

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

**ENGENHARIA CIVIL**

**MAIKON COSTA BROGI**

**PROPOSTA DE ADEQUAÇÃO PARA O SISTEMA DE MACRODRENAGEM  
URBANA DO RIBEIRÃO SANTA MARIA, NO MUNICÍPIO DE VARGINHA, MG.**

**Varginha**

**2020**

**MAIKON COSTA BROGI**

**PROPOSTA DE ADEQUAÇÃO PARA O SISTEMA DE MACRODRENAGEM  
URBANA DO RIBEIRÃO SANTA MARIA, NO MUNICÍPIO DE VARGINHA, 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**

**2020**

**MAIKON COSTA BROGI**

**PROPOSTA DE ADEQUAÇÃO PARA O SISTEMA DE MACRODRENAGEM  
URBANA DO RIBEIRÃO SANTA MARIA, NO MUNICÍPIO DE VARGINHA, 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.

Aprovado em    /    /

---

Professora Esp. Luana Ferreira Mendes (Orientadora)

---

Professor:

---

Professor:

OBS:

## AGRADECIMENTOS

Agradeço primeiramente a Deus, aos meus pais, a minha família e a minha namorada pelo apoio dado durante todos esses anos na graduação. Agradeço também aos amigos que fiz durante a faculdade, que me apoiaram e me incentivaram durante toda essa jornada, juntamente de todos professores que contribuíram no conhecimento que adquiri, e em especial à minha orientadora Prof<sup>ª</sup>. Esp. Luana Ferreira Mendes, por todo suporte dado na realização deste trabalho.

“A persistência é o caminho do  
êxito.”

Charles Chaplin

## RESUMO

Eventos de alagamentos e enchentes, são fenômenos naturais que ocorrem com frequência nos cursos d'água devido a ocupação desordenada da população e do uso do solo, ou seja, por alterações antrópicas e isso geralmente ocorrem nas épocas de grandes precipitações. O presente trabalho tem como objetivo principal analisar e identificar as principais causas de enchentes e inundações nos trechos do ribeirão Santa Maria, localizado na cidade de Varginha-MG e apresentar soluções para saná-las. Inicialmente, fez-se necessário o levantamento de dados da bacia hidrográfica do ribeirão por meio de levantamento planialtimétrico utilizando o software Global Mapper e Google Earth Pro, identificando-se que a bacia tem um fator de compacidade próximo a 1,27 representando risco de alagamento. Dando continuidade às análises da drenagem urbana no local de estudo, fez-se necessário o levantamento da intensidade de precipitação por meio do software plúvio, e com o auxílio das ferramentas trena à laser e trena métrica para obtenção das dimensões dos dispositivos de drenagem, e posteriormente cálculos de vazão e eficiência dos dispositivos. Concluiu-se que o sistema de macrodrenagem local é ineficiente quando há uma alta intensidade de chuva, ocasionando alagamentos e enchentes que são causados principalmente pela não capacidade de transporte da vazão recebida no canal e a falta de manutenção que gera grande volume de vegetação, obstruindo o mesmo.

**Palavra-chave:** Alagamentos urbanos. Drenagem urbana. Enchentes.

## ***ABSTRACT***

Flooding and flooding events are natural phenomena that frequently occur in water courses due to disorderly occupation of the population and land use, that is, due to anthropic changes and this usually occurs during times of great rainfall. This work has as main objective to analyze and identify the main causes of floods and floods in the stretches of Santa Maria stream, located in the city of Varginha-MG and to present solutions to remedy them. Initially, it was necessary to collect data on the river basin by means of a planialtimetric survey using the Global Mapper and Google Earth Pro software, identifying that the basin has a compactness factor close to 1.27 representing a risk of flooding . Continuing the analysis of urban drainage at the study site, it was necessary to survey the intensity of precipitation using the pluvial software, and with the help of laser measuring and measuring tape tools to obtain the dimensions of the drainage devices, and later calculations of flow and efficiency of the devices. It was concluded that the local macro-drainage system is inefficient when there is a high intensity of rain, causing floods and floods that are mainly caused by the inability to transport the flow received in the channel and the lack of maintenance that generates a large volume of vegetation, obstructing the same.

***Keywords:*** Urban flooding. Urban drainage. Floods.

## LISTA DE FIGURAS

Figura 1: Mecanismo do ciclo hidrológico .....	17
Figura 2: Geometria do escoamento .....	18
Figura 3: Alagamento no ponto 12 .....	20
Figura 4: Alagamento no ponto 13 .....	20
Figura 5: Configuração dos elementos de drenagem .....	23
Figura 6: Corte transversal de elementos da microdrenagem .....	23
Figura 7: Canal na cidade de Varginha-MG .....	25
Figura 8: Fluxograma metodológico.....	27
Figura 9: Equipamentos de medição .....	28
Figura 10: Ábaco para valores de coeficiente especial da chuva .....	29
Figura 11: Elementos geométricos das seções transversais .....	35
Figura 12: Borda livre .....	38
Figura 13: Localização de Varginha .....	40
Figura 14: Vista das bacias de contribuição .....	41
Figura 15: Ribeirão Santa Maria acompanhado pela Avenida Miguel Alves .....	41
Figura 16: Ponte rompida entre os pontos 11 e 12 .....	42
Figura 17: Ruas alagadas no ponto 12 .....	43
Figura 18: Ruas alagadas no ponto 13 .....	43
Figura 19: Grande volume de vegetação na seção “B”.....	44
Figura 20: Volume de vegetação no trecho 4.....	45
Figura 21: Gabiões danificados na seção 13 .....	45
Figura 22: Divisão das sub-bacias .....	46
Figura 23: Seções entre os pontos 4 ao 8.....	55
Figura 24: Seções entre os pontos 8 ao 12 .....	55
Figura 25: Seções entre os pontos A ao 14 .....	56



## LISTA DE TABELAS

Tabela 1: Tempos de retorno para microdrenagem .....	24
Tabela 2: Valores de C2 em função da impermeabilidade do solo .....	31
Tabela 3: Períodos de retorno para diferentes ocupações de área .....	33
Tabela 4: Coeficiente de Manning para o tipo de superfície de escoamento .....	35
Tabela 5: Critérios de Colchão Reno .....	38
Tabela 6: Coeficiente de Manning recomendados pela Maccaferri .....	39
Tabela 7: Área de contribuição por seção .....	47
Tabela 8: Declividade das seções .....	47
Tabela 9: Dados referentes a cidade de Varginha .....	50
Tabela 10: Vazões de pico para cada seção .....	50
Tabela 11: Vazão de suporte das seções .....	52
Tabela 12: Verificação de escoamento do canal .....	53
Tabela 13: Comparativo de vazões .....	53
Tabela 14: Vazões das seções, conforme a restauração .....	56
Tabela 15: Verificação de escoamento do canal, conforme a restauração .....	57
Tabela 16: Comparativo de vazões. Conforme a restauração .....	57
Tabela 17: Volume de escavação .....	58
Tabela 18: Área de grama .....	58
Tabela 19: Planilha orçamentária .....	62

## LISTA DE EQUAÇÕES

Equação 1: Vazão de projeto .....	29
Equação 2: Fator de compacidade .....	30
Equação 3: Fator de forma .....	30
Equação 4: Coeficiente de escoamento superficial.....	31
Equação 5: Coeficiente de forma $C_1$ .....	31
Equação 6: Coeficiente de escoamento superficial para tempo de retorno T anos .....	31
Equação 7: Intensidade de chuva.....	32
Equação 8: Tempo de retorno.....	32
Equação 9: Probabilidade em % .....	33
Equação 10: Tempo de concentração.....	34
Equação 11: Velocidade.....	34
Equação 12: Vazão da seção .....	36
Equação 13: Número de Froude .....	37
Equação 14: Profundidade hidráulica .....	37

## **LISTA DE QUADROS**

Quadro 1: Terminologia em sistemas de microdrenagem urbana .....	22
--	----

## SUMÁRIO

<b>1 INTRODUÇÃO .....</b>	<b>14</b>
<b>2 OBJETIVOS .....</b>	<b>15</b>
2.1 Objetivo geral .....	15
2.2 Objetivos Específicos .....	15
<b>3 REFERENCIAL TEÓRICO .....</b>	<b>16</b>
3.1 Hidrologia urbana .....	16
3.1.1 Bacia Hidrográfica .....	16
3.1.2 Chuvas intensas .....	17
3.1.3 Inundações .....	18
3.2 Drenagem urbana .....	20
3.2.1 Microdrenagem .....	21
3.2.2 Macrodrenagem .....	23
3.3 Canais de Drenagem.....	24
3.3.1 Definições para canais.....	24
<b>4 METODOLOGIA .....</b>	<b>26</b>
4.1 Pesquisa bibliográfica .....	26
4.2 Atividade de campo.....	26
4.3 Métodos de dimensionamento .....	27
4.3.1 Vazão de projeto .....	27
4.3.2 Fator de capacidade.....	28
4.3.3 Fator de forma.....	29
4.3.4 Coeficiente de escoamento superficial .....	29
4.3.5 Intensidades de chuva .....	31
4.3.6 Critérios para o Tempo de retorno .....	31
4.3.7 Tempo de concentração .....	33
4.3.8 <b>Análise hidráulica</b> .....	33
4.3.9 Gabiões tipo Colchão Reno e Gabiões Caixa .....	37
<b>5 DIAGNÓSTICO.....</b>	<b>39</b>
5.1 Local de estudo .....	39
<b>6 RESULTADOS E DISCUSSÕES.....</b>	<b>45</b>
6.1 Área de drenagem .....	45
6.2 Declividade do canal .....	46
6.3 Tempo de retorno .....	47
6.4 Fator de capacidade.....	47
6.5 Fator de forma e coeficiente de escoamento superficial .....	47
6.6 Tempo de concentração.....	48
6.7 Intensidade de chuva .....	49
6.8 Vazão de projeto .....	49
6.9 Vazão de suporte do canal .....	50
6.10 Verificação do escoamento.....	51

6.11 Proposição de solução ao problemas identificados .....	53
<b>7 ESPECIFICAÇÃO DE MATERIAIS E SERVIÇOS .....</b>	<b>59</b>
7.1 Objetivos.....	59
7.2 Regularizações do canal .....	59
7.3 Equipamentos e serviços .....	59
7.3.1 Matérias .....	59
7.4 Limpeza do canal .....	60
<b>8 ORÇAMENTO.....</b>	<b>61</b>
<b>9 CONCLUSÃO.....</b>	<b>62</b>
<b>REFERÊNCIAS.....</b>	<b>63</b>
<b>APÊNDICE A .....</b>	<b>67</b>
<b>APÊNDICE B.....</b>	<b>68</b>

## 1 INTRODUÇÃO

O presente trabalho tem por objetivo realizar uma análise e apresentar um projeto para sanar os problemas sobre o atual sistema de macrodrenagem do ribeirão Santa Maria, localizado em Varginha-MG, a fim de identificar e solucionar os problemas de enchentes ocorridos no mesmo.

Trata-se de um canal que recebe uma vazão de águas pluviais superior a sua capacidade de transporte, agravado pela inexistência de manutenção, com alta quantidade de vegetação. Com isso, tornou-se importante a limpeza do sistemas de drenagem e o revestimento do canal, de modo que o escoamento se mantem constante sem acúmulo de água e sem crescimento de vegetações, e a colaboração de profissionais capacitados junto a administração do município para a solução de erros nos sistemas de saneamento urbano.

O objetivo inicial do estudo foi detectar os possíveis erros e/ou problemas que geram o transbordamento das seções. Depois de detectados os possíveis problemas foram definidas as contribuições de chuvas para diferentes seções do canal, analisando a taxa de impermeabilidade da bacia de contribuição, através de métodos usuais de cálculos, conforme realizado na metodologia (Página 26).

Em segundo momento foi feito o estudo do canal de recepção, onde com a elaboração do levantamento topográfico através de software, demonstrado no diagnóstico (Página 39) foi possível detalhar as suas seções atuais, seu perfil longitudinal e consequentemente o revestimento de suas seções. Através dos cálculos foi possível determinar o suporte de vazão para as demais seções analisar e assim fazer um comparativo com a vazão de contribuição da bacia do mesmo.

Após feitos todos os estudos referentes a bacia de contribuição nas demais seções de estudos verificou-se que o canal em determinadas seções não suportava uma vazão considerável dessa contribuição, visto no capítulo 6 (Página 45). Com isso a proposta de projetos e obras de drenagem se torna muito eficaz para o estudo em questão, para minimizar e solucionar os eventos de cheias do Ribeirão Santa Maria e assim gerar melhores condições de vida a população.

Por fim, na conclusão (Página 62), foram elaboradas diferentes propostas de obras para a solução do problema atual do canal, onde verificou-se que a melhor situação seria o uso de revestimento em Gabião e a limpeza do canal, preservando a declividade atual do mesmo.

## **2 OBJETIVOS**

### **2.1 Objetivos geral**

Este trabalho tem por objetivo propor adequações para o sistema de macrodrenagem urbana do Ribeirão Santa Maria, no município de Varginha, MG.

### **2.2 Objetivos específicos**

- Caracterizar a bacia de contribuição;
- Caracterizar o sistema de drenagem existente;
- Realizar visitas “*in loco*” para detectar os problemas existentes no sistema de macrodrenagem;
- Calcular vazão da bacia que influencia no canal do ribeirão;
- Analisar diferentes trechos do canal;
- Verificar por meio de cálculos a eficiências dos dispositivos de drenagem atuais;
- Verificar a capacidade de vazão do ribeirão;
- Apresentar projeto de adequação para as inundações do ribeirão Santa Maria;
- Realizar o levantamento de custos para execução do projeto.

### 3 REFERENCIAL TEÓRICO

#### 3.1 Hidrologia urbana

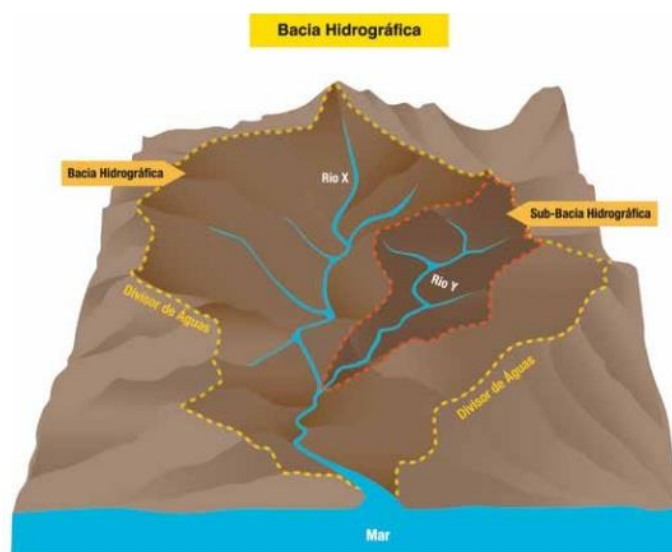
De acordo com Martins et al. (2010), a hidrologia urbana é o ramo da hidrologia voltado ao estudo dos impactos dos desenvolvimentos urbanos sobre o ciclo da água, dando ênfase, na maioria das vezes, a análise do escoamento superficial, visando minimizar e prevenir os fenômenos catastróficos por este gerados.

O monitoramento de uma bacia hidrográfica urbana depende de dados confiáveis de chuvas e características físicas da bacia, o que permitirá implementar com segurança, um modelo hidrológico que simule o comportamento da bacia mais próximo da realidade (MARTINS et al, 2010).

##### 3.1.1 Bacia Hidrográfica

A bacia hidrográfica é a área ou região de drenagem natural da precipitação, definida topograficamente, que converge os escoamentos provenientes da chuva em razão da força da gravidade para um único ponto de saída, chamado de exutório, sempre do ponto mais alto em direção aos pontos com menores altitudes. Deste modo, conclui-se que as localidades mais elevadas são os divisores de água, ou seja, as sub-bacias e os pontos menos elevados costumam abrigar o leito dos rios, como mostra a imagem abaixo (Figura 1). (MARCIANO, 2011)

Figura 1 – Mecanismo do ciclo hidrológico



Fonte: Atlas ambiental da bacia hidrográfica do rio Macaé (2015)



De acordo com Tucci (2001), o acúmulo de água decorrente do escoamento superficial é devido as grandes áreas impermeabilizadas que podem gerar vários impactos, tais como: aumento de sedimentos transportados devido à ausência de proteção das superfícies, aumento das vazões máximas, o contato com a água contaminada das enchentes colocam em perigo a saúde da população devido ao risco de contaminação e proliferação de doenças contagiosas, sendo necessária uma correspondência entre a o espaço urbano e a adequação dos sistemas coletores existentes, como mostra na imagem abaixo (Figura 2). Em uma análise mais crítica, o pico de cheia em uma bacia urbanizada pode ser até seis vezes maior do que este pico em condições naturais e com a baixa ocorrência de grandes enchentes, a população se alastra sobre essas áreas e acaba sofrendo com as consequências dessas inundações.

Figura 2- Geometria do escoamento



Fonte : Manual de drenagem urbana (2017).

### 3.1.2 Chuvas intensas

O monitoramento das chuvas é fundamental para a compreensão do regime de precipitação em bacias hidrográficas, principalmente nas urbanizadas, entretanto, a disponibilidade de postos hidrométricos (fluviométricos e pluviométricos), no Brasil, encontra-se bastante defasada com uma distribuição média de 1 posto a cada 4000 km<sup>2</sup>, sendo que a maioria destes estão próximos aos grandes cursos d'água devido a prioridade de governo na produção de energia hidroelétrica, de modo que em Israel, essa distribuição de postos hidrométricos é de 1 a cada 200 km<sup>2</sup>, situação lamentável para cidades brasileiras, pois a riqueza de dados hidrológicos contribui de forma eficiente para a qualidade no planejamento, seja para o aproveitamento dos recursos hídricos, concepção de obras hidráulicas e gerenciamento de áreas de risco (TOMAZ, 2013).

Tais dados são disponibilizados na forma de séries históricas, onde a quantidade e a qualidade desses dados dependem da disponibilidade de postos hidrométricos presentes na

bacia, tendo em vista que, quando esses dados são insuficientes, recorre-se a análises probabilísticas, através de equações empíricas para suprir esta falta de informação, onde para este fim, pode-se aplicar o método de Bell (1969) para a determinação dos parâmetros: intensidade, duração e frequência; ou utilizar o método das relações de duração, baseando-se na hipótese de que as curvas geradas pelas precipitações para diferentes durações, tendem a se tornarem paralelas entre si (TUCCI,2013).

É de grande interesse a determinação das precipitações máximas, pois é através desta que se torna possível calcular precipitações de durações ainda menores, dessa forma, tal procedimento conta com técnicas de distribuição probabilísticas como a de Pearson, Weibull, Log-Normal e Gumbel, sendo a última, bastante utilizada para este fim, entretanto, para a determinação de chuvas máximas horários, esse trabalho pode ser poupado pelo projetista se a região analisada dispor de uma curva i-d-f , a qual relaciona intensidade, duração e frequência das tormentas de uma bacia hidrográfica (TUCCI,2013).

### 3.1.3 Inundações

Segundo Tucci (2001), a ocorrência de inundações em centros urbanos é tão antiga quanto às cidades ou qualquer aglomerado urbano. A inundação ocorre quando as águas dos rios, riachos, galerias pluviais saem do leito de escoamento devido à falta de capacidade de transporte de um destes sistemas e ocupa áreas onde a população utiliza para moradia, transporte, recreação, comércio, indústria, entre outros.

O autor ainda explica que tais eventos podem ser ocasionados devido ao comportamento natural dos rios e também ampliados pelo efeito de alteração produzida pelo homem na urbanização, como, a impermeabilização das superfícies e canalização de córregos (TUCCI, 2001).

As imagens abaixo (Figura 3 e 4), relatam a ocorrência de inundações no canal de estudo.

Figura 3 – Alagamento no ponto 12



Fonte: Blog do madeira – data 28/02/2018

Figura 4 – Alagamento no ponto 13



Fonte: Blog do madeira – data 28/02/2018

### 3.2 Drenagem Urbana

A drenagem urbana envolve geralmente o estudo de cursos d'água de pequeno e médio porte presentes no meio urbano, analisando se estes necessitam de melhoramentos ou de obras hidráulicas que visem livrar a população dos transtornos e prejuízos gerados pelas chuvas intensas, convertidas em escoamento superficiais, que desenvolvem grandes vazões devido a crescente impermeabilização do solo, provocado pelo constante processo de urbanização (MARQUES et al. 2013).

Existem sistemas de drenagem configurados para receberem simultaneamente, contribuições de águas pluviais, esgotos domésticos e afluentes industriais. Tsutiya e Sobrinho (2011, p.3), enfatiza três possíveis configurações presentes na infraestrutura urbana, são eles:

- a) Sistema esgotamento unitário, ou sistema combinado, em que as águas residuárias (domésticas e industriais), águas de infiltração (água de subsolo que penetram no sistema através de tubulações e órgãos acessórios) e águas pluviais veiculam por um único sistema.
- b) Sistema de esgotamento separador parcial, em que uma parcela das águas de chuva, proveniente de telhados e pátios das economias são encaminhados juntamente com as águas residuárias e águas de infiltração do subsolo para um único sistema de coleta e transporte de esgoto.
- c) Sistema separador absoluto, em que as águas residuárias (domésticas e industriais) e as águas de infiltração (água de subsolo que penetram no sistema através de tubulações e órgãos acessórios), que constituem o esgoto sanitário, veiculam em um sistema independente, denominado sistema de esgoto sanitário. As águas pluviais são coletadas e transportadas em um sistema de drenagem pluvial totalmente independente.

O sistema de esgotamento unitário foi implantado em cidades importantes como: Paris(1880),Boston(1833) e Rio de Janeiro(1857); obtendo bom desempenho nas duas primeiras cidades, que estão situadas em regiões frias e subtropicais com baixo índice de pluviosidade, já no Rio de Janeiro, esse sistema foi posteriormente substituído pelo sistema separador parcial, devido os grandes volumes de água gerados pelas fortes chuvas características de climas tropicais como o que acontece no Brasil (TSUTIYA; SOBRINHO, 2011).

Atualmente no Brasil, utiliza-se o sistema separador absoluto, devido ao clima tropical predominante no país que tem como características um alto índice pluviométrico, inviabilizando economicamente, a implantação do sistema unitário, que para esse cenário,

demandaria grandes dimensões para tubulações, galerias e estações de tratamento de esgoto (TSUTIYA; SOBRINHO, 2011).

Afluentes de esgoto sanitário sendo lançado de forma irresponsável nas redes de micro e macrodrenagem pluvial, é uma realidade de muitas cidades brasileiras e em cidade de outros países em desenvolvimento, situação que pode ser atribuída a deficiência de investimentos do governo em obras de sistemas de esgotamento sanitário, desencadeando sérios problemas, visto que o escoamento dessas redes converge para os rios urbanos e o sistema fluvial a jusante, gerando impactos na qualidade da água, e comprometendo a população à doenças de veiculação hídrica (TUCCI,2013).

O sistema de drenagem é dividido em dois subsistemas conhecidos com sistema inicial ou microdrenagem, e macrodrenagem, que atuam em conjunto para conduzir o escoamento das águas das chuvas nos espaços urbanos.

### 3.2.1 Microdrenagem

Segundo Tomaz (2013), microdrenagem é um tema difícil de se definir, pois não há nenhuma norma da ABNT ou um consenso entre os profissionais da área a respeito deste assunto, porém, podendo assim dizer, que tal sistema é constitui pelo sistema viário, condutos pluviais e seus órgãos acessórios, no entanto, serão apresentados a seguir algumas terminologias e suas funcionalidades, usuais em projetos de microdrenagem (Quadro 1).

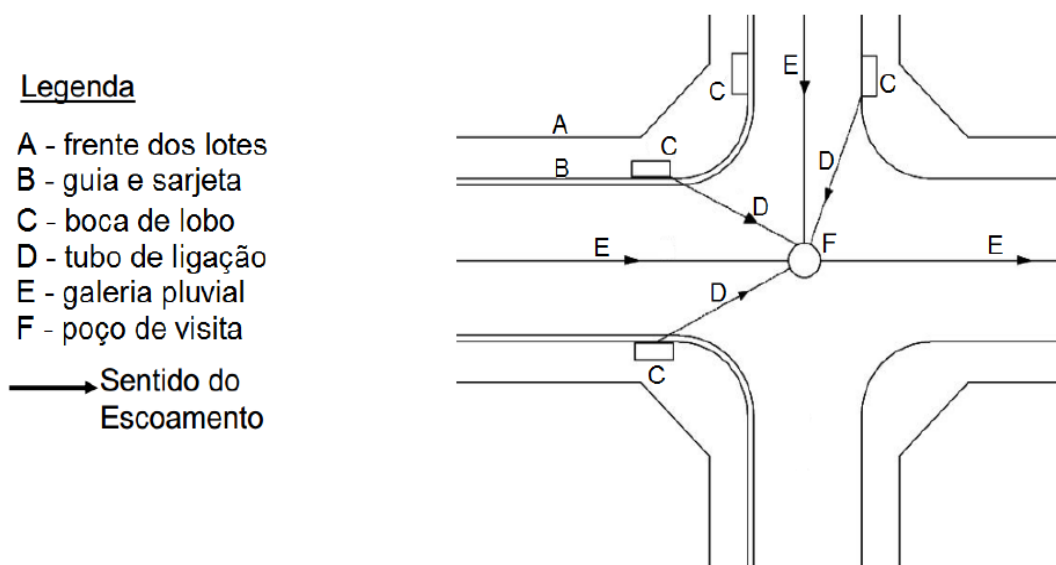
Quadro1: Terminologia em sistemas de microdrenagem urbana

<b>Sarjeta:</b> Faixas de via pública paralelas e vizinhas ao meio-fio. A calha formada é a receptora das águas pluviais que incidem sobre as vias públicas;
<b>Guias ou Meios-fios:</b> Elementos de pedra ou concreto colocados entre o passeio e a via pública, paralelamente ao eixo da rua e com sua face superior no mesmo nível do passeio;
<b>Boca-de-lobo:</b> Dispositivos localizados em pontos convenientes, nas sarjetas, para captação das águas pluviais;
<b>Tubo de ligação:</b> São tubulações destinadas a conduzir as águas pluviais captadas nas bocas-de-lobo para as galerias ou poço de visita.
<b>Galerias:</b> Canalizações públicas usadas para conduzir as águas pluviais provenientes das bocas de lobo e das ligações privada, entendendo-se por trecho, a parte das galerias compreendidas ente dois poços de visita;
<b>Poço de visita:</b> Dispositivo localizados em pontos convenientes do sistema de galerias para permitirem mudanças de direção, mudança de declividade, mudança de diâmetro, inspeção e limpeza das canalizações;

Fonte: Adaptado de TOMAZ, 2012

Basicamente, o funcionamento do sistema de microdrenagem inicia-se pela captação das chuvas por pavimentos e telhados, conduzindo as águas por meio de condutos e sarjetas até alcançar as bocas de lobo, onde por meio de tubos de ligação, lança essa vazão de água nas galerias, as quais conduzirão este fluxo para os receptores como rios, canais ou galerias de grandes dimensões pertencentes ao sistema de macrodrenagem (RAMOS et al, 2012). A figura 5 mostra a disposição usual desses elementos.

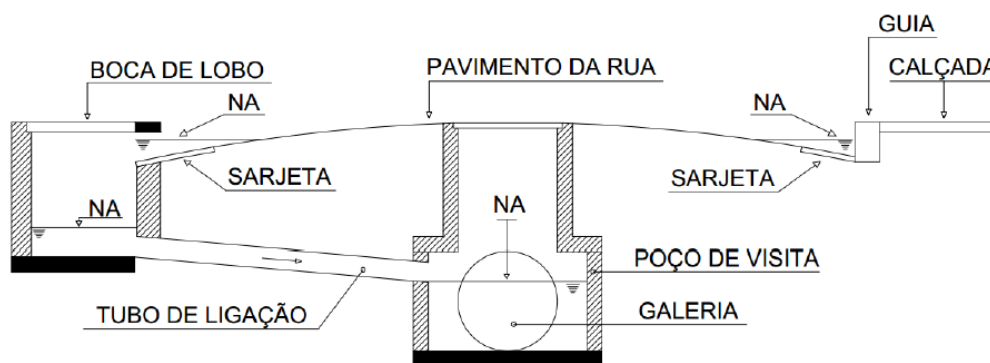
Figura 5: Configuração dos elementos de drenagem



Fonte: Adaptado de RAMOS et al, 2012

Tomando a configuração da figura 6, pode-se reproduzir um corte transversal ao eixo longitudinal da via para obter uma melhor visualização da interação entre diferentes elementos presentes num típico de microdrenagem urbana, como mostra a figura 6.

Figura 6: Corte transversal de elementos da microdrenagem



Fonte: Adaptado RAMOS et al, 2012

Para projetos de sistemas deste tipo, recomenda-se um período de retorno de 2 a 10 anos, retirado da tabela abaixo (Tabela 1), sendo que pode variar em função da importância do empreendimento. Esses dispositivos são dimensionados considerando um período de retorno de 2 a 10 anos. (RAMOS et al,2012)

Tabela 1: Tempos de retorno para microdrenagem

Tipo de obra	Tipo de ocupação da área	Período de retorno
Microdrenagem	Residenciais	2
	Comerciais	5
	Áreas com edifícios de serviços públicos	5
	Aeroportos	2-5
	Áreas comerciais e arteriais de tráfego	5-10

Fonte: RAMOS et al, 2012

O bom funcionamento do sistema de microdrenagem depende essencialmente da execução cuidadosa das obras (pavimentos das ruas, guias e sarjetas, e galerias de águas pluviais, além de manutenção permanente, com limpeza e desobstrução das bocas de lobo e das galerias antes das épocas chuvosas).

### 3.2.2 Macrodrenagem

De modo geral a macrodrenagem urbana é um sistema que compreende um conjunto de ações destinadas a controlar cheias para evitar inundações e suas consequências, e para tal propósito, são essenciais os dispositivos de escoamento como cursos d'águas naturais: rios, riachos e demais redes de drenagens; ou artificiais como: canais (Figura 7) e galerias de grandes dimensões nas mais variadas geometrias e traçados, onde ambos os sistemas são responsáveis por receberas águas vindas do sistema microdrenagem e do escoamento superficial em seu entorno (RAMOS et al, 2012).

Segundo Tomaz (2012), em projetos de sistema de macrodrenagem urbana, a adoção de canais abertos é sempre uma solução que deve ser cogitado como primeira possibilidade, pois tal dispositivo apresenta várias vantagens como: facilidade de manutenção e limpeza, versatilidade como adoção de seções mistas, economia de investimentos e maior facilidade para ampliações futuras.

Figura 7: Canal na cidade de Varginha-MG



Fonte: Aatoria Própria (2019)

O dimensionamento desse tipo de sistema deve atender a um período de retorno entre 25 e 100 anos, pois seus dispositivos de drenagem devem ser dimensionados para suportar os grandes picos de vazão desenvolvidos nas cheias (RAMOS et al,2012).

### 3.3 Canais de drenagem

Segundo Gribbin (2014), o movimento de volumes de água num determinado conduto onde sua superfície está exposta à atmosfera e sujeita à ação da gravidade determina-se então escoamento livre em canal aberto.

Seja ele natural ou artificial, “[...] a hidráulica de canais abertos é o estudo das leis que regem o escoamento da água em condutos livres.”(GRIBBIN, 2014). Este estudo no entanto não é menos complexo que o de condutos forçados.

#### 3.3.1 Definições para Canais

Canais são usados para conduzir cursos d’água em áreas de contribuição. Para dimensionar um canal é necessário definir certos conceitos. (TOMAZ, 2011).



O primeiro é a declividade do canal, geralmente atribuída a sigla „S” oriunda segundo Tomaz (2011) da palavra inglesa *Slope* que quer dizer declividade. É definida como sendo a razão entre o desnível vertical e o comprimento horizontal do curso, expresso em metros de declive por metro de comprimento ou em porcentagem (GRIBBIN, 2014).

Depois tem dois conceitos relacionados, importantes na hidráulica de condutos livres, que são o perímetro molhado e a área da seção de fluxo ou simplesmente área molhada. O perímetro molhado, é a distância ao longo da seção transversal em contato com o escoamento (GRIBBIN, 2014). A área molhada nada mais é que a área, em seção, do escoamento. Geralmente considera a largura do canal e a altura do mesmo subtraída a borda livre.

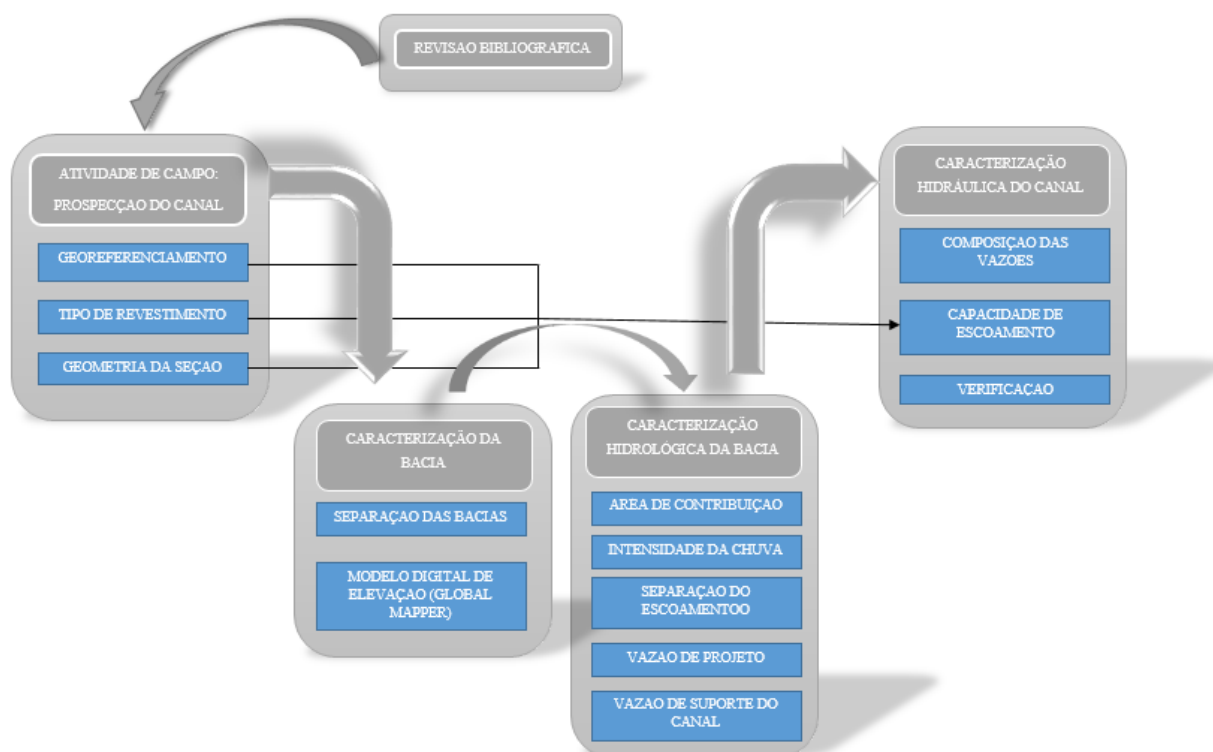
A razão entre a área molhada e o perímetro molhado resulta em outro parâmetro importante, o raio hidráulico (TOMAZ, 2011). O raio hidráulico, segundo Gribbin (2014), não é um raio geométrico, e sim uma medida de eficiência hidráulica das seções. Quanto maior o raio hidráulico, mais eficiente é a seção.

Há também a correlação fundamental para descrever fluxos ou deslocamento de água, que segundo Gribbin (2014) são velocidade e vazão. Considerando a equação da continuidade, onde relacionando a razão da vazão pela velocidade média, se encontra a seção de água deslocada.

## 4 METODOLOGIA

Este trabalho tem por característica a realização de um estudo de caso, sobre o tema de drenagem urbana, tratando-se de uma pesquisa quantitativa. De antemão ao desenvolvimento da metodologia, foi criado um fluxograma representativo das etapas investigativas do objeto estudado, afim de instruir o leitor sobre a linha de raciocínio empregada, disposta na figura 8.

Figura 8 – Fluxograma metodológico



Fonte: Autoria Própria (2020).

### 4.1 Pesquisa bibliográfica

Inicialmente, realizou-se uma pesquisa bibliográfica, por meio de artigos e manuais técnicos de drenagem urbana, livros de saneamento e hidráulica.

### 4.2 Atividade de campo

Após os estudos bibliográficos, realizou-se uma prospecção de dados quantitativos e qualitativos em toda a extensão do canal, tal como profundidade e largura do canal, dimensões dos gabiões existentes e suas avaliações, utilizando os seguintes equipamentos:

Trena a Laser BOSCH modelo GLM 40 com um alcance de 40 metros e precisão de mais ou menos 2 mm, foi empregada para verificar as dimensões da seção transversal nos locais de interesse, principalmente nos locais de difícil acesso.

Trena métrica da marca ECCOFER, com fita metálica de 5m x 10', empregada em medições consideráveis inviáveis com a trena a laser. Os equipamentos citados, podem ser visualizados na figura 9.

Figura 9 - Equipamentos de medição



Fonte: Autoria Própria (2020)

Em posse dos equipamentos supracitados, foram visitados 17 pontos ao longo do talvegue, e anotados em caderneta de campo informações como: largura e profundidade do canal, tipo e integridade da parede do canal e a presença de sólidos e/ou vegetação na seção do mesmo.

### **4.3 Métodos de dimensionamento**

#### **4.3.1 Vazão de projeto**

Segundo a CETESB (1980) quando a área excede 1 km<sup>2</sup>, o Método de I-PAI-WU é a melhor técnica a ser utilizada, para projetos de galerias principais, respectivos pontos de despejo e para projetos de canais. Este método fornece um alto índice de confiança, baseando-se em coeficientes da região.

De acordo com Tomaz (2014) o para o cálculo da vazão seguindo o Método I-PAI-WU é conforme a equação 1:

$$Q = (0,278 \times C \times I \times A^{0,9}) \times K$$

(Equação 1)

Onde:

Q= vazão de pico (m<sup>3</sup>/s);

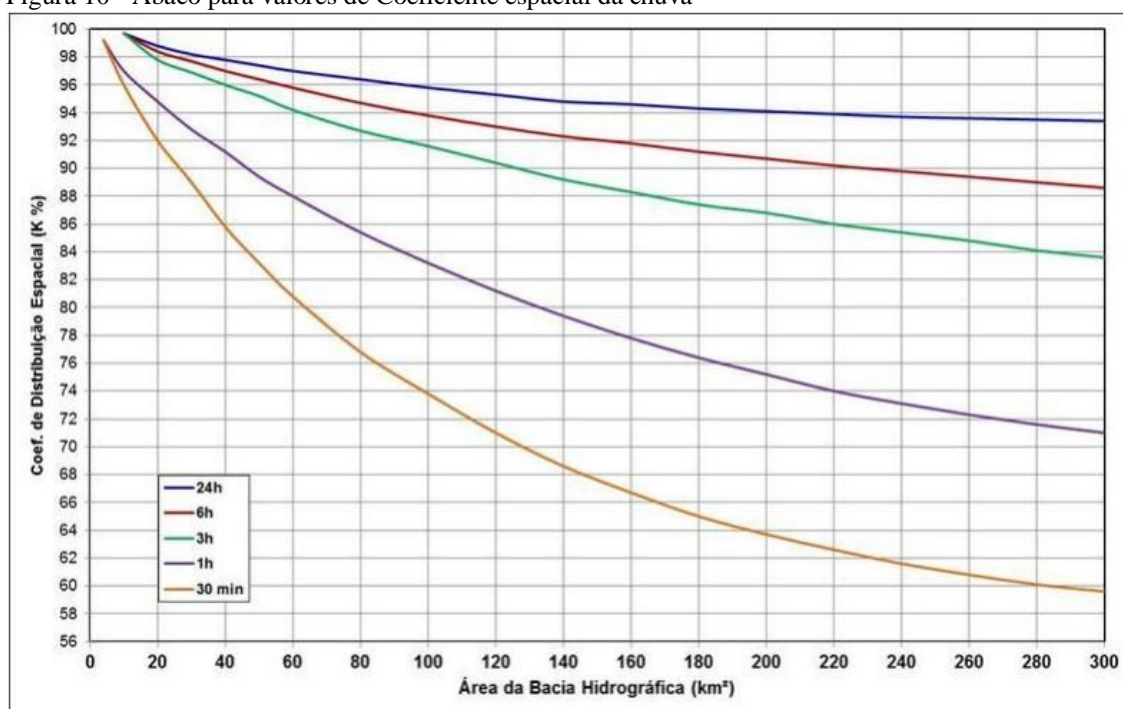
I= intensidade de chuva (mm/h);

C= coeficiente de escoamento superficial (adimensional);

A= área da bacia (km<sup>2</sup>);

K= coeficiente de distribuição espacial da chuva (adimensional) – Figura 10;

Figura 10 - Ábaco para valores de Coeficiente espacial da chuva



Fonte: Tomaz (2014).

### 4.3.2 Fator de compacidade

Fator de compacidade é a relação entre o perímetro da bacia hidrográfica e a circunferência de um círculo com a mesma área da bacia (VILLELA e MATTOS, 1975, p.13). É um número adimensional que varia de acordo com a forma da bacia; quanto maior o coeficiente, mais longa é a bacia. Quanto mais próximo de 1, mais circular é a bacia e maior é a sua tendência a gerar enchentes rápidas e acentuadas (VILLELA e MATTOS, 1975, p.13). É definido pela seguinte equação:

$$Kc = 0,28 \frac{P}{\sqrt{A}}$$

(Equação 2)

Onde:

P= é o perímetro da bacia em Km;

A= é a área da bacia em Km;

### 4.3.3 Fator de forma

De acordo com Tomaz (2014) o fator de forma da bacia é encontrado conforme a equação 3:

$$F = \frac{L}{\left[ 2 \times \left( \frac{A}{\pi} \right)^{0,5} \right]}$$

(Equação 3)

Onde:

L= comprimento do talvegue (km);

A= área da bacia (km<sup>2</sup>);

F= fator de forma da bacia;

Conforme Morano (2006) quando:

F=1 a bacia tem formato circular perfeito;

F<1 a bacia tem forma circular para a elíptica e o seu dreno principal está na transversal da área;

F>1 a bacia foge da forma circular para a elíptica e o seu dreno principal está na longitudinal da área;

### 4.3.4 Coeficiente de escoamento superficial

Segundo Tomaz (2014) o coeficiente de escoamento superficial (C) é calculado conforme a equação 4:

$$C = \left(\frac{C_1}{C_2}\right) x \frac{2}{(1 + F)}$$

(Equação 4)

Sendo:

C= coeficiente de escoamento superficial;

C2= coeficiente volumétrico de escoamento, determinado pela Tabela 1;

C1= coeficiente de forma, determinado pela equação 4;

F= fator de forma da bacia, determinado pela equação 2;

O coeficiente de forma ( $C_1$ ) é definido conforme a equação 5:

$$C_1 = \frac{4}{(2 + F)}$$

(Equação 5)

O coeficiente volumétrico de escoamento é determinado conforme a Tabela 2.

Tabela 2- Valores de  $C_2$  em função da impermeabilidade do solo.

Grau de impermeabilidade da superfície	Coeficiente volumétrico de escoamento $C_2$
Baixo	0,30
Médio	0,50
Alto	0,80

Fonte: Tomaz (2014)

De acordo com Tucci (1995) em estudos com tempo de retorno maior que 10 anos o coeficiente de escoamento superficial necessita de uma correção em relação ao período de retorno estudado, conforme a equação 6:

$$C_T = 0,8 x T^{0,1} x C$$

(Equação 6)

Em que:

CT= coeficiente de escoamento superficial para tempo de retorno T anos;

T= período de retorno superior a 10 anos;

C= coeficiente de escoamento superficial;

#### 4.3.5 Intensidade de chuva

Segundo Carvalho e Silva (2006) a precipitação máxima é a ocorrência limite, com determinada duração e distribuição para uma determinada área ou bacia hidrográfica. A equação para a determinação da precipitação máxima pode ser expressa da seguinte forma, utilizando os dados do Plúvio 2.1 para inserir na equação 7.

$$i = \frac{KT^a}{(t + b)^c}$$

(Equação 7)

Onde:

i: intensidade máxima média da chuva (mm/h);

T: período de retorno (anos);

t: tempo de concentração da chuva (min);

k, a, b, c: coeficientes de ajustamento específicos para cada localidade;

#### 4.3.6 Critérios para o Tempo de retorno

O tempo de retorno segundo TUCCI (1995) é o tempo médio para que um evento seja igualado ou superado. A vazão máxima para 10 anos de tempo de retorno é excedida em média 1 vez a cada 10 anos, mas isso não significa que essa cheia não possa ocorrer nenhuma vez durante esse tempo, ou mesmo ocorrer mais de uma vez nesse mesmo intervalo de tempo.

O período de retorno, portanto é calculado da seguinte forma (Equação 8):

$$Tr = \frac{1}{p}$$

(Equação 8)

Onde:

Tr = Tempo de retorno (anos);

P = probabilidade (%).

A probabilidade é obtida usando a seguinte equação:

$$P = \frac{m}{n + 1}$$

(Equação 9)

Onde:

P = probabilidade (porcentagem);

m = o número da ordem do evento na série histórica;

n = o número de anos de registro considerado (para série anual coincide com o número de eventos da amostra).

Para se estabelecer o período de retorno de uma obra, são necessários três itens de acordo com TOMAZ (2011): Avaliar o custo da obra, os prejuízos envolvidos e ter bom senso. Escolher um tempo de retorno trata-se, portanto, de escolher qual o “risco aceitável” pela comunidade.

Níveis altos de segurança implicam em custos elevados e grandes interferências no ambiente urbano. Minimizar custos e interferências são objetivos de um bom projetista, mas jamais devem ser alcançados se colocando a segurança em risco. (TUCCI, 1995)

A tabela abaixo (Tabela 3) define os períodos de retorno mais utilizados em função do tipo de ocupação, de acordo com TUCCI (1995).

Tabela 3 - Períodos de retorno para diferentes ocupações de área

<b>Tipo de obra</b>	<b>Tipo de ocupação da área</b>	<b>Tempo de retorno</b>
Microdrenagem	Residencial	2
Microdrenagem	Comercial	5
Microdrenagem	Áreas com edifícios de serviços ao público	5
Microdrenagem	Aeroportos	2-5
Microdrenagem	Áreas comerciais e artérias de tráfego	5-10
Macro-drenagem	Áreas comerciais e residenciais	50-100



---

Fonte: Adaptado de TUCCI (1995) e SUDERHSA (2002).

#### 4.3.7 Tempo de concentração

O Tempo de concentração é definido como “o tempo em que leva para que toda a bacia considerada contribua para o escoamento superficial na seção estudada. É o tempo que leva uma gota de água mais distante até o trecho considerado na bacia (TOMAZ, 2011). Segundo Tucci (1995), para a chuva crítica de uma pequena bacia hidrográfica, adota-se uma duração igual ao tempo de concentração da bacia. O tempo de concentração é influenciado basicamente pela declividade da bacia, tempo de escoamento e pela porcentagem de cobertura vegetal.

Segundo a Secretária Municipal de Desenvolvimento Urbano (2012) existem diversas fórmulas para determinar o tempo de concentração, em função de características físicas da bacia. O tempo de concentração pode ser encontrado conforme a equação 6:

$$tc = 57 x \left( \frac{L^2}{S} \right)^{0,385}$$

(Equação 10)

Sendo:

tc= tempo de concentração (min);

L= comprimento do talvegue (km);

S= declividade equivalente do talvegue (m/km);

#### 4.3.8 Análise hidráulica

Segundo Gribbin (2014) em 1889, o engenheiro irlandês Robert Manning apresentou uma equação que se tornou a mais usada nos Estados Unidos, a equação 11 é usada para determinar a velocidade de escoamento quando conhecida a seção do canal.

$$V = \left( \frac{1}{n} \right) x R^{2/3} x S^{1/2}$$

(Equação 11)

Onde:

V= velocidade (m/s);

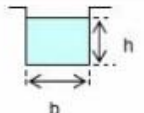
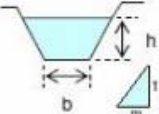
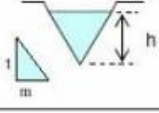
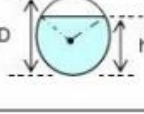
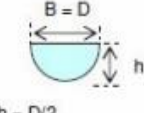
R= raio hidráulico (m);

n= coeficiente de rugosidade de Manning – Tabela 3;

So= declividade (m/m);

De acordo com Gribbin (2014) os canais são construídos com diferentes tipos de materiais, pois afeta no escoamento do canal, aumenta ou diminui a velocidade na superfície. O raio hidráulico é calculado conforme a forma da seção do canal, como mostra a Figura 11.

Figura 11 - Elementos geométricos das seções transversais.

Forma da seção	Área (A) (m <sup>2</sup> )	Perímetro molhado (P) (m)	Raio hidráulico (R) (m)	Largura do Topo (B) (m)
	$b.h$	$b + 2.h$	$\left(\frac{A}{P}\right) = \frac{b.h}{b + 2.h}$	$b$
	$(b + m.h).h$	$b + 2.h.\sqrt{1 + m^2}$	$\frac{A}{P}$	$b + 2.m.h$
	$m.h^2$	$2.h.\sqrt{1 + m^2}$	$\frac{A}{P}$	$2.m.h$
	$\frac{1}{8}(\theta - \text{sen } \theta).D^2$ $\theta = \text{RAD}$	$\frac{\theta.D}{2}$	$\frac{1}{4}\left(1 - \frac{\text{sen } \theta}{\theta}\right)D$	$\left(\text{sen } \frac{\theta}{2}\right)D$
	$\frac{\pi.D^2}{8}$	$\frac{\pi.D}{2}$	$\frac{D}{4} = \frac{h}{2}$	$D = 2.h$

Fonte: Adaptado Tomaz (2009)

Tomaz (2002) apresenta na Tabela 4, valores de coeficiente de Manning conforme o tipo de superfície:

Tabela 4 - Coeficiente de Manning para o tipo de superfície de escoamento.

Superfície	Coeficiente de rugosidade de Manning
Plástico, vidro	0,009
Terra sem cultura	0,010

Areia	0,010
Superfície cascalhada ou coberta com pedregulho	0,012
Concreto liso	0,011
Asfalto	0,012
Terreno argiloso	0,012
Revestimento comum de concreto	0,013
Madeira boa	0,014
Tijolos assentados com cimento	0,014
Madeira não aplainada	0,014
Argila vitrificada	0,015
Ferro fundido	0,015
Terra lisa	0,018
Tubos de metal corrugado	0,023
Superfície emborrachada	0,024
Terra cultivada sem resíduo	0,09
Terra cultivada com resíduo	0,19
Gramma curta	0,15
Gramma densa	0,4
Gramma tipo bermuda	0,41
Solo sem vegetação rasteira	0,2
Solo com pouco de vegetação rasteira	0,4
Solo com muita vegetação rasteira	0,8
Pastagem natural	0,13

Fonte: Tomaz (2002)

Segundo Gribbin (2014) como a vazão de um canal pode ser determinada pela equação da continuidade:

$$Q = V \times A$$

(Equação 12)

Sendo:

Q= vazão (m<sup>3</sup>/s);

V= velocidade de escoamento (m/s);

A= área da seção transversal (m<sup>2</sup>);

Segundo a CETESB (1980) o canal mais adequado é aquele escavado pela própria natureza, onde aparece alguns aspectos favoráveis como:

- Velocidades baixas, com isso o tempo de concentração de cheias é maior e os picos de descarga na jusante são menores.
- O armazenamento no canal favorece a redução dos picos de cheias.

- As necessidades de manutenção são pequenas, pois o canal é bastante estável.

De acordo com Gribbin (2014) para o escoamento livre, o número de Froude é um parâmetro para definir se o escoamento é crítico, subcrítico e supercrítico, este é definido por:

$$F = \frac{V}{\sqrt{g \times D}}$$

(Equação 13)

Onde:

F= número de Froude (adimensional);

V= velocidade característica do escoamento (m/s);

D= profundidade hidráulica (m);

g= aceleração da gravidade (9,81 m/s<sup>2</sup>);

Gribbin (2014) define a profundidade hidráulica como a relação entre a área da seção de escoamento pela largura superficial.

$$D = \sqrt[3]{\frac{Q^2}{T^2 \times g}}$$

(Equação 14)

Em que:

D= profundidade hidráulica (m);

Q= vazão de chuva (m<sup>3</sup>/s);

T= largura superficial do canal (m);

g= aceleração da gravidade (9,81 m/s<sup>2</sup>);

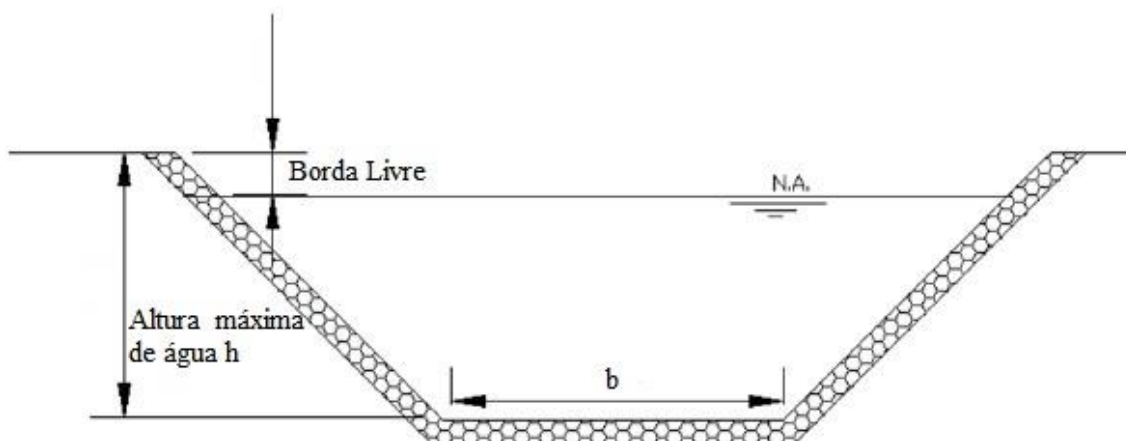
Segundo Tucci (1995) se o valor de F=1, o canal está em estado crítico, onde as forças de inércia e gravitacionais estão em equilíbrio, se F<1, então o escoamento se encontra em estado subcrítico, onde as forças gravitacionais predominam e se F>1, o canal encontra-se em estado supercrítico, onde as forças de inércia predominam.

De acordo com Porto (2010) em canais abertos deve-se deixar uma folga de 20 a 30% da altura de água, acima do nível de água máximo de projeto. Essa folga é como fator de

segurança para possíveis superações de vazões devido ao período de retorno e as possíveis variações de impermeabilidade da bacia.

A borda livre é definida conforme a Figura 12.

Figura 12 - Borda livre



Fonte: Autoria própria (2020)

#### 4.3.9 Gabiões tipo Colchão Reno e Gabiões Caixa

Segundo Tomaz (2010) o Colchão Reno são caixas de tela metálica revestidas ou não e com enchimento de pedra. As pedras são colocadas dentro da caixa que possui índice de vazios de aproximadamente 30%.

De acordo com a Maccaferri (2020) os Colchões Reno atuam na proteção e no revestimento das margens dos canais. Os Colchões Reno também podem ser usados para a rápida recuperação da vegetação integrando a canalização ao meio ambiente.

Ainda segundo a Maccaferri (2020) em cursos d'água utiliza-se uma geomanta tridimensional fabricada com filamentos grossos de poliamida (nylon) que oferece uma proteção entre o lençol freático e o canal e proteção contra erosão.

A Tabela 5 fornece a espessura dos Colchões Reno bem como o diâmetro das pedras de enchimento e a velocidade crítica e limite.

Tabela 5. Critérios de Colchão Reno.

Espessura	Pedras de enchimento		Velocidade crítica	Velocidade Limite
(m)	Dimensões (mm)	D50 (m)	(m/s)	(m/s)
Coluna 1	Coluna 2	Coluna 3	Coluna 4	Coluna 5
0,15 a 0,17	70 a 100	0,085	3,5	4,2
0,15 a 0,17	70 a 150	0,110	4,2	4,5

0,23 a 0,25	70 a 100	0,085	3,6	5,5
0,23 a 0,25	70 a 150	0,120	4,5	6,1
0,30	70 a 120	0,100	4,2	5,5
0,30	100 a 150	0,125	5,0	6,4
0,50	100 a 200	0,150	5,8	7,6
0,50	120 a 250	0,190	6,4	8,0

Fonte: Tomaz (2010)

Os gabiões caixa segundo a Maccaferri (2020) são elementos prismáticos de elevada resistência à tração e baixos níveis de alongamento, geralmente utilizadas em estruturas sujeitas a empuxos como estruturas de contenção.

A Tabela 6 define os valores de coeficiente de rugosidade de Manning recomendados pela Maccaferri.

Tabela 6. Coeficiente de Manning recomendados pela Maccaferri.

Ordem	Natureza da Superfície	Rugosidade n de Manning
1	Canais revestidos com colchões Reno perfeitamente impermeabilizados com mastique de betume em superfície plana e bem lisa.	0,0158
2	Canais revestidos com colchões Reno perfeitamente impermeabilizados com mastique de betume aplicado diretamente.	0,0172
3	Canais revestidos com colchões Reno consolidados com mastique de betume hidráulico que envolva as pedras superficiais.	0,0200
4	Canais revestidos com colchões Reno consolidados com mastique de betume hidráulico que penetre em profundidade.	0,0215
5	Canais revestidos com colchões Reno com material bem selecionado e colocado na obra com muito cuidado.	0,022
6	Canais revestidos com colchões Reno com material bem selecionado e colocado na obra sem cuidado.	0,0250
7	Canais revestidos com colchões Reno enchidos com material de pedreira não selecionado e colocada na obra sem cuidado.	0,0270
8	Canais revestidos com colchões Reno enchidos com material de pedreira bem selecionado e colocado na obra com cuidado.	0,0260
9	Canais revestidos com gabiões enchidos com material não selecionado e colocado na obra sem cuidado.	0,0285
10	Canais em terra em más condições de manutenção, emaranhamento de vegetação no fundo e nas margens, ou depósitos irregulares de pedras e cascalhos, ou profundas erosões irregulares. Também em canais em terra executados com escavadeira mecânica e com manutenção descuidada.	0,0303

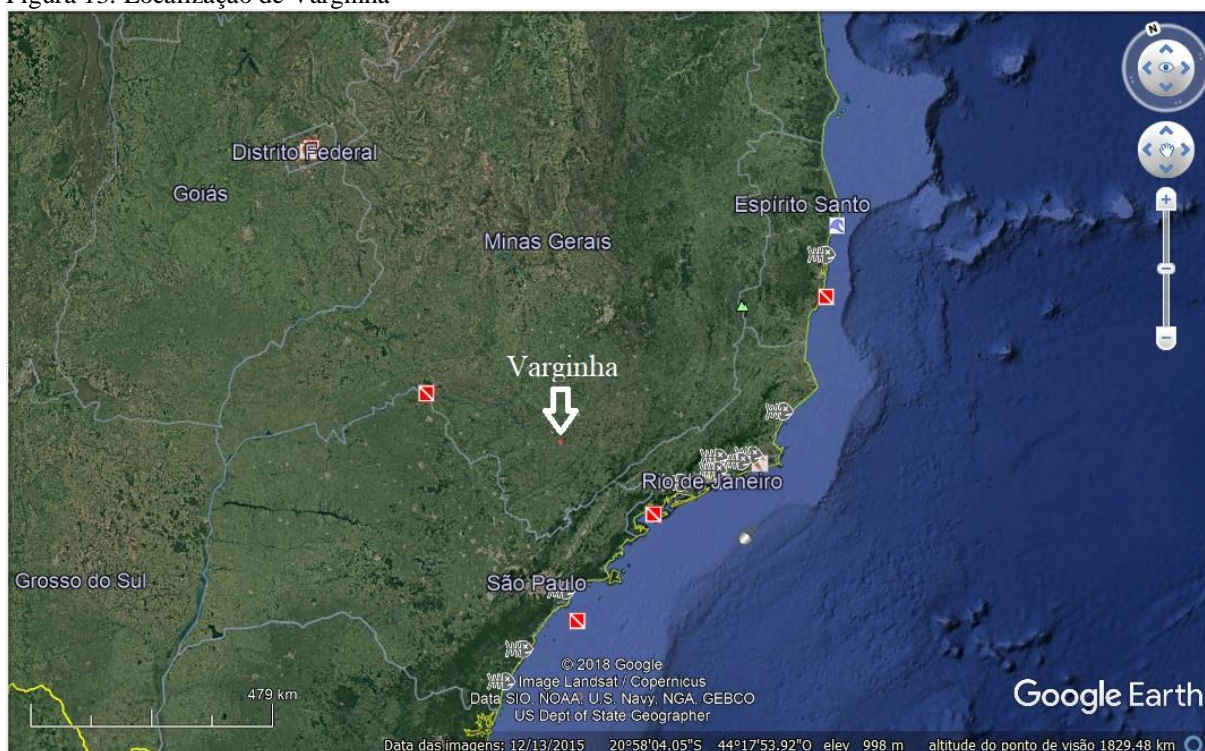
Fonte: Tomaz (2010)

## 5 DIAGNÓSTICO

### 5.1 Local de estudo

A área em estudo está localizada no município de Varginha (Figura 13), inserida na região sul do estado de Minas Gerais, ocupando uma área territorial de 395,369 km<sup>2</sup> e possui uma população estimada, segundo IBGE (2019), de aproximadamente 135.558 habitantes.

Figura 13: Localização de Varginha



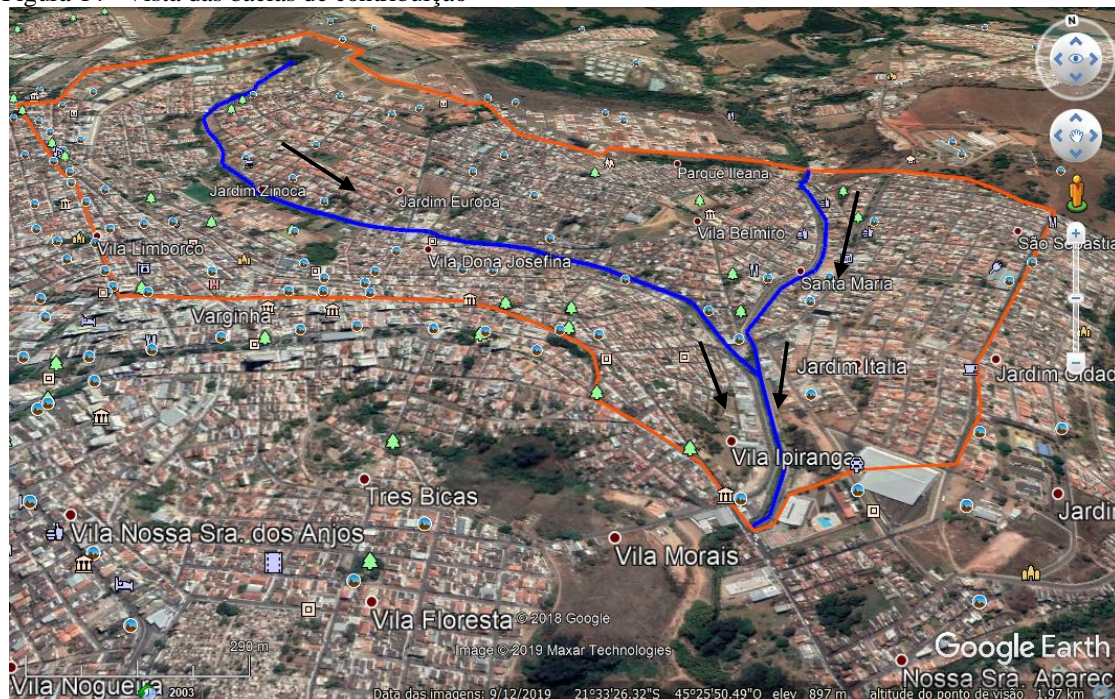
Fonte: adaptado de Google Earth Pro (2020)

Para a determinação das áreas de contribuições foram usados os softwares Google Earth, Global Mapper e Auto Cad (Apêndice A), que somadas obteve uma área total de contribuição de 2,87 km<sup>2</sup> e perímetro de 8,1 km em toda a bacia.

A bacia foi dividida em 17 sub-bacias (SB) (Apêndice A) que estão contidas em 15 bairros, são eles: Bairro Campo Elísios, Parque Retiro, Vila Mendes, Vila Flamengo, Jardim Zinoca, Jardim Europa, Vila Dona Josefina, Vila Limborco, Vila Registanea, Parque Ileana, Vila Belmiro, Santa Maria, São Sebastião, Jardim Itália e Vila Ipiranga. Dentre todos os bairros há apenas uma área de APP localizada no Bairro Campo Elísios onde se localiza uma nascente, os demais bairros são todos residenciais e pavimentados contendo pouca área permeável, como pode ser visto na figura 14 (Página 40).

A figura 14 (Página 40) mostra também o fluxo da água pela linha azul e a seta preta indicando o sentido, juntamente da área de contribuição da bacia delimitada pela linha laranja.

Figura 14– Vista das bacias de contribuição



Fonte: Google Earth, adaptado pelo autor (2020).

O trecho de estudo, onde a avenida Miguel Alves está em sua margem, conforme a figura 15, é a via principal de ligação entre os vários bairros ao centro da cidade, por esse motivo encontra-se uma movimentação intensa de veículos.

Figura 15 - Ribeirão Santa Maria acompanhado pela Avenida Miguel Alves



Fonte: Google Earth, adaptado pelo autor (2020).



As enchentes e os alagamentos nesta avenida comprometem com o deslocamento dos usuários da mesma.

Foram capturadas fotografias de enchentes nas seções na qual não suportou a vazão de contribuição conforme será mostrado na tabela comparativo de vazões Tabela 13 (Página 53). A figura 17 e 18 mostra que nos pontos 19 e 20 respectivamente não suportou toda a vazão e transbordou, já na figura 16 mostra que com o aumento do nível da água na seção 11, houve o rompimento na estrutura da ponte em que não suportou toda a vazão.

Figura 16 – Ponte rompida entre os pontos 11 e 12



Fonte: Blog do madeira – data 28/02/2018

Figura 17 – Ruas alagadas no ponto 12



Fonte: Blog do madeira – data 28/02/2018

Figura 18 – Ruas alagadas no ponto 13



Fonte: Blog do madeira – data 28/02/2018

Em todo o percurso do trecho foi verificado um grande volume de vegetação e gabiões danificados, ocasionados pela falta de manutenção e acompanhamento do órgão competente pelo canal. Nas figuras 19,20 e 21 podemos visualizar a ocorrência nos trechos “B”, 4 e 13 respectivamente.

Figura 19 – Grande volume de vegetação no trecho “B”



Figura : Autoria própria (2020)

Figura 20 – Volume de vegetação no trecho 4



Figura: Autoria própria (2020)

Figura 21 – Gabiões danificados no trecho 13



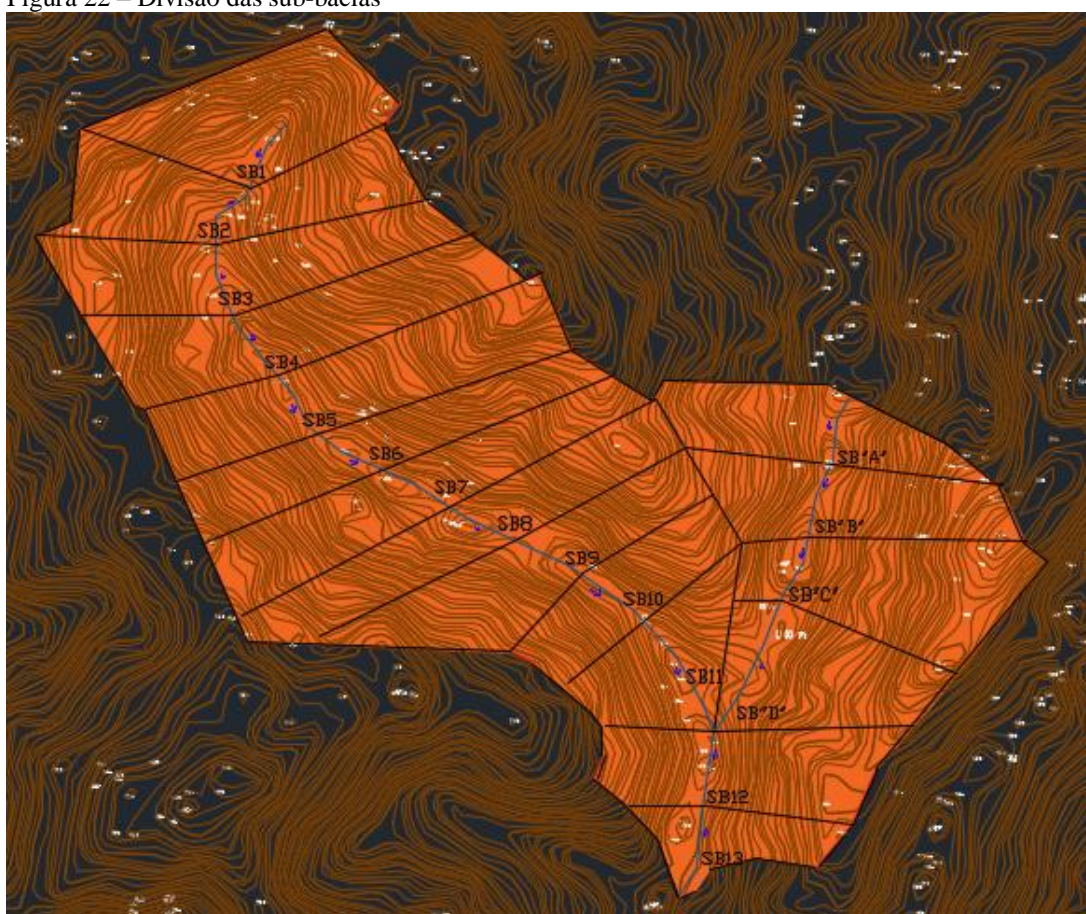
Figura: Autoria própria (2020)

## 6 RESULTADOS E DISCUSSÕES

### 6.1 Área de drenagem

A bacia hidrográfica que é o objeto deste estudo, que define a área de influência no ribeirão Santa Maria, foi dividida em 17 sub-bacias (SB), conforme a figura 22, com o intuito de setorizar as análises do escoamento superficial e a resposta de cada trecho do canal. Logo, essa divisão pode ser verificada melhor no apêndice A.

Figura 22 – Divisão das sub-bacias



Fonte: AutoCad 2017, adaptado pelo autor (2020).

Com base no apêndice A, a sigla “SB” significa SUB-BACIA, e os pontos estão na posição do exutório de cada uma delas, onde: SB1, SB2, SB3, SB4, SB5, SB6, SB7, SB8, SB9, SB10, SB11, SB12, SB13, SB”A”, SB”B”, SB”C”, SB”D” são limitados pelos pontos em suas extremidades respectivamente com os pontos P1, P2, P3, P4, P5, P6, P7, P8, P9, P10, P11, P12, P13, P14, P”A”, P”B”, P”C”, P”D”. (Apêndice B).

Com o software Google Earth Pro, determinou-se manualmente as áreas de solo permeável e solo impermeável.

Para a área de drenagem, calculou-se as cotas de fundo e as áreas de solo permeável e solo impermeável que estão evidenciadas na tabela 7.

Tabela 7 - Área de contribuição por seção.

Sub-bacia	Cota de Fundo	Área (Km <sup>2</sup> )	Área permeável (Km <sup>2</sup> )	Área impermeável (Km <sup>2</sup> )
SB1	886,50	0,1865	0,0407	0,1458
SB2	875,30	0,1838	0,0276	0,1562
SB3	865,00	0,1887	0,0283	0,1604
SB4	855,00	0,2102	0,0315	0,1787
SB5	851,80	0,2263	0,0339	0,1924
SB6	845,70	0,1641	0,0146	0,1395
SB7	845,00	0,1964	0,0295	0,1669
SB8	844,00	0,1937	0,0291	0,1646
SB9	840,00	0,1798	0,0270	0,1528
SB10	835,00	0,1190	0,0179	0,1012
SB11	826,00	0,1222	0,0183	0,1039
SB"A"	833,00	0,1455	0,0218	0,1236
SB"B"	832,00	0,1538	0,0230	0,1307
SB"C"	831,50	0,1933	0,0290	0,1643
SB"D"	826,00	0,1592	0,0238	0,1353
SB12	825,00	0,1636	0,0245	0,1390
SB13	824,80	0,0743	0,0111	0,0631

Fonte: Autoria própria (2020)

## 6.2 Declividade do canal

Além dos perfis foi possível o estudo das declividades do fundo do canal conforme Tabela 8. Além dos dados descritos foi feito um diagnóstico do material que compõe sua estrutura.

Tabela 8 - Declividade das seções.

Ponto	Sub-bacia	Cota M	Cota J	Comprimento (m)	Declividade (m/m)
Ponto 1	SB1	896,00	886,50	2331,71	0,00407
Ponto 2	SB2	886,50	875,30	2228,84	0,00503
Ponto 3	SB3	875,30	865,00	2152,82	0,00478

Ponto 4	SB4	865,00	855,00	1970,57	0,00507
Ponto 5	SB5	855,00	851,80	1771,34	0,00181
Ponto 6	SB6	851,80	845,70	1577,91	0,00387
Ponto 7	SB7	845,70	845,00	1397,26	0,00050
Ponto 8	SB8	845,00	844,00	1220,43	0,00082
Ponto 9	SB9	844,00	840,00	1343,17	0,00298
Ponto 10	SB10	840,00	835,00	910,49	0,00549
Ponto 11	SB11	835,00	826,00	749,96	0,01200
Ponto A	SB1''	833,50	833,00	1650,69	0,00030
Ponto B	SB2''	833,00	832,00	1483,86	0,00067
Ponto C	SB3''	832,00	831,50	1321,63	0,00038
Ponto D	SB4''	831,50	826,00	850,50	0,00647
Ponto 12	SB12	826,00	825,00	452,44	0,00221
Ponto 13	SB13	825,00	824,80	252,69	0,00079

Fonte: Autoria própria (2020)

Com essa determinação verificou-se um comprimento total de curso igual a 2864,93 m e declividade média de 0,0032 m/m.

### 6.3 Tempo de retorno

O período de retorno foi adotado para 50 anos, sendo o valor mínimo para projetos de macrodrenagem como mostra a Tabela 3 (Página 33) que relaciona o período de retorno para diferentes ocupações de área e como a cidade segundo o IBGE possui cerca de 134.477 habitantes, adotou-se período mínimo de retorno de 50 anos.

### 6.4 Fator de compacidade

Após determinar a área total da bacia, assim como o seu perímetro, foi possível obtermos o fator de compacidade.

$$Kc = 0,28 \frac{8,1}{\sqrt{3,16}} = 1,27$$

O resultado informa que a bacia tem tendência mediana a grandes enchentes.

### 6.5 Fator de forma e coeficiente de escoamento superficial

Determinado as áreas de contribuições foram determinados os fatores de forma da bacia para

cada seção e os coeficientes de escoamento superficial através das áreas apresentadas na tabela 7 (Página 47) que mostra as áreas de contribuição por seções.

Para a determinação do coeficiente de escoamento superficial foi usado como exemplo os valores da seção 4 e os métodos se repetem para as demais seções que serão observadas na Tabela 10 (Página 49) na coluna “coeficiente de escoamento”.

$$F = \frac{2,331}{\left[ 2 \times \left( \frac{0,2102}{\pi} \right)^{0,5} \right]} \cong 3,8090$$

$$C_1 = \frac{4}{(2 + 3,8090)} \cong 0,689$$

$$C_2 = \frac{(0,0315 \times 0,3 + 0,1787 \times 0,5)}{0,2102} \cong 0,47$$

$$C = \left( \frac{0,47}{0,689} \right) \times \frac{2}{(1 + 3,8090)} \cong 0,2838$$

$$C_T = 0,8 \times 50^{0,1} \times 0,2838 = 0,335$$

## 6.6 Tempo de concentração

Para a determinação do tempo de concentração foi adotado a de Kirpich CTH elaborada em 1940, indicada para áreas rurais maiores que 1 km<sup>2</sup>, conforme os valores de declividades e comprimentos de trechos, encontrados no novo levantamento das curvas de nível feito no Global Mapper.

A determinação do tempo de concentração por seção foi usado como exemplo os valores da seção 1 e os métodos se repetem para as demais seções que serão observadas na Tabela 10 (Página 49).

$$t_c = 57 \times \left( \frac{2,331^2}{4,074} \right)^{0,385} \cong 69,69 \text{ min}$$



## 6.7 Intensidade de chuva

A intensidade de chuva para a cidade de Varginha foi calculada a partir de dados retirados do Plúvio 2.1, software desenvolvido pela universidade federal de viçosa, conforme a tabela 9 abaixo.

Tabela 9 - Dados referentes a cidade de Varginha.

Cidade	Latitude	Longitude	K	A	b	c
Varginha - MG	21°33'05"	45°25'49"	5987,104	0,218	32,694	1,087

Fonte: UFV (2020)

Para a determinação da intensidade de chuva foi usado como exemplo os valores da seção 1 e os métodos se repetem para as demais seções que serão observadas na Tabela 10 (Página 49).

$$i = \frac{5987,10 \times 50^{0,218}}{(63,696 + 32,694)^{1,087}} = 97,937 \text{ mm/h}$$

## 6.8 Vazão de projeto

Para o cálculo da vazão de projeto foi adotado o Método I-PAI-WU, pela equação 1 (Página 42), que segundo a CETESB (1980) é recomendado para áreas de mais de 1 km<sup>2</sup>. Foram usados os valores calculados anteriormente e o coeficiente de distribuição espacial de chuva, através do ábaco da Figura 10 (Página 28).

Para a determinação das vazões de projeto foi usado como exemplo os valores da seção 1 e os métodos se repetem para as demais seções que serão observadas na tabela 10 abaixo.

$$Q = (0,278 \times 0,316 \times 97,937 \times 0,186^{0,9}) \times 0,98 \cong 1,863 \text{ m}^3/\text{s}$$

Tabela 10 - Vazões de pico para cada seção.

Sub-bacia	Período de retorno	Coefficiente de escoamento	Tempo de concentração (min)	Intensidade de chuva (mm/h)	Vazão de projeto (m <sup>3</sup> /s)
SB1	50	0,317	63,696	97,937	1,864
SB2	50	0,328	63,696	97,937	3,575
SB3	50	0,330	63,696	97,937	5,210
SB4	50	0,336	63,696	97,937	7,075
SB5	50	0,343	63,696	97,937	9,106
SB6	50	0,340	63,696	97,937	9,379
SB7	50	0,351	63,696	97,937	12,328

SB8	50	0,358	63,696	97,937	14,185
SB9	50	0,351	63,696	97,937	15,335
SB10	50	0,361	63,696	97,937	16,756
SB11	50	0,374	63,696	97,937	18,367
SB"A"	50	0,336	63,696	97,937	1,579
SB"B"	50	0,342	63,696	97,937	3,080
SB"C"	50	0,354	63,696	97,937	4,993
SB"D"	50	0,374	63,696	97,937	6,793
SB12	50	0,418	63,696	97,937	36,379
SB13	50	0,431	63,696	97,937	38,186

Fonte: Autoria própria (2020)

## 6.9 Vazão de suporte do canal

Para a determinação da vazão de suporte do canal foi usada a equação 11 da velocidade (Página 48), seguindo os parâmetros encontrados através do levantamento topográfico como a área, perímetro e raio hidráulico calculados no software AutoCad enquanto o coeficiente de rugosidade “n” foi determinado através das análises feitas durante o levantamento topográfico, apresentado os valores da Tabela 11 (Página 60).

Como as seções transversais do canal são muito irregulares, os parâmetros de área, perímetro e raio hidráulico da seção foram calculados a partir do topo do talude de menor cota, devido este ter maior tendência a transbordar.

Os cálculos de base foram feitos para a seção 4 e se repetem para as demais seções que serão observadas na Tabela 11 (Página 60).

- Seção 4:

Área molhada = 19,76 m<sup>2</sup>

Perímetro molhado = 12,8 m

Raio hidráulico = 1,54 m

O coeficiente de rugosidade do canal foi analisado como sendo um solo de pastagem natural em todo seu trecho. Com isso foi adotado o valor de n = 0,13.

As declividades das seções já foram abordadas anteriormente para as análises hidrológicas. Com isso determinou-se:

$$V = \frac{1}{0,13} \times 1,54^{\frac{2}{3}} \times 0,00457^{\frac{1}{2}} \cong 0,694 \text{ m}^3/\text{s}$$

$$Q = 0,694 \times 19,76 = 13,72 \text{ m}^3/\text{s}$$

Tabela 11 - Vazão de suporte das seções.

Sub-bacia	Raio Hidráulico (m)	Coefficiente de Rugosidade	Declividade (m/m)	Velocidade de Escoamento (m/s)	Vazão da seção (m <sup>3</sup> /s)
SB1	-	0,13	0,0041	-	-
SB2	-	0,13	0,0050	-	-
SB3	-	0,13	0,0048	-	-
SB4	1,544	0,13	0,0046	0,694	13,721
SB5	1,499	0,13	0,0024	0,491	9,227
SB6	1,566	0,13	0,0039	0,555	9,598
SB7	2,099	0,13	0,0005	0,282	10,061
SB8	2,038	0,13	0,0008	0,354	11,822
SB9	1,807	0,13	0,0030	0,623	16,305
SB10	1,876	0,13	0,0055	0,867	24,406
SB11	1,914	0,13	0,0120	1,299	38,054
SB”A”	2,188	0,13	0,0003	0,226	8,850
SB”B”	2,172	0,13	0,0007	0,335	12,905
SB”C”	2,355	0,13	0,0015	0,530	24,915
SB”D”	2,134	0,13	0,0047	0,874	32,325
SB12	2,616	0,13	0,0011	0,485	30,975
SB13	2,672	0,13	0,0012	0,510	34,908

Fonte: Autoria própria (2020)

### 6.10 Verificação do escoamento

Após levantados todos os dados da pesquisa, necessita-se a análise da verificação da profundidade hidráulica do escoamento e do escoamento do canal, conforme as equações 13 e 14 (Página 37).

Os cálculos de base foram feitos para a seção 4 e se repetem para as demais seções que serão observadas na Tabela 12 abaixo.

$$D = \sqrt[3]{\frac{13,721^2}{5,2^2 \times 9,81}} \cong 0,892 \text{ m}$$

$$F = \frac{0,694}{\sqrt{9,81 \times 0,892}} \cong 0,235$$

Com isso verifica-se que o estado de escoamento está no estado subcrítico, onde as forças gravitacionais predominam e não geram problemas a jusante do canal.

Tabela 12 - Verificação de escoamento do canal.

Sub-bacia	Comprimento Superficial (m)	Prof. De escoamento (m)	Número de Froude	Estado de escoamento	Verificação
SB1	-	-	-	-	-
SB2	-	-	-	-	-
SB3	-	-	-	-	-
SB4	5,20	0,892	0,235	Subcrítico	ok
SB5	4,95	0,708	0,186	Subcrítico	ok
SB6	5,25	0,900	0,237	Subcrítico	ok
SB7	9,38	0,489	0,129	Subcrítico	ok
SB8	8,79	0,569	0,150	Subcrítico	ok
SB9	6,89	0,830	0,218	Subcrítico	ok
SB10	7,41	1,034	0,279	Subcrítico	ok
SB11	6,10	1,354	0,356	Subcrítico	ok
SB"A"	10,32	0,422	0,111	Subcrítico	ok
SB"B"	10,14	0,549	0,144	Subcrítico	ok
SB"C"	12,38	0,745	0,196	Subcrítico	ok
SB"D"	9,73	1,040	0,274	Subcrítico	ok
SB12	16,79	0,703	0,185	Subcrítico	ok
SB13	18,00	0,726	0,191	Subcrítico	ok

Fonte: Autoria própria (2020)

Depois de levantados os dados foi feito o comparativo das vazões de contribuição, já acrescido a vazão do manancial de 154 l/s obtida pelo relatório da ARSAE-MG de 2013 e das vazões de suporte das seções do canal conforme a Tabela 13.

Tabela 13 - Comparativo de vazões.

Sub-bacia	Vazão da seção (m <sup>3</sup> /s)	Vazão de contribuição (m <sup>3</sup> /s)	Comparativo
SB1	-	1,864	Suporta
SB2	-	3,575	Suporta
SB3	-	5,210	Suporta
SB4	13,721	7,075	Suporta
SB5	9,227	9,106	Suporta
SB6	9,598	9,379	Suporta
SB7	10,061	12,328	Não Suporta
SB8	11,822	14,185	Não Suporta
SB9	17,979	15,335	Suporta
SB10	20,461	16,756	Suporta
SB11	18,146	18,367	Não Suporta
SB"A"	8,850	1,579	Suporta
SB"B"	12,905	3,080	Suporta
SB"C"	24,915	4,993	Suporta

SB”D”	32,325	6,793	Suporta
SB12	30,975	36,379	Não Suporta
SB13	34,908	38,186	Não Suporta

Fonte: Autoria própria (2020)

### 6.11 Proposição de solução ao problemas identificados

A partir dos dados levantados verifica-se que o canal estudado não suporta a vazão de contribuição em 5 regiões ao longo de sua extensão.

Com relação as velocidades de escoamento verificaram-se que essas estão de acordo, pois estão em estado subcrítico de escoamento o que não gera consequências a montante do canal.

Várias são as medidas que podem ser adotadas para solução do problema, como a alteração ou alargamento da seção transversal do canal, onde haverá a necessidade de escavação das paredes laterais, controle topográfico para os devidos alargamento e cotas e o controle da inclinação do talude. Outra alternativa é a alteração das paredes das seções, alterando a rugosidade, aumenta-se a velocidade e com isso aumenta-se o suporte a vazão, e também a limpeza da vegetação.

Foram feitas verificações para a elaboração de escavação e alargamento das seções, porém verificou-se que com o alargamento da seção está terá seu coeficiente de rugosidade aumentado para  $n= 0,20$  devido uso do solo natural sem quaisquer revestimento e também provocaria a diminuição no alargamento das pistas adjuntas ao canal assim como comprometeria a estruturas das residências que estão na encosta do canal, o que acarretaria transtorno no tráfego e a população local, respectivamente. Ainda seguindo as verificações, destaca-se seções de altura de nível de água baixos ao longo do canal onde haveria a necessidade de grandes alargamentos de bases. Com isso, a obra seria inviável para o determinado canal.

A proposta abordada para a solução dos problemas do canal, foi a alteração da rugosidade do canal, onde o canal que era de pastagem natural de  $n= 0,13$ , alterou-se para um canal de Gabião nas laterais e o Colchão de Reno no fundo com rugosidade de  $n=0,0303$ . É importante ressaltar que grande parte do canal já existe as parede de gabião, porém com a grande quantidade de sólidos e vegetação no canal foi considerado pastagem natural nos cálculos.

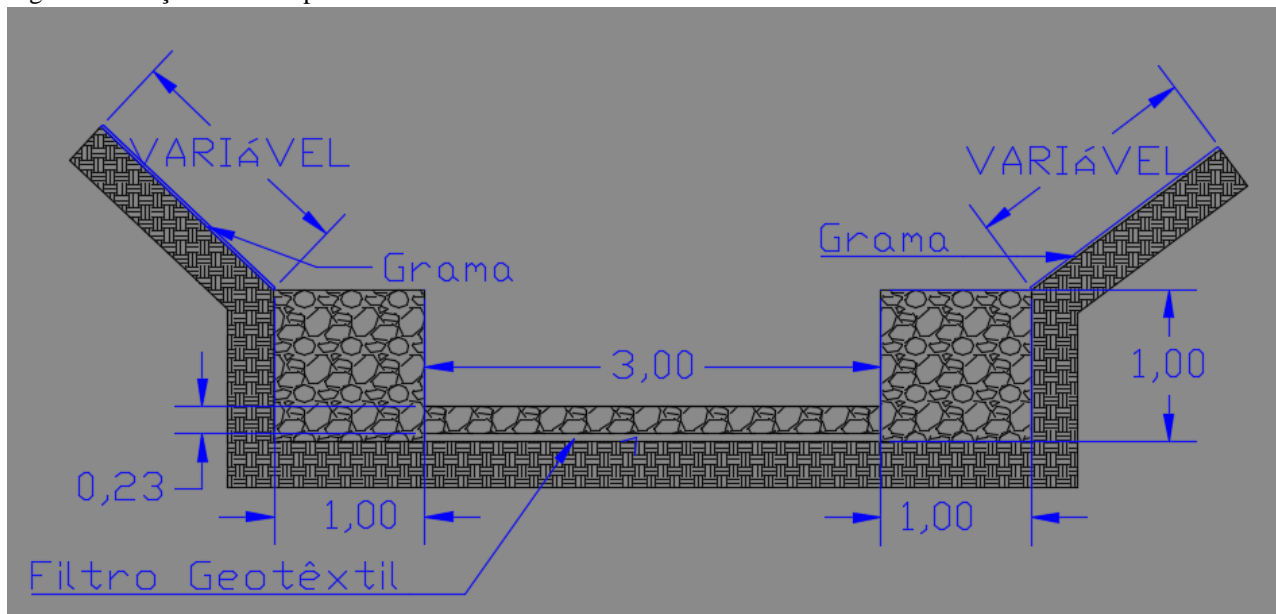
As seções que suportam a vazão de contribuição também receberam o revestimento, pois com o uso do Gabião e do Colchão de Reno as velocidades de escoamento aumentam e chegariam aos trechos sem revestimento com altas velocidades

o que acarretariam em possíveis erosões dessas seções.

Para a determinação das seções de Gabião e do Colchão de Reno foram verificadas as peças disponíveis no mercado, onde destacou-se que as medidas 1 m de largura e 1 m de altura para o Gabião, e 0,23 m de altura para o Colchão de Reno, variando apenas os comprimentos.

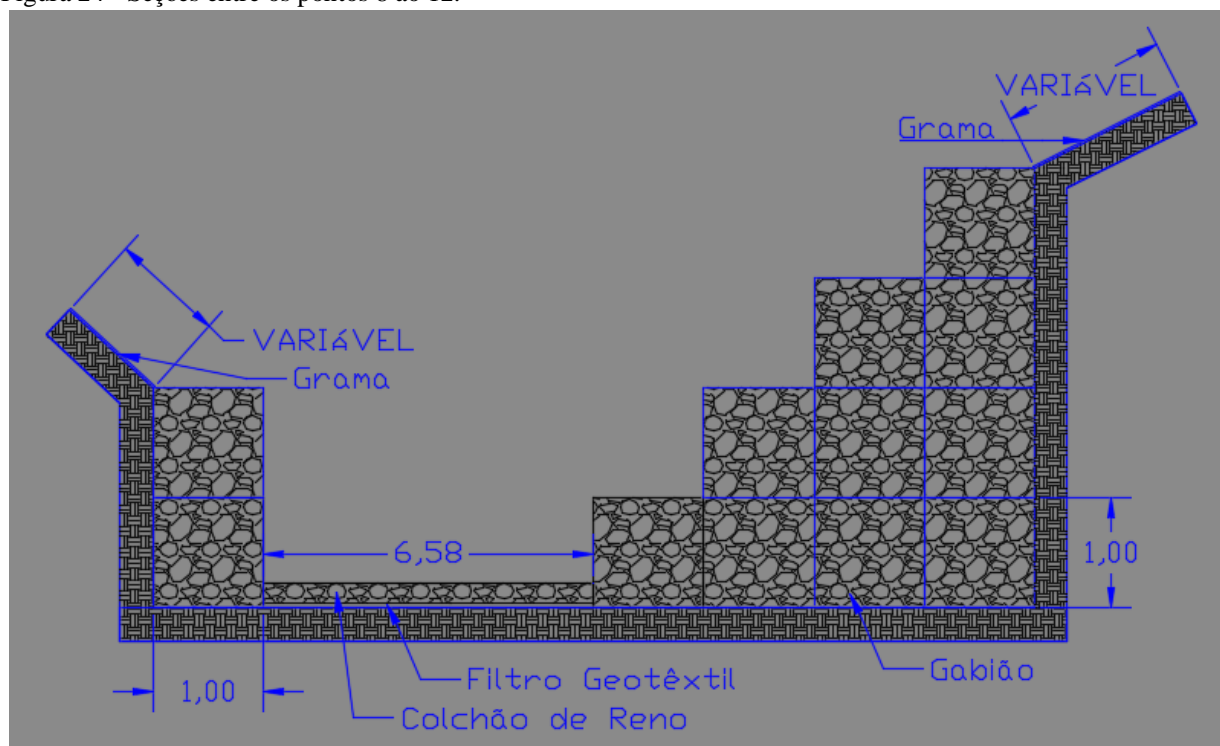
A primeira análise foi determinada conforme as seções das figuras abaixo 23,24 e 25.

Figura 23 - Seções entre os pontos 4 ao 8.



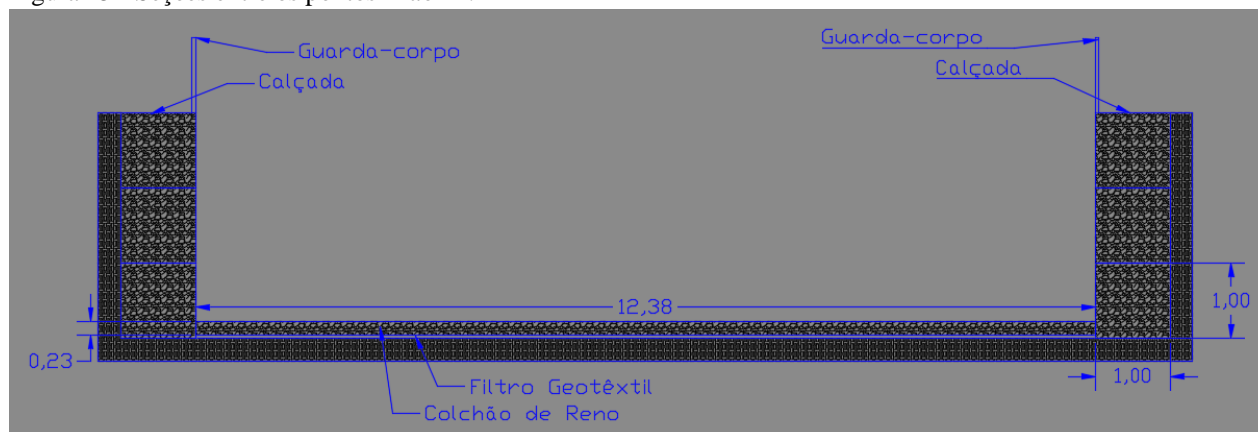
Fonte: O autor.

Figura 24 - Seções entre os pontos 8 ao 12.



Fonte: O autor

Figura 25 - Seções entre os pontos A ao 14.



Fonte: O autor.

Com os 3 modelos de seções acima foram feitas as verificações de suporte para o escoamento nas seções composta pelo Gabião e o Colchão de Reno. Os cálculos de suporte da vazão das seções alteradas, as demais verificações e a comparação foram feitas conforme os cálculos já abordados no presente projeto e seguem conforme as Tabelas 14,15 e 16.

Tabela 14 – Vazões das seções, conforme a restauração.

Seção	Raio Hidráulico (m)	Coefficiente de Rugosidade	Declividade (m/m)	Velocidade de Escoamento (m/s)	Vazão da seção (m <sup>3</sup> /s)
Seção 1	-	0,03	0,0041	-	-
Seção 2	-	0,03	0,0050	-	-
Seção 3	-	0,03	0,0048	-	-
Seção 4	1,130	0,03	0,0046	2,445	25,423
Seção 5	1,106	0,03	0,0024	1,736	17,187
Seção 6	1,860	0,03	0,0039	3,135	18,807
Seção 7	1,402	0,03	0,0005	0,935	17,534
Seção 8	1,375	0,03	0,0008	1,180	20,737
Seção 9	1,299	0,03	0,0030	2,165	32,092
Seção 10	1,238	0,03	0,0055	2,848	37,026
Seção 11	1,196	0,03	0,0055	2,785	33,145
Seção "A"	1,897	0,03	0,0003	0,889	27,524
Seção "B"	1,885	0,03	0,0007	1,320	40,165
Seção "C"	2,021	0,03	0,0015	2,073	76,974
Seção "D"	1,856	0,03	0,0047	3,452	100,765
Seção 12	2,210	0,03	0,0011	1,880	94,705
Seção 13	2,250	0,03	0,0012	1,972	106,495

Fonte: Autoria própria (2020)

Tabela 15 – Verificação de escoamento do canal, conforme a restauração.

Seção	Comprimento Superficial (m)	Prof. De escoamento (m)	Número de Froude	Estado de escoamento	Verificação
Seção 1	-	-	-	-	-
Seção 2	-	-	-	-	-
Seção 3	-	-	-	-	-
Seção 4	5,00	0,916	0,232	Subcrítico	ok
Seção 5	5,00	0,703	0,187	Subcrítico	ok
Seção 6	5,00	0,652	0,286	Subcrítico	ok
Seção 7	5,00	0,745	0,104	Subcrítico	ok
Seção 8	5,00	0,829	0,124	Subcrítico	ok
Seção 9	5,00	1,027	0,196	Subcrítico	ok
Seção 10	5,00	1,344	0,245	Subcrítico	ok
Seção 11	5,00	1,807	0,308	Subcrítico	ok
Seção "A"	10,32	0,422	0,111	Subcrítico	ok
Seção "B"	10,14	0,549	0,144	Subcrítico	ok
Seção "C"	12,38	0,745	0,196	Subcrítico	ok
Seção "D"	9,73	1,040	0,274	Subcrítico	ok
Seção 12	16,79	0,703	0,185	Subcrítico	ok
Seção 13	18,00	0,726	0,191	Subcrítico	ok

Fonte: Autoria própria (2020)

Tabela 16 - Comparativo de vazões. Conforme a restauração.

Seção	Vazão da seção (m³/s)	Vazão de contribuição (m³/s)	Comprativo
Seção 1	-	1,999	Suporta
Seção 2	-	3,692	Suporta
Seção 3	-	5,311	Suporta
Seção 4	25,423	7,157	Suporta
Seção 5	17,187	9,167	Suporta
Seção 6	18,807	10,427	Suporta
Seção 7	17,534	12,357	Suporta
Seção 8	20,737	14,194	Suporta
Seção 9	32,092	15,333	Suporta
Seção 10	37,026	16,739	Suporta
Seção 11	33,145	18,334	Suporta
Seção "A"	27,524	1,717	Suporta
Seção "B"	40,165	3,203	Suporta
Seção "C"	76,974	5,096	Suporta
Seção "D"	100,765	6,878	Suporta
Seção 12	94,705	36,162	Suporta
Seção 13	106,495	37,950	Suporta

Fonte: Autoria própria (2020)

As seções de revestimento de Colchão Reno foram constantes para todo o trecho



do canal, onde todas as seções suportam as vazões de contribuição, considerando também uma borda livre de segurança. As velocidades encontradas respeitam as velocidades críticas e limites para o tipo de material.

Os volumes de escavação das seções foram determinados conforme média de escavação entre as seções e chegou-se aos valores conforme a Tabela 17.

Tabela 17 – Volume de escavação

Trecho	Volume de remoção (m <sup>3</sup> )
Seção 1	-
Seção 2	-
Seção 3	-
Seção 4	3,89
Seção 5	2,57
Seção 6	4,89
Seção 7	3,64
Seção 8	4,023
Seção 9	8,9
Seção 10	15,2
Seção 11	36,15
Seção "A"	110,89
Seção "B"	250,64
Seção "C"	180,9
Seção "D"	540,13
Seção 12	277,3
Seção 13	302,8
<b>Total</b>	<b>1741,923</b>

Fonte: Autoria própria (2020)

Para finalizar será realizado o revestimento do canal e a substituição e/ou reparo dos gabiões danificados, será feito o plantio de grama nas paredes do talude acima dos gabiões entre as seções 1 a 10 do canal, visando a contensão de erosão do talude. A substituição e/ou reparo

A área de plantio de grama foi determinada conforme a média entre as seções e chegou-se aos valores conforme a Tabela 18.

Tabela 18 – Área de plantio

Trecho	Área de grama (m <sup>2</sup> )
Seção 1	-
Seção 2	-

Seção 3	-
Seção 4	82,69
Seção 5	71,86
Seção 6	99,24
Seção 7	57,63
Seção 8	-
Seção 9	-
Seção 10	42,8
Seção 11	27,98
Seção "A"	-
Seção "B"	-
Seção "C"	-
Seção "D"	-
Seção 12	-
Seção 13	-
<hr/> Total	<hr/> 382,2

Fonte: Aatoria própria (2020)

## 7 ESPECIFICAÇÃO DE MATERIAIS E SERVIÇOS

### 7.1 Objetivos

A especificação tem por objetivo definir a regularização do canal, verificação das novas seções e controle de materiais e serviços para a execução do mesmo.

### 7.2 Regularização do canal

O canal terá suas seções regularizadas e seu revestimento em Gabião e Colchão Reno.

### 7.3 Equipamentos e serviços

Para a execução da escavação e acerto para substituição dos Gabiões danificados do canal será necessário o uso dos equipamentos e serviços:

- Equipe de topografia;
- Escavadeira hidráulica;
- Servente para escavação manual para acerto de base;
- Caminhão basculante;

Para a colocação, enchimento, arrumação e fechamento dos Gabiões e os Colchões de Reno é necessário a uso dos equipamentos e serviços:

- Escavadeira hidráulica;
- Serventes;
- Luvas;
- Alicates normal;
- Alicates de corte;
- Alicates e cortadora tipo "telegrafista";
- Pequena alavanca;
- Marreta de 1,0kg;
- Caminhão basculante;

#### 7.3.1 Materiais

Arames:

Todo arame utilizado na fabricação do colchão Reno e nas operações de amarração e atirantamento deve ser de aço doce recozido, de acordo com as especificações NBR 8.964,

ASTM A641M-98 e NB 709-00.

Telas:

Devem ser em malha hexagonal de dupla torção, de acordo com as especificações da NBR 10.514, NB 710-00 e NP 17 055 00.

Colchão:

Base, tampa, diafragmas e paredes laterais e das extremidades devem ser formadas a partir de um único pano de tela. Cada diafragma de parede dupla, formado a partir de dobras no pano da base, deve apresentar, em sua parte inferior, quatro espirais de união em arame de diâmetro 2 mm recoberto com PVC.

Gramas:

Para a execução do plantio de grama nas seções do talude acima do Gabião será necessário a utilização dos equipamentos e serviços:

- Gramas do tipo esmeralda;
- Serventes;
- Estacas;
- Marreta de 1,0kg;

#### **7.4 Limpeza do canal**

Será realizado o desassoreamento do fundo do canal, retirando todos os destroços, matéria orgânica, entulhos e direcionando-os para o bota fora.

## 8 ORÇAMENTO

Foi realizada uma estimativa de preço, onde os dados para o orçamento foram extraídos SINAPI de maio de 2020. Para o orçamento prévio da obra não será adotado o uso de BDI.

Tabela 19 – Planilha orçamentária

Planilha Orçamentária					
Item	Descrição	Unid.	Preço Unitário R\$	Quantidade	Preço Total R\$
<b>1</b>	<b>Demolições</b>				
1.1	Demolição de gabiões, sem aproveitamento do material.	m <sup>3</sup>	R\$ 85,61	50	R\$ 4.280,50
1.2	Transporte de agregado DMT de 0 a 10 KM	m <sup>3</sup> x km	R\$ 1,02	50	R\$ 51,00
Valor total de demolições					R\$ 4.331,50
<b>2</b>	<b>Estrutura de Gabião</b>				
2.1	<b>Manta Geotêxtil</b>				
2.1.1	Colocação de manta geotêxtil	m <sup>2</sup>	13,12	999,6	R\$ 13.114,75
2.2	<b>Lastro de brita e areia</b>				
2.2.1	Lastro de areia	m <sup>2</sup>	94,28	999,6	R\$ 94.242,29
2.2.2	Lastro de brita 2 ou 3 apiloado manualmente	m <sup>2</sup>	101,39	999,6	R\$ 101.349,44
2.3	<b>Gabião</b>				
2.3.1	Gabião Colchão Reno	m <sup>2</sup>	107,48	999,6	R\$ 107.437,01
2.3.2	Gabião tipo caixa	m <sup>3</sup>	307,1	50	R\$ 15.355,00
Valor total da estrutura de Gabião					R\$ 122.792,01
<b>3</b>	<b>Limpeza e regularização do fundo e laterais do canal</b>				
3.1	Limpeza e Escavação manual de solos	m <sup>3</sup>	59,45	1741,92	R\$ 103.557,14
3.2	Regularização e compactação dos solos, compactados em camadas de 20 cm	m <sup>2</sup>	6,61	299,88	R\$ 1.982,21
3.3	Transporte de agregado DMT de 0 a 10 KM	m <sup>3</sup> x km	1,02	1741,92	R\$ 1.776,76
Valor total da limpeza e regularização do fundo e laterais do canal					R\$ 3.758,97
<b>4</b>	<b>Plantio de grama</b>				
4.1	Plantio de grama esmeralda em rolo	m <sup>2</sup>	R\$ 9,65	382,8	R\$ 3.694,02
Valor total da limpeza e regularização do fundo e laterais do canal					R\$ 3.694,02
Valor total da obra					R\$ 134.576,49

Fonte: Autoria própria (2020)

## 9 CONCLUSÃO

Após realizado os estudos é relevante que o canal estudado certamente não suportava a vazão de contribuição da região por possuir vários pontos que dificultavam no escoamento do canal, e este passava por grandes problemas de cheias.

Depois de vários métodos estudados para correção dos problemas, destacou-se a limpeza do canal com a remoção dos sólidos e da veteção, de modo que o canal funcione com sua seção real e também a substituição dos Gabiões danificados e a aplicação do Colchão de Reno como revestimento do canal. Com isso a velocidade de escoamento será maior e consequentemente a capacidade de suporte para a vazão será maior.

O Colchão de Reno deverá ser instalado de forma que compreenda apenas uma seção para o suporte das vazões de contribuição, agindo também com suporte consideravelmente maior e facilidade de mão-de-obra. Assim, com a instalação haverá um volume de escavação menor, comparado com o alargamento da seção, e assim maior preservação das margens do canal.

Com a adoção do método, destacou-se um grande aumento de suporte de vazão para o canal, onde verificou-se que a contribuição da bacia com período de retorno máximo igual a 100 anos ao canal projetado também suportaria a vazão do mesmo. Com isso, conclui-se que a escolha desse método foi completamente viável, tanto no aspecto de elaboração quanto em aspecto de viabilidade econômica e assim a cidade não vivenciará enchentes nos dias de grandes precipitações.

## REFERÊNCIAS

**AUTOCAD.** Autodesk. Disponível para download em: Último acesso em: 11/11/2019.

**ARSEA-MG,** Relatório de Fiscalização. Sistema de abastecimento de Água de sede do Município de Varginha. Belo Horizonte 2013. 7 p.

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

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

CARVALHO, & silva, Daniel F. e SILVA, Leonardo D. B. **Bacia Hidrográfica.** Cap.3. 2006. 18p.

CETESB. **Drenagem Urbana.** 2ª edição, São Paulo: DAFE/CETESB, 1980.

COELHO, Marcia Maria Lara Pinto; LIMA, José Geraldo de Araújo. **Eficiência Hidráulica de Bocas de lobo situadas em sarjetas de greide contínuo.** RBRH – Revista Brasileira de Recursos Hídricos. Volume 16. 2011.

CRISTO, S.S.V. **Análise de susceptibilidade a riscos naturais relacionados à enchentes e deslizamentos do setor leste da Bacia Hidrográfica do Rio Itacorubi, Florianópolis, Santa Catarina.** Florianópolis, 2002. 211 p. Dissertação (Mestrado) - Departamento de Geociências do Centro de Filosofia e Ciências Humanas, Universidade Federal de Santa Catarina.

DAEE / CETESB – **Drenagem Urbana - Manual de Projeto.** 2ª Edição. 1980. São Paulo - SP.

FREITAS, Leonardo Esteves de. **Atlas Ambiental da Bacia Hidrográfica do Rio Macaé.** 2015. Rio de Janeiro – RJ.

**Global Mapper.** Blue Marble Geographics. Disponível para download em: <<https://www.blumaplegeo.com/products/global-mapper.php>> Acesso em 25/05/2019.

**Google Earth.** Google. Disponível para download em: < <https://www.google.com/intl/pt-BR/earth/download/gep/agree.html>> Acesso em: 25/05/2019.

Governo do estado do Paraná. **Manual de Drenagem Urbana.** Agosto. 2017. Disponível em : < [www. https://www.toledo.pr.gov.br/](https://www.toledo.pr.gov.br/)>.

GRIBBIN, John E. **Introdução a Hidráulica, Hidrologia e Gestão de Águas Pluviais.** 4ª edição, São Paulo: Cengage Learning, 2014.

IBGE, **Instituto Brasileiro de Geografia e Estatística** – Disponível em: <<https://www.ibge.gov.br/cidades-e-estados/mg/varginha.html>>

**Inundação na Santa Maria – Varginha** – Disponível em: <<https://www.blogdomadeira.com.br/2018/01/chuva-provoca-alagamentos-e-estragos-em-varginha/>>

MACCAFERRI, **Tabelas Gabiões tipo Colchão Reno e Gabiões Caixa** – Disponível em: <<https://www.maccaferri.com/br/produtos/gabioes/>>

MARCIANO, Antônio da silva. **Conceituação, aplicação e ciclo hidrológico**. Capítulo 1. UFLA.2011.<[http://deg.ufla.br/site/\\_adm/upload/file/Hidrologia%20/Introducao\\_HIDROLOGIA\\_2.pdf](http://deg.ufla.br/site/_adm/upload/file/Hidrologia%20/Introducao_HIDROLOGIA_2.pdf)>. Acesso em: 15/04/2019 .

MARQUES, A. Sá et al. **Hidrologia Urbana** : Siste,a de drenagem de águas pluviais urbanas. Entidade Reguladora dos Serviços de Águas e Resíduos Universidade de Coimbra ed. Lisboa: 2013 p. v. 2 Disponível em: <[http://filis.isec.pt/DOCUMENTOS/SERVIÇOSx'/BIBLIO/Documentos%20de%20acesso%20remto/Hidrologia-urbana\\_2\\_Lima.pdf](http://filis.isec.pt/DOCUMENTOS/SERVIÇOSx'/BIBLIO/Documentos%20de%20acesso%20remto/Hidrologia-urbana_2_Lima.pdf)>

MARTINS, S.G.; AVANZI, J.C.; SILVA, M.L.N.; CURI, N.; NORTON, L.D.; FONSECA, S. **Rainfall erosivity and rainfall return period in the experimental watershed of Aracruz, in the coastal plain of Espírito Santo, Brazil**. Revista Brasileira de Ciência do Solo, Viçosa, v.34, n.3, p.999-1004, 2010.

MELO, Aline, SIMÃO, Izolda, BARROS, Karina e CARVALHO, Neiza. **Comparativo do Tempo de Concentração no Resultado da Vazão de uma Bacia Hidrográfica, Através do Método Racional**. 2010. 48p.

MORANO, JOSÉ ROBERTO. **Pequenas barragens de terra. Metodologia para projetos e obras**. Edição Codasp, 2006, 103 páginas.

NBR 8.964 - **Arame de aço de baixo teor de carbono, zincado, para gabiões**

NBR 10.514 - **Redes de Aço com Malha de Dupla Torção para Gabiões**

NETO, Antônio Cardoso. **Sistemas Urbanos de Drenagem**, Apostila de Drenagem Urbana, Universidade de São Paulo, São Paulo, 2014.

OLIVEIRA, R. C. de. **Medidas não estruturais na prevenção e controle de enchentes em área urbanas, como subsídios para o planejamento de uso e ocupação do solo**: estudo de caso: bacia do córrego do Gregório – São Carlos (SP). Dissertação (mestrado) EESC-USP, São Carlos, 1998.

**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 22/10/2019.



PROCAFÉ, - COCAPEC - **Cooperativa de Cafeicultores e Agropecuaristas**. Disponível para download em: < [https://cocapec.com.br/dept\\_tecnico/](https://cocapec.com.br/dept_tecnico/)>. Acesso em 05/09/2019.

PORTO Rodrigo de Melo. **Hidráulica Básica**. 4ª edição, São Carlos: EESC- USP, 2006.

RAMOS, Carlos Lloret et al. **Diretrizes Básicas para Projetos de Drenagem Urbana no Município de São Paulo**. Lilian Satiko Murata. Ed. São Paulo: [s.n.], 2012. 285p.

RIGHETTO, Antônio M. **Manejo de Águas Pluviais Urbanas**. 1ª edição, Rio de Janeiro: ABES, 2009.

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

TOMAZ, Plínio. **Fórmula de Manning e Canais**. Cap.50. 2011. 70p.

TOMAZ, Plínio. **Método de I-PAI-WU**. Cap.66. 2014. 10p.

TOMAZ, Plínio. **Período de Retorno**. Cap.3. 2013. 9p.

TSUTIYA, M. T., & SOBRINHO, P. A. **Coleta e Transporte de Esgoto Sanitário**. 3ª edição. Rio de Janeiro: ABES – Associação Brasileira de Engenharia Sanitária e Ambiental, 2011, 548 p.

TUCCI, Carlos. **Drenagem Urbana**. 1ª edição, Porto Alegre: ABRH/Editora da Universidade/UFRGS, 1995.

TUCCI, Carlos. **Hidrologia: Ciência e Aplicação**. 2ª edição, Porto Alegre: Ed. Universidade/UFRGS: ABRH, 1993.

TUCCI, C. E. M. **Drenagem Urbana** disponível no site [http://cienciaecultura.bvs.br/scielo.php?script=sci\\_arttext&pid=S0009-67252003000400020](http://cienciaecultura.bvs.br/scielo.php?script=sci_arttext&pid=S0009-67252003000400020), 2003.

TUCCI, C. E. M., **Gerenciamento de Drenagem Urbana**, In RBRH – Revista Brasileira de Recursos Hídricos, Porto Alegre, RS, 2009.

TUCCI, C.E.M.; MARQUES, D.M.L.M. **Avaliação e Controle da Drenagem Urbana**. Porto Alegre. Editora ABRH, 1ª edição: 2001 vol. 2, p. 548.

SÁ MARQUES, A.; LIMA, J.P.D.; SOUSA, J.; SIMÕES, N.E.; PINA, R. (2013) **Hidrologia Urbana - Sistemas de Drenagem de Águas Pluviais Urbanas**. Lisboa: ERSAR e Universidade de Coimbra.

**SECRETÁRIA MUNICIPAL DE DESENVOLVIMENTO URBANO**. Manual de Drenagem e Manejo de Águas Pluviais: Aspectos Tecnológicos, Fundamentos. **Volume 2**, São Paulo: SMDU, 2012.

SUDERHSA, Superintendência de Desenvolvimento de Recursos Hídricos e Saneamento Ambiental. **Manual de drenagem Urbana**. Versão 1.0. 2002.

Villela, S. M. & Mattos, A. 1975, **Hidrologia Aplicada**,. Editora Mc Graw Hill, São Paulo 245p.

**APÊNDICE A – DIVISÃO DAS SUB-BACIAS**

**APÊNDICE B – PONTOS AO LONGO DO CURSO D'ÁGUA**