

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

**ENGENHARIA CIVIL**

**JACKSON ANTUNES VILAS BOAS ALVES**

**PROPOSTAS DE PROJETO PARA ADEQUAÇÃO DO SISTEMA DE  
MICRODRENAGEM URBANA NA RUA SÃO JOSE EM MACHADO - MG**

**Varginha**

**2020**

**JACKSON ANTUNES VILAS BOAS ALVES**

**PROPOSTAS DE PROJETO PARA ADEQUAÇÃO DO SISTEMA DE  
MICRODRENAGEM URBANA NA RUA SÃO JOSE EM MACHADO – MG**

Trabalho apresentado como requisito para obtenção dos créditos da disciplina de Trabalho de Conclusão de Curso II, 10º período do Curso de Engenharia Civil do Centro Universitário do Sul de Minas – UNIS/MG.

Orientadora: Prof.<sup>a</sup> Me Ivana Prado de Vasconcelos.

**Varginha**

**2020**

**JACKSON ANTUNES VILAS BOAS ALVES**

**PROPOSTAS DE PROJETO PARA ADEQUAÇÃO DO SISTEMA DE  
MICROGRENAGEM URBANA NA RUA SÃO JOSE EM MACHADO - 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 pela  
Banca Examinadora composta pelos membros:

Aprovado em    /    /

---

Prof.<sup>a</sup> Me.<sup>a</sup> Ivana Prado de Vasconcelos

---

Prof.

---

Prof.

OBS.:

## **AGRADECIMENTOS**

Agradeço primeiramente a Deus, pelo dom da sabedoria, da paciência e da dedicação, Agradeço aos meus pais, que sempre estiveram ao meu lado. Todo meu amor e gratidão por tudo o que fizeram e fazem por mim.

A minha irmã Alyne, que sempre me auxiliou e me incentivou.

Agradeço a toda a minha família e amigos, que sempre torcem e rezam por mim.

Agradeço a todos os professores que passaram pela minha vida acadêmica, por me tornarem além de profissional, uma pessoa melhor.

Em especial, agradeço a minha orientadora, Ivana, a todo suporte dado na realização do meu trabalho.

“Mas graças a Deus, que nos dá a vitória por meio de nosso Senhor Jesus Cristo. Portanto, meus amados irmãos, mantenham-se firmes, e que nada os abale. Sejam sempre dedicados à obra do Senhor, pois vocês sabem que, no Senhor, o trabalho de vocês não será inútil”.

1 Coríntios 15:57-58

## **RESUMO**

O presente trabalho apresenta um estudo de caso, realizado para drenagem urbana na rua São José, no bairro Santa Helena, na cidade de Machado-MG. O objetivo do nosso trabalho é caracterizar o local em estudo e a bacia de contribuição, bem como caracterizar a capacidade dos dispositivos hidráulicos do sistema de microdrenagem existentes, intencionando analisar possíveis deficiências no sistema de drenagem e elaborar um projeto para solucionar o respectivo sistema. Para isso, foi realizada uma revisão bibliográfica, visitas in loco, levantamento de dados de dispositivos existentes, estudos hidráulicos e hidrológicos. Desse modo, foi possível realizar a verificação e dimensionamento dos componentes hidráulicos do sistema de microdrenagem. No projeto, foram propostas a implantação de sarjetões, bocas de lobo para captação de água pluvial, implantação das galerias, pois, as sarjetas existentes não suportam a vazão da demanda atual. Com a implantação do projeto, os problemas que os moradores sofrem nos períodos chuvosos \_ escoamento superficial invadindo passeios e adentrando as residências, impedimento do fluxo de pedestres com as fortes enxurradas, e até mesmo destruição da pavimentação \_ serão minimizados.

**Palavras chaves:** Drenagem urbana. Sistema Microdrenagem. Dispositivos.

## **ABSTRACT**

*The present work presents a case study, carried out for urban drainage at street São José, in the Santa Helena neighborhood, in the city of Machado-MG. The objective of our work is to characterize the local study and the contribution basin, as well as to characterize the capacity of the hydraulic devices of the existing microdrain system, intending for possible deficiencies in the drainage system and elaborating a project to solve the respective system. For this, a bibliographic review, on-site visits, data collection of existing devices, hydraulic and hydrological studies were carried out. In this way, it was possible to carry out the verification and dimensioning of the hydraulic components of the microdrain system. In the project, it was proposed to install gutters, wolf's mouths to collect rainwater, to install galleries, because the existing gutters do not support the flow of current demand. With the implementation of the project, the problems that the residents received in the rainy periods \_ runoff invading sidewalks and entering as homes, impeding the flow of pedestrians with as heavy floods, and even destruction of the pavement \_ will be minimized.*

**Keywords:** *Urban drainage. Microdrain system. Devices.*

## LISTA DE FIGURAS

Figura 1: Localização da Rua São José na cidade de Machado-MG.....	12
Figura 2: Rua dos Curimbatás .....	12
Figura 3: Rua São José na cidade de Machado-MG.....	13
Figura 4: Final da rua para o córrego / Córrego Santa Helena. ....	14
Figura 5: Rampas de garagem. ....	14
Figura 6: Guias de paralelepípedo. ....	15
Figura 7: Localidades de bocas de lobos. ....	16
Figura 8: Área de contribuição da rua São José. ....	17
Figura 9: Sentido de escoamento pluvial.....	18
Figura 10: Divisão de sub bacias.....	19
Figura 11:Fatores de redução de escoamento das sarjetas. ....	26
Figura 12: Relatório dos parâmetros para Equação de intensidade.....	31



## LISTA DE QUADROS

Quadro 1: Média de alturas e declividades de sarjeta e rua.	16
Quadro 2: Áreas de contribuição por quadra.	17
Quadro 3: Coeficiente de runoff por tipo de área.	17
Quadro 4: Cruzamentos de ruas com Rua São José.	20
Quadro 5: Período de retorno em função da ocupação da área.	22
Quadro 6: Coeficientes de runoff por tipo de ocupação da área.	22
Quadro 7: Coeficientes de runoff por características da superfície.	23
Quadro 8: Alguns coeficientes de rugosidade de Manning.	25
Quadro 9: Dimensão “A” em função do diâmetro maior.	28
Quadro 10: Características dos condutos circulares parcialmente cheios.	28
Quadro 11: Tabela de condutos circulares parcialmente cheios.	29
Quadro 12: Quantitativo de áreas e coeficiente <i>runoff</i>	32
Quadro 13: Áreas da bacia de contribuição.	32
Quadro 14: Média por trecho altura meio fio, declividade e Y	33
Quadro 15: Vazão máxima por área de contribuição.	33
Quadro 16: Vazão sarjeta real por trecho margem esquerda.	33
Quadro 17: Vazão sarjeta real por trecho margem direita.	34
Quadro 18: Dimensionamento de Galeria.	34
Quadro 19: Verificação de velocidade, cobrimento e cota de assentamento.	34
Quadro 20: Dimensionamento dos poços de visita.	35
Quadro 21: Capacidade de engolimento da boca de lobo.	35
Quadro 22: Dimensionamento das bocas de lobo.	36
Quadro 23: Quadro de custos e quantitativos	39

## SUMÁRIO

<b>1 INTRODUÇÃO .....</b>	<b>9</b>
<b>2 OBJETIVOS .....</b>	<b>11</b>
2.1 Objetivos Gerais .....	11
2.2 Objetivos Específicos.....	11
<b>3 DIAGNÓSTICO .....</b>	<b>12</b>
3.1 Caracterização do Área de estudo .....	13
3.2 Caracterização do sistema de micro drenagem existente .....	15
3.3 Análise da estrutura do sistema de microdrenagem do local .....	16
<b>4 PROJETO .....</b>	<b>18</b>
<b>4.1 Memorial descritivo.....</b>	<b>18</b>
4.1.1 Dados do projetista .....	18
4.1.2 Localização do Trecho em análise.....	18
4.1.3 Apresentação .....	18
4.1.4 Concepção de projeto .....	19
4.1.5 Determinação das vazões de projeto .....	20
4.1.6 Dispositivos de ligação.....	24
<b>4.2 Memorial de Cálculo e planilhas.....</b>	<b>30</b>
4.2.1 Cálculos Hidrológicos .....	30
4.2.2 Cálculos hidráulicos .....	32
<b>4.3 Especificações de matérias e serviços.....</b>	<b>36</b>
4.3.1 Informações gerais.....	36
4.3.2 Escavação da vala.....	36
4.3.3 Assentamento das tubulações e dos poços de visita.....	37
4.3.4 Reenchimento da vala.....	37
4.3.5 Alvenaria de tijolos comuns .....	37
4.3.6 Poços de visita, caixa de ligação e bocas de lobo.....	37
4.3.7 Recomendações Gerais.....	38
<b>4.4 Quantitativos e orçamentos .....</b>	<b>38</b>
4.4.1 Custo total.....	40
<b>5 CONCLUSÃO.....</b>	<b>41</b>
<b>REFERÊNCIAS.....</b>	<b>42</b>
<b>APÊNDICE A -Planta baixa/Corte transversal/Áreas de sub bacias.....</b>	<b>44</b>
<b>APÊNDICE B - Detalhamento de dispositivos.....</b>	<b>46</b>

**APÊNDICE C - Planta baixa do sistema de microdrenagem e perfis longitudinais48**

## 1 INTRODUÇÃO

Com o crescimento desordenado das áreas urbanas, vai ocorrendo um aumento do desmatamento, ocorrendo, assim, alteração na cobertura vegetal natural na bacia hidrográfica, resultando, com isso, em um solo cada vez mais impermeabilizado, que afeta o sistema de drenagem natural.

A expansão caótica da urbanização e o uso inadequado do solo provocam a diminuição da capacidade de infiltração do solo, causando o aumento do escoamento superficial que acarreta vários problemas do sistema de microdrenagem.

Os projetos de drenagem urbana, segundo Wilken (1978), exigem verbas consideráveis ao município, o que leva os engenheiros a buscarem soluções com métodos econômicos mais adequados, ainda que existam fatores que dificultem esse processo, tais como: incertezas de elementos do projeto de drenagem, falta de processo de cálculo satisfatório e material bibliográfico que contemple amplamente sobre o referente tema.

A drenagem urbana é composta por dois sistemas: macrodrenagem e microdrenagem. Se os sistemas de drenagem não são inseridos inicialmente com o planejamento urbano, os projetos futuros poderão, apresentar elevados custos.

Na gestão da drenagem urbana, Gribbin (2012) afirma que envolve o adequado escoamento das águas pluviais, com o objetivo de moderar as inundações, evitar a acumulação de água parada e minimizar os prejuízos sociais, econômicos e ambientais que são causados pelas inundações.

O sistema de microdrenagem urbana e coletor de águas pluviais de estruturas de pequenas dimensões, geralmente, apresenta um tempo de retorno entre 2 (dois) a 10 (dez) anos, variando de acordo com o tipo de ocupação da área. Já o sistema de macrodrenagem é composto por estruturas de maiores dimensões e são projetadas com tempo de retorno próximo de 100 (cem) anos.

Sobre o assunto, Righetto et al. (2009) descreve que o sistema de microdrenagem tem o objetivo de atender à drenagem de precipitações de risco moderado, pois o escoamento das águas pluviais inicia nas sarjetas e elas são conduzidas para as bocas de lobo sendo, posteriormente, transportadas para as galerias.

O presente trabalho apresenta um estudo de caso sobre a Rua São José, localizada no município de Machado-MG. O local de estudo e a bacia de contribuição da respectiva rua foram caracterizados e diagnosticados. Constatando-se, portanto, que a área em estudo refere-se a um sistema de microdrenagem urbana.

A finalidade deste trabalho é apresentar um projeto para solucionar o sistema de microdrenagem na Rua São José. Foi verificado *in loco* que o respectivo sistema é precário e antigo e não possui galerias, poços de visita e sarjetões para o direcionamento do escoamento superficial. E com o crescimento da urbanização e a impermeabilização do solo o sistema existente não suporta o atual escoamento superficial.

O desenvolvimento do projeto de drenagem propõe adequação ao atual sistema e implantação de dispositivos inexistentes. Seguindo as recomendações e adotando parâmetros técnicos da área da drenagem pluvial ante as avaliações, deve-se considerar a inclusão de dispositivos, visando a recuperação do correto funcionamento do sistema.

## **2 OBJETIVOS**

### **2.1 Objetivos Gerais**

Este trabalho tem por objetivo apresentar adequações no sistema de microdrenagem na Rua São José, na cidade de Machado-MG.

### **2.2 Objetivos Específicos.**

- Apresentar o sistema de microdrenagem existente;
- Delimitar a bacia de contribuição;
- Apresentar o local de estudo;
- Diagnosticar possíveis falhas no sistema existente e propor soluções para as possíveis falhas;
- Quantificar e analisar os dados hidrológicos do município;
- Fazer análise hidráulica;
- Propor soluções para os problemas detectados;
- Projeto de microdrenagem;
  - Memorial descritivo;
  - Desenho técnico;
  - Memorial de cálculo;
- Apresentar especificações de matérias e Serviços;
- Apresentar estimativa de custos.

### 3 DIAGNÓSTICO

Para a realização do diagnóstico, foram feitas visitas in loco e análises do local, pois a prefeitura não possui projetos de drenagem do trecho analisado. Com a execução recente de um loteamento, que está em destaque na Figura 1, e a construção de casas, houve um aumento na impermeabilização do solo, aumentando, por essa razão, o escoamento superficial. A Figura 2 apresenta a rua do final do loteamento que faz cruzamento com a rua analisada. Após o *lockdown*, em razão da pandemia, foi reaberta a prefeitura de Machado-MG ao público, então, foi possível realizar uma conversa com o responsável pelo setor de obras, quando foi constatado que a microdrenagem do novo loteamento não tem nenhum vínculo com o trecho em análise.

**Figura 1: Localização da Rua São José na cidade de Machado-MG**



Fonte: Adaptado. Google Earth (2020).

**Figura 2: Rua dos Curimatás**

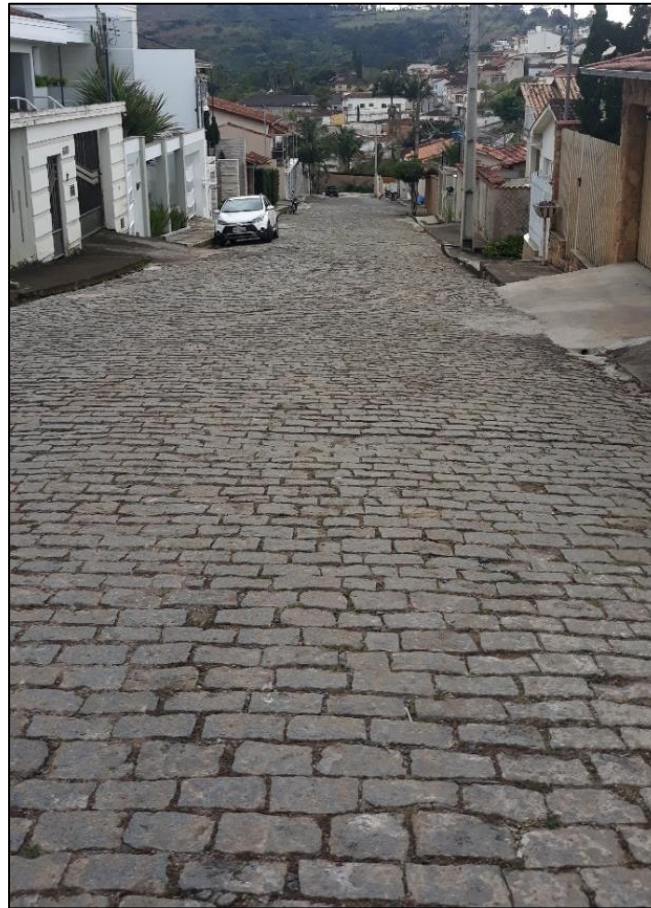


Fonte: O Autor (2020).

### 3.1 Caracterização do Área de estudo

A Rua São José, em análise destacada na Figura 1, possui uma extensão de 495 (quatrocentos e noventa e cinco) metros de comprimento e largura de 8 metros. A via apresenta uma pavimentação de paralelepípedos, como se pode ver na figura 3. O trecho em análise é uma via localizada em um bairro onde não há pontos de comércio.

**Figura 3: Rua São José na cidade de Machado-MG**



Fonte: O autor. (2020)

Esse trecho é relevante no estudo, pois apresenta problemas de escoamento superficial, porque as sarjetas não suportam o volume de chuva e acabam invadindo passeios. Observa-se, no comprimento total da via, que só há uma boca de lobo do lado esquerdo e uma do lado direito, localizadas no final da via, onde a água escoava para um córrego, como pode se ver na Figura 4.

Outro problema encontrado são as rampas nas garagens, feitas pelos proprietários, impedindo o escoamento pelas sarjetas, conforme mostra a Figura 5.



**Figura 4: Final da rua para o córrego / Córrego Santa Helena.**



Fonte: O autor. (2020)

**Figura 5: Rampas de garagem.**



Fonte: Autor. (2020)

A sarjeta e as guias são construídas com paralelepípedos. As mesmas possuem tamanhos diferentes ao longo da via, conforme Figura 6. Com a visita in loco e após uma análise crítica da via, constatou-se que não há galerias, poços de visitas e sarjetões.

**Figura 6: Guias de paralelepípedo.**



Fonte: Autor. (2020)

### **3.2 Caracterização do sistema de micro drenagem existente**

A ocupação urbana do local de estudo teve um crescimento rápido e de forma desordenada, causando a impermeabilização do solo e gerando a redução da infiltração das águas pluviais.

Com a abertura da prefeitura ao público, foi possível o acesso à planta arquitetônica do local, possibilitando que a divisão das sub bacia fosse feita. A área de contribuição de escoamento superficial para o trecho em análise apresenta uma área de 23.015,82 m<sup>2</sup> (vinte e três mil e quinze metros quadrados e oitenta e dois centímetros).

A sub bacia do trecho em estudo é constituída por áreas residências isoladas e áreas pavimentadas, que apresentam dois tipos de pavimentação: asfáltica e paralelepípedo.

O sistema de microdrenagem apresenta os componentes de sarjetas e somente duas bocas de lobo, ao final do trecho, as quais jogam a água diretamente no córrego, não havendo galerias, poços de visitas e sarjetões.

As sarjetas verificadas in loco apresentam diversas dimensões e são de paralelepípedo, o mesmo material constituinte da pavimentação da via. Ao longo da rua, o meio fio possui diferentes alturas. Constatou-se que, em alguns trechos, as sarjetas não desempenham seu papel na microdrenagem.

O ponto receptor das águas pluviais do trecho em estudo é um curso de água.

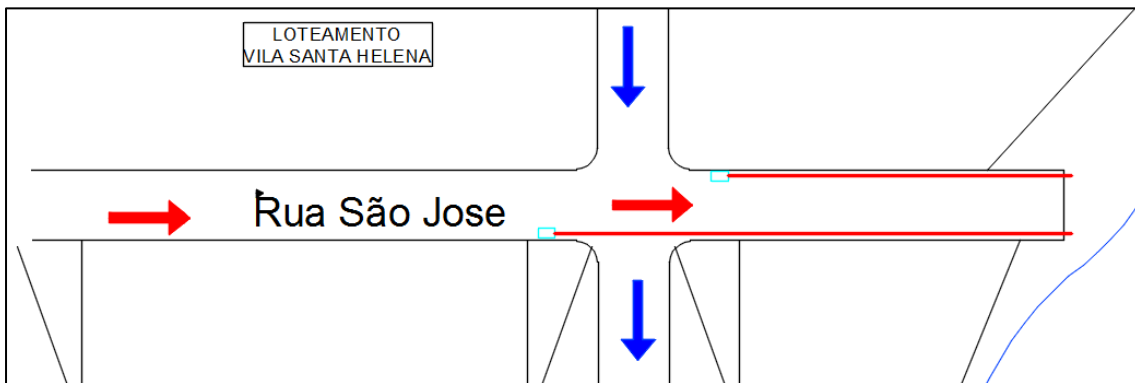
### 3.3 Análise da estrutura do sistema de microdrenagem do local

Com a pandemia no início do ano de 2020, não foi possível o levantamento total dos dados do sistema de microdrenagem da Rua São José. Estes foram feitos no TCC II (Trabalho de Conclusão de Curso Dois).

Após a liberação do lockdown, foi possível o levantamento correto do sistema de microdrenagem do local e, com isso, foi possível verificar que o novo loteamento que está em destaque na Figura 1, não tem nenhuma influência no trecho analisado.

No sistema atual não possui nenhuma galeria, poços de visitas e nem sarjetões. Há somente 2 (duas) bocas de lobos, como demonstrado na Figura 7.

**Figura 7: Localidades de bocas de lobos.**



Fonte: Autor. (2020)

As sarjetas possuem diversos tamanhos, ao longo do trecho analisado, por isso, foi feita uma média da altura dos meio fios, declividade transversal das sarjetas e da rua, para o cálculo de capacidade da sarjeta por trechos e por margens apresentadas no Quadro 1.

**Quadro 1: Média de alturas e declividades de sarjeta e rua.**

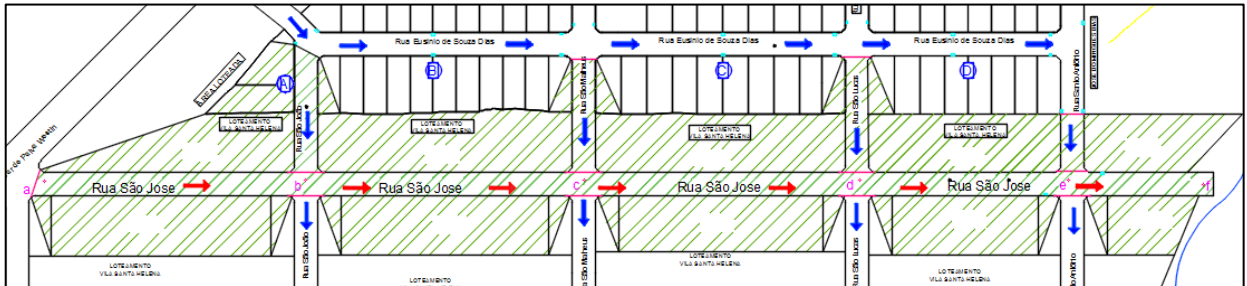
Rua	Trecho	H médio meio fio (m)		Isarjeta médio (%)		Y médio sarjeta(m)		I rua médio (%)		Y médio rua(m)	
		ME	MD	ME	MD	ME	MD	ME	MD	ME	MD
Rua São José	A-B	0,16	0,17	14%	11%	0,13	0,14	3%	4%	0,01	0,02
	B-C	0,18	0,18	8%	9%	0,14	0,14	3%	2%	0,02	0,01
	C-D	0,16	0,15	16%	5%	0,12	0,12	1%	1%	0,003	0,01
	D-E	0,16	0,16	6%	4%	0,13	0,13	1%	1%	0,005	0,00
	E-F	0,15	0,17	4%	7%	0,12	0,14	1%	1%	0,003	0,01

Fonte: Autor. (2020)



Foi feito o levantamento das áreas de contribuição, de acordo com o estudo, como pode ser visto na Figura 8. Onde há área em tracejado é área de contribuição para rua. As setas indicam a direção do escoamento superficial. No quadro 2 há as áreas por margem.

**Figura 8: Área de contribuição da rua São José.**



Fonte: Autor. (2020)

**Quadro 2: Áreas de contribuição por quadra.**

Áreas de contribuição para drenagem da Rua São José		
Sub bacias	Margem	Área (m <sup>2</sup> )
1	Direita	2477
2	Direita	3072
3	Direita	2991
4	Direita	2210,3
5	Direita	1418,78
6	Esquerda	2736
7	Esquerda	2555,63
8	Esquerda	2390,05
9	Esquerda	1881,31
10	Esquerda	1283,75
Total		23015,82

Fonte: Autor. (2020)

Com o novo levantamento de informações de ocupação do trecho em análise, foi verificado um coeficiente de escoamento superficial, para cada tipo de área, que está demonstrado no Quadro 3.

**Quadro 3: Coeficiente de runoff por tipo de área.**

Tipo de Área	coeficiente runoff
Área residencial- Unidades múltiplas (separadas)	0,50
Áreas de ruas com superfície em pavimentação em paralelepípedos	0,60

Fonte: Autor. (2020)

## 4 PROJETO

### 4.1 Memorial descritivo

#### 4.1.1 Dados do projetista

Nome: Jackson Antunes Vilas Boas Alves

Endereço: Rua Gerônimo Figueiredo, n° 196 – Santa Helena – Machado/MG

CEP: 37.750-000

Telefone: (35) 99158-3150

#### 4.1.2 Localização do Trecho em análise.

A área de bacia de contribuição está localizada em um bairro próximo ao centro da cidade de Machado-MG. A Figura 9 apresenta o trecho analisado, a Rua São José.

**Figura 9: Sentido de escoamento pluvial.**



Fonte: Adaptado. Google Earth. (2020)

#### 4.1.3 Apresentação

O presente memorial apresenta a segunda etapa do TCC (Trabalho de Conclusão de Curso) para a solução do problema de microdrenagem da rua São José onde possui um exutório, ao seu final.

O objetivo deste memorial descritivo e apresenta a metodologia de cálculo, utilizada no projeto de microdrenagem nas sub bacias de contribuição referente a Rua São José.

Este estudo consiste na realização de pesquisas bibliográficas e de campo, onde as áreas contribuintes foram caracterizadas e diagnosticada. Através de visitas *in loco*, foram levantados os componentes hidráulicos do sistema de microdrenagem.

O sistema de microdrenagem existente é precário e apresenta poucos componentes hidráulicos, tais como, sarjetas, e há somente duas bocas de lobo com grelhas que são canalizadas diretamente para o córrego. Não há sarjetões, galerias nem poços de visitas no trecho, portanto, após o crescimento urbano do trecho, e com a inexistência desses elementos, a conservação e manutenção dos mesmos, não favorece para eficiência do sistema em estudo.

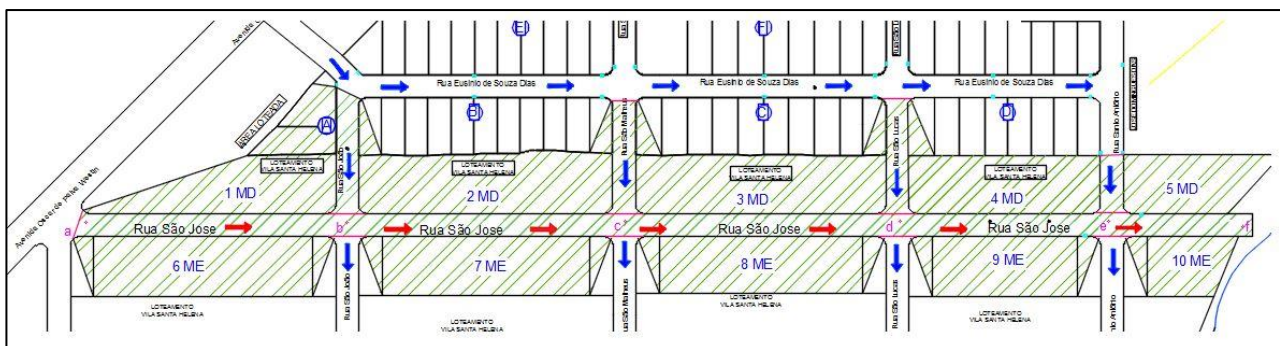
A finalidade desse projeto é atenuar e resolver problemas do sistema atual, com a proposta de implantação de dispositivos inexistentes que direcionem o escoamento superficial corretamente para o córrego.

#### 4.1.4 Concepção de projeto

A base de dados deste trabalho foi obtida através de revisões bibliográficas, *software* tais como, *Google Earth*, *Global Mapper*, *Pluvio 2.1*, *AutoCad 2020* e *Excel*. Visitas *in loco* foram realizadas com o objetivo de verificar e constatar a situação do sistema de microdrenagem existente.

A área de contribuição foi dividida em sub bacia margem direita e margem esquerda, que foram numeradas para melhor compreensão do estudo em questão, como mostra a Figura 10. Foi utilizado o *software* AutoCad para delimitar e encontrar as áreas das sub bacias.

**Figura 10: Divisão de sub bacias.**



Fonte: Autor. (2020)

As sub bacias de contribuição apresenta uma área total de 23.015,82 m<sup>2</sup> (vinte e três mil e quinze virgula oitenta e dois metros quadrados).

A inexistência de sarjetões nos cruzamentos das vias, conforme se verificou em visitas *in loco*, é definida pelo inadequado escoamento superficial das águas pluviais, pois, em certos

locais, a água é direcionada para o meio da rua ou para outro sentido da rua, para onde não deveria escoar.

Após feita a análise da ausência de sarjetões, pôde-se verificar a possibilidade de riscos ao tráfego de carros e aos pedestres que transitam pelo local, além de ocasionar danos ao pavimento.

Os sarjetões, portanto, permitirão o adequado direcionamento do escoamento pluvial para o sistema inicial de drenagem nos cruzamentos das vias, assim como o correto cálculo das vazões de jusante e os demais componentes hidráulicos do sistema de microdrenagem.

A decisão do projeto de implantação de sarjetões nos cruzamentos do lado esquerdo e direito das Ruas nomeadas, como se vê no Quadro 4, deverá direcionar todo o escoamento para Rua São José.

**Quadro 4: Cruzamentos de ruas com Rua São José.**

Cruzamentos de ruas	
Rua São João	Rua São José
Rua São Marcus	
Rua São Lucas	
Rua Santo Antônio	

Fonte: Autor. (2020)

De acordo com a vazão, foi analisada e detectada a necessidade de bocas de lobo e galerias, no local. Em trechos com necessidades desses dispositivos, foram dimensionados os componentes hidráulicos inexistentes.

#### 4.1.5 Determinação das vazões de projeto.

Para a elaboração e/ou verificação de um sistema microdrenagem podem-se usar equações estabelecidas para sua determinação. O tempo de escoamento é calculado pela Equação 1, de George Ribeiro.

$$ts = \frac{16.L}{(1,05 - 0,2 P). (100.I)^{0,04}}$$

Equação 1.

Onde,

**Ts** = Tempo de escoamento superficial (min);

**L** = Comprimento do talvegue em (Km);

**P** = Relação entre a área da cobertura vegetal e a área total da bacia (%);

**I** = Declividade média do talvegue principal (m/m).

De acordo com Tucci, Porto e Barros (1995), a vegetação que cobre a bacia, a declividade e o tempo de escoamento são de grande importância para cálculo do tempo de concentração. Adota-se o tempo que a chuva para de cair sobre a bacia, que é chamado de tempo morto, assim, o tempo de concentração é obtido pela Equação 2.

$$tc = ts + 10min$$

Equação 2.

Onde:

**tc** = tempo de concentração (min);

**ts** = tempo de escoamento superficial (min);

10 min = tempo morto (min).

Ainda para determinação do tempo de escoamento superficial e necessário calcular a declividade média (**Im**) pela Equação 3.

$$Si = \Delta h/L$$

Equação 3.

Onde:

**$\Delta h$**  = diferença de cota entre os pontos extremos (m);

**L** = comprimento retilíneo entre as cotas (m).

Em todo processo técnico para cálculo da vazão deve-se atentar, principalmente, para a intensidade de chuva que é obtida pela Fórmula de Chen, expressa pela Equação 4, na qual o *software* Plúvio 2.1 fornece os quatro parâmetros (**k**, **a**, **b** e **c**) necessários para o cálculo de acordo com sua região.

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

Equação 4.

Onde:

**Im** = intensidade da chuva (mm/h)

**TR** = tempo de retorno (anos vide quadro 5);

**tc** = tempo de duração das chuvas (min).

**K,a,b,c** = Parâmetros locais obtidos por regressão linear, com base nas informações extraídas do pluviômetro.



O período de retorno se demonstra no Quadro 5, de acordo com a ocupação do local estudado, onde TUCCI (1995) apresenta períodos de retorno de acordo com os tipos de obra (microdrenagem ou macrodrenagem) e ocupação da área.

**Quadro 5: Período de retorno em função da ocupação da área.**

Tipo de Obra	Tipo de Ocupação da Área	T (anos)
Microdrenagem	Residencial	2
Microdrenagem	Comercial	5
Microdrenagem	Áreas com edifícios de serviços públicos	5
Microdrenagem	Aeroportos	2 a 5
Microdrenagem	Áreas comerciais e artérias de tráfego	5 a 10
Microdrenagem	Áreas comerciais e residenciais	50 a 100
Microdrenagem	Áreas de importância específica	500

Fonte: Adaptado de TUCCI (1995).

O coeficiente de escoamento superficial ou coeficiente de *runoff* (C) é usado através da análise do Quadro 6 e 7, com relação às áreas de drenagem da bacia contribuinte que, de acordo com a CETESB (1980), o coeficiente de escoamento superficial depende de várias características, por exemplo: tipo de solo, cobertura, tipo de ocupação, intensidade de precipitação.

**Quadro 6: Coeficientes de runoff por tipo de ocupação da área.**

DESCRIÇÃO DA ÁREA	COEFICIENTE DE "RUNOFF"
Área comercial <ul style="list-style-type: none"> <li>• Central</li> <li>• Bairros</li> </ul>	0,70 a 0,95 0,50 a 0,70
Área Residencial <ul style="list-style-type: none"> <li>• Residências Isoladas</li> <li>• Unidades Múltiplas (separadas)</li> <li>• Unidades Múltiplas (conjugadas)</li> <li>• Lotes com 2000 m<sup>2</sup> ou mais</li> </ul> Área com prédios de apartamentos	0,35 a 0,50 0,40 a 0,60 0,60 a 0,75 0,30 a 0,45 0,50 a 0,70
Área Industrial <ul style="list-style-type: none"> <li>• Indústrias Leves</li> <li>• Indústrias Pesadas</li> </ul>	0,50 a 0,80 0,60 a 0,90
Parques, Cemitérios Playgrounds Pátios de estradas de ferro Áreas sem melhoramentos	0,10 a 0,25 0,20 a 0,35 0,20 a 0,40 0,10 a 0,30

Fonte: CETESB (1980).

**Quadro 7: Coeficientes de runoff por características da superfície.**

CARACTERÍSTICA DA SUPERFÍCIE	COEFICIENTE DE
Ruas	
• Pavimentação asfáltica	0,70 a 0,95
• Pavimentação de concreto	0,80 a 0,95
Passeios	0,75 a 0,85
Telhados	0,75 a 0,95
Terrenos relvados (solos arenosos)	
• Pequena declividade (2%)	0,05 a 0,10
• Declividade média (2% a 7%)	0,10 a 0,15
• Forte declividade (7%)	0,15 a 0,20
Terrenos relvados (solos pesados)	
• Pequena declividade (2%)	0,15 a 0,20
• Declividade média (2% a 7%)	0,20 a 0,25
• Forte declividade (7%)	0,25 a 0,30

Fonte: CETESB (1980).

A CETESB (1980) ainda descreve que o coeficiente de escoamento superficial composto se refere a uma porcentagem de diversos tipos de superfície sobre a área que será estudada, podendo-se obter, então, o coeficiente de *runoff* médio pela Equação 5.

$$C_{\text{médio}} = \frac{\sum A_1 \cdot C_1 + A_2 \cdot C_2 \dots + A_n \cdot C_n}{\sum A_1 + A_2 \dots + A_n}$$

Equação 5.

Onde,

$C_{\text{médio}}$  = coeficiente de escoamento superficial médio (adimensional);

$C_1, C_2, C_n$  = coeficientes de escoamento superficial das áreas  $A_1, A_2, A_n$  (adimensional);

$A_1, A_2, A_n$  = áreas que possuem os coeficientes  $C_1, C_2, C_n$  (m<sup>2</sup>).

Para a vazão pluvial foi utilizado o método racional. De acordo com a SUDECAP (1995), o método racional é aplicado para galerias e bacias que não ultrapassem áreas de 500 ha (quinhentos hectares). Assim, a vazão máxima ocorre quando toda bacia estiver contribuindo, e a chuva será considerada como constante, apresentando duração igual ao tempo de concentração.

A fórmula do método racional é expressa pela Equação 6.

$$Q = C * i * A$$

Equação 6.

Onde:

**Q** = Vazão de pico (m<sup>3</sup>/s)

**C** = Coeficiente de deflúvio;

**i** = Intensidade da chuva;

**A** = Área da bacia.

#### 4.1.6 Dispositivos de ligação

##### 4.1.6.1 Sarjetas e sarjetões

Segundo BOTELHO (2011), as sarjetas são usadas para fixação das guias ou meio fio para formar o piso de escoamento da água. Isso, devido à declividade transversal da via. Para as ruas asfálticas, as sarjetas são componentes essenciais, pois a máquina de asfaltamento tem a dificuldade de chegar até a guia. Em casos de ruas com paralelepípedos, rejuntadas com areia, as sarjetas podem ser feitas com o mesmo material, sendo rejuntadas com argamassa (areia e cimento).

Para a determinação da altura da lâmina d'água ( $y_0$ ) utilizou-se a Equação 7.

$$y_0 = 0,8 * h$$

Equação 7

Onde:

**y<sub>0</sub>** = Altura da lâmina d'água (m);

**h** = altura do meio fio (m).

Para o local em estudo, foram levantadas quatro medidas de meio fio, por margem e por trecho, por apresentarem diferentes alturas, e feita uma média por trecho, adotando, assim, a média para os cálculos de capacidade de escoamento pela sarjeta.

Com a obtenção do valor de  $y_0$  (altura da lâmina d'água) foi calculado a inclinação da sarjeta pela Equação 8.

$$it = \frac{h - y_0}{L_{sarjeta}}$$

Equação 8.

Onde:

**it** = inclinação transversal da sarjeta (m/m)

**h** = altura do meio fio (m)

$y_0$  = Altura da lâmina d'água (m);

$L$  sarjeta = largura da sarjeta (m)

#### 4.1.6.1.1 Coeficiente de rugosidade

TUCCI (1995) indica o Quadro 8 para os valores de coeficiente de rugosidade de Manning. Estes valores foram utilizados para o cálculo de sarjetas e galerias.

**Quadro 8: Alguns coeficientes de rugosidade de Manning.**

Características	n
Canais retilíneos com grama de até 15cm de altura	0,30 - 0,40
Canais retilíneos com capins de até 30cm de altura	0,30 - 0,06
<b>Galerias de concreto</b>	
Pré-moldados com bom acabamento	0,011 - 0,014
Moldado no local com formas metálicas simples	0,012 - 0,014
Moldado no local com formas de madeira	0,015 - 0,020
<b>Sarjetas</b>	
Asfalto suave	0,013
Asfalto rugoso	0,016
Concreto suave com pavimento de asfalto	0,014
Concreto rugoso com pavimento de asfalto	0,015
Pavimento de concreto	0,014 - 0,016
Pedras	0,016

Fonte: Adaptado de Tucci (1995)

#### 4.1.6.1.2 Cálculo da vazão da sarjeta.

Ainda: A CETESB (1980) determina que a capacidade teórica das sarjetas simples pode ser dimensionada utilizando-se a Fórmula de Manning modificada por Izzard, expressa na Equação 9.

$$q_{st} = 0,375 \cdot \frac{Z}{n} \cdot i^{0,5} \cdot y_3^8$$

Equação 9.

Onde:

$Q$  = vazão (m<sup>3</sup>/s);

$Z$  = inverso da declividade transversal (m/m);

$i$  = declividade longitudinal (m/m);

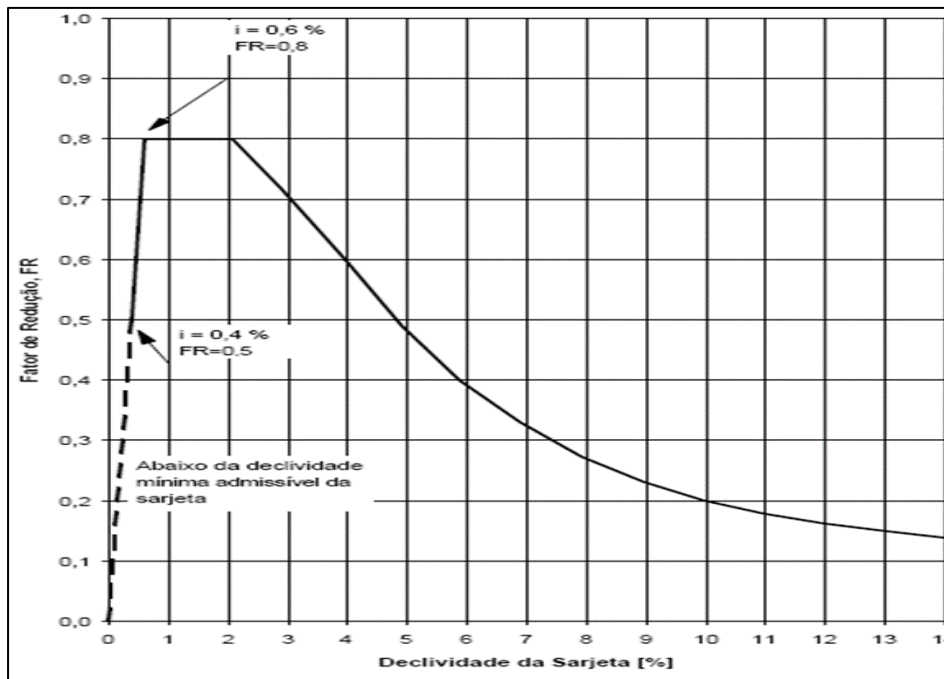
$y$  = profundidade junto à linha de fundo (m);

$n$  = coeficiente de rugosidade.

Após o cálculo da vazão teórica de escoamento superficial de uma sarjeta é aplicado um coeficiente de redução da capacidade de escoamento, obtido pela Figura 11.

Segundo SMDU/SP (2012), esse coeficiente serve para analisar meios de redução de impactos que são provenientes da obstrução por detritos no funcionamento das sarjetas. Essa figura (Figura 11) fornece os fatores de redução da capacidade de escoamento superficial da sarjeta em relação à declividade do escoamento.

**Figura 11: Fatores de redução de escoamento das sarjetas.**



Fonte: DAAE/CETESB (1980).

É utilizada, então, a Equação 10 para calcular a vazão real da sarjeta ( $q_{sr}$ ).

$$q_{sr} = q_{st} * F$$

Equação 10.

Onde:

$q_{sr}$  = vazão real das sarjetas ( $m^3/s$ );

$q_{st}$  = capacidade teórica da vazão da sarjeta ( $m^3/s$ )

$F$  = fator de redução de escoamento da sarjeta (através da figura 11)

Tucci, Porto e Barros (1995) diz que, quando a vazão real da sarjeta é menor que a vazão pluvial, não há necessidade de galerias. Por isso, esse procedimento deve ser realizado em todos os trechos da bacia contribuinte.

Em relação aos sarjetões, a CETESB (1980) determina que sarjetão e rasgos sejam os canais que são fixados em cruzamentos ou pontos inferiores ao greide das vias, com a finalidade de transportar as águas superficiais de uma sarjeta até outra, ou para uma boca de lobo.

#### 4.1.6.2 Bocas de lobo

Segundo a CETESB (1980), as bocas de lobo com grelha são tipos de boca de lobo que possuem uma abertura coberta com barras metálicas longitudinais e/ou transversais, formando uma ou mais grelhas.

De acordo com Tucci, Porto e Barros (1995) essas bocas de lobos podem funcionar como vertedouro de soleira livre, desde que apresentem profundidade de lâmina de água até 12 cm (doze centímetros) em um dos lados da grelha e adjacente da guia, cuja capacidade de engolimento pode ser calculada pela Equação 11.

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

Equação 11.

Onde:

**Q** = vazão de engolimento da boca de lobo (m<sup>3</sup>/s);

**P** = perímetro da boca de lobo (m);

**y** = altura de água próxima à abertura na guia (m);

#### 4.1.6.3 Tubo de ligação

De acordo com BOTELHO (2011), as águas coletadas pelas bocas de lobo ou caixa de grelhas são esgotadas por tubos de ligação que possuem diâmetros de 300 mm ou 400 mm, ou até 600 mm, servindo para esgotar conjuntos de bocas de lobo.

#### 4.1.6.4 Poços de visita

De acordo com BOTELHO (2011) e a Prefeitura do Município de São Paulo (1999), os poços de visita asseguram as mudanças de declividade, de diâmetro e de direção. São também utilizados para acesso e para fazer manutenção das tubulações, sendo posicionados em pontos estratégicos em relação às galerias.

TUCCI (2005) retrata poço de visita como uma caixa que pode ser construída de concreto pré-moldado ou de alvenaria que une duas partes contínuas de uma galeria.

BOTELHO (2011) apresenta valores para dimensão dos poços de visita, de acordo com o diâmetro das galerias que são mostradas no Quadro 9.

**Quadro 9: Dimensão “A” em função do diâmetro maior.**

Diâmetro (mm)	A (mm)
	1,20 (mínimo)
600	1,40
700	1,50
800	1,60
900	1,70
1000	1,80
1200	2,00
1500	2,30

Fonte: Botelho (2011).

#### 4.1.6.5 Galeria

A CETESB (1980) descreve que as galerias de águas pluviais têm a função de coletar e conduzir a água para um curso d’água, assim, tende a prevenir danos que são causados pelas altas precipitações.

Portanto, o cálculo de vazão de projeto é obtido pela Equação 12.

$$Q_{Proj} = Q_{exc} / (Q/Q_p)$$

Equação 12

Onde,

$Q_{Proj}$  = Vazão de projeto (m<sup>3</sup>/s);

$Q_{exc}$  = vazão inicial da galeria (m<sup>3</sup>/s);

$Q/Q_p$  = obtido pela figura 12 pela Relação y/d.

O ajuste da vazão e o cálculo da velocidade da tubulação se dão para diferentes relações Y/D (relação entre o tirante d’água (y) e o diâmetro (d) do tubo), mostrado no Quadro 10. O coeficiente utilizado para cálculo deste projeto foi 0,9.

**Quadro 10: Características dos condutos circulares parcialmente cheios.**

Autor/Instituição	V <sub>mín</sub> (m/s)	V <sub>máx</sub> (m/s)	Recobr. mín (m)	y/D ou Seção Plena
Tucci et al (2004)	0,6	5	1	Plena
Azevedo Netto e Araujo (1998)	0,75	5	1	Plena ou 0,9
Wilken (1978)	0,75	3,5	-	Plena
Alcântra, apud Azevedo Netto (19690)	1	4	-	0,7
Porto (1999)	V <sub>med</sub> = 4 até 6 m/s		-	0,75
Cirilo (2003)	0,6	4,5	-	-
Haestad - Durrans (2003)	0,60 até 0,90	4,05	0,9	0,85
DAEE/CETESB (1980)	-	-	-	0,82

Fonte: Adaptado MENEZES FILHO e COSTA (2012).

Quadro 11: Tabela de condutos circulares parcialmente cheios.

y/D	R/D	A/d <sup>2</sup>	v/vp	Q/Qp	y/D	R/D	A/d <sup>2</sup>	v/vp	Q/Qp
0,01	0,0066	0,0013	0,0890	0,00015	0,51	0,2531	0,4027	1,0084	0,51702
0,02	0,0132	0,0037	0,1408	0,00067	0,52	0,2562	0,4127	1,0165	0,53411
0,03	0,0197	0,0069	0,1838	0,00161	0,53	0,2592	0,4227	1,0243	0,55127
0,04	0,0262	0,0105	0,2221	0,00298	0,54	0,2621	0,4227	1,0320	0,56847
0,05	0,0326	0,0147	0,2569	0,00480	0,55	0,2649	0,4426	1,0393	0,58571
0,06	0,0389	0,0192	0,2891	0,00708	0,56	0,2676	0,4526	1,0464	0,60296
0,07	0,0451	0,0242	0,3194	0,00983	0,57	0,2703	0,4625	1,0533	0,62022
0,08	0,0513	0,0294	0,3480	0,01304	0,58	0,2728	0,4724	1,0599	0,63746
0,09	0,0575	0,0350	0,3752	0,01672	0,59	0,2753	0,4822	1,0663	0,65467
0,10	0,0635	0,0409	0,4011	0,02088	0,60	0,2776	0,4920	1,0724	0,67184
0,11	0,0695	0,0470	0,4260	0,02550	0,61	0,2799	0,5018	1,0783	0,68895
0,12	0,0755	0,0534	0,4490	0,03058	0,62	0,2821	0,5115	1,0839	0,70597
0,13	0,0813	0,0600	0,4730	0,03613	0,63	0,2842	0,5212	1,0893	0,72290
0,14	0,0871	0,0668	0,4953	0,04214	0,64	0,2862	0,5308	1,0944	0,73972
0,15	0,0929	0,0739	0,5168	0,04861	0,65	0,2881	0,5404	1,0993	0,75641
0,16	0,0986	0,0811	0,5376	0,05552	0,66	0,2900	0,5499	1,1039	0,77295
0,17	0,1042	0,0885	0,5578	0,06288	0,67	0,2917	0,5594	1,1083	0,78932
0,18	0,1097	0,0961	0,5774	0,07068	0,68	0,2933	0,5687	1,1124	0,80551
0,19	0,1152	0,0104	0,5965	0,07891	0,69	0,2948	0,5780	1,1162	0,82149
0,20	0,1206	0,1118	0,6150	0,08757	0,70	0,2962	0,5872	1,1198	0,83724
0,21	0,1259	0,1199	0,6331	0,09664	0,71	0,2975	0,5964	1,1231	0,85275
0,22	0,1312	0,1281	0,6506	0,10613	0,72	0,2987	0,6054	1,1261	0,86799
0,23	0,1364	0,1365	0,6677	0,11602	0,73	0,2998	0,6143	1,1288	0,88294
0,24	0,1416	0,1449	0,6844	0,12631	0,74	0,3008	0,6231	1,1313	0,89785
0,25	0,1466	0,1535	0,7007	0,13698	0,75	0,3017	0,6319	1,1335	0,91188
0,26	0,1516	0,1623	0,7165	0,14803	0,76	0,3024	0,6405	1,1354	0,92582
0,27	0,1566	0,1711	0,7320	0,15945	0,77	0,3031	0,6489	1,1369	0,93938
0,28	0,1614	0,1800	0,7470	0,17123	0,78	0,3036	0,6573	1,1382	0,95253
0,29	0,1662	0,1890	0,7618	0,18336	0,79	0,3039	0,6655	1,1391	0,96523
0,30	0,1709	0,1982	0,7761	0,19583	0,80	0,3042	0,6736	1,1397	0,97747
0,31	0,1756	0,2074	0,7901	0,20863	0,81	0,3043	0,6815	1,1400	0,98921
0,32	0,1802	0,2167	0,8038	0,22175	0,82	0,3043	0,6893	1,1399	1,00041
0,33	0,1847	0,2260	0,8172	0,23518	0,83	0,3041	0,6969	1,1395	1,01104
0,34	0,1891	0,2355	0,8302	0,24892	0,84	0,3038	0,7043	1,1387	1,02107
0,35	0,1935	0,2450	0,8430	0,26294	0,85	0,3033	0,7115	1,1374	1,03044
0,36	0,1978	0,2546	0,8554	0,27724	0,86	0,3026	0,7186	1,1358	1,03913
0,37	0,2020	0,2642	0,8675	0,29180	0,87	0,3018	0,7254	1,1337	1,04706
0,38	0,2062	0,2739	0,8794	0,30662	0,88	0,3007	0,7320	1,1311	1,05420
0,39	0,2102	0,2836	0,8990	0,32169	0,89	0,2995	0,7384	1,1280	1,06047
0,40	0,2142	0,2934	0,9022	0,33699	0,90	0,2980	0,7445	1,1243	1,06580
0,41	0,2182	0,3032	0,9131	0,35250	0,91	0,2963	0,7504	1,1200	1,07011
0,42	0,2220	0,3130	0,9239	0,36823	0,92	0,2944	0,7560	1,1151	1,07328
0,43	0,2258	0,3229	0,9343	0,38415	0,93	0,2921	0,7612	1,1093	1,07520
0,44	0,2295	0,3328	0,9445	0,40025	0,94	0,2895	0,7662	1,1027	1,07568
0,45	0,2331	0,3428	0,9544	0,41653	0,95	0,2865	0,7707	1,0950	1,07452
0,46	0,2366	0,3527	0,9640	0,43296	0,96	0,2829	0,7749	1,0859	1,07138
0,47	0,2401	0,3627	0,9734	0,44954	0,97	0,2787	0,7785	1,0751	1,06575
0,48	0,2435	0,3727	0,9825	0,46624	0,98	0,2735	0,7816	1,0618	1,05669
0,49	0,2468	0,3827	0,9914	0,48307	0,99	0,2666	0,7841	1,0437	1,04196
0,50	0,2500	0,3927	1,0000	0,50000	1,00	0,2500	0,7854	1,0000	1,00000

Fonte: Azevedo Neto, (1998)



Para o cálculo da velocidade e necessário encontrar o Raio Hidráulico (RH) obtido pela Equação 14.

$$RH = D * \left(\frac{R}{d}\right)$$

Equação 13.

Sendo,

**RH** = Raio Hidráulico (m);

**D** = Diâmetro adotado coeficiente de rugosidade de Manning (adimensional).

**R/d** = obtido pelo quadro 11 pela Relação y/d.

E necessária a verificação da velocidade e, para isso, é utilizada a Equação 13, com a adoção da geometria da galeria e o cálculo do raio Hidráulico (Rh).

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

Equação 13.

Sendo,

**V** = velocidade (m/s);

**n** = coeficiente de rugosidade de Manning (adimensional).

**Rh** = raio hidráulico (m);

**i** = declividade (m/m).

## 4.2 Memorial de Cálculo e planilhas

### 4.2.1 Cálculos Hidrológicos

#### 4.2.1.1 Cálculo da declividade do curso d'água

A declividade do curso d'água é obtida pela Equação 03.

$$Si = \frac{(864 - 803)}{495} = 0,123 \text{ m/m}$$

Equação 3.

#### 4.2.1.2 Definição do tempo de retorno

Para o tempo de retorno foi feita uma análise do local sobre o tipo de ocupação onde foi utilizado o Quadro 5. Assim, o tempo de retorno adotado para este projeto foi de  $TR = 2$  anos, pois o local está localizado em um bairro residencial.

#### 4.2.1.3 Cálculo do tempo de escoamento superficial

O tempo de escoamento superficial foi obtido através da Equação 1 e Equação 2, utilizando os dados a seguir:

**L** = Comprimento do talvegue em (Km) = 0,495;

**P** = Relação entre a área da cobertura vegetal e a área total da bacia (%) = 0;

**I** = Declividade média do talvegue principal (m/m) = 0,123

$$ts = \frac{16 * 0,495}{(1,05 - 0,2 * 0) * (100 * 0,123)^{0,04}} = 6,822 \text{ min}$$

Equação 1.

$$tc = 6,822 + 10 = 16,822 \text{ min}$$

Equação 2.

#### 4.2.1.4 Cálculo da intensidade de chuva

Para o cálculo da intensidade, foi utilizado o *software* Plúvio objetivando- se obter os parâmetros para a utilização da Equação 4 para cidade de Machado-MG apresentados na Figura 12.

**Figura 12: Relatório dos parâmetros para Equação de intensidade.**

Data de emissão do relatório: 12/06/2020	
	
<b>Plúvio 2.1</b>	
Copyright (2005) © GPRH	
<b>RELATÓRIO</b>	
<b>Parâmetros da Equação de Intensidade, Duração e Frequência da Precipitação</b>	
<b>LOCALIZAÇÃO:</b>	
<b>Localidade:</b> Machado	<b>Estado:</b> Minas Gerais
<b>Latitude:</b> 21°40'29"	
<b>Longitude:</b> 45°55'11"	
<b>PARÂMETROS DA EQUAÇÃO:</b>	
<b>K:</b> 3811,290	
<b>a:</b> 0,207	
<b>b:</b> 20,340	
<b>c:</b> 1,075	

Fonte: Adaptado MENEZES FILHO e COSTA (2012).

$$I_m = \frac{3811,29 \cdot 2^{0,207}}{(16,822 + 20,34)^{1,075}} = 90,267 \text{ mm/h} = 25,0742 \cdot 10^{-6} \text{ m/s}$$

Equação 4.

#### 4.2.1.5 Coeficiente de escoamento superficial.

Para o cálculo do coeficiente de escoamento superficial médio, foi feito o levantamento das áreas de acordo com o Quadro 12.

**Quadro 12: Quantitativo de áreas e coeficiente runoff**

Tipo de Área	Área	coeficiente runoff
Área residencial- Unidades múltiplas (separadas)	23.015,82	0,50
Áreas de ruas com superfície em pavimentação em paralelepípedos	3.960,00	0,60
Área total	26.975,82	

Fonte: Autor. (2020)

Assim, foi possível determinar o coeficiente de runoff, por meio da Equação 5.

$$C_{\text{médio}} = \frac{23.015,82 \cdot 0,50 + 3.960 \cdot 0,60}{26.975,82} = 0,51$$

Equação 5.

#### 4.2.2 Cálculos hidráulicos

##### 4.2.2.1 Quadro de áreas da bacia de contribuição

As áreas da bacia de contribuição foram obtidas através do *software* AutoCad 2020, onde foram divididas em sub bacias, por margem esquerda e margem direita, que estão apresentadas no Quadro 13.

**Quadro 13: Áreas da bacia de contribuição.**

Áreas de contribuição para drenagem da Rua São José		
Sub bacias	Margem	Área (m <sup>2</sup> )
1	Direita	2477
2	Direita	3072
3	Direita	2991
4	Direita	2210,3
5	Direita	1418,78
6	Esquerda	2736
7	Esquerda	2555,63
8	Esquerda	2390,05
9	Esquerda	1881,31
10	Esquerda	1283,75
Total		23015,82

Fonte: Autor. (2020)

## 4.2.2.2 Vazão pluvial

Para ter uma boa precisão nos cálculos, foi utilizado *software* Excel. Para cada trecho foram realizadas quatro medidas de altura de meio fio para cada margem e feita uma média para o cálculo da vazão por margem, onde a Largura da sarjeta é de 50 cm (cinquenta centímetros), apresentadas no Quadro 14.

**Quadro 14: Média por trecho altura meio fio, declividade e Y**

Rua	Trecho	H médio meio fio (m)		I sarjeta (%)		Y média sarjeta(m)	
		ME	MD	ME	MD	ME	MD
Rua São José	A-B	0,16	0,17	14%	11%	0,13	0,14
	B-C	0,18	0,18	8%	9%	0,14	0,14
	C-D	0,16	0,15	16%	5%	0,12	0,12
	D-E	0,16	0,16	6%	4%	0,13	0,13
	E-F	0,15	0,17	4%	7%	0,12	0,14

Fonte: Autor. (2020)

Para cada trecho, foi utilizada área das sub bacias indicadas no Quadro 13. Para o cálculo da vazão por trecho e por margem, foi utilizada uma planilha do Excel calculado no Quadro 15.

**Quadro 15: Vazão máxima por área de contribuição.**

RUA	TRECHO	i (mm/h)	C	Q (m³/s). A	Área contribuição (m²)		Q (m³/s)	
					ME	MD	ME	MD
São Jose	A-B	90,27	0,51	0,00002507	2736,00	2477,00	<b>0,069</b>	<b>0,062</b>
São Jose	B-C				5291,63	5549,00	<b>0,133</b>	<b>0,139</b>
São Jose	C-D				7681,68	8540,00	<b>0,193</b>	<b>0,214</b>
São Jose	D-E				9562,99	10750,30	<b>0,240</b>	<b>0,270</b>
São Jose	E-F				10846,74	12169,08	<b>0,272</b>	<b>0,305</b>

Fonte: Autor. (2020)

## 4.2.2.2.1 Vazão pluvial Sarjeta

A capacidade de escoamento pela sarjeta é apresentada no Quadro 16 e 17, onde a vazão máxima é maior que a capacidade da sarjeta. Aqui é feita uma verificação para constatar se há necessidade de galeria.

**Quadro 16: Vazão sarjeta real por trecho margem esquerda.**

RUA	TRECHO	Cálculo da declividade longitudinal da via					Fator de redução	Q sarjeta(m³/s) ESQUERDA			
		Cota M	Cota J	L trecho	i (m/m)	i %		qst (m³/s)	qs real (m³/s)	Com galeria/sem galeria	Qexcedente (m³/s)
São Jose	A-B	864,00	844,00	113,00	0,1770	18%	0,4000	0,265	0,1059	S/G	FIM DE PROJETO
São Jose	B-C	844,00	831,00	120,04	0,1083	11%	0,1600	0,456	0,0729	C/G	0,0598
São Jose	C-D	831,00	816,00	119,45	0,1256	13%	0,1500	0,178	0,0266	C/G	0,1660
São Jose	D-E	816,00	806,00	90,07	0,1110	11%	0,1600	0,490	0,0784	C/G	0,1614
São Jose	E-F	806,00	803,00	52,53	0,0571	6%	0,2000	0,407	0,0813	C/G	0,1907

Fonte: Autor. (2020)

**Quadro 17: Vazão sarjeta real por trecho margem direita.**

RUA	TRECHO	Cálculo da declividade longitudinal da via					Fator de redução	Q sarjeta(m³/s) DIREITA			
		Cota M	Cota J	L trecho	i (m/m)	i %		qst (m³/s)	qs real (m³/s)	Com galeria/sem galeria	Qexcedente (m³/s)
São Jose	A-B	864,00	844,00	113,00	0,1770	18%	0,4000	0,4139	0,1656	S/G	FIM DE PROJETO
São Jose	B-C	844,00	831,00	120,04	0,1083	11%	0,1600	0,3925	0,0628	C/G	0,0763
São Jose	C-D	831,00	816,00	119,45	0,1256	13%	0,1500	0,4388	0,0658	C/G	0,1483
São Jose	D-E	816,00	806,00	90,07	0,1110	11%	0,1600	0,6752	0,1080	C/G	0,1615
São Jose	E-F	806,00	803,00	52,53	0,0571	6%	0,2000	0,3657	0,0731	C/G	0,2320

Fonte: Autor. (2020)

#### 4.2.2.3 Dimensionamento das galerias.

Foi adotado diâmetro comercial de 300 mm (trezentos milímetros) e o cobrimento de 2,5 (duas vírgula cinco) vezes do diâmetro adotado.

**Quadro 18: Dimensionamento de Galeria.**

Trecho	i (m/m)	i Adot. (m/m)	Q exc. (m³/s)	Quadro 12		Qproj (m³/s)	$\phi$ (mm)	$\phi$ Adot. (mm)	Raio hidráulico $RH = D \cdot \frac{RD}{d}$
				$\frac{q}{Qp}$	$\frac{R}{d}$				
A-B	0,1770	17,7%	<b>0,0000</b>	1,0658	0,298	0,0000			0,0000
B-C	0,1083	10,8%	<b>0,1361</b>			0,1277	215,33	300	0,0894
C-D	0,1256	12,6%	<b>0,3143</b>			0,2949	251,92	300	0,0894
D-E	0,1110	11,1%	<b>0,3229</b>			0,3030	253,20	300	0,0894
E-F	0,0571	5,7%	<b>0,4227</b>			0,3966	266,31	300	0,0894

Fonte: Autor. (2020)

Após o cálculo da galeria, foi verificada a velocidade e o cobrimento da galeria cuja velocidade mínima é de 0,7 m/s (zero vírgula sete metros por segundo) e a máxima de 5,0 m/s (cinco metros por segundo), e a cota de assentamento da galeria.

**Quadro 19: Verificação de velocidade, cobrimento e cota de assentamento.**

Tipo	Trecho	Velocidade (m/s)	Análise de Velocidade (m/s)	comp. do Trecho	Cobrimento (m)		Cota galeria (m)	
		$V = \frac{1}{n} \times RH^{\frac{2}{3}} \times i^{0,5}$			H Gal M	H gal J	M	J
Rua	A-B	0,000	Sem Galeria	113,00	0,00	0,00	864,00	844,00
	B-C	4,386	velocidade ok!	120,04	0,75	0,75	843,25	830,25
	C-D	4,723	velocidade ok!	119,45	0,75	0,75	830,25	815,25
	D-E	4,441	velocidade ok!	90,07	0,75	0,75	815,25	805,25
	E-F	3,185	velocidade ok!	52,53	0,75	0,75	805,25	802,25

Fonte: Autor. (2020)

#### 4.2.2.4 Galerias secundarias

Galerias secundárias, também chamadas de tubos de ligação, têm dimensionamento conforme as galerias, porém, como as galerias tiveram o dimensionamento feito e adotado com os diâmetros mínimos, para as galerias secundárias também será adotado o diâmetro de 300 mm (trezentos milímetros).

#### 4.2.2.5 Dimensionamento dos poços de visita

Para o dimensionamento dos poços de visita foi utilizado o Quadro 9. E foi adotado um poço de visita por cruzamento.

**Quadro 20: Dimensionamento dos poços de visita.**

Tipo	TRECHO	L trecho	φ Adot. (mm)	A (m)	Espaçamento máximo (m)	Quantidade adotado
Rua São Jose	B-C	120,04	300	1,2	120	3
	C-D	119,45	300	1,2	120	
	D-E	90,07	300	1,2	120	
	E-F	52,53	300	1,2	120	

Fonte: Autor. (2020)

#### 4.2.2.6 Dimensionamento das bocas de lobo

Para o dimensionamento das bocas de lobo foram utilizadas bocas de lobo com duas dimensões, como apresentadas no Quadro 21.

**Quadro 21: Capacidade de engolimento da boca de lobo.**

Capacidade da boca de lobo 0,45m x 0,60m		$Q = 1,7 * p * y^{3/2}$
L sarjeta (m)	0,5	
y0 (cm)	12	
Depressão (cm)	5	
Comprim.(m)	0,6	
Largura (m)	0,45	
y(m)	0,098	
Q (m³/s)	0,054	
Capacidade da boca de lobo 0,45m x 1,0 m		$Q = 1,7 * p * y^{3/2}$
L sarjeta (m)	0,5	
y0 (cm)	12	
Depressão (cm)	5	
Comprim.(m)	1	
Largura (m)	0,45	
y(m)	0,098	
Q (m³/s)	0,075	

Fonte: Autor. (2020)

Após o cálculo da capacidade de engolimento das bocas de lobo, foi calculada a quantidade necessária para cada trecho de bocas de lobo, apresentada no Quadro 22.

**Quadro 22: Dimensionamento das bocas de lobo.**

Trecho	Q exc. (m <sup>3</sup> /s)		Q exc BL (m <sup>3</sup> /s)		Nº de bocas de lobo		Dimensão grelha c/depressao	Quant. bocas de lobo adotadas	
	ME	MD	ME	MD	ME	MD		ME	MD
B-C	0,0598	0,0763	0,0598	0,0763	1,10	1,02	<b>0,45 x 0,60</b>	1	1
C-D	0,1660	0,1483	0,1062	0,0720	1,42	-	<b>0,45 x 1,00</b>	1	1
D-E	0,1614	0,1615	0,0552	0,0896	-	1,19	<b>0,45 x 1,00</b>	1	1
E-F	0,1907	0,2320	0,1355	0,1424	1,81	1,90	<b>0,45 x 1,00</b>	2	2

Fonte: Autor. (2020)

### 4.3 Especificações de matérias e serviços

#### 4.3.1 Informações gerais

Para a execução dos serviços, deverão ser seguidas todas as normas e especificações da ABNT (Associação Brasileira de Normas Técnicas). Os materiais a serem usados na construção de rede coletora de águas pluviais devem ser de primeira qualidade, atendendo às normas técnicas e especificações da ABNT.

As obras e serviços deverão ser fiscalizados pela Prefeitura Municipal de Machado-MG, e, também, pelo engenheiro responsável pela obra. Esses profissionais deverão estar registrados e habilitados no CREA (Conselho Regional de Engenharia e agronomia).

#### 4.3.2 Escavação da vala

Para a execução do projeto de canalização, de acordo com as cotas do projeto, a escavação será feita pelo processo manual ou mecânico que assegure que o fundo da vala tenha uma regularidade.

As valas deverão ser escavadas e alinhadas no sentido da rua. O fundo das valas será nivelado e acertado para receber as tubulações. Ainda deverá ser considerada uma única largura em toda sua extensão, para que seja compatível com a largura do compactador utilizado.

O material resultante da escavação, os que não serão reaproveitados, deverão ser removidos para um local aprovado pela fiscalização e pela Prefeitura de Machado-MG.

Para não atrapalhar totalmente o fluxo de veículos e pedestres e evitar o acúmulo de materiais, as atividades de escavações, assentamento das tubulações e reaterro deverão ser subsequentes.

O escoramento, se necessário, será executado seguidamente à abertura das valas, conforme a ABNT NBR 12266 (Associação Brasileira de Normas Técnicas/Norma Técnica Brasileira).

#### 4.3.3 Assentamento das tubulações e dos poços de visita

Os tubos de concreto deverão ser assentados acompanhando a declividade da rua, de modo que o eixo da tubulação fique retilíneo, tanto no plano horizontal quanto no vertical.

O assentamento das tubulações e dos poços de visitas deverá seguir as recomendações dos respectivos fabricantes em conformidade com o projeto.

Para o rejuntamento dos tubos deve-se usar argamassa com o traço 1:3 especificado no item 4.3.3.1.

##### 4.3.3.1 Argamassa

Será utilizado o traço 1:3 de argamassa, cimento e areia para assentamento de tubos, bem como para alvenaria de tijolos e revestimento interno será o seguinte:

- Cimento: 400Kg/m<sup>3</sup>
- Areia: 1,00 m<sup>3</sup>/m<sup>3</sup>

#### 4.3.4 Reenchimento da vala

No reenchimento das valas será utilizado, preferencialmente, o próprio material de escavação, pois, tal uso diminuirá o custo dos materiais.

Será feito com apiloamento em camadas de 20 (vinte) centímetros, por processos manuais ou mecânicos, para que haja uma perfeita compactação de aterro sobre a galeria construída, sem que haja recalque sobre a via.

#### 4.3.5 Alvenaria de tijolos comuns

Os poços de inspeção, chaminés, caixas de ligação e outros maciços eventuais devem ser assentados com a argamassa especificada no item 4.3.3.1.

#### 4.3.6 Poços de visita, caixa de ligação e bocas de lobo.

Os poços de visitas e caixas de ligação serão construídos nas posições e dimensões indicadas nos desenhos. As paredes serão de alvenaria de tijolos assentados com a argamassa especificada no item 4.3.3.1 e revestidas internamente com a mesma argamassa com a espessura de 2 centímetros.



As bocas de lobo serão de paredes de alvenaria com tijolos maciços, assentados com a mesma argamassa dos poços de visita, com o fundo de concreto e rebocadas no seu interior e serão usadas grelhas de ferro fundido.

Esses dispositivos deveram ser executados em conformidade com o projeto que apresenta duas dimensões de boca de lobo.

#### 4.3.7 Recomendações Gerais

As valas, onde serão instaladas as tubulações, serão escavadas de acordo com a linha demarcada no projeto aprovado, respeitando todas as cotas e alinhamentos indicados.

Se houver necessidade de escoramento, este será responsabilidade da construtora da rede, mas deverá haver escoramento, obrigatoriamente, quando as paredes das valas forem constituídas por solos de fácil desmoronamento. Nesse caso, a construção das valas deve ter profundidade superior a 1,50 (um metro e meio) metro, de acordo com as normas de Higiene e Segurança do Trabalho.

O assentamento das tubulações será no sentido de montante para jusante com as bolsas dos tubos de concreto voltadas para ponto mais alto.

A execução do projeto deverá seguir de acordo com as plantas e detalhes em apêndice.

#### **4.4 Quantitativos e orçamentos**

Para a estimativa de custo da obra, foi feita uma planilha com a identificação do item, sua descrição e preço, pois, com tal objetividade o trabalho torna-se mais simples e mais direto.

O Quadro 23 apresenta os quantitativos de projeto e uma estimativa de custo direto da obra para implantação de sistema de microdrenagem. Para os levantamentos de preços unitários dos serviços foram utilizadas as planilhas da SINAPI (Sistema Nacional de Pesquisa de custos e índices da Construção Civil 08/2020) e da SETOP. (Secretaria de Estado dos Transportes e Obras Públicas, setembro/2020).

Não foi adotado o uso do BDI por se tratar de um orçamento prévio.

**Quadro 23: Quadro de custos e quantitativos**

Item		Discriminação	Unid.	Quantidade Prevista Total	Preço Unitário s/BDI	Valor (R\$) Previsto Total
		Conforme Planilha Orçamentária				
1.0	CÓDIGO SINAPI E DER-MG	DRENAGEM		( A )	( B )	( AxB )
1.1	90105	ESCAVAÇÃO MECANIZADA DE VALA COM PROFUNDIDADE ATÉ 1,5 M (MÉDIA ENTRE MONTANTE E JUSANTE/UMA COMPOSIÇÃO POR TRECHO) COM RETROESCAVADEIRA (CAPACIDADE DA CAÇAMBA DA RETRO: 0,26 M3 / POTÊNCIA: 88 HP), LARGURA MENOR QUE 0,8 M, EM SOLO DE 1A CATEGORIA, LOCAIS COM BAIXO NÍVEL DE INTERFERÊNCIA. AF_01/2015	M³	245,00	5,77	R\$ 1.413,65
1.2	94097	PREPARO DE FUNDO DE VALA COM LARGURA MENOR QUE 1,5 M, EM LOCAL COM NÍVEL BAIXO DE INTERFERÊNCIA. AF_06/2016	M²	306,00	4,09	R\$ 1.251,54
1.3	94102	LASTRO DE VALA COM PREPARO DE FUNDO, LARGURA MENOR QUE 1,5 M, COM CAMADA DE AREIA, LANÇAMENTO MANUAL, EM LOCAL COM NÍVEL BAIXO DE INTERFERÊNCIA. AF_06/2016	M³	15,30	155,42	R\$ 2.377,93
1.4	93375	REATERRO MECANIZADO DE VALA COM RETROESCAVADEIRA (CAPACIDADE DA CAÇAMBA DA RETRO: 0,26 M³ / POTÊNCIA: 88 HP), LARGURA DE 0,8 A 1,5 M, PROFUNDIDADE ATÉ 1,5 M, COM SOLO DE 1ª CATEGORIA EM LOCAIS COM ALTO NÍVEL DE INTERFERÊNCIA. AF_04/2016	M³	62,00	13,37	R\$ 828,94
1.5	95566	TUBO DE CONCRETO PARA REDES COLETORAS DE ÁGUAS PLUVIAIS, DIÂMETRO DE 300MM, JUNTA RÍGIDA, INSTALADO EM LOCAL COM ALTO NÍVEL DE INTERFERÊNCIAS - FORNECIMENTO E ASSENTAMENTO. AF_12/2015	M	420,00	74,93	R\$ 31.470,60
1.6	92820	ASSENTAMENTO DE TUBO DE CONCRETO PARA REDES COLETORAS DE ÁGUAS PLUVIAIS, DIÂMETRO DE 300 MM, JUNTA RÍGIDA, INSTALADO EM LOCAL COM ALTO NÍVEL DE INTERFERÊNCIAS (NÃO INCLUI FORNECIMENTO). AF_12/2015	M	420,00	30,47	R\$ 12.797,40
1.7	99318	CHAMINÉ CIRCULAR PARA POÇO DE VISITA PARA DRENAGEM, EM CONCRETO PRÉ-MOLDADO, DIÂMETRO INTERNO = 0,6 M. AF_05/2018	UNID	3,00	143,41	R\$ 430,23
1.8	98114	TAMPA CIRCULAR PARA ESGOTO E DRENAGEM, EM FERRO FUNDIDO, DIÂMETRO INTERNO = 0,6 M. AF_05/2018	UNID	3,00	351,98	R\$ 1.055,94
1.9	74224/1	POCO DE VISITA PARA DRENAGEM PLUVIAL, EM CONCRETO ESTRUTURAL, DIMENSOES INTERNAS DE 90X150X80CM (LARGXCOMPXALT), PARA REDE DE 300 MM, EXCLUSOS TAPPAO E CHAMINE.	UNID	3,00	1281,17	R\$ 3.843,51
1.10	ED-49925	CAIXA DE DRENAGEM DE INSPEÇÃO/PASSAGEM EM ALVENARIA (80X80X100CM), REVESTIMENTO EM ARGAMASSA COM ADITIVO IMPERMEABILIZANTE, COM TAMPA EM GRELHA, INCLUSIVE ESCAVAÇÃO, REATERRO E TRANSPORTE E RETIRADA DO MATERIAL ESCAVADO (EM CAÇAMBA)	UNID	2,00	813,87	R\$ 1.627,74
1.11	94293	EXECUÇÃO DE SARJETÃO DE CONCRETO USINADO, MOLDADA IN LOCO EM TRECHO RETO, 100 CM BASE X 20 CM ALTURA. AF_06/2016	M	64,00	105,50	R\$ 6.752,00
1.12	ED-48550	BOCA DE LOBO SIMPLES (TIPO B - CONCRETO), QUADRO, GRELHA E CANTONEIRA, INCLUSIVE ESCAVAÇÃO, REATERRO E BOTA-FORA	UNID	10,00	829,20	R\$ 8.292,00
<b>TOTAL DO GRUPO</b>						<b>R\$ 72.141,48</b>

Fonte: Autor. (2020)

## Continuação do Quadro 23.

2.0	PAVIMENTAÇÃO					
2.1	73790/2	REASSENTAMENTO DE PARALELEPIPEDO SOBRE COLCHAO DE PO DE PEDRA ESPESSURA 10CM, REJUNTADO COM BETUME E PEDRISCO, CONSIDERANDO APROVEITAMENTO DO PARALELEPIPEDO	M2	3112,00	44,03	R\$ 137.021,36
TOTAL DO GRUPO						R\$ 137.021,36
TOTAL DA OBRA						<b>R\$ 209.162,84</b>

Fonte: Autor. (2020)

#### 4.4.1 Custo total

O custo total da obra projetada foi estimado em **R\$ 209.162,84** (Duzentos e nove mil cento e sessenta e dois reais e oitenta e quatro centavos). A obra terá em sua base uma instalação totalmente renovada, sem aproveitamento dos dispositivos existentes, podendo ser analisada, conforme se apresenta no APÊNDICE B e C onde se confirma a projeção de bocas de lobo, sarjetões, galerias e poços de visita.

## 5 CONCLUSÃO

O presente trabalho abordou como tema o Projeto de microdrenagem da Rua São José, em Machado e, conforme foi verificado na Prefeitura do município de Machado, não existe projeto de drenagem para a rua em estudo.

Ao examinar os levantamentos de dados resultante de visitas *in loco*, constatou-se que as sarjetas referidas no levantamento possuem dimensões diferentes ao longo do trecho.

Constatou-se também a existência de obstáculos que impedem o bom funcionamento das sarjetas, tais como rampas de garagem que dificultam o total escoamento da água. O sistema não apresenta galerias e nem poços de visitas. Ficou constatado, ainda, que existem somente duas bocas de lobo, ao longo de todo o trecho, estando estas localizadas no fim da rua, mas que não estão ligadas a nenhuma galeria. Outra constatação foi que estão ligadas individualmente e diretamente para o córrego no final da rua.

No decorrer da elaboração do projeto, ficou muito clara a importância de cada dispositivo do sistema de microdrenagem, portanto, para a elaboração de um projeto de drenagem é necessário um estudo bem criterioso. Cabe ao projetista tomar a decisão de qual critério adotar para que o sistema de microdrenagem funcione com eficácia, pois, devido à falta de normas (ABNT), estes são apresentados por vários autores de forma diferenciada.

Após a realização do diagnóstico, foi feita uma verificação e dimensionamento dos dispositivos por trecho, onde se verificou a necessidade da implantação de sarjetões para o direcionamento correto do escoamento superficial e a implantação de bocas de lobo, galeria e poços de visita, pois, o que se pôde concluir foi que as sarjetas existentes não suportam a vazão superficial da demanda atual. Além disso, foi feito um quantitativo e uma estimativa de custos para a elaboração do projeto.

Portanto, a segunda etapa do trabalho de conclusão de curso do referido tema, com os resultados obtidos, demonstra que, para a vazão atual, problema existente na rua São José, na cidade de Machado/ MG, será necessária a implantação de dispositivos do sistema de microdrenagem, pois, somente as sarjetas não suportam a vazão.

## REFERÊNCIAS

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 9061: **Segurança de escavação a céu aberto**. Rio de Janeiro, 1985.

ASSOCIAÇÃO BRASILEIRA DE NORMAS TÉCNICAS. NBR 12266: **Projeto e execução de valas para assentamento de tubulação de água, esgoto ou drenagem urbana**. Rio de Janeiro, 1992.

AZEVEDO NETTO et al. **Manual de hidráulica**. 8ª ed. São Paulo: Blucher, 1998. 669

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

CETESB. **Drenagem urbana: manual de projeto**. 2. ed. São Paulo: [s.n.], 1980. 254p.

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.

DNIT (2006). **Manual de Estudos de Tráfego**. Publicação IPR-723. Ministério dos transportes. Departamento nacional de infraestrutura de transportes, Instituto de pesquisas rodoviárias.

CHEN, C. L. Rainfall Intensity-Duration-Frequency Formulas. *Journal of Hydraulic Engineering*, v. 109, n. 2, p. 1603-1621, 1983.

GOOGLE EARTH, Google. Disponível para download em: <<https://www.google.com.br/earth/download/gep/agree.html>> Acesso em: 27 de setembro de 2020.

GUEDES, Hugo. **Microdrenagem**. Notas de Aula. 2016. Disponível em: <<https://wp.ufpel.edu.br/hugoguedes/files/2019/10/Microdrenagem.pdf>>. Acesso em: 28 de Setembro de 2020.

PINI WEB, lojas. **Infraestrutura Urbana – projetos, custos e construção**. Disponível em: <<http://infraestruturaurbana.pini.com.br/solucoes-tecnicas/6/1-sarjetoes-de-concreto-armado-227269-1>>. Acesso em: 02 de outubro de 2020.

PLÚVIO 2.1 - *Software*. Grupo de Pesquisa em Recursos Hídricos - GPRH da Universidade Federal de Viçosa - UFV. Disponível para download em: <<http://www.gprh.ufv.br/?area=softwares>>. Acesso em 23 de março de 2020.

SETOP. **Secretaria de Estado dos Transportes e Obras Públicas**. Minas Gerais.

SINAPI. **Sistema Nacional de Pesquisa de Custos e Índices da Construção Civil**. Caixa Econômica Federal.

SUDECAP. **Caderno de encargos. Drenagem**. Capítulo 19. 4 edição/2020. Prefeitura Municipal de Belo Horizonte. Disponível em: <[https://prefeitura.pbh.gov.br/sites/default/files/estrutura-de-governo/obras-e-infraestrutura/Capitulo\\_19\\_R13.pdf](https://prefeitura.pbh.gov.br/sites/default/files/estrutura-de-governo/obras-e-infraestrutura/Capitulo_19_R13.pdf)>. Acesso em: 15 de outubro de 2020.

TOMAZ, Plínio. **Cálculos hidrológicos e hidráulicos**. [S.1.: s.n.], 2013. Disponível em: Acesso em: 24 de setembro 2020.

TUCCI, Carlos Eduardo Morelli. **Águas urbanas**. Estudos Avançados 2008. Porto Alegre. p. 97-112.

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

TUCCI, Carlos Eduardo Morelli; MENDES, Carlos André. **Avaliação ambiental integrada de bacia hidrográfica**. Brasília: [s.n], 2005. 302 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. **Bocas de Lobo**. Notas de Aula. 31 p. 2020

VASCONCELOS, Ivana. **Galerias**. Notas de Aula. 18 p. 2020

VASCONCELOS, Ivana. **Poços de visita**. Notas de Aula. 10 p. 2020

VASCONCELOS, Ivana. **Sarjetas**. Notas de Aula. 11 p. 2020

VASCONCELOS, Ivana. **Sistema de drenagem**. Notas de Aula. 31 p. 2020

WILKEN, Paulo Sampaio. Engenharia de drenagem superficial. São Paulo: ABES, 1978. 478 p.

**APÊNDICE A -Planta baixa/Corte transversal/Áreas de sub bacias.**

PLOTAGEM A1 – FOLHA 01



**APÊNDICE B - Detalhamento de dispositivos**

PLOTAGEM A0 – FOLHA 02

**APÊNDICE C - Planta baixa do sistema de microdrenagem e perfis longitudinais**

PLOTAGEM A1 – FOLHA 03