo							R\$ 8,290.35
Total da Obra						R\$ 267,515.83	

Fonte: O autor.

7 CONCLUSÃO

No decorrer do estudo e analisando os resultados dos cálculos hidrológicos e dos dispositivos de drenagem é possível apontar algumas conclusões. A existência de um projeto eficiente de microdrenagem é de fundamental importância para a qualidade de vida dos moradores de qualquer cidade; a ausência de um projeto de microdrenagem eficiente, resulta em danos da pavimentação asfáltica; qualidade de circulação do trânsito por causa de erosões; águas empoadas, vegetação obstruindo as sarjetas, resultando em problemas graves para os municípios.

A avenida Zequinha César, atualmente sofre com problemas de escoamento pluvial, causando pelo mal dimensionamento dos dispositivos existentes. A sarjeta da avenida em alguns trechos não tem condições de escoar a água pluvial, ocasionando empocamento de água, erosão de pavimento, carreamento de solo, erosão de sarjetas, problemas, que só agravam a situação do sistema de drenagem existente.

A única boca de lobo existente, encontra-se entupida com resíduos sólidos e vegetação, problemas que diminuí a capacidade de escoamento significativamente.

As velocidades das sarjetas, estão dentro do recomendado pela literatura, mais como descrito anteriormente, alguns trechos não suportam a vazão pluvial, ocasionando sérios transtornos, para os moradores e para o município.

Portanto, como constatado através dos cálculos, a implantação de novos dispositivos de microdrenagem, diminuiriam os problemas encontrados atualmente na avenida Zequinha César. Como correção para os problemas encontrados, deve-se dimensionar, novas galerias, sarjetas, bocas de lobo, poços de visitas e sarjetões, para o correto fluxo das águas pluviais da avenida. Trazendo segurança e conforto para os moradores.

REFERÊNCIAS

ASSOCIAÇÃO BRASILEIRA DOS FABRICANTES DE TUBOS DE CONCRETO (ABTC). **Coefficiente de Manning.**

ASSOCIAÇÃO BRASILEIRA DE NORMAS TÉCNICAS. **NBR NM 26:2009: Agregados: Especificação.** Rio de Janeiro. 2009.

ASSOCIAÇÃO BRASILEIRA DE NORMAS TÉCNICAS. **NBR NM 248: Agregados: Determinação da composição granulométrica.** Rio de Janeiro. 2003.

ASSOCIAÇÃO BRASILEIRA DE NORMAS TÉCNICAS. **NBR NM 46: Materiais metálicos - Ensaio de Tração - Parte 1: Método de ensaio à temperatura ambiente.** Rio de Janeiro. 2003.

ASSOCIAÇÃO BRASILEIRA DE NORMAS TÉCNICAS. **NBR 5739: Ensaio de Compressão de Corpo de Prova Cilíndricos ou Prismáticos: Método de Ensaio.** Rio de Janeiro. 1980.

ASSOCIAÇÃO BRASILEIRA DE NORMAS TÉCNICAS. **NBR 6153: Produtos Metálicos: Ensaio de dobramento semi-guiado.** Rio de Janeiro. 1988.

ASSOCIAÇÃO BRASILEIRA DE NORMAS TÉCNICAS. **NBR 6460: Tijolo maciço cerâmico para alvenaria - Verificação da resistência à compressão - Método de Ensaio.** Rio de Janeiro. 1983.

ASSOCIAÇÃO BRASILEIRA DE NORMAS TÉCNICAS. **NBR ISO 6892-1: Agregados: Determinação do material fino que passa através da peneira 75 μm , por lavagem.** Rio de Janeiro. 2003.

ASSOCIAÇÃO BRASILEIRA DE NORMAS TÉCNICAS. **NBR 7211: Agregados para concreto: Amostragem.** Rio de Janeiro. 2005.

ASSOCIAÇÃO BRASILEIRA DE NORMAS TÉCNICAS. **NBR 7477: Determinação do coeficiente de conformação superficial de barras e fios de aço destinados a armaduras de concreto armado.** Rio de Janeiro. 1982.

ASSOCIAÇÃO BRASILEIRA DE NORMAS TÉCNICAS. **NBR 7478: Método de ensaio de fadiga de barras de aço para concreto armado.** Rio de Janeiro. 1982.

ASSOCIAÇÃO BRASILEIRA DE NORMAS TÉCNICAS. **NBR 7480: Barras e fios de aço destinados a armaduras para concreto armado.** Rio de Janeiro. 1996.

ASSOCIAÇÃO BRASILEIRA DE NORMAS TÉCNICAS. **NBR 8890: Tubo de concreto de seção circular para águas pluviais e esgotos sanitários: Requisitos e métodos de ensaios.** Rio de Janeiro. 2007.

ASSOCIAÇÃO BRASILEIRA DE NORMAS TÉCNICAS. **NBR 10160: Tampões e grelhas de ferro fundido dúctil - Requisitos e métodos de ensaios.** Rio de Janeiro. 2005.

ASSOCIAÇÃO BRASILEIRA DE NORMAS TÉCNICAS. **NBR 12655: Concreto de cimento Portland: Preparo, controle e recebimento - Procedimento.** Rio de Janeiro. 2006.

AUTOCAD. Autodesk. Disponível para download em: <<https://www.autodesk.com.br/products/autocad/overview>> Acesso em: 16/04/2018 às 14:00.

ACÓRDÃO Nº 2622/2013 – TCU – Plenário.

BOTELHO, Manoel Henrique Campos. **Águas de chuva: engenharia das águas pluviais nas cidades.** 3. ed. São Paulo: Blucher, 2011. 297 p.

Caderno de encargos / Superintendência de Desenvolvimento da Capital. Diretoria de planejamento e Gestão. – 3^a. ed. Belo Horizonte: **SUDECAP**, 2008. 990p.

CAIXA ECONOMICA FEDERAL. **SINAPI**. Disponível em: <http://www.caixa.gov.br/site/Paginas/PageNotFound.aspx?requestUrl=http://www.caixa.gov.br/Downloads/sinapi-a-partir-jul-2009-mg/SINAPI_ref_Insumos_Composicoes_MG_072018_NaoDesonerado>. Acesso em: 13 set. 2018.

Drenagem urbana: Manual de projeto [por] Departamento de Águas e Energia Elétrica [e] Companhia de Tecnologia de Saneamento Ambiental. 2ª ed. corrigida. São Paulo, **DAAE/CETESB**, 1980.

DIOGO, Francisco José d’Almeida; SCIAMMARELLA, José Carlos. **Manual de pavimentação urbana. Drenagem: manual de projetos**. Rio de Janeiro: Associação Brasileira de Pavimentação, 2008.

DEER/MG. **Normas técnicas do DEER/MG: Caderno de drenagem - Projetos Padrão**. 4ª Edição. Belo Horizonte - MG. 2013, 2013. RT-01.47c.56p.

DNIT, Departamento Nacional de Infra-Estrutura de Transportes. **Manual de Hidrologia Básica para Estruturas de Drenagem**. 2ª Ed. Rio de Janeiro, 2005. 137p.

DNIT, Departamento Nacional de Infra-Estrutura de Transportes. **Manual de Drenagem de Rodovias**. 2ª Ed. Rio de Janeiro, 2006. 333p.

DNIT, Departamento Nacional de Infra-Estrutura de Transportes. **Álbum de projetos – tipos de dispositivos de drenagem**. 2ª Ed. Rio de Janeiro, 2006. 103p.

EXCEL. Microsoft Office. Disponível para compra em: <<https://products.office.com/pt-br/excel>> > Acesso em: 21/04/2018 às 23:00.

“**GOOGLE EARTH**”, Google. Disponível para download em: <<https://www.google.com/intl/pt-BR/earth/download/ge/agree.html>> Acesso em: 16/04/2018 às 18:00.

IBGE – INSTITUTO BRASILEIRO DE GEOGRAFIA E ESTATÍSTICA. **Distribuição espacial e nível de abrangência das redes de saneamento**. Disponível para download em: <<https://mapas.ibge.gov.br/images/pdf/mapas/cap01.pdf>>. Acesso em: 16/03/2018 as 14:00.

IBGE, CIDADES. **Dados do município de Três Corações-MG - Censo 2018**. Disponível em: <<https://cidades.ibge.gov.br/brasil/mg/tres-coracoes/panorama>>. Acesso em: 18/03/2018 às 22:00.

IBGE, CIDADES. **CENSO 2007**. Disponível em: <<https://ww2.ibge.gov.br/home/estatistica/populacao/contagem2007/default.shtm>>. Acesso em: 18/03/2018 às 22:00.

MINAS GERAIS (Estado). Secretaria de Estado de Transportes e Obras Públicas. **Consulta à Planilha Preço SETOP - Região Sul**. Disponível em: <<http://www.transportes.mg.gov.br/component/gmg/page/2244-consulta-a-planilha-preco-setop-regiao-sul>>. Acesso em: 13 set. 2018.

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 17 de abril 2018 às 21:52.

PREFEITURA DA CIDADE DO RIO DE JANEIRO. **Instruções técnicas para elaboração de estudos hidrológicos e dimensionamento hidráulico de sistemas de drenagem urbana**. Rio de Janeiro, 2010. 60 p.

SMDU/SP - **Manual de drenagem e manejo de águas pluviais: Gerenciamento do sistema de drenagem urbana vol.1**. Secretaria Municipal de Desenvolvimento Urbano. São Paulo – SP. 2012.

SMDU/SP - **Manual de drenagem e manejo de águas pluviais: Aspectos tecnológicos; fundamentos vol.2**. Secretaria Municipal de Desenvolvimento Urbano. São Paulo – SP. 2012.

SMDU/SP - **Manual de drenagem e manejo de águas pluviais: Aspectos tecnológicos; diretrizes de projeto vol.3**. Secretaria Municipal de Desenvolvimento Urbano. São Paulo – SP. 2012.

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

TOMAZ, Plínio. **Cálculos Hidrológicos e Hidráulicos para Obras Municipais**. 2002. 452 p.

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

TOMAZ, Plínio. **Curso de Manejo de Águas Pluviais: Capítulo 5 – Microdrenagem**. Guarulhos/SP, 2013. 100p.

TUCCI, Carlos Eduardo Morelli. **Inundações e Drenagem Urbana**. 2003. Porto Alegre p. 45-150.

TUCCI, Carlos Eduardo Morelli. **Gestão da drenagem urbana**. Brasília, DF: CEPAL. Escritório no Brasil/IPEA, 2012. (Textos para discussão CEPAL - IPEA, 48). 50 p.

TUCCI, Carlos Eduardo Morelli. **Gestão de Águas Pluviais Urbanas/ Carlos E. M.Tucci – Ministério das Cidades – Global Water Partnership - World Bank – Unesco 2005**. 270 p.

TUCCI, Carlos Eduardo Morelli; PORTO, Rubem la Laina; BARROS, Mário T. **Drenagem urbana**. 1. ed. Porto Alegre: ABRH/Editora da Universidade/UFRGS, 1995, 427 p.

VASCONCELOS, Ivana Prado de. **Notas de aula**. Centro Universitário do Sul de Minas. 2018.

ANEXO A – COEFICIENTE RUGOSIDADE DE MANNING

Quadro 01 - Coeficiente de rugosidade de Manning.

Tipos de Tubo	Valores de Laboratório	Projetos	
		Drenagem	Esgotos
Concreto	0,009 – 0,011	0,012	0,013
Plástico	0,009	0,012	0,013
Cimento Amianto	0,01	0,012	0,013
Ferro Flexível / Ferro Fundido	0,01	0,012	0,013
Metal Corrugado	-	-	
5 – 3,33 x 1,25	0,024	0,029	
15 x 5 Placa Reestrutural	0,033	0,04	
22,5 x 5 – 1,25 Placa Estrutural	0,09	0,012	

Fonte: Adaptado (ASSOCIAÇÃO BRASILEIRA DOS FABRICANTES DE TUBOS DE CONCRETO).

Quadro 02 - Coeficiente de rugosidade para cada tipo de sarjeta e/ou pavimento

TIPO DE SARJETA OU PAVIMENTO	COEFICIENTE DE RUGOSIDADE
Sarjeta em concreto bem acabada	0,012
Pavimento em asfalto com textura lisa	0,013
Pavimento em asfalto com textura áspera	0,016
Sarjeta em concreto e pavimento em asfalto com textura lisa	0,013
Sarjeta em concreto e pavimento em asfalto com textura áspera	0,015
Pavimento em concreto bem acabado	0,014
Pavimento em concreto mal acabado	0,016
Sarjetas com pequenas declividades onde os sedimentos se acumulam	0,02

Fonte: Adaptado (TOMAZ, 2013, p.35).

ANEXO B – CÁLCULO DO BDI ADOTADO

Quadro 01 – Valores de BDI por tipo de obra.

VALORES DE BDI POR TIPO DE OBRA			
TIPOS DE OBRA	1° Quartil (%)	Médio (%)	3° Quartil (%)
CONSTRUÇÃO DE EDIFÍCIOS	20,34	22,12	25
CONSTRUÇÃO DE FERROVIAS E RODOVIAS	19,6	20,97	24,23
CONSTRUÇÃO DE REDES DE ABASTECIMENTO DE ÁGUA, COLETA DE ESGOTO E CONSTRUÇÕES CORRELATAS	20,76	24,18	26,44
CONSTRUÇÃO E MANUTENÇÃO DE ESTAÇÕES DE DISTRIBUIÇÃO DE ENERGIA ELÉTRICA	24	25,84	27,86
OBRAS PORTUARIAS, MARTIMAS E FLUVIAIS	22,8	27,48	30,95

Fonte: Adaptado (Acórdão N° 2622/2013 – TCU- Plenário).

APÊNDICE A – DESENHO TÉCNICO