

FACULDADES INTEGRADAS DE CARATINGA

CAMILA SABINO DE JESUS

LUCAS DA SILVA SOARES

**PROJETO DE DRENAGEM PLUVIAL APLICADO NA RUA JOÃO SABINO DE
SOUZA NA CIDADE DE PIEDADE DE CARATINGA**

CARATINGA

2017

CAMILA SABINO DE JESUS

LUCAS DA SILVA SOARES

FACULDADES INTEGRADAS DE CARATINGA

**PROJETO DE DRENAGEM PLUVIAL APLICADO NA RUA JOÃO SABINO DE
SOUZA NA CIDADE DE PIEDADE DE CARATINGA**

Trabalho de conclusão de curso apresentado ao Curso de Engenharia Civil das Faculdades Integradas de Caratinga, como requisito parcial à obtenção do título de Bacharel em Engenharia Civil.

Área de concentração: Drenagem

Orientador: Prof. MSc Ricardo Botelho Campos

CARATINGA

2017



FACULDADES INTEGRADAS DE CARATINGA

FICHA DE APROVAÇÃO

O trabalho de conclusão de curso intitulado, Projeto de drenagem pluvial aplicado na rua João Sabino de Souza na cidade de Piedade de Caratinga , elaborado pelos alunos Camila Sabino de Jesus e Lucas da Silva Soares foi aprovado por todos os membros da Banca Examinadora e aceita pelo curso de Engenharia Civil das Faculdades Integradas de Caratinga, como requisito parcial de obtenção do título de BACHAREL EM ENGENHARIA CIVIL.

Caratinga, _____ de _____ 20____

Prof. MSc Ricardo Botelho Campos

Prof. João Moreira

Prof. Claudemir Máximo

AGRADECIMENTOS

Agradeço primeiramente a Deus, pois foi ele que mim deu forças para chegar até aqui, sem ele nada sou. . . Toda honra toda glória seja dada a ele.

- Agradeço aos meus pais Jairo Sabino e Katia Silene por não medir esforços para mim ajudar a chegar ate aqui, incentivar e mim da apoio nos momentos mais difíceis.
- Ao meu querido irmão Rafael Sabino, por mim ajudar nos momentos que precisei.
- Ao meu grande companheiro e namorando Vagner Dias, por toda a paciência que teve comigo e por mim acalmar nos momentos difíceis.
- A minha querida vovó Isabel Ferreira pelo apoio e pelas suas preciosas orações.
- Aos meus tios e tias pela torcida e incentivo.
- A todos os amigos da faculdade sem eles a caminhada não seria fácil. Em especial aos meus amigos Janderson Garcia por toda paciência em ajudar nos momentos que precisei, Lucas da Silva meu companheiro de pesquisa que com toda paciência mim tolerou, a Flávia Vieira pelo companheirismo e ajuda, a minha querida e amada amiga Tailyne Soares por todo apoio e paciência que teve comigo em vários momentos que precisei dela.
- Ao Coordenador do curso João Moreira, por atender nas vezes procuradas e apoiar neste trabalho de conclusão de curso. Ao meu orientador Ricardo Botelho Campos por nos incentivar sempre, mostrar o caminho que poderíamos percorrer para concluir este trabalho.

Camila Sabino de Jesus.

Agradeço a Deus por ter me dado a oportunidade de estudar, saúde e força para que eu chegasse até aqui, estou onde estou por que o Senhor me ajudou.

- Agradeço a minha querida esposa Debora Gomes de Sousa Soares por está sempre ao meu lado, me ajudando nos momentos difícil, por toda a paciência e tolerância aos meus estudos.
- Aos meus pais, Adilson dos Reis Soares por ter me ensinado a ser homem e enfrentar os obstáculo da vida, e Isabel Ferreira Alves Soares que sempre esteve ao meu lado me dando os melhores conselhos, sempre intercedendo por mim em orações.
- Aos meus irmãos, Natalia dos Reis Soares que sempre me incentivou a estudar procura o conhecimento, e Tarlei Alves Soares que sempre esteve ao meu lado em tudo.
- Aos meus amigos e companheiros de graduação, em especial a Janderson Garcia por que sempre que precisei da sua ajuda esteve disposto e Camila Sabino minha companheira de pesquisa, por sempre estarem juntos um ajudando o outro.
- Agradeço o professor Ricardo Botelho Campos que sempre se dispôs em nos ajudar, obrigado professor.
- A todos os professores que compartilhou seus conhecimentos, em especial ao coordenador do curso João Moreira que sempre se dispôs a nos ajudar.

Lucas da Silva Soares

RESUMO

Com a elevada impermeabilização do solo nas cidades, tornam-se comuns inundações e enchentes que inferem diretamente em danos a população, tanto economicamente quanto socialmente. Uma das formas de amenizar os efeitos da impermeabilização do solo é com um correto sistema de drenagem, que aborda dentre outras características, planejamento em longo prazo, considerando a população futura e não somente a ativa, além de um correto dimensionamento dos elementos de drenagem, composto por bocas de lobo, tubulações, poços de visita e etc. O presente trabalho tem a finalidade de avaliar a eficácia do sistema de drenagem do loteamento primavera na Rua João Sabino de Souza e ao seu entorno, localizada no município de Piedade de Caratinga MG, visto que a rua citada apresenta inundações durante grandes precipitações, afetando diretamente os moradores daquela localidade.

Palavras-chave: Drenagem pluvial; escoamento superficial; precipitação.

ABSTRACT

With the high waterproofing of the soil in the cities, floods and floods are common that they directly ingest dânia to the population, both economically and socially. One of the ways of mitigating the effects of soil sealing and a correct drainage system that addresses, among other characteristics, long-term planning, considering the future population and not only the active one, besides a correct dimensioning of the drainage elements, composite by lobes of wolf, pipes, wells of visit and etc. The present work has the purpose of evaluating the effectiveness of the drainage system of the spring subdivision in the street João Sabino de Souza and its surroundings, located in the municipality of Piedade de Caratinga MG, since the mentioned street presents, displays floods during great precipitations, affecting directly the inhabitants of that locality.

Keywords: Rain drainage, surface runoff, precipitation.

LISTA DE FIGURAS

Figura 2.1 – Alteração no ciclo hidrológico natural.	17
Figura 2. 2– Taxa de urbanização brasileira.	20
Figura 2.3– Taxa de urbanização brasileira no município de Piedade de Caratinga.	21
Figura 2.4– Camadas da seção transversal do pavimento.	22
Figura 2.5 – Pavimento rígido – pressões distribuídas.....	23
Figura 2.6 – Camadas principais do revestimento asfáltico.	24
Figura 2. 7 – Pavimento flexível – pressões concentradas.	25
Figura 3. 1– Índice pluviométrico em gráfico de Piedade de Caratinga	33
Figura 3. 2– Índice pluviométrico em tabela da média de precipitação em Piedade de Caratinga.....	34
Figura 3. 3– Alagamento na Rua João Sabino de Souza no dia 09/12/2014.	35
Figura 3. 4 – Lixo e falta de manutenção nas bocas de lobo.	36
Figura 3.5– Delimitação da área de estudo	37

LISTA DE TABELAS

Tabela 1: Planilha de cálculo para galerias de águas pluviais.	38
Tabela 2: Valores para a definição do coeficiente C	38
Tabela 3: Resultados obtidos	40
Tabela 4: Resultados obtidos	44

LISTA DE ABREVIATURAS, SIGLAS E SÍMBOLOS

km^2	Quilometro quadrado
mm	Milímetro
Qloc	Vazão superficial
m^3/s	Metros cúbicos
c	Coeficiente de escoamento superficial
i	Intensidade da chuva (m/s)
m/s	Metros por segundos
A	Área de contribuição da bacia
Qtubo	A vazão no tubo
D	Diâmetro do tubo
M	Metro
i	Declividade da tubulação (m/m)
m/m	Metro por metro
St	Declividade do terreno no trecho
Cm	Cota do terreno no PV a montante
cj	Cota do terreno no PV a jusante
L	Extensão da galeria
π	Pi e uma constante matemática
Km ²	Quilometro quadrado

IBGE

Instituto Brasileiro de Geografia e Estatística

°C

Graus Celsius

SUMÁRIO

1	INTRODUÇÃO	14
1.1	Contextualização	14
1.2	Trabalho de conclusão do curso	15
1.3	Objetivos	16
1.3.1	Objetivo Geral	16
1.3.2	Objetivos específicos	16
2	REVISÃO BIBLIOGRÁFICA	17
2.1	Contextualização	17
2.2	Drenagem urbana	18
2.2.1	Sistema de drenagem pluvial	18
2.3	Inundações	19
2.3.1	Inundações ribeirinhas	19
2.3.2	Inundações devido à urbanização	19
2.4	O processo da urbanização	20
2.5	Pavimentação	22
2.5.1	Pavimentação rígida	23
2.5.2	Pavimentação semirrígida	23
2.5.3	Pavimentação Flexível	24
2.5.4	Pavimentação de blocos Intertravados	25
2.6	Equação para determinação do tempo de concentração da chuva	26
2.7	Equação para determinação da intensidade pluviométrica	26
2.8	Equação para a verificação da capacidade de galerias	27
3	METODOLOGIA	31
3.1	Estudo preliminar	31

3.1.1	Anteprojeto	31
3.1.2	Projeto final.....	32
3.2	Estudo de caso	32
3.2.1	Caracterização do município de Piedade de Caratinga.....	32
3.2.2	Projeto existente	35
3.2.3	Delimitação da área de estudo	36
3.2.4	Levantamento planialtimétrico	37
3.2.5	Delimitação da bacia hidrográfica.....	37
3.2.6	Planilha para o desenvolvimento dos cálculos de águas pluviais.....	38
4	RESULTADOS E DISCUSSÕES.....	39
4.1	Verificação da capacidade das galerias existentes.....	39
4.2	Novos resultados obtidos.....	43
5	CONCLUSÕES E RECOMENDAÇÕES	48
5.1	Conclusões	48
6	REFERÊNCIAS BIBLIOGRÁFICAS.....	50

1 INTRODUÇÃO

1.1 Contextualização

Nos últimos anos a população tem crescido muito rapidamente e modificando diretamente os sistemas naturais, um setor que está afetando muito a forma natural do meio, é a construção civil, com o crescimento desordenado das cidades e a falta de planejamento (SILVA e CARVALHO, 2016).

Segundo Silva e outros (2014), cada vez mais diminuem as áreas permeável, aumentando o escoamento superficial da água, o que contribui para os alagamentos, trazendo problemas econômicos e sociais. A falta da conscientização da população também vem gerando transtornos, pois os lixos que são jogados na rua são muitas vezes levado pela água, assim prejudicando o seu escoamento pelos bueiros.

Os alagamentos ocorrem devido à falta de sistemas adequados para o seu escoamento, assim inundado áreas utilizadas por seres humanos, como: residências, ruas entre outros. A causa dos alagamentos na maioria das vezes é resolvida ou até mesmo esquecida após ocorrer, assim piorando o estado do problema.

A falta de um plano diretor de drenagem urbana correto em municípios vem gerando problemas inadequados na ocupação do solo, assim gerando transtornos complexos para serem resolvidos, como a remoção de asfalto e grande quantidade de solo para a construção de canalizações (MONTES e LEITE, 2008).

Para a realização de um projeto de drenagem pluvial é preciso prever tanto o escoamento atual como o futuro para evitar danos maiores. Para prevenir tais danos é essencial também o consenso, o segmento de normas e informativos para conscientizar a população ao funcionamento regular do sistema de drenagem.

Esta pesquisa abrange um desses problemas, após a construção do loteamento primavera, teve uma grande contribuição no escoamento superficial, assim causando alagamentos na Rua João Sabino de Souza, a partir daí foram analisadas alguns informações: levantamento topográfico, comportamentos existentes no local, índice pluviométrico, bacia hidrográfica do local, entrevistas de

pessoas que moram no local, imagens dos alagamentos existentes e com o órgão público do município foram obtidas informações, por se tratar de uma rede antiga não há dados concretos da drenagem pluvial em partes de trechos analisados.

A importância deste projeto de drenagem pluvial é proporcionar benefícios à população como: escoamento superficial eficiente, reduzir os gastos causados a comunidade, eliminação da água parada e lama, redução de gastos para a manutenção das vias.

1.2 Trabalho de conclusão do curso

Este trabalho de conclusão de curso em engenharia civil foi dividida em 6 (seis) capítulos, conforme descrito pelos itens a seguir:

- Capítulo 1: Contém a introdução, com a contextualização, o objetivo geral e específico e a organização da dissertação;
- Capítulo 2: Contém a revisão bibliográfica, abordando os temas de ciclo hidrológico da água, drenagem urbana, inundações, processo da urbanização e pavimentação;
- Capítulo 3: Contém a metodologia, com estudo preliminar, estudo de caso, com característica do município, delimitação da área de estudo e equação para dimensionamento;
- Capítulo 4: Contém os resultados e suas discussões;
- Capítulo 5: Contém as conclusões e recomendações;
- Capítulo 6: Referências bibliográficas.

1.3 Objetivos

1.3.1 Objetivo Geral

Verificar através de análise técnica o local escolhido para o estudo e entender quais são os efeitos causadores de inundação, e ainda, sugerir mudanças que consigam reduzir ou eliminar o transtorno causado à população.

1.3.2 Objetivos específicos

- Coletar dados do projeto existente no órgão competente;
- Analisar a situação existente;
- Coletar dados da rede, através do projeto existente;
- Delimitar a bacia hidrográfica do local com o programa AutoCAD;
- Delimitação da área de estudo através do programa google Earth Pro;
- Pesquisar a precipitação de Piedade de Caratinga, através do site de meteorologia clima tempo;
- Levantamento planialtimétrico com o programa AutoCAD;
- Apresentar propostas para melhoria do sistema.

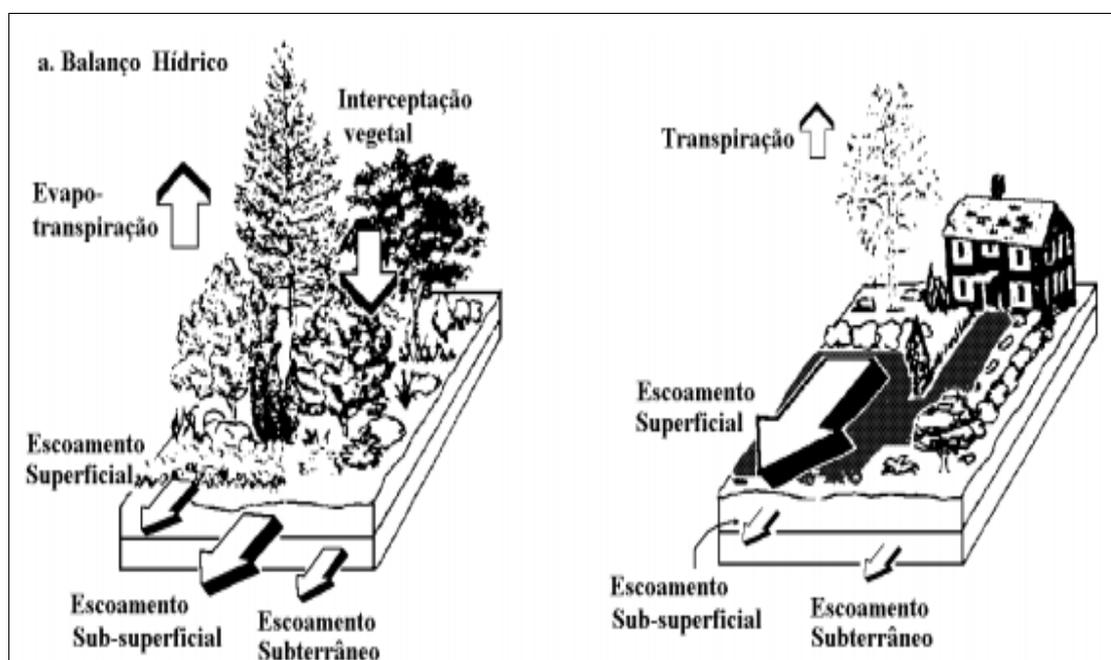
2 REVISÃO BIBLIOGRÁFICA

2.1 Contextualização

A água é formada por duas substâncias o oxigênio e o hidrogênio, ela pode ser encontrada em três estados físicos gasoso, sólido e líquido. De acordo com Tundisi (2003), o ciclo da água é motivado pela energia térmica solar, a interceptação, a infiltração, a transpiração, o escoamento superficial, evaporação, drenagem e a precipitação, sendo os dois últimos o enfoque deste trabalho.

Conforme TUCCI (1997), a antropização vem diminuindo cada vez mais a área vegetal, afetando assim o ciclo hidrológico natural como mostra a figura 2.1, com a retirada da vegetação natural para o uso e ocupação do solo, o ciclo da água esta sendo afetando tanto na precipitação quanto nos escoamentos.

Figura 2.1 – Alteração no ciclo hidrológico natural.



Fonte: TUCCI, (1997).

2.2 Drenagem urbana

Drenagem é a técnica desenvolvida para realizar a coleta, o transporte e o lançamento das águas, ou do seu o excesso, assim permitindo minimizar os riscos de inundação de forma harmônica e sustentável das cidades. De acordo com Tucci (2003), o sistema de drenagem pode ser dividido em:

- Micro drenagem: são estruturas para conduzir e coletar as águas do escoamento superficial através de pequenas e médias galerias até o sistema de macrodrenagem.
- Macrodrenagem: compreende a rede de drenagem pluvial natural, que já existia antes da execução da obra e que resulta no escoamento final das águas pluviais que são captadas por diferentes redes coletoras, como a micro drenagem.

2.2.1 Sistema de drenagem pluvial

Um sistema de drenagem pluvial é composto por vários dispositivos hidráulicos que são realizados para receber o escoamento superficial das águas. Alguns dos componentes de um sistema de drenagem e manejo de águas pluviais urbanas (TOMAZ, 2010):

- Sarjeta: é o canal situado entre a guia e a pista de rolamento, para conduzir e coletar as águas do escoamento, até o seu destino de coleta.
- Bocas de lobo: São dispositivos para captar águas superficiais que são transportadas pela sarjeta.
- Tubos de ligação: São para conduzir as águas pluviais captadas pelas bocas de lobo para as galerias pluviais.
- Galeria: São condutores que transportam as águas pluviais captadas das bocas coletoras não estão visíveis, pois é feita abaixo de pavimentos, o seu diâmetro mínimo é de 400 mm.

- Poço de visita: São feitos quando ocorre mudança de direção, de diâmetro, declividades são usadas para a inspeção, manutenção e limpeza dos condutores.
- Trecho de galeria: É a tubulação existente entre dois poços de visita.
-

2.3 Inundações

A enchente é um fenômeno que acontece quando há uma fluidez no volume de água. As inundações ocorrem em várias cidades e as suas causas são variadas, assim trazendo incômodo e problemas para os seres humanos, um dos principais fatores é a falta de planejamento urbano, aliado ao aumento das áreas impermeáveis, que influenciam na ocorrência de enchentes (BARBOSA, 2006).

Nas áreas de bacia de drenagem rural, como há uma maior área de vegetação natural, grande parte da água infiltra-se no subsolo e o que resta escoar sobre a superfície de forma moderada, por isso quase não há ocorrência de enchentes (TUCCI, 2003).

As enchentes urbanas ocorrem devido às consequências de dois processos, as inundações ribeirinhas e ao processo da urbanização.

2.3.1 Inundações ribeirinhas

Ocorrem quando os leitos dos rios ultrapassam a sua maior margem, geralmente a precipitação que influi neste tipo de inundação tem o tempo de retorno de dois anos ou mais. As bacias que são mais propensas a este tipo de inundação são aquelas com áreas superiores a 500 km² (BARBOSA, 2006).

2.3.2 Inundações devido à urbanização

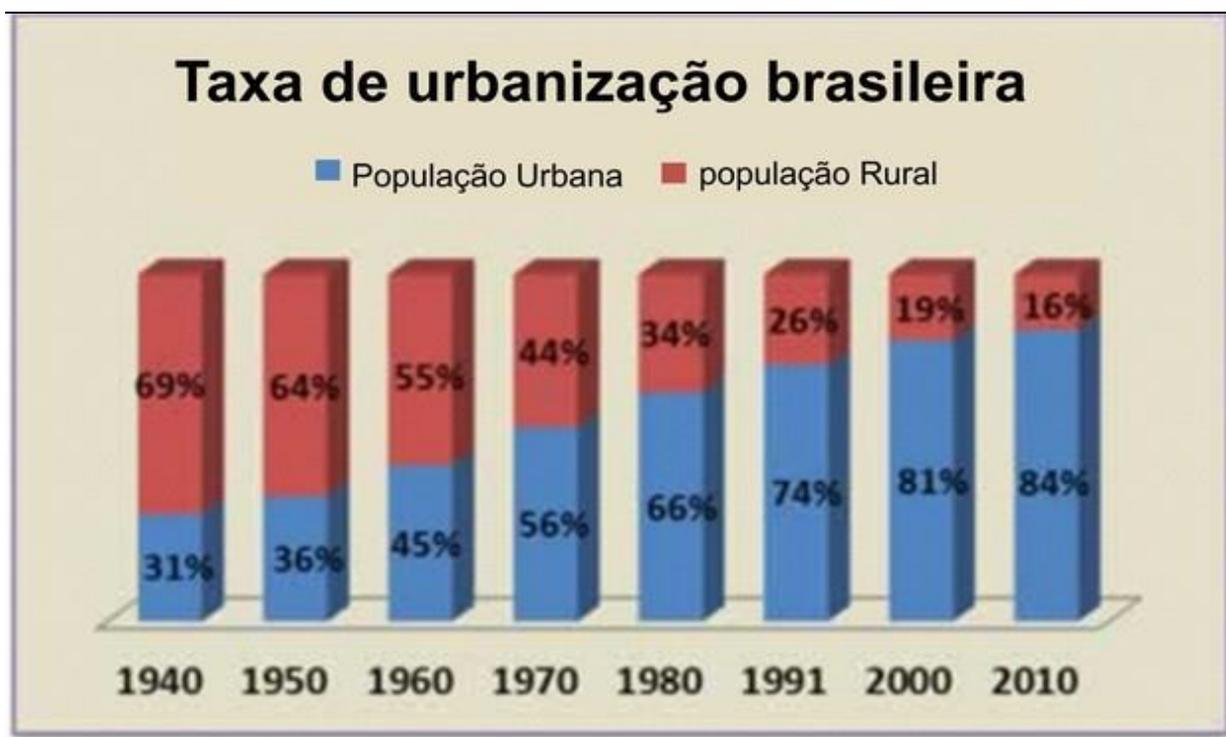
O crescimento populacional gera o uso e ocupação do solo através de construções e obras de infraestrutura, resultado na impermeabilização do mesmo e fazendo com que aumente o escoamento superficial assim causado inundações nas áreas mais baixas (BARBOSA, 2006).

2.4 O processo da urbanização

Segundo FERREIRA (2012), com a consequência da grande industrialização a partir da década de 40, muitas famílias que moravam na zona rural se deslocaram rumo a estes grandes centros industriais, cenário do histórico do Brasil, denominado êxodo rural. Essa grande densidade populacional, aliado a falta de planejamento afetou direta e indiretamente o meio ambiente.

A Figura 2.2 ilustra o cenário histórico mencionando acima, com grande aumento da população urbana e grande diminuição da população rural.

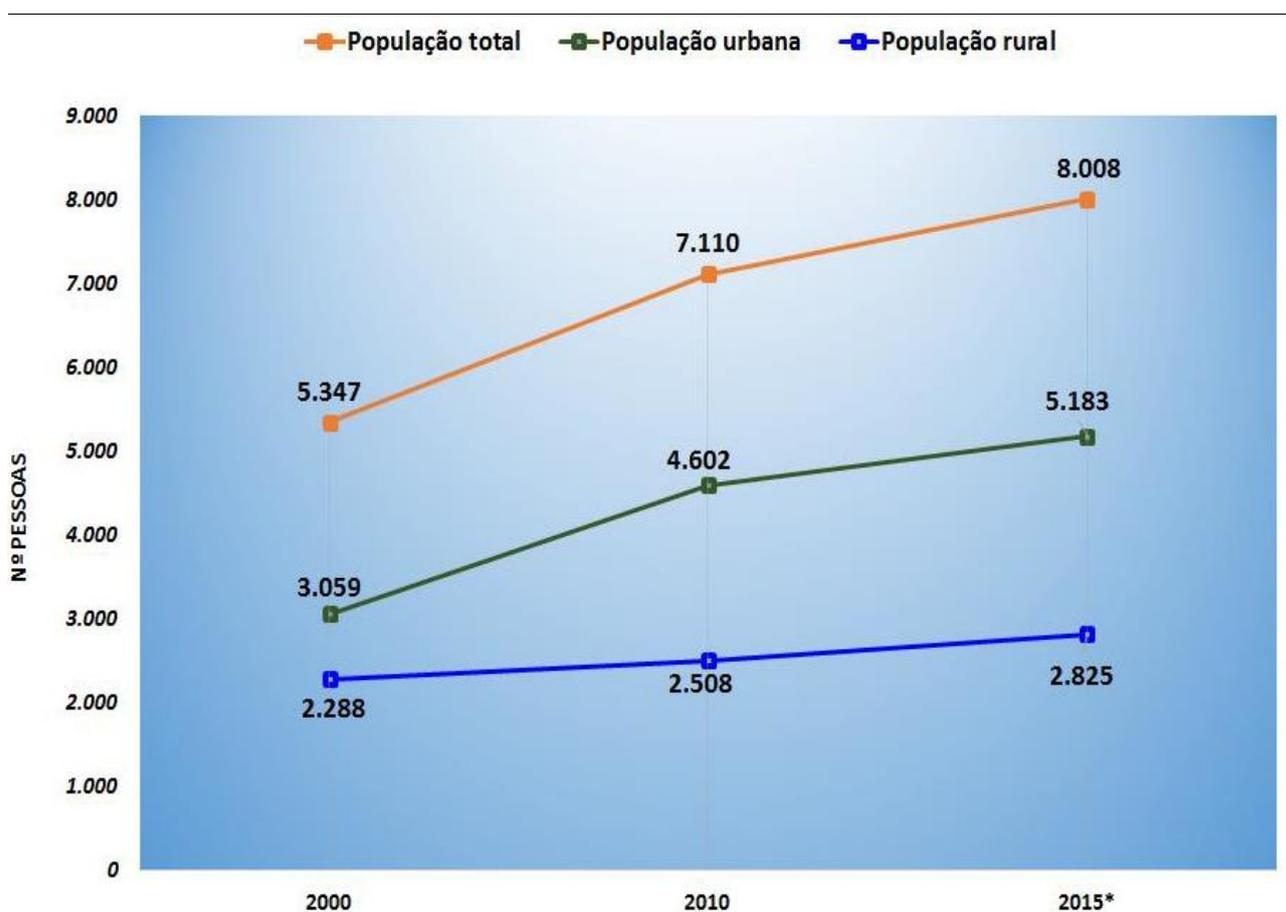
Figura 2. 2– Taxa de urbanização brasileira.



Fonte: GOBBI.

Pode-se observar também esse crescimento devido ao mesmo motivo, no município de Piedade de Caratinga entre o ano de 2000 a 2015, como mostra a figura 2.3.

Figura 2.3– Taxa de urbanização brasileira no município de Piedade de Caratinga.



Fonte: Paula, 2016.

As legislações referentes ao meio ambiente caminham a passos lentos, podemos citar, por exemplo, o afastamento mínimo das construções até o leito dos rios, que foram atualizadas em 2012 pela lei 12.727, cabendo o questionamento: e as construções que foram feitas antes disso? Vê-se que as legislações frente ao uso e ocupação do solo vieram de forma tardia, visto que para remediar os problemas da falta de planejamento seriam quase inviáveis.

Os fatores que mais contribuem para surgimento de erosões e enchentes são: falta da obrigatoriedade de planos diretores para cidades com menos de 50 mil

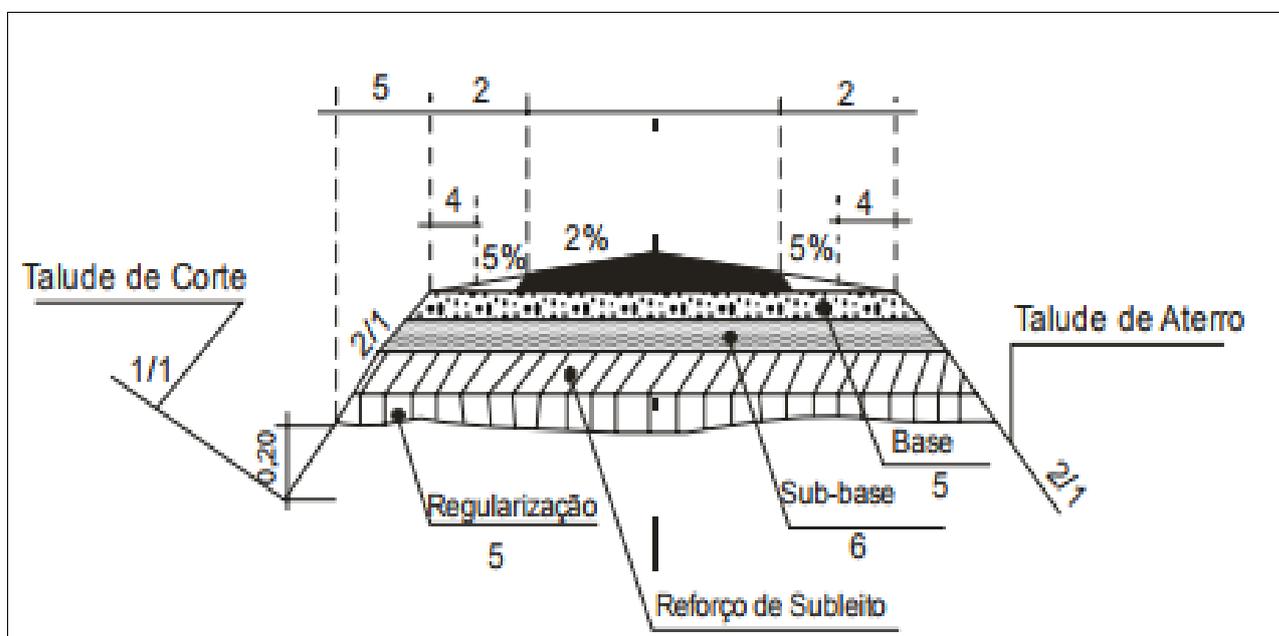
habitantes, ocupação de áreas ambientalmente frágeis, retirada da vegetação e crescente impermeabilização dos solos urbanos (FERREIRA, 2012).

Com a população residente, uma alternativa para mitigação dos problemas é a adoção de políticas públicas, mesmo em cidades que não são obrigadas a elaborar o plano diretor, visando um aumento da qualidade de vida e bem estar da população urbana.

2.5 Pavimentação

Como visto anteriormente, o intenso crescimento urbano vem diminuindo a área permeável assim aumentando áreas impermeáveis, como a pavimentação que gera revestimentos sobre o solo através de camadas como mostra a figura 2.4 (DNIT, 2006).

Figura 2.4– Camadas da seção transversal do pavimento.

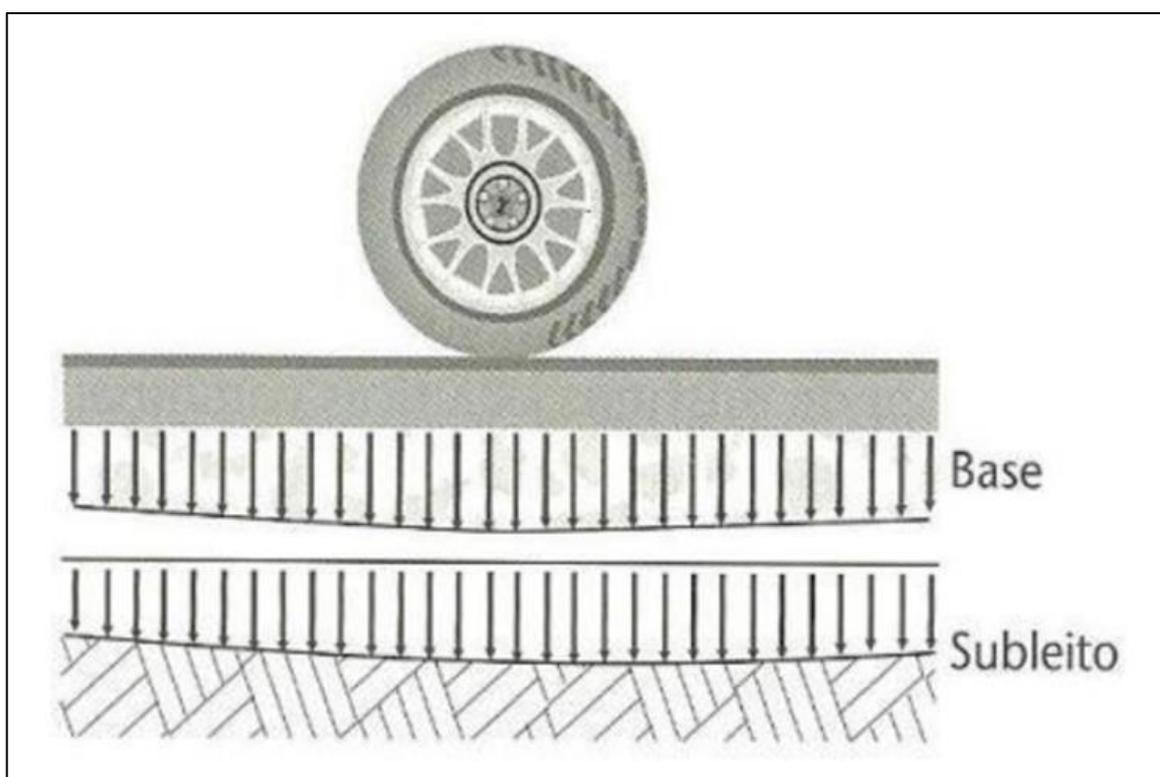


Fonte: DNIT, 2006, pag.106.

2.5.1 Pavimentação rígida

E toda pavimentação onde a rigidez das lajes de concreto armado é muito superior às demais camadas, suportando praticamente todos os esforços de tensões (DNIT, 2006). Como mostra a figura 2.5.

Figura 2.5 – Pavimento rígido – pressões distribuídas.

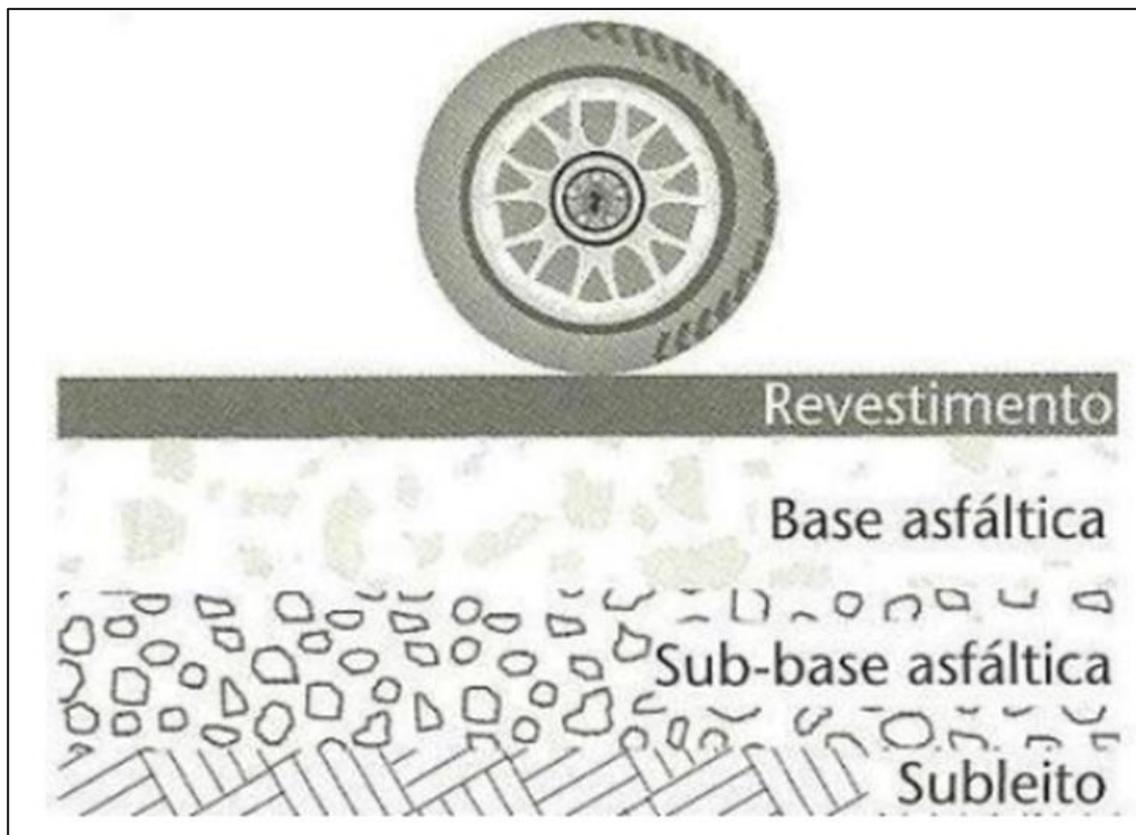


Fonte: (Vasata e Junior, 2013 apud Balbo, 2007,p.26).

2.5.2 Pavimentação semirrígida

O pavimento semirrígido caracteriza-se por uma base cimentada por algum aglutinante com propriedades cimentícias, (DNIT, 2006). Como mostra a figura 2.6.

Figura 2.6 – Camadas principais do revestimento asfáltico.

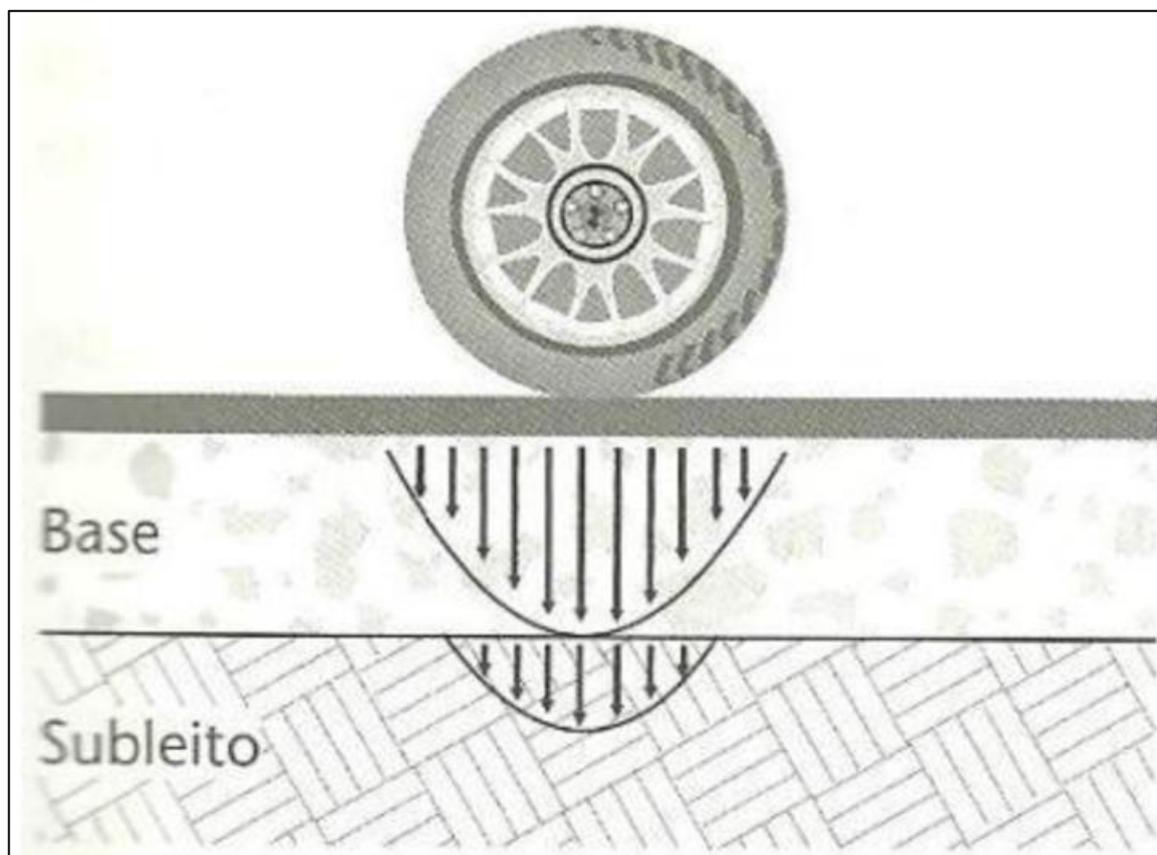


Fonte: (Vasata e Junior, 2013 apud Balbo, 2007,p.27.).

2.5.3 Pavimentação Flexível

É um pavimento que sofre deformação elástica em todas as camadas, devido o carregamento aplicado, o carregamento se distribui em parcelas entre as camadas (DNIT, 2006). Como mostra a figura 2.7.

Figura 2.7 – Pavimento flexível – pressões concentradas.



Fonte: (Vasata e Junior, 2013 apud Balbo, 2007,p.26).

2.5.4 Pavimentação de blocos Intertravados

Esse tipo de pavimento é flexível, composto por camadas de base, sub-base e por um revestimento de peças de concreto Intertravados entre si assentados sobre a camada de areia e suas juntas são preenchidas com o mesmo (NBR 9781, 2013).

Este tipo de pavimentação são redutores de efeitos negativos na urbanização, pois podem prevenir enchentes através de suas características como a retenção da água (MAUS et al, 2007).

2.6 Equação para determinação do tempo de concentração da chuva

O tempo de concentração é o tempo em que a água leva para percorrer toda bacia contribuinte para o escoamento superficial. Segundo Tomaz (2013), a determinação do tempo de concentração pode ser determinada através da equação 2.1 de Kirpich.

$$t_c = 0,019 \times L^{0,77} \div S^{0,385} \quad (2.1)$$

Onde:

t_c = tempo de concentração (min);

L = comprimento do talvegue (m);

S = declividade do talvegue (m/m).

2.7 Equação para determinação da intensidade pluviométrica

A intensidade, que mede o índice de precipitação em determinado espaço de tempo, pode ser calculado pela equação 2.2, apresentada por Heber, 2013.

$$i = \frac{25,9435 \times T^{0,1471}}{(t+16,3)^{0,845718}} \quad (2.2)$$

Onde:

T = 8 ano < T < 100 anos.

t = Tempo de concentração da chuva.

2.8 Equação para a verificação da capacidade de galerias

Vazão superficial é caracterizada, pelo deslocamento da água na superfície da terra para determinação do seu fluxo. A vazão realizada no local (Q_{loc}), segundo Heber (2013) pode ser calculado através da equação 2.3.

$$Q_{loc} = C \times I \times A \quad (2.3)$$

Onde:

Q_{loc} - vazão superficial do local (m^3/s);

C - coeficiente de escoamento superficial;

I - intensidade da chuva (m/s);

A - área de contribuição da bacia.

A vazão pode ser determinar através de uma seção transversal de um conduto livre ou forçado. Para determinação da vazão no tubo (Q_{tubo}), segundo Heber (2013) pode ser calculado através da equação 2.4.

$$Q_{tubo} = 70 \times ((\pi D^2 \div 4) \times (D \div 4)^{2/3} \times \sqrt{I} \quad (2.4)$$

Onde:

D- diâmetro do tubo (m);

I- declividade da tubulação (m/m).

A declividade é a inclinação da superfície do terreno, entre a diferença de altura das cotas da montante e jusante. A declividade do terreno no trecho (St), de acordo com Heber (2013) pode ser definida pela equação 2.5.

$$St = \frac{C_M - C_J}{L} \quad (2.5)$$

Onde:

St - declividade do terreno no trecho;
 cm - cota do terreno no PV a montante (m);
 cj - cota do terreno no PV a jusante (m);
 L - extensão da galeria (m).

A declividade da galeria (m/m) é calculada admitindo-se a equação 2.6 de Heber (2013).

$$Sg = \frac{C_{IM} - C_{IJ}}{L} \quad (2.6)$$

Onde:

Sg - declividade da galeria (m/m);
 cim - cota inferior da galeria montante (m);
 cij - cota inferior da galeria jusante (m);
 L - extensão do trecho (m).

Para Heber (2013) a constante k pode ser calculada em função da vazão, declividade e coeficiente de Manning, para a sua definição usa-se a equação 2.7.

$$K = Q_{tot} \times n \times D^{-\frac{8}{3}} \times SG^{-1/2} \quad (2.7)$$

Onde:

K – constante;
 Q - vazão (m³ /s);
 N- coeficiente de Manning (m^{-1/3}/s);
 d - diâmetro (m);
 sg - declividade (m/m).

Após calcular a o k constante, calcula-se o ângulo central da superfície livre (θ) através da equação 2.8 (HEBER, 2013).

$$\theta = 5915,8 \times k^5 - 5201,2 \times k^4 + 1786,6 \times k^3 - 298,89 \times k^2 + 32,113 \times k + 1,1487 \quad (2.8)$$

Onde:

θ = ângulo central da superfície;

K - constante.

Para Heber (2013) a relação altura-diâmetro (h/d) da lamina d'água, calcula-se através da equação 2.9.

$$\frac{H}{D} = \frac{1}{2} \times \left[1 - \cos\left(\frac{\theta}{2}\right) \right] \quad (2.9)$$

Onde:

θ - ângulo central da superfície.

A área da seção molhada, de acordo com Heber (2013) pode ser definida em função do ângulo central pela equação 2.10.

$$A = d^2 \times \frac{\theta - \text{sen}\theta}{8} \quad (2.10)$$

Onde:

A - área molhada em função do ângulo central;

d – diâmetro;

θ - ângulo central da superfície.

A velocidade pela qual um fluido se desloca pode ser determinada em um dispositivo hidráulico ou conduto aberto ou fechado. Para Heber (2013) a velocidade de escoamento (V) pode ser definida pela equação 2.11.

$$V = \frac{q}{a} \quad (2.11)$$

Onde:

V - velocidade de escoamento;

q - vazão (m^3/s);

a - área molhada (m^2).

Para Heber (2013) o tempo de percurso (t_p), é a relação existente entre dois valores de uma mesma grandeza e a velocidade do escoamento, que pode ser definida pela equação 2.12.

$$t_p = \frac{l}{(v \times 60)} \quad (2.12)$$

Onde:

t_p - tempo de percurso (min);

l - extensão da galeria (m);

v - velocidade de escoamento (m/s).

Após análise da rede existe através dos cálculos realizados para a sua verificação, será realizado o projeto pluvial das ruas ao seu entorno.

3 METODOLOGIA

Para realização deste trabalho, foram feitas pesquisas bibliográficas, de livros, teses, consulta ao órgão público do município (Prefeitura Municipal de Piedade de Caratinga), dissertações, registros fotográficos do local, para assim verificar e estudar consequências devido às deficiências do planejamento, que vem ocorrendo do alagamento na Rua João Sabino de Souza. Então serão baseados critérios através de um estudo preliminar, anteprojeto e o projeto final.

3.1 Estudo preliminar

Primeiro será feito um estudo preliminar, que é a visualização e o planejamento do local, através dele será feito a delimitação da bacia de contribuição, coleta de dados de projetos existentes, levantamento planialtimétrico e dados pluviométricos da área de estudo.

Será analisada a bacia hidrográfica e a delimitação da mesma, para saber a área contribuinte e com demarcação feita através de setas no projeto é possível verificar o direcionamento do escoamento superficial. Com verificação do sistema de drenagem, serão coletados dados existente das ruas ao entorno da Rua João Sabino de Souza.

O levantamento planialtimétrico é a base fundamental para a realização de um projeto, pois ele determinar a inclinação do terreno, através das curvas de níveis.

Através de referências bibliográficas será obtida grande parte dos dados e critérios aqui mencionados.

3.1.1 Anteprojeto

No anteprojeto são incorporados os dados para conduzir e orientar na definição do projeto, através de diretrizes básicas do projeto definitivo de uma obra.

Com o diagnóstico preliminar será feita a organização e obtenção de dados do sistema de drenagem, para assim ser possível analisar a situação atual da Rua João Sabino de Souza.

3.1.2 Projeto final

Nesta fase são relacionados os estudos e projetos que foram desenvolvidas no anteprojeto, assim sendo possível realizar alternativas e novas soluções que sejam encontradas e implementadas, para a melhoria no sistema de drenagem pluvial da Rua João Sabino de Souza.

3.2 Estudo de caso

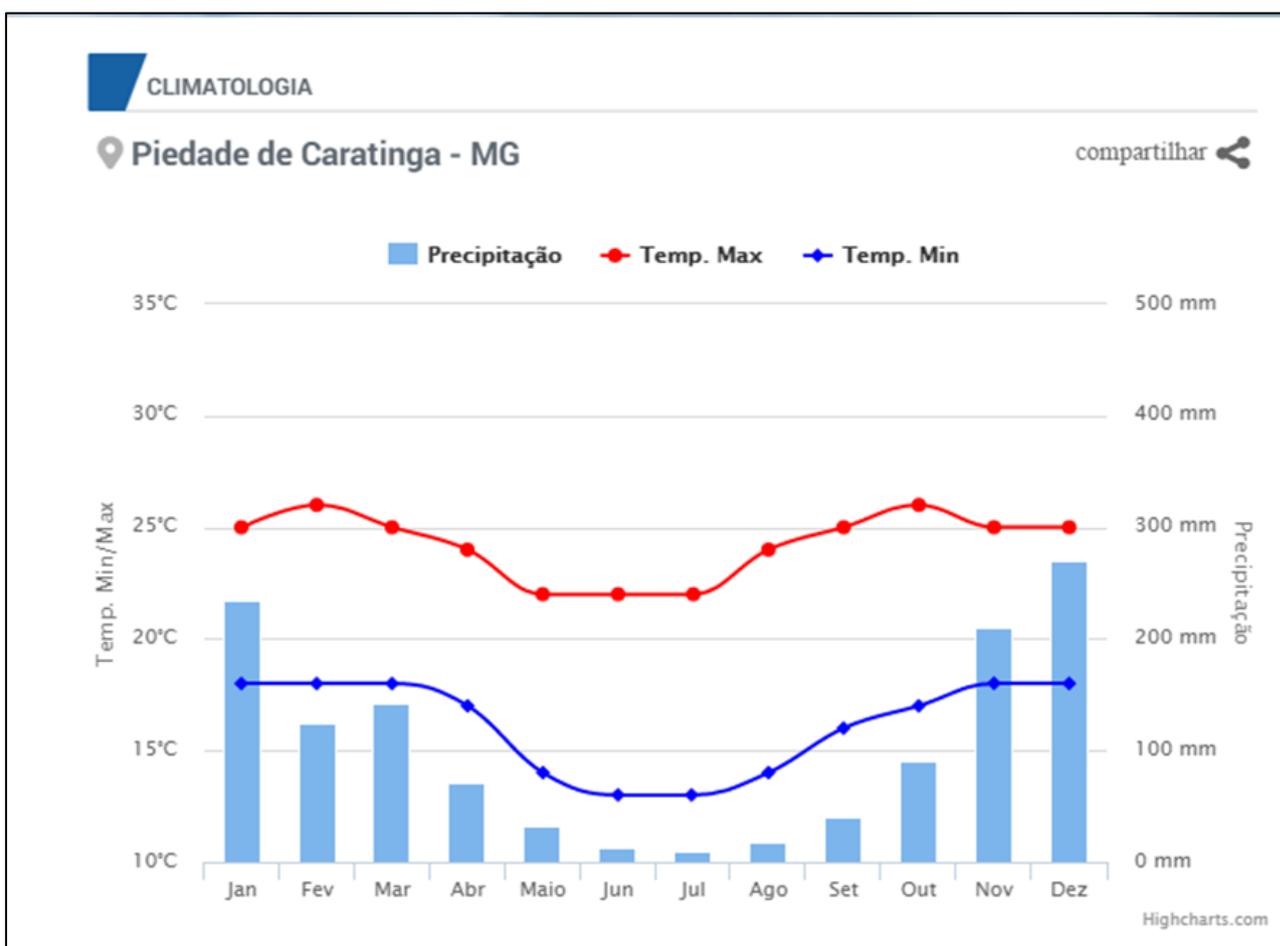
3.2.1 Caracterização do município de Piedade de Caratinga

O histórico apresentado pela Prefeitura Municipal de Piedade de Caratinga conta que o povoado, iniciou através de quatro famílias: José Luiz Soares, Manoel Simão, Francisco Bento e José Simões Ferreira, nesta época o povoado era chamando de Socapó. Após ser inaugurada a primeira Rua Olímpia Rocha de Oliveira e a chegada dos sacerdotes Ordem dos Carmelitas Descalços, construíram o Eremitério São José, nessa época foi ganhada a imagem da Nossa Senhora da Piedade e como o povoado fica próximo ao município de Caratinga assim passou a se chamar Piedade de Caratinga e pelo decreto estadual n 12030 em 21 de dezembro de 1995 a município. O município de Piedade de Caratinga está localizado na região leste, sua área é de 109.22 km² com temperatura média de 20°C a 29° C e altitude de 800 m. A topografia é demarcada por um relevo suave e de fundo vale (IBGE, 2016).

O município de Piedade de Caratinga apresenta características climatológicas que são divididas em duas estações verão que são os meses mais chuvosos e inverno que tem menor período de precipitação. Como mostra a figura 3.1, os dados

obtidos no clima tempo dos índices pluviométricos em gráfico representando os últimos 30 anos é possível observar que os meses mais chuvosos são janeiro e dezembro.

Figura 3. 1– Índice pluviométrico em gráfico de Piedade de Caratinga



Fonte: Clima tempo (2017).

Observa-se também na figura 3.2 os dados pluviométricos e o comportamento da temperatura em tabela ao longo do ano.

Figura 3. 2– Índice pluviométrico em tabela da média de precipitação em Piedade de Caratinga

Mês	Minima (°C)	Máxima (°C)	Precipitação (mm)
Janeiro	18°	25°	235
Fevereiro	18°	26°	124
Março	18°	25°	143
Abril	17°	24°	71
Maiο	14°	22°	32
Junho	13°	22°	13
Julho	13°	22°	10
Agosto	14°	24°	17
Setembro	16°	25°	41
Outubro	17°	26°	90
Novembro	18°	25°	210
Dezembro	18°	25°	271

Fonte: Clima tempo, 2017.

A figura 3.3 mostra um registro fotográfico da Rua João Sabino de Souza, que após um grande escoamento de água, provocou o alagamento no dia 09/12/2014, devido à alta precipitação no mês de dezembro.

Figura 3. 3– Alagamento na Rua João Sabino de Souza no dia 09/12/2014.



Fonte: Super canal, 2014.

3.2.2 Projeto existente

Após visita no local e informação do órgão municipal da cidade, foram levantadas algumas informações, na Rua João Sabino de Sousa, não existe projeto de drenagem pluvial no local, os dispositivos de drenagem da Rua Frei Arcanjo, estão com mau funcionamento, como mostra a figura 3.4 abaixo é possível perceber a grande concentração de lixo na boca de lobo, causando o entupido e obstruindo a passagem de água.

Figura 3.4 – Lixo e falta de manutenção nas bocas de lobo.



Fonte: Próprio autor.

3.2.3 Delimitação da área de estudo

Para obter a contribuição do escoamento superficial na rua João Sabino de Souza delimitou-se as ruas do mesmo, Bráz Nogueira, Frei Arcanjo, Oscár Honoro de Souza, Jatobá, Araucária, Alzira Umbelina de Souza e Olímpia Rocha de Oliveira através do programa google Earth pro, como mostra a figura 3.5.

Figura 3.5– Delimitação da área de estudo .



Fonte: Google Earth Pro, 2017.

3.2.4 Levantamento planialtimétrico

Através do projeto (Anexo A) existente no programa AutoCAD, delimitou-se o levantamento planialtimétrico para um conhecimento detalhado do terreno e seu relevo.

3.2.5 Delimitação da bacia hidrográfica

Delimitou-se a bacia hidrográfica através do sentido de setas da rede pluvial e dos levantamentos topográficos no projeto (Apêndice A) já existe no programa AutoCAD, para assim saber a área de captação natural da água, até se dirigir-se seu escoamento para um único ponto de saída. Como pode se ver a área no (Apêndice A) é menor que 2km², por isso será usado o método racional para a verificação do projeto.

3.2.6 Planilha para o desenvolvimento dos cálculos de águas pluviais

Tabela 1: Planilha de cálculo para galerias de águas pluviais.

Trecho	Ext (m)	Área (m ²)		C	i(mm/min)	Q _{loc} (m ³ /s)	Q _{tot} (m ³ /s)	Q _{tubo} (m ³ /s)	D(mm)	Cota do pv no terreno (m)		St(m/m)
		Trecho	Total							mont.	jus.	
1(*)	1(*)	1(*)				2(*)		2(*)	1(*)	1(*)	1(*)	2(*)

Cota inf. Da galeria (m)		Sg(m/m)	Prof. Galeria(m)		K	θ (rad)	θ (°)	h/d	A(m ²)	V(m/s)	Tp(min)
mont.	jus.		mont.	jus.							
1(*)	1(*)	2(*)	1(*)	1(*)	2(*)	2(*)		2(*)	2(*)	2(*)	2(*)

Fonte: Heber, 2013.

Os itens 1(*) serão preenchidos usando o projeto (Anexo B e Apêndice B). Já os itens 2(*) serão preenchidos através das equações 2.3 a 2.12 para verificação da capacidade das galerias.

Para definição do coeficiente c será usada à tabela 2.

Tabela 2: Valores para a definição do coeficiente C

Natureza da bacia	Coeficiente de Runoff
Telhados	0,70-0,95
Superfícies asfaltadas	0,85-0,90
Superfícies pavimentadas e paralelepípedos	0,75-0,85
Estradas macadamizadas	0,25-0,60
Estradas não pavimentadas	0,15-0,30
Terrenos descampados	0,10-0,30
Parques, jardins, campinas.	0,05-0,20

Fonte: NETTO et al,1998

4 RESULTADOS E DISCUSSÕES

4.1 Verificação da capacidade das galerias existentes

Através do projeto existente retiraram-se os dados para o preenchimento da tabela 1 e obterem-se os resultados da verificação da rede pluvial do loteamento primavera através da tabela 3 e 4. Para obtenção desses resultados, calcularam-se tanto os pvs existentes quando as contribuições de escoamento superficiais das ruas João Sabino de Souza, Oscár Honoro de Souza, Frei Arcajo, Alzira Umbelina de Souza e José Sabino de Souza, para a verificação do diâmetro.

Tabela 3: Resultados obtidos

Trecho	Ext (m)	Área (m ²)		c	i(mm/min)	Q Loc(m ³ /s)	Q Tot(m ³ /s)	Qtubo(m ³ /s)	D(mm)	Cota do PV no terreno (m)		St (m/m)
		Trecho	Total							Mont.	Jus.	
RA PV09-PV10	87,00	3.155,48	3.155,4800	0,85	2,7103243	0,12115863	0,12115863	0,6739	400	847,000	836,000	0,1264
RA PV10-PV11	10,00	125,60	3.281,0800	0,85	2,7103243	0,00482257	0,12598120	1,2494	600	836,000	835,500	0,0500
RA PV11-PV11A	24,00	1.054,31	4.335,3900	0,85	2,7103243	0,04048156	0,16646277	1,9755	600	835,500	832,500	0,1250
RA PV11A-PV11B	20,00	1.784,54	6.119,9300	0,85	2,7103243	0,06851966	0,23498243	2,3374	600	832,500	829,000	0,1750
RA PV11B-PV14	30,00	1.101,33	7.221,2600	0,85	2,7103243	0,04228695	0,27726938	1,5131	600	829,000	826,800	0,0733
RB PV12-PV13	40,00	12.235,3000	12.235,3000	0,85	2,7103243	0,46978977	0,46978977	0,6247	600	827,700	827,000	0,0175
RB PV13-PV14	40,00	952,82	13.188,1200	0,85	2,7103243	0,03658473	0,50637450	0,6247	600	827,000	826,800	0,0050
RB PV14-PV15	45,00	1.454,91	21.864,2900	0,85	2,7103243	0,05586310	0,83950699	1,7814	1000	826,800	825,700	0,0244
RB PV15-PV16	36,00	2.020,31	23.884,6000	0,85	2,7103243	0,07757235	0,91707934	1,6262	1000	825,700	825,500	0,0056
RB PV16-PV17	67,00	5.431,14	29.315,7400	0,85	2,7103243	0,20853547	1,12561481	3,2645	1000	825,500	824,000	0,0224
RB PV17-PVE2	67,00	3.744,80	33.060,5400	0,85	2,7103243	0,14378632	1,26940112	0,8429	1000	824,000	823,900	0,0015
RJ PV19-PVE1	50,00	5.112,74	5.112,74000	0,85	2,7103243	0,19631010	0,19631010	0,2936	400	832,700	831,500	0,0240
RF PVE1-PVE2	74,37	7.716,03	12.828,77	0,85	2,7103243	0,29626670	0,49257680	3,8468	800	831,500	823,900	0,1022
RF PVE2-PVE3	74,51	8.025,02	53.914,33	0,85	2,7103243	0,30813076	2,07010869	0,8817	800	823,900	823,500	0,0054
RF PVE3-PVE4	11,54	619,83	54.534,1600	0,85	2,7103243	0,02379915	2,09390784	2,5048	800	823,000	822,500	0,0433
RO PVE4-PVE5	82,69	6.731,09	61.265,2500	0,85	2,7103243	0,25844869	2,35235653	0,9357	800	822,500	823,500	-0,0121
RO PVE5-PVE6	25,25	0,00	61.265,2500	0,85	2,7103243	0,00000004	2,35235653	3,0702	1000	823,500	823,200	0,0119

Como a área da bacia é constituída em sua maior parte por superfícies asfálticas e casas, o coeficiente a ser usando na planilha será de $c= 0,85$, como mostra a coluna 5.

Para determinação do t_c (min) equação 2.1 usou o seguinte critério abaixo:

- Através da distância do percurso vertical de 25,5 metros dividido pela distância média horizontal de 579,96 metros (dados retirados do apêndice B), obteve-se a declividade (S) de 0,043968 m/m. Com isso o tempo de concentração da chuva (t_c) adotado será 9 minutos.

A intensidade pluviométrica será determinada através da equação 2.2, em que o t será de 9 minutos de concentração da chuva e o período (T) de retorno das chuvas será adotado em 25 anos, como mostra a coluna 6.

A determinação do Q_{tot} (m^3/s) usou-se a intensidade em m^3/s e multiplicou-se pelo coeficiente c de Runoff e a área total, como mostra a coluna 8.

Como mostra a tabela 3, nas colunas 9 e 10 os trechos RA PV11A-PV11B, RB PV17-PVE2, RF PVE1-PVE2, RF PVE2-PVE3, RF PVE3-PVE4 e RO PVE4-PVE5 os diâmetros não atende a vazão, devido alta inclinação de alguns trechos do terreno elevou por causa relação distância atura, quanto a de outros a inclinação esta muito baixa, como mostra na coluna 13.

(Continuação)

Cota inf. Da galeria (m)		Sg (m/m)	Prof. Galeria (m)		k	θ (rad)	θ (°)	h/D	A(m ²)	V (m/s)	tp (min)
mont.	jus.		mont.	jus.							
845,000	834,000	0,1264	2,0000	2,0000	0,05884	2,3092	132,3088	0,2979	0,0314	3,8593	0,3757
834,000	833,500	0,0500	2,0000	2,0000	0,03300	1,9412	111,2225	0,2176	0,0454	2,7746	0,0601
833,500	830,500	0,1250	2,0000	2,0000	0,02758	1,8415	105,5122	0,1974	0,0395	4,2134	0,0949
830,500	827,000	0,1750	2,0000	2,0000	0,03290	1,9395	111,1231	0,2172	0,0453	5,1873	0,0643
827,000	824,800	0,0733	2,0000	2,0000	0,05997	2,3222	133,0545	0,3008	0,0716	3,8714	0,1292
825,000	824,500	0,0125	2,7000	2,5000	0,24611	3,8406	220,0475	0,6712	0,2018	2,3282	0,2863
824,500	824,000	0,0125	2,5000	2,8000	0,26528	4,0007	229,2211	0,7082	0,2141	2,3651	0,2819
824,000	823,700	0,0067	2,8000	2,0000	0,15423	3,1195	178,7365	0,4945	0,3872	2,1682	0,3459
823,700	823,500	0,0056	2,0000	2,0000	0,18456	3,3582	192,4119	0,5541	0,4466	2,0533	0,2922
823,500	822,000	0,0224	2,0000	2,0000	0,11284	2,7985	160,3449	0,4147	0,3078	3,6573	0,3053
822,000	821,900	0,0015	2,0000	2,0000	0,49286	23,4074	1.341,1442	0,1748	3,0494	0,4163	2,6825
830,700	829,500	0,0240	2,0000	2,0000	0,21883	3,6265	207,7856	0,6201	0,0819	2,3983	0,3475
829,500	821,900	0,1022	2,0000	2,0000	0,04191	2,0858	119,5051	0,2481	0,0972	5,0658	0,2447
821,900	821,500	0,0054	2,0000	2,0000	0,76840	431,4040	24.717,6301	0,7410	34,5799	0,0599	20,7441
821,000	820,500	0,0433	2,0000	2,0000	0,27359	4,0763	233,5525	0,7253	0,3905	5,3628	0,0359
820,500	820,000	0,0060	2,0000	3,5000	0,82274	667,1791	38.226,5439	0,0820	53,3009	0,0441	31,2272
820,000	819,500	0,0198	3,5000	3,7000	0,25075	3,8780	222,1935	0,6800	0,5687	4,1363	0,1017

Fonte: Heber, 2013.

Para a definição do ângulo central da superfície $\theta(^{\circ})$, coluna 21 multiplicou-se o valor em radiano $\theta(\text{rad})$ por $180/\pi$ para convertê-lo em graus.

Para padronizar e verificar os resultados usou-se a relação altura-diâmetro entre $0,10 < h/d < 0,85$, e a velocidade $0,75 \text{ m/s} < V < 5 \text{ m/s}$. Analisando a tabela 3, pode se observar que os trechos RA PV11A-PV11B, RF PVE1-PVE2, RF PVE3-PVE4, RO PVE4-PVE5, estão acima da velocidade desejada (V), quando a velocidade da água no interior dos canais é maior que a desejada há um risco de danificar a rede através da abrasão.

Nos trechos RB PV17-PVE, RF PVE2-PVE3 estão abaixo da velocidade desejada (V), assim podendo ocorrer depósito de sedimentos, gerando o entupimento dos canais. O trecho RB PV17-PVE2, RO PVE4-PVE5 estão acima da altura-diâmetro desejada, assim podendo gerar pressões na rede.

4.2 Novos resultados obtidos

Como alguns dos resultados na tabela 3 não atenderam ao parâmetro desejado elaborou-se uma nova tabela 4 para assim padronizar a relação altura-diâmetro e velocidade, por fim serão apresentados os diâmetros necessários. Para a obtenção dos novos diâmetros será necessário à realização de projeto pluvial devido a falta do mesmo em ruas ao entorno do loteamento primavera (Apêndice B).

Tabela 4: Resultados obtidos

Trecho	Ext (m)	Área (m ²)		c	i(mm/min)	Q Loc(m ³ /s)	Q Tot(m ³ /s)	Qtubo(m ³ /s)	D(mm)	Cota do PV no terreno (m)		St (m/m)
		Trecho	Total							Mont.	Jus.	
RA PV09-PV10	87,00	3.155,48	3.155,4800	0,85	2,7103243	0,12115863	0,12115863	0,6739	400	847,000	836,000	0,1264
RA PV10-PV11	10,00	125,60	3.281,0800	0,85	2,7103243	0,00482257	0,12598120	1,2494	600	836,000	835,500	0,0500
RA PV11-PV11A	24,00	1.054,31	4.335,3900	0,85	2,7103243	0,04048156	0,16646277	1,9755	600	835,500	832,500	0,1250
RA PV11A-PV11B	20,00	1.784,54	6.119,9300	0,85	2,7103243	0,06851966	0,23498243	9,1271	1000	832,500	829,000	0,1750
RA PV11B-PV14	30,00	1.101,33	7.221,2600	0,85	2,7103243	0,04228695	0,27726938	1,5131	600	829,000	826,800	0,0733
RB PV12-PV13	40,00	12.235,30	12.235,3000	0,85	2,7103243	0,46978977	0,46978977	0,6247	600	827,700	827,000	0,0175
RB PV13-PV14	40,00	952,82	13.188,1200	0,85	2,7103243	0,03658473	0,50637450	0,6247	600	827,000	826,800	0,0050
RB PV14-PV15	45,00	1.454,91	21.864,2900	0,85	2,7103243	0,05586310	0,83950699	1,7814	1000	826,800	825,700	0,0244
RB PV15-PV16	36,00	2.020,31	23.884,6000	0,85	2,7103243	0,07757235	0,91707934	1,6262	1000	825,700	825,500	0,0056
RB PV16-PV17	67,00	5.431,14	29.315,7400	0,85	2,7103243	0,20853547	1,12561481	3,2645	1000	825,500	824,000	0,0224
RB PV17-PVE2	67,00	3.744,80	33.060,5400	0,85	2,7103243	0,14378632	1,26940112	1,3707	1200	824,000	823,900	0,0015
RJ PV19-PVE1	50,00	5.112,74	5.112,74000	0,85	2,7103243	0,19631010	0,19631010	0,2936	400	832,700	831,500	0,0240
RF PVN01-PVN02	61,91	3.160,14	3.160,14	0,85	2,7103243	0,12133756	0,12133756	0,5109	400	838,600	834,100	0,0727
RF PVN02-PVE1	40,68	1.323,60	4.483,74	0,85	2,7103243	0,05082129	0,17215885	0,4791	400	834,100	831,500	0,0639
RF PVE1-PVN03	14,07	283,60	9.880,08	0,85	2,7103243	0,01088918	0,37935813	26,0081	1500	831,500	829,200	0,1635
RF PVN03-PVE2	60,30	1.466,91	11.346,99	0,85	2,7103243	0,05632386	0,43568199	3,5675	800	829,200	823,900	0,0879
RF PVE2-PVN04	35,06	7.238,35	51.645,88	0,85	2,7103243	0,27792558	1,98300869	1,2853	800	823,900	823,500	0,0114
RF PVN04-PVE3	50,96	7.802,79	59.448,67	0,85	2,7103243	0,29959796	2,28260665	3,5143	1200	823,500	823,000	0,0098
RO PVE3-PVE5	82,69	3.213,70	62.662,3700	0,85	2,7103243	0,12339406	2,40600071	2,7588	1200	822,500	823,500	-0,0121
RO PVE5-PVE6	25,25	0,00	62.662,3700	0,85	2,7103243	0,00000004	2,40600071	3,0702	1000	823,500	823,200	0,0119

Na realização do novo projeto foram acrescentados novos PV, PVE são os PV existentes e o PVN é os PV não existentes, pois no projeto real foram desconsideradas algumas áreas de contribuições.

Fazendo-se uma comparação entre a tabela 3 e 4, pode se observar que o diâmetro do trecho RA PV11A-PV11B, que antes era de 600 mm, passou para 1000 mm, já o trecho RB PV17-PVE2 que antes era de 1000 mm passou a 1200 mm. Na Rua Frei Arcanjo foram acrescentados novos trechos RF PVN1-PVN2 e RF PVN2-PVE1 com diâmetro de 400 mm para atender as ruas José Sabino de Souza e Alzira Umbelina de Souza. Entre o trecho RF PVE1-PVE2 foi acrescentado o PVN3 para atender contribuição da rua Oscar Onório, sendo assim o trecho RF PVE1-PVN03, passou de 800 mm para 1500 mm. No trecho RF PVN3-PVE2 sendo a distância menor o Sg de 0,1022 m/m para 0,0879 m/m com isso o diâmetro de 800 mm atende. Entre o trecho RF PVE2-PVE3 foi acrescentado PVN4 para atender a contribuição da rua João Sabino de Sousa, sendo assim o trecho RF PVE2-PVN4 o diâmetro de 800 mm atende. No trecho RF PVN4-PVE3 passou de 800 mm para 1200 mm. O PVE4 foi excluído por causa da distância entre PVE3-PVE4, sendo que a função dele e só virar a rede. O trecho RF PVE3-PVE5 passou de 800 mm para 1200 mm. No trecho RF PVE5-PVE6 o diâmetro de 1000 mm atende.

(Continuação)

Cota inf. Da galeria (m)		Sg (m/m)	Prof. Galeria (m)		k	θ (rad)	θ (°)	h/D	A(m ²)	V (m/s)	tp (min)
mont.	jus.		mont.	jus.							
845,000	834,000	0,1264	2,0000	2,0000	0,05884	2,3092	132,3088	0,2979	0,0314	3,8593	0,3757
834,000	833,500	0,0500	2,0000	2,0000	0,03300	1,9412	111,2225	0,2176	0,0454	2,7746	0,0601
833,500	830,500	0,1250	2,0000	2,0000	0,02758	1,8415	105,5122	0,1974	0,0395	4,2134	0,0949
830,500	827,000	0,1750	2,0000	2,0000	0,00843	1,3991	80,1625	0,1174	0,0517	4,5429	0,0734
827,000	824,800	0,0733	2,0000	2,0000	0,05997	2,3222	133,0545	0,3008	0,0716	3,8714	0,1292
825,000	824,500	0,0125	2,7000	2,5000	0,24611	3,8406	220,0475	0,6712	0,2018	2,3282	0,2863
824,500	824,000	0,0125	2,5000	2,8000	0,26528	4,0007	229,2211	0,7082	0,2141	2,3651	0,2819
824,000	823,700	0,0067	2,8000	2,0000	0,15423	3,1195	178,7365	0,4945	0,3872	2,1682	0,3459
823,700	823,500	0,0056	2,0000	2,0000	0,18456	3,3582	192,4119	0,5541	0,4466	2,0533	0,2922
823,500	822,000	0,0224	2,0000	2,0000	0,11284	2,7985	160,3449	0,4147	0,3078	3,6573	0,3053
822,000	821,900	0,0015	2,0000	2,0000	0,30309	4,4076	252,5383	0,7958	0,9651	1,3153	0,8490
830,700	829,500	0,0240	2,0000	2,0000	0,21883	3,6265	207,7856	0,6201	0,0819	2,3983	0,3475
836,600	832,100	0,0727	2,0000	2,0000	0,07772	2,5048	143,5173	0,3435	0,0382	3,1759	0,3249
832,100	829,500	0,0639	2,0000	2,0000	0,11760	2,8355	162,4650	0,4238	0,0507	3,3966	0,1996
829,500	827,200	0,1635	2,0000	2,0000	0,00477	1,2954	74,2196	0,1013	0,0937	4,0497	0,0579
827,200	821,900	0,0879	2,0000	2,0000	0,03997	2,0561	117,8074	0,2418	0,0937	4,6483	0,2162
821,900	821,500	0,0114	2,0000	2,0000	0,50492	27,2290	1.560,1053	0,2504	2,1091	0,9402	0,6215
821,500	821,000	0,0098	2,0000	2,0000	0,21257	3,5778	204,9953	0,6082	0,7201	3,1700	0,2679
820,500	820,000	0,0060	2,0000	3,5000	0,28542	4,1947	240,3393	0,7513	0,9115	2,6397	0,5221
820,000	819,500	0,0198	3,5000	3,7000	0,25647	3,9252	224,8949	0,6909	0,5789	4,1564	0,1013

Fonte: Heber, 2013.

Com os novos diâmetros de alguns trechos a velocidade e h/d , ficou dentro do limite esperado, como mostra a coluna 22 e 24.

No apêndice B está o esboço do novo projeto ajustado aos novos diâmetros em que a velocidade e a relação altura-diâmetro na tabela 4 ficaram tudo dentro do seu limite permitido, atendendo as ruas que estavam sendo desconsideradas, e corrigindo os trechos onde os diâmetros não atendia o escoamento superficial.

5 CONCLUSÕES E RECOMENDAÇÕES

5.1 Conclusões

O objetivo inicial deste trabalho era realizar o projeto de drenagem pluvial da rua João Sabino de Souza, onde acontece alagamentos, verificou-se que era pouco para um trabalho acadêmico, observou que deveria verificar o projeto pluvial existente e fazer o projeto de drenagem das ruas ao entorno da rua João Sabino de Souza.

A realidade da drenagem pluvial da maioria das cidades tem demonstrado uma falta muito grande de interesse do poder público em seu planejamento urbano, como o município de Piedade de Caratinga que mostrou carência de documentos.

A drenagem esta associada a vários fatores que interferem na captação das águas pluviais, como o tipo de pavimentação existente no local, através de áreas verdes, reentrâncias de uma superfície, entre outros.

Devido as recorrências de alagamentos na rua João Sabino de Souza, o projeto inicial deste trabalho foi verifica a situação do sistema de drenagem pluvial existente, assim adotado medidas mitigatórias para o controle do escoamento das águas pluviais.

Com este estudo foi possível percebe que em um projeto de drenagem pluvial eficiente é muito importante considerar vários fatores, bem como um projeto bem feito, bem executado e bem monitorado. Pode-se perceber que o projeto existente não considerava algumas contribuições, sem conta que alguns dispositivos estão mau funcionamento, devido ao lixo obstruindo a passagem de água, tornando ineficiente o trecho.

Deste modo, este trabalho no mostra que a drenagem pluvial é ineficiente para o local, que não esta fora do cenário brasileiro, trazendo desconforto para a sociedade ao entorno, pois esses alagamentos deixam lama e sujeira pelas ruas.

Os objetivos deste trabalho foram alcançados, fazendo as mudanças necessárias em alguns trechos e diâmetros, tornando-se eficiente o sistema de drenagem.

É evidente quando se une as partes técnicas com desenvolvimento de leis, trará benefícios futuros, assim tornando a rede de drenagem mais eficiente.

Como sugestão para trabalho futuro, recomenda-se os seguintes pontos:

- Projeto de reservatório, para reutilização de águas pluviais, para fins não potáveis.
- Realizar um estudo com tipos de revestimentos para pavimentação, assim possibilitando o escoamento natural das águas.
- Avaliação do período de retorno, para o aumento da vida útil do projeto.
- Realizar um estudo de projetos de paisagismo para melhor infiltração das águas pluviais.
- Estudo da bacia hidrográfica no município de Piedade de Caratinga.

6 REFERÊNCIAS BIBLIOGRÁFICAS

ASSOCIAÇÃO BRASILEIRA DE NORMAS TÉCNICAS. *NBR: Peças de concreto para pavimentação-Especificação e métodos de ensaio*. Espírito Santo, p. 2, 2013.

BARBOSA, Francisco. *Medidas de proteção e controle de inundações urbanas na bacia do Rio Mamanguape/PB*. 2006. Dissertação (Mestrado em Engenharia Urbana). Universidade Federal da Paraíba, Paraíba, 2006.

BRASIL. Prefeitura Municipal de Piedade de Caratinga-Mg. *Plano municipal de saneamento básico (PMSB) do município de Piedade de Caratinga-MG (2016)*. Relatório Final e Proposição da Minuta de Lei do PMSB. Piedade de Caratinga, 2016. 37 p.

CANHOLI, Aluísio. *Drenagem urbana e controle de enchentes*. 2 ed. São Paulo: Oficina de Textos, 2015. 384p. Disponível em:

<<https://books.google.com.br/books?hl=ptBR&lr=&id=BPAtCQAAQBAJ&oi=fnd&pg=PP25&dq=Drenagem+urbana+e+controle+de+enchentes+&ots=9WkmJmVcb0&sig=8qaL79XTNyijfcTVzueLBAc5fXg#v=onepage&q&f=false>>. Acesso: 26/03/2017.

Clima tempo. *Piedade de Caratinga-MG*. Disponível em:

<<https://www.climatempo.com.br/climatologia/3936/piedadedecaratinga-mg>>.

Acesso: 06/09/2017.

DNIT, Departamento de Nacional de Infraestrutura de Transportes. *Manual de pavimentação*. Diretoria de Planejamento e Pesquisa. Coordenação Geral de Estudos e Pesquisa. Instituto de Pesquisas Rodoviárias. Manual de Implantação Básica de Rodovia. 3 ed. Rio de Janeiro, 2006, pág. 106.

FERREIRA, Carolina. *Rios Urbanos e os processos de transformação da paisagem: uma discussão sobre o ribeirão são Bartolomeu, na cidade de Viçosa, Minas Gerais*. 2012. 42p. Trabalho de conclusão de curso (Graduação em Geografia)-Departamento de Geografia. Universidade federal de Viçosa, Viçosa, 2012.

GOBBI, Leonardo. *Urbanização brasileira*. Disponível em:

<https://www.google.com.br/search?q=ibge&source=lnms&tbn=isch&sa=X&ved=0ahUKEwjN6feK46HUAhVLIJAKHc3VDYQQ_AUICCgD&biw=1366&bih=662#tbn=isch>

&q=ibge+taxa+de+urbaniza\%C3\%A7\%C3\%A3o&imgrc=2F-AVQkIM2JjYM>.

Acesso: 03/06/2017.

IBGE. Censo Demográfico de 2016. *Instituto Brasileiro de Geografia e estatística*. Dados referentes ao Piedade de Caratinga, Minas Gerais, 2016.

MONTES, Rafael; LEITE, Juliana. *A Drenagem Urbana de Águas Pluviais e seus Impactos Cenário Atual da Bacia do Córrego Vaca Brava-Goiânia–GO*. Artigo. Goiânia – GO: Universidade Católica de Goiás, p 1-29, 2008.

Maus, Víctor; Righes, Afranio; Buriol, Galileo. *Pavimentos Permeáveis e Escoamento Superficial da Água em Áreas Urbanas*. Anais do I Simpósio de Recursos Hídricos do Centro Oeste, Cuiabá, Brasil, p 1-8, 2007.

NETTO, Azevedo; FERNANDEZ, Miguel; ARAUJO, Roberto de; ITO, Acácio. *Manual de hidráulica*. 8 ed. São Paulo: Edgard Blucher, 1998, p.544.

PAULA, Heber M. *Drenagem Urbana, 2013*. Disponível em:

<<https://pt.slideshare.net/joseluispradosanchez/aula-8-drenagem-urbana>>. Acesso: 06/06/2017.

SILVA, Fernanda; CARVALHO, José. *Efeitos das precipitações ocorridas em janeiro de 2016 no município de Barreiras-BA*. In: IV Congresso Baiano de Engenharia Sanitária e ambiental, Bahia, Brasil, p. 1-6, 2016.

SILVA, Aucilene; MONTENEGRO, Suzana; ROCHA, Ana. *Instrumentos de gestão para a drenagem urbana na percepção da população do Cabo de Santo Agostinho/PE*. Revista de Geografia, Recife v. 31, N. 3, p.1-17, 2014.

Super canal. *Água e lama invadem casas em Piedade de Caratinga*. 2014. Disponível em:< <http://portal.tvsupercanal.com.br/?p=21248>>. Acesso: 25/08/2017.

TUCCI, Carlos. *Inundações e drenagem urbana: Inundações Urbanas na América do Sul*. Associação Brasileira de Recursos Hídricos. Porto Alegre, 471p. 2003.

TUNDISI, José. *Ciclo hidrológico e gerenciamento integrado: Ciência e Cultura*. Universidade Estadual de Campinas, São Paulo, vol. 55, 2003.

TUCCI, Carlos. *Água no meio urbano*. Instituto de Pesquisas Hidráulicas. Universidade Federal do Rio Grande do Sul. Capítulo 14 do Livro Água Doce, p.1-40, 1997.

TOMAZ, Plínio. *Microdrenagem. Curso de Manejo de águas pluviais*. São Paulo, 2010. p.1-100.

TOMAZ, Plínio. Tempo de concentração. *Curso de Manejo de águas pluviais*. São Paulo, 2013. p.1-39.

VASATA, Ana; JUNIOR, Ildeivan. *Análise comparativa entre sistemas de pavimentação rígida e flexível quanto a sua viabilidade técnica e econômica para aplicação em uma via urbana*. 2013. 105p. Trabalho de conclusão do curso (Graduação em Engenharia Civil). Universidade Tecnológica Federal do Paraná, Pato Branco, 2013.