

REDE DOCTUM DE ENSINO
FACULDADES INTEGRADAS DE CARATINGA
CURSO SUPERIOR DE ENGENHARIA CIVIL

**AVALIAÇÃO DO SISTEMA DE DRENAGEM PLUVIAL URBANA:
ESTUDO DE CASO EM CARATINGA/MG**

ANDREY JOSÉ ALVARENGA PINTO
WALDECI LOURENÇO FIGUEIREDO

Trabalho de Conclusão de Curso

CARATINGA– MG

2016

ANDREY JOSÉ ALVARENGA PINTO
WALDECI LOURENÇO FIGUEIREDO

**AVALIAÇÃO DO SISTEMA DE DRENAGEM PLUVIAL URBANA:
ESTUDO DE CASO EM CARATINGA/MG**

Trabalho de Conclusão de Curso apresentado à banca examinadora do Curso de Engenharia Civil do Instituto Doctum de Educação e Tecnologia, como parte das exigências para conclusão do curso de Graduação em Engenharia Civil, sob a orientação do professor José Nelson Vieira da Rocha.

CARATINGA-MG

2016

AVALIAÇÃO DO SISTEMA DE DRENAGEM PLUVIAL URBANA: ESTUDO DE CASO EM CARATINGA / MG

Nome completo do aluno: **ANDREY JOSÉ ALVARENGA PINTO**
WALDECI LOURENÇO FIGUEIREDO

Este Trabalho de Conclusão de Curso foi apresentado perante a Banca de Avaliação composta pelos professores José Nelson Vieira Da Rocha, João Moreira De Oliveira Júnior e Camila Alves Da Silva, às 20:00 horas do dia 13 de dezembro de 2016, como requisito parcial para a obtenção do título de bacharel em Engenharia Civil. Após a avaliação de cada professor e discussão, a Banca Avaliadora considerou o trabalho: Aprovado (aprovado ou não aprovado), com a qualificação: Satisfatório (Excelente, Ótima, Bom, Satisfatório ou Insatisfatório).

Trabalho indicado para publicação: ()SIM ()NÃO

Caratinga,

13 de dezembro de 2016

José Nelson Vieira da Rocha.
Professor Orientador e Presidente da Banca

[Assinatura]
Professor Avaliador 1

Camila Alves da Silva
Professor Avaliador 2

[Assinatura]
Aluno(a)

[Assinatura]
Coordenador(a) do Curso

AGRADECIMENTOS

A Deus eu tenho a agradecer por ter me guiado e dado forças por este caminho de dificuldades

Aos meus familiares, meus maravilhosos pais José e Suely, as minhas irmãs Arianne e Maria Isabel, por sua força de apoio e incentivo, que acima de tudo a um caminho e que seguindo poderei ir a frente, que obstáculos enfrentados, são superados. Por ter feito eu acreditar que meu sonho estava logo ali.

Aos meus professores por incentivo, apoio, disciplina e conhecimento, e claro ao meu orientador José Nelson por oferecer o pouco do seu tempo a nos orientar.

Aos meus companheiros de sala, por estarmos juntos nos momentos fortes e ruins, e destes momentos ter sido simplesmente filtrados por coisas boas.

A minha namorada Raquel por ter me dado um dos meus mais importantes passos juntos aos meus pais de poder voltar estudar.

Ao meu filho João Vitor por sua existência dar me forças para a superação e dedicação para poder vencer neste sonho ao nosso futuro.

Enfim, só tenho agradecer por tudo que tenho vivido passado e chegado nesta parte de minha formação.

Andrey José Alvarenga Pinto

AGRADECIMENTOS

Primeiramente agradeço a Deus pela vida, por este dia maravilhoso e por alcançar a meta que tanto sonhei. Obrigado meu DEUS por tudo!

Agradeço meu pai Geraldo, minha mãe conceição e meu avô Severino, que entenderam minha ausência e aceitaram minhas omissões; dividimos agora o mérito desta conquista!

Meus irmãos e cunhados, que não mediram esforços para ver meu sonho se concretizar, pelo incentivo, apoio e estímulo.

Ao orientador José Nelson pelos conhecimentos compartilhados e dedicação durante a elaboração deste trabalho.

Agradeço meus sobrinhos, primos e amigos que conviveram com minha ausência durante este trajeto. Aos meus colegas de sala e professores que hoje estamos nos separando. A saudade ficará como prova de que tudo valeu à pena!

A todos que de alguma forma contribuiu para que eu chegasse ate aqui. Meu muito obrigado!

Waldeci Lourenço Figueiredo

“Que os vossos esforços desafiem as impossibilidades lembrai-vos de que as grandes coisas do homem foram conquistadas do que parecia impossível.”

Charles Chaplin

FIGUEIREDO, W. L.; PINTO, A. J. A. Avaliação do sistema de drenagem pluvial urbana: estudo de caso em Caratinga/MG. Caratinga, 2016. 37 f. Trabalho de Conclusão de Curso Superior de Engenharia Civil – Curso de Engenharia Civil. Faculdades Integradas de Caratinga, Rede DOCTUM, Caratinga, 2016.

RESUMO

O sistema de drenagem de águas pluviais na cidade de Caratinga vem causando danos à população devido ao aumento das áreas impermeáveis e intensa ocupação do solo, trazendo como consequências inundações de algumas ruas e avenidas, dificultando a mobilidade urbana dentre outros transtornos como prejuízos aos ocupantes destas áreas. O objetivo deste trabalho é analisar as características e deficiências do sistema de drenagem pluvial no bairro Limoeiro da cidade de Caratinga-MG. A partir de revisão bibliográfica e pesquisa de campo, desenvolveu-se um estudo das precipitações, topografia, uso e ocupação do solo, e análise do volume de escoamento superficial. Para o desenvolvimento do trabalho foram realizadas visitas técnicas e avaliações do local, criando registro fotográfico e medições necessários para o estudo de caso. Os resultados desta pesquisa indicam inadequação no diâmetro da galeria, declividade insuficiente do sistema de drenagem, onde por fim foram apresentados resultados obtidos através dos cálculos propondo a melhoria do sistema.

Palavras-chaves: Drenagem pluvial, Inundações, Precipitação.

FIGUEIREDO, W. L.; PINTO, A. J. A. Avaliação do sistema de drenagem pluvial urbana: estudo de caso em Caratinga/MG. Caratinga, 2016. 37 f. Trabalho de Conclusão de Curso Superior de Engenharia Civil – Curso de Engenharia Civil. Faculdades Integradas de Caratinga, Rede DOCTUM, Caratinga, 2016.

ABSTRACT

The rainwater drainage system in the city of Caratinga has caused damage to the population due to the increase of impermeable areas and intense occupation of the soil, resulting in flooding of some streets and avenues, hindering urban mobility, among other inconveniences, as damages to the occupants of these Areas. The objective of this work is to analyze the characteristics and deficiencies of the rainwater drainage system in the Limoeiro neighborhood of the city of Caratinga-MG. From a bibliographical review and field research, a study of the precipitations, topography, land use and occupation was developed, And analysis of the volume of surface runoff. For the development of the work, technical visits and site evaluations were carried out, creating a photographic record and necessary measurements for the case study. The results of this research indicate inadequacy in the diameter of the gallery, insufficient slope of the drainage system, where finally results were obtained through calculations proposing the improvement of the system.

Keywords: Rainwater drainage, Floods, Precipitation.

LISTA DE FIGURAS

Figura 1 – Mureta de contenção.....	15
Figura 2 – Ocupação da planície de inundação.....	19
Figura 3 – Sistema unitário.....	20
Figura 4 – Sistema separativo.....	21
Figura 5 – Caixa de ligação	21
Figura 6 - Sarjeta	22
Figura 7 – Poço de visita	23
Figura 8 – Construção de galeria.....	24
Figura 9 – Meio fio.....	25
Figura 10 – Bloco de concreto permeável.....	26
Figura 11 – Localização de Caratinga em Minas Gerais	31
Figura 12 – Microrregião de Caratinga	32
Figura 13 – Encontro entre as avenidas Moacir de Matos e Ana Pena de Faria	32
Figura 14 – Trechos da bacia Hidrográfica	34
Figura 15 – Pluviosidade média em Caratinga	35
Figura 16 – Local de deságue no bairro Limoeiro.....	36
Figura 17 – Bairro Limoeiro durante cheia em 2004	36
Figura 18 – Boca de lobo obstruída.....	37

ÍNDICE DE TABELAS

Tabela 1 – Valores usuais de coeficiente de Runoff	27
Tabela 2 – Resultados obtidos.....	39

LISTA DE ABREVIATURAS E SIGLAS

m^3 - metro cúbico

m^2 - metro quadrado

Km^2 - quilômetro quadrado

mm - milímetro

D - diâmetro

Tc - tempo de concentração

Tr - período de retorno

S - segundo

H - hora

N - coeficiente de rugosidade do material do tubo

C - coeficiente de escoamento superficial

SUMÁRIO

CAPÍTULO 1 – INTRODUÇÃO.....	13
1.1 FORMULAÇÃO E DELIMITAÇÃO DO PROBLEMA.....	13
1.2 OBJETIVO GERAL.....	14
1.3 OBJETIVOS ESPECÍFICOS.....	14
1.4 JUSTIFICATIVA.....	15
1.5 ESTRUTURAS DO TRABALHO.....	16
CAPÍTULO 2 – DRENAGEM PLUVIAL URBANA	17
2.1 PLANEJAMENTO URBANO E O USO DA ÁGUA.....	18
2.2 SISTEMAS DE DRENAGEM PLUVIAL	19
2.3 ELEMENTOS ESTRUTURAIS DO SISTEMA DE DRENAGEM urbana...21	
2.3.1 Caixas de ligação.....	21
2.3.2 Sarjetas.....	22
2.3.3 Poços-de-visita	23
2.3.4 Galeria	23
2.3.5 Meio-fio	24
2.3.6 Blocos de Concreto Permeável	25
2.4 MÉTODOS DE CÁLCULO	26
2.4.1 Coeficiente de Escoamento Superficial	27
2.4.2 Tempo de Concentração (Tc)	27
2.4.3 Período de Retorno (Tr).....	28
2.4.4 Velocidade de Escoamento	28
2.4.5 Área Hidrográfica da Bacia	28
2.4.6 Cálculo da Vazão Solicitante	29
2.4.7 Cálculo da Vazão dos Tubos	29
2.4.8 Cálculo da Vazão de Galeria Seção Retangular.....	29

CAPÍTULO 3 – ESTUDO DE CASO	31
3.1 LEVANTAMENTO PLANIALTIMÉTRICO	32
3.2 BACIA CONTRIBUINTE	33
3.3 PRECIPITAÇÕES PLUVIOMÉTRICAS NA CIDADE DE CARATINGA	34
3.4 DEFICIÊNCIAS DO SISTEMA DE DRENAGENS NA ÁREA DE ESTUDO..	35
3.5 GALERIA	38
CAPÍTULO 4 – ANÁLISE E DISCUSSÃO.....	39
CAPÍTULO 5 - CONCLUSÃO	40
REFERÊNCIAS BIBLIOGRÁFICAS	41
APÊNDICES	44

CAPÍTULO 1 – INTRODUÇÃO

As cidades estão em pleno desenvolvimento, a cada ano mais áreas verdes são cobertas com o intuito de servirem ao uso do homem. Seja por meio da construção de casas, calçadas ou pavimentação o homem vem impermeabilizando cada vez mais o solo que antes da ação antrópica servia como veículo de absorção da água de chuva.

A água proveniente de chuva, que deixa de ser absorvida pelo solo coberto, precisa de um sistema dedicado ao seu escoamento. A drenagem pluvial é um dos principais sistemas da infraestrutura de uma cidade, tem como objetivo a melhoria da qualidade de vida, proporcionando conforto à população além de diminuir os prejuízos causados por inundações ou deslizamentos de terra.

Tecnicamente falando, um sistema de drenagem pluvial urbano é um conjunto de elementos existente em uma cidade com finalidade de coletar, transportar, e direcionar as águas pluviais para os leitos de córregos e rios a jusante.

A cidade de Caratinga/MG vem sofrendo constantemente com problemas relacionados à chuva, diversas enchentes marcam o histórico da cidade que está edificada nas margens do Rio Caratinga.

O presente trabalho trata especificamente do trecho da Avenida João Caetano do Nascimento no Bairro Limoeiro, onde pequenas proporções de chuva (comparado a média das precipitações no período chuvoso da cidade) causam alagamentos no bairro.

Com o objetivo de minimizar tal problema, este estudo de caso aponta falhas no sistema de galeria onde ocorrem as inundações e propõe um novo dimensionamento dos trechos que, por sua vez, apresentará desempenho eficiente garantindo a funcionalidade ideal do sistema.

1.1 FORMULAÇÃO E DELIMITAÇÃO DO PROBLEMA

Na atualidade, grandes centros urbanos sofrem com problemas relacionados ao sistema de drenagem pluvial. Segundo a Revista Eletrônica de Gestão e Tecnologias Ambientais (GESTA, 2012) o Brasil nas últimas décadas teve um grande aumento populacional. Tendo como consequência a invasão de áreas de leitos de cór-

regos e rios. Os sistemas de drenagem que foram projetados anteriormente à essa ocupação se tornaram ineficientes, tal ineficiência é consequência tanto do crescimento desordenado como do planejamento incorreto do sistema de drenagem, que possui falhas como incertezas nos parâmetros urbanísticos, hidrológicos, e hidráulicos, fatores que podem gerar problemas posteriores.

“A enchente é um fenômeno natural do regime do rio, e todo rio tem sua área de inundação. As inundações passam a ser um problema para o homem quando ele deixa de respeitar os limites naturais dos rios, ocupando suas áreas marginais” (PINTO & PINHEIRO, 2006, P.8)

Um sistema de drenagem insuficiente faz com que parte da população da cidade de Caratinga sofra com pequenas inundações em trechos do Bairro Limoeiro. A presente pesquisa visa ao melhoramento de tal sistema, garantindo condições mínimas de escoamento da água pluvial no trecho pesquisado.

1.2 OBJETIVO GERAL

Apresentar uma verificação da rede de drenagem pluvial do barro Limoeiro, apontando as possíveis falhas que proporcionam alagamentos no trecho que compreende o encontro da Avenida Ana pena de farias com a Avenida João Caetano do Nascimento na cidade de Caratinga/MG.

1.3 OBJETIVOS ESPECÍFICOS

- Dimensionar os coletores do sistema de galerias, comparando com sistemas existentes;
- Identificar quais os fatores estão influenciando a ineficácia da drenagem;
- Apresentar um novo dimensionamento possibilitando a solução do alagamento;
- Apresentar o posicionamento altimétrico da região pesquisada.

1.4 JUSTIFICATIVA

O sistema de drenagem pluvial do bairro limoeiro não possui dados suficientes nos órgãos públicos, devido ao tempo da existência da rede.

Diante dos problemas vistos nos centros urbanos, com o aumento gradativo de sua expansão, a drenagem urbana é um dos grandes fatores a serem analisados. Na atualidade, com o desenvolvimento urbano geralmente sem planejamento, os sistemas de drenagem, na maioria dos casos, não acompanham esse processo, ficando defasado, trazendo como consequência, inundações e alagamentos, causando transtornos e prejuízos à população.

A Figura 1 mostra uma mureta construída em um comercio no encontro entre a Avenida Ana Pena de Farias e João Caetano do Nascimento pelo comerciante com o objetivo de proteger o comercia dos alagamentos.

Figura 1 – Mureta de contenção



Fonte: Acervo do autor

Devido a frequência de alagamento no comercio que se encontra na esquina entre a Avenida João Caetano do nascimento com Ana Pena de faria, comerciante constrói muretas de contenção nas portas de seu comercio com o intuito de proteger

seu comercio, e minimizar os prejuízos causados pelas inundações.

1.5 ESTRUTURAS DO TRABALHO

Este trabalho segue uma estruturação de 4 capítulos, que explicam detalhadamente o tema, ressaltando a visão de variados autores, e também o estudo de caso, apresentando problemas e soluções, através de mapas, fotos e gráficos.

Capítulo 1- São apresentadas as considerações iniciais como: introdução, formulação e delimitação do problema, objetivos gerais e específicos, metodologia e justificativa do tema mencionado.

Capítulo 2- São abordados temas como: Drenagem Pluvial urbana e suas implicações, planejamento urbano e uso da água, assim como sua importância, sistema de drenagem pluvial e suas definições, elementos estruturais do sistema de drenagem urbana e métodos de cálculos utilizados.

Capítulo 3- Segue com um estudo de caso, sobre o município de Caratinga, e também sobre o Bairro Limoeiro, descreve sobre o levantamento planialtimétrico e precipitação da cidade de Caratinga apresentando dados e as deficiências nos sistemas de drenagens na área de estudo, mostrado através de fotos.

Capítulo 4- Apresenta uma análise e discussão, conclusão do projeto final, e as referências bibliográficas.

CAPÍTULO 2 – DRENAGEM PLUVIAL URBANA

No Brasil não existe norma padrão que regulamente os sistemas de microdrenagem, obrigando os profissionais do setor a adotarem critérios próprios para a implantação, o que também dificulta novas pesquisas acerca do tema. (TOMAZ, 2013).

TOMAZ (2013) aponta dificuldades causadas por essa falta de padronização:

“Outra dificuldade é o período de retorno a ser adotado e recomendamos $Tr=25$ anos e em lugares como hospitais adotar $Tr=50$ anos. Outro problema é que não há padronização das bocas de lobo e das alturas das guias sendo que cada problema tem que ser resolvido separadamente. As aberturas de bocas de lobo não podem superar o máximo de 0,15m, pois, causam fatalidades e processos judiciais. (TOMAZ, 2013,cap.5 p.02)

Devido ao aumento da migração de pessoas para as áreas urbanas nas últimas décadas, as cidades têm sofrido com a ocupação desordenada do solo, este processo substitui a cobertura vegetal do solo por áreas impermeáveis, como edificações e ampliação de ruas e avenidas pavimentadas, com este crescimento das áreas urbanas, conseqüentemente há aumento no volume de água pluviais nos sistemas coletores. Todavia surge à necessidade de ampliação dos sistemas de drenagem pluvial local. (MARINS,2006).

CUPOLILLO (2008, p.12), afirma que:

A hidrografia continental do Brasil na drenagem do Estado de Minas Gerais, nodecorrer dos tempos, em face da concentração e aceleração do desenvolvimento do espaço regional, vem merecendo atenção constante e crescente de empresas e órgãos voltados ao uso e à destinação complexa dos cursos de água. A cada ano, medições e observações são levadas a efeito para se alcançar, de certa forma, a necessária organização fluvial...

MARINS (2006) relata que as enchentes acontecem devido às ações climáticas em função das chuvas de alta magnitude que acontecem periodicamente. Tais chuvas em conjunto com a impermeabilização do solo causam as inundações urbanas que causam prejuízo significativo no Brasil e em outros países, afetando de maneira crucial os tráfegos de veículo, o meio ambiente, qualidade de vida e a saúde pública.

2.1 PLANEJAMENTO URBANO E O USO DA ÁGUA

Segundo SABOYA (2008) o planejamento urbano surgiu como uma forma de mitigar os problemas enfrentados pelas cidades e pelas pessoas que nela habitam.

O desenvolvimento de cidades sem o devido planejamento acarreta diversos problemas, de acordo com ALMEIDA e COSTA(2014, p.19).

O desenvolvimento urbano tem sido caracterizado por expansões irregulares de periferias sem observância das regulamentações urbanas relacionadas com o Plano Diretor e de normas específicas de loteamento, além da ocupação irregular de áreas públicas, por especuladores ou por parte da população de baixa renda que vê como uma alternativa a construção de moradias em áreas que apresentam risco à saúde dessas pessoas e ao meio ambiente.

Levando em consideração a ocupação da bacia hidrográfica, a falta de planejamento acarreta várias consequências:

a) alteração da cobertura vegetal:

A preservação dos recursos hídricos é condicionada pela conservação da cobertura vegetal, visto que essa protege as nascentes e os cursos d'água e sua retirada descaracteriza os ambientes naturais, interferindo no balanço hídrico (SILVA, et al. 2014).

b) aumento da superfície impermeabilizante:

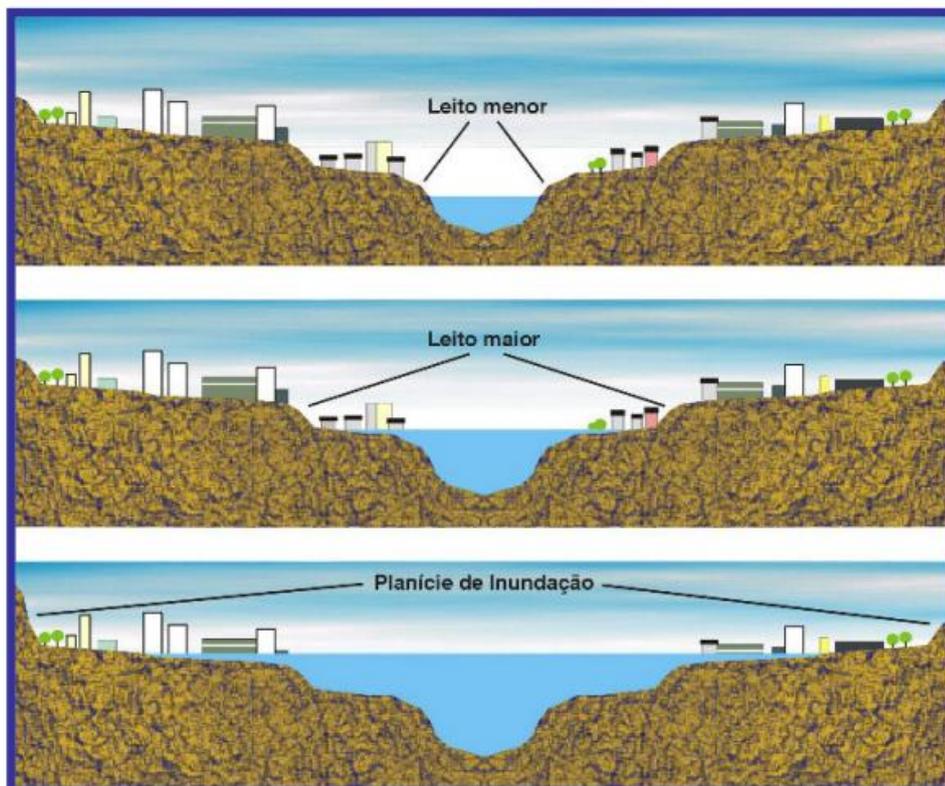
Consiste na cobertura permanente do solo com materiais impermeáveis como o cimento e o asfalto, acarretando problemas na produção de alimentos, absorção de água, capacidade de filtragem do solo, aumento do escoamento superficial e o aumento da temperatura formando zonas de calor (COMISSÃO EUROPEIA, 2012.- p.8).

c) ocupação da planície de inundação:

Ao longo do tempo as civilizações sempre procuraram se desenvolver às margens de cursos d'água afim de utilizar seus recursos. Essas ocupações tornaram-se, em sua maioria, desordenadas e as várzeas de inundação acabaram por ser ocupadas, acarretando inundações em épocas de cheia.

A figura 2 demonstra como ocorrem esses alagamentos.

Figura 2 – Ocupação da planície de inundação



Disponível em: **(Gestão das Águas Urbanas e Gestão de Resíduos Sólidos¹)**

Um fator preocupante no Brasil é o processo de conurbação, onde uma ou mais cidades expandem-se de forma imprevista e acabam por encontrar-se com outra cidade. Neste processo uma cidade passa a utilizar os serviços e infraestrutura da outra formando, assim, uma malha urbana unitária, processo que por sua vez aumenta os problemas sociais e econômicos do meio urbano, com isso surge a necessidade de um planejamento eficiente e econômico que atenda aos requisitos básicos. (ALMEIDA & COSTA, 2014)

2.2 SISTEMAS DEDRENAGEM PLUVIAL

A função básica de um sistema de drenagem é recolher e transportar até os meios receptores as águas provenientes de resíduos comerciais, industriais e domésticos, bem como as águas pluviais (LIMA, 2016)

¹Disponível em: (Gestão das Águas Urbanas e Gestão de Resíduos Sólidos Silvia Cláudia Povinelli Gerente de Usos Múltiplos Brasília, pag. 8>> acesso em 11/11/2016)

Existem diversos sistemas elaborados para esta finalidade, LIMA (2016) se para-os da seguinte maneira.

a) Sistemas unitários

São construídos para recolherem conjuntamente as águas provenientes tanto dos resíduos industriais e domésticos como as águas pluviais, sem nenhum meio de separação. A figura 3 mostra uma representação gráfica deste tipo de sistema.

Figura 3 – Sistema unitário



Fonte: PEMAPES (BAHIA 2011)²

b) Sistemas separativos

São constituídos de duas redes de drenagem, uma é destinada à drenagem de águas residuais provenientes de casas e indústrias e a outra é responsável pela drenagem da água pluvial, A figura 4 apresenta graficamente este sistema.

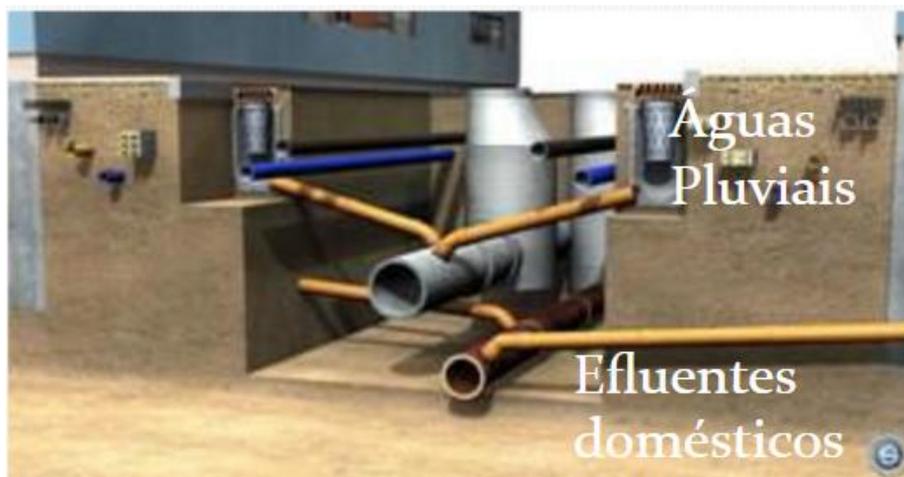
c) Sistemas mistos:

São uma junção dos dois sistemas referidos anteriormente, de forma que uma parte da rede é unitária e a outra é separativa.

d) Sistemas pseudo-separativos:

São aqueles em que a ligação de águas pluviais de pátios e terraços ao sistema coletor de águas residuais é tolerado apenas pela inexistência de um sistema próprio.

²Disponível em MACHADO, Adriana Santos - PEMAPES: Desafios e Oportunidades Para a Implantação de Sistema de Esgotamento Sanitário do Tipo Combinado” acesso em 12/11/2016.

Figura 4 – Sistema separativo

Fonte; PEMAPES (BAHIA 2011)³

Entende-se que o sistema separativo é o mais aceito na atualidade por proporcionar um ambiente mais agradável a população e propiciar uma cidade mais limpa evitando maus cheiros e permitir o tratamento dos resíduos proveniente das redes de esgotos

2.3 ELEMENTOS ESTRUTURAIS DO SISTEMA DE DRENAGEM URBANA

Tais elementos constituem o sistema de drenagem urbana pela qual suas principais funções são direcionar o fluxo de forma segura e eficiente proporcionando mais conforto e segurança à população. Estão entre estes elementos: caixas de ligação, sarjetas, poços-de-visitas, galeria, meio-fio, e blocos de concreto permeável.

2.3.1 Caixas de ligação

Segundo TOMAZ (2013) São caixas que recebem os tubos de ligação onde estão as bocas de lobo. Possuem uma tampa de concreto que só pode ser retirada após o rompimento da pavimentação (figura 5).

Figura 5 – Caixa de ligação

³Disponível em MACHADO, Adriana Santos - PEMAPES: Desafios e Oportunidades Para a Implantação de Sistema de Esgotamento Sanitário do Tipo Combinado acesso em 12/11/2016.



Disponível em: COPASA⁴

O objetivo de se fazer as caixas de ligação é a economia no poço de visita, mas a tendência atual está preterindo essa estrutura e dando preferência ao poço de visita (TOMAZ, 2013).

2.3.2 Sarjetas

É um dos componentes dos elementos estruturais de drenagem pluvial que têm por finalidade receber e conduzir as águas precipitadas sobre a plataforma do pavimento e áreas adjacentes e direcioná-las ao ponto de captação, que normalmente é uma boca de lobo.

A figura 6 indica uma sarjeta em uma rodovia.

Figura 6 - Sarjeta



Fonte: IMPRENSA PMLM⁵

⁴Disponível em: <http://www.copasa.com.br/> acesso em 13/11/2016

⁵Disponível <http://www.sulinfoco.com.br/imagens/noticias/a822d666249a.jpg>. Acesso 10/11/2016

A capacidade de vazão da sarjeta será utilizada para dimensionar o elemento estrutural a jusante que deve ter capacidade de drenar toda a descarga proveniente a mesma. (DNIT, 2006).

2.3.3 Poços-de-visita

Poços de visitas (Figura 7) são dispositivos do conjunto de um sistema de drenagem que são implantados com a finalidade de permitir mudança de diâmetro, declividade e direção das galerias e em situações em que se encontra mais de um tubo descarregando em um coletor. Também permite a manutenção, limpeza e verificação do sistema. (DNIT, 2006)

Figura 7 – Poço de visita

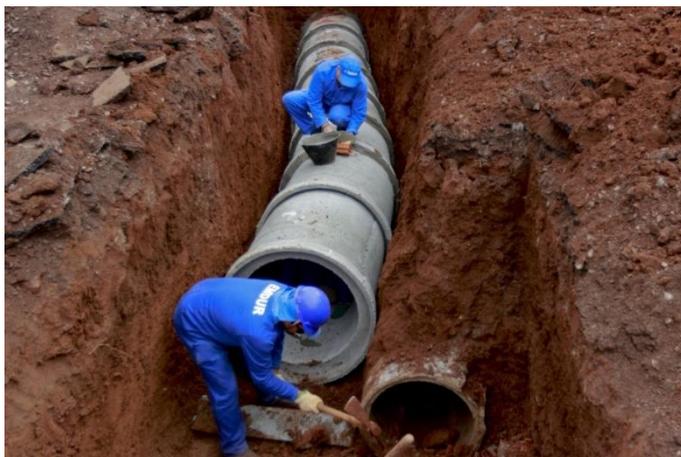


Fonte: REPRODUÇÃO TV Tem⁶

2.3.4 Galeria

Galerias pluviais (Figura 8) são condutos com diâmetro mínimo de 30 cm fabricados normalmente em concreto, são destinados a conduzir as águas pluviais captadas pelas bocas e conduzidas pelos tubos de ligações até o seu ponto de lançamento final, que normalmente são rios e córregos. (BIDONE E TUCCI, 1995)

⁶Disponível em <http://g1.globo.com/sp/bauru-marilia/noticia/2012/10/esgoto-vaza-em-cruzamento-de-duas-das-principais-avenidas-em-bauru.html> acesso em 13/11/2016

Figura 8 – Construção de galeria

Fonte: Prefeitura de Toledo-MG-2015⁷

2.3.5 Meio-fio

De acordo com DNIT, (2006) meio fio “são elementos de contenção laterais compreendendo meios-fios-sarjeta, meio-fio de vigas armadas e não armadas”. Sua função é proteger as bordas das pistas de deslocamentos dos elementos do pavimento e a erosão causada pelo escoamento superficial de águas precipitadas, situam-se em região inclinadas onde o escoamento tende a ser no sentido transversal da pista, direcionam o deflúvio até o ponto escolhido para lançamento. A seguir pode-se observar o exemplo de meio fio pela figura 9.

⁷Disponível em <http://www.toledo.pr.gov.br/noticia/prefeitura-realiza-obras-para-drenagem-das-aguas-pluviais-no-jardim-coopagro> - acesso em 13/11/2016

Figura 9 – Meio fio

Fonte: PREFEITURA DE PALOTINA⁸

2.3.6 Blocos de Concreto Permeável

Entende-se por permeável todo material que permita a percolação de água em sua superfície. Os blocos de concreto permeável (Figura 10) aplicados a construção de pavimentação permite que parte ou toda água da chuva passe pelo bloco e se infiltrem no solo. Entende-se que este processo traz um benefício essencial para a natureza, permitindo que a água complete seu ciclo natural (MARCHIONI & SILVA,2010)

⁸Disponível em: <http://www.palotina.pr.gov.br/galerias/112/Antes-da-pavimentaA-A-o-Jardim-GuaritA-recebe-galerias-e-meio-fio/1844/0.-acesso em 13/11/2016>

Figura 10 –Bloco de concreto permeável



Fonte: ENGENHARIA FÁCIL⁹

2.4 MÉTODOS DE CÁLCULO

No cálculo das vazões das bacias de contribuição devem ser fixados os seguintes limites:(DNIT, 2005)

- c) Bacias com áreas até 4km²: Método Racional
- d) Bacias com áreas entre 4km² até 10km²: Método Racional Corrigido
- e) Bacias com áreas superiores a 10km²: Método do Hidrograma Unitário Triangular.

Segundo TOMAZ (2013) o método racional é um método que foi desenvolvido para substituir o método empírico que era usado anteriormente, esse método foi apresentado pela primeira vez em 1851 por Mulvaney e usado nos EUA em 1889 por Emil Kuichling.

Entende-se que o método racional estabelece uma relação entre precipitação e escoamento superficial usual em áreas menores que quatro quilômetros quadrados em que o tempo de concentração não dure mais de uma hora para escoar completamente.

⁹Disponível em <http://www.engenhafacil.com/singlepost/56d51ded0cf249e9dfccfb44> acesso em 27/11/2016.

2.4.1 Coeficiente de Escoamento Superficial

O coeficiente de escoamento superficial é uma relação entre o volume de água precipitado em uma determinada bacia e o volume de deflúvio efetivamente escoado na mesma. Para isso devem-se considerar algumas características importantes da bacia, como: uso e ocupação do solo, topografia, geologia e permeabilidade dos solos. (AZEDO NETO, 1998),

Valores usuais do coeficiente “C” em função da característica da bacia segue no quadro abaixo:

Tabela 01 –Valores usuais de coeficiente de runoff

Natureza da bacia	Coeficiente de deflúvio ou de runoff
Telhados	0,70 a 0,95
Superfície asfaltada	0,85 a 0,90
Superfícies pavimentadas e paralelepípedo	0,75a 0,85
Estrada macadamizadas	0,25 a 0,60
Estradas não pavimentadas	0,15 a 0,30
Terreno descampados	0,10 a 0,30
Parques jardins e campinas	0,05 a 0,20

Fonte: AZEVEDO NETO, 1998¹⁰

Para finalidade de cálculo da galeria do bairro Limoeiro foi adotado C= 0,76 solo com grandes áreas impermeáveis devido à urbanização.

2.4.2 Tempo de Concentração (Tc)

De acordo NETO (1998), tempo de concentração (Tc) é o intervalo de tempo de uma precipitação suficiente para que toda a bacia de drenagem passe a contribuir para uma dada vazão da seção de drenagem.

De acordo com DNIT (2006), o tempo de concentração das bacias deverá ser avaliado por metodologias e modelos usuais e que apresentem resultados compati-

¹⁰AZEVEDO NETO, J. M. **Manual de hidráulica**. 8. ed. São Paulo: Edgard Blücher, 1998.

veis considerando:

- Área da bacia;
- Comprimento e declividade do talvegue principal;
- Forma da bacia;
- Declividade média do terreno;
- Tipo de recobrimento vegetal;
- Uso da terra;
- Outros.

2.4.3 Período de Retorno (Tr)

Segundo TOMAZ (2013), período de retorno é um período de tempo médio em que um determinado evento hidrológico acontece superando ou igualando ao último acontecido pelo menos uma vez. No Brasil, para finalidade de projetos de drenagens, normalmente utiliza-se para o dimensionamento de macrodrenagem ou sistema principal um período de 50 a 100 anos e para microdrenagem ou sistema principal utiliza 25 anos, porém algumas cidades adota 10 anos.

2.4.4 Velocidade de Escoamento

Segundo NETO (1998), considera-se $V_{min} = 0,75$ m/s, pois uma velocidade menor que a mesma não será possível uma limpeza eficaz nos canais de captação. E $V_{max} = 5$ m/s uma vez que velocidade superior expõe as tubulações em processo de abrasão.

2.4.5 Área Hidrográfica da Bacia

Para o cálculo da área hidrográfica da bacia foram utilizados os softwares Civil 3D e AutoCAD, os programas foram alimentados com mapas da Região alvo da pesquisa e após a análise geraram um levantamento altimétrico.

2.4.6 Cálculo da Vazão Solicitante

O cálculo da vazão solicitante foi obtido através da seguinte fórmula:(AZEVEDO NETO,1998)

$$Q = C.i.A \quad (1.1)$$

Onde:

Q = vazão de enchente na seção de drenagem em m³/s;

C = coeficiente de escoamento superficial da bacia hidrográfica.

i = intensidade média da precipitação sobre toda a área da bacia. (m³/s)

A = área da bacia hidrográfica, em m².

2.4.7 Cálculo da Vazão dos Tubos

Para o cálculo da vazão da galeria foi utilizada a seguinte fórmula empírica de Forchheimer:(MACINTYRE,1996).

$$Q = 70. \pi.D^2/4.(D/4)^{2/3}.\sqrt{i} \quad (1.2)$$

Os valores das declividades (*I*) foram calculados através do perfil longitudinal (apêndice 5), obtido através de análise feita no software Civil 3D, que no presente caso é 0,05 m/m para a galeria A(trecho entre as estacas 18 e 31);0,035 m/m para a galeria B (trecho entre as estacas 31 e 44); e 0,01 para o último trecho (entre as estacas 44 e 56).

2.4.8 Cálculo da Vazão de Galeria Seção Retangular

Através de análise no sistema de galerias do bairro limoeiro foram encontradas falhas no sistema que foram necessários o emprego de galerias celulares para atender a vazão solicitante do local. Para o dimensionamento destas galerias foram realizadas pesquisas em diversos trabalhos científicos, livros e tese por equações confiáveis que pudesse ser empregada de forma segura e precisa garantindo eficiência ao resultado. Através desta pesquisa foram selecionadas as seguintes equações devido a sua facilidade de uso,confiabilidade e precisão em seus resultados.

Segundo Macintyre,(1996) esta equação clássica de hidrologias foi desenvolvida para cálculo de canaletas e galerias celulares, mas também são eficientes em dimensionamento de calhas.

a) Perímetro molhado

$$P = b + 2a \quad (1.3)$$

Onde:

b = base

a = altura

b) Raio hidráulico

$$R = \frac{a \cdot b}{P} \quad (1.4)$$

c) Velocidade calculada pela fórmula e Manning

$$V = \frac{\sqrt[3]{R^2 \cdot \sqrt{I}}}{n} \quad (1.5)$$

Onde:

R = raio hidráulico

I = declividade da galeria

N= coeficiente de rugosidade do material. (N= 0,014 rugosidade do concreto)

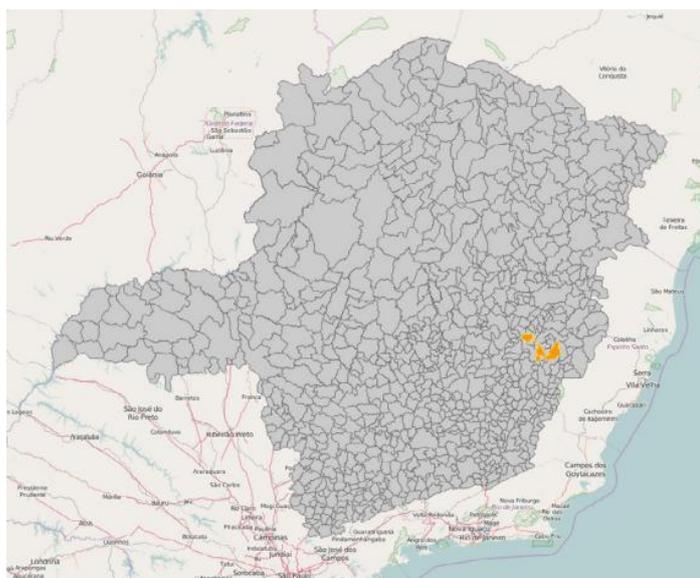
d) Vazão total da galeria

$$Q = a \cdot b \cdot V \quad (1.6)$$

CAPÍTULO 3 – ESTUDO DE CASO

A cidade de Caratinga está localizada na região leste de Minas Gerais (Figura 11), possui uma população estimada de 91.342 habitantes, sua área territorial é de 1.256,00 Km², com uma densidade demográfica de 67,72 hab.\Km² (IBGE, 2010).

Figura 11 – Localização de Caratinga em Minas Gerais



Fonte: IBGE¹¹

Possui 16 municípios limítrofes (Figura 11), entre eles estão os municípios de Ipatinga, Ubaporanga, Timóteo, Bom Jesus do Galho e Inhapim (IBGE 2016).

O bairro Limoeiro, local alvo da pesquisa, possui 5272 habitantes, a figura 13 indica o encontro entre as avenidas João Caetano do Nascimento e Ana Pena de Faria, local onde a drenagem de água pluvial foi analisada.

A figura 12 abaixo apresenta a região de Caratinga MG, suas abrangências de municípios e localização no mapa, apresentando algumas cidades confrontantes proporcionando melhor conhecimento do local. E a figura 13 apresenta o local crítico a alagamento citado neste trabalho, encontro entre Avenida João Caetano do Nascimento e Ana Pena de Farias Bairro Limoeiro Cidade de Caratinga MG.

Figura 12 – Microrregião de Caratinga

¹¹Disponível em: <http://cidades.ibge.gov.br/2016>. Acesso em 12/11/2016



Fonte: IBGE¹²

Figura 13 – Encontro entre as avenidas João Caetano do Nascimento e Ana Pena de Faria



Fonte: MAPS GOOGLE¹³

3.1 LEVANTAMENTO PLANIALTIMÉTRICO

¹²Disponível em: <http://cidades.ibge.gov.br/2016>. Acesso em 13/11/2016

¹³Disponível em: maps.google.com Acesso em 15/11/2016

Entende-se que um levantamento topográfico consiste em uma investigação da superfície terrestre e elaboração de mapas e plantas contendo informações importantes da área como curva de nível cotas do terreno em diferentes níveis delimitações da área entre outras.

Para a concepção de um projeto de drenagem na fase executiva, deve ser feito um levantamento topográfico planialtimétrico cadastral, para a obtenção de todos os elementos necessários, tais como curvas de nível, plano de escoamento, cursos d'água e galerias existentes, edificações entre outros (HENRIQUES, 2013 p.38)

Por meio do levantamento topográfico é possível a identificação de cursos d'água existentes e outros elementos importantes como:

- a) avaliar o volume de água acumulada;
- b) conhecer a superfície do local em diferentes alturas;
- c) determinar a profundidade do ponto mais baixo a drenar;
- d) encontrar a localização de uma saída apropriada;
- e) determinar o traçado dos canais ou valas.

O levantamento Planialtimétrico da região estudada nesta pesquisa encontra-se nos anexos de 1 a 5.

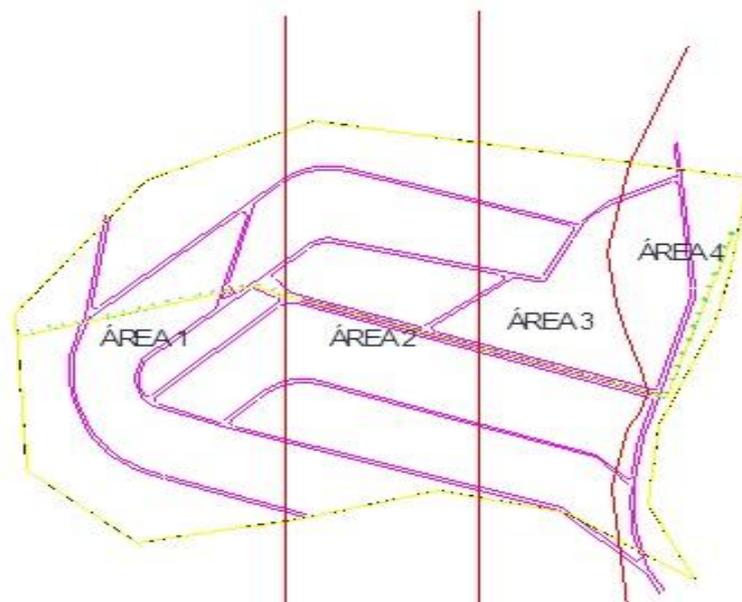
Através de entrevista com o técnico em estradas e agrimensura Marcos Vinicius Moreira, CREA 159.045 TD/MG o mesmo nos forneceu o mapa com as curvas de nível do bairro limoeiro Caratinga/MG. Matéria prima que nos auxiliou no desenvolvimento dos levantamentos planialtimétrico da área em estudo. (Apêndice 1 a 5).

3.2 BACIA CONTRIBUINTE

A bacia contribuinte que também é conhecida como bacia de drenagem, é a área formada entre as limitações de divisão de águas definida topograficamente, onde a área superficial da mesma coleta as águas precipitadas direcionando a jusante. Para finalidade de estudo deve-se marcar as limitações de cada bacia a contribuir com a área estudada. (DNIT, 2006).

Como podemos observar na figura 14, a bacia do bairro Limoeiro possui uma área total de 438.628,62 m², sendo que a mesma foi dividida em 4 partes para uma verificação mais precisa nos trechos da galeria.

Figura 14 – Trechos da bacia hidrográfica



Fonte: Acervo do autor

Buscando uma maior realidade e exatidão dos dados referentes aos cálculos da área da bacia hidrográfica, da vazão solicitante e da verificação do coletor, a bacia hidrográfica foi dividida em quatro trechos, como mostra a figura 14. Os dados obtidos estão compilados na tabela 2, cap.4.

3.3 PRECIPITAÇÕES PLUVIOMÉTRICAS NA CIDADE DE CARATINGA

Segundo VIOLA (2008) precipitação é a transferência da água contida na atmosfera para a superfície terrestre, independente do estado e tamanho das partículas de água precipitada, portanto seus estados são: neblina, orvalho, geada, neve, granizo e saraiva.

As precipitações mais comuns na cidade de Caratinga são a neblina, o orvalho e a chuva, sendo a última o nosso foco para o desenvolvimento deste trabalho. Portanto, tratando-se de escoamento superficial, a chuva é de maior relevância para

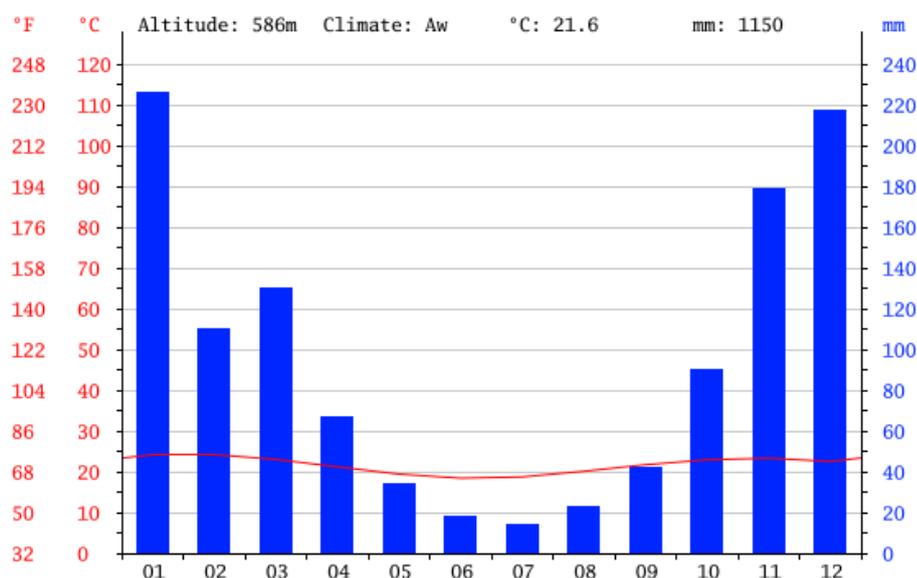
finalidade de cálculos de drenagens.

A cidade de Caratinga possui a média de pluviosidade anual de 1267 mm, menos pluviosidade no inverno e no verão tem seu maior índice de pluviosidade, que chega a 239 mm em média no mês de janeiro, o clima da região é classificado como CWA (clima temperado úmido com inverno seco verão quente) (DEFESA CIVIL,2016).

Torna-se necessário para a eficiência do dimensionamento do sistema de drenagem do Bairro Limoeiro, o conhecimento do índice pluviométrico da região para que seja implementado um sistema de drenagem capaz de impedir que a água pluvial seja acumulada no local causando danos ambientais, sociais e à saúde pública.

A figura 15 mostra a média mensal de pluviosidade em Caratinga no ano de 2016.

Figura 15 – Pluviosidade média em Caratinga



Fonte: CLIMATE/Caratinga-2016¹⁴

3.4 DEFICIÊNCIAS DO SISTEMA DE DRENAGENS NA ÁREA DE ESTUDO

¹⁴ Disponível em: <http://pt.climate-data.org/>- acesso em 02/11/2016.

Através de análises constatamos que o sistema de microdrenagem do Bairro Limoeiro possui diâmetro de 1000 mm ao longo da Avenida Ana Pena de Faria, mas a jusante há redução no diâmetro passando para 800 mm do início da avenida Ana Pena de Faria até a área de deságue que fica aproximadamente 20 metros à jusante da ponte Rio Caratinga com a BR 116, sendo que a cota vertical até o nível do rio é igual a 1,80 m, onde sua vazão pode ser dificultada causando refluxo com a alta do rio nos períodos de maior precipitação.

Segundo o plano municipal de saneamento básico (PMSB, 2015) do município de Caratinga/MG, o descarte das águas pluviais do bairro Limoeiro encontra-se nas coordenadas: s 19°47'45,0" w 42°08'15,1". A Figura 16 mostra o exato local do deságue e a figura 17 mostra o início da Avenida Ana Pena de Farias caso de enchente do ano de 2004.

Figura 16 – Local de deságue no bairro Limoeiro



Fonte: Acervo do autor

Figura 17 – Bairro Limoeiro durante cheia em 2004



Fonte: Acervo do autor

Outra patologia no sistema de drenagem do Bairro Limoeiro é a má conservação das bocas de lobo e tubos de ligações que estão obstruídos por lixo, comprometendo mais de 50% da capacidade de vazão das mesmas, como pode ser visto na figura 18

Figura 18 – Boca de lobo obstruída



Fonte: Acervo do autor

Boca de lobo e tubo de ligação obstruído por entulho em local estudado, A-

venida João Caetano do Nascimento, próximo a rodoviária nova de Caratinga.

3.5 GALERIA

As galerias serão projetadas sempre que possível em tubos circulares de concreto, com diâmetro mínimo de 600mm e máximo de 150mm dimensionados pela fórmula de Manning com $n= 0,0135$ ou a escolher dependendo da rugosidade do material. (TOMAZ, 2013). Sendo que no desenvolvimento deste trabalho foi adotado $n=0,014$ (coeficiente de rugosidade do concreto).

CAPÍTULO 4 – ANÁLISE E DISCUSSÃO

Para os seguintes cálculos foram utilizados às equações:

Vazão dos tubos equação 1.2 cap. 2.4.3

Vazão solicitante equação 1.1 cap.2.4.2

Tabela 2 – Resultados obtidos

	Área da bacia (m ²)	Diâmetro (mm)	Estacas	Declividade Média (m/m)	Vazão tubos (m ³ /s)	Vazão solicitante (m ³ /s)
Ramal Mais Crítico	44479,1	500	1-18	0,075	0,94	0,84
Trecho1	133437,33	1.000	18	0,05	4,88	1,83
Trecho2	158099,24	1.000	18-31	0,05	4,88	3,99
Trecho 3	88707,49	1.000	31-44	0,035	4,08	5,20
Trecho 4	64680,63	800	44-56	0,01	1,32	6,00

Fonte: acervo do autor

Como podemos observar na tabela 2, da estaca 1 até a estaca 31 a tubulação existente é suficiente para dar vazão ao volume precipitado.

O trecho entre as estacas 31 a 56 não atende, o diâmetro da tubulação não é suficiente para atender a vazão solicitante.

Através dos dados obtidos verificou-se que os trechos 1 e 2 atendem ao escoamento necessário para a vazão solicitada, sendo que o trecho 3 e 4 não atente, uma vez que a galeria existente suporta apenas 78% das águas precipitadas na bacia contribuinte. A diferença de 22% (equivalente a 1,14 m³/s) tornando-se necessário a implantação de um tubo complementar com diâmetro de 700 milímetros, onde o mesmo possui vazão Q= 1,58 m³/s, sendo o diâmetro nominal o mais próximo para a vazão solicitante. Dados obtidos através da equação 1.2. Cap. 2.4.3, P.28.

Os trechos entre as estacas 44 e 56 não atende. Sua tubulação suporta apenas 22% da vazão solicitante. Sendo o trecho mais crítico devido à baixa inclinação do talvegue e a redução de diâmetro da tubulação no local. Para que o mesmo se encaixe nos padrões será necessário a construção de uma galeria celular cuja seção mínima (b x a) seja igual a 1,30 x 1,20 m pela qual em conformidade com a declividade do trecho obtém vazão de 6,25 m³/s. (Equação 1.6).

CAPÍTULO 5 - CONCLUSÃO

Através das análise realizada no sistema de drenagem do Bairro Limoeiro Caratinga encontra-se falhas no dimensionamento, que podem ser resolvidas a partir dos critérios citados acima, a principal causa do alagamento no trecho acontece devido a pouca inclinação do talvegue no trecho entre as estacas 31 e 56 e devido o diâmetro insuficiente da tubulação entre as estacas 44 e 56. Entende-se que com o novo dimensionamento proposto pelo presente trabalho, o sistema passara a ter um bom desempenho drenando toda a água precipitada em tempo suficiente sem que aconteça alagamento em qualquer trecho do bairro.

Fica aqui uma proposta para futuros trabalhos. Para continuação desta análise, aconselha-se uma verificação detalhada das bocas de lobo e sarjetas da Avenida Ana Pena de Farias, avaliar a viabilidade de implantação de galeria com seção tubular e celular no trecho entre as estacas 44 e 56 (Avenida João Caetano do Nascimento), e verificar a possibilidade de refluxo que as enchentes do rio Caratinga podem causar no sistema de galeria do bairro limoeiro.

REFERÊNCIAS BIBLIOGRÁFICAS

AMEIDA, D. S., COSTA, I. T. A drenagem urbana das águas pluviais e sua relação com o meio ambiente e a saúde pública no município de Santana. 2014. 68 f. Trabalho de conclusão de Curso (Bacharel em Ciências Ambientais) – Universidade Federal do Amapá, Macapá, 2014.

AZEVEDO NETO, J. M. **Manual de hidráulica**. 8. ed. São Paulo: Edgard Blücher, 1998.

BIDONE, F.; TUCCI, C. E. M. Microdrenagem. In: Tucci, C.E.M.; Porto, R.L.L.; Barros, M.T. Drenagem Urbana. Porto Alegre: Ed. Universidade/UFRGS/ABRH, 1995.

BRASIL. Secretaria Nacional de Saneamento Ambiental. **A Questão da Drenagem Urbana no Brasil**: Elementos para Formulação de uma Política Nacional de Drenagem Urbana. Brasília: Ministério das Cidades, Texto Para Discussão, 2003.

BRASIL. Secretaria Nacional de Saneamento Ambiental. **Guia para a elaboração de planos municipais de saneamento**. Brasília: Ministério das Cidades, 2006. 152 p.

CARVALHO, Daniel Fonseca; SILVA, Leonardo Duarte Batista. **Escoamento Superficial**. Hidrografia, capítulo 7, agosto de 2006. Disponível em <<http://www.ufrj.br/institutos/it/deng/leonardo/downloads/APOSTILA/HIDRO-Cap7-ES.pdf>> Acesso em 07/11/2016.

CLIMATE, Disponível em: <http://pt.climate-data.org/> - acesso 02/11/2016.

COMISSÃO EUROPEIA. **Orientações sobre as melhores práticas para limitar, atenuar ou compensar a impermeabilização dos solos**. Luxemburgo: Serviço das Publicações da União Europeia, 2012.

COPASA, Disponível em: www.copasa.com.br/ acesso em: 13/11/16.

COSTA, M. G. A. Avaliação de áreas de risco à inundação no perímetro urbano de Caratinga. 2007. 50 f. Monografia (Bacharelado em Geografia) - Universidade Federal de Viçosa. Viçosa, 2007.

CUPOLILLO, Fluvio. **Diagnóstico Hidroclimatológico da Bacia do Rio Doce da Bacia do Rio Doce**. Instituto Geociências da UFMG. Tese de Pós-Graduação Março, 2008. [Orientadora: prof.^a: Magda Luzimar de Abreu. Disponível em <http://www.ifmg.edu.br/site_campi/g/images/arquivos_governador_valadares/Fulviotese.pdf> Acesso em 07/10/2016.

DNIT. Departamento Nacional de Infraestrutura de Transportes. **Manual de Drenagem de Rodovias**. 2. ed. - Rio de Janeiro, 2006.

DNIT. Departamento Nacional de Infraestrutura de Transportes. **Manual de Hidrologia Básica para Estruturas de Drenagem**. Rio de Janeiro. 2.edição- Rio de Janeiro, 2005.

ENGENHA FÁCIL. Disponível em <http://www.engenhafacil.com/singlepost/56d51ded0cf249e9dfccfb44> acesso em 27/11/2016.

HENRIQUES, Wagner Vinícius de oliveira. **Projeto de Drenagem nos padrões do Município do Rio de Janeiro**. Projeto de Trabalho de Conclusão de Curso. Escola Politécnica- Poli/ UFRJ. Rio de Janeiro, 2013.

LIMA, J. P. (Org.). **Hidrologia urbana: Sistema de drenagem de águas pluviais urbanas**. Disponível em: <http://files.isec.pt/DOCUMENTOS/SERVICOS/BIBLIO/Documentos%20de%20acesso%20remoto/Hidrologia-urbana_2_Lima.pdf>. Acesso em 02/11/2016.

MACHADO, Adriana Santos - PEMAPES: Desafios e Oportunidades Para a Implantação de Sistema de Esgotamento Sanitário do Tipo Combinado. <https://portalseer.ufba.br/index.php/gesta/article/download/8436/6423> acesso em 12/11/2016.

MACINTYRE, A.J. **Instalações hidráulicas prediais e industriais**. 3.ed. rio de janeiro: livros técnicos e científicos; 1996.

MARINS, Renata. **Gerenciamento de Drenagem Urbana**. Universidade de ANHEMBI. Trabalho de Conclusão de Curso. [Orientador: Prof.: Dr. José Rodolfo Scarati Martins] Morumbi, SP, 2006. Disponível em <<http://docplayer.com.br/4603274-Universidade-anhembi-morumbi-renata-marins-gerenciamento-da-drenagem-urbana.htm>> Acesso em 09/11/2016.

MORAES, Alexandre Perri. **Procedimentos Técnicos de Dimensionamento da Microdrenagem do Município de Santo André**. XIX Exposição de Experiências Municipais em Saneamento De 24 a 29 de maio de 2015 – Poços de Caldas – MG.

POVINELLI, Silvia Claudia. **Gestão das Águas Urbanas e Gestão de Resíduos Sólidos** Silvia Cláudia Povinelli Gerente de Usos Múltiplos Brasília, pag 8>> acesso em 11/11/2016.

PREFEITURA DE PALOTINA, Disponível em: <http://www.palotina.pr.gov.br/galerias/112/Antes-da-pavimentaA-A-o-Jardim-GuaritA-recebe-galerias-e-meio-fio/1844/0.-> acesso em 13/11/2016.

PREFEITURA DE TOLEDO, Disponível: [www.toledo.pr.gov.br/noticia/prefeitura-realiza-obras-para-drenagem-das-aguas-pluviais-no-jardim-coopagro\(MG\)](http://www.toledo.pr.gov.br/noticia/prefeitura-realiza-obras-para-drenagem-das-aguas-pluviais-no-jardim-coopagro(MG)) - acesso em 13/11/2016.

PINTO, Luiza Helena; PINHEIRO, Sérgio Avelino. **Orientações Básicas para Drenagem Urbana**. FEAM, Belo Horizonte, 2006.

SABOYA, R. **O surgimento do planejamento urbano**. 2008. Disponível em:<urbanidades.arq.br/2008/03/o-surgimento-do-planejamento-urbano/>. Acesso em 27/10/2016.

SILVA, R. M. P. et. al. Alteração da cobertura vegetal na Sub-Bacia do Rio Espinharas de 2000 a 2010. **Revista brasileira de engenharia agrícola e ambiental**. Campina Grande, v. 18, n.2, p. 202-209. 2014.

SLIDEPLAYER.COM.BR/SLIDE/3203502/ ACESSO EM 12/11/2016

SOUZA, Vladimir CaramoriBorges.**Gestão da Drenagem Urbana no Brasil:Desafios para a Sustentabilidade**. Revista Eletrônica de Gestão e Tecnologias Ambientais (GESTA), 2012. Disponível em <<file:///C:/Users/Otaviano%20Rocha/Downloads/7105-20596-1-PB.pdf>> Acesso em 01/11/2016

SULINFOCO,Disponível-
www.sulinfoco.com.br/imagens/noticias/a822d666249e849eac2226305abf4d6a.jpg. Acesso em

TOMAZ, Plínio. **Método Racional**. Capítulo 2.Curso de Manejo de Águas Pluviais, 2013. Disponível em <http://www.pliniotomaz.com.br/downloads/Novos_livros/livro_metodo_calculos_vazao/capitulo02.pdf>Acesso em 01/11/2016

TOMAZ, Plínio. **Microdrenagem**, capítulo 5. Curso de manejo de águas pluviais. Outubro de 2013. Disponível em <http://www.pliniotomaz.com.br/downloads/Novos_livros/livro_calculoshidrolicos/capitulo05Microdrenagem.pdf> Acesso em 01/11/2016

VIOLA, H. **Gestão de águas pluviais em áreas urbanas** – o estudo de caso da cidade do samba. Rio de Janeiro, 2008. Dissertação de mestrado, Programa de Pós-graduação em Planejamento Energético (UFRJ).

APÊNDICES