

CENTRO UNIVERSITÁRIO DO SUL DE MINAS GERAIS – UNIS/ MG

ENGENHARIA CIVIL

GABRIELA BRAZIEL FERREIRA

**PROPOSTA PARA SOLUCIONAR O SISTEMA DE MICRODRENAGEM DO
BAIRRO SANTO ANTÔNIO I EM MACHADO - MG**

VARGINHA

2017

GABRIELA BRAZIEL FERREIRA

**PROPOSTA PARA SOLUCIONAR O SISTEMA DE MICRODRENAGEM DO
BAIRRO SANTO ANTÔNIO EM MACHADO - MG**

Trabalho de Conclusão de Curso apresentado ao curso de Engenharia civil, do Centro Universitário do Sul de Minas – UNIS/MG, como requisito parcial para obtenção do Título de bacharel sob a orientação da Prof^a. M^a. Ivana Prado de Vasconcelos.

VARGINHA

2017

GABRIELA BRAZIEL FERREIRA

**PROPOSTA PARA SOLUCIONAR O SISTEMA DE MICRODRENAGEM DO
BAIRRO SANTO ANTÔNIO EM MACHADO - MG**

Trabalho apresentado ao curso de Engenharia civil, do Centro
Universitário do Sul de Minas – UNIS/MG, como requisito
parcial para obtenção do Título de bacharel pela Banca
Examinadora composta pelos membros:

Aprovado em: / / 2017

Prof^a. M^a. Ivana Prado de Vasconcelos

OBS:

Dedico este trabalho primeiramente a Deus, por ser essencial em minha vida, e por ter iluminado meu caminho durante esta caminhada. A minha família, por sua capacidade de acreditar e investir em mim.

AGRADECIMENTOS

Primeiramente a Deus que permitiu que tudo isso acontecesse, ao longo de minha vida, e não somente nestes anos como universitária, mas que em todos os momentos é o maior mestre que alguém pode conhecer.

Agradeço a minha mãe Néia, heroína que me deu apoio, incentivo nas horas difíceis, de desânimo e cansaço. Ao meu pai Waldir que apesar de todas as dificuldades não mediu esforços para que esta conquista fosse alcançada.

Agradeço ao meu namorado Douglas pela ajuda e apoio nas etapas de elaboração deste trabalho, onde não mediu esforços para me ajudar.

A esta Universidade, seu corpo docente, que direta ou indiretamente fizeram parte da minha formação, o meu muito obrigado.

A minha orientadora Prof^a. M^a. Ivana Prado de Vasconcelos, pelo suporte, pelas suas correções, pelo apoio e pela paciência.

As minhas amigas que fizeram parte da minha formação e vão continuar presentes em minha vida com certeza.

“Entender que tudo tem seu tempo. Que tudo vem ao seu tempo. Dar o tempo necessário, para crescer, para brotar, para florescer. Aceitar o ciclo da vida, respeitando o fluxo do tempo. Esperar o tempo certo, para plantar, para colher, para agir, para seguir e para aprender.”

Vivian Cunha

Resumo

O presente trabalho apresenta um estudo de caso realizado para drenagem urbana no bairro Santo Antônio no trecho da Rua Francisco Carvalho Dias no município de Machado-MG. Tendo como objetivo caracterizar o local em estudo e a bacia de contribuição, bem como analisar a capacidade de vazão dos elementos hidráulicos de microdrenagem existentes, com o intuito de avaliar possíveis deficiências no sistema de drenagem pluvial do bairro e elaborar um projeto para solucionar o respectivo sistema. Para isso foi realizada uma revisão bibliográfica, visitas in loco, estudos hidráulicos e hidrológicos. Tornando possível verificar e dimensionar os componentes hidráulicos do sistema de microdrenagem. No projeto foi proposto a implantação de sarjetões, novas bocas de lobo para captação de água pluvial, pavimentação de via, reconstrução das sarjetas e a substituição da rede de galeria existente, pois a mesma não suporta as vazões da demanda atual. Com a implantação do projeto, os impactos que a população sofre em períodos de altos índices pluviométricos, principalmente com as inundações, serão minimizados.

Palavras chaves: Drenagem urbana. Sistema de microdrenagem. Inundações.

ABSTRACT

This paper presents a case study carried out for urban drainage in the Santo Antônio neighborhood in the section of Francisco Carvalho Dias Street in the municipality of Machado-MG. The objective of this study was to characterize the site under study and the basin of contribution, as well as to analyze the flow capacity of the existing microdrainage hydraulic elements, in order to evaluate possible deficiencies in the drainage system of the neighborhood and to elaborate a project to solve the respective system. For this, a bibliographic review was carried out, on-site visits, hydraulic and hydrological studies. Making it possible to check and dimension the hydraulic components of the microdrain system. In the project it was proposed the implantation of sarjetões, new lobes of wolf to capture rain water, paving of road, reconstruction of the gutters and the replacement of the existing gallery network, since it does not support the flows of the current demand. With the implementation of the project, the impacts that the population suffers in periods of high rainfall, especially with floods, will be minimized.

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

LISTA DE FIGURAS

Figura 1- Rua Francisco Vieira Dias	19
Figura 22 - Rua Francisco Vieira Guerra	19
Figura 3- Galeria da rua Francisco Viera Dias	21
Figura 4- Sarjeta danificada na rua Francisco Vieira Dias	22
Figura 5- Cobertura vegetal ao longo da sarjeta.....	23
Figura 6- Inundação da Rua Francisco Vieira Dias	24
Figura 7 - Elementos hidráulicos	41
Figura 8 - Elementos hidráulicos característicos das seções circulares	44
Figura 9- Relatório do Software Plúvio 2.1	49

LISTA DE TABELAS

Tabela 1 – Recuperação das Sarjetas.....	28
Tabela 2 - Diâmetro existente x Diâmetro necessário/ trecho	28
Tabela 3 - Valores de período de retorno	32
Tabela 4 - Coeficientes de “Runoff”	34
Tabela 5 - Coeficiente de Rugosidade “n”	38
Tabela 6- Fatores de redução de escoamentos das sarjetas	39
Tabela 7- Parâmetros utilizados em canais e/ou seção circular de galeria pluvial.	42
Tabela 8- Recobrimento mínimo da tubulação da galeria.....	45
Tabela 9- Declividade da galeria	45
Tabela 10- Dimensões dos poços de visita em relação ao diâmetro	46
Tabela 11- Espaçamentos dos poços de visita em metros.....	46
Tabela 12- Quantitativo de áreas.....	50
Tabela 13- Coeficiente de Runoff	50
Tabela 14– Áreas da bacia de contribuição.....	51
Tabela 15 - Vazão Pluvial margem direita	52
Tabela 16 - Vazão pluvial de margem esquerda	52
Tabela 17 - Dados necessários para dimensionamento da sarjeta.....	51
Tabela 18 - Dimensionamento das sarjetas margem direita.....	51
Tabela 19 - Dimensionamento das sarjetas margem esquerda.....	51
Tabela 20 - Dimensionamento das galerias.....	52
Tabela 21 - Dimensionamento dos poços de visita.....	52
Tabela 22 - verificação das bocas de lobo existentes.....	52

Tabela 23 - Dimensionamento das bocas de lobo da margem direita.....	53
Tabela 24 - Dimensionamento das bocas de lobo da margem esquerda.....	53
Tabela 25 - Dimensionamento tubulações secundárias da margem direita.....	53
Tabela 26 - Dimensionamento das tubulações secundárias da margem esquerda.....	54
Tabela 27 - Estimativa de custo.....	55

Sumário

1 INTRODUÇÃO	15
2 OBJETIVOS	17
2.1 Objetivo Geral	17
2.2 Objetivos Específicos.....	17
3 DIAGNÓSTICO	18
3.1 Descrição do local em estudo	18
3.2 Caracterização do sistema de microdrenagem existente	20
4 PROJETO.....	25
4.1 Memorial descritivo	25
4.1.1 Dados da projetista	25
4.1.2 Localização da bacia	25
4.1.3 Apresentação.....	26
4.1.4 Concepção de projeto.....	26
4.1.5 Estudos hidrológicos.....	30
4.1.5.1 Bacia hidrográfica	30
4.1.5.2 Área da bacia.....	31
4.1.5.3 Declividade do curso d'água.....	31
4.1.5.4 Determinação do tempo de retorno	31
4.1.5.5 Tempo de escoamento superficial	32
4.1.5.6 Tempo de concentração	32
4.1.5.7 Intensidade de chuva.....	33
4.1.5.8 Coeficiente de escoamento superficial	34
4.1.5.9 Vazão pluvial - Método Racional.....	35
4.1.6 Parâmetros de dimensionamento hidráulico	36

4.1.6.1 Sarjetas.....	36
4.1.6.1.1 Altura da lâmina d'água	36
4.1.6.1.5 Cálculo da vazão da sarjeta.....	38
4.1.6.1.7 Cálculo da vazão real da sarjeta.....	39
4.1.6.2.6 Recobrimento mínimo das galerias.....	45
4.1.6.3.1 Dimensão dos poços de visita	45
4.1.6.5 Cálculo da boca de lobo de guia.....	46
4.2 Memorial de cálculo e planilhas	48
4.2.1 Cálculos hidrológicos	48
4.2.1.1 Cálculo da declividade do curso d'água.....	48
4.2.1.8.1 Quantitativo de áreas.....	50
4.2.2.1 Quadro de áreas da bacia de contribuição	51
4.2.2.2 Vazão pluvial - Margem direita.....	52
4.2.2.3 Vazão pluvial - Margem esquerda	52
4.2.2.4 Dados do dimensionamento das sarjetas	53
4.2.2.5 Dimensionamento das sarjetas - Margem direita.....	53
4.2.2.6 Dimensionamento das sarjetas - Margem esquerda.....	53
4.2.2.7 Dimensionamento das galerias.....	54
4.2.2.8 Dimensionamento dos poços de visita.....	54
4.2.2.9 Verificação das bocas de lobo existentes	55
4.2.2.10 Dimensionamento das bocas de lobo necessárias - Margem direita	55
4.2.2.11 Dimensionamento das bocas de lobo necessárias - Margem esquerda.....	56
4.2.2.12 Dimensionamento da tubulação secundária - Margem direita	56
4.3 Especificações de serviços e materiais.....	57
4.3.1 Informações gerais	57

4.3.2.2 Demolições	58
4.3.2.4 Escoramento.....	60
4.3.2.6.1 Enchimento de valas.....	61
4.3.2.6.2 Adensamento.....	62
4.3.2.8 Transporte de materiais	63
4.3.3.4 Bocas de lobo	65
4.3.3.5 Cal hidratada.....	65
4.3.3.6 Cimento	66
4.3.3.7 Concreto	66
4.3.3.8 Poços de visita.....	67
4.3.3.9 Tubos de concreto	67
4.3.3.10 Sarjetas e Sarjetões.....	68
5 QUANTITATIVO DE MATERIAIS E ESTIMATIVA DE CUSTO	69
6 CONCLUSÃO	71
REFERÊNCIAS	73
APÊNDICE A - Sub bacias.....	76
APÊNDICE B - Planta baixa.....	78
APÊNDICE C - Perfis longitudinais da rede do sistema de microdrenagem .	80
APÊNDICE D - Detalhes.....	82

1 INTRODUÇÃO

O crescimento das cidade acaba por modificar o uso do solo em determinadas áreas, tendo em vista que o solo coberto por vegetação é muitas vezes substituído por edificações, vias, calçadas e pavimentos diversos. Embora a expansão das cidades seja um processo comum, geralmente ocorre com pouco ou nenhum planejamento. A medida que a cidade cresce aumenta também o desmatamento, a impermeabilização do solo, aumento da quantidade de lixo produzido, aumento da vazão, ocupação nas várzeas, alteração no curso natural de escoamento das águas pluviais e o aumento da velocidade dessa vazão. Fatores estes que somados afetam o sistema de drenagem urbana.

Além disso, a inexistência de Planos Diretores de Drenagem Urbana, que procurem equacionar os problemas de drenagem do ponto de vista da bacia hidrográfica, a falta de mecanismos legais e administrativos eficientes, que permitam a correta gestão das consequências do processo de urbanização sobre as enchentes urbanas e a concepção inadequada da maioria dos projetos de drenagem urbana, contribuem para o agravamento do problema.

Pinheiro (2006), diz que o sistema de drenagem deve ser entendido como o conjunto da infraestrutura existente em uma cidade para realizar a coleta, o transporte e o lançamento final das águas superficiais, constituído por uma série de medidas que visam minimizar os riscos que estão expostas as populações, diminuindo os prejuízos causados pelas inundações e possibilitando o desenvolvimento urbano de forma harmônica, articulada e ambientalmente sustentável.

A execução cuidadosa da obra conforme projeto e manutenção permanente, com limpeza e desobstrução dos elementos desses sistemas de drenagem urbana antes dos períodos chuvosos são fatores relevantes para o bom funcionamento dos mesmos.

O presente trabalho apresenta um estudo de caso sobre o Bairro Santo Antônio I, localizado no município de Machado-MG. O local em estudo e a bacia de contribuição da respectiva rua foram caracterizados e diagnosticados. Constatou-se que a área em estudo refere-se a um sistema de microdrenagem.

O objetivo deste trabalho é apresentar um projeto para solucionar o sistema de microdrenagem existente no bairro Santo Antônio I, na rua Francisco Carvalho Dias e Rua Projetada. Foi verificado in loco que o sistema existente é precário, e não abrange todos os componentes hidráulicos para o seu funcionamento adequado e a população sofre com inundações em períodos de precipitações intensas.

Justifica-se assim o estudo de caso e os indicativos de soluções do sistema de microdrenagem do local, para que os impactos advindos desse sistema sejam minimizados.

2 OBJETIVOS

2.1 Objetivo Geral

O presente trabalho tem como objetivo propor soluções para sanar os problemas referentes ao sistema de microdrenagem no bairro Santo Antônio I, localizado no município de Machado – MG.

2.2 Objetivos Específicos

Para atender o objetivo geral deste trabalho, deve-se:

- Realizar uma pesquisa bibliográfica do tema a ser estudado, para buscar embasamento teórico e assim sustentar a argumentação nas etapas deste trabalho.
- Caracterizar o levantamento topográfico do Bairro Santo Antônio I.
- Indicar a bacia hidrográfica e sub - bacias a serem estudadas.
- Analisar o sistema de drenagem urbana atual do local.
- Estudar o plano diretor da cidade de Machado – MG, buscando dados que auxiliaram na determinação de tempo de retorno e possíveis questões ao longo da pesquisa.
- Interpretar os dados colhidos.
- Analisar possíveis fatores que ocasionam inundações no bairro.
- Levantar possíveis indicativos de solução para o problema de inundações em períodos de alto índice pluviométrico.

3 DIAGNÓSTICO

3.1 Descrição do local em estudo

A área em estudo localiza-se na cidade de Machado-MG. O ponto mais crítico encontra-se na Rua Francisco Carvalho Dias, representado pela figura 16 e 17, situado nas coordenadas de latitude $21^{\circ}41'30,78''$ e longitude $45^{\circ}54'5,96''$. Esse trecho apresenta problemas de inundações em períodos de chuvas intensas, desencadeando uma série de impactos para a população que reside no local.

O trecho em análise é uma via coletora, e a ocupação predominante é de residências unifamiliares, com a presença de uma indústria de insumos agrícolas e um pátio de estacionamento para carros. As áreas comerciais não serão consideradas, pois no local existem apenas pequenos comércios localizados nas próprias residências.

A via apresenta pavimentação asfáltica, possui extensão de 632 m (seiscentos e trinta e dois metros), e uma largura de 12,10 m (doze metros e dez centímetros).

A figura 1 e 2 ilustram a rua mais crítica da bacia de contribuição.

Figura 1- Rua Francisco Vieira Dias



Fonte: A autora (2017)

Figura 22 - Rua Francisco Vieira Guerra



Fonte: A autora (2017)

3.2 Caracterização do sistema de microdrenagem existente

A ocupação urbana do local em estudo ocorreu de forma desordenada, causando a redução do espaço natural destinado ao escoamento superficial das águas pluviais. Por tanto, com a impermeabilização do solo houve a redução da infiltração das águas pluviais e houve o aumento da aceleração do escoamento superficial.

A bacia de contribuição foi delimitada através de cristas de curvas de níveis e apresenta uma área de 78.591,00 m² (setenta e oito mil quinhentos e noventa e um metros quadrados).

Essa bacia é composta por áreas residenciais, áreas industriais, área verde e áreas com pavimentação asfáltica.

O sistema de microdrenagem levantado com visitas in loco apresenta os seguintes componentes: sarjetas, galeria e bocas de lobo. Não existem sarjetões e nem poços de visitas.

A rede de galeria existente não suporta a vazão da demanda atual. O sistema de microdrenagem existente encontra-se em situação precária, sem manutenção. No trecho em estudo existe a falta de sarjetões que podem contribuir para um melhor direcionamento das águas pluviais. Não existe nenhum projeto de microdrenagem do local.

Foram levantadas 8 bocas de lobo, classificadas como bocas de lobo de guia e de grelha. Apenas 2 não apresentam boas condições de funcionamento, por estarem obstruídas. Mesmo assim a capacidade de engolimento das mesmas de 1,05 m³/s é insuficiente para atender a vazão da demanda atual de 2,17 m³/s.

A galeria do sistema de microdrenagem existente foi construída em 1989. A galeria apresenta seção transversal circular de 700 mm de diâmetro e está localizada na rua Francisco de Carvalho Dias. A figura 3 ilustra o início dessa galeria.

Figura 3– Galeria da rua Francisco Viera Dias



Fonte: A autora (2017)

As sarjetas verificadas in loco apresentam dimensões variadas, e são feitas de concreto e em alguns trechos do próprio material constituinte da via.

Algumas sarjetas não exercem seu papel no sistema de microdrenagem em razão de alguns fatores que contribuem para o mesmo, tais como:

- Formação de uma cobertura vegetal ao longo da sarjeta, impedindo o escoamento adequado das águas pluviais;
- Trechos de sarjetas com sua estrutura danificada, apresentando trincas.

A figura 4 apresenta um trecho de sarjeta danificada e a figura 5 apresenta a formação de cobertura vegetal em outros trechos.

Figura 4- Sarjeta danificada na rua Francisco Vieira Dias



Fonte: A autora (2017)

Figura 5- Cobertura vegetal ao longo da sarjeta



Fonte: A autora (2017)

O ponto de análise mais crítico da bacia de contribuição é a rua Francisco Carvalho Dias. Os principais impactos observados são:

- Inundações;
- Pavimentação danificada;
- Problemas de segurança;
- Interrupção das atividades nos locais atingidos pelas inundações;
- Prejuízos materiais;
- Acúmulo de sedimentos;

A figura 6 apresenta uma imagem referente a inundação da rua Francisco Vieira Dias.

Figura 6- Inundação da Rua Francisco Vieira Dias



Fonte: Folha Machadense (2017)

4 PROJETO

4.1 Memorial descritivo

4.1.1 Dados da projetista

Nome: Gabriela Braziel Ferreira

Endereço: Rua Santa Barbará, nº 209 – Vila Conceição – Machado MG

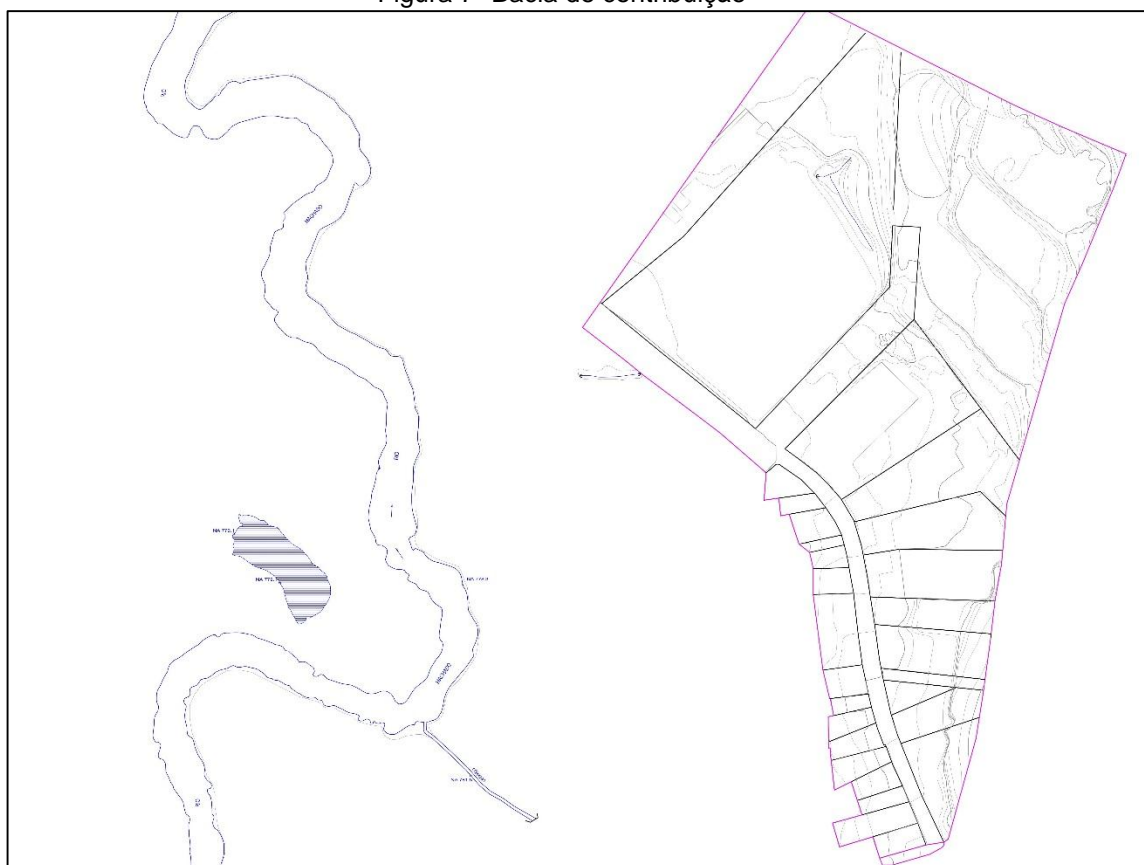
CEP: 37.750-000

Telefone: (35) 98858 - 9913

4.1.2 Localização da bacia

A bacia de contribuição em estudo localiza-se no município de Machado – MG. A figura 7 apresenta a delimitação dessa bacia.

Figura 7- Bacia de contribuição



Fonte: Adaptado. Prefeitura Municipal de Machado.

4.1.3 Apresentação

O presente memorial apresenta a segunda parte do TCC (Trabalho de Conclusão de Curso), para a solução do problema de microdrenagem que ocorre no município de Machado – MG no bairro Santo Antônio, cujo o ponto exutório da bacia encontra-se na Rua Francisco Carvalho Dias.

O objetivo deste memorial descritivo é apresentar a metodologia de cálculo utilizada no projeto de microdrenagem na bacia de contribuição referente a Rua Francisco Carvalho Dias.

O presente estudo consiste na realização de pesquisas bibliográficas e de campo, buscando caracterizar e diagnosticar a bacia contribuinte. Através de visitas in loco foram caracterizados todos os dispositivos hidráulicos do sistema de microdrenagem.

O sistema de microdrenagem do local encontra-se em situações precárias, apresenta os seguintes elementos hidráulicos: sarjetas, galerias e bocas de lobo de guia e grelha. Não existem sarjetões e poços de visitas. A falta desses elementos juntamente com as condições de conservação e manutenção dos mesmos, contribuem para a ineficiência do sistema em estudo.

Portanto Justifica-se assim a realização do projeto, pois em períodos de altos índices pluviométricos a população residente do local enfrenta problemas de inundações, o que causa uma serie de transtornos. Tendo em vista que a finalidade desse projeto é atenuar e resolver a situação descrita acima, para que os impactos advindos desse sistema sejam minimizados.

4.1.4 Concepção de projeto

Os dados utilizados para embasamento deste trabalho foram obtidos através de pesquisa bibliográfica, mapas disponibilizados pela Prefeitura Municipal de Machado – MG e softwares como *Autocad*, *Plúvio 2.1*, *Excel*, *Google Earth*, além de visitas in loco para o levantamento dos dispositivos do sistema de microdrenagem existente no local.

A bacia hidrográfica foi delimitada através das cristas das curvas de níveis contidas no mapa topográfico da cidade, disponibilizado pela prefeitura Municipal de

Machado – MG. O mapa apresenta também o arruamento e a divisão das quadras e lotes da respectiva cidade.

A bacia foi dividida em sub bacias, possibilitando assim a análise em alguns pontos do sistema de microdrenagem existente. As sub bacias foram numeradas e utilizou-se o software *Autocad* para encontrar suas respectivas áreas.

A bacia de contribuição em estudo apresenta área de 78.591,00 m² (setenta e oito mil quinhentos e noventa e um metros quadrados) e 4 (quatro) quadras, que foram subdivididas em sub bacias e numeradas em algarismo romanos.

A existência de uma rua projetada sem pavimentação, conforme verificado com visitas in loco, pois a mesma não se encontra no mapa do município, resulta em um escoamento superficial das águas pluviais inadequado, e gera transtornos para a população residente do local, já que em períodos de chuvas a rua fica intransitável.

Como solução de projeto, diante na situação exposta acima, propõe-se que a via seja pavimentada, e que sarjetas sejam implantadas.

A ausência de sarjetões nos cruzamentos de vias, conforme verificado em visitas in loco, é caracterizado pelo inadequado escoamento das águas pluviais, resultando no direcionamento dessa água para mais de uma direção.

Diante dessa situação, propõe-se para esse projeto a implantação de 1 (um) sarjetão no cruzamento de uma via da bacia. Esses dispositivos devem estar locados preferencialmente paralelos ao eixo da rua, colocados entre o passeio e a via pública.

Deste modo, os sarjetões vão direcionar o escoamento das águas pluviais de maneira adequada sem deteriorar a pavimentação, bem como, evitar que a água escoe em mais de uma direção.

Atualmente o sistema de rede de galeria do local em estudo, passa rente a residências, uma possível implantação de uma nova galeria no mesmo local ou uma complementação da galeria já existente comprometeriam estruturalmente essas residências.

Sendo assim, diante da situação apresentada, como decisão de projeto, propõe-se a implantação de uma nova rede de galeria, para isso a Prefeitura Municipal de Machado – MG, deverá desapropriar parte de um terreno, onde hoje é utilizado como depósito de carros velhos, situado na rua Francisco Carvalho Dias.

A partir do dimensionamento hidrológico e hidráulico foi possível realizar um comparativo entre a estrutura existente e a estrutura necessária para que o sistema de microdrenagem seja eficiente.

Foram verificados todos os dispositivos hidráulicos existentes na bacia de contribuição em estudo, afim de avaliar a real capacidade de funcionamento dos mesmo, tornando possível dimensionar os dispositivos hidráulicos novos necessários, levando em consideração as características reais do local.

Através de visitas in loco, verificou-se a existência de trechos de sarjetas danificadas, as mesmas são passíveis de recuperação, por tanto, essa será a decisão de projeto para o componente hidráulico em questão. Serão recuperados 1277 m (mil duzentos e setenta e sete metros) de sarjeta, localizadas na rua Francisco Carvalho Dias e rua Projetada, conforme a tabela 1.

Tabela 1 – Recuperação das Sarjetas

Rua	Trecho	Comprimento (m)
Francisco Carvalho Dias	1.2	381
	2.3	424
Rua Projetada	1.2	472

Fonte: A autora (2017)

Levando em consideração os parâmetros hidrológicos e hidráulicos para o sistema de microdrenagem existente, foi dimensionado a rede de galeria. Para a verificação da galeria, considerou-se que a mesma estava seguindo a inclinação do terreno, pois no local não existem poços de visita, impossibilitando a verificação *in loco* da declividade.

A tabela 2 apresenta o comparativo entre o diâmetro existente e o diâmetro necessário, por trecho de rua.

Tabela 2 - Diâmetro existente x Diâmetro necessário/ trecho

Rua	Trecho	Diâmetro existente (mm)	Diâmetro necessário (mm)
Francisco Carvalho Dias	1.2	0	600
	2.3	700	1000
Rua Projetada	1.2	0	600

Fonte: A autora (2017)

O diâmetro apresentado, refere-se a um diâmetro de seção circular encontrado do mercado. Pode-se verificar que a rede de galeria atual encontra-se subdimensionada, para os parâmetros de estudos e recomendações feitas pela literatura técnica pertinente ao assunto. Portanto, justifica-se as inundações que ocorrem no bairro Santo Antônio e os demais impactos que a população está submetida.

Como solução de projeto para o local, propõe-se a substituição da mesma pelo diâmetro necessário. Deste modo, a rede de galeria estará dimensionada adequadamente, comportando assim as vazões e minimizando os impactos.

As condições de funcionamento sob os aspectos hidráulicos, de manutenção e conservação da galeria não podem ser verificados de forma mais detalhada pela inexistência de poços de visitas. Portanto, como decisão de projeto serão implantados 6 (seis) poços de visita.

Os poços de visita foram dimensionados de acordo com o novo diâmetro. Os mesmos foram posicionados no início e fim de trecho, e mudança de declividade, respeitando o espaçamento máximo entre os dispositivos conforme a literatura técnica.

Após visitas in loco, verificou-se a existência de 3 (Três) bocas de lobo boas, e 4 (quatro) bocas de lobo ruins. Todas as bocas de lobo foram analisadas minuciosamente e as mesmas são consideradas ruins porque se encontram obstruídas e assoreadas.

Foi realizado uma análise para determinar as bocas de lobo necessárias para cada trecho de margem da bacia de contribuição em estudo, verificou-se que 3 (Três) bocas de lobo encontram-se posicionadas em lugares corretos e apresentam capacidade de engolimento adequado. Portanto, as 4 (quatro) outras bocas de lobo serão isoladas e substituídas.

Serão implantadas 2 (duas) caixas de passagem para ligar as tubulações secundárias em alguns trechos de galeria conforme indicado em projeto.

O apêndice B apresenta a Folha de Desenho 02 (dois) com a planta baixa do sistema de microdrenagem, com as respectivas redes de galeria, tubulações secundárias, bocas de lobo e poços de visita adotados para o projeto para solucionar o respectivo sistema.

A folha de Desenho 3 (três) apresenta os perfis longitudinais das redes do sistema de microdrenagem de cada trecho de rua e a folha de Desenho 04 (quatro) ilustra os detalhes dos dispositivos hidráulicos que serão implantados no local.

4.1.5 Estudos hidrológicos

Foi realizado o estudo hidrológico para a bacia de contribuição em estudo, com a finalidade de definir as vazões de dimensionamento.

Para a realização deste estudo, foram determinados os seguintes dados hidrológicos e os seguintes parâmetros de cálculo.

4.1.5.1 Bacia hidrográfica

A definição de bacia hidrográfica segundo Barrela (2001), diz que bacia hidrográfica é um conjunto de terras drenadas por um rio e seus afluentes, formadas no ponto mais alto do relevo por divisores de água, onde as águas da chuva, ou escoam superficialmente, formando riachos e rios, ou infiltram no solo para a formação do lençol freático e nascente.

O autor Gribbin (2009) define a bacia hidrográfica e ainda orienta sobre seu traçado. Para todos os cursos d'água, uma área bem definida intercepta a chuva e a transporta até o curso d'água. Essa área é chamada de Bacia Hidrográfica ou bacia de drenagem. Toda chuva que incide sobre a bacia de drenagem segue seu caminho até o curso d'água, enquanto toda chuva que cai fora dela segue caminho distinto fluindo a outro curso d'água.

Segundo Antonelli e Tomaz (2007, p. 137 Revista Uniara), a combinação das características levantadas de cada bacia hidrográfica determinam parâmetros físicos que ajudam conhecer o comportamento de cada uma, estes parâmetros podem revelar indicadores físicos específicos para um determinado local, de forma a qualificarem as alterações ambientais.

4.1.5.2 Área da bacia

Toda área drenada pelo sistema pluvial incluindo seus divisores topográficos, projetada em plano horizontal, sendo elemento básico para cálculo de diversos índices morfométrico (TONELLO, 2005).

4.1.5.3 Declividade do curso d'água

Segundo Paz (2004), a declividade do curso d'água pode ser calculado de acordo com a relação entre a diferença de cotas entre os pontos extremos da região analisada e o ponto retilíneo das cotas. A equação 1 ilustra o método de cálculo.

$$Si = \frac{\Delta h}{L} \quad (\text{Equação 1})$$

Onde:

Si = declividade do curso d'água principal (m/m);

Δh = diferença entre cotas de pontos extremos (m);

L = Comprimento retilíneo entre cotas (m).

4.1.5.4 Determinação do tempo de retorno

Segundo Plinio Tomaz (2010), é o período de tempo médio que um determinado evento hidrológico é igualado ou superado pelo menos uma vez. “É um parâmetro fundamental para a avaliação e projeto de sistemas hídricos, como reservatórios, canais, vertedores, bueiros, galerias de águas pluviais, etc.” (Righeto, 1998).

A tabela 3 mostra valores recomendados para períodos de retornos que devem ser adotados conforme o tipo de ocupação e tipo de obra.

Tabela 3 - Valores de período de retorno

Tipo de obra	Tipo de Ocupação	Período de retorno (anos)
Microdrenagem	Residencial	2
Microdrenagem	Comercial	5
Microdrenagem	Edifícios de serviços ao público	5
Microdrenagem	Aeroportos	0,40
Microdrenagem	Áreas comerciais e artérias de tráfego	02 – 05
Macro-drenagem	Áreas comerciais e residenciais	50 - 100
Macro-drenagem	Áreas de importância específica	500

Fonte: ANDRADE FILHO, SZÉLIGA, SZESZ (2000).

4.1.5.5 Tempo de escoamento superficial

De acordo com a prefeitura do Rio de Janeiro (2010), o tempo de escoamento superficial pode ser obtido através da equação 2 de George Ribeiro.

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

Onde:

Tc = tempo de concentração (min);

L = comprimento do talvegue principal (km);

P = cobertura vegetal (decimal);

Im = declividade média do talvegue principal (m/m).

4.1.5.6 Tempo de concentração

Segundo Plinio Tomaz (2013), existem duas definições básicas para tempo de concentração: “Tempo de concentração é o tempo em que leva para toda bacia considerada contribuir para o escoamento superficial na seção estudada.” E ainda, “Tempo de concentração é o tempo que uma gota de água leva para chegar ao trecho mais distante da bacia considerada.”

Segundo Tucci, Porto e Barros (1995), o tempo de concentração depende de três fatores, cobertura vegetal, declividade e tempo de escoamento e pode ser calculado através da equação 3.

$$T_c = T_s + 10 \text{ min} \quad (\text{Equação 3})$$

Onde:

T_c = tempo de concentração (min);

T_s = tempo de escoamento superficial (min);

10 min = tempo morto (min).

4.1.5.7 Intensidade de chuva

Segundo Plinio Tomaz (2002), uma forma usual de expressar as relações de intensidade, duração e frequência, são obtidas pela equação 4:

$$I_{m\acute{a}x} = \frac{K \times Tr^m}{(t + t_0)^n} \quad (\text{Equação 4})$$

Sendo as variáveis, m, n e k relacionadas a região a ser estudada, os dados são obtidos através de um software chamado Plúvio 2.0.

Segundo o Departamento de Engenharia agrícola (2008), o Grupo de pesquisa em recursos hídricos (GPRH), desenvolveram o software Plúvio 2.0 pela necessidade de obterem as equações de chuva, através dos dados de cada região. Neste sentido, o software possibilita a obtenção da equação de chuva intensa para qualquer localidade dos estados de Minas Gerais, São Paulo, Paraná, Rio de Janeiro, Espírito Santo, Bahia e Tocantins. Sendo que para os demais estados a obtenção é permitida apenas para localidades onde já existem as equações.

4.1.5.8 Coeficiente de escoamento superficial

Segundo Pinto et al. (1976), o escoamento superficial ou chuva faz parte do ciclo hidrológico que tem o objetivo de estudar o deslocamento das águas na superfície terrestre.

Tomaz (2002), explana que os problemas de desenvolvimento urbano relacionado a enchentes, estão diretamente ligadas com o aumento do volume de escoamento superficial em diversos lugares.

A CETESB (1980) informa que o coeficiente de *runoff* depende de diversas características, tais como: solo, cobertura, tipo de ocupação, tempo de retorno e intensidade da precipitação.

A tabela 4 abaixo apresenta os valores do coeficiente de “*runoff*” de acordo com o método racional, referentes a um tempo de retorno de 5 (cinco) a 10 (dez) anos.

Tabela 4 – Coeficientes de “Runoff

DESCRIÇÃO DA ÁREA	COEFICIENTE DE “RUNOFF”
Área comercial	
• Central	0,7 a 0,95
• Bairros	0,50 a 0,70
Área Residencial	
• Residências Isoladas	0,35 a 0,50
• Unidades Múltiplas (separadas)	0,40 a 0,60
• Unidades Múltiplas (conjugadas)	0,60 a 0,75
• Lotes com 2000 m ² ou mais	0,30 a 0,45
Área com prédios de apartamentos	
Área Industrial	
• Indústrias Leves	0,50 a 0,80
• Indústrias Pesadas	0,60 a 0,90
Parques, Cemitérios	0,10 a 0,25
“Playgrounds”	0,20 a 0,35
Pátios de estradas de ferro	0,20 a 0,40
Áreas sem melhoramentos	0,10 a 0,30
CARACTERÍSTICA DA SUPERFÍCIE	COEFICIENTE DE “RUNOFF”
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)	*continua

• 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)

De acordo com a CEDES (1980), o coeficiente de “*runoff*” composto, refere-se a uma porcentagem de diversos tipos de superfície da área em estudo. A equação 5 apresenta esse coeficiente:

$$cm = \frac{1}{A} \sum Ci x Ai \quad (\text{Equação 5})$$

Onde:

C_m = Coeficiente médio de escoamento superficial;

A = Área total da bacia de contribuição (m^2);

C_i = Coeficiente de escoamento superficial correspondente a ocupação “ i ”;

A_i = área da bacia correspondente a ocupação “ i ” (m^2).

4.1.5.9 Vazão pluvial - Método Racional

Tomaz (2002) explica que o método racional é um método indireto que apresenta a relação entre a chuva e o deflúvio. É utilizado para calcular a vazão máxima de uma bacia com área menor ou igual a 3 Km^2 (três quilômetros quadrados) e foi apresentado pela primeira vez por Mulvaney em 1851 e utilizado por Emil Kuichling.

Gracely (2010) ressalta que a vazão máxima pode ser estimada com base na precipitação, por métodos que representam os principais processos da transformação da precipitação em vazão e pelo método racional que engloba todos os processos em apenas um coeficiente. O método racional é largamente utilizado na determinação da vazão máxima de projeto para bacias pequenas, com até 5 Km^2 .

A fórmula do método racional é expressa pela equação 6.

$$Q = C x i x A \quad \text{(Equação 6)}$$

Onde:

I = a intensidade da precipitação em mm/h;

A = é a área da bacia em Km²;

C = coeficiente de escoamento superficial;

Q = vazão de projeto dada em m³/s.

4.1.6 Parâmetros de dimensionamento hidráulico

4.1.6.1 Sarjetas

Segundo Botelho (2011, p. 31), as sarjetas são utilizadas para fixar as guias e para formar o piso de escoamento de água. Devido a declividade transversal da rua, as águas tendem a correr principalmente pela sarjeta.

4.1.6.1.1 Altura da lâmina d'água

Conforme recomendação da CETESB (1980), para determinação da altura da lâmina d'água a equação 7.

$$y_o = 0,8 x h \quad \text{(Equação 07)}$$

Onde:

y_o = Altura da lâmina d' água (m);

h = altura do meio fio (m).

4.1.6.1.2 Diferença de altura entre a sarjeta e a via

A diferença de altura entre a sarjeta e a via (y_1) é determinada conforme Tucci, Porto e Barros (1995), através da Equação 08.

$$it \text{ sarjeta} = \frac{y_0 - y_1}{L \text{ sarjeta}} \quad (\text{Equação 08})$$

Onde:

$it \text{ sarjeta}$ = inclinação transversal da sarjeta (entrada de valor em número decimal);

y_0 = altura da lâmina d' água (m);

y_1 = diferença de altura entre a sarjeta e a via (m);

$L \text{ sarjeta}$ = largura da sarjeta (m).

4.1.6.1.3 Inverso da declividade da sarjeta e da via

Segundo Wilken (1978), o inverso da declividade da sarjeta e da via é determinado por meio das equações 9 e 10 respectivamente.

$$Z_1 = \frac{1}{it \text{ sarjeta}} \quad (\text{Equação 09})$$

Onde:

Z_1 = inverso da declividade da sarjeta;

$it \text{ sarjeta}$ = inclinação transversal da sarjeta.

$$Z_2 = \frac{1}{it \text{ via}} \quad (\text{Equação 10})$$

Onde:

Z_2 = inverso da declividade da via;

$it \text{ via}$ = inclinação transversal da via.

4.1.6.1.4 Coeficiente de rugosidade

De acordo com Tomaz (2011) o coeficiente de rugosidade de Manning “n” é tabelado conforme a Tabela 5. A escolha desse coeficiente depende muito da experiência e da vivência do projetista.

Tabela 5 - Coeficiente de Rugosidade “n”

Característica	“n”
Canais retilíneos com capins de até 15 cm de altura	0,30 – 0,40
Canais retilíneos com capins de até 30 cm de altura	0,30 – 0,06
Galerias de concreto	
Pré-moldado com bom acabamento	0,011 – 0,014
Moldados no local com formas metálicas simples	0,012 – 0,014
Moldado no local com formas de madeira	0,015 – 0,020
Sarjeta	
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: CETESB (1980).

4.1.6.1.5 Cálculo da vazão da sarjeta

A CETESB (1980) explana que a capacidade teórica da vazão das sarjetas simples pode ser dimensionada utilizando a Fórmula de Manning modificada por Izzard, expressa na Equação 11.

$$q_{st} = 0,375 \times \left(\frac{z_1}{n} \times y_o^{8/3} - \frac{z_1}{n} \times y_1^{8/3} + \frac{z_2}{n} \times y_1^{8/3} \right) \quad (\text{Equação 11})$$

Onde:

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

z_1 = inverso da declividade da sarjeta;

z_2 = inverso da declividade da via;

n = coeficiente de rugosidade;

y_0 = altura da lâmina d' água (m);

y_1 = diferença de altura entre a sarjeta e a via (m).

4.1.6.1.6 Fator de redução do escoamento da sarjeta

De acordo com a CETESB (1980) deve-se aplicar um fator de redução de escoamento das sarjetas, indicados na tabela 6.

Tabela 6- Fatores de redução de escoamentos das sarjetas

Declividade da Sarjeta (%)	Fator de Redução
0,40	0,50
1,00 a 3,00	0,80
5,00	0,50
6,00	0,40
8,00	0,27
10,00	0,20

Fonte: CETESB (1980)

4.1.6.1.7 Cálculo da vazão real da sarjeta

A CETESB (1980) recomenda calcular a vazão de escoamento real da sarjeta através da equação 12.

$$q_{sr} = q_{st} \times F \quad (\text{Equação 12})$$

Onde:

q_{sr} = vazão real da sarjeta (m^3/s);

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

F = fator de redução de escoamento da sarjeta.

4.1.6.2 Galerias

Segundo Tucci (1993) as galerias pluviais são canalizações ligadas a boca de lobo com a finalidade de conduzir as águas pluviais, captadas por elas, e também dos coletores pluviais privados.

Segundo Fernandes (2010), para o dimensionamento de uma galeria pluvial, admite-se que o escoamento encontra-se em regime permanente, ou seja, altura (h), vazão (Q) e velocidades (v) constantes no tempo e uniformes ao longo do canal. E que a pressão exercida sobre a superfície líquida (área molhada), seja a pressão atmosférica. Por tanto, segundo o Departamento de Águas e Energia Elétrica, DAEE (2006), o equacionamento hidráulico das características hidráulicas h, Q e v, são expressas pela fórmula de Manning.

4.1.6.2.1 Velocidade

Segundo DAEE (2006), a velocidade de escoamento das águas pluviais das galerias pode ser verificada através da equação de Manning, expressa pela equação 13.

$$V = \frac{1}{n} \times Rh^{2/3} \times \sqrt{i} \quad (\text{Equação 13})$$

Onde:

V = velocidade (m/s);

n = coeficiente de rugosidade de Manning;

i = declividade média (m/m);

Rh = raio hidráulico (m).

4.1.6.2.2 Raio hidráulico

Tomaz (2011), explana que o raio hidráulico é a relação entre área molhada e perímetro molhado, expressos pela equação 14.

$$Rh = \frac{Am}{Pm} \quad (\text{Equação 14})$$

Onde:

R_h = Raio hidráulico (m);

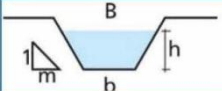
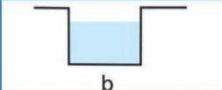
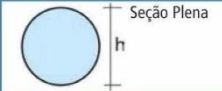
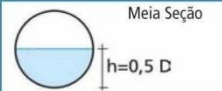
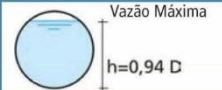
A_m = Área molhada (m^2);

P_m = Perímetro molhado (m).

4.1.6.2.3 Geometria e parâmetros de cálculo das galerias

De acordo com o Departamento de Águas e Energia Elétrica DAEE (2006), as galerias apresentam diversas geometrias, tais como: retangulares, trapezoidais, triangular e circular. Para cada tipo de seção existem parâmetros específicos, conforme mostra a figura 8.

Figura 8 - Elementos hidráulicos

Geometria da Seção	Área Molhada (A_m)	Perímetro Molhado (P_m)	Raio Hidráulico (R_h)	Largura Superficial (B)
	$(b+mh)h$	$b + 2h\sqrt{1+m^2}$	$\frac{(b+mh)h}{b + 2h\sqrt{1+m^2}}$	$b+2mh$
	$b \cdot h$	$b+2h$	$\frac{b \cdot h}{b+2h}$	b
 Seção Plena	$\frac{\pi \cdot D^2}{4}$	$\pi \cdot D$	$\frac{D}{4}$	----
 Meia Seção	$\frac{\pi \cdot D^2}{8}$	$\frac{\pi \cdot D}{2}$	$\frac{D}{4}$	----
 Vazão Máxima	$0,7662 \cdot D^2$	$2,6467 \cdot D$	$0,2895 \cdot D$	----

Fonte: DAEE (2006).

Menezes e Costa (2012) afirmam que na literatura técnica existem diversos parâmetros e critérios considerados no dimensionamento de galerias. A Tabela 7 apresenta esses valores, tais como: velocidade mínima ($V_{mín}$), velocidade máxima ($V_{máx}$), recobrimento mínimo (R_m), tempo de concentração inicial (t_{ci}), relação máxima da lâmina de água – diâmetro (y/d) e o tipo de escoamento sendo uniforme (Unif) ou gradualmente variado (Grad. Variado).

Tabela 7- Parâmetros utilizados em canais e/ou seção circular de galeria pluvial.

Autor/Instituição	V min (m/s)	V máx (m/s)	Tci (min)	Rm (m)	Seção plena ou y/D	Tipo de escoamento
Tucci et al. (2004)	0,60	5	10(a)	1,00	Plena	Unif.
Azevedo Netto e Araújo (1998)	0,75	5	5	1,00	Plena ou 0,90	Unif.
Wilken (1978)	0,75	3,5	5 a 15	-	Plena	Unif.
Alcântara Apud Azevedo Netto (1969)	1,00	4	7 a 15	-	0,70	Grad Variado
Porto (1999)	Vméd = 4 a 6 (b)		-	-	0,75	Unif.
Cirillo (2003)	0,60	4,5	-	-	h/D (c)	Unif.
Methdos e Durrans (2003)	0,60 a 0,9		-	0,90	0,85	Unif. E Grad Variado
DAEE-CETESB (1980)	-	-	-	-	0,82	Unif.
Prefeitura Municipal de Goiânia	0,75	5	-	-	0,85 a 0,9	Unif.

(a) Valor citado, porém, segundo o autor pode estar superestimado, necessitando ser calculado em caso de dúvida.

(b) Fonte: Curso de Canais, EE-UFMG, Dep. Engenharia Hidráulica. Edições Engenharia S8/72. (c.) Valor não fixado.

(d) Valores adotados pela ASCE (1992) – American Society of Civil Engineers.

Pode-se adotar até 6 m /s se for previsto revestimento adequado para o conduto. Fonte: Menezes e Costa (2012)

4.1.6.2.4 Cálculo da vazão das galerias

De acordo com o DAEE (2006), a equação geral que permite determinar a vazão em função do raio hidráulico é expressa pela equação 15.

$$Q = \frac{1}{n} \times R h^{2/3} \times \sqrt{i} \times A \quad (\text{Equação 15})$$

Onde:

Q = Vazão em m³/s;

N = Coeficiente de Manning;

Rh = Raio hidráulico em m;

I = Inclinação do trecho em m/m;

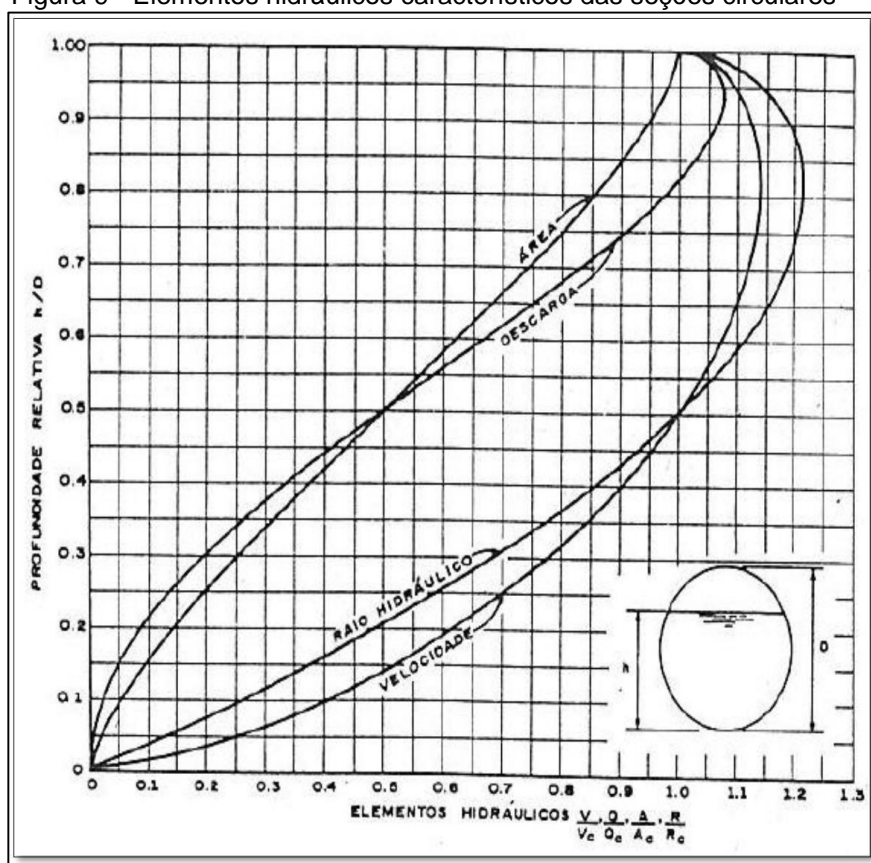
Am = área molhada em m².

4.1.6.2.5 Reajuste dos parâmetros da galeria

Segundo Tomaz (2013), os elementos hidráulicos das galerias são projetados para funcionarem com 85% da seção plena com vazão de projeto, e a velocidade máxima determina-se em relação ao material empregado na rede.

De acordo com a CETESB (1980), quando a seção circular apresenta y/D diferente de 0,5 (cinco décimos), 0,9 (nove décimos) e 1 (um) os parâmetros e critérios para dimensionamento devem ser reajustados, conforme a figura 9.

Figura 9 - Elementos hidráulicos característicos das seções circulares



Fonte: CETESB (1980).

Onde:

V = velocidade com o conduto parcialmente cheio;

V_o = velocidade com o conduto cheio;

Q = vazão com o conduto parcialmente cheio;

Q_o = vazão com o conduto cheio;

A_m = área molhada com o conduto parcialmente cheio;

A_{m_o} = área molhada com o conduto cheio;

R_h = raio hidráulico com o conduto parcialmente cheio;

R_{h_o} = raio hidráulico com o conduto cheio.

4.1.6.2.6 Recobrimento mínimo das galerias

A tabela 8 apresenta a relação entre o diâmetro do conduto e o recobrimento mínimo.

Tabela 8- Recobrimento mínimo da tubulação da galeria

Tubos	Recobrimento mínimo (H)
Concreto simples	0,60
Concreto armado	-
Ø 700 mm	0,7
Ø 800 mm	1,0
Ø 1000 mm	1,0
Ø 1200 mm	1,2
Ø 1500 mm	1,5

Fonte: Tomaz, (2013).

4.1.6.2.7 Declividade mínima das galerias

A tabela 9 relaciona diâmetro com a declividade mínima aconselhável.

Tabela 9- Declividade da galeria

Ø (mm)	Declividade mínima (m/m)
300	0,003
350	0,0023
400	0,0019
500	0,0014
600	0,0011
700	0,0009
800	0,0007
900	0,0006
1000	0,0005
1200	0,0004

Fonte: Tomaz (2012)

4.1.6.3 Poços de visita

Segundo Botelho (2011, p. 47) os poços de visita tem a função de permitir a inspeção, limpeza e desobstrução de galerias. São instalados em cruzamentos de vias, mudança de diâmetro, de declividade e de direção.

4.1.6.3.1 Dimensão dos poços de visita

Botelho (2011) apresenta outras dimensões recomendadas para poços de visitas que variam em função o diâmetro da tubulação interna das galerias, tabela 10.

Tabela 10- Dimensões dos poços de visita em relação ao diâmetro

Ø Interno do tubo (mm)	Lado interno dos PV's (m)
De 400 a 700	1,20x1,20
800	1,30x1,30
900	1,40x1,40
1000	1,50x1,50
1100	1,60x1,60
1200	1,70x1,70
1300	1,80x1,80
1400	1,90x1,90
1500	2,00x2,00

Fonte: Botelho (2011).

4.1.6.3.2 Espaçamentos dos poços de visita

De acordo com a CETESB (1980) o espaçamento dos poços de visita está relacionado com o diâmetro ou a altura do conduto, conforme a Tabela 11.

Tabela 11- Espaçamentos dos poços de visita em metros

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

Fonte: CETESB (1980)

4.1.6.4 Bocas de lobo

Wilken (1978), define as bocas de lobo como dispositivos que tem a finalidade de receber as águas pluviais que escoam pelas sarjetas, direcionando-as até a rede coletora.

4.1.6.5 Cálculo da boca de lobo de guia

Segundo Plinio Tomaz (2013), quando a água se acumula sobre a boca de lobo, gera uma lâmina de água com altura menor do que a abertura da guia, esse tipo de boca de lobo pode ser considerado um vertedor e a capacidade de engolimento é calculada pela Equação 16 conforme FHWA, 1996:

$$Q_i = 1,7 \times P \times y^{1,5} \quad (\text{Equação 16})$$

Onde:

Q_i = Vazão de engolimento da grelha em m^3/s ;

P = Perímetro de engolimento da grelha em metros;

Y = Altura da lâmina d'água, em metros.

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 da bacia em estudo é determinada conforme a equação 1.

$$Si = \frac{(802 - 791)}{294 \text{ m}} = 0,037 \text{ m/m} \quad (\text{Equação 1})$$

4.2.1.2 Definição do tempo de retorno

A análise para determinar o tempo de retorno foi por meio do mapa de ocupação urbana da cidade e também com visitas in loco, constatou-se que a bacia de contribuição o tipo de ocupação urbana é residencial, levando em conta a existência de áreas industriais no local em estudo, e ainda áreas sem ocupação, que são áreas residenciais segundo o mapa de ocupação urbana da cidade e que futuramente podem ser ocupadas. Por tanto, o tempo de retorno adotado nesse projeto é de $Tr = 10 \text{ anos}$. Vale ressaltar, que quanto maior o tempo de retorno, maior será a segurança oferecida a população, evitando impactos provenientes das inundações.

4.2.1.3 Comprimento do talvegue principal

O comprimento do talvegue principal obtido é de 294 m (duzentos e noventa e quatro metros). Este valor foi obtido através do Autocad 2014, onde foi realizado a análise do trajeto mais longo que a água percorre até o ponto mais baixo da bacia em estudo.

4.2.1.4 Cálculo do tempo de escoamento superficial

O tempo de escoamento superficial foi obtido através da equação 2.

$$T_s = \frac{16 \times 0,294}{[(1,05 - 0,2 \times 0,04)(100 \times 0,077)^{0,04}]} = 4,16 \text{ min} \quad (\text{Equação 2})$$

4.2.1.5 Cálculo do tempo de concentração



O tempo de concentração foi determinado através da equação 3.

$$T_c = 4,67 + 10 = 14,67 \text{ min} \quad (\text{Equação 3})$$

4.2.1.6 Parâmetros da equação da chuva

O município de Machado – MG, não apresenta séries históricas de intensidade de precipitação. Portanto, foi utilizado o software Plúvio, desenvolvido pela UFV (Universidade Federal de Viçosa em 2008, para a determinação dos parâmetros da equação de chuva para a respectiva cidade. A figura 9 apresenta esses parâmetros.

Figura 10- Relatório do Software Plúvio 2.1

<small>Data de emissão do relatório: 09/05/2017</small>	
	Plúvio 2.1 <small>Copyright (2005) © GPRH</small>
	
RELATÓRIO Parâmetros da Equação de Intensidade, Duração e Frequência da Precipitação	
LOCALIZAÇÃO:	
Localidade: Machado	Estado: Minas Gerais
Latitude: 21°40'00"	
Longitude: 45°55'00"	
PARÂMETROS DA EQUAÇÃO:	
K: 3811,29	
a: 0,207	
b: 20,34	
c: 1,075	

Fonte: Plúvio 2.1 - Software (2016)

4.2.1.7 Cálculo da intensidade da precipitação

Para determinação da intensidade da precipitação da chuva utilizou-se a equação 4.

$$I_m = \frac{3811,29 \times 10^{0,207}}{(14,16 + 20,34)^{1,075}} = 135,74 \frac{mm}{h} \quad (\text{Equação 4})$$

4.2.1.8 Cálculo do coeficiente de *runnof*

4.2.1.8.1 Quantitativo de áreas

A tabela 12 apresenta o quantitativo das áreas na bacia de contribuição em estudo. Para o levantamento das áreas utilizou-se o software Autocad 2014.

Tabela 12- Quantitativo de áreas

Quantitativo de Área (m ²)	
Área residencial (residências isoladas)	14058,00
Área de ruas com pavimentação asfáltica	7231,00
Área com cobertura vegetal	2791,00
Área industrial	54511,00
Somatório de áreas	78591,00

Fonte: A autora (2017)

4.2.1.8.2 Coeficiente de *runnof* para as áreas da bacia

A tabela 13 apresenta o coeficiente de *runnof* para as áreas descritas acima.

Tabela 13- Coeficiente de Runoff

Coeficiente de Runoff	
Área residencial (residências isoladas)	0,50
Área de ruas com pavimentação asfáltica	0,83
Área com cobertura vegetal	0,20
Área industrial (Indústria tipo leve)	0,80

Fonte: A autora (2017)

4.2.1.8.3 Cálculo do coeficiente de *runnof* médio

O cálculo para o coeficiente de *runnof* médio é dado pela equação 5.

$$C_m = \frac{(14058 \times 0,50) + (7231 \times 0,83) + (2791 \times 0,20) + (54511 \times 0,80)}{78591,00} =$$

$$C_m = 0,73 \quad (\text{Equação 5})$$

4.2.2 Cálculos hidráulicos

4.2.2.1 Quadro de áreas da bacia de contribuição

A bacia de contribuição foi dividida em sub bacias. As áreas das sub bacias foram obtidas através do software Autocad 2014. Suas respectivas áreas são apresentadas na tabela 14.

Tabela 14– Áreas da bacia de contribuição

Rua	Trecho	Sub bacia	Área (m ²)
Francisco Carvalho Dias	1.2	I	6366,29
		II	18639,35
	2.3	III	32590,9
Total			61070,18
Rua Projetada	1.2	I	20994,46
Total			17520,82
Área total da Bacia			78591,00

Fonte: A autora (2017)

4.2.2.2 Vazão pluvial - Margem direita

A tabela 15 apresenta a vazão pluvial da margem direita de cada trecho da bacia de contribuição.

Tabela 15 - Vazão Pluvial margem direita

Rua	Trecho	i (m³/s)	C médio	Área de contribuição	Vazão (m³)
				Área da margem direita (m²)	
Francisco de Carvalho Dias	1.2	135,74	0,73	18639,35	0,51
	2.3			32590,9	0,90
Rua Projetada	1.2			20994,46	0,58

Fonte: A autora (2017)

4.2.2.3 Vazão pluvial - Margem esquerda

A tabela 16 apresenta a vazão pluvial da margem esquerda de cada trecho da bacia de contribuição.

Tabela 16 - Vazão pluvial de margem esquerda

Rua	Trecho	i (m³/s)	C médio	Área de contribuição	Vazão (m³)
				Área da margem esquerda (m²)	
Francisco de Carvalho Dias	1.2	135,74	0,73	6366,29	0,18

Fonte: A autora (2017)

4.2.2.4 Dados do dimensionamento das sarjetas

ARQUIVO FOLHA A3 PG 53.

4.2.2.5 Dimensionamento das sarjetas - Margem direita

ARQUIVO FOLHA A3 PG 53.

4.2.2.6 Dimensionamento das sarjetas - Margem esquerda

ARQUIVO FOLHA A3 PG 53.

4.2.2.7 Dimensionamento das galerias

ARQUIVO FOLHA A3 PG 54.

4.2.2.8 Dimensionamento dos poços de visita

ARQUIVO FOLHA A3 PG 54.

4.2.2.9 Verificação das bocas de lobo existentes

ARQUIVO FOLHA A3 PG 55.

4.2.2.10 Dimensionamento das bocas de lobo necessárias - Margem direita

ARQUIVO FOLHA A3 PG 55.

4.2.2.11 Dimensionamento das bocas de lobo necessárias - Margem esquerda

ARQUIVO FOLHA A3 PG 56.

4.2.2.12 Dimensionamento da tubulação secundária - Margem direita

ARQUIVO FOLHA A3 PG 56.

4.2.2.12 Dimensionamento da tubulação secundária - Margem esquerda

ARQUIVO FOLHA A3 PG 56.

4.3 Especificações de serviços e materiais

4.3.1 Informações gerais

Este item do trabalho tem a finalidade de estabelecer condições mínimas a serem respeitadas durante a execução da obra, visando estabelecer os parâmetros mínimos a serem atendidos para materiais, serviços e equipamentos.

As obras deverão ser executadas em conformidade com os projetos de sistema de microdrenagem fornecidos.

A Prefeitura de Machado deverá fiscalizar as obras e serviços, bem como o engenheiro responsável da obra. Ambos profissionais deverão ser habilitados e registrados no CREA.

O engenheiro responsável pela execução da obra deverá ser competente e promover serviços tecnicamente bem feitos.

Caso tenha a necessidade de alguma alteração ou compatibilização de projeto, o engenheiro responsável pela execução da obra deverá entrar em contato com a autora do projeto e a fiscalização, com a finalidade de terminar as obras e serviços de maneira satisfatória.

4.3.2 Especificações dos serviços e materiais

4.3.2.1 Serviços topográficos e de marcação em geral

Equipamentos topográficos deverão ser utilizados para a perfeita locação, execução da obra e acompanhamento da mesma, de acordo com as locações e os níveis determinados no projeto.

A locação dos poços de visita deverão ser feitas levando em consideração os pontos importantes do projeto, tais como: bocas de lobo, encontro de condutos e variações de declividade.

Em cada estaca deverá ser necessário a demarcação a cota do terreno e profundidade a ser escavada.

4.3.2.2 Demolições

O responsável técnico pela obra, deverá tomar conhecimento prévio da natureza das obras a serem executadas, de modo a providenciar a recomposição dos mesmos.

Quando o material empregado na via for asfáltico ou concreto, a demolição do pavimento deverá ser feita por processos mecânicos (martelete pneumático ou serra circular), e manual para os demais casos.

O material proveniente da demolição deverá ser imediatamente removido para o local aprovado pela fiscalização e pela Prefeitura, se não puder ser reaproveitado, ou devidamente armazenado, caso for utilizado na recomposição do pavimento.

4.3.2.3 Escavação

A escavação das valas deverão ser feitas de forma alinhada, paralelas ao alinhamento da rua. O fundo das valas deverá ser perfeitamente regularizado e apiloado, para melhor assentamento das tubulações, e concretado no caso de tubulações envelopadas.

Os locais escavados deverão ficar livres de água, qualquer que seja a sua origem (chuva, vazamento de lençol freático, etc.), devendo para isso ser providenciada a sua drenagem através de esgotamento, para não prejudicar os serviços, ou causar danos à obra.

A largura da vala será igual ao diâmetro do tubo acrescido de 1,0 m para todos os diâmetros.

A profundidade das valas e o recobrimento será conforme definido no projeto.

A escavação poderá ser feita manualmente, ou com equipamento mecânico apropriado. Neste caso, a escavação mecânica deve se aproximar do greide da geratriz inferior da tubulação, sendo o nivelamento e acerto do fundo das valas feito manualmente.

O material resultante da escavação, que não puder ser reaproveitado, será imediatamente removido para o local aprovado pela fiscalização e pela Prefeitura de Machado.

O material passível de recuperação, será depositado provisoriamente, de um só lado da vala, a uma distância, no mínimo, igual a profundidade, de modo que não atrapalhe os serviços, não comprometa a estabilidade dos taludes e não permitir as invasões das valas pelas águas da chuva. Em períodos de chuva esse material deverá ser coberto por lonas plásticas.

Os materiais oriundos das escavações das valas serão removidos no seguintes casos:

- Quando se tratar de entulhos provenientes de vegetais e de animais;
- Quando os elementos grosseiros (minerais ou não), terão dimensões superiores a 3 cm;
- Quando se tratar de solos turfosos (grande porcentagem de partículas fibrosas);
- Quando os solos forem excessivamente orgânicos;
- Quando forem argilas muito gordas;
- Quando forem siltes muito expansivos.

Para evitar o acúmulo de material e facilitar o tráfego de veículos e pedestre, as atividades de escavação, assentamento da tubulação e reaterro, deverá ser subsequente.

Em casos especiais, o material deverá ser totalmente confinado em caçambas, caixotes ou sacos plásticos, independentemente de seu reaproveitamento ou não.

O escoramento, caso necessário, será executado logo após a abertura da vala, conforme a norma NBR 9061 – Segurança de escavação a céu aberto.

A execução das escavações implicará na responsabilidade integral da empreiteira, pela resistência e estabilidade das mesmas.

O material proveniente das escavações, segundo sua natureza, será classificado nas seguintes categorias:

- Material de primeira categoria: Terra em geral, piçarra ou argila, rocha em adiantado estado de decomposição, seixos rolados ou não, com diâmetro máximo inferior a 15 cm, qualquer que seja o teor de umidade, suscetíveis de serem escavados com equipamentos de terraplanagem dotados de lâmina.
- Material de segunda categoria: Material com resistência a penetração mecânica inferior ao granito, blocos de rocha de volume inferior a 0,50 m³, matacões e pedras de diâmetro médio superior a 15 cm, rochas compactas em decomposição, suscetíveis de serem extraídas com o emprego de equipamentos de terraplanagem apropriados, com uso combinado de rompedores pneumáticos.
- Rocha: Materiais com resistência a penetração mecânica igual ou superior ao granito, contínua ou em blocos de volume superior a 0,50 m³, suscetíveis de serem extraídos somente com emprego contínuo de explosivos ou outros processos especiais de desmonte. A utilização de explosivos necessita de prévia autorização das autoridades competentes.

4.3.2.4 Escoramento

É obrigatório o escoramento para valas de profundidade superior a 1,30 m, conforme os parâmetros estabelecidos pela NBR 9061/1984 Segurança de escavação a céu aberto.

Deverão ser cravadas pranchas de 3,75 cm x 22,50 cm ou 3,75 cm x 30,00 cm, dispostas verticalmente, espaçadas a cada 1,35 m (eixo a eixo), travadas no sentido

horizontal por estroncas de 7,5 cm x 7,5 cm ou madeira roliça com diâmetro mínimo de 10 cm, espaçadas verticalmente de 1,00 m, conforme desenho nº. 1.

Esse escoramento poderá ser contínuo, descontínuo ou pontaleamento.

4.3.2.5 Assentamento das tubulações e dos poços de visita

Os tubos de concreto deverão ser assentados de modo que o eixo da tubulação fique retilíneo, tanto no plano horizontal quanto no vertical, evitando-se assim as sinuosidades e criação de pontos altos e baixos, salvo onde seja necessário para realizar a interligação das redes existentes.

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

4.3.2.6 Reaterro de valas

Na execução do reaterro, deverá ser considerada a proteção inicial da tubulação. Os Materiais para reaterro de vala devem apresentar as seguintes características:

- Ausência de pedras, de vegetação e de corpos com diâmetro superior a 3cm;
- Baixa compressibilidade (pequena diminuição de volume de solos sob ação de cargas);
- Baixa sensibilidade a ação da água;
- Boa capacidade de suporte;
- Na execução do reaterro, será utilizado, preferencialmente, o próprio material da escavação. Excepcionalmente, serão aceitos materiais granulares (não coesivos), para a proteção inicial da tubulação, tais como: Areia, cascalho ralado, brita de boa qualidade, escórias siderúrgicas de alto forno de granulação adequada, finos de minério de ferro, etc.

4.3.2.6.1 Enchimento de valas

Enchimento de Valas Devem ser observados os seguintes procedimentos de enchimento de valas, para tubos em geral:

- Iniciar o aterro logo que possível, com o cuidado necessário para não acontecer o deslocamento lateral da tubulação e esforços adicionais na tubulação;
- Homogeneização do material com separação e retirada de pedras, torrões e outros materiais estranhos, determinação expedita da umidade do solo para verificação da necessidade de arear ou umedecer, a fim de obter-se a umidade ótima de compactação;
- Colocar o material, alternadamente, nos lados da tubulação, em camadas que podem variar de 5 cm até o máximo de 10 cm;
- Até 20 cm acima da geratriz superior da tubulação, deve ser usado equipamento manual, em camadas sucessivas de até 10 cm de altura;
- Usar um pequeno soquete para a compactação do aterro, de modo a não atingir a tubulação. Não permitir o tráfego de pessoas sobre a tubulação antes de completar-se uma altura de 20 cm de aterro acima da geratriz superior do tubo;
- Tomar todas as precauções para não danificar as juntas e as tubulações.
- O reaterro será executado em camadas sucessivas, de altura máxima igual àquela que o equipamento utilizado possa compactar, não podendo exceder a 20 cm;
- A reconstituição do corpo do reaterro atingirá a cota da base do pavimento a se reconstruir.

4.3.2.6.2 Adensamento

O uso da água para a consolidação de reaterros, é permitido em casos de matérias granuladas (areia e cascalho rolado).

A quantidade de água será suficiente para preencher os vazios do solo, evitando que a água em excesso venha a escorrer, a fim de impedir a alteração das condições de suporte de solo subjacentes aos tubos.

Para complementar o processo de reaterro poderão ser utilizados equipamentos vibratórios.

4.3.2.6.3 Compactação

A compactação do aterro pode ser feita por:

- a) Equipamentos manuais;
- b) Equipamentos mecânicos.

A compactação manual é realizada com o soquete manual somente para a primeira camada. No aterro, a partir da segunda camada, é obrigatória a compactação mecânica, que pode ser feita por pressão ou por impacto.

A compactação mecânica deve ser iniciada no centro da vala e em direção às laterais, a fim de que o material seja comprimido contra o talude da vala (local de mais difícil compactação).

A aparelhagem para a compactação mecânica do aterro será constituída por equipamentos vibratórios ou por equipamentos de ação dinâmica.

Os equipamentos vibratórios são recomendados para solos granulares pouco coesivos, tais como: areia, pedra britada, escória, minério pouco plástico, cascalho arenoso, saibro áspero, etc.

Os equipamentos de ação dinâmica são recomendados para solos finos mais coesivos (silte), ou para solos granulares com matriz coesiva (cascalhos siltoargilosos, minérios plásticos, etc). O grau de compactação será, no mínimo, de 97% do proctor normal para pistas e 95% do proctor normal para os demais casos.

4.3.2.7 Recuperação de sarjetas e implantação de sarjetões e bocas de lobo

A recuperação das sarjetas e a implantação de sarjetões e novas bocas de lobos deverão ser executadas conforme o projeto.

4.3.2.8 Transporte de materiais

Compreende o transporte em caminhões de materiais em geral, a granel. A medição será feita pelo produto do volume do material pela distância média de transporte, em caminhão basculante - 184 HP (cento e oitenta e quatro), entre os locais de carga e descarga.

4.3.3 Especificações dos materiais

4.3.3.1 Aditivos

Os aditivos que se tornarem necessários, para a melhoria da qualidade do concreto e da argamassa, de acordo com as especificações e orientação da fiscalização, deverão atender a NBR 10908/2008, ASTM C-494 ou sucessoras.

A porcentagem de aditivos deverá ser fixada conforme recomendações do fabricante, levando em consideração a temperatura ambiente e o tipo de cimento utilizado na obra, sempre de acordo com as instruções da fiscalização.

A eficiência dos aditivos deve ser sempre previamente comprovada através de ensaios, que referenciam ao tempo de pega, resistência da argamassa e consistência. Cuidados especiais deverão ser observados quanto a estocagem e idade de fabricação, considerando a fácil deterioração deste material.

4.3.3.2 Agregados

O agregado miúdo será a areia natural, de origem quartzosa, cuja composição granulométrica e quantidade de substâncias nocivas deverão obedecer às condições impostas pela NBR 7211/2005 Agregados para concreto. A areia deve ser natural, lavada, peneirada, sílico-quartzosa, áspera ao tato, limpa, isenta de argila e de substâncias orgânicas ou terrosas, obedecendo à seguinte classificação, conforme estabelecido pela ABNT:

- Grossa: granulometria entre 4,8 e 0,84 mm.
- Média: granulometria entre 0,84 e 0,25 mm.
- Fina: granulometria entre 0,25 e 0,05 mm.

O agregado graúdo deverá ser constituído de britas obtidas através de britagem de rochas sãs.

O diâmetro máximo do agregado deverá ser inferior a 1/4 da menor espessura da peça a concretar e a 2/3 do espaçamento entre as barras de aço das armaduras.

A estocagem dos agregados deverá ser feita de modo a evitar a sua segregação e a mistura entre si, ou com terra.

Os locais de estocagem deverão ser adequados, com superfícies regulares e com declividade para facilitar o escoamento das águas de chuvas ou de lavagem.

Todos os agregados poderão ser submetidos à critério da fiscalização e a ensaios de qualidade.

As amostras dos agregados aprovados nos ensaios serão armazenadas na obra, para servirem como padrão de referência.

4.3.3.3 Água

A água destinada ao preparo dos concretos, argamassas, diluição de tintas e outros tipos de utilização deverá ser isenta de substâncias estranhas, tais como: óleo, ácidos, álcalis, sais, matérias orgânicas e quaisquer outras substâncias que possam interferir com as reações de hidratação do cimento e que possam afetar o bom adensamento, cura e aspecto final dos concretos e argamassas e outros acabamentos.

4.3.3.4 Bocas de lobo

As bocas de lobo serão com fundo em concreto, paredes em alvenaria com tijolos maciços rebocados em seu interior.

As bocas de lobo deverão ser executadas com dimensões, conforme projeto, que se possa ter acesso à tubulação para ser realizada a limpeza quando necessária.

4.3.3.5 Cal hidratada

O material deverá atender as condições mínimas da NBR 7175/2003 e as marcas de cal que poderão ser utilizadas são: Itacal, Itaú e Supercal.

4.3.3.6 Cimento

Os tipos de cimento a serem utilizados deverão ser adequados às condições de agressividade do meio á que estarão sujeitas as peças estruturais, alvenarias, pisos, etc.

Para locais não sujeitos a agressividade, o tipo de cimento, caso não haja especificação particular em contrário, deverá ser o Portland comum CP 32, e deverá atender às especificações da NBR 13583/2014.

Para a substituição do tipo, classe de resistência e marca do cimento, deverão ser tomadas as precauções para que não ocorram alterações sensíveis na trabalhabilidade do concreto, das argamassas e das natas em geral. Uma mesma peça estrutural, alvenaria, etc., só deverá ser executada com iguais tipos e classes de resistências de cimento.

O controle de qualidade do cimento será feito através de inspeção dos depósitos e por ensaios executados em amostras colhidas de acordo com a normas da NBR 13583/2014 citadas à seguir e ou sucessoras.

As amostras deverão ser submetidas aos ensaios necessários constantes das normas da NBR 13583/2014 e aos indicados pela fiscalização.

As embalagens do cimento deverão apresentar-se íntegras por ocasião do recebimento, devendo ser rejeitados todos os sacos que apresentarem sinais de hidratação.

4.3.3.7 Concreto

Todas as estruturas, obras e ou serviços em concreto, deverão ser executados atendendo às especificações deste memorial e às normas da NBR 6118/2003 e demais pertinentes.

O concreto será composto pela mistura de cimento Portland, água agregados inertes e aditivos químicos especiais.

A dosagem do concreto deverá ser de maneira racional, objetivando a determinação de traços que atendam economicamente ás resistências especiais do projeto, bem como a trabalhabilidade e a durabilidade.

O concreto deverá ser transportado, desde o seu local de mistura até o local de colocação com a maior rapidez possível, através de equipamentos transportadores especiais que evitem a sua segregação e vazamento da nata de cimento.

Quando transportados por caminhões betoneiras, o tempo máximo permitido neste transporte será de uma hora, contado à partir do término da mistura até o momento de sua aplicação; caso o concreto contenha aceleradores de pega este tempo será reduzido.

O concreto deverá ser depositado nos locais de aplicação, diretamente em sua posição final, através da ação adequada de vibradores, evitando-se a sua segregação.

Não será permitido o lançamento do concreto com alturas superiores a 2,00 (dois) metros, devendo-se usar funil e tubos metálicos articulados de chapa de aço para o lançamento.

Antes do lançamento do concreto, os locais a serem concretados, deverão ser vistoriados e retirados destes quaisquer tipos de resíduos prejudiciais ao concreto.

A cura do concreto deverá respeitar um período mínimo de 7 (sete) dias após o lançamento, com a finalidade que a resistência máxima do concreto seja atingida.

4.3.3.8 Poços de visita

Os poços de visita e caixas de passagem serão com fundo em concreto $F_{ck}=15\text{MPa}$, parede em alvenaria de 25 cm de espessura com tijolos maciços rebocados em seu interior e tampa removível em concreto armado, com nível superior no mesmo nível do greide de pavimentação.

4.3.3.9 Tubos de concreto

Os tubos de concreto armado utilizados na obra deverão apresentar classe de resistência mínima de EA2 conforme a NBR 8890/2007, nos diâmetros de 500 mm (quinhentos milímetros), 600 mm (seiscentos milímetros) e 1000 mm (mil milímetros).

Os tubos deverão ser rejuntados externamente e internamente com argamassa aditivada, no traço de 1:3, de cimento, areia. As tubulações devem ser executadas em concordância com o projeto.

4.3.3.10 Sarjetas e Sarjetões

As sarjetas são de concreto e deverão ser moldadas in loco com inclinação transversal do respectivo trecho da rua.

Já os sarjetões são de concreto e deverão ser moldados in loco, apresentar resistência mínima de 18 Mpa seção em V, inclinação de 10% (dez por cento) e espessura de 10 cm (dez centímetros).

5 QUANTITATIVO DE MATERIAIS E ESTIMATIVA DE CUSTO

A tabela 27 apresenta os quantitativos de projeto e uma estimativa do custo da obra para solucionar o sistema de microdrenagem existente. Utilizou-se as planilhas da Setop (Secretária de Estado de Transportes e obras públicas) e SINAPI (Sistema Nacional de Pesquisa e Custos e Índices da Construção Civil), para levantar os preços unitários de cada serviço e material empregado.

ARQUIVO FOLHA A3 PG 70.

6 CONCLUSÃO

Neste trabalho foi abordado o Projeto de microdrenagem do bairro Santo Antônio I. Verificou-se na Prefeitura do município de Machado que não existe nenhum projeto de drenagem para a área em estudo e que o sistema de microdrenagem existente é ineficiente e causa vários impactos para a população residente do local.

Constatou-se que a rua Francisco Carvalho Dias é a mais crítica da bacia de contribuição em estudo, e a que mais sofre em períodos de altos índices pluviométricos. Verificou-se que esse fenômeno ocorre pela ineficiência dos dispositivos hidráulicos, que foram subdimensionado.

Ao examinar as condições do sistema de microdrenagem do local, constatou-se a pouca manutenção nos dispositivos hidráulicos, e o acúmulo de sedimentos sólidos nas sarjetas e bocas de lobo.

Constatou-se também a existência de obstáculos que impedem o bom funcionamento das sarjetas, como o acúmulo de vegetação e em alguns trechos rampas que impedem o escoamento da água. Em outros trechos as sarjetas encontram-se danificadas com tricas. O sistema não apresenta poços de visita para realizar a manutenção e a limpeza das redes de galeria. Averiguou-se que parte da bocas de lobos existentes estão totalmente obstruídas e assoreadas, fator que contribui para a precariedade desse sistema.

Durante a elaboração do projeto percebeu-se a importância de cada dispositivo hidráulico do sistema de microdrenagem. O processo de elaboração de um projeto de drenagem requer um estudo criterioso, pois devido à falta de normas da ABNT e incertezas de cálculo, os mesmos são apresentados por vários autores e cabe o projetista tomar a decisão de qual critério adotar para que o sistema de microdrenagem funcione adequadamente.

Após a verificação e dimensionamento dos dispositivos hidráulicos verificou-se a necessidade de se isolar as tubulações de galeria existentes, e implantar novas tubulações de galeria, pois a existente não suporta a vazão da demanda atual.

Como decisão durante o projeto, foram implantadas novas bocas de lobo, as mesmas forma posicionadas em locais adequados para captar as águas pluviais. Algumas bocas de lobo que possuíam boas condições de funcionamento foram mantidas.

Com a implantação deste projeto, haverá um controle das inundações, resultando na minimização dos impactos que a população está submetida nesses períodos.

Deste modo, conclui-se a segunda etapa do Trabalho de Conclusão de Curso do referido tema, onde todos os objetivos foram cumpridos com êxito.

REFERÊNCIAS

ABNT – Associação Brasileira de Normas Técnicas. **Tubos de concreto de seção circular para águas pluviais e esgoto sanitário – Requisitos e métodos de ensaio** – NBR 8890, 2007.

ABNT – Associação Brasileira de Normas Técnicas. **Segurança de escavação a céu aberto** – NBR 9061, 1984.

ABNT – Associação Brasileira de Normas Técnicas. **Aditivos para argamassa e concreto** – NBR 10908, 2008.

ABNT – Associação Brasileira de Normas Técnicas. **Agregado para concreto** – NBR 7211, 2005.

ABNT – Associação Brasileira de Normas Técnicas. **Granulometria dos agregados** – NBR 7217, 1987.

ABNT – Associação Brasileira de Normas Técnicas. **Cal hidratada para argamassa** – NBR 7175, 2003.

ABNT – Associação Brasileira de Normas Técnicas. **Projeto de estrutura de concreto** – NBR 6118, 2003.

ABNT – Associação Brasileira de Normas Técnicas. **Cimento Portland** – NBR 6118, 2014.

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.

CETESB. **Drenagem urbana**: manual de projeto. 2. ed. São Paulo: [s.n.], 1980. 54p.

DAEE. **Hidráulica de canais, travessias e barragens**. São Paulo. 2006. 50 p.

GRIBBIN, John E. **Introdução à hidráulica, hidrologia e gestão de águas pluviais**.

1. ed. São Paulo: Cengage Learning, 2012.

GOOGLE EARTH, Google. Disponível para download em: <<https://www.google.com/intl/pt-BR/earth/download/ge/agree.html>> Acesso em: 18/10/2017 às 10 h 11 min.

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: 11/05/2017 às 10 h 30 min

PAZ, Adriano Rolim. **Hidrologia Aplicada**. Caxias do Sul. 2004. 138p. Disponível em: www.ct.ufpb.br/~adrianopaz/artigos/apostila_HIDROLOGIA_APLICADA_UERGS.pdf Acesso em: 27/03/2017 as 11h e 43 min

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

PREFEITURA MUNICIPAL DA MACHADO. **Mapa de Machado com as curvas de nível**. MACHADO, 2017.

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.

TUCCI, Carlos Eduardo Morelli. **Águas urbanas**. Estudos Avançados, 2002, v. 7, n. 1, p. 5-27.

TUCCI, Carlos Eduardo Morelli. **Águas urbanas**. Estudos Avançados, 2002, v. 7, n. 1, p. 5-27.

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.

TONELLO, Kelly Cristina. **Análise hidroambiental da bacia hidrográfica da Cachoeira das Pombas, Ganhães, MG**. 2005. 69 f. Dissertação (Mestrado) – Universidade Federal de Viçosa, 2005.

TOMAZ, Plinio. **Método racional**. [S.1.: s.n.], 2012. Disponível em: <http://www.pliniotomaz.com.br/downloads/Novos_livros/livro_metodo_racional_vazao/capitulo65.pdf> Acesso em: 07/09/2017 às 11 h e 01 min.

UNIVERSIDADE FEDERAL DE VIÇOSA. Modelo físico – matemático para o controle da erosão hídrica nas condições edafoclimáticas brasileiras. Viçosa, 2008. Disponível em:<http://www.gprh.ufv.br/docs/pluginRelatorio_CNPq_EditalMCTCNPqCTHIDRON132005.pdf> Acesso em 31/05/2017 às 15 h 43min.

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

APÊNDICE A - Sub bacias

PLOTAGEM A1

APÊNDICE B - Planta baixa

PLOTAGEM – A1

APÊNDICE C - Perfis longitudinais da rede do sistema de microdrenagem

PLOTAGEM – A1

APÊNDICE D - Detalhes