



**UNIVERSIDADE
ESTADUAL DO
MARANHÃO**

**UNIVERSIDADE ESTADUAL DO MARANHÃO
CENTRO DE CIÊNCIAS TECNOLÓGICAS
CURSO DE ENGENHARIA CIVIL
DEPARTAMENTO DE EXPRESSÕES GRÁFICAS E TRANSPORTES**

AMANDA D' FÁTIMA MENDES SOUSA

**DRENAGEM PLUVIAL URBANA: ESTUDO DE CASO DA SUB BACIA DO
BAIRRO DA CIDADE OPERÁRIA, EM SÃO LUÍS - MA**

**SÃO LUIS – MA
2016**

AMANDA D' FÁTIMA MENDES SOUSA

**DRENAGEM PLUVIAL URBANA: ESTUDO DE CASO DA SUB BACIA DO
BAIRRO DA CIDADE OPERÁRIA, EM SÃO LUÍS - MA**

Monografia apresentada ao Curso de Engenharia Civil da Universidade Estadual do Maranhão como requisito à obtenção de Bacharel em Engenharia Civil.

Orientador: Prof^ª. Dr^ª. Maria Teresinha de Medeiros Coelho

SÃO LUIS – MA
2016

Sousa, Amanda D' Fátima Mendes.

Drenagem Pluvial Urbana: Estudo de Caso da sub bacia do bairro da Cidade Operária, em São Luís - MA / Amanda D' Fátima Mendes Sousa. – São Luís, 2016.

132f.

Monografia (Graduação) – Curso de Engenharia Civil, Universidade Estadual do Maranhão, 2016.

Orientador: Profa. Dra. Maria Teresinha de Medeiros Coelho.

1. Drenagem urbana. 2. Inundações. 3. Dimensionamento. I. Título.

CDU 626.86(812.1)

AMANDA D' FÁTIMA MENDES SOUSA

**DRENAGEM PLUVIAL URBANA: ESTUDO DE CASO DA SUB BACIA DO
BAIRRO DA CIDADE OPERÁRIA, EM SÃO LUÍS - MA**

Monoografia apresentada ao Curso de Engenharia Civil da Universidade Estadual do Maranhão como requisito à obtenção de Bacharel em Engenharia Civil.

Aprovada em: 12/12/2016

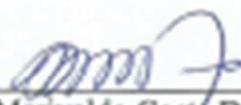
BANCA EXAMINADORA



Prof. Dr. Maria Teresinha de Medeiros Coelho (Orientador)
Doutora em Urbanismo
Universidade Estadual do Maranhão



Prof. Dr. Walter Canales Sant'Ana (1º Examinador)
Doutor em Engenharia de Transportes
Universidade Estadual do Maranhão



Prof. Msc. Marivaldo Costa Duarte (2º Examinador)
Mestre em Planejamento Estratégico
Universidade Estadual do Maranhão

A Deus todo poderoso, ao meu pai Adonias Sousa e minha mãe Álida Maria, com todo meu amor e gratidão, pois através de muito esforço, permitiram que eu chegasse a este momento.

AGRADECIMENTOS

Primeiramente agradeço a Deus pela vida, por ter me dado saúde e força para superar todas as dificuldades vividas durante este período de formação acadêmica.

Agradeço aos meus pais Adonias de Jesus e Álida Maria, pelos ensinamentos, carinho e compreensão, por me mostrarem que o conhecimento é o bem mais valioso do ser humano, por sempre confiarem em mim, por todos os sacrifícios que fizeram para que eu tivesse uma boa educação, muito obrigada por serem pais tão amorosos e dedicados.

À minha irmã Allana D' Paula, por está ao meu lado em todos os momentos, por ser minha melhor amiga e confidente, pelos conselhos e apoio durante a minha graduação.

Ao meu tio Sérgio, que me criou como uma filha, por toda a dedicação e carinho, pela confiança e apoio em todos esses anos que moro em sua casa.

A minha família, em especial minhas tias Ana e Livramento, meu primos João Victor, Ariana e Ricardo, meu avô Abdala e meus priminhos Isabelle e Ricardinho. Muito obrigada por serem sempre carinhosos, atenciosos, presentes em minha vida e confiarem no meu potencial.

A todos os professores que contribuíram diretamente na minha formação acadêmica, em especial a minha orientadora Teresinha Coelho por toda atenção e dedicação.

A empresa MC Engenharia Ltda., ao Anderson Nascimento, Rafael, e Sr. Edimilson, por todos os ensinamentos passados e por conceder materiais imprescindíveis para a realização desta monografia.

Aos meus amigos de curso e futuros colegas de profissão Letícia Oliveira, Márcia Gabriele, Adriana de Sá, Raissa de Paula, Ricardo Corsini e Carolina Lamartine, pela amizade preciosa, pelo convívio intenso durante alguns anos, pelos momentos de alegria e por compartilharem seus conhecimentos. E agradeço aos meus amigos de convívio pessoal em especial a Patrícia Cristina e Renata Ribeiro, por estarem sempre ao meu lado.

E a todos que me ajudaram e apoiaram direta e indiretamente em mais esta jornada, muito obrigada!

“Seja a mudança que você quer ver no mundo”.

Mahatma Gandhi

“Tudo tem o seu tempo determinado, e há tempo para todo propósito debaixo do céu”.

Eclesiastes 3:1

RESUMO

Atualmente, o sistema de Drenagem Urbana ocupa um lugar de destaque nas obras de saneamento básico das cidades brasileiras. O crescimento urbano desordenado nos últimos anos e a consequente impermeabilização de áreas urbanas, atrelados à falta de planejamento urbano nas cidades, intensificaram os problemas referentes às inundações urbanas causando sérios danos a qualidade de vida da população. O Sistema de Drenagem Urbana constitui no escoamento da água pluvial e tem o objetivo de minimizar os riscos que a população está sujeita e diminuir os prejuízos das inundações. Desta forma, o presente trabalho tem a proposta de analisar o sistema de Drenagem Urbana da sub bacia de contribuição do bairro da Cidade Operária que sofreu uma acelerada expansão nos últimos anos, dando origem a inúmeros bairros que atualmente pertencem a bacia de contribuição em estudo, em São Luís – MA. Para isso, foi necessário o estudo da bacia de contribuição hidrográfica, bem como seus parâmetros de escoamento superficial, hidrológicos e topográficos. Por meio de uma pesquisa de campo foi possível caracterizar o sistema de saneamento urbano da área em estudo, bem como analisar o sistema de drenagem existente. Através desses estudos puderam-se diagnosticar as deficiências do sistema de drenagem atual, assim como propor uma adequação ao sistema, com um dimensionamento de uma nova rede de drenagem urbana, já que a existente não atende as necessidades da área, e futuras intervenções sustentáveis a fim de proporcionar uma melhor qualidade de vida à população da área de estudo. Como resultado do dimensionamento obteve-se galerias celulares de concreto, de grande porte, associadas às redes de galerias tubulares, de menor porte. Para a execução das galerias celulares requer de espaço físico, necessitando de desapropriações. Assim, foi proposta uma segunda alternativa onde prevê-se galeria trapezoidal aberta em concreto, implantada em uma área onde também prevê-se maiores áreas de desapropriação, porém contempla uma solução mais sustentável que é a execução e um parque linear, nas laterais da galeria trapezoidal.

PALAVRAS-CHAVE: Drenagem Urbana. Inundações. Dimensionamento.

ABSTRACT

Currently the Urban Drainage system occupies a prominent space in the basic sanitation construction work in Brazilian cities. The disorderly urban growth in the last years and the consequent waterproofing of urban areas, in addition to the lack of urban planning in cities, intensified the problems referring to urban floods, causing severe damage to the population's quality of life. The Urban Drainage System consists of the rain water runoff and has the purpose of minimizing the risks the population is subject to and to reduce the losses due to floods. Thus this work proposes to analyze the Urban Drainage System of the drainage sub-basin of the Cidade Operária neighborhood, which has suffered an accelerated expansion in recent years, originating innumerable neighborhoods that currently belong to the drainage basin being studied, in São Luis, Maranhão. In order to do so, it was necessary to study the drainage basin, as well as its runoff, hydrological and topographic parameters. Through field research it was possible to characterize the Urban Drainage System of the featured area, as well as to analyze the existing drainage system. Using these studies, it was possible to diagnose the disabilities of the existing system, as well as to propose a adaptation to the system, with the design of a new Urban Drainage network, since the existing one doesn't meet the needs of the area, and future sustainable interventions in order to provide a better quality of life to the population of the examined area. As a result, the designed project contained precast concrete culverts, of big capacity, associated to tubular culvert networks, of smaller capacity. The construction of precast culvert needs physical space, requiring land expropriation. Therefore, a second alternative was proposed, which foresees an open-air, trapezoidal concrete culvert system, set in an area where expropriation will also be necessary, but it contemplates a sustainable solution: a linear park around the culvert network.

KEYWORDS: Urban Drainage, Floods, Design, Sizing

LISTA DE ILUSTRAÇÕES

Figura 1 - Representação do ciclo hidrológico	21
Figura 2 - Mapa das Isozonas no Brasil	25
Figura 3 - Pluviômetro “Ville de Paris”	30
Figura 4 - Pluviógrafo do tipo Sifão de Fuess	31
Figura 5 - Plataforma de Coleta de Dados Meteorológicos	32
Figura 6 - Representação de uma Bacia Hidrográfica	39
Figura 7 - Modelo de Guia e Sarjeta.....	43
Figura 8 - Visão Esquemática de um Sarjetão.....	45
Figura 9 - Tipos de Boca de Lobo	45
Figura 10 - Modelo Convencional de Poço de Visita.....	48
Figura 11 - Modelo dos Dispositivos de Drenagem	49
Figura 12 - Locação dos dispositivos de microdrenagem	49
Figura 13 - Canal com revestimento em Concreto	53
Figura 14 - Canal com revestimento vegetal	53
Figura 15 - Canal com revestimento de pedras arrumadas.....	54
Figura 16 - Canal com revestimento em Gabião	54
Figura 17 - Apresentação esquemática dos dispositivos de canalização e reservação ...	59
Figura 18 - Estrutura do Plano Diretor de Drenagem Urbana.....	61
Figura 19 - Visão esquemática da ocupação inadequada nas áreas ribeirinhas.....	64
Figura 20 - Alterações no ciclo hidrológico devido à urbanização	65
Figura 21 - Zoneamento da área de estudo.....	70
Figura 22 - Comparativo da Urbanização nos anos de 2004 e 2016	71
Figura 23 - Pavimentação Asfáltica de Ruas e Avenidas na área em estudo	73
Figura 24 - Sistema de drenagem insuficiente da Avenida Tancredo Neves	73
Figura 25 - Sistemas de Drenagem na área de estudo	74
Figura 26 - Problemas com Inundação na área em estudo	75
Figura 27 - Rede de drenagem sem manutenção e limpeza	75
Figura 28 - Coleta de Resíduos Sólidos da área em estudo.....	76
Figura 29 - Bacias Hidrográficas da Ilha de São Luís.....	77
Figura 30 - Ocupação na margem do canal natural	78
Figura 31 - Desague de um bueiro no canal natural	78
Figura 32 - Fluxograma do dimensionamento dos dispositivos de drenagem	92

Figura 33 - Cotas de soleira das galerias	96
-------------------------------------------------	----

LISTA DE GRÁFICOS

Gráfico 1 - Histograma do Posto São Luís	82
Gráfico 2 - Precipitação Máxima Mensal.....	83
Gráfico 3 - Número de dias com chuvas	84

LISTA DE QUADROS

Quadro 1 - Conceito de Canalização x Conceito de Reservação	58
Quadro 2 - Causas e efeitos da urbanização sobre a bacia metropolitana.....	66
Quadro 3 - Curvas de Precipitação x Duração x Frequência.....	90
Quadro 4 - Curvas de Intensidade x Duração x Frequência	91

LISTA DE TABELAS

Tabela 1 - Valores dos parâmetros a , b , c e β para algumas cidades brasileiras	24
Tabela 2 - Valores do parâmetro α para qualquer local	24
Tabela 3 - Tabela de Gumbel: Fatores de Frequência “k”	27
Tabela 4 - Relação entre as precipitações de 24 horas e as de 1 hora e 6 minutos.....	28
Tabela 5 - Períodos de retorno para diferentes ocupações da área.....	33
Tabela 6 - Valores do coeficiente C por tipo de ocupação.....	34
Tabela 7 - Valores do coeficiente C com base em superfícies	35
Tabela 8 - Valores do coeficiente de rugosidade de Manning	37
Tabela 9 - Fatores de redução de escoamento das sarjetas.....	44
Tabela 10 - Fator de redução do escoamento para bocas de lobo	47
Tabela 11 - Espaçamento dos poços de visita	48
Tabela 12 - Elementos das seções transversais	52
Tabela 13 - Valores do coeficiente “n” de Manning para diversos tipos de canais	55
Tabela 14 - Parâmetros utilizados em canais e/ou seção circular das galerias de águas pluviais	56
Tabela 15 - Medidas Estruturais para o controle das inundações.....	68
Tabela 16 - Informações do posto São Luís	81
Tabela 17 - Precipitação Total Mensal Média.....	81
Tabela 18 – Série Histórica do período de 1980 a 2015 do posto São Luís.....	84
Tabela 19 - Tratamento Estatístico.....	88
Tabela 20 - Precipitações para 1 dia, 24 horas, 1 hora e 6 minutos	89
Tabela 21 - Intensidades para 6 minutos, 1 hora e 24 horas.....	89
Tabela 22 - Resumo dos Resultados da Rede de Drenagem	99

LISTA DE SIGLAS E ABREVIACÕES

ABEPv - Associação Brasileira de estudos Psicanalíticos do Vale

ABRH – Associação Brasileira de Recursos Hídricos

ANA - Agência Nacional de Águas

ASCE– American Society of Civil Engineers

ASSEMAE - Associação Nacional dos Serviços Municipais de Saneamento

BNH – Banco Nacional de Habitação

CEAP – Centro de Ensino Superior do Amapá

CETESB – Companhia Ambiental do Estado de São Paulo

CONFEA – Conselho Federal de Engenharia e Agronomia

CREA – Conselho Regional de Engenharia e Agronomia

CTC – Capacidade de Troca Catiônica

DAEE - Departamento de Águas e Energia Elétrica

DNIT - Departamento Nacional de Infraestrutura de Transportes

INMET – Instituto Nacional de Meteorologia

IPLAN – Instituto de Planejamento

MA - Maranhão

NUGEO – Núcleo Geoambiental

PCD – Plataforma de coletas de dados

PDDU - Plano Diretor de Drenagem Urbana

PV – Poço de Visita

ReCESA - Rede Nacional de Capacitação e Extensão Tecnológica em Saneamento Ambiental

SIG - Sistema de Informação Geográfica

Tr – Período de Retorno

UEMA – Universidade Estadual do Maranhão

UFMG – Universidade Federal de Minas Gerais

UFRGS – Universidade Federal do Rio Grande do Sul

ZR4 – Zona Residencial 4

SUMÁRIO

1	INTRODUÇÃO.....	17
1.1	OBJETIVOS.....	18
1.1.1	Objetivo Geral.....	18
1.1.2	Objetivos Específicos	18
1.2	JUSTIFICATIVA.....	18
1.3	METODOLOGIA	19
2	REFERENCIAL TEÓRICO	20
2.1	HIDROLOGIA.....	20
2.1.1	Ciclo Hidrológico	20
2.1.2	Precipitação	22
2.1.2.1	Determinação da Precipitação Máxima.....	23
2.1.3	Pluviometria e Medição de Chuva.....	28
2.1.4	Período de Retorno	32
2.1.5	Escoamento Superficial	33
2.1.6	Tempo de Concentração.....	35
2.1.7	Bacia de Contribuição Hidrográfica	38
2.1.8	Método de Previsão de Vazão	40
2.2	DRENAGEM URBANA	41
2.2.1	Sistema Tradicional de Drenagem Urbana	42
2.2.1.1	Sistema de Microdrenagem	42
2.2.1.2	Sistema de Macrodrenagem.....	50
2.2.1.2.1	<i>Canais.....</i>	<i>51</i>
2.2.2	Sistema de Drenagem Sustentável.....	56
2.2.3	Sistema de Drenagem Tradicional x Sistema de Drenagem Sustentável	58
2.2.4	Planejamento em Drenagem Urbana	59
2.2.4.1	Plano Diretor de Drenagem Urbana	60

2.3	INUNDAÇÕES URBANAS	63
2.3.1	Impactos devido à Urbanização.....	64
2.3.2	Medidas de Controle das Inundações	67
3	ÁREA DE ESTUDO	70
3.1	CARACTERIZAÇÃO DA ÁREA.....	70
3.1.1	Pesquisa de Campo	72
3.1.2	Geologia e Geomorfologia	76
3.1.3	Hidrologia	77
3.1.4	Topografia	79
4	METODOLOGIA.....	80
4.1	TIPO DE PESQUISA.....	80
4.2	COLETA E ANÁLISE DE DADOS.....	80
4.3	ESTUDOS HIDROLÓGICOS	80
4.3.1	Coleta de Dados.....	81
4.3.2	Determinação da Precipitação Máxima.....	83
4.4	DIMENSIONAMENTO DAS GALERIAS DE ÁGUAS PLUVIAIS	92
5	RESULTADOS E DISCUSSÕES.....	97
6	CONSIDERAÇÕES FINAIS.....	103
	REFERÊNCIAS BIBLIOGRÁFICAS.....	105
	APÊNDICE A – FORMULÁRIO UTILIZADO NA PESQUISA DE CAMPO	110
	APÊNDICE B: PLANILHA DE DIMENSIONAMENTO DA REDE DE GALERIA DA PRIMEIRA ALTERNATIVA.....	111
	APÊNDICE C: PLANILHA DE DIMENSIONAMENTO DA REDE DE GALERIA DA SEGUNDA ALTERNATIVA.....	120
	MAPA 1 – PLANTA DE DELIMITAÇÃO DAS BACIAS DE CONTRIBUIÇÃO HIDROGRÁFICA	129
	MAPA 2 – MAPA HIPSOMÉTRICO DA BACIA DE CONTRIBUIÇÃO HIDROGRÁFICA	130

MAPA 3 – PLANTA DE DRENAGEM DA ALTERNATIVA 1	131
MAPA 4 – PLANTA DE DRENAGEM DA ALTERNATIVA 2	132

1 INTRODUÇÃO

O processo de urbanização acelerado tem produzido um impacto significativo no sistema de drenagem urbana de São Luís. De acordo com Tucci e Bertoni (2003), o desenvolvimento urbano altera a cobertura vegetal provocando alterações no ciclo hidrológico natural. Com a impermeabilização do solo, a água que antes infiltrava, passa a escoar pelos condutos, aumentando assim seu escoamento superficial, exigindo uma maior capacidade de escoamento das seções dos dispositivos de drenagem.

Além da impermeabilização do solo, outros fatores são responsáveis pelo aumento da ocorrência de inundações urbanas, como: a ocupação imprópria das áreas de várzeas, situadas as margens dos rios e canais; a falta de consciência ambiental da população que descartam o lixo em locais errados, que acabam sendo arrastados pela chuva e consequentemente obstruindo os dispositivos de drenagem; e a deficiência das redes de drenagem existentes.

A drenagem urbana tem o objetivo de canalizar as águas pluviais para evitar os danos causados pelas inundações. Para isso é fundamental a realização de um Plano Diretor de Drenagem Urbana (PDDU), assim como medidas de correção e prevenção que são classificadas em medidas estruturais, correspondentes às obras de canalização, e as medidas não estruturais, referentes às normas e regulamentos que visam um disciplinamento do uso do solo e conscientização da sociedade quanto à importância da manutenção dos dispositivos de drenagem existentes.

O referente trabalho é voltado para o estudo de caso da sub bacia de contribuição hidrográfica do bairro da Cidade Operária e de bairros limítrofes pertencentes a sub bacia em estudo, situados na cidade de São Luís – MA. A urbanização deste bairro cresceu de forma acelerada e desordenada nos últimos anos, atrelada juntamente com uma falta de planejamento urbano municipal para o manejo de águas pluviais.

O trabalho está dividido em 5 capítulos, incluindo esta introdução. No primeiro é abordado os objetivos gerais e específicos, a metodologia utilizada para realização deste trabalho e uma justificativa ou relevância do estudo. No segundo capítulo, é apresentada uma fundamentação teórica, focando nos conceitos que serão necessários para a compreensão do problema apresentado. O terceiro trata de um descritivo da caracterização da bacia em estudo. O quarto capítulo mostra a metodologia utilizada no trabalho, explicando como foram adquiridos os dados utilizados para o dimensionamento dos dispositivos de drenagem. No

quinto capítulo são apresentados os resultados do dimensionamento da macrodrenagem e a discussão dos valores encontrados. Por fim o sexto capítulo faz uma consideração geral do trabalho apresentado.

1.1 OBJETIVOS

1.1.1 Objetivo Geral

Analisar o sistema de drenagem pluvial urbana na sub bacia do bairro da Cidade Operária, localizada na cidade de São Luís – MA.

1.1.2 Objetivos Específicos

- a) Analisar os parâmetros de escoamento superficial da sub bacia;
- b) Estudar e analisar a bacia de contribuição e os respectivos dados pluviométricos da cidade de São Luís;
- c) Dimensionar e propor uma adequação ao sistema de drenagem da área de estudo.

1.2 JUSTIFICATIVA

O estudo do sistema de drenagem pluvial urbana é o principal meio para diminuir os danos causados pelas chuvas na cidade de São Luís. Sem um sistema de drenagem eficiente, as chuvas podem causar sérios danos à população como: erosão, alagamentos, aumento da transmissão de doenças e problemas na pavimentação.

A área de estudo escolhida foi à sub bacia do bairro da Cidade Operária, que devido ao seu crescimento populacional e a falta de um planejamento urbano municipal para o manejo de águas pluviais sofre constantemente com o aumento do escoamento superficial, impermeabilização do solo e os danos causados pela chuva. Portanto, um estudo abrangente da sub bacia, identificando os seus parâmetros de escoamento superficial, analisando suas áreas de contribuição e seus respectivos dados hidrológicos, bem como a ineficiência do sistema de drenagem pluvial existente, a fim de propor uma adequação e futuras intervenções ao sistema de drenagem urbana da área em estudo.

1.3 METODOLOGIA

O trabalho será realizado como uma pesquisa analítico-explicativa que irá analisar e estudar os problemas de drenagem pluvial existentes na sub bacia do bairro da Cidade Operária. Do ponto de vista dos procedimentos técnicos este trabalho se enquadra em um estudo de caso já que visa analisar as possíveis causas desse fenômeno e propor uma solução e futuras intervenções no sistema de drenagem da área de estudo.

O desenvolvimento desse estudo fundamenta-se em levantamentos de informações técnicas através de artigos, livros, dissertações, teses, normas técnicas, manuais e sites que discorrem sobre o tema proposto.

A coleta de dados será a partir do reconhecimento da área de estudo, por meio de visitas no local e análise dos levantamentos planialtimétricos existentes, dados pluviométricos da cidade de São Luís, dados hidrológicos e físicos da bacia de contribuição.

Para análise dos dados pluviométricos e determinação das intensidades de precipitação será utilizado o Método das Isozonas do posto pluviométrico de São Luís, de acordo com o método do Jaime Taborga Torrico. Para o dimensionamento da vazão de projeto será utilizado o método racional que irá correlacionar as intensidades das precipitações com as características do escoamento superficial e o dimensionamento da vazão dos dispositivos de drenagem será baseado na equação hidráulica de Manning.

2 REFERENCIAL TEÓRICO

2.1 HIDROLOGIA

Hidrologia é a ciência que trata da água na Terra, sua ocorrência, circulação e distribuição, suas propriedades físicas e químicas, e sua reação com o meio ambiente, incluindo sua relação com as formas vivas (U.S. FEDERAL COUNCIL FOR SCIENCE AND TECHNOLOGY, citado por CHOW, 1959 apud TUCCI, 2007).

Para Pinto (2014), sua importância é compreensível quando se considera o papel da água na vida humana. Ainda que os fenômenos hidrológicos mais comuns, como as chuvas e o escoamento dos rios, possam parecer conhecidos devido a sua regularidade, basta lembrar os efeitos catastróficos das grandes cheias e estiagens para constatar o inadequado domínio do homem sobre as leis naturais e a necessidade de se aprofundar o seu conhecimento.

Para estudo da drenagem pluvial urbana é fundamental a análise de alguns parâmetros e grandezas hidrológicas que interferem no escoamento superficial, necessários para o dimensionamento das obras. As grandezas mais significativas são: a precipitação, pluviometria e medição de chuvas, período de retorno, escoamento superficial, tempo de concentração, bacia de contribuição hidrográfica e vazão, abordados a seguir.

2.1.1 Ciclo Hidrológico

O comportamento natural da água quanto as suas ocorrências, transformações e relações com a vida humana é bem caracterizado através do conceito de ciclo hidrológico (VILLELA e MATTOS, 1975).

Segundo Silveira (2007), o ciclo hidrológico é o fenômeno global de circulação fechada da água entre a superfície terrestre e a atmosfera, impulsionado fundamentalmente pela energia solar associada à gravidade e à rotação terrestre.

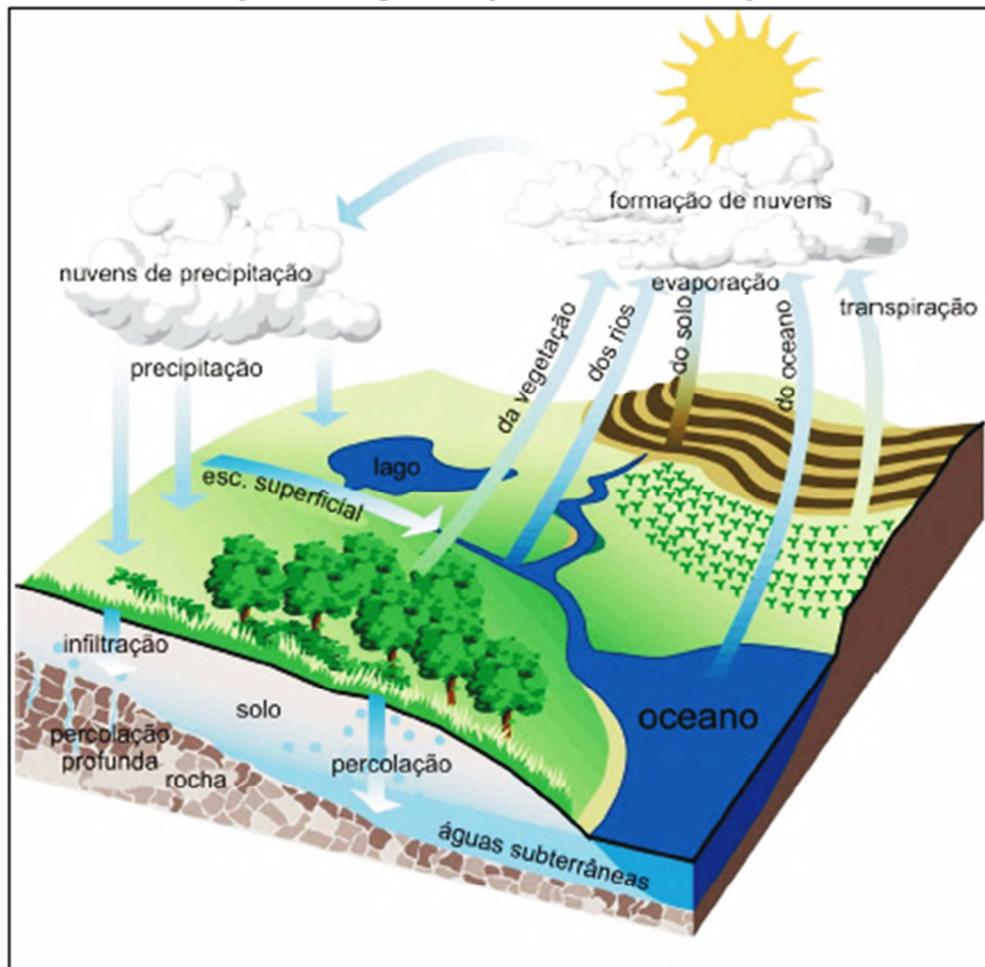
O ciclo hidrológico (Figura 1) promove uma movimentação contínua da água. Pode-se começar a descrevê-lo a partir do vapor de água presente na atmosfera que, sob determinadas condições meteorológicas, condensa-se, formando microgotículas de água que se mantêm em suspensão no ar devido à turbulência natural. O vapor condensado forma as nuvens que por sua vez podem resultar em precipitação (SILVEIRA, 2007).

A água que atinge o solo segue diversos caminhos. O solo é considerado um meio poroso, na qual há infiltração de toda a precipitação, enquanto a sua superfície não se satura. A partir do momento da saturação superficial, à medida que o solo vai sendo saturado a maiores profundidades, há infiltração decresce até uma taxa residual, com o excesso não infiltrado da precipitação gera-se o escoamento superficial (SILVEIRA, 2007).

Inicialmente são preenchidas as depressões do terreno e em seguida inicia-se o escoamento propriamente dito, procurando, naturalmente, a água os canais naturais, que vão se concentrando nos vales principais, formando o curso dos rios, para finalmente dirigirem-se aos grandes volumes de água constituídos pelos mares, lagos e oceanos (PINTO, 2014).

Os vegetais para sobreviverem absorvem a umidade do solo realimentada pela infiltração e a devolvem, quase toda, à atmosfera por transpiração, sob a forma de vapor de água. O que os vegetais não aproveitam percola para o lençol freático que normalmente contribui para o escoamento de base dos rios (SILVEIRA, 2007).

Figura 1 - Representação do ciclo hidrológico



Fonte: Paz (2004)

O autor complementa que em qualquer tempo e local por onde circula a água na superfície terrestre, seja nos continentes ou nos oceanos, há evaporação para a atmosfera, fenômeno que fecha o ciclo hidrológico ora descrito.

2.1.2 Precipitação

Tucci e Bertoni (2007) entendem precipitação como toda forma de água proveniente do meio atmosférico que atinge a superfície terrestre, como por exemplo, neblina, chuva, granizo, saraiva, orvalho, geada e neve. O que diferencia as várias formas de precipitação é o estado em que a água se encontra.

Para Holtz (2014), a formação das precipitações está ligada à ascensão das massas de ar, que pode ser devida aos fatores de convecção térmica, relevo e ação frontal das massas. Essa ascensão do ar provoca um resfriamento que pode fazê-lo atingir seu ponto de saturação, ao que se seguirá a condensação do vapor de água em forma de minúsculas gotas que são mantidas em suspensão, como nuvens ou nevoeiros.

Para ocorrer precipitação é necessário que as gotas cresçam até atingirem um volume tal que seu peso seja superior às forças que as mantêm em suspensão, adquirindo, então, uma velocidade de queda superior às componentes verticais ascendentes dos movimentos atmosféricos (TUCCI e BERTONI, 2007).

As precipitações são classificadas conforme os mecanismos responsáveis pela ascensão de massas de ar.

As precipitações convectivas ocorrem com frequência em regiões tropicais. O aquecimento desigual da superfície terrestre provoca o aparecimento de camadas de ar com densidades diferentes, o que gera uma estratificação térmica da atmosfera em equilíbrio instável. A quebra deste equilíbrio provoca uma ascensão brusca e violenta do ar menos denso, capaz de atingir grandes altitudes. Essas precipitações são intensas e com curta duração, cobrindo pequenas áreas (VILLELA e MATTOS, 1975).

Tucci e Bertoni (2007) classificam as precipitações em frontais ou ciclônicas quando estas decorrem da interação de massas de ar quentes e frias. Nas regiões de convergência na atmosfera, o ar mais quente e úmido sofre ascensão, resultando no resfriamento e na condensação do vapor de água, de forma a produzir chuvas. São caracterizadas por serem de longa duração, atingindo grandes áreas com intensidade média, podendo produzir cheias em grandes bacias.

As precipitações orográficas são consequência de ventos úmidos que se deslocam verticalmente devido a obstáculos naturais, tais como montanhas. São chuvas de pequena intensidade e de grande duração, que cobrem pequenas áreas. Quando os ventos conseguem ultrapassar as barreiras montanhosas, normalmente no lado oposto projeta-se a sombra pluviométrica caracterizando as áreas como secas ou semiáridas, devido aos baixos índices de precipitação (TUCCI e BERTONI, 2007).

2.1.2.1 Determinação da Precipitação Máxima

Para Zahed Filho e Marcellini (1995), as chuvas cujas intensidades ultrapassam um determinado valor mínimo são definidas como chuvas intensas ou precipitações máximas. Os autores caracterizam a precipitação máxima através das relações intensidade-duração-frequência que são obtidas através de uma série de dados de chuvas intensas, suficientemente longas e representativas do local de interesse.

As chuvas de intensidade-duração-frequência podem ser definidas de acordo com:

a) Método de Otto Pfafstetter

A equação dada por Otto Pfafstetter (1982 apud ZAHED FILHO e MARCELLINI, 1995) que realizou um amplo trabalho para diferentes regiões brasileiras, analisando 98 postos de serviços de meteorologia federal. A equação de precipitação de projeto seria dada pela expressão 1:

$$P = R [at + b \log(1 + ct)] \quad (1)$$

Onde:

P = Precipitação total máxima em mm;

R = Fator associado a um período de retorno;

t = Duração de precipitação em horas;

a, b, c = Parâmetros específicos do local.

Os valores de a, b, c e β para algumas cidades brasileiras são apresentados na Tabela 1.

Para Zahed Filho e Marcellini (1995), o fator R pode ser calculado pela expressão 2:

$$R = T^{(\alpha + \frac{\beta}{T^{0,25}})} \quad (2)$$

Onde:

T = Período de retorno em anos;

α = Parâmetro que depende da duração;

β = Parâmetro que depende da duração e do local.

A Tabela 2 apresenta os valores de α para qualquer local, em função do tempo de duração.

Tabela 1 - Valores dos parâmetros **a**, **b**, **c** e **β** para algumas cidades brasileiras

LOCAL	a	b	c	β			
				5 min	15 min	30 min	> 1h
Barra do Corda - MA	0,1	28	20	-0,08	0,04	0,08	0,12
Caxias - RS	0,2	33	20	0,12	0,12	0,12	0,12
São Luís - MA	0,4	42	10	-0,08	0,00	0,00	0,08
Turiação - MA	0,6	30	20	0,04	0,04	0,04	0,04
Belo Horizonte - MG	0,6	26	20	0,12	0,12	0,12	0,04
Natal - RN	0,7	23	20	-0,08	0,00	0,08	0,12

Fonte: Pfastetter (1982, apud COELHO, 2015)

Tabela 2 - Valores do parâmetro **α** para qualquer local

DURAÇÃO	α
5 min	0,108
15 min	0,122
30 min	0,138
1h	0,156
2h	0,166
4h	0,174
8h	0,176
14h	0,174
24h	0,17
48h	0,166
3d	0,16

Fonte: Pfastetter (1982, apud COELHO, 2015)

b) Método das Isozonas

O método das Isozonas baseia-se na observação feita pelo engenheiro José Jaime Taborga Torrico que ao desenhar, em um papel de Hershfield e Wilson, as precipitações de 24 horas e 1 hora de diferentes estações pluviográficas do Brasil, constatou que prolongando-se as respectivas retas de altura de precipitação/duração, estas tendem a cortar o eixo das abscissas em um mesmo ponto, para determinadas áreas geográficas. Cada região que apresentava esta característica era classificada como uma Isozona (TORRICO, 1974).

Para Torrico (1974) esta tendência significa que, em cada área homóloga, a relação entre as precipitações de 1 e 24 horas, para um mesmo tempo de recorrência, é constante e independe das alturas de precipitações.

O mapa do Brasil possui 08 Isozonas (Figura 2) intituladas em A, B, C, D, E, F, G, H. Para Torrico (1975) possuem as seguintes características:

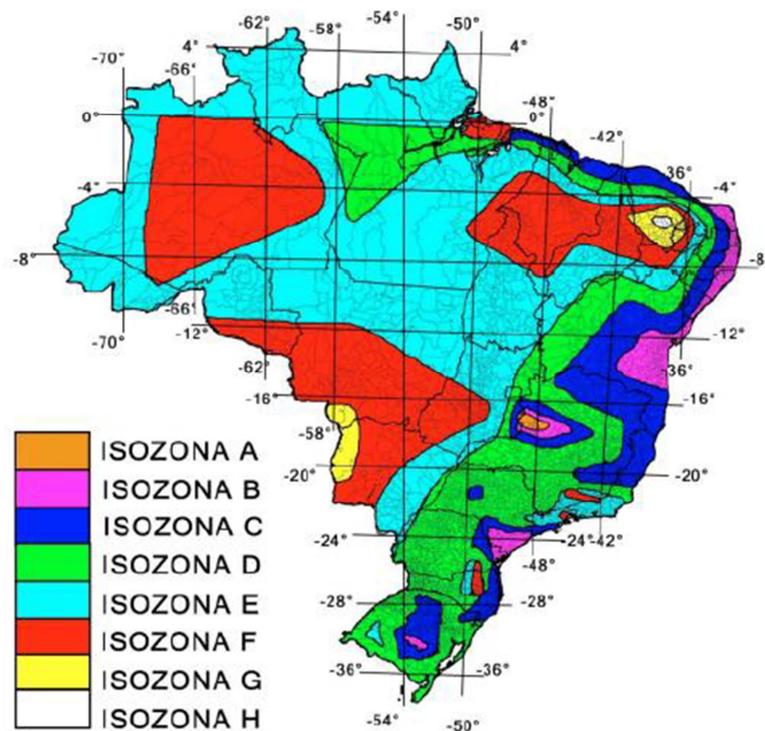
As isozonas B e C tipificam a zona de influência marítima, com coeficiente de intensidades suaves.

As isozonas E e F tipificam as zonas continental e do noroeste, com coeficientes de intensidade altos.

As isozonas D tipificam as zonas de transição (entre continental e marítima) e se prolonga, caracterizando a zona de influencia do Rio Amazonas. Tipificam a zona da caatinga nordestina. Com coeficientes de intensidade muito altos.

A zona A coincide com a zona de maior precipitação anual do Brasil, com coeficientes de intensidade baixos.

Figura 2 - Mapa das Isozonas no Brasil



Fonte: Santos (2015)

Com este método é possível estimar precipitações com durações inferiores a 24 horas conforme as relações contidas na Tabela 4, que variam de acordo com o tempo de retorno e o tipo de Isozona.

Para correlacionar as precipitações nas estações pluviométricas com as isozonas, deduzidas das estações pluviográficas, determinou-se a relação 24 horas / 1 dia, para o tempo de recorrência base de um ano. O coeficiente de conversão de uma chuva de 1 dia para 24 horas é de 1,095 e um desvio padrão de $\pm 6,6\%$ (TORRICO, 1975).

A metodologia do método desenvolvido pelo autor será descrita a seguir:

- a) Compilam-se os dados das máximas chuvas diárias, para cada ano, dos postos pluviométricos da região a ser estudada.
- b) Calcula-se, para cada posto, a chuva de um dia, no tempo de recorrência previsto, para este cálculo utiliza-se de métodos estatísticos. A análise estatística do trabalho foi feita aplicando-se o método de Chow-Gumbel.
- c) Determina-se a média ponderada e o desvio padrão das máximas chuvas diárias de cada posto, para o tempo de recorrência previsto, utilizando as expressões 3 e 4, respectivamente:

$$P_{med} = \frac{\sum_i^m P_i}{m} \quad (3)$$

Onde:

P_{med} = Precipitação média das precipitações máximas durante o período observado (mm);

P_i = Precipitação máxima, de ordem i até a ordem n , em mm;

m = Número total de observações.

$$\sigma = \sqrt{\frac{\sum_i^m (P_i - P_{med})^2}{m-1}} \quad (4)$$

Onde:

σ = Desvio Padrão das amostras;

E a probabilidade deste evento ocorrer é expressa pela expressão 5:

$$Tr = \frac{1}{F} \quad (5)$$

Onde:

Tr = Tempo de recorrência (probabilidade de ocorrência de um evento);

F = Frequência de ocorrência do evento, definido pela expressão 6:

$$F = \frac{n}{m+1} \quad (6)$$

Onde:

n = Número de ordem de cada precipitação;

m = Numero total de anos observados.

Para determinação das precipitações para chuvas de 1 dia de duração, foi utilizada a expressão 7, de Ven Te Chow:

$$P = P_{med} + \sigma k \quad (7)$$

Onde:

P = Precipitação máxima diária, dada em mm;

P_{med} = Precipitação média, dada em mm;

σ = Desvio Padrão das amostras;

k = Fator de frequência do número de anos de observação, em função do tempo de recorrência. Os valores de k são obtidos na Tabela 3.

Tabela 3 - Tabela de Gumbel: Fatores de Frequência “k”

TABELA DE GUMBEL- FATORES DE FREQUÊNCIA (k)						
n/Tr	PERÍODO DE RECORRÊNCIA (Tr anos)					
	5	10	15	25	50	100
10	1,06	1,85	2,29	2,85	3,59	4,32
11	1,03	1,81	2,24	2,79	3,52	4,24
12	1,01	1,78	2,20	2,74	3,46	4,17
13	1,00	1,75	2,17	2,67	3,41	4,11
14	0,98	1,72	2,14	2,66	3,36	4,05
15	0,97	1,70	2,11	2,63	3,32	4,01
16	0,96	1,68	2,09	2,60	3,28	3,96
17	0,94	1,66	2,07	2,58	3,25	3,92
18	0,93	1,65	2,05	2,55	3,22	3,89
19	0,93	1,64	2,03	2,53	3,20	3,86
20	0,92	1,63	2,02	2,52	3,18	3,84
21	0,91	1,61	2,00	2,50	3,16	3,81
22	0,91	1,60	1,99	2,48	3,14	3,79
23	0,90	1,59	1,98	2,47	3,12	3,77
24	0,89	1,58	1,97	2,46	3,10	3,75
25	0,89	1,58	1,96	2,44	3,09	3,73
26	0,88	1,57	1,95	2,43	3,07	3,71
27	0,88	1,56	1,94	2,42	3,06	3,70
28	0,87	1,55	1,93	2,41	3,05	3,68
29	0,87	1,55	1,92	2,40	3,04	3,67
30	0,87	1,54	1,92	2,39	3,03	3,65
31	0,86	1,54	1,91	2,39	3,02	3,64
32	0,86	1,53	1,90	2,38	3,01	3,63
33	0,86	1,53	1,90	2,37	3,00	3,62
34	0,85	1,52	1,89	2,36	2,99	3,61

35	0,85	1,52	1,89	2,35	2,98	3,60
36	0,85	1,51	1,88	2,35	2,97	3,59
37	0,85	1,51	1,88	2,34	2,96	3,58
38	0,84	1,50	1,87	2,34	2,96	3,57
39	0,84	1,50	1,87	2,33	2,95	3,56
40	0,84	1,50	1,86	2,33	2,94	3,55

Fonte: Coelho (2015)

Converte-se a chuva de um dia para 24 horas, pelo coeficiente de 1,095. Logo em seguida, determina-se na Figura 2, a Isozona correspondente à área de estudo. Com o valor da chuva de 24 horas e os percentuais designados de cada Isozonas (Tabela 4) multiplicam-se esses percentuais pelo valor da chuva diária e obtêm-se as precipitações para 1 hora e 6 minutos.

Tabela 4 - Relação entre as precipitações de 24 horas e as de 1 hora e 6 minutos

ISOZONA		TEMPO DE RECORRÊNCIA EM ANOS										6 min/24h	
		1 hora / 24 horas										5-50	100
		5	10	15	20	25	30	50	100	1000	10000		
A		36,2	35,8	35,6	35,5	35,4	35,3	35,0	34,7	33,6	32,5	7,0	6,3
B		38,1	37,8	37,5	37,4	37,3	37,2	36,9	36,6	35,4	34,3	8,0	7,5
C		40,1	39,7	39,5	39,3	39,2	39,1	38,8	38,4	37,2	36,0	9,8	8,8
D		42,0	41,6	41,4	41,2	41,1	41,0	40,7	40,3	39,0	37,8	11,2	10,0
E		44,0	43,6	43,3	43,2	43,0	42,9	42,6	42,2	40,9	39,6	12,6	11,2
F		46,0	45,5	45,3	45,1	44,9	44,8	44,5	44,1	42,7	41,3	13,9	12,4
G		47,9	47,4	47,2	47,0	46,8	46,7	46,4	45,9	44,5	43,1	15,4	13,7
H		49,9	49,4	49,1	48,9	48,6	48,6	48,3	47,8	46,3	44,8	16,7	14,9

Fonte: Adaptado de Santos (2015)

2.1.3 Pluviometria e Medição de Chuva

Tucci e Bertoni (2007) caracterizam uma precipitação pelas seguintes grandezas:

- Altura Pluviométrica (P): é a espessura média da lâmina de água precipitada que recobriria a região atingida pela precipitação admitindo-se que essa água não infiltre, evapore e esco para fora dos limites da região, geralmente é medida em milímetro;
- Duração (t): é o período de tempo durante o qual a chuva cai. As unidades normalmente utilizadas são o minuto ou a hora;

- c) Intensidade (i): é a precipitação por unidade de tempo expressada normalmente em mm/h ou mm/min. A intensidade é obtida pela expressão 8:

$$i = \frac{P}{t} \quad (8)$$

Onde:

i = Intensidade, em mm/h;

P = Precipitação, em mm;

t = tempo, em horas.

- d) Frequência de probabilidade e tempo de recorrência (Tr): é o número médio de anos durante o qual se espera que um determinada precipitação seja igualada ou superada. O seu inverso é a probabilidade de um fenômeno igual ou superior ao analisado, se apresentar em um ano qualquer.

Exprime-se a quantidade de chuva pela altura de água caída e acumulada sobre uma superfície plana e impermeável. Ela é avaliada por meio de medidas executadas em pontos previamente escolhidos, utilizando-se aparelhos denominados pluviômetros ou pluviógrafos (VILLELA E MATTOS, 1975).

Para Chevallier (2007), o pluviômetro é um recipiente de volume suficiente para conter as maiores precipitações dentro do intervalo de tempo definido para a frequência das observações (em geral 24 horas). No Brasil é bastante difundido o tipo “Ville de Paris” que possui uma área de captação de 400cm². A Figura 03 ilustra um pluviômetro do tipo “Ville de Paris” localizado na Universidade Estadual do Maranhão - UEMA.

Figura 3 - Pluviômetro “Ville de Paris”



Fonte: Autora (2016)

As leituras feitas pelo observador do pluviômetro, normalmente em intervalos de 24 horas, em provetas graduadas, são anotadas em cadernetas próprias que são enviadas a agência responsável pela rede pluviométrica, todo fim de mês. Elas se referem quase sempre ao total precipitado das 7 horas da manhã do dia anterior até às 7 horas do dia em que se fez a leitura (HOLTZ, 2014).

Os pluviógrafos, cujos registros permitem o estudo da relação intensidade-duração-frequência importantes para projetos de drenagem em pequenas bacias hidrográficas, possuem uma superfície de 200cm². O modelo mais utilizado no Brasil é o sifão de fabricação Fuess. A Figura 04 ilustra o modelo do pluviógrafo de fabricação Fuess (VILLELA e MATTOS, 1975).

Figura 4 - Pluviógrafo do tipo Sifão de Fuess



Fonte: Baylina (2016)

Os pluviogramas obtidos nos pluviógrafos fornecem o total de precipitação acumulado no decorrer do tempo e apresentam grandes vantagens sobre os medidores sem registro, sendo indispensáveis para o estudo de chuvas de curta duração (HOLTZ, 2014).

Existem também para a coleta de dados pluviométricos as Plataformas de Coletas de Dados Meteorológicos (PCD). Segundo Silva et al. (2009), a PCD é um dispositivo eletrônico com capacidade de transmitir para um certo satélite, parâmetros ambientais captados pelo uso de sensores. As informações dos sensores são coletadas e transmitidas pela PCD diretamente ao satélite que as retransmite para a estação receptora e esta processa os dados e os envia para os usuários da informação, através dos diversos meios de comunicação.

Silva et al. (2009) relata que a PCD surgiu a partir da necessidade de obter informações regulares, colhidas em locais remotos ou regiões vastas, de dados meteorológicos como temperatura, precipitação, pressão, umidade, direção e velocidade do vento e etc. A Figura 05 ilustra uma Plataforma de Coleta de Dados Meteorológicos localizada na UEMA.

Figura 5 - Plataforma de Coleta de Dados Meteorológicos



Fonte: Autora (2016)

2.1.4 Período de Retorno

Para Villela e Mattos (1975), o conhecimento das características das precipitações é grande interesse de ordem técnica para aplicação de projetos de drenagem. Nos projetos dos vertedores de barragens, no dimensionamento de canais, na definição das obras de desvio de cursos d'água, na determinação das definições de galerias de águas pluviais, no cálculo de bueiros, deve-se conhecer a magnitude das enchentes que poderiam ocorrer com uma determinada frequência.

Na análise de frequência, as precipitações de determinadas chuvas podem ser caracterizadas pelo seu tempo de recorrência.

Segundo Tucci (2005), período de retorno ou tempo de recorrência é o inverso da probabilidade de um determinado evento hidrológico ser igualado ou excedido em um ano qualquer.

A escolha do tempo de retorno para o projeto de uma obra de engenharia, conseqüentemente, a vazão de projeto desta obra, depende da sua importância, o que resulta na adoção de um valor para o qual o risco de superação seja adequado à segurança da obra. A Tabela 05 apresenta alguns valores para o período de retorno.

Tabela 5 - Períodos de retorno para diferentes ocupações da área

Tipo de Obra	Tipo de Ocupação da Área	(anos)
Microdrenagem	Residencial	2
	Comercial	5
	Áreas com edifícios de serviços ao público	5
	Aeroportos	2 - 5
	Áreas comerciais e artérias de tráfego	5 - 10
Macro-drenagem	Áreas comerciais e residenciais	50 - 100
	Áreas de importância específica	500

Fonte: Porto (1995)

Entende-se que risco é a probabilidade de uma determinada obra vir a falhar pelo menos uma vez durante sua vida útil (TUCCI, 2005).

Para a definição teórica de risco de ruptura de uma obra, utiliza-se a expressão 9 que pode ser deduzida da teoria das probabilidades e está tabelada para os valores mais usuais de período de retorno e vida útil das obras (PORTO, 1995).

$$R = 100 \times \left[1 - \left(1 - \frac{1}{T} \right)^N \right] \quad (9)$$

Onde:

R = Risco em porcentagem;

T = Período de retorno em anos;

N = Vida útil da obra em anos.

2.1.5 Escoamento Superficial

O escoamento superficial é o segmento do ciclo hidrológico que estuda o deslocamento das águas na superfície da Terra. Esse estudo considera o movimento da água a partir da menor porção de chuva que, caindo sobre um solo saturado de umidade ou impermeável, escoar pela sua superfície (MARTINS, 2014).

Nas Tabelas 6 e 7 são apresentados alguns dos valores existentes do coeficiente de escoamento superficial em função da ocupação do solo e com base em superfícies, os valores de C são recomendados para períodos de retorno da ordem de 5 a 10 anos.

Tabela 6 - Valores do coeficiente C por tipo de ocupação

Descrição das Áreas das Bacias Tributárias	Coeficiente de Deflúvio "C"
Comércio:	
Áreas Centrais	0,70 a 0,95
Áreas da periferia do centro	0,50 a 0,70
Residencial:	
Áreas de uma única família	0,30 a 0,50
Multi-unidades, isoladas	0,40 a 0,60
Multi-unidades, ligadas	0,60 a 0,75
Residencial (suburbana)	0,25 a 0,40
Área de apartamentos	0,50 a 0,70
Industrial:	
Áreas leves	0,50 a 0,80
Áreas densas	0,60 a 0,90
Parques, cemitérios	0,10 a 0,25
Playgrounds	0,20 a 0,35
Pátio e espaço de serviços de estrada de ferro	0,20 a 0,40
Terrenos baldios	0,10 a 0,30

Fonte: DNIT (2005)

Às vezes é conveniente obter o coeficiente de escoamento superficial de uma bacia pela média ponderada entre os coeficientes das diferentes superfícies que a compõem, sendo os pesos proporcionais às áreas dessas superfícies (DNIT, 2005).

Para períodos de retorno maiores, há necessidades de corrigir o valor de C, através da expressão 10 (PORTO, 1995):

$$C_t = 0,8 T^{0,1} C_{10} \quad (10)$$

Onde:

C_t = Coeficiente de Escoamento Superficial para o período de retorno T em anos;

C_{10} = Coeficiente de Escoamento Superficial para o período de retorno de 10 anos;

T = período de retorno em anos.

A análise criteriosa do escoamento superficial constitui um dos mais importantes fatores de sucesso para um projeto de drenagem pluvial urbana. Erros não podem ser cometidos nesta fase, pois poderão introduzir incoerências graves no desenvolvimento do projeto, acarretando obras sub ou superdimensionadas.

Tabela 7 - Valores do coeficiente C com base em superfícies

Tipo de Superfície	Coeficiente de Deflúvio "C"
Áreas Rurais	
Revestimento Asfáltico	0,9
Revestimento de concreto armado	0,8 - 0,9
Revestimento de macadame asfáltico	0,6 - 0,8
Acostamento ou Estradas com pedregulho	0,4 - 0,6
Terras sem revestimento	0,2 - 0,9
Áreas gramadas com declive (2:1)	0,5 - 0,7
Prados	0,1 - 0,4
Áreas com matas	0,1 - 0,3
Campos cultivados	0,2 - 0,4
Áreas Urbanas	
Zona Residencial mais ou menos plana com cerca de 30% de área impermeável	0,40
Zona Residencial mais ou menos plana com cerca de 60% de área impermeável	0,55
Zona Residencial moderadamente íngreme com cerca de 50% de área impermeável	0,65
Zona Residencial moderadamente íngreme com cerca de 70% de área impermeável	0,80
Zona Comercial com cerca de 90% da área impermeável	0,80
* Para Taludes suaves ou solos permeáveis, use os valores mais baixos; para taludes íngremes ou solos impermeáveis, use os mais altos.	

Fonte: Coelho (2015)

2.1.6 Tempo de Concentração

O tempo de concentração para uma dada bacia hidrográfica é definido como o tempo de percurso da água desde o ponto mais afastado da bacia até a seção de interesse, a partir do instante de início da precipitação (CANHOLI, 2005).

Existe uma grande quantidade de fórmulas que fornecem o valor do tempo de concentração em função de características da bacia:

a) California Highways and Public Works (Equação 11):

➤ Para bacias com $A \leq 80$ ha:

$$tc = 57 \times \left(\frac{L^3}{H}\right)^{0,385} \quad (11)$$

➤ Para bacias com $A \geq 80$ ha (Equação 12):

$$tc = 85,2 \times \left(\frac{L^3}{H}\right)^{0,385} \quad (12)$$

Onde:

tc = Tempo de concentração em minutos (min);

L = Comprimento do talvegue principal em quilômetros (km);

H = Diferença de nível entre o ponto mais alto da bacia e a seção onde se localiza a obra em estudo, medida em metros (m).

b) Ven Te Chow (Equação 13):

$$tc = 25,2 \times \left(\frac{L}{\sqrt{I}}\right)^{0,64} \quad (13)$$

Onde:

tc = Tempo de concentração em minutos (min);

L = Comprimento do talvegue principal em quilômetros (km);

I = Declividade média em porcentagem (%).

c) Kirpich (Equação 14):

$$tc = 0,115 \times \left(\frac{L}{\sqrt{S}}\right)^{0,77} \quad (14)$$

Onde:

tc = Tempo de concentração em minutos (min);

L = Comprimento do talvegue principal em metros (m);

I = Declividade média da bacia em porcentagem (%).

Porto (1995) destaca que a maioria dessas expressões são empíricas e valem apenas para condições muito semelhantes às de sua determinação, sua análise deve ser cuidadosa, afim de evitar equívocos de utilizá-las em áreas urbanas, já que estas originalmente foram desenvolvidas para áreas rurais.

Para CETESB (1999), em áreas urbanas, o tempo de concentração pode ser dividido em duas parcelas (Equação 15): um tempo inicial t_i , tempo para chuva atingir a primeira boca de lobo ou sarjeta, e um tempo t_t de translação na rede de drenagem (sarjetas, bueiros, galerias, canais, etc.).

$$t_c = t_i + t_t \quad (15)$$

O tempo t_i usualmente corresponde a um escoamento sobre superfícies e pode ser estimado pela expressão 16:

$$t_i = \frac{0,65 \cdot (1,1 - C) \cdot L^2}{S^{\frac{1}{3}}} \quad (16)$$

Onde:

t_i = Tempo inicial ou tempo de escoamento em superfície ("overland flow"), em minutos (min);

C = Coeficiente de escoamento superficial para período de retorno de 5 a 10 anos;

L = Comprimento do escoamento em metros (no máximo 150 m);

S = declividade média da bacia, em porcentagem (%).

O tempo de escoamento t_t do percurso pode ser calculado pela fórmula 17:

$$t_t = \frac{L}{60V} \quad (17)$$

Onde:

t_t = Tempo de escoamento em canais em minutos (min);

L = Comprimento do trecho de talvegue em metros (m);

V = Velocidade média do escoamento no trecho (m/s).

A velocidade média de escoamento é determinada utilizando-se a equação 18 de Manning:

$$V = \frac{1}{n} \cdot S^{\frac{1}{2}} \cdot Rh^{\frac{2}{3}} \quad (18)$$

Onde:

V = Velocidade média do escoamento em metro por segundo (m/s);

n = Coeficiente de rugosidade de Manning ($s/m^{5/2}$), obtidos na Tabela 08;

S = Declividade longitudinal de fundo do canal (m/m);

$Rh^{2/3}$ = Raio hidráulico do canal (m/m).

Tabela 8 - Valores do coeficiente de rugosidade de Manning

Cobertura Vegetal	Valores de Manning (n)
Tubo de Concreto	0,011 - 0,013
Concreto, acabamento com colher	0,012 - 0,014
Sarjeta de concreto, acabamento de colher	0,012
Concreto com superfície conformada, sem acabamento	0,013 - 0,017
Sarjeta em concreto com pavimento asfáltico	0,013 - 0,015
Pavimento em concreto	0,014 - 0,016
Tubo de cerâmica vitrificada	0,015
Terra, seção uniforme e estabilizada, limpa	0,018 - 0,020
Terra, seção uniforme, com grama curta, pouca vegetação	0,020 - 0,027
Terra, seção bem uniforme, sem vegetação	0,022 - 0,025
Terra, seção bem uniforme, paredes limpa, fundo com seixo	0,030 - 0,040
Rocha lisa e uniforme	0,035 - 0,040
Rocha áspera e irregular	0,040 - 0,045

Canais não conservados, fundo limpo, plantas nas paredes	0,05 - 0,08
Canais com vegetação, boa conservação, qualquer grama	0,07 - 0,30
Canais não conservados, plantas em quantidade, altura elevada	0,10 - 0,14
Revestimento em grama	0,025

Fonte: Coelho (2015)

Para os dispositivos de drenagem são recomendados os seguintes tempos de duração (COELHO, 2015):

- a) Dimensionamento de Sarjetas: $t_c = 5$ minutos;
- b) Dimensionamento de Valetas e Canais: $t_c = 10$ minutos;
- c) Dimensionamento de Bueiros: $t_c =$ Calculado.

2.1.7 Bacia de Contribuição Hidrográfica

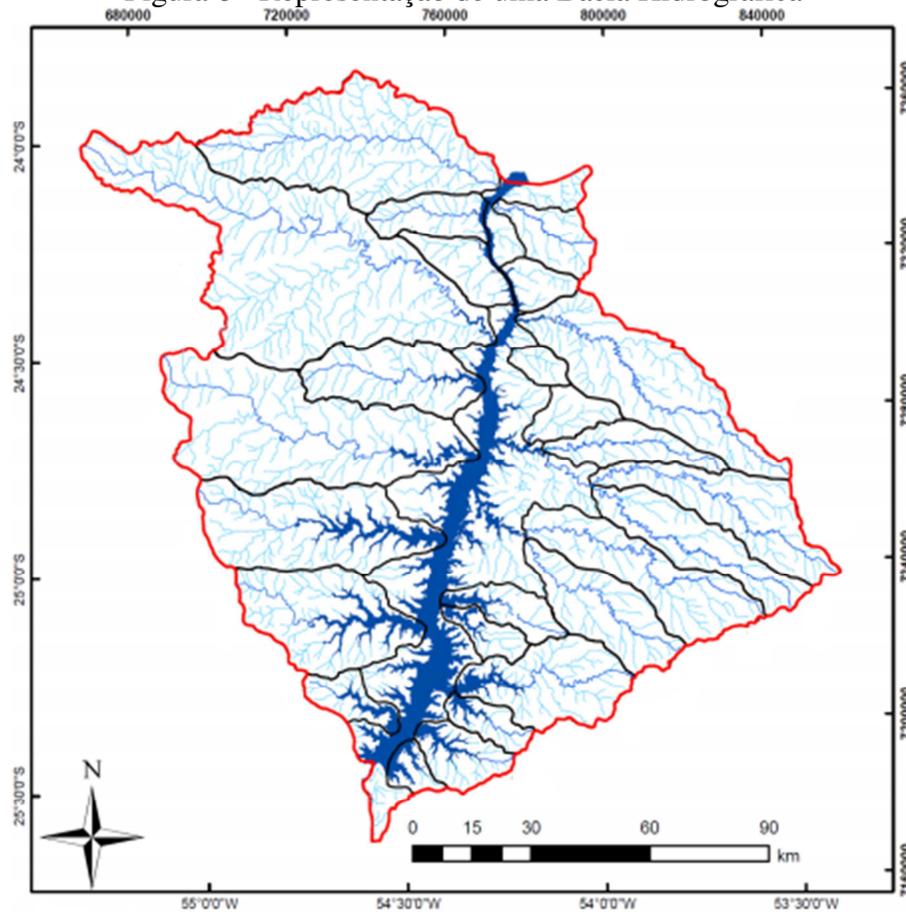
A bacia de contribuição hidrográfica é uma área de captação natural da água de precipitação que faz convergir os escoamentos para um único ponto de saída que é chamado de exutório. A Figura 6 demonstra a composição de uma bacia hidrográfica que é constituída por um conjunto de superfícies vertentes e de uma rede de drenagem formada por cursos de água que confluem até resultar um leito único no exutório (SILVEIRA, 2007).

Segundo Silveira (2007), o papel hidrológico de uma bacia hidrográfica é o de transformar uma entrada de volume concentrada no tempo (precipitação) em uma saída de água (escoamento) de forma mais distribuída no tempo.

Os dados fisiográficos de uma bacia de contribuição hidrográfica são de grande importância no estudo da drenagem pluvial. Deve-se atentar basicamente as áreas, comprimentos, declividades e características da cobertura vegetal e uso do solo.

A área é um dado fundamental para definir a potencialidade hídrica de uma bacia, uma vez que a bacia é a região de captação da água da chuva. Assim, a área da bacia multiplicada pela lâmina precipitada define o volume de água recebido pela bacia. A área pode ser medida através da planimetragem direta de mapas ou utilizando o Sistema de Informação Geográfica - SIG (SILVEIRA, 2007).

Figura 6 - Representação de uma Bacia Hidrográfica



Fonte: Adaptado de Baller (2014)

Wilken (1978) destaca o relevo da bacia contribuinte como sendo um dos principais fatores na formação das cheias, afetando as condições meteorológicas, processos erosivos, regime hidráulico das cheias e a expressão quantitativa da velocidade de escoamento e de perdas de água durante as chuvas. Segundo o autor, a caracterização do relevo de uma bacia contribuinte pode determinar as medidas que serão necessárias para a proteção contra as enchentes das cidades, e o relevo pode ser classificado, qualitativamente, de acordo com as suas declividades médias.

A declividade média de uma bacia contribuinte pode ser determinada mediante a planta com as curvas de nível, de acordo com o método apresentado na expressão 19 por Horton.

$$I = \frac{D \cdot L}{A} \quad (19)$$

Onde:

I = Declividade média da bacia contribuinte (m/m);

D = Equidistância entre as curvas de nível em metros;

L = Comprimento total das curvas de nível em metros;

A = Área da bacia contribuinte (m^2).

O efeito da cobertura vegetal está relacionado diretamente à capacidade de infiltração do solo, sobre a qual o homem tem certo controle. A alteração das condições físicas da cobertura do solo, por onde a água escoar, modifica as condições de escoamento superficial.

Segundo Tucci et al. (2007) os critérios mais comuns utilizados para distinguir os tipos de bacia urbana serão sempre imprecisos e dependem de um certo grau de subjetividade, podendo ser:

- a) Bacias de Pequeno Porte: Área de drenagem $< 2,5 \text{ km}^2$ ou tempo de concentração < 1 hora;
- b) Bacias de Médio Porte: $2,5 \text{ km}^2 < \text{Área de drenagem} < 1.000 \text{ km}^2$, ou $1 \text{ hora} < \text{tempo de concentração} < 12$ horas;
- c) Bacias de Grande Porte: Área de drenagem $\geq 1.000 \text{ km}^2$ ou tempo de concentração ≥ 12 horas.

2.1.8 Método de Previsão de Vazão

O dimensionamento de uma estrutura de drenagem está sempre condicionada ao conhecimento de suas vazões máximas previstas. A vazão máxima pode ser estimada com base na precipitação, por métodos que representam os principais processos da transformação da precipitação em vazão. Dentre os diversos métodos para o cálculo de vazão, têm-se o Método Racional (TUCCI, 2007).

Segundo Bidone e Tucci (1995), o método racional é largamente utilizado na determinação da vazão de projeto para bacias pequenas ($< 2,5 \text{ km}^2$). Os princípios básicos dessa metodologia são:

- a) Considera que a duração de precipitação máxima de projeto é igual ao tempo de concentração da bacia. Admite-se que a bacia é pequena para que essa condição aconteça, pois a duração é inversamente proporcional à intensidade;
- b) Adota um coeficiente único de perdas, denominado C , estimado com base nas características da bacia;
- c) Não avalia o volume da cheia e a distribuição temporal das vazões.

A equação 20 é representativa do modelo Racional:

$$Q = \frac{C \cdot I \cdot A}{6} \quad (20)$$

Onde:

Q = Vazão em m^3/s ;

C = Coeficiente de escoamento superficial;

I = Intensidade média da precipitação sobre toda a área drenada em mm/min ;

A = Área a ser drenada em hectares (ha).

Em drenagem urbana é usual utilizar este método por se tratar de pequenas bacias. Sendo assim, este método será utilizado para o dimensionamento da vazão de projeto deste trabalho.

2.2 DRENAGEM URBANA

Tucci et al. (2007) entendem o termo drenagem urbana, como o conjunto de medidas que tem por objetivo minimizar os riscos a que as populações estão sujeitas, diminuir os prejuízos causados por inundações e possibilitar o desenvolvimento urbano de forma harmônica, articulada e sustentável.

Os sistemas de drenagem foram difundidos no meio urbano diante da necessidade de solucionar, inicialmente, problemas higienistas e com a finalidade de reduzir a ocorrência de doenças de veiculação hídrica.

As soluções adotadas para tais problemas apresentavam caráter localizado. Eram implantadas obras de canalização que reduziam os prejuízos das áreas afetadas, porém promoviam a aceleração do escoamento e o afastamento rápido dos picos de cheias para os corpos de água a jusante.

Dessa forma, Canholi (2005) explica que com essa filosofia, a drenagem urbana era uma questão apenas de “alocação de espaços”, onde consta que:

A aceleração dos escoamentos trouxe o efeito de transferir para jusante o problema de redução de espaços naturais. Quanto menor o tempo de concentração, maior o pico da vazão a jusante. Isso com frequência têm trazido inundações em áreas que anteriormente não sofriam tais problemas, visto que a ocupação urbana nos vales normalmente se desenvolve no sentido de jusante para montante (CANHOLI, 2005, p.22).

Diante do aumento populacional em áreas urbanas, surgiu a preocupação de um controle sobre o meio natural, o que contribuiu para a mudança de concepção com relação à drenagem, diante da presença de águas nas cidades. Atualmente, este sistema é parte integrante dos serviços de saneamento básico e está regulamentado pela Lei 11.445/2007.

Tucci et al. (2007) esclarecem que as soluções eficazes do sistema de drenagem urbana dependem dos seguintes fatores:

- a) Existência de uma política para o setor que defina objetivos a serem alcançados e os meios legais, institucionais, técnicos e financeiros para atingi-los;
- b) Existência de uma política para ocupação do solo urbano devidamente articulada com a política de drenagem urbana;
- c) Processo de planejamento que contemple medidas de curto, médio e longo prazos em toda a bacia, e agregue as medidas de drenagem de águas pluviais no ambiente urbano;
- d) Existência de entidade eficiente que domine as tecnologias necessárias, implante obras e medidas, desenvolva atividades de comunicação social, promova a participação pública, estabeleça critérios, aplique leis e normas;
- e) Domínio da tecnologia adequada para planejamento, projeto, construção e operação das obras;
- f) Organização de campanhas de educação e esclarecimento da opinião pública.

O sistema de drenagem urbana é classificado em sistema de drenagem tradicional e o sistema de drenagem sustentável.

Para Tavares et al. (2015), o sistema tradicional de drenagem urbana pode ser caracterizado em dois sistemas distintos, porém interligados, que devem ser planejados a partir de critérios diferenciados, sendo estes, a microdrenagem e a macrodrenagem.

Destaca-se também o sistema de drenagem sustentável, conhecido como não convencional, onde busca tecnologias alternativas a fim de neutralizar os efeitos da urbanização sobre processos hidrológicos, com benefícios a qualidade de vida e a preservação ambiental (BATISTA, 2005 apud COELHO, 2011). A seguir, são abordados os diferentes sistemas de drenagem urbana.

2.2.1 Sistema Tradicional de Drenagem Urbana

2.2.1.1 Sistema de Microdrenagem

Para CETESB (1999), a microdrenagem urbana é definida pelo sistema de condutos pluviais a nível de loteamento ou de rede primária urbana.

O dimensionamento de uma rede de águas pluviais transcorre, em linhas gerais, as seguintes etapas (MIGUEZ 2001, apud COELHO, 2011):

- a) Subdivisão da área em sub-bacias e traçado da rede, que deve ser apresentada em uma planta baixa, de acordo com as condições naturais de escoamento, procurando adequar-se às condições topográficas, por sub-bacia;
- b) Determinação das vazões que afluem à rede de condutos;
- c) Dimensionamento hidráulico da rede de condutos.

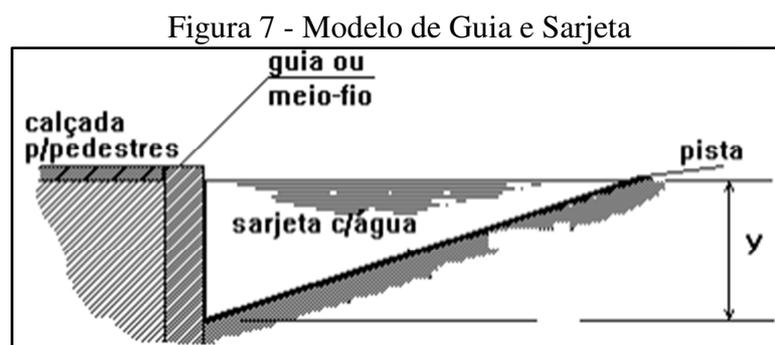
O sistema de microdrenagem de águas pluviais é composto de uma série de terminologias cujos elementos principais são conceituados por Tucci e Bidone (1995) como guias, sarjetas, sarjetões, bocas de lobo, poços de visita, galerias, tubos de ligações, trecho de galeria, caixas de ligação, condutos forçados e estações de bombeamento.

a) Guias

Conhecida como meio-fio, são elementos de pedra ou concreto, colocados entre o passeio e a via pública, paralelamente ao eixo da rua e com sua face superior nivelada com o passeio (Figura 07).

b) Sarjetas

Faixas de via pública, paralelas e vizinhas ao meio-fio. A calha formada é a receptora das águas pluviais que incidem sobre as vias públicas e para elas escoam até os pontos de coleta (Figura 7).



Fonte: CEAP (2016)

Para CETESB (1999), A capacidade de condução da sarjeta pode ser calculada sobre duas hipóteses:

- Reforço do subleito: possui a finalidade de reduzir a espessura da base, se tornando uma camada complementar do subleito e com capacidade de suporte superior à do subleito;
- A água escoando por toda a calha da rua;

➤ A água escoando somente pelas sarjetas.

Para a primeira hipótese, admite-se a declividade transversal da rua a 3% e a altura da água na sarjeta de 0,15 m. Para a segunda hipótese, admite-se declividade transversal também de 3% e altura de água na sarjeta de 0,10 m.

O dimensionamento hidráulico da vazão máxima escoada na sarjeta pode ser obtido utilizando a expressão 21 de Manning:

$$Q = \frac{A \cdot R h^{\frac{2}{3}} \cdot i^{\frac{1}{2}}}{n} \quad (21)$$

Onde:

Q = Vazão escoada em m³/s;

A = Área da seção da sarjeta;

Rh = Raio hidráulico em metros;

i = Declividade longitudinal da rua;

n = Coeficiente de rugosidade de Manning, obtidos na Tabela 08.

Tucci e Bidone (1995) recomendam que uma vez calculada a capacidade teórica da sarjeta, é necessário multiplicar o seu valor por um fator de redução, determinados na Tabela 9, que leva em conta a possibilidade de obstrução da sarjeta de pequena declividade por sedimentos.

Tabela 9 - Fatores de redução de escoamento das sarjetas

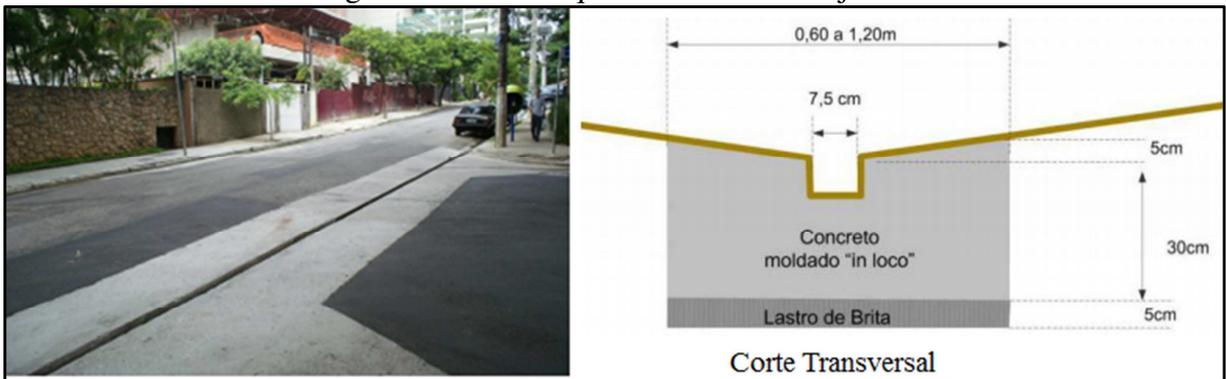
Declividade da Sarjeta (%)	Fator de Redução
0,4	0,50
1 a 3	0,80
5,0	0,50
6,0	0,40
8,0	0,27
10,0	0,20

Fonte: DAEE/CETESB (1980, apud TUCCI e BIDONE, 1995)

c) Sarjetões

São formados pela própria pavimentação nos cruzamentos de vias públicas, formando calhas destinadas a orientar o fluxo das águas que escoam pelas sarjetas, como ilustra a Figura 8.

Figura 8 - Visão Esquemática de um Sarjetão



Fonte: Prefeitura de São Paulo (2016)

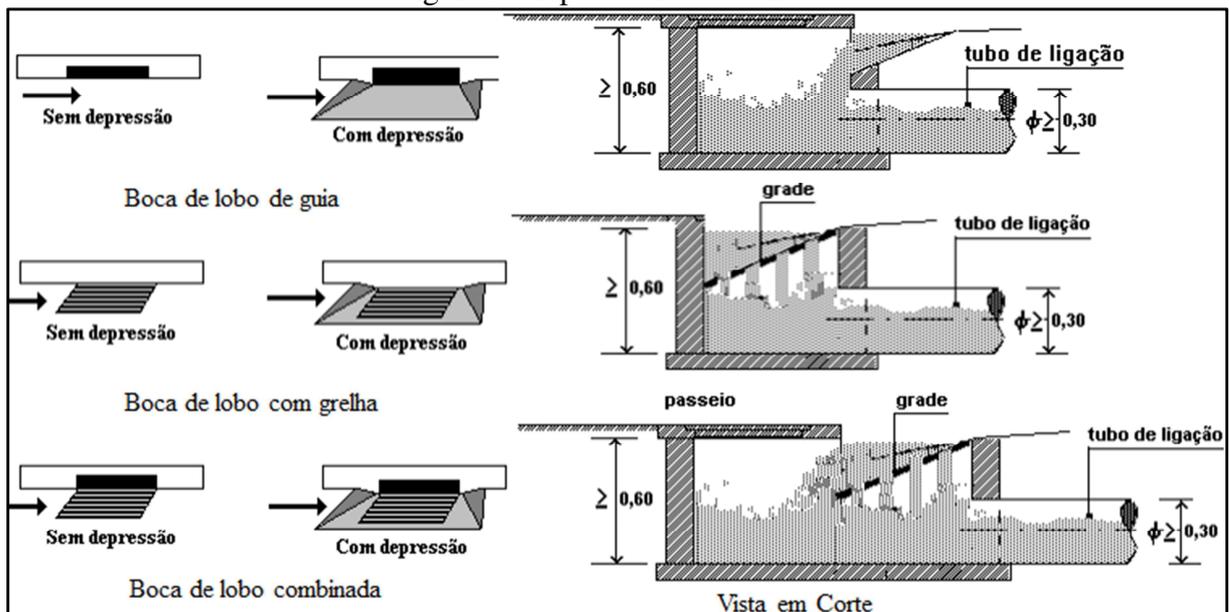
d) Bocas de Lobo

Dispositivos localizados em pontos convenientes, nas sarjetas, para captação das águas pluviais e a conduzirem para as galerias.

As bocas coletoras podem ser classificadas em três grupos principais: bocas ou ralos de guias, ralos de sarjetas (grelhas) e os ralos combinados. Cada tipo pode ser utilizado com ou sem depressões em relação ao nível da superfície normal do perímetro e inclui variações quanto ao seu número podendo ser simples ou múltiplas, como demonstra a Figura 09 (TUCCI e BIDONE, 1995).

Para os autores, nos pontos mais baixos da via, deverão ser colocadas bocas de lobo com a finalidade de evitar criação de zonas mortas com alagamentos e águas paradas.

Figura 9 - Tipos de Boca de Lobo



Fonte: Adaptado de CEAP (2016)

De acordo com o DNIT (2006) a boca de lobo simples pode funcionar basicamente sob duas condições de escoamento:

- Escoamento com superfície livre, no qual a boca de lobo funciona como vertedor;
- Escoamento afogado, na qual a boca de lobo funciona como orifício.

Quando a água acumula sobre a boca de lobo, gera uma lâmina com altura menor do que a abertura da guia ($y/h \leq 1$), esse tipo de boca de lobo pode ser considerado como um vertedor e a sua capacidade de engolimento segundo Tucci e Bidone (1995) é dado pela expressão 22:

$$Q = 1,7 L y^{\frac{3}{2}} \quad (22)$$

Onde:

Q = Vazão de engolimento em m³/s;

y = Altura de água próxima à abertura da guia em metros;

L = Comprimento da soleira em metros.

Quando a altura de água sobre o local for maior do que o dobro da abertura na guia ($y/h \geq 2$), supõe-se que a boca de lobo funciona como orifício e sua vazão é calculada pela expressão 23:

$$Q = 3,01 L h^{\frac{3}{2}} (y'/h)^{\frac{1}{2}} \quad (23)$$

Onde:

Q = Vazão de engolimento em m³/s;

L = Comprimento da abertura em metros;

h = Altura da guia em metros;

y' = Carga da abertura da guia em metros, ou seja (Equação 24):

$$(y' = y - h/2) \quad (24)$$

Para cargas de uma a duas vezes a altura da abertura da guia ($1 < y'/h < 2$), a opção por um ou outro critério deve ser definida pelo projetista (TUCCI e BIDONE, 1995).

As bocas de lobo com grelha funcionam como um vertedor de soleira livre para profundidade de lâmina de até 12 cm e sua vazão é calculada pela expressão 22, substituindo L por P, onde P é o perímetro do orifício em metros.

Na faixa de transição entre 12cm e 42cm, a carga a ser adotada é definida segundo o julgamento do projetista. Para profundidades de lâmina maiores que 42 cm sua vazão é calculada segundo Tucci e Bidone (1995) pela equação 25:

$$Q = 2,91 A y^{\frac{1}{2}} \quad (25)$$

Onde:

A = Área da grade, excluídas as áreas ocupadas pelas barras, em m²;

y = Altura de água da sarjeta sobre a grelha.

O mesmo autor destaca que a capacidade teórica de esgotamento de uma boca de lobo combinada é, aproximadamente, igual à somatória das vazões pela grelha e pela abertura de guia, consideradas isoladamente.

A capacidade de esgotamento de uma boca de lobo deve ser multiplicada pelos coeficientes de redução da Tabela 10, pois na prática a capacidade de esgotamento das bocas de lobo é menor que a calculada, em razão de fatores como a obstrução causada por detritos carregados pela água, irregularidades nos pavimentos das ruas, junto às sarjetas e boca de lobo e hipóteses de cálculo que nem sempre correspondem a realidade.

Tabela 10 - Fator de redução do escoamento para bocas de lobo

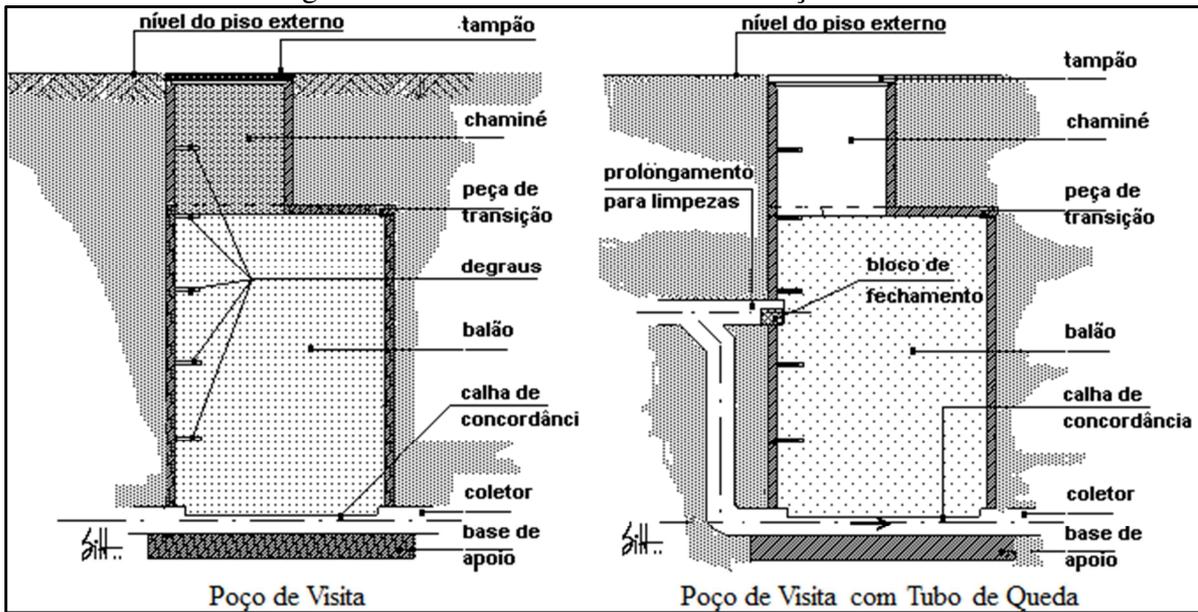
Localização na Sarjeta	Tipo de Boca de Lobo	% Permitida sobre o valor teórico
Ponto Baixo	De guia	80
	Com grelha	50
	Combinada	65
Ponto Intermediário	De guia	80
	Grelha longitudinal	60
	Grelha transversal ou longitudinal com barras transversais combinadas	60

Fonte: DAEE/CETESB, 1980 apud CETESB (1999)

e) Poços de Visita

São dispositivos hidráulicos localizados em pontos convenientes do sistema de galerias para permitirem mudanças de direção, declividade, diâmetro e inspeção e limpeza das canalizações (Figura 10).

Figura 10 - Modelo Convencional de Poço de Visita



Fonte: Fonte: CEAP (2016)

Para Tucci e Bidone (1995), quando a diferença de nível entre o tubo afluente e o efluente for superior a 0,70 metros, o poço de visita será denominado de queda (Ver Figura 10). O espaçamento máximo recomendado para os poços de visita é dado na Tabela 11.

Tabela 11 - Espaçamento dos poços de visita

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

Fonte: CETESB (1999)

f) Galerias

São condutos destinados a conduzir as águas pluviais provenientes das bocas de lobo e das ligações privadas até os pontos de lançamento (Figura 11).

Para CETESB (1999) o dimensionamento das galerias é realizado com base nas equações hidráulicas de movimento uniforme como a de Manning (Equação 21), utilizando para o cálculo seção plena, ou seja:

$$Rh = D/4 \quad (26)$$

Onde:

Rh = Raio hidráulico em metros;

D = Diâmetro da seção em metros.

g) Tubos de ligação

São canalizações destinadas a conduzir as águas pluviais captadas nas bocas de lobo para as galerias ou para os poços de visita, como descrito na Figura 11.

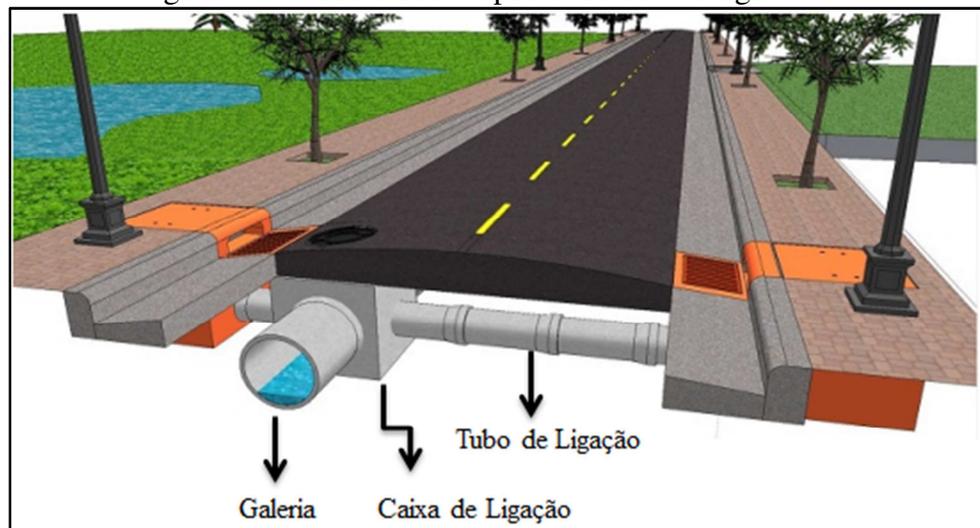
h) Trecho de Galeria

Porção de galeria situada entre dois poços de visita consecutivos.

i) Caixas de Ligação

As caixas de ligação são utilizadas quando se faz necessária a locação das bocas de lobo intermediárias ou para evitar-se a chegada, em um mesmo poço de visita, de mais de quatro tubulações, como observado na Figura 11. São também conhecidas como caixas mortas e se diferenciam das bocas de lobo por não serem visitáveis.

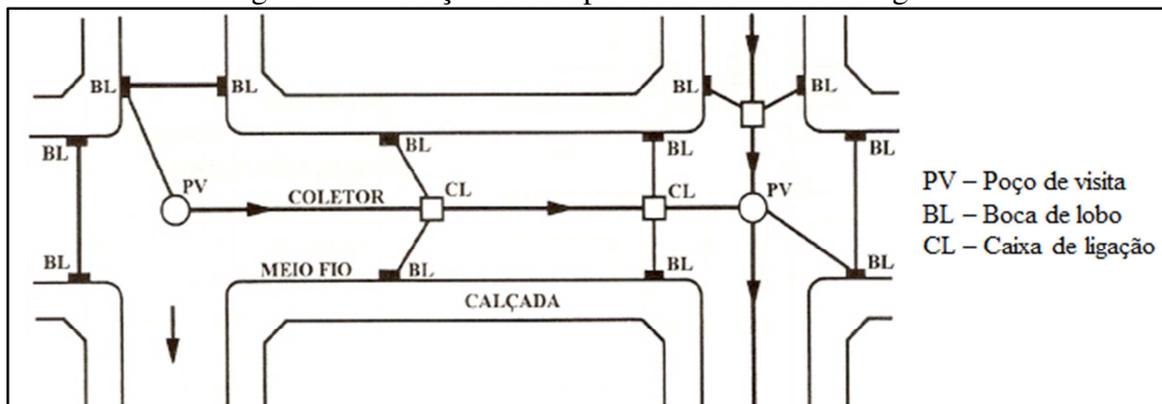
Figura 11 - Modelo dos Dispositivos de Drenagem



Fonte: Adaptado de Moraes (2015)

Na Figura 12 são apresentados exemplos de localização das caixas de ligação e dos demais dispositivos de drenagem apresentados.

Figura 12 - Locação dos dispositivos de microdrenagem



Fonte: Tucci e Bidone (1995)

j) Conduitos Forçados e Estações de Bombeamento

Quando não houver mais condições de escoamento por gravidade, para a retirada da água de um canal de drenagem para outro em nível mais elevado ou receptor da drenagem final em estudo, recorre-se aos conduitos forçados e às estações de bombeamento.

2.2.1.2 Sistema de Macrodrenagem

A macrodrenagem é entendida como um conjunto de conduitos de grande porte, naturais ou artificiais, que visam um escoamento de um grande volume de água. Segundo Martins (1995), as estruturas de macrodrenagem destinam-se a conduzir e receber as águas captadas pela drenagem primária, dando prosseguimento ao escoamento dos deflúvios oriundos das ruas, sarjetas, valas e galerias, que são elementos da microdrenagem.

Neste sentido, cabe ressaltar que é importante que a microdrenagem esteja dimensionada de forma combinada e complementar a macrodrenagem no meio urbano, a fim de evitar que a água captada pela microdrenagem fique retida na superfície, gerando escoamento pelas ruas e pequenas inundações.

Dentre os objetivos da macrodrenagem, pode-se dizer que os principais são: aumentar a capacidade de descarga, diminuir as áreas alagadiças e adaptar a rede de drenagem à nova situação de escoamento superficial resultante do processo de urbanização de uma bacia (COELHO, 2011).

Segundo Martins (1995), nos centros urbanos existe a necessidade de implantação ou ampliação das vias de macrodrenagem, além do aumento das vazões, na qual destacam-se:

- a) A ocupação irregular dos leitos secundários de córregos que sofrem com alagamentos nos períodos de chuva;
- b) O aumento da taxa de resíduos sólidos provenientes do desmatamento e da urbanização, cujo lançamento é feito diretamente sobre o leito do rio;
- c) A necessidade de ampliação da malha viária em vales ocupados;
- d) A necessidade de saneamento nas áreas alagadas.

Normalmente as principais obras de macrodrenagem constituem-se na retificação e ampliação das seções de canais naturais, construção de canais artificiais revestidos ou não, trechos de rio, dentre outros (COELHO, 2011).

2.2.1.2.1 *Canais*

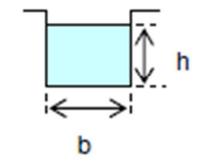
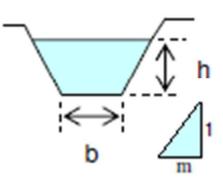
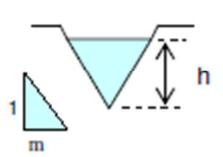
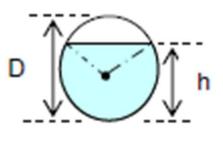
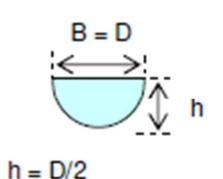
Os canais são estruturas hidráulicas de macrodrenagem, correspondentes a canalização de cursos d'água. Os objetivos dos canais são o de conduzir as águas pluviais, de modo rápido, até o corpo receptor.

Os canais naturais são pequenos cursos d'água resultantes de contribuições de pequenas bacias sem nenhum tipo de melhoria no revestimento de seu leito. São, normalmente, em vegetação ou terra natural, que se alternam ao longo de sua vida útil. Esses canais podem ser urbanos ou rurais e têm extensões variadas (COELHO, 2011).

Já os canais artificiais segundo o mesmo autor, são formados através de escavações, sendo o álveo contido dentro das margens. As seções molhadas, quando não revestidas, são geralmente de forma trapezoidal, podendo ter outras formas: poligonais, circulares, parabólicas, triangulares, retangulares, em função das várias utilizações e dimensões. A Tabela 12 indica as principais seções típicas de canais de drenagem.

Os canais artificiais se diferenciam pelos tipos de revestimento, a escolha do revestimento é importante para garantir as características requeridas de impermeabilidade, resistência, flexibilidade, rugosidade, durabilidade e baixo custo. Os principais materiais utilizados para o revestimento dos canais artificiais são: concreto, pedra argamassa, gabiões, material betuminoso, pedra arrumada, ou até mesmo com revestimento vegetal.

Tabela 12 - Elementos das seções transversais

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

Obs.: $\theta = 2 . \arccos\left(1 - 2 . \frac{h}{D}\right)$, onde θ deve ser calculado em **radianos**.

Fonte: Pereira e Mello (2016)

A seguir serão comentados alguns canais de macrodrenagem com situações típicas de revestimentos.

a) Canais com revestimento de concreto

Os canais revestidos em concreto são implantados onde a faixa disponível para a implantação é reduzida, o revestimento em concreto possibilita o funcionamento do canal com velocidades mais altas, possibilitando maior capacidade de vazão, como ilustra a Figura 13. (BAPTISTA & COELHO, 2002 apud MOURA, 2004).

Figura 13 - Canal com revestimento em Concreto



Fonte: Castro (2016)

b) Canais com revestimento vegetal

Os canais com revestimento vegetal (Figura 14) podem servir de superfícies permeáveis para promover a infiltração da água no solo, reduzindo os impactos do escoamento a jusante. Possuem, em geral, baixo custo de implantação e as áreas gramadas podem facilitar a manutenção e a limpeza, além de ser uma alternativa sustentável com pouco impacto ao meio ambiente.

Figura 14 - Canal com revestimento vegetal

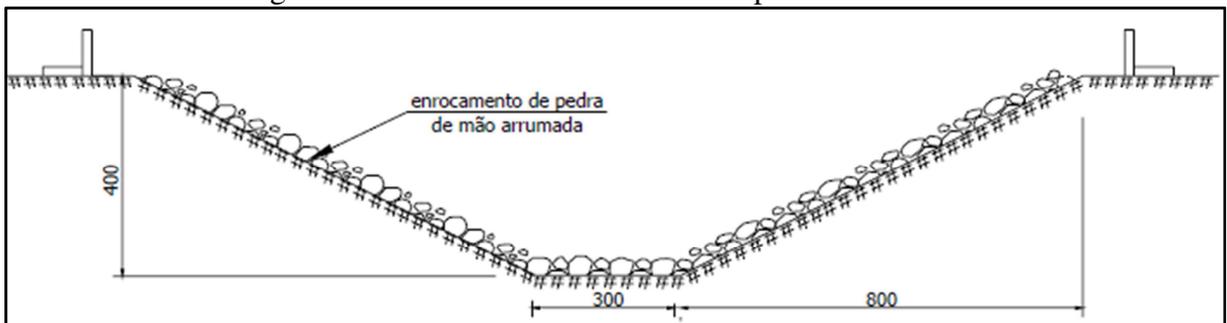


Fonte: Moura (2004)

c) Canais com pedras arrumadas

Os canais cujos taludes são revestidos com pedras lançadas ou arrumadas podem vir a ter boa inserção ambiental, adquirindo um aspecto de canal natural como ilustrado na Figura 15 (BAPTISTA & COELHO, 2002 apud MOURA, 2004).

Figura 15 - Canal com revestimento de pedras arrumadas



Fonte: Belo Horizonte, 1995 apud MOURA, 2004)

d) Canais com revestimento em Gabião

Gabiões são estruturas em grades metálicas preenchidas com pedras, utilizados para proteção das paredes e fundo dos canais. Os canais revestidos em gabião podem possuir boa inserção ambiental e social, podendo adquirir um aspecto de um canal natural, como ilustra a Figura 16 (BAPTISTA & COELHO, 2002 apud MOURA, 2004).

Figura 16 - Canal com revestimento em Gabião



Fonte: Moura (2004)

O dimensionamento hidráulico dos canais constitui uma importante atividade no projeto de macrodrenagem. Canholi (2005) considera que no campo de drenagem urbana, em

termos práticos, o escoamento permanente uniforme é frequentemente considerado no dimensionamento e na verificação da capacidade da vazão dos canais.

Este mesmo autor relata que o escoamento em regime uniforme ocorre quando um canal possui geometria e declividades constantes, a profundidade, a área molhada e a velocidade, em todas as seções transversais, são constantes e há equilíbrio entre a energia disponível e a despendida pelo fluxo, de forma que a linha de energia é paralela à linha d'água.

Para obtenção da vazão no regime uniforme que será utilizado neste trabalho, utiliza-se a fórmula de Manning (Equação 21).

O valor do coeficiente de rugosidade de Manning depende de inúmeras variáveis, além da rugosidade da superfície do canal. O efeito da vegetação, as irregularidades nas paredes, as variações na seção hidráulica, as obstruções, o traçado do canal, a sedimentação e erosão, e as profundidades do canal devem ser consideradas nessa estimativa. A Tabela 13 apresenta diversos valores para o coeficiente “n” de Manning para as diversas condições e tipos de canais de drenagem urbana (CANHOLI, 2005).

Diversos são os critérios e parâmetros adotados para o dimensionamento de um canal de drenagem urbana, podendo-se citar alguns deles como o tempo de concentração (tci), velocidade mínima (V_{mín}) e máxima (V_{máx}), recobrimento mínimo (rm), tipo de escoamento considerado no cálculo, influência de remanso, dentre outros. Na Tabela 14 tem-se uma gama de parâmetros e critérios adotados por autores e instituições (COSTA et al., 2007).

Tabela 13 - Valores do coeficiente “n” de Manning para diversos tipos de canais

Tipo	Coeficiente "n" de Manning		
	Mínimo	Médio	Máximo
Canais a céu aberto:			
1 - Concreto:			
Acabamento liso	0,013	0,015	0,016
Sem acabamento	0,014	0,017	0,020
Acabado (margens) com cascalho (fundo)	0,015	0,017	0,020
Projetado, seção uniforme	0,016	0,019	0,023
Projetado, seção não uniforme (ondulada)	0,018	0,022	0,025
2 - Pedra Argamassada			
Pedra argamassada (margens) com fundo em concreto acabado	0,017	0,020	0,024
Pedra argamassada (margens) com fundo em cascalho	0,020	0,023	0,026

3 - Gabiões			
Gabião-manta, sem revestimento	0,022	0,025	0,027
Gabião-caixa, sem revestimento	0,026	0,027	0,028
Gabião-manta, recoberto com argamassa	0,015	0,016	0,018
Gabião-manta, sem revestimento, com vegetação recente	0,028	0,030	0,032

Fonte: Canholi (2005)

2.2.2 Sistema de Drenagem Sustentável

O Sistema de Drenagem Sustentável pode ser entendido segundo Canholi (2005, p. 31), como sendo “estruturas, obras, dispositivos ou como conceitos diferenciados de projeto, cuja utilização não se encontra disseminada”.

O autor revela que as obras e os dispositivos aplicados para favorecer a reservação dos escoamentos constituem o conceito mais significativo e de amplo aspecto no campo das medidas sustentáveis e inovadoras em drenagem urbana.

Segundo Baptista (2005, apud COELHO, 2011), as tecnologias utilizadas nas medidas não convencionais são alternativas em relação às medidas clássicas já que consideram os impactos da urbanização de forma global, tomando a bacia hidrográfica como base de estudo, buscando compensar, sistematicamente, os efeitos da urbanização.

Essa compensação é efetuada com o objetivo de controlar a produção dos excessos de água decorrentes da impermeabilização, promovendo o retardamento dos escoamentos pluviais, propiciando o aumento do tempo de concentração e conseqüentemente diminuindo suas vazões máximas e evitando assim sua transferência rápida a jusante.

Tabela 14 - Parâmetros utilizados em canais e/ou seção circular das galerias de águas pluviais

Autor/Instituição	V _{mín} (m/s)	V _{máx} (m/s)	t _{ci} (min)	r _m (m)	Seção plena ou h/D	Tipo de escoamento	Remanso
Tucci et al. - (2004)	0,6	5	10 ^a	1	Plena	Uniforme	-
Azevedo Netto e Araújo (1998)	0,75	5	5	1	Plena ou 0,9	Uniforme	-
Wilken (1978)	0,75	3,50 ^e	5 até 15	-	Plena	Uniforme	-
Alcântara apud Azevedo Netto - (1969)	1	4	7 até 15	-	0,7	Grad. Variado	Considera
Porto (1999)	V _{méd} = 4 até 6 ^b		-	-	0,75	Uniforme	-

Cirilo (2003)	0,6	4,5	-	-	h/D ^c	Uniforme	-
Haestad- Durrans ^d (2003)	0,60 até 0,90	4,5	-	0,9	0,85	Uniforme e Grad. Variado	Considera
DAEE-CETESB (1980)	-	-	-	-	0,82	Uniforme	-
Prefeitura Municipal de Goiânia	0,75	5	-	-	0,85 até 0,90	Uniforme	-
Valores recomendados pelos autores	0,75	5	5	1	0,85	Uniforme	-

^a Valor citado, porém segundo autor pode ser superestimado, necessitando ser calculado em caso de dúvida;

^b Fonte: Curso de Canais, EE-UFGM, Dep. Engenharia Hidráulica, Edições Engenharia 58/72;

^c Valor não fixado;

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

^e Pode-se adotar até 6 m/s se for previsto revestimento adequado para o conduto

Fonte: Adaptado de Costa et al. (2007)

Dentre as medidas não convencionais em drenagem, destacam-se aquelas que visam incrementar o processo da infiltração, reter os escoamentos em reservatórios, ou retardar o fluxo nas calhas dos córregos e rios (Canholi, 2005). Pode-se destacar:

- a) Bacias ou Reservatórios de Detenção, que são projetadas para reter as águas pluviais apenas durante e após as chuvas;
- b) Estruturas que favorecem a infiltração e a percolação, a exemplo das valas e valetas, trincheiras, poços e outros;
- c) Pavimentos porosos que facilitam a infiltração e favorecem o armazenamento temporário;
- d) Zoneamento de planícies de inundação e delimitação das áreas não identificadas destinadas ao armazenamento temporário;
- e) Estruturas para o armazenamento temporário de áreas livres, implantados por simples adequação do terreno em áreas de estacionamento e terrenos esportivos.
- f) Parques lineares implantados em áreas urbanas para recuperação das áreas verdes associadas á rede hídrica, aumentam a área de várzea dos rios e desaceleram a vazão.

2.2.3 Sistema de Drenagem Tradicional x Sistema de Drenagem Sustentável

Walesh (1989, apud CANHOLI, 2005) classifica as diretrizes gerais de projetos de drenagem urbana em conceitos de reservação do escoamento, referente ao sistema de drenagem sustentável, e os conceitos de canalização, referente ao sistema tradicional voltado a implantação de galerias e canais de concreto com a finalidade de promover o afastamento rápido dos escoamentos. O Quadro 01 apresenta comparações distintas entre os dois sistemas.

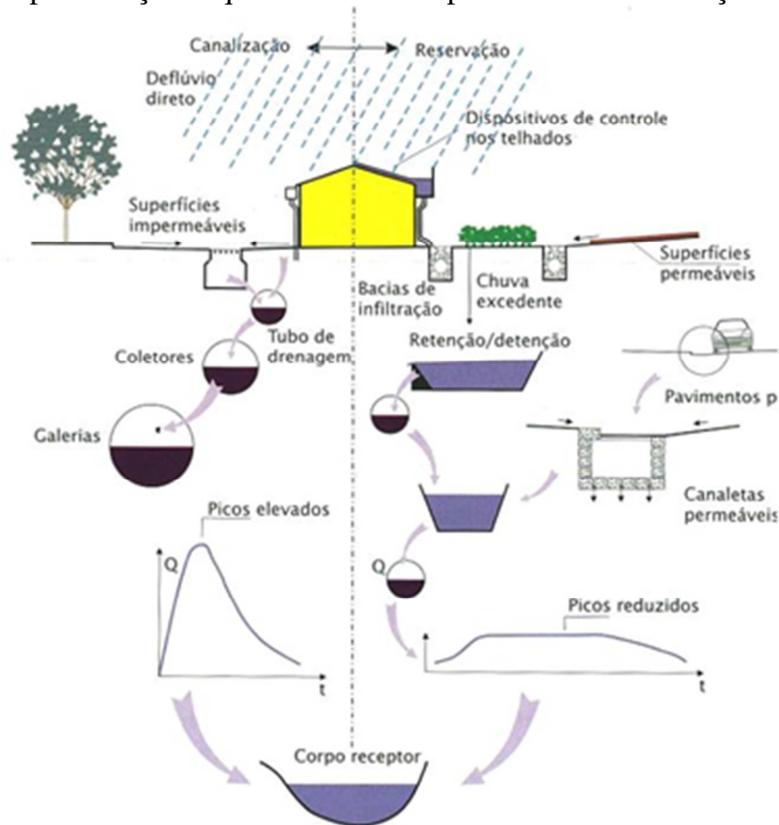
Quadro 1 - Conceito de Canalização x Conceito de Reservação

Características	Canalização	Reservação
Função	Remoção rápida dos escoamentos	Contenção temporária para subsequente liberação.
Componentes principais	Canais abertos/galerias	Reservatórios a superfície livre. Reservatórios subterrâneos. Retenção sub-superficial.
Aplicabilidade	Instalação em áreas novas. Construção por fases. Ampliação de capacidade pode se tornar difícil (centros urbanos)	Áreas novas: (em implantação). Construção por fases. Áreas existentes (à superfície ou subterrâneas).
Impacto nos trechos de jusante (quantidade)	Aumenta significativamente os picos das enchentes em relação à condição anterior. Maiores obras nos sistemas de jusante.	Áreas novas: podem ser dimensionadas para impacto zero (Legislação EUA). Reabilitação de sistemas: podem tornar vazões a jusante compatíveis com capacidade disponível.
Impacto nos trechos de jusante (qualidade)	Transporta para o corpo receptor toda carga poluente afluente	Facilita remoção de material flutuante por concentração em áreas de circulação dos reservatórios e dos sólidos em suspensão, pelo processo natural de decantação.
Manutenção/operação	Manutenção em geral pouco frequente (pode ocorrer excesso de assoreamento e de lixo). Manutenção nas galerias é difícil (condições de acesso)	Necessária limpeza periódica e fiscalização. Sistemas de bombeamento requerem operação/manutenção e desinfecção eventual (insetos).
Estudos hidrológicos/hidráulicos	Requer definição dos picos de enchente	Requer definição dos hidrogramas (volumes das enchentes).

Fonte: Canholi (2005)

A Figura 17, elaborado por Braga (1994 apud CANHOLI, 2005), apresenta uma ilustração esquemática contendo os principais dispositivos empregados, segundo o conceito de reservação ou conservacionista, mostrando os efeitos na redução dos picos dos deflúvios no corpo receptor, comparados à visão tradicional, que envolve apenas obras de canalização.

Figura 17 - Apresentação esquemática dos dispositivos de canalização e reservação



Fonte: Canholi (2005)

2.2.4 Planejamento em Drenagem Urbana

O planejamento de drenagem deve ser entendido como parte de um extensivo processo de planejamento urbano e, portanto, deve ser coordenado de forma integrada com os demais planos, principalmente os de saneamento básico, uso e ocupação do solo e do sistema de transportes (CANHOLI, 2005).

Tal planejamento deve ser feito sob critérios bem estabelecidos, oriundos de uma política de administração pública apoiada em regulamentos adequados, que devem sempre atender aos aspectos locais, físicos, econômicos, sociais e institucionais. O planejamento deve conduzir sempre ao projeto de um sistema de drenagem executável, técnico e

economicamente eficiente, aumentando os benefícios e minimizando os custos, coerente com outros planos setoriais e atendendo a necessidade da sociedade (CETESB, 1999).

Para Tavares et al. (2015), um planejamento de drenagem bem elaborado possibilita:

- a) Estudar a bacia como um todo, e conseqüentemente, chegar a soluções de longo prazo, evitando medidas que apenas deslocam e mesmo agravam as inundações em locais a jusante da área de intervenção;
- b) Consolidar normas e critérios de dimensionamento uniforme para a bacia, ou conjunto de bacias;
- c) Identificar as áreas que possam ser preservadas ou adquiridas pelo poder público antes que sejam ocupadas ou seus preços tornem-se proibitivos;
- d) Efetuar o zoneamento das áreas sujeitas à inundação;
- e) Estabelecer o escalonamento da implantação das medidas necessárias de forma tecnicamente correta e de acordo com os recursos disponíveis;
- f) Possibilitar o desenvolvimento urbano de forma harmônica, pela articulação do plano de drenagem com outros planos setoriais da região;
- g) Esclarecer a comunidade a respeito da magnitude dos problemas naturais e formas de soluções de propostas;
- h) Fornecer respaldos técnicos e políticos à solicitação de recursos;
- i) Privilegiar a adoção de medidas preventivas de menor custo e maior alcance.

Um dos principais mecanismos estudados de planejamento que busca a sustentabilidade das cidades quanto aos aspectos da drenagem urbana é o princípio de elaboração de um Plano Diretor de Drenagem Urbana.

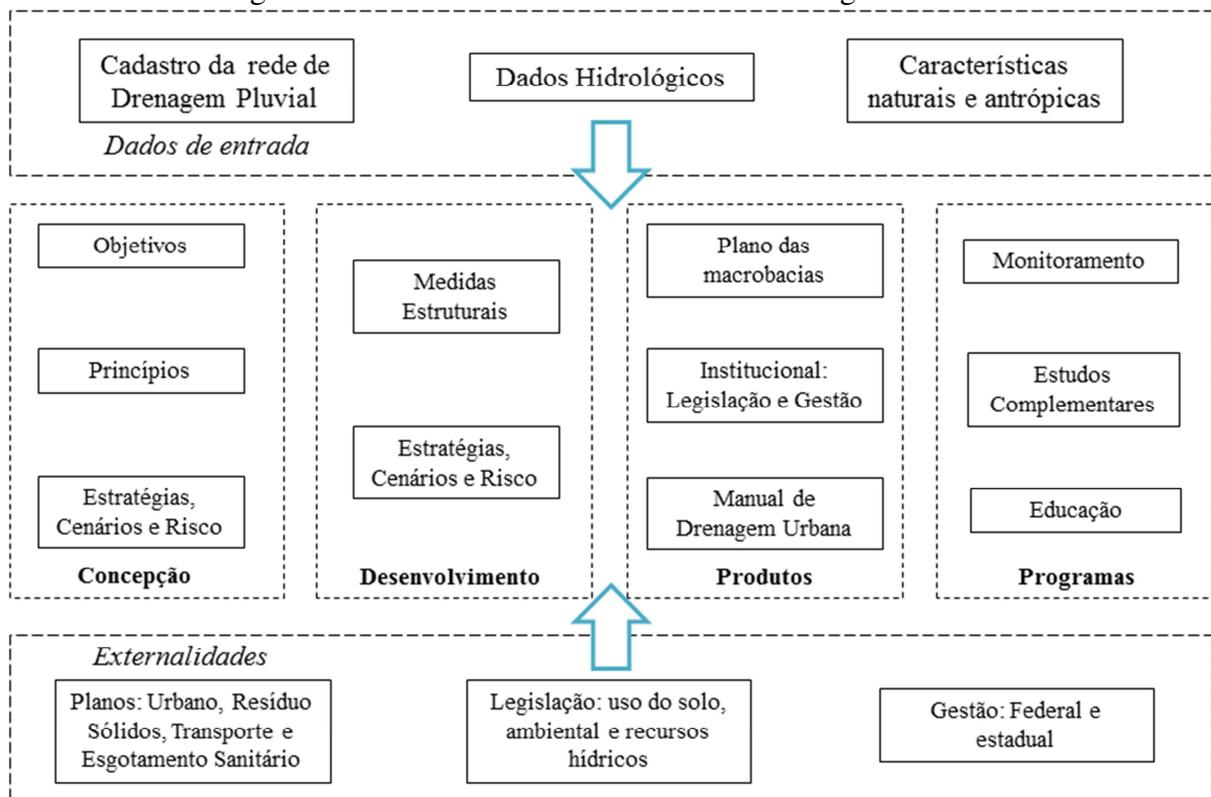
2.2.4.1 Plano Diretor de Drenagem Urbana

O cenário atual de diversas cidades brasileiras têm se mostrado como um processo de urbanização desorganizado, que resultou em sobrecarga no sistema de drenagem. Diante desta situação tornou-se importante a elaboração de instrumentos que auxiliem o planejamento do desenvolvimento das cidades, sendo um destes mecanismos o Plano Diretor de Drenagem Urbana.

A vantagem de instituir um Plano Diretor de Drenagem é o de permitir o investimento mais eficiente dos fundos públicos ao longo do tempo, minimizando potenciais custos futuros com o aumento de vazão.

O Plano de águas pluviais é desenvolvido com base na estrutura mostrada na Figura 18, na qual se observa um grupo de entradas ao Plano que são as informações básicas a seguir: cadastro da rede pluvial (bacias hidrográficas e suas características físicas), dados hidrológicos (precipitação, vazão e sedimentos), Plano Diretor de Desenvolvimento Urbano e Ambiental, Plano de Esgoto e Resíduos Sólidos e a Gestão urbana atual.

Figura 18 - Estrutura do Plano Diretor de Drenagem Urbana



Fonte: Adaptado de Tucci (2003)

Para Tucci (2006), um plano de águas pluviais deve ter como metas:

- Planejar a distribuição da água no tempo e no espaço, com base na tendência de ocupação urbana compatibilizando este desenvolvimento e a infraestrutura para evitar prejuízos econômicos e ambientais;
- Controlar a ocupação de áreas de risco de inundação por meio de restrições de nas áreas de alto risco;
- Convivência com as enchentes nas áreas de baixo risco.

O Plano Diretor de Drenagem Urbana tem o objetivo de criar mecanismos de gestão da infraestrutura urbana, relacionados com o escoamento das águas pluviais e dos rios na área urbana da cidade. Este planejamento visa evitar perdas econômicas, melhorar as condições de saneamento e qualidade do meio ambiente da cidade, dentro de princípios econômicos, sociais e ambientais definidos pelo Plano Diretor de Desenvolvimento Urbano (TUCCI, 2005).

O autor relata que a elaboração de um Plano Diretor de Drenagem consiste nos seguintes princípios:

- a) Plano de Drenagem Urbana faz parte do Plano de Desenvolvimento Urbano e Ambiental da cidade;
- b) Cada usuário urbano não deve ampliar a cheia natural;
- c) Os impactos de quaisquer medidas não devem ser transferidos;
- d) O Plano deve prever a minimização do impacto ambiental devido ao escoamento pluvial através da compatibilização com o planejamento do saneamento ambiental, controle do material sólido e a redução da carga poluente nas águas pluviais que escoam para o sistema fluvial externo a cidade;
- e) Plano Diretor de Drenagem Urbana, na sua regulamentação, deve contemplar o planejamento das áreas a serem desenvolvidas e a densificação das áreas atualmente loteadas;
- f) O controle deve ser realizado considerando a bacia como um todo e não trechos isolados;
- g) Valorização dos mecanismos naturais de escoamento na bacia hidrográfica, preservando, quando possível os canais naturais;
- h) Integrar o planejamento setorial de drenagem urbana, esgotamento sanitário e resíduo sólido;
- i) Os meios de implantação do controle de enchentes são o Plano Diretor Urbano, as Legislações Municipal/Estadual e o Manual de Drenagem;
- j) O controle permanente: o controle de enchentes é um processo permanente; não basta que se estabeleçam regulamentos e que se construam obras de proteção; é necessário estar atento as potenciais violações da legislação na expansão da ocupação do solo das áreas de risco;

k) A educação: a educação de engenheiros, arquitetos, agrônomos e geólogos, entre outros profissionais, da população e de administradores públicos é essencial para que as decisões públicas sejam tomadas conscientemente por todos;

l) Os custos da implantação das medidas estruturais e da operação e manutenção da drenagem urbana devem ser transferidos aos proprietários dos lotes, proporcionalmente a sua área impermeável, que é a geradora de volume adicional, com relação às condições naturais;

m) O conjunto destes princípios prioriza o controle do escoamento urbano na fonte distribuindo as medidas para aqueles que produzem o aumento do escoamento e a contaminação das águas pluviais.

Espera-se alcançar com o Plano uma modernização do serviço público de drenagem por meio da adoção de novos paradigmas ambientais. O plano Diretor de Águas Pluviais deve ser visto como um processo dinâmico, social, conduzido de forma sistemática e disciplinada capaz de contemplar as realidades urbanas e, ao mesmo tempo, atender as necessidades da população.

2.3 INUNDAÇÕES URBANAS

A inundação ocorre quando as águas dos rios, riachos e galerias pluviais saem do leito de escoamento devido à falta de capacidade de transporte de um destes sistemas e ocupam áreas onde a população utiliza para moradia, transporte (ruas, rodovias e passeios), recreação, comércio, indústrias, entre outros (TUCCI, 2005).

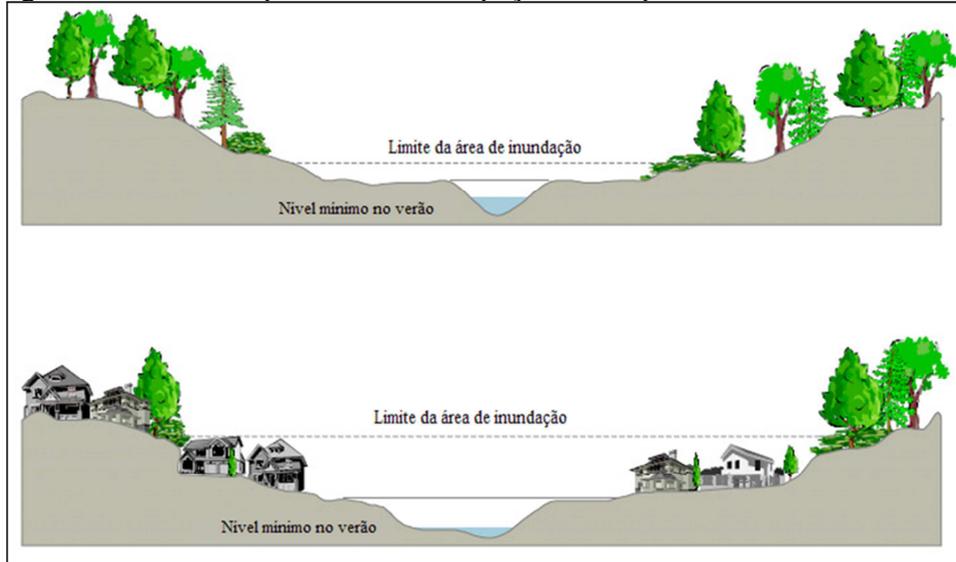
Uma inundação acontece devido a um excedente de precipitação que não foi suficientemente absorvido pelo solo e pelos dispositivos de drenagem, podendo ser intensificada pela ação do homem.

Segundo Tucci (2003) as inundações podem ser decorrentes de dois processos, que ocorrem isoladamente ou de forma integrada: inundações de áreas ribeirinhas e inundações devido à urbanização.

As inundações de áreas ribeirinhas são decorrentes de um processo natural do ciclo hidrológico, no qual o rio escoar pelo seu leito maior, de acordo com os eventos de precipitações extremas e do escoamento na bacia hidrográfica. Para Tucci (1995) esse tipo de inundação ocorre geralmente em grandes bacias, maiores que 1000 km² e seus impactos são

causados, principalmente, pela ocupação inadequada do espaço urbano, conforme apresentado, de forma esquemática, na Figura 19.

Figura 19 - Visão esquemática da ocupação inadequada nas áreas ribeirinhas



Fonte: Schueler (1987, apud COELHO, 2011)

Baptista (2005, apud COELHO, 2011) acrescenta que esta ocupação desordenada ocorre, sobretudo, quando os municípios não incluem no Plano Diretor, zoneamentos que contemplem uma análise de áreas de risco de inundação. Essas áreas são, normalmente, ocupadas por populações de baixa renda que, por falta de opção, adquirem uma maior vulnerabilidade aos efeitos trazidos pela inundação.

As inundações resultantes da urbanização ocorrem devido aos fatores provenientes do desenvolvimento urbano. Com a urbanização, ocorre à impermeabilização do solo, dessa forma, a parcela de água que infiltrava no solo passa a escoar pelos condutos, aumentando o seu escoamento superficial.

Tucci (2005) destaca que o desenvolvimento urbano pode também produzir obstruções ao escoamento, como aterros, pontes, drenagens inadequadas, obstruções ao escoamento junto a condutos e assoreamento. Para o autor essas inundações ocorrem geralmente em pequenas bacias inferiores a 100 km², sendo vista como inundações locais.

2.3.1 Impactos devido à Urbanização

O desenvolvimento urbano tem produzido um aumento significativo na frequência das inundações. No Brasil, o processo de urbanização se intensificou a partir da década de 60,

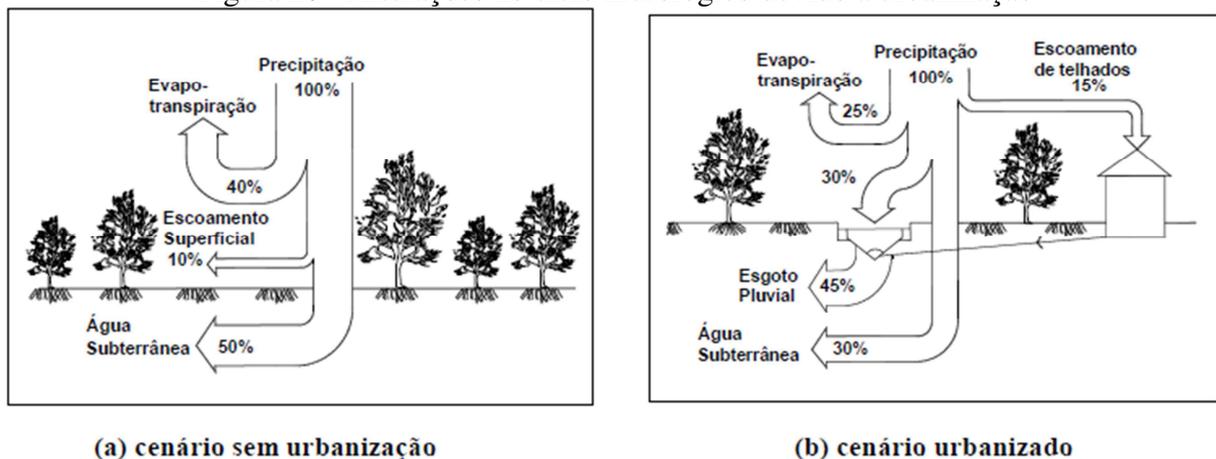
caracterizando-se por apresentar uma forma desorganizada e acelerada, sem qualquer planejamento ambiental, gerando uma infraestrutura inadequada e diversos prejuízos a população.

A urbanização modifica a cobertura vegetal provocando vários efeitos que alteram os componentes do ciclo hidrológico e o balanço hídrico da bacia hidrográfica, como ilustrado na Figura 20. Tucci (2006) comenta as seguintes alterações no ciclo hidrológico:

- a) Redução da infiltração no solo;
- b) Aumento do escoamento superficial;
- c) Redução do nível do lençol freático, já que com a redução da infiltração tende a diminuir o escoamento subterrâneo e a alimentação dos aquíferos;
- d) Redução da evapotranspiração, devido à substituição da cobertura vegetal.

O mesmo autor comenta que com a urbanização aumenta-se a construção de dispositivos de drenagem para o escoamento superficial, reduzindo o tempo de deslocamento e aumentando a velocidade de escoamento e, conseqüentemente, ocorre o aumento das vazões máximas, antecipando seu pico no tempo. Leopold (1968, apud TUCCI, 2006) analisou o impacto quantitativo sobre a vazão máxima para uma bacia de 1m² e concluiu que as vazões máximas em uma bacia urbanizada pode aumentar em até 6 vezes se comparado com a vazão de uma bacia em condições normais.

Figura 20 - Alterações no ciclo hidrológico devido à urbanização



Fonte: Tucci (2005 apud COELHO, 2011)

A urbanização, também, pode afetar seriamente o aumento da produção de sedimentos, devido às construções, limpeza de terrenos para novos loteamentos, construção de ruas, avenidas e rodovias, dentre outras causas. Tucci (2003) enfatiza que as principais conseqüências ambientais da produção de sedimentos são o assoreamento da drenagem com

redução da capacidade de escoamentos de condutos, rios e lagos urbanos e o transporte de poluente agregado ao sedimento, que acaba contaminando as águas pluviais.

Tucci (2003) destaca, também, os impactos à qualidade da água, já que a quantidade de materiais suspensos na drenagem pluvial é superior à encontrada no esgoto em natura, sendo um volume mais significativo no início das enchentes.

O mesmo autor comenta que os principais poluentes encontrados no escoamento superficial urbano são os sedimentos, nutrientes, substâncias que consomem oxigênio, metais pesados, hidrocarbonetos de petróleo, bactérias e vírus patogênicos. À medida que a água pluvial escoar pela superfície urbanizada, ela lava essas superfícies, transportando estes poluentes e contaminando os corpos receptores.

Outro impacto decorrente da impermeabilização do solo pode ser observado, como o aumento da temperatura onde predomina o asfalto e o concreto. As superfícies impermeáveis absorvem parte da energia solar aumentando a temperatura e produzindo ilhas de calor nos centros urbanos.

O Quadro 2 apresenta um resumo dos impactos da urbanização e seus efeitos na bacia metropolitana.

Quadro 2 - Causas e efeitos da urbanização sobre a bacia metropolitana

Impactos	Efeitos
Impermeabilização	Aumento da vazão de cheia. Aceleração dos picos das cheias. Diminuição da vazão de estiagem.
Redes de Drenagem	Maiores picos a jusante.
Lixo	Degradação da qualidade da água. Entupimento de bueiros e galerias. Degradação da qualidade da água. Moléstias de veiculação hídrica.
Redes de esgotos deficientes	Enchentes agravam os efeitos devido à contaminação da várzea de inundação.
Desmatamento e Desenvolvimento Indisciplinado	Maiores picos e volumes. Mais erosão. Assoreamento em canais e galerias.
Ocupação das várzeas	Maiores prejuízos. Maiores picos. Maiores custos de utilidades públicas.

Fonte: Coelho (2011)

Devido a tais impactos, é necessário um conjunto de medidas e ações para promover o controle das inundações urbanas.

2.3.2 Medidas de Controle das Inundações

As medidas de controle que visam minimizar os danos das inundações são classificadas em medidas estruturais e medidas não estruturais.

Para Canholi (2005), as medidas estruturais correspondem às obras que podem ser implantadas visando à correção e/ou a prevenção dos problemas decorrentes das inundações. Por sua vez, as medidas não estruturais são aquelas em que se procura reduzir os danos ou consequência das inundações, por meio de normas, regulamentos e programas que visem, por exemplo, ao disciplinamento do uso e ocupação do solo, à implementação de sistemas de alerta e conscientização da população para a manutenção dos dispositivos de drenagem.

As medidas estruturais e não estruturais adotadas separadamente não poderão controlar totalmente as inundações. Para o controle de inundações eficiente, é necessária a associação dessas medidas, de modo que garanta a população o mínimo prejuízo possível. No Brasil, não existe um programa de controle de inundações que envolvam todos os seus aspectos, nota-se que apenas algumas cidades brasileiras possuem ações isoladas implementadas em seus planos diretores.

a) Medidas Estruturais

As medidas estruturais são obras de engenharia implementadas para reduzir o risco de enchentes. Para Tucci (2007), essas medidas podem ser caracterizadas em medidas intensivas e medidas extensivas, como ilustrado na Tabela 15.

Para o autor, as medidas extensivas são aquelas que agem na bacia, procurando modificar as relações entre precipitação e vazão, como a alteração da cobertura vegetal do solo, que reduz e retarda os picos de enchente e controla a erosão da bacia.

Canholi (2005) define as medidas intensivas, de acordo com o seu objetivo, podendo ser: de aceleração do escoamento, como as obras de canalização; de retardamento do fluxo, como os reservatórios de detenção e retenção e as obras de restauração de calhas naturais; e de desvio do escoamento, como os túneis de derivação e canais de desvio.

b) Medidas Não Estruturais

Segundo Canholi (2005), as medidas não estruturais procuram disciplinar a ocupação territorial e o comportamento de consumo das pessoas e atividades econômicas. Para o autor as medidas não estruturais de inundações podem ser agrupadas em: ações de regulamentação do uso e ocupação do solo; educação ambiental voltada ao controle da poluição difusa, erosão e lixo; seguro-enchente; e sistemas de alerta e previsão de inundações.

Tabela 15 - Medidas Estruturais para o controle das inundações

Medida	Vantagens	Desvantagens	Aplicação
<i>Medidas extensivas</i>			
Controle da cobertura vegetal	Redução do pico de cheia e do escoamento superficial	Impraticável para grandes áreas	Pequenas bacias
Controle da erosão do solo	Redução do assoreamento		
<i>Medidas intensivas</i>			
Diques e polders	Alto grau de proteção de uma área específica	Deve-se evitar a utilização em desníveis altos devido aos riscos de falha	Grandes rios
Melhoria do Canal			
Redução da rugosidade por desobstrução	Aumento da vazão com pouco investimento	Efeito localizado	Pequenos rios
Corte de meandros	Ampliação da área protegida e aceleração do escoamento	Impacto negativo em rio com fundo aluvionar	Área de inundação estreita
Reservatório			
Todos os reservatórios	Controle das cheias a jusante do reservatório	Localização difícil devido à desapropriação das áreas	Bacias intermediárias
Reservatórios com comporta	Mais eficiente com o mesmo volume	Vulnerável a erros humanos	Projetos de usos múltiplos
Reservatório para cheias	Operação com mínimo de perdas	Custo não partilhado	Restrito ao controle de enchentes
Mudança de Canal			
Caminho das cheias	Amortecimento de volume	Depende da topografia	Grandes bacias
Desvios	Redução da vazão do canal principal		Bacias médias e grandes

Fonte: Adaptado de Simons et al. (1977, apud TUCCI, 2003)

As ações de regulamentação do uso e ocupação do solo preveem o zoneamento das áreas sujeitas a inundações em função do risco. Esta regulamentação deve ficar contida dentro do Plano Diretor da cidade, assim será possível regulamentar as áreas para construção ou implantação de possíveis obras de proteção individual, assim como delimitar as áreas que podem ser desapropriadas. Estas ações visam prevenir contra os fatores que ampliam o escoamento pluvial, representados pela impermeabilização intensiva do solo e pela ocupação inadequada das áreas inundáveis.

A educação ambiental tem o objetivo de promover campanhas, ações educativas que visem à conscientização da sociedade quanto à prevenção do meio ambiente. É preciso atingir um nível de comprometimento da população com respeito aos problemas e soluções da drenagem urbana. Esta ação tem a finalidade de conservar as margens dos rios, evitar a poluição dos canais urbanos, reduzir a quantidade de lixo nas ruas que acabam obstruindo os dispositivos de drenagem e causando alagamentos, assim como evitar a ocupação inadequada das áreas ribeirinhas.

O seguro e a proteção individual contra inundações permitem aos indivíduos ou empresas a obtenção de uma proteção econômica para eventuais perdas decorrentes das inundações.

Conforme Canholi (2005), o sistema de previsão e alerta de inundações visam evitar o fator surpresa, que na maioria das vezes provoca vítimas fatais e grandes prejuízos pelo alagamento de vias, aprisionamento de veículos, inundação de edificações e equipamentos. O sistema de alerta facilita as ações preventivas de isolamento ou a retirada de pessoas e de bens das áreas sujeitas a inundações, bem como a adoção de desvio de tráfego.

Para Tucci (2003), a combinação destas medidas permite reduzir os impactos das inundações e melhorar o planejamento urbano das cidades. Como o zoneamento de inundação pressupõe a ocupação com risco, torna-se necessário que exista um sistema de alerta para avisar a população dos riscos durante a inundação. O seguro e a proteção individual são medidas complementares, importantes para minimizar os prejuízos sobre a economia da população.

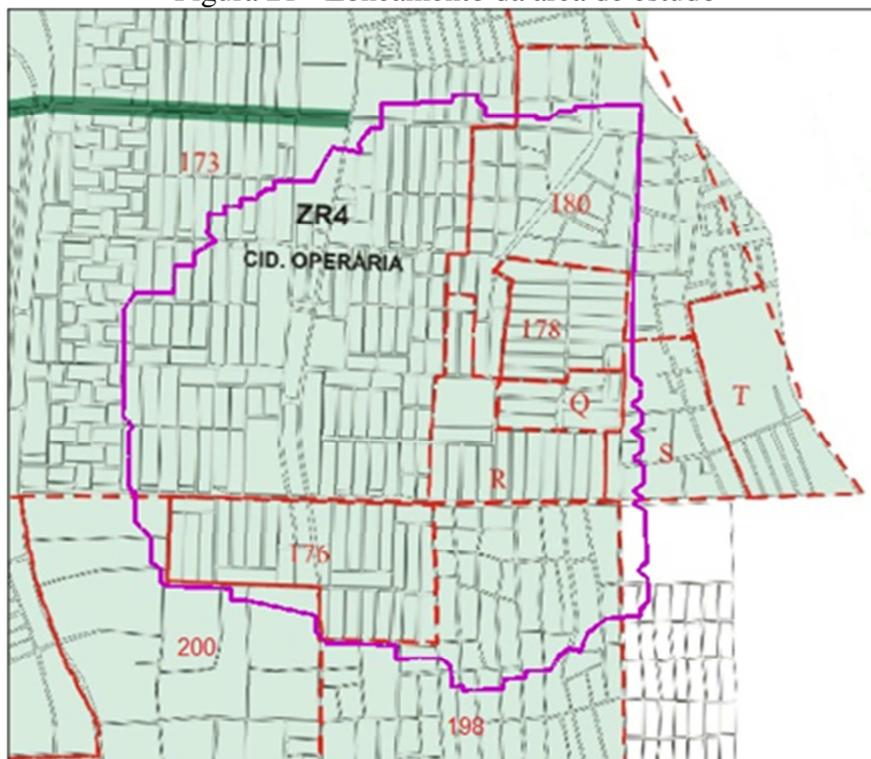
3 ÁREA DE ESTUDO

Este capítulo apresenta à caracterização da área, bem como sua localização, características, hidrologia, geologia, geomorfologia, topografia e uma pesquisa de campo na área da bacia.

3.1 CARACTERIZAÇÃO DA ÁREA

O bairro Cidade Operária encontra-se localizado na cidade de São Luís, pertencente à ilha Upaon-Açu, onde se situa a capital do Estado do Maranhão. A área de estudo foi considerada a mesma que à área de contribuição hidrográfica, totalizando uma área de aproximadamente 227,2 hectares e está compreendida na zona residencial ZR4, como ilustra a Figura 21.

Figura 21 - Zoneamento da área de estudo



Fonte: Prefeitura de São Luís – IPLAN (2002)

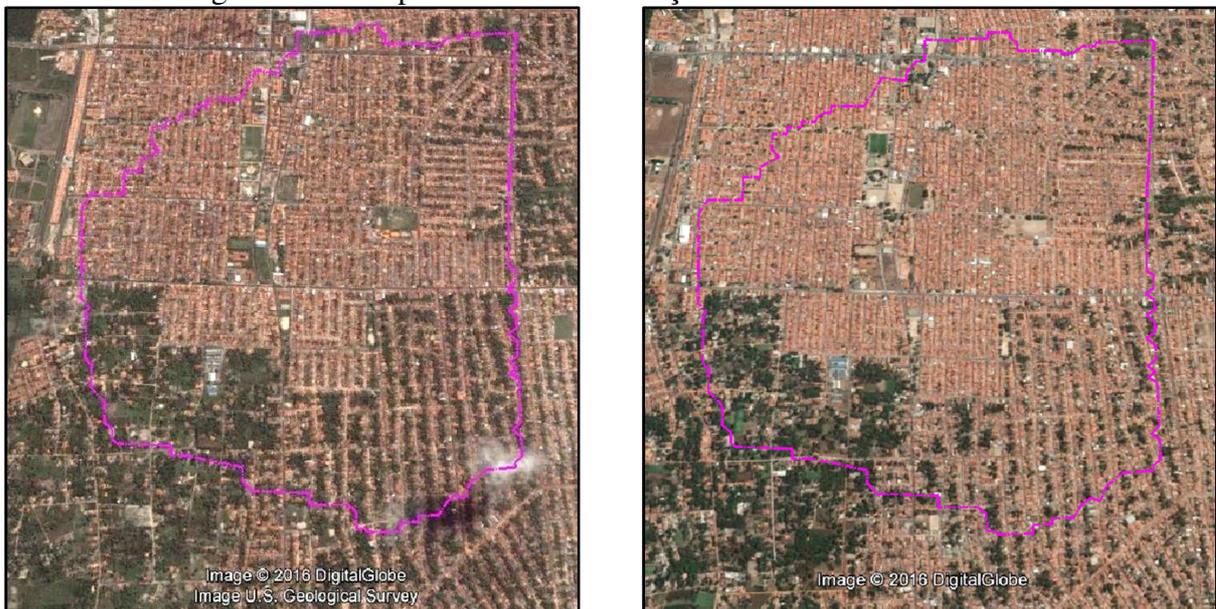
A bacia de contribuição em estudo compreende os seguintes bairros limítrofes ao Bairro da Cidade Operária (limite 173), de acordo com o macrozoneamento da cidade de São Luís (Figura 17): a delimitação 180 compreende ao bairro da Santa Efigênia; o 178 ao bairro do Recanto dos Pássaros; o 176 ao bairro do Jardim América; o 198 corresponde ao bairro da

Vila Janaína; a delimitação R compreende ao bairro Jardim América Central; o Q ao bairro da Vila América; a área de estudo ainda compreende uma pequena parcela da delimitação S referente ao bairro da Vila Jeniparana e da delimitação 200 correspondente ao bairro Santa Clara.

O bairro da Cidade Operária surgiu como um conjunto habitacional popular na década de 80, com recursos do Banco Nacional de Habitação (BNH). Com o desenvolvimento urbano, principalmente dos setores de prestação de serviços, e o crescimento populacional desordenado e acelerado, este conjunto sofreu uma grande expansão, dando origem a outros bairros limítrofes como a Santa Clara, Santa Efigênia, Jardim América, Cidade Olímpica, Jardim Tropical, Vila América, Recanto dos Pássaros, Jardim São Cristóvão, dentre outros. Apresentando áreas sem infraestrutura, planejamento urbano e saneamento básico de qualidade à população (CORREA, 2013).

A área em estudo caracteriza-se por apresentar um uso e ocupação do solo de forma intensa, cujas áreas urbanizadas estão consolidadas, estruturadas por edificações residenciais, em que predominam as classes médias e baixas, como ilustra a Figura 22 em uma comparação da urbanização da área em estudo, nos anos de 2004 e 2016.

Figura 22 - Comparativo da Urbanização nos anos de 2004 e 2016



(a) Área de estudo em 2004

(b) Área de estudo em 2016

Fonte: Adaptado de Google Earth (2016)

A ocupação causou modificações no escoamento das águas pluviais na bacia, pois à medida que as superfícies naturais vão sendo impermeabilizadas, os níveis de infiltração,

retenção e percolação do solo vão diminuindo, conseqüentemente aumentando o escoamento superficial e inviabilizando o sistema de drenagem existente.

Além do inadequado processo de ocupação e uso do solo outros fatores agravantes podem ser associados à área em estudo como a deficiência dos serviços de esgotamento sanitário e coleta de resíduos sólidos, a falta de limpeza e manutenção dos cursos d'água e dos dispositivos de drenagem existentes, a construção de edificações irregulares próximos ao canal natural da bacia de contribuição e a falta de segurança no local.

Para complementar as informações sobre a área em estudo realizou-se um pesquisa de campo por meio da aplicação de um questionário, cujo modelo está apresentado no Apêndice A. Com a aplicação do questionário coletou-se diversas informações, referente ao serviço de saneamento básico da área.

3.1.1 Pesquisa de Campo

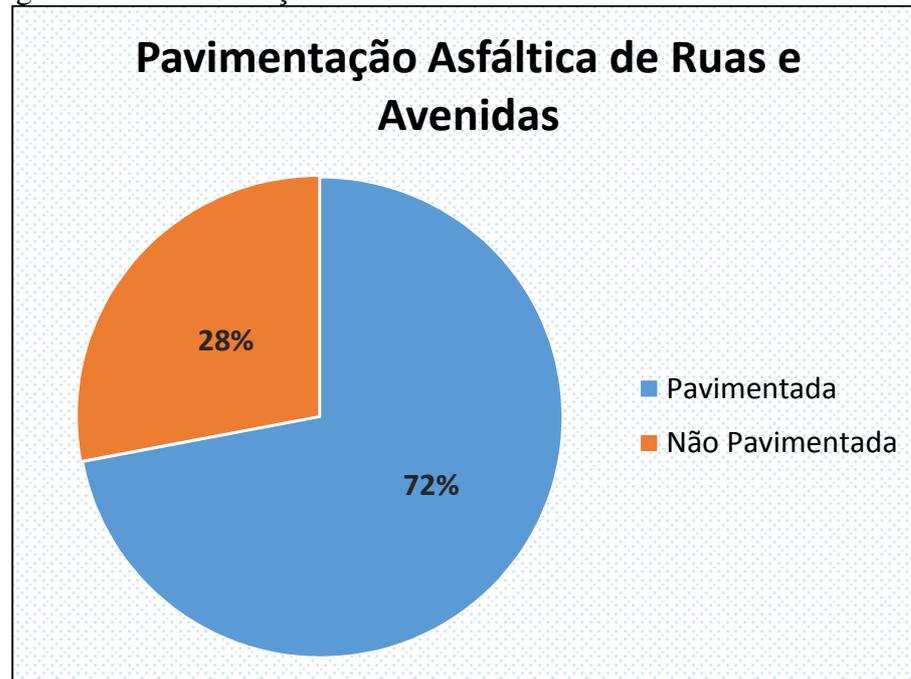
A pesquisa de campo foi desenvolvida no dia 15 de novembro de 2016, nos bairros pertencentes à bacia de contribuição em estudo. Devido a grande abrangência da área, foram selecionadas algumas ruas dos bairros da bacia de contribuição tendo o cuidado para serem representativas do problema em estudo.

O objetivo desta pesquisa é o de proporcionar uma melhor caracterização da área em estudo, a partir de informações coletadas que irão demonstrar a situação do sistema de saneamento básico existente e dados sobre as características que podem gerar inundações no local. Para a pesquisa foi determinado um espaço amostral total de 50 residências.

Em relação à pavimentação das vias, essas são quase que em sua totalidade pavimentadas, sendo que em algumas são de baixa qualidade. Apresenta poucos trechos em que a pavimentação não é asfáltica, cerca de 28%, de acordo com os dados da pesquisa, como mostra a Figura 23 .

Como já abordado anteriormente, a pavimentação aumenta o escoamento superficial, já que esta impermeabiliza o solo, diminuindo sua taxa de infiltração. A pavimentação asfáltica gera qualidade de vida, no entanto, sem um sistema de drenagem eficiente implantado na via pavimentada, em pouco tempo esta precisará de manutenção e os problemas com acúmulo de água e defeitos no pavimento serão frequentes, como ilustra a Figura 24.

Figura 23 - Pavimentação Asfáltica de Ruas e Avenidas na área em estudo



Fonte: Dados da Pesquisa (2016)

Figura 24 - Sistema de drenagem insuficiente da Avenida Tancredo Neves



Fonte: Autora (2016)

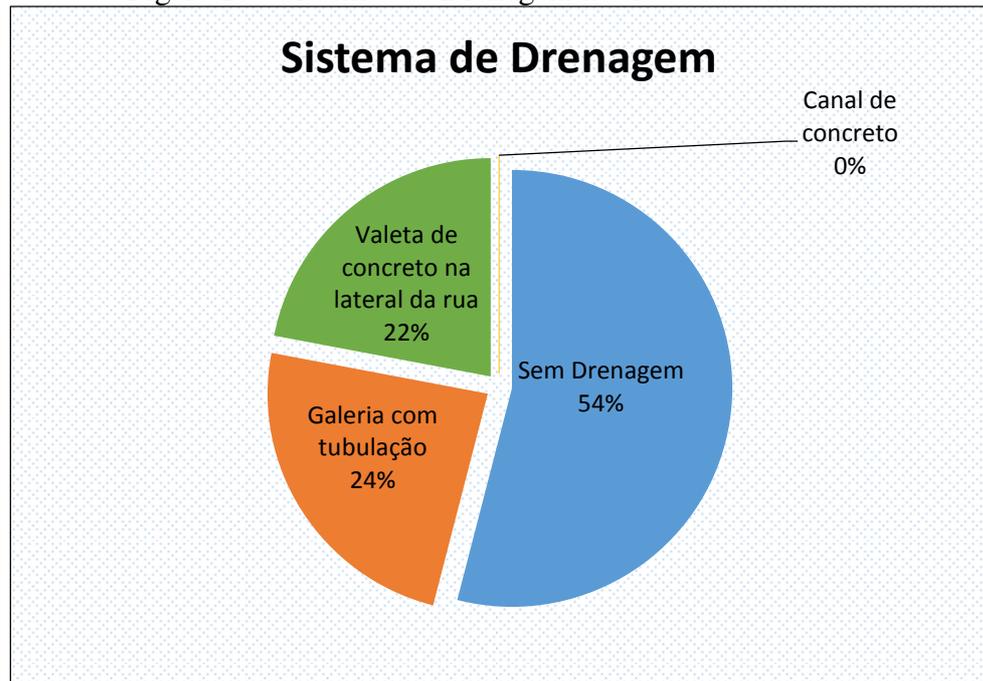
De acordo com os dados da pesquisa, cerca de 54% da área em estudo não possui uma rede de drenagem, gerando enormes prejuízos á população. Já que a água escoá pelas ruas e avenidas deixando as áreas mais baixas da cidade sujeitas a inundações.

A Figura 25 ilustra o sistema de drenagem existente na área em estudo, sendo que deve-se destacar que apenas 24% da área possui uma rede de galeria com tubulação e 22%

possui apenas uma drenagem superficial, com uma valeta de concreto servindo de canal de escoamento das águas dos deflúvios pluviais na lateral das ruas.

A de se ressaltar que para um sistema de drenagem ser eficiente, o mesmo deve ser considerado desde o início do planejamento da cidade, e o sistema de drenagem existente não é suficiente para atender as necessidades de toda a área em estudo.

Figura 25 - Sistemas de Drenagem na área de estudo

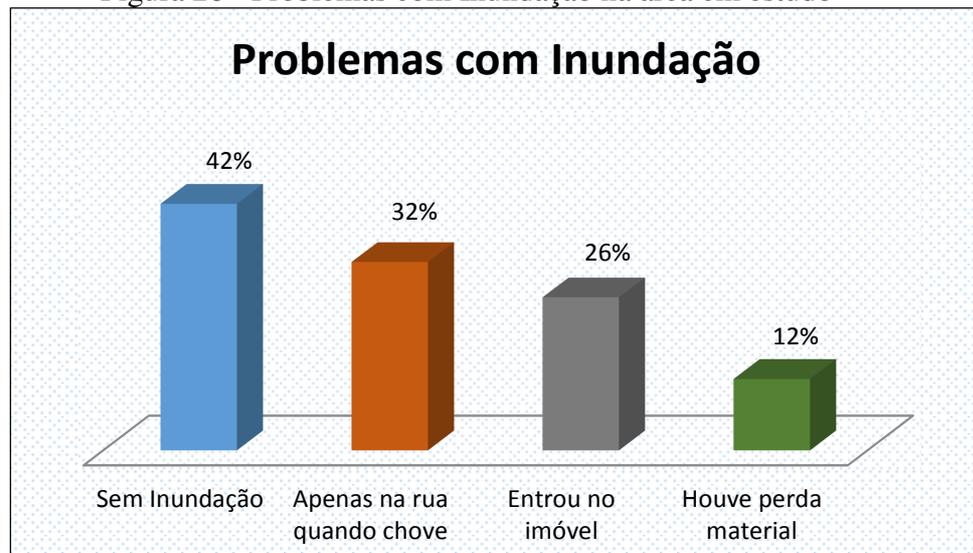


Fonte: Dados da Pesquisa (2016)

De acordo com a pesquisa realizada, sempre que chove os moradores das áreas mais baixas da área em estudo sofrem com os problemas de inundação, como mostra a Figura 26. Os deflúvios das partes mais altas escoam pelas ruas e dispositivos de drenagens superficiais para a jusante da bacia, deixando essas áreas sujeitas a alagamentos, já que ocorre um aumento no pico das vazões e aceleração do escoamento devido à impermeabilização do solo.

Como o sistema de drenagem é insuficiente e não possui qualquer tipo de manutenção e limpeza como ilustra a Figura 27 (a), os moradores ficam sujeitos a inundações nos seus imóveis, cerca de 26%, acabando por sofrer prejuízos materiais devido à falta de um sistema de drenagem de qualidade.

Figura 26 - Problemas com Inundação na área em estudo

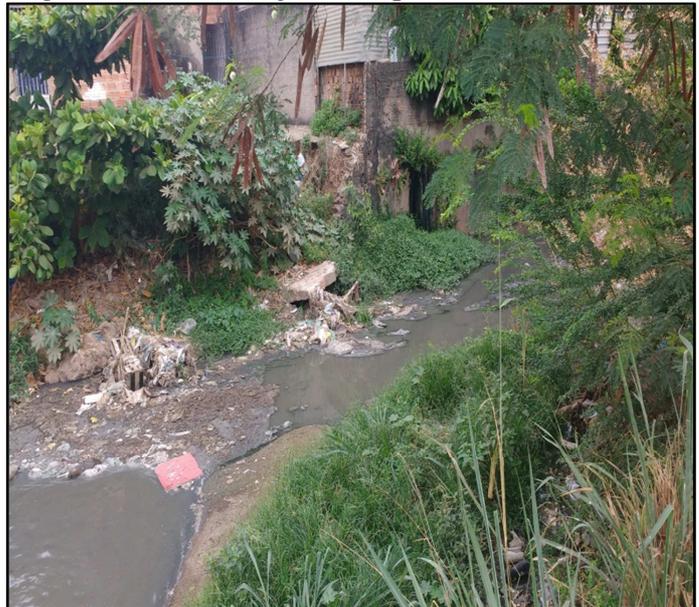


Fonte: Dados da Pesquisa (2016)

Figura 27 - Rede de drenagem sem manutenção e limpeza



(a) Acúmulo de lixo na sarjeta

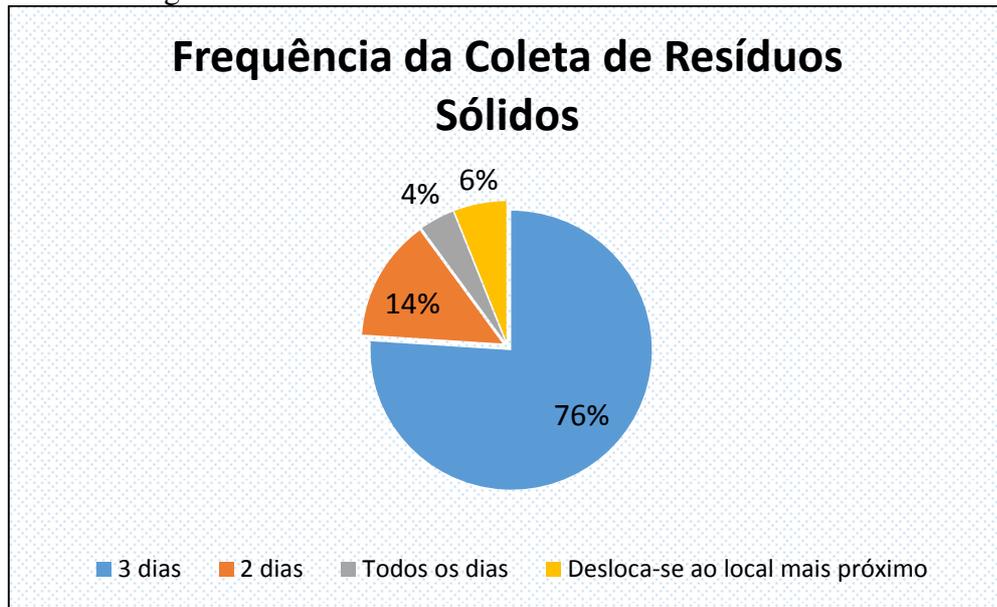


(b) Problemas de poluição no canal natural

Fonte: Autora (2016)

O canal natural da bacia em estudo encontra-se com certo nível de poluição, como mostra a imagem da Figura 27 (b). Na pesquisa realizada, sobre a coleta de resíduos sólidos na área em estudo, obtiveram-se as informações sobre a frequência da coleta, como mostra a Figura 28. A coleta dos resíduos sólidos é feita geralmente 3 vezes na semana e em algumas ruas mais estreitas e sem saída, os moradores se deslocam para o local de coleta de lixo mais próximo.

Figura 28 - Coleta de Resíduos Sólidos da área em estudo



Fonte: Dados da Pesquisa (2016)

3.1.2 Geologia e Geomorfologia

Segundo Espírito Santo (2006), as principais formações geológicas da cidade de São Luís, onde está inserida a área de estudo, são a Formação Itapecuru e os Depósitos Eólicos.

A Formação Itapecuru é a mais importante, datada do Cretáceo Superior, abrangendo cerca de 50% do território do Estado e assume uma posição de destaque. Apresenta morfologia típica representada por topografia de baixas altitudes, numa faixa de 30 a 60m. E é composta por sedimentos com alto grau de intemperização, normalmente arenosos e siltsos, que apresentam uma baixa capacidade de troca catiônica (CTC) e, conseqüentemente, baixa fertilidade química dos solos (MOURA, 2004 apud ESPÍRITO SANTO, 2006).

Os Depósitos Eólicos constituem ambientes de sedimentação mais recentes que a Formação Itapecuru e apresentam uma forte presença de areia (quartzo) que dá aos solos uma baixa fertilidade química, ou seja, uma baixa aptidão para a agricultura (ESPÍRITO SANTO, 2006).

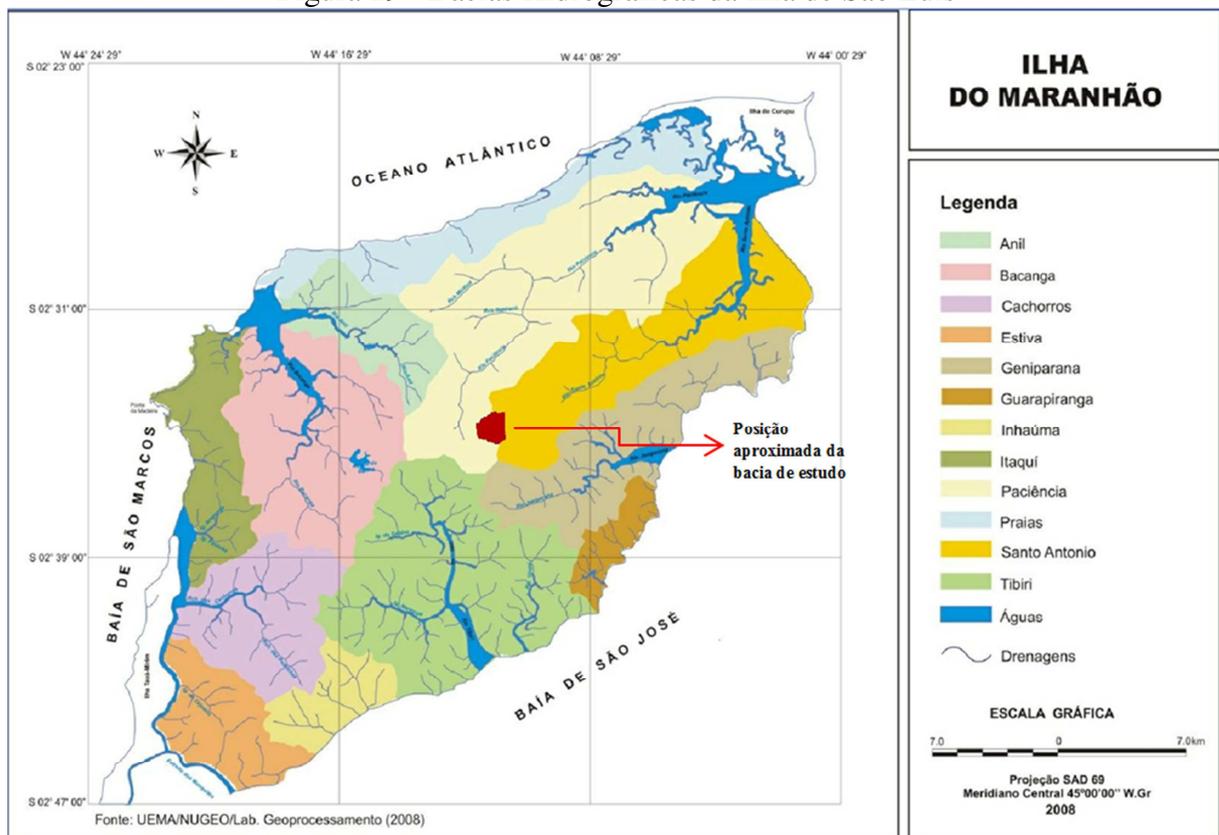
Para o autor a cidade de São Luís esta situada em toda a sua extensão no domínio geomorfológico Golfão Maranhense. De acordo com o Atlas do Maranhão (2000) o Golfão Maranhense é uma área resultante do intenso trabalho de erosão fluvial do Quaternário

Antigo, posteriormente colmada, originando uma planície de aluviais, ilhas, lagoas e rios divagantes.

3.1.3 Hidrologia

A área da bacia hidrográfica de estudo está inserida no limite da bacia do Santo Antônio com a bacia do Paciência, como ilustra a Figura 29, contendo a hidrografia da Ilha de São Luís, composta por 13 bacias hidrográficas.

Figura 29 - Bacias Hidrográficas da Ilha de São Luís



Fonte: Adaptado de Albuquerque (2014)

A bacia em estudo encontra-se urbanizada, apresenta como seu principal componente hídrico um canal natural que inicia-se próximo a Avenida Carcará. A situação socioambiental deste canal é preocupante, pois encontra-se assoreado, com acúmulos de lixo e rejeitos advindos do sistema de esgoto e edificações irregulares nas suas encostas, como pode-se observar na Figura 30.

Figura 30 - Ocupação na margem do canal natural



Fonte: Autora (2016)

Há de ressaltar que, em uma bacia hidrográfica, tudo o que é gerado de contribuições superficiais é escoado pelo sistema de drenagem até sua parte mais baixa. No exutório da bacia em estudo, encontra-se o canal natural, onde deságuam as contribuições dos deflúvios pluviais, como visto na Figura 31.

Figura 31 - Desague de um bueiro no canal natural



Fonte: Autora (2016)

3.1.4 Topografia

A topografia descreve o relevo de uma localidade. Os dados topográficos da área em estudo foram extraídos do levantamento Aerofotogramétrico realizado pela Aerocarta, em uma escala de 1:2000, fornecido pela empresa MC Engenharia Ltda. Esse levantamento contém as curvas de nível e pontos cotados, necessários para determinação das bacias e sub bacias de contribuições. O Mapa 1 mostra a localização da bacia com suas respectivas curvas de níveis.

A partir da análise das curvas de nível foi possível representar as diferentes altitudes do terreno da área em estudo através de um mapa Hipsométrico, que representa o relevo por meio de diferentes tonalidades de cores para intervalos de altitude. O mapa 02 mostra o Mapa Hipsométrico da bacia em estudo.

Como pode-se observar através da análise dos mapas, as curvas de nível estão bem próximas, logo o terreno apresenta um declive um pouco acentuado, na qual o ponto mais alto encontra-se na curva 60 e o mais baixo na curva 35. Nota-se também, que as curvas de maior altitude envolvem as curvas de menor altitude, logo foi possível observar o talvegue da bacia de contribuição hidrográfica, muito importante nas obras de drenagem, pois as águas de chuva se concentram e descem pelo talvegue da bacia.

4 METODOLOGIA

4.1 TIPO DE PESQUISA

O presente trabalho se caracteriza como uma pesquisa analítico-explicativa que irá analisar e estudar os problemas de drenagem pluvial existentes na sub bacia do bairro da Cidade Operária. Do ponto de vista dos procedimentos técnicos este trabalho se enquadra em um estudo de caso já que visa analisar as possíveis causas desse fenômeno e propor uma solução e futuras intervenções no sistema de drenagem da área de estudo.

4.2 COLETA E ANÁLISE DE DADOS

A coleta de dados foi executada a partir de plantas do levantamento planialtimétrico, extraídos do levantamento Aerofotogramétrico realizado pela Aerocarta em uma escala de 1:2000, fornecidas pela empresa MC Engenharia, para fins acadêmicos deste trabalho de conclusão de curso.

Inicialmente para se delimitar a área de estudo do trabalho foram feitas visitas de reconhecimento do local e uma análise das plantas do levantamento planialtimétrico. A planta possui informações com os pontos cotados nas ruas, logo foi possível verificar os sentidos preferenciais de escoamentos em todos os cruzamentos de ruas.

A partir dessas observações foi possível identificar a delimitação da bacia de contribuição hidrográfica da área, bem como a delimitação das sub bacias de contribuição, utilizadas para o dimensionamento do sistema de drenagem que está apresentado e podem ser observadas no Mapa 1.

4.3 ESTUDOS HIDROLÓGICOS

Os estudos hidrológicos têm como objetivo a determinação dos elementos necessários ao dimensionamento da vazão dos dispositivos de drenagem, como os dados de precipitação e intensidade de chuva.

4.3.1 Coleta de Dados

Para a coleta de dados, inicialmente analisaram-se os dados referentes ao posto São Luís disponível no website da ANA (Agência Nacional de Águas), foram coletadas as informações publicadas mais recentemente referentes ao ano de 2015. Os dados de informação do posto podem ser obtidos na Tabela 16, disponibilizados no serviço do site da ANA denominado HidroWeb.

Dados do Posto	
Código	00244006
Nome	São Luís
Código Adicional	82280
Bacia	Atlântico, Trecho Norte/Nordeste (3)
Estado	Maranhão
Município	São Luís
Responsável / Operadora	INMET
Período de Observação	1980 a 2015
Nº de anos com dados	36

Fonte: Agência Nacional de Águas (2016)

a) Pluviometria

Para a determinação da precipitação e das curvas de intensidade-duração-frequência adotados neste trabalho, foram utilizados os dados hidrológicos disponibilizados pela ANA.

A Tabela 17 apresenta a precipitação total mensal média dos 36 anos de coleta de dados, referentes ao período entre 1980 a 2015.

Posto: São Luís - 00244006	
Anos	1980 a 2015
Informações	Precipitação Total Mensal Média (mm)
Janeiro	219,3
Fevereiro	327,3
Março	442
Abril	442,4
Mai	307,1
Junho	178,5

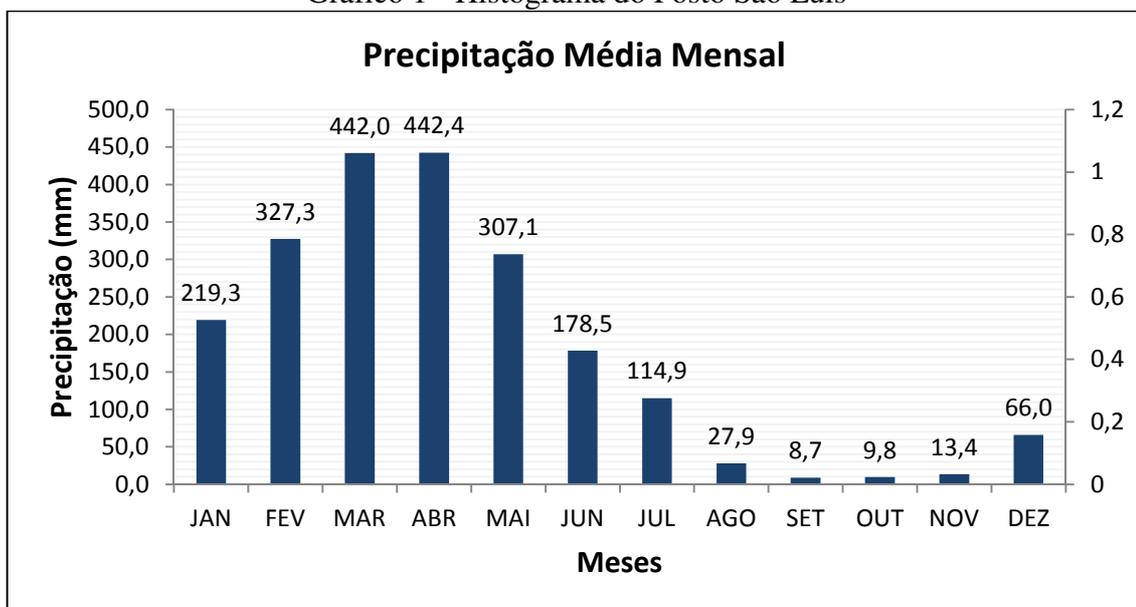
Julho	114,9
Agosto	27,9
Setembro	8,7
Outubro	9,8
Novembro	13,4
Dezembro	66

Fonte: Agência Nacional de Águas – ANA (2016)

O clima da cidade de São Luís é do tipo Aw, Tropical chuvoso, segundo classificação de Koeppen. Apresenta precipitações pluviométricas médias anuais de aproximadamente 200mm (ESPÍRITO SANTO, 2006).

O histograma apresentado no Gráfico 1 mostra as precipitações totais mensais médias, nos anos de 1980 a 2015.

Gráfico 1 - Histograma do Posto São Luís



Fonte: Agência Nacional de Águas – ANA (2016)

Pode-se observar através do histograma acima que as precipitações na cidade de São Luís variam bastante e que os períodos de maiores precipitações são dos meses de Janeiro a Julho, caracterizando este período como uma estação chuvosa.

Os dados históricos de pluviometria da cidade de São Luís, dados atualizados entre 1980 a 2015, caracterizam os meses de março e abril como sendo os de maiores índices pluviométricos, com uma precipitação média mensal de 442,0 mm e 442,4, respectivamente.

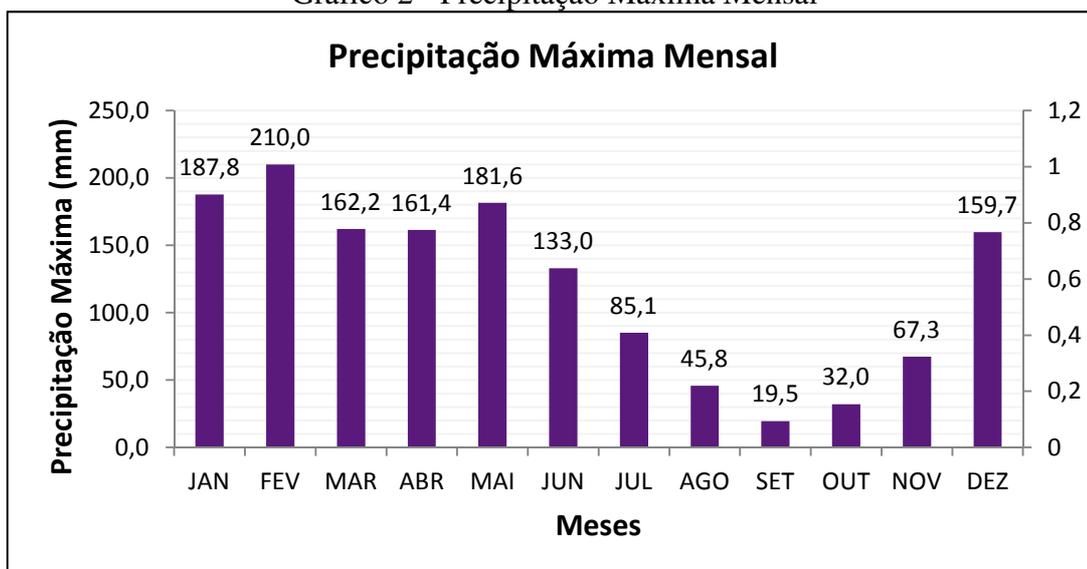
4.3.2 Determinação da Precipitação Máxima

Para a determinação das precipitações máximas deste trabalho, foi utilizado o Método das Isozonas do posto pluviométrico de São Luís, de acordo com o método do Jaime Taborga Torrico.

A Tabela 18 apresenta as séries históricas com dados pluviométricos do Posto São Luís, com informações das precipitações máximas diárias do período de 1980 a 2015.

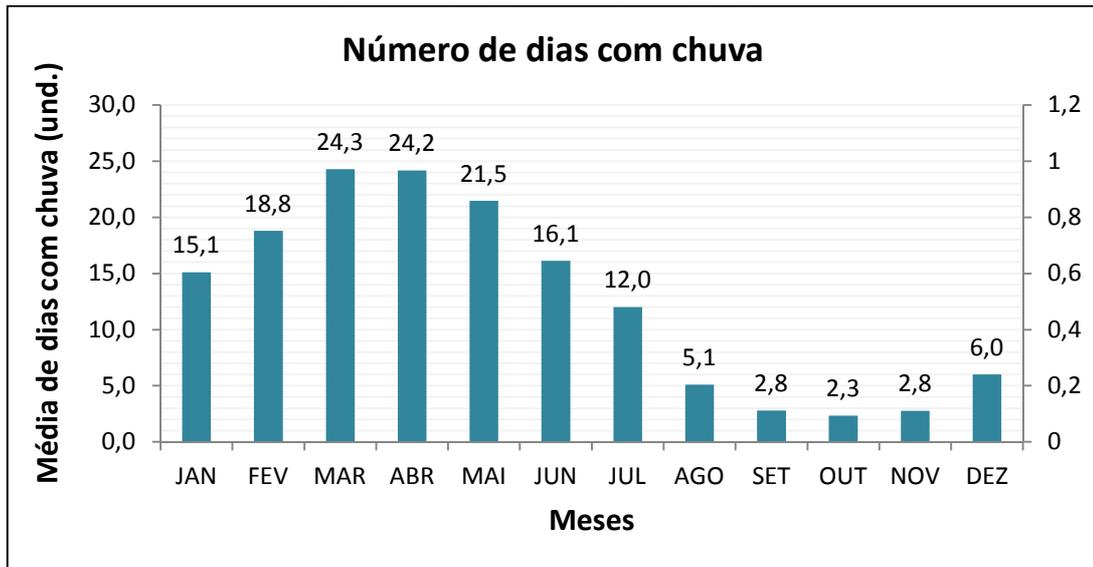
A partir dos dados pluviométricos apresentados, foram obtidos os histogramas que representam as precipitações máximas mensais (Gráfico 2), na qual foi constatado que a maior precipitação diária foi no mês de fevereiro, e os números de dias com chuvas (Gráfico 3), onde os meses de março e abril apresentaram os maiores números de dias com chuva.

Gráfico 2 - Precipitação Máxima Mensal



Fonte: Agência Nacional de Águas – ANA (2016)

Gráfico 3 - Número de dias com chuvas



Fonte: Agência Nacional de Águas – ANA (2016)

Tabela 18 – Série Histórica do período de 1980 a 2015 do posto São Luís

DADOS PLUVIOMÉTRICOS - SÉRIE HISTÓRICA														
POSTO: São Luís		Número: 00244006				Latitude: - 02°53'0"				Longitude: -44°21'0"				
		Município: São Luís				Estado: Maranhão				Fonte: ANA				
ANO	INFORMAÇÕES	JAN	FEV	MAR	ABR	MAI	JUN	JUL	AGO	SET	OUT	NOV	DEZ	TOTAL
1980	Precipitação Total	274,4	824,7	379,5	446,7	228,3	213,8	87,6	8,5	11,2	0	1,7	2,1	2478,5
	Prec. Máxima	89,6	210	81,7	90,4	37,4	44,3	21,5	4,9	5,8	0	1	1,5	210,0
	Dias de chuva	10	24	23	25	19	16	10	5	2	0	4	4	142,0
1981	Precipitação Total	75,9	161,5	350,3	265	372,3	82	71,6	0,7	0	0	0	139,5	1518,8
	Prec. Máxima	35	58	75,1	61	56,5	39,1	55,6	0,7	0	0	0	126,5	126,5
	Dias de chuva	13	12	19	20	27	10	6	1	0	0	0	6	114,0
1982	Precipitação Total	302	477,1	356,6	468,6	146,2	119,9	12,6	19,7	8,6	2,1	11,6	1,7	1926,7
	Prec. Máxima	79	71,1	63,6	66,5	31,3	37,6	7,1	17,8	5,6	1,4	10,2	1,6	79,0
	Dias de chuva	15	22	27	25	19	14	5	4	4	3	3	2	143,0
1983	Precipitação Total	21,7	243	156,5	245,6	49,1	76,8	2,5	1,4	0	2,4	1,2	83,5	883,7
	Prec. Máxima	9,6	120	47,8	80,9	11,8	40	1,2	0,7	0	2,2	1,2	72,3	120,0
	Dias de chuva	8	15	17	15	11	9	4	3	0	2	1	6	91,0
1984	Precipitação Total	205,9	324,3	534,2	640,8	454,5	131,8	85,8	58	17,5	26,1	13,2	59,6	2551,7
	Prec. Máxima	47,4	52,4	116	155,2	63,1	36,3	34	28,6	6	21,6	7	35	155,2
	Dias de chuva	18	25	26	30	27	17	15	4	5	7	2	4	180,0
1985	Precipitação Total	503,5	689,1	797,1	849,2	407	266,3	227,9	22,6	11,7	0,3	2,6	204	3981,3
	Prec. Máxima	139	133	150,9	161,4	76	58,2	64,6	10,4	11	0,3	2,2	52	161,4
	Dias de chuva	24	26	28	26	29	18	19	5	4	1	3	14	197,0
1986	Precipitação Total	343,4	328	732,4	749,2	172,4	225,3	155,6	21,4	23,2	37,8	1,2	33,3	2823,2
	Prec. Máxima	108,9	34,6	99	100,6	36,3	28,4	56,4	9,4	11,8	32	1	10,1	108,9
	Dias de chuva	16	0	29	28	22	20	8	5	4	3	2	9	146,0
1987	Precipitação Total	104,5	277,8	689,2	183,5	333,4	130,8	32,5	53,2	0	28	0	0,3	1833,2
	Prec. Máxima	41,2	122,2	102,9	51,6	75,8	42,5	12	45,2	0	28	0	0,3	122,2

	Dias de chuva	13	12	25	22	14	17	10	5	0	1	0	1	120,0
1988	Precipitação Total	364,5	529,9	382,2	423,4	406,4	190,1	313,5	81,5	0	3	3,2	145,7	2843,4
	Prec. Máxima	67,6	86,8	82	45,6	109,7	52,1	75,1	28,4	0	3	1,8	42,3	109,7
	Dias de chuva	22	18	25	0	27	17	20	8	0	1	5	13	156,0
1989	Precipitação Total	205,9	228,5	280,8	562,7	389,1	322,4	235,9	60,7	33,3	29,3	71,8	335,2	2755,6
	Prec. Máxima	114,4	97,9	65,4	87,9	58,7	96,2	72	21	19,5	22,2	56,2	130,3	130,3
	Dias de chuva	11	18	0	29	27	21	15	10	4	5	4	13	157,0
1990	Precipitação Total	109,2	501,5	198,3	285,9	146,6	154,3	228,4	35,1	33,4	1	3,1	56,8	1753,6
	Prec. Máxima	23,1	149,8	32,4	59,6	30,3	41,8	85,1	13,8	17,8	1	2	47	149,8
	Dias de chuva	12	21	22	21	19	17	19	7	4	1	4	6	153,0
1991	Precipitação Total	280,1	168,9	587,9	428	341,4	244,1	94,2	19,3	0,3	3,4	0	0	2167,6
	Prec. Máxima	62,4	56,4	152,5	62,4	31,5	108,5	37,5	11	0,3	2,2	0	0	152,5
	Dias de chuva	21	19	27	26	29	21	13	2	1	5	0	0	164,0
1992	Precipitação Total	307,1	165,7	438,9	94,4	94,2	49,3	46,6	0,2	0,1	0,6	1,1	0,2	1198,4
	Prec. Máxima	78,7	40,1	126,5	24,4	59,6	37,1	33,1	0,2	0,1	0,6	1,1	0,1	126,5
	Dias de chuva	7	15	27	15	8	6	7	1	1	1	1	2	91,0
1993	Precipitação Total	102,7	264,1	406,7	189,8	199,6	96,4	102,6	12,2	0	0	0,6	262,8	1637,5
	Prec. Máxima	40	85,3	120,8	30,9	67,4	32,8	39,6	5,3	0	0	0,6	159,7	159,7
	Dias de chuva	14	17	24	20	13	10	10	7	0	0	1	9	125,0
1994	Precipitação Total	409,9	293,3	712,4	405,3	404,1	235,9	161,5	33,4	16,2	0,2	0	48	2720,2
	Prec. Máxima	62,8	66	134,4	76,2	125,3	49,1	39	9,6	9,3	0,2	0	14,8	134,4
	Dias de chuva	24	22	27	23	22	19	13	7	5	1	0	8	171,0
1995	Precipitação Total	51,3	415,4	367,2	605	457	312,3	142,9	6,5	0	2,9	81,4	28,2	2470,1
	Prec. Máxima	16,3	74,4	60,4	91,5	80,1	65,4	49,7	3	0	1,8	67,3	14,4	91,5
	Dias de chuva	16	24	22	26	28	22	13	6	0	2	3	4	166,0
1996	Precipitação Total	252,1	174,5	548,5	592,3	521,7	90,4	127,7	88,1	14,4	0,8	2,6	6,1	2419,2
	Prec. Máxima	67,6	34	79,4	117,8	124,3	19,4	40,1	34,4	10	0,4	2,6	6,1	124,3
	Dias de chuva	16	19	28	24	25	15	12	11	4	3	1	1	159,0
1997	Precipitação Total	107,1	113,4	403,2	422	267,4	16,1	20,7	0	0	0,3	41,4	29,6	1421,2
	Prec. Máxima	33,5	43,7	64,2	71,3	55,8	9,6	7,5	0	0	0,2	28,5	26	71,3
	Dias de chuva	15	11	22	23	17	6	4	0	0	2	5	6	111,0
1998	Precipitação Total	306,7	58,8	366,1	246,6	144,4	128,2	152,4	2,7	0	0	0,3	53,6	1459,8
	Prec. Máxima	80,3	19,4	66,7	41	26,4	28,2	69,5	1,8	0	0	0,3	20,3	80,3
	Dias de chuva	22	7	22	23	18	16	11	3	0	0	1	8	131,0
1999	Precipitação Total	135,7	375	660,8	474,4	241,9	171	131	44,1	0,1	1,1	0	131,1	2366,2
	Prec. Máxima	72,2	57,3	130,3	95,2	27,5	34	22,1	25	0,1	1	0	57	130,3
	Dias de chuva	11	22	30	22	27	19	13	5	1	2	0	8	160,0
2000	Precipitação Total	267,1	392,1	606	609,6	422,2	146,1	202,1	63,9	12,6	0	0,2	43,3	2765,2
	Prec. Máxima	94	109,7	159,8	76	46,8	36,9	55,6	18,7	5	0	0,2	33,4	159,8
	Dias de chuva	19	24	27	27	29	16	21	10	5	0	1	6	185,0
2001	Precipitação Total	336,2	445,4	370,7	590,1	201,8	327,2	150,2	0,5	7,4	0	6,1	44	2479,6
	Prec. Máxima	65,4	80,3	104,6	84,8	46,6	72,9	53,2	0,3	5,8	0	5,8	18,8	104,6
	Dias de chuva	22	25	23	27	16	24	16	2	3	0	3	4	165,0
2002	Precipitação Total	345,6	83,4	314,1	489,3	295,4	237	42,3	4,6	0	0	29,3	47,4	1888,4
	Prec. Máxima	66,9	19,3	61,7	75	76,4	41,8	22,1	2,5	0	0	29,2	24,2	76,4

	Dias de chuva	20	17	23	26	18	17	10	5	0	0	2	7	145,0
2003	Precipitação Total	359,1	491,1	570,2	428,8	207,7	148	64,6	34,4	5,9	0,2	4,7	55,8	2370,5
	Prec. Máxima	65,2	144,4	121,7	64,4	55,8	30	17	13,6	3,7	0,2	3	38	144,4
	Dias de chuva	15	24	28	26	18	18	13	4	3	1	3	7	160,0
2004	Precipitação Total	445,7	485,4	388	452,9	183,5	213,1	233	83,9	1,5	0	3,2	6,6	2496,8
	Prec. Máxima	118	82,8	94,6	80,8	29,5	36,6	43,4	43,6	1,4	0	2,4	4	118,0
	Dias de chuva	21	24	23	22	18	18	19	8	2	0	3	3	161,0
2005	Precipitação Total	33,1	230,8	350,4	371,4	219,6	256,5	166,4	12,8	0	0,2	4	158,1	1803,3
	Prec. Máxima	15,2	58	65,6	42,4	39,6	58,3	48,6	5,5	0	0,2	2	56,2	65,6
	Dias de chuva	6	18	26	23	23	23	12	5	0	1	3	8	148,0
2006	Precipitação Total	189,9	277,5	369,2	537,3	536,1	261,9	63,2	67	2,3	0	9,3	40,5	2354,2
	Prec. Máxima	66,8	70,2	107,9	83,2	116	108,2	22,6	45,8	1,5	0	6,8	24	116,0
	Dias de chuva	12	14	23	26	24	18	10	5	4	0	5	7	148,0
2007	Precipitação Total	16,3	545,1	457,4	348,6	286,1	61,4	136,3	0,2	2,2	1	2,4	42	1899,0
	Prec. Máxima	4,6	123,9	54	55,6	71,1	17,6	56,4	0,2	2	1	1,2	18,8	123,9
	Dias de chuva	9	25	30	22	18	8	11	1	2	1	3	4	134,0
2008	Precipitação Total	124,4	413,5	584,5	607	314,2	380	104,9	51,4	0,4	0,4	0,6	18,5	2599,8
	Prec. Máxima	27	65,3	83,4	102,2	92	133	54	21,6	0,3	0,3	0,6	10	133,0
	Dias de chuva	17	17	28	25	25	23	12	9	2	2	1	8	169,0
2009	Precipitação Total	375,8	367,2	565,4	767,1	467,7	207,6	71,8	12,3	0	0	2,6	10,3	2847,8
	Prec. Máxima	98,6	77,4	82,7	93,6	154,9	39,6	18	6,4	0	0	2,6	5,1	154,9
	Dias de chuva	18	23	25	27	27	20	15	6	0	0	1	4	166,0
2010	Precipitação Total	108,2	121,5	316,9	393,7	377,5	218,3	105,2	7	0,4	0	16,2	90,7	1755,6
	Prec. Máxima	18,6	71,3	162,2	50,4	62,7	58,8	27,2	5	0,4	0	7,5	73,3	162,2
	Dias de chuva	16	12	14	25	24	13	15	2	1	0	3	6	131,0
2011	Precipitação Total	490,3	457,4	430,9	621,7	310,8	166,8	128	38,7	0	61,6	6,5	0,6	2713,3
	Prec. Máxima	187,8	131,6	89,2	133,9	42,4	37,2	51	14,8	0	30,6	6	0,5	187,8
	Dias de chuva	17	21	25	28	26	15	12	8	0	4	2	2	160,0
2012	Precipitação Total	100,2	238,1	331,7	249,5	86,4	50,8	60,5	11,2	0,2	0	1,6	0,8	1131,0
	Prec. Máxima	48	108,3	76,1	40,8	28,2	14,6	18,8	5,8	0,2	0	1,4	0,4	108,3
	Dias de chuva	9	17	20	23	14	13	13	3	1	0	2	4	119,0
2013	Precipitação Total	60	279,2	319,1	267,8	186,3	203,4	53	15	4,4	0	13,8	40,5	1442,5
	Prec. Máxima	29	145	113,6	60,6	30,2	55,2	21,2	7,6	4,2	0	11	39,6	145,0
	Dias de chuva	14	14	22	25	17	12	4	4	2	0	5	3	122,0
2014	Precipitação Total	149,2	251	161,6	245,9	784,3	185,5	44,3	3,8	0,5	2,2	0	29,6	1857,9
	Prec. Máxima	33,2	40,4	32	47,2	181,6	51,1	14,2	2	0,5	2,2	0	25,2	181,6
	Dias de chuva	17	20	21	25	26	16	8	6	1	1	0	2	143,0
2015	Precipitação Total	30,2	90,3	425,9	367,5	399,7	106,7	76,1	0,1	1,2	19,4	64,5	59,3	1640,9
	Prec. Máxima	19	23,6	76	49,6	98,2	19,8	26,4	0,1	1	17	31	28,4	98,2
	Dias de chuva	4	14	22	26	22	17	14	1	2	4	6	11	143,0
	Nº de Anos com Dados	36	36	36	36	36	36	36	36	36	36	36	36	-
	Precipitação Total Mensal Média	219,3	327,3	442,0	442,4	307,1	178,5	114,9	27,9	8,7	9,8	13,4	66,0	2157,3
	Precipitação Máxima Mensal	187,8	210,0	162,2	161,4	181,6	133,0	85,1	45,8	19,5	32,0	67,3	159,7	1445,4

Número Médio de Dias com Dados	15,1	18,8	24,3	24,2	21,5	16,1	12,0	5,1	2,8	2,3	2,8	6,0	151,0
--------------------------------	------	------	------	------	------	------	------	-----	-----	-----	-----	-----	-------

Fonte: Agência Nacional de Águas – ANA (2016)

A análise estatística dos dados foi feita aplicando-se o método de Chow-Gumbel. A Tabela 19 apresenta o tratamento estatístico para determinação desses valores. Onde primeiramente foram coletados as informações da máxima precipitação mensal de cada ano observado, ou seja a maior precipitação diária que ocorreu no ano em estudo.

Para a análise estatística das informações, os arranjos são caracterizados pelas ordens das informações, logo os valores das precipitações máximas deverão estar em ordem decrescente.

Através da aplicação da análise estatística das máximas precipitações diárias anuais, durante todo o período de observação do posto São Luís, são calculados a precipitação média máxima (Pmed), desvio padrão (σ) e Período de Retorno, para a determinação desses valores utilizou-se as equações 3, 4 e 5, respectivamente.

Para determinação das precipitações diárias referentes a cada período de retorno, foi utilizada a formula de Ven Te Chow (Equação 7).

Os valores de k adotados na expressão de Ven Te Chow são retirados a partir da Tabela 3 e os respectivos valores referentes ao período de dados analisados, no total de 36 anos, podem ser vistos na Tabela 20.

Com o valor da precipitação diária é necessário a sua conversão para as chuvas de 24 horas. Segundo a metodologia do Jaime Taborga, utiliza-se o coeficiente de 1,095 para converter as chuvas de 1 dia para 24 horas.

Para a determinação da Isozona correspondente ao posto São Luís, utilizou-se a Figura 2, e constatou-se que o posto se encaixa na Isozona C, na qual seus percentuais retirados a partir da Tabela 4 foram multiplicados pelo valor da chuva diária para obtenção das chuvas correspondentes a 1 hora e 6 minutos.

Os valores dos percentuais da Isozona na qual o posto São Luís se encontra podem ser visualizados na Tabela 20, referentes respectivamente aos valores dos períodos de retorno analisados.

A Tabela 20 apresenta também os valores encontrados para as precipitações de 24 horas, 1 hora e 6 minutos, correspondentes a cada período de recorrência utilizado em projetos de drenagem.

Tabela 19 - Tratamento Estatístico

ANO	MÁXIMA PRECIPITAÇÃO MENSAL (mm)	ARRANJO EM ORDEM DECRESCENTE		P – Pmed	(P – Pmed) ²	PERÍODO DE RETORNO
		ORDEM	MÁXIMA (mm)			
1980	210,0	1	210,0	81,6	6.653,6	37,00
1981	126,5	2	187,8	59,4	3.524,7	18,50
1982	79,0	3	181,6	53,2	2.827,0	12,33
1983	120,0	4	162,2	33,8	1.140,4	9,25
1984	155,2	5	161,4	33,0	1.087,0	7,40
1985	161,4	6	159,8	31,4	984,0	6,17
1986	108,9	7	159,7	31,3	977,8	5,29
1987	122,2	8	155,2	26,8	716,6	4,63
1988	109,7	9	154,9	26,5	700,6	4,11
1989	130,3	10	152,5	24,1	579,3	3,70
1990	149,8	11	149,8	21,4	456,7	3,36
1991	152,5	12	145,0	16,6	274,5	3,08
1992	126,5	13	144,4	16,0	255,0	2,85
1993	159,7	14	134,4	6,0	35,6	2,64
1994	134,4	15	133,0	4,6	20,9	2,47
1995	91,5	16	130,3	1,9	3,5	2,31
1996	124,3	17	130,3	1,9	3,5	2,18
1997	71,3	18	126,5	-1,9	3,7	2,06
1998	80,3	19	126,5	-1,9	3,7	1,95
1999	130,3	20	124,3	-4,1	17,1	1,85
2000	159,8	21	123,9	-4,5	20,5	1,76
2001	104,6	22	122,2	-6,2	38,8	1,68
2002	76,4	23	120,0	-8,4	71,1	1,61
2003	144,4	24	118,0	-10,4	108,8	1,54
2004	118,0	25	116,0	-12,4	154,5	1,48
2005	65,6	26	109,7	-18,7	350,8	1,42
2006	116,0	27	108,9	-19,5	381,4	1,37
2007	123,9	28	108,3	-20,1	405,2	1,32
2008	133,0	29	104,6	-23,8	567,9	1,28
2009	154,9	30	98,2	-30,2	913,9	1,23
2010	162,2	31	91,5	-36,9	1.363,9	1,19
2011	187,8	32	80,3	-48,1	2.316,6	1,16
2012	108,3	33	79,0	-49,4	2.443,4	1,12
2013	145,0	34	76,4	-52,0	2.707,2	1,09
2014	181,6	35	71,3	-57,1	3.263,9	1,06
2015	98,2	36	65,6	-62,8	3.947,7	1,03
Pmed=	128,4	TRATAMENTO ESTATÍSTICO				
σ =	33,52					

Fonte: Autora (2016)

Tabela 20 - Precipitações para 1 dia, 24 horas, 1 hora e 6 minutos

Tempo de Recorrência Tr (anos)	k	Precipitação				Isozona
		Diária	24 horas	1 hora	6 Minutos	C
5	0,85	156,85	171,7549	68,87371	16,83198	40,1
10	1,51	179,08	196,0884	77,84711	19,21667	39,7
15	1,88	191,48	209,6682	82,81895	20,54749	39,5
25	2,35	207,16	226,8448	88,92318	22,23079	39,2
50	2,97	228,01	249,6736	96,87335	24,46801	38,8
100	3,59	248,69	272,3188	104,5704	23,96406	38,4

Fonte: Autora (2016)

Para a determinação dos valores da intensidade das precipitações referentes a 24 horas, 1 hora e 6 minutos, utilizou-se a Equação 8 e os resultados obtidos podem ser verificados na Tabela 21.

Tabela 21 - Intensidades para 6 minutos, 1 hora e 24 horas

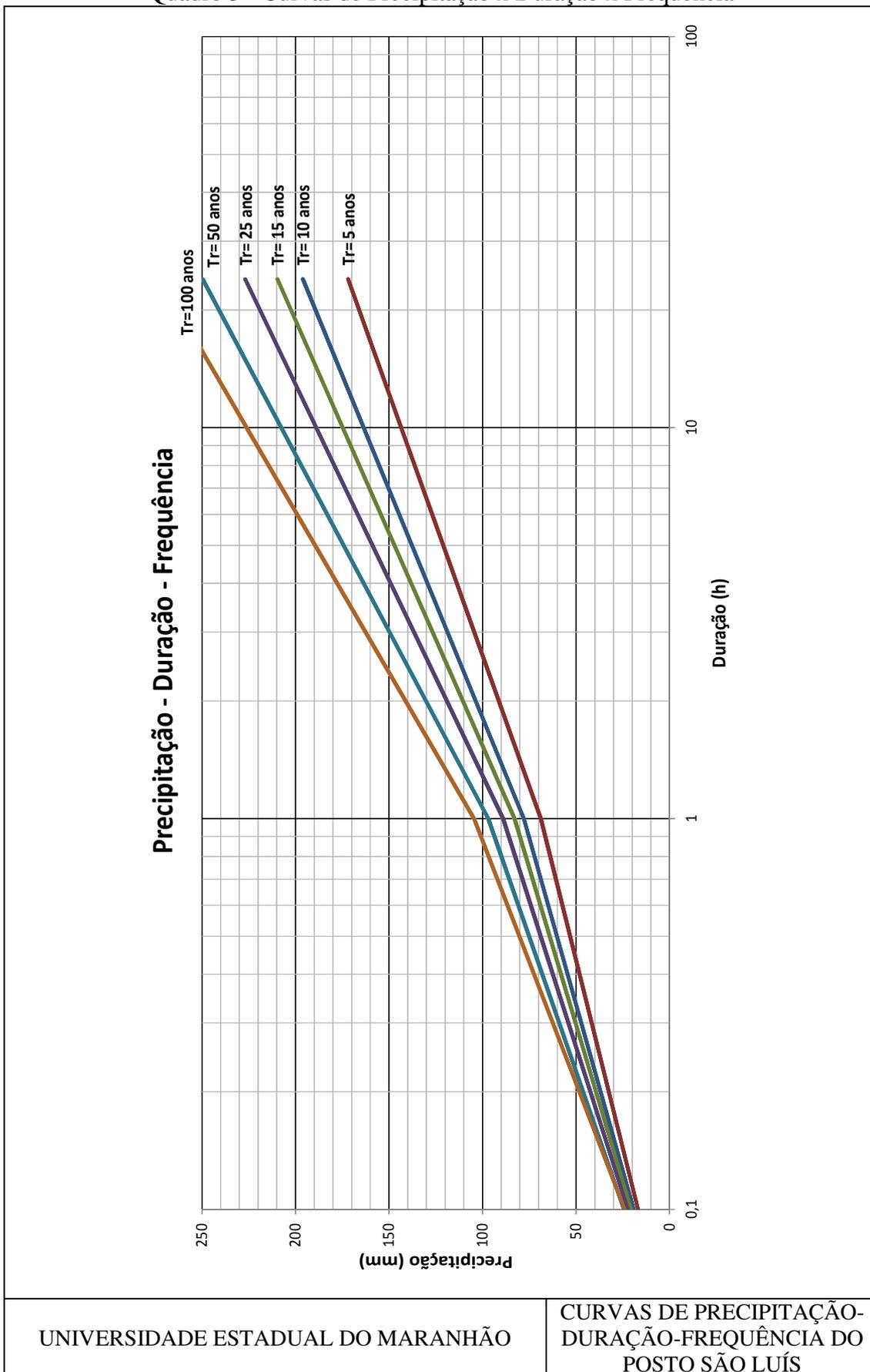
Tempo (min)	Intensidade (cm/h)					
	Tr=5	Tr=10	Tr=15	Tr=25	Tr=50	Tr=100
6	16,8320	19,2167	20,5475	22,2308	24,4680	23,9641
60	6,8874	7,7847	8,2819	8,8923	9,6873	10,457
1440	0,7156	0,8170	0,8736	0,9452	1,0403	1,1347

Fonte: Autora (2016)

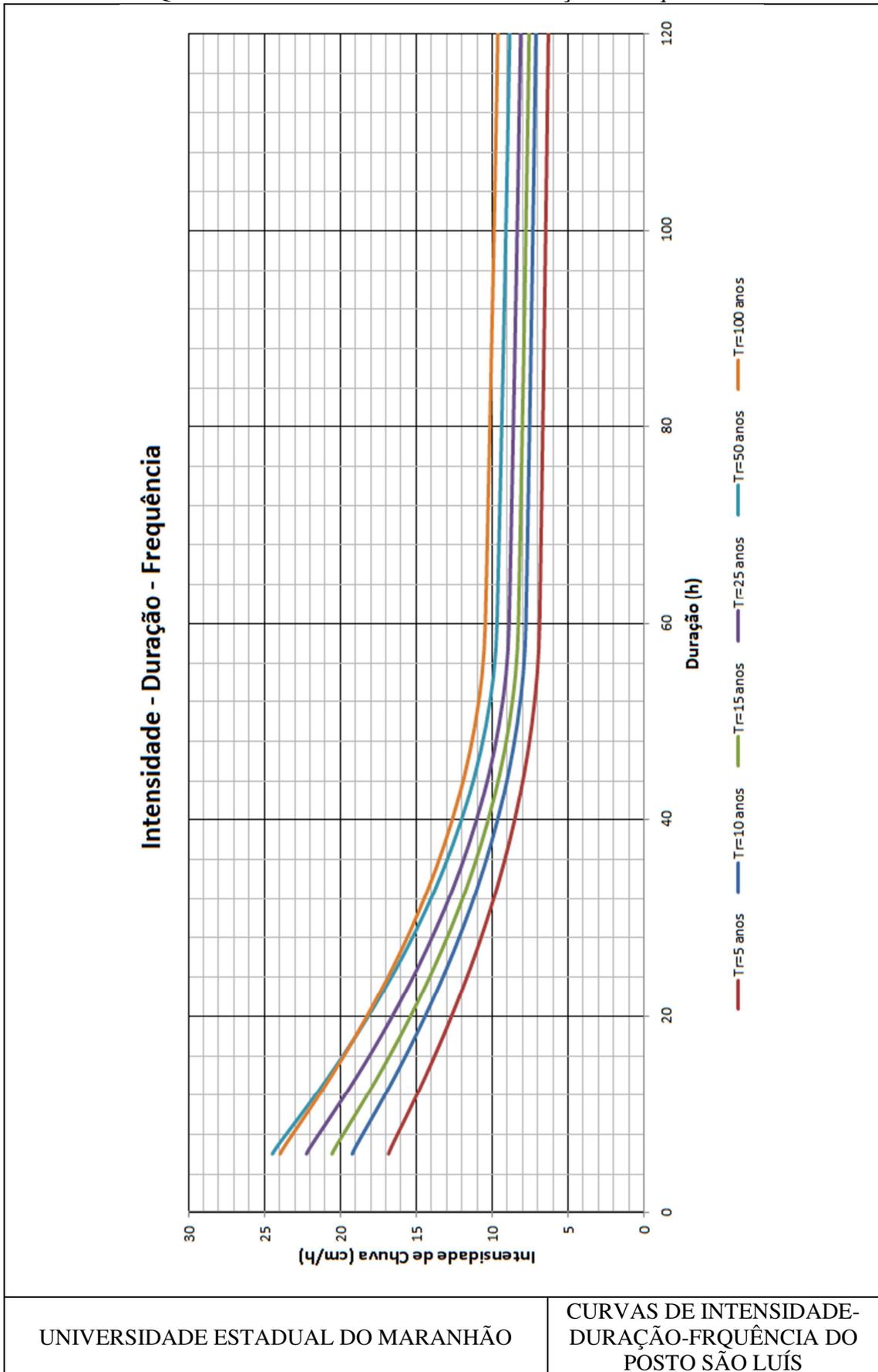
As precipitações máximas são retratadas pontualmente pelas curvas de Intensidade x Duração x Frequência, que relaciona a duração, a intensidade e o risco da precipitação ser igualada ou superada. Correlacionando intensidades e durações das chuvas verifica-se que quanto mais intensa for uma precipitação, menor será a duração (TUCCI e BERTONI, 2007).

As curvas de Intensidade x Duração x Frequência foram obtidas através de relações com as retas de Precipitação x Duração x Frequência, de acordo com os tempos de recorrência utilizados. Essas estão representadas nos Quadros 3 e 4.

Quadro 3 - Curvas de Precipitação x Duração x Frequência



Quadro 4 - Curvas de Intensidade x Duração x Frequência



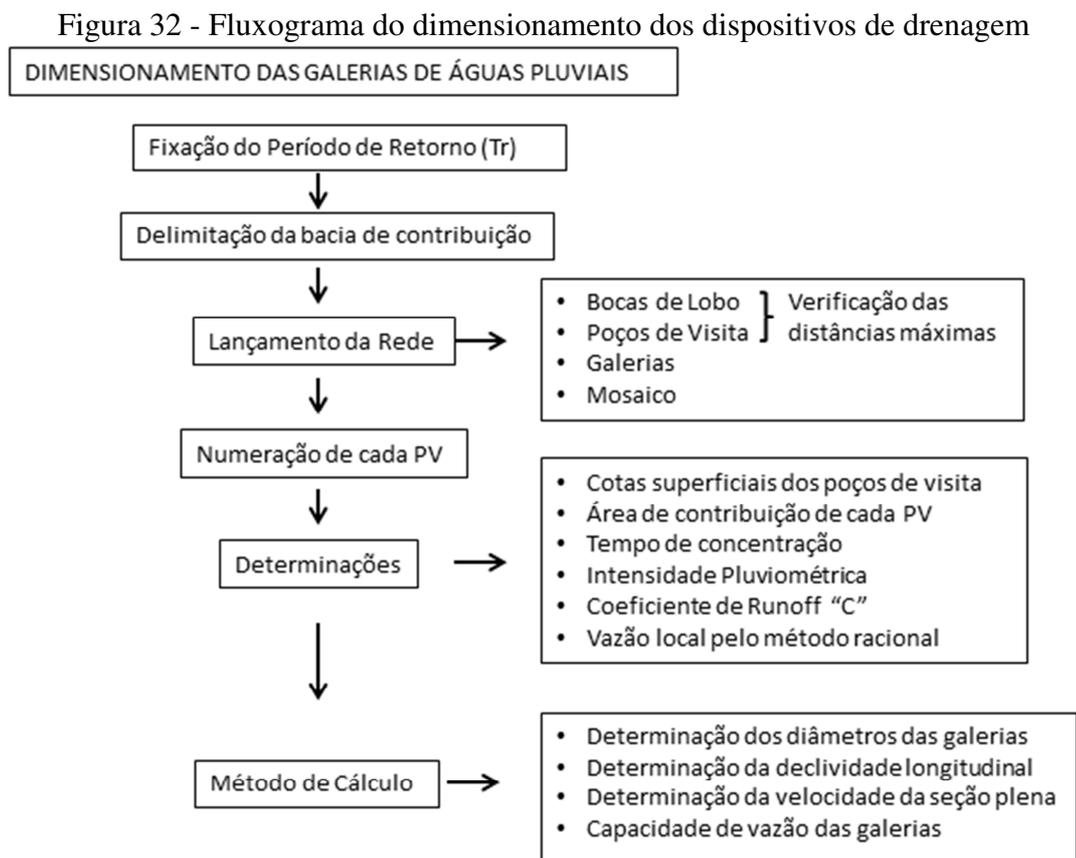
UNIVERSIDADE ESTADUAL DO MARANHÃO

CURVAS DE INTENSIDADE-DURAÇÃO-FRQUÊNCIA DO POSTO SÃO LUÍS

4.4 DIMENSIONAMENTO DAS GALERIAS DE ÁGUAS PLUVIAIS

Diversos são os critérios e etapas para o dimensionamento de uma rede de drenagem urbana, logo é de extrema importância à fixação de parâmetros e certas restrições para se dimensionar as galerias de águas pluviais.

Neste trabalho, será fixada uma velocidade mínima da seção plena dos dispositivos de 0,75 m/s, considerando que velocidades menores dificultariam a autolimpeza das tubulações e, uma velocidade máxima de 5,00 m/s, já que velocidades superiores exporiam os dispositivos a processos de abrasão, limites estes que foram considerados a partir da tabela 14, levando em consideração os limites determinados por Azevedo Netto e Araújo (1998). Foi adotado ainda um recobrimento mínimo para todas as galerias de 0,80 metros. A Figura 32 apresenta um fluxograma com as etapas de dimensionamento, vale destacar que a planilha de cálculo do dimensionamento com os resultados estão apresentados nos Apêndices B e C.



Fonte: Costa et al. (2007) Adaptado pela autora.

As etapas apresentadas pelo fluxograma acima serão descritas a seguir:

a) Fixação do Período de Retorno

Os dispositivos de drenagem são dimensionados para escoar os deflúvios pluviais correspondentes a um determinado período de recorrência. Para escolha desse parâmetro foi utilizada a Tabela 05.

Para o dimensionamento da vazão dos dispositivos de drenagem utilizados neste trabalho, utilizou-se os valores de período de retorno igual a 10 anos para o sistema de microdrenagem, e o tempo de retorno igual a 50 anos para o sistema de macrodrenagem.

b) Delimitação da bacia de contribuição

A bacia de contribuição foi delimitada a partir de pontos cotados do levantamento planialtimétrico, em uma escala de 1:2000, da área em estudo e identificando o sentido do escoamento em cada rua e em cada lote da área e está apresentada no Mapa 1.

c) Lançamento da rede de drenagem

Os poços de visita são localizados em pontos convenientes do sistema de galerias, com um espaçamento máximo de 80 metros, a fim de propiciar a limpeza das tubulações. A numeração dos poços de visita seguiu uma ordem sem padronização.

Logo após o lançamento, foram delimitadas as sub bacias de contribuição referentes a cada poço de visita, formando um mosaico de áreas de influência. Essas áreas podem ser analisadas no Mapa 1 e foram divididas de acordo com o escoamento dos deflúvios pluviais de cada rua dos loteamentos da área em estudo.

Com os pontos cotados do levantamento planialtimétrico foi possível delimitar as cotas topográficas de jusante e montante de cada poço de vista. Assim como determinar a declividade do terreno no trecho.

A declividade do terreno no trecho dos poços de visita representa a razão entre a diferença das cotas a montante e a jusante dos PV's e a extensão do trecho, determinada a partir da Equação 27 (COSTA et al., 2007). Os valores das declividades obtidos para cada trecho das galerias em estudo podem ser visualizados nos Apêndice B e C.

$$St = \left(\frac{CM - CJ}{L} \right) \times 100 \quad (27)$$

Onde:

St = Declividade do terreno no trecho, em porcentagem (%);

CM = Cota do terreno no poço de visita a montante, em metros;

CJ = Cota do terreno no poço de visita a jusante, em metros;

L = extensão da galeria, em metros.

d) Determinações dos parâmetros da planilha de dimensionamento

Além dos parâmetros descritos anteriormente para o dimensionamento das galerias, faz-se necessário analisar outros parâmetros: coeficiente de escoamento superficial, intensidade e precipitação, tempo de concentração e vazão de contribuição.

O coeficiente de escoamento superficial foi determinado a partir da Tabela 7, considerando que a área em estudo possui uma ocupação em sua maioria residencial, com uma topografia moderadamente íngreme com cerca de 70% de área impermeável. O valor adotado pode ser observado nas planilhas de dimensionamentos (Apêndice B e C), possuindo um valor de 0,80.

As intensidades das precipitações adotadas no dimensionamento foram obtidas a partir de interpolação dos valores obtidos da Tabela 21 de acordo com o período de retorno escolhido e o cada tempo de concentração de escoamento do trecho a montante de cada poço de visita.

O tempo de concentração trata do tempo de percurso da água desde o ponto mais afastado da bacia até um determinado poço de visita. Para os poços de visita iniciais foi adotado um tempo de concentração de 10 minutos, enquanto para os demais, os tempos de concentração são obtidos acrescentando o tempo de escoamento do trecho correspondente a um poço de visita e outro. Vale destacar que quando existirem mais de um trecho de galeria chegando em um poço de visita, adota-se para este PV o maior tempo de concentração dentre os trechos.

Para a determinação da vazão de contribuição de projeto recomenda-se utilizar o Método Racional (Equação 20), por se tratar de uma bacia inferior a 250 hectares.

A vazão de contribuição correspondente a cada poço de visita, considerada no dimensionamento, corresponde ao somatório das vazões contribuintes que chegam ao PV através das galerias.

e) Dimensionamento hidráulico da galeria de águas pluviais

O dimensionamento hidráulico é feito de acordo com a fórmula de Manning associada à equação da continuidade.

A vazão de capacidade da vazão de cada dispositivo de drenagem é definida a partir da Equação 21. A equação depende de parâmetros como a área da seção molhada e raio hidráulico dos dispositivos. Estes parâmetros foram obtidos a partir de fórmulas contidas na Tabela 12 e dependem do tipo de seção transversal adotada.

O coeficiente de rugosidade de Manning, utilizado na Equação 21, depende do tipo da superfície do dispositivo adotado, cujo valor utilizado nesse estudo foi determinado a partir da Tabela 08, na qual a galeria foi considerada como sendo um tubo de concreto, logo o valor do coeficiente escolhido foi de 0,013. Para o canal a céu aberto, o valor do coeficiente de Manning foi determinado a partir da Tabela 13, possuindo um valor de também 0,013, já que o canal foi considerado como possuindo um acabamento liso de concreto.

Os valores da declividade longitudinal e dos diâmetros das seções dos dispositivos, adotados no dimensionamento hidráulico, foram escolhidos de forma a garantir que a velocidade da seção plena (obtidas a partir da Equação 18) não atinja as restrições exigidas no trabalho e que a capacidade da vazão do dispositivo seja maior que a vazão de contribuição de projeto.

f) Cotas da Galeria

As cotas de soleira da galeria foram determinadas de acordo com as expressões 28 e 29 (COSTA et al., 2007).

A cota de soleira a montante é calculada pela expressão 28:

$$CiM = CM - (rm + D) \quad (28)$$

Onde:

CiM = Cota da soleira a montante, em metros;

CM = Cota do terreno no poço de visita a montante, em metros;

rm = Recobrimento mínimo, em metros;

D = Diâmetro da seção, em metros.

A cota de soleira a jusante é calculada pela expressão 29:

$$Cij = CiM - d \quad (29)$$

Onde:

CiJ = Cota da soleira a jusante, em metros;

d = Desnível do trecho, em metros, dado por:

$$d = Sg \times L \quad (30)$$

Onde:

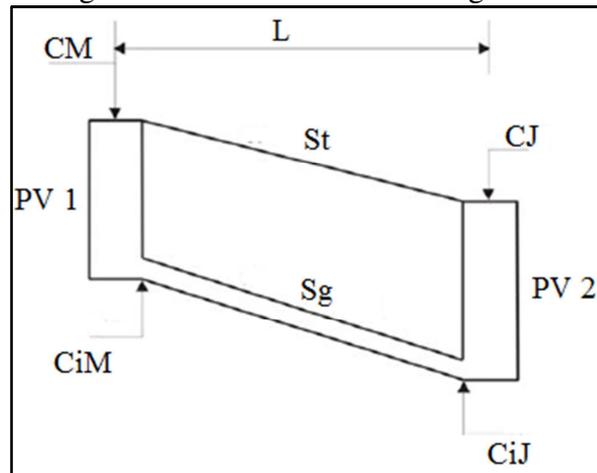
L = Comprimento do trecho, em metros;

Sg = declividade da galeria (m/m).

A Figura 33 ilustra as cotas da soleira de um trecho de galeria.

A profundidade da galeria corresponde à soma do diâmetro com o recobrimento utilizado.

Figura 33 - Cotas de soleira das galerias



Fonte: Costa et al. (2007)

Vale destacar que o dimensionamento das galerias de águas pluviais se encontra na planilha de cálculo no Apêndice B e C desta monografia.

5 RESULTADOS E DISCUSSÕES

O processo desordenado de urbanização da área em estudo produziu um impacto significativo no sistema de drenagem existente. O aumento da frequência de problemas referentes à inundação tem sido uma das principais consequências deste processo desordenado.

O sistema de drenagem existente foi planejado para escoar rapidamente a água precipitada para o canal natural a jusante da bacia, com a urbanização acelerada esse sistema se tornou insuficiente, já que com a impermeabilização do solo aumentou-se a vazão de contribuição e a velocidade do escoamento superficial.

O bairro da Cidade Operária se expandiu rapidamente ao longo dos anos, dando origem a outros bairros limítrofes que pertencem hoje à bacia de contribuição em estudo. Pôde-se observar através das pesquisas e análises em campo que a falta de manutenção dos sistemas de drenagem, falta de planejamento urbano da cidade e a deficiência de capacidade da rede de drenagem, aumentaram a magnitude dos problemas relacionados às inundações.

Com o estudo feito na bacia de contribuição hidrográfica foram feitas duas alternativas de soluções para os problemas de inundação na área.

A primeira alternativa apresentou valores de seções das galerias de drenagem exorbitantes, difíceis de serem executadas, pois precisaria de métodos construtivos especiais para implantações de grandes galerias em ruas estreitas, inviabilizando assim a escolha desta proposta.

O Apêndice B apresenta a planilha de cálculo de dimensionamento da rede de drenagem referente à primeira tentativa, juntamente com os resultados do dimensionamento das seções da galeria. A planta de drenagem da primeira tentativa com as dimensões e comprimentos da rede de drenagem estão apresentados no Mapa 3.

Para a segunda alternativa é proposto incorporar técnicas mais sustentáveis no sistema de drenagem urbana. Nessa alternativa o dimensionamento resultou em valores para as seções de galerias mais viáveis à execução, onde a primeira rede de canalização que se inicia na Avenida 01 continuou com as mesmas dimensões das seções de drenagem referente à primeira alternativa. No entanto, para a segunda rede de drenagem foi proposto à execução de um canal a céu aberto que tem seu caminhamento iniciando na Avenida 03, no bairro da Vila América. Com a finalidade de incorporar técnicas mais sustentáveis, faz-se necessária a desapropriação de uma área de aproximadamente, 0,80 hectares para a construção do canal

aberto, propondo um parque linear de vegetação, a fim de atenuar as vazões de pico e reduzir a concentração de poluentes das águas pluviais no canal natural da bacia.

O parque linear em torno do canal buscaria conciliar tanto os aspectos urbanísticos como ambientais, além de poder ser utilizado pela população da área, com atividades de lazer. O parque aumentaria a área de várzea do canal, aumentando assim a zona de inundação e dificultaria a ocupação irregular desta área.

A planilha de cálculo do dimensionamento da segunda alternativa está apresentado no Apêndice C desta monografia, juntamente com os resultados das dimensões das galerias de águas pluviais e do canal a céu aberto. A planta de drenagem mostrando o caminhamento da galeria e do canal com as respectivas dimensões e comprimentos da rede de drenagem estão apresentados no Mapa 4.

A Tabela 22 apresenta um resumo com os resultados encontrados nos trechos da rede de drenagem das duas alternativas. Como pode-se observar, na primeira alternativa, os últimos trechos da segunda rede de drenagem possui uma seção transversal de 4,0 x 3,50 metros, com um comprimento de 433 metros, e galeria com início na Rua 03 do bairro da Vila América no seu trecho final e lançamento do canal natural, sua dimensão seria de 4,50 x 3,50 metros. Essa galeria seria implantada em ruas de no máximo 6 metros de largura, cuja execução poderia causar impactos nos imóveis da rua e precisaria de métodos construtivos especiais, para construção de túneis em ruas estreitas.

Já a segunda alternativa, com a criação de um canal a céu aberto, possibilita uma execução de forma a não precisar de métodos construtivos especiais, mesmo apresentando em seu trecho final grandes dimensões (6,00 x 4,50 x 3,20 metros), devido à implantação de um parque linear em suas laterais.

Devido às grandes dimensões das galerias, cabe ressaltar o alto custo para a implantação de uma das alternativas propostas, necessária para solucionar os problemas de inundação no bairro da Cidade Operária. Esse fato, muitas das vezes, inviabiliza sua execução por falta de recursos.

Tabela 22 - Resumo dos Resultados da Rede de Drenagem

RESULTADOS					
Trecho	Comprimento (m)	Vazão de Contribuição Final (m ³ /s)	Tipo do Dispositivo	Seção Transversal (m)	Vazão de Capacidade (m ³ /s)
<i>ALTERNATIVA 01</i>					
<i>Rede de Drenagem 01</i>					
PV 01 - PV 04	149	1,104	Galeria Tubular	0,80	2,11
PV 05	50	2,776	Galeria Tubular	1,00	2,84
PV 06	49	3,593	Galeria Tubular	1,20	3,70
PV 07 - PV 09	134	5,766	Galeria Tubular	1,50	5,91
PV 10 - PV 11	138	7,753	Galeria Celular	1,50 x 1,50	7,76
PV 12 - PV 15	199	10,756	Galeria Celular	2,00 x 1,50	11,15
PV 16 - PV 17	126	15,412	Galeria Celular	2,00 x 2,00	15,59
PV 18	68	19,753	Galeria Celular	2,50 x 2,00	20,30
PV 19 - PV 20	88	22,95	Galeria Celular	3,00 x 2,00	23,06
PV 21 - PV 25	256	30,014	Galeria Celular	3,50 x 2,00	30,40
PV 26 - Lançamento	552	34,99	Galeria Celular	3,00 x 2,50	35,22
<i>Rede de Drenagem 02</i>					
<i>REDE DE CANALIZAÇÃO PRINCIPAL</i>					
PV 38 - PV 39	109	1,658	Galeria Tubular	1,00	2,27
PV 40 - PV 41	77	4,566	Galeria Tubular	1,20	4,61
PV 42 - PV 44	141	6,964	Galeria Tubular	1,50	7,07
PV 45	64	9,58	Galeria Celular	2,00 x 1,50	12,58
PV 46 - PV 54	235	26,242	Galeria Celular	3,00 x 2,00	27,56
PV 55 - PV 63	181	37,779	Galeria Celular	3,50 x 2,50	38,53
PV 64 - PV 69	74	40,946	Galeria Celular	3,00 x 3,00	42,00
PV 70 - PV 71	96	48,508	Galeria Celular	3,50 x 3,00	48,96
PV 84	31	54,269	Galeria Celular	4,00 x 3,00	54,69
PV 85 - PV 98	433	66,308	Galeria Celular	4,00 x 3,50	66,82
PV 100 -	32	76,098	Galeria Celular	4,50 x 3,50	76,22

Lançamento					
<i>RAMAIS DE DRENAGEM</i>					
PV 47	59	6,468	Galeria Tubular	1,50	6,51
PV 48 - PV 51	214	8,295	Galeria Celular	1,50 x 1,50	8,96
PV 58	45	3,688	Galeria Tubular	1,20	3,70
PV 59 - PV 61	157	4,44	Galeria Tubular	1,50	4,47
PV 65 - PV 66	99	1,234	Galeria Tubular	0,80	1,25
PV 67 - PV 68	102	2,00	Galeria Tubular	1,00	2,08
PV 72	46	1,575	Galeria Tubular	0,80	1,59
PV 73 - PV 74	105	3,118	Galeria Tubular	1,00	3,39
PV 75 - PV 78	208	4,982	Galeria Tubular	1,20	5,01
PV 79 - PV 83	249	5,829	Galeria Tubular	1,50	8,06
PV 86 - PV 88	150	2,86	Galeria Tubular	1,20	3,02
PV 94	62	3,579	Galeria Tubular	1,20	3,7
PV 94	62	3,579	Galeria Tubular	1,20	3,7
PV 99	28	0,642	Galeria Tubular	0,80	0,66
PV 101 - PV 103	189	3,396	Galeria Tubular	1,00	3,51
PV 104 - PV 105	146	4,079	Galeria Tubular	1,20	5,08
PV 106 - PV 110	242	7,924	Galeria Tubular	1,50	7,93
PV 111 - PV 113	121	8,59	Galeria Celular	1,50 x 1,50	9,5
<i>ALTERNATIVA 02</i>					
<i>Rede de Drenagem 01</i>					
PV 01 - PV 04	149	1,104	Galeria Tubular	0,80	2,11
PV 05	50	2,776	Galeria Tubular	1,00	2,84
PV 06	49	3,593	Galeria Tubular	1,20	3,70
PV 07 - PV 09	134	5,766	Galeria Tubular	1,50	5,91
PV 10 - PV 11	138	7,753	Galeria Celular	1,50 x 1,50	7,76
PV 12 - PV 15	199	10,756	Galeria Celular	2,00 x 1,50	11,15
PV 16 - PV 17	126	15,412	Galeria Celular	2,00 x 2,00	15,59
PV 18	68	19,753	Galeria Celular	2,50 x 2,00	20,30

PV 19 - PV 20	88	22,95	Galeria Celular	3,00 x 2,00	23,06
PV 21 - PV 25	256	30,014	Galeria Celular	3,50 x 2,00	30,40
PV 26 - Lançamento	552	34,99	Galeria Celular	3,00 x 2,50	35,22
<i>Rede de Drenagem 02</i>					
<i>REDE DE CANALIZAÇÃO PRINCIPAL</i>					
PV 38 - PV 39	109	1,659	Galeria Tubular	1,00	2,27
PV 40 - PV 41	77	4,568	Galeria Tubular	1,20	4,61
PV 42 - PV 44	141	6,966	Galeria Tubular	1,50	7,07
PV 45	64	9,584	Galeria Celular	2,00 x 1,50	12,58
PV 46 - PV 49	235	16,573	Galeria Celular	2,00 x 2,00	17,08
PV 50 - PV 52	103	20,431	Galeria Celular	2,50 x 2,00	21,40
PV 53 - PV 57	203	24,527	Galeria Celular	3,00 x 2,00	24,65
PV 58 - PV 72	93	37,375	Galeria Celular	3,50 x 2,50	38,53
PV 73	5	57,538	Galeria Celular	4,50 x 3,00	58,77
<i>CANAL A CÉU ABERTO</i>					
Início	219	60,612	Canal Trapezoidal	6,00 x 4,00 x 3,00	71,42
Lançamento 01	137	68,833	Canal Trapezoidal	6,00 x 4,00 x 3,00	71,42
Lançamento 02	63	69,943	Canal Trapezoidal	6,00 x 4,00 x 3,00	71,42
Lançamento 03	17	80,218	Canal Trapezoidal	6,00 x 4,50 x 3,20	81,69
<i>RAMAIS DE DRENAGEM</i>					
PV 59	46	1,575	Galeria Tubular	0,80	1,59
PV 60 - PV 61	105	3,118	Galeria Tubular	1,00	3,39
PV 62 - PV 65	208	4,982	Galeria Tubular	1,20	5,01
PV 66 - PV 70	249	5,829	Galeria Tubular	1,50	8,06
PV 74	59	6,468	Galeria Tubular	1,50	7,90
PV 75 - PV 76	85	8,64	Galeria Celular	1,50 x 1,50	8,96
PV 77 - PV 80	202	11,213	Galeria Celular	2,00 x 1,50	12,58
PV 81 - PV 85	206	15,86	Galeria Celular	2,00 x 2,00	16,35

PV 86 - PV 91	333	20,349	Galeria Celular	2,50 x 2,00	21,40
PV 95	48	3,579	Galeria Tubular	1,20	3,70
PV 92	44	0,323	Galeria Tubular	0,80	0,89
PV 93 - PV 94	51	3,839	Galeria Tubular	1,50	4,74
PV 96 - PV 97	39	0,636	Galeria Tubular	0,80	0,72
PV 98	62	0,642	Galeria Tubular	0,80	0,72
PV 99 - PV 101	189	3,396	Galeria Tubular	1,00	3,51
PV 102 - PV 103	146	4,079	Galeria Tubular	1,20	5,08
PV 104 - PV 108	242	7,924	Galeria Tubular	1,50	7,93
PV 109 - PV 112	148	8,666	Galeria Celular	1,50 x 1,50	9,50

Fonte: Autora (2016)

6 CONSIDERAÇÕES FINAIS

A drenagem pluvial urbana tem o objetivo de minimizar os riscos e prejuízos causados pela inundação nas áreas urbanas. Vários fatores podem influenciar no escoamento das águas na superfície e causar inundações, sendo a impermeabilização do solo devido ao aumento das áreas urbanizadas o mais determinante.

No bairro da Cidade Operária, a exemplo de vários bairros da cidade de São Luís, o processo de urbanização se deu de forma acelerada e desordenada e o sistema de drenagem urbana não foi considerado preponderante no planejamento da sua expansão, contribuindo em frequentes problemas de inundações na região.

O estudo da drenagem pluvial urbana na área se iniciou pela análise e levantamento de uma bacia de contribuição hidrográfica. Esta bacia possui 227,2 hectares e corresponde não somente ao bairro da Cidade Operária, bem como vários bairros limítrofes. Foram feitas análises hidrológicas da região em estudo, com a finalidade de determinar as precipitações máximas que ocorreram ao longo dos anos na cidade de São Luís para a determinação das vazões de enchentes da bacia. A partir da determinação das vazões de contribuição, foi possível dimensionar uma rede de drenagem com capacidade para suportar a demanda das vazões da área.

O resultado do dimensionamento proporcionou a análise de duas alternativas para a bacia em estudo. A primeira alternativa apresentou uma galeria de águas pluviais com dimensões muito grandes e em ruas estreitas, na qual exigiria um método executivo especial, afim de não causar danos às edificações próximas a galeria. Com isso, foi apresentada outra alternativa de rede de drenagem que necessitaria de uma desapropriação, em uma área de aproximadamente, 0,80 hectares, com a criação de um canal trapezoidal a céu aberto.

Atualmente recomenda-se a aplicação de soluções sustentáveis para a otimização e adequação dos sistemas de drenagem. Tendo em vista, a conciliação de aspectos urbanísticos e ambientais foi recomendada, para a segunda alternativa, a execução de um parque linear na área que seria desapropriada. O parque linear serviria para aumentar a zona de inundação da área, desacelerar a vazão da água a jusante da bacia, dificultar a ocupação irregular na área de várzea do canal, além contribuir para a melhoria do clima na região urbana e proporcionar um espaço recreativo da área da bacia, que hoje se apresenta em situação ambiental preocupante com certo grau de poluição e diversas propriedades irregulares na margem do canal natural.

A associação de medidas estruturais e não estruturais se fazem necessárias para amenizar os problemas de inundações da área em estudo. Dentre as medidas não estruturais recomenda-se a criação de um plano diretor de drenagem urbana na cidade de São Luís, com ações que regulamentam o uso e ocupação do solo das áreas suscetíveis a inundações, como as áreas de várzea de canais naturais e artificiais. Este plano permite o estudo da bacia como um todo, possibilitando um planejamento de desenvolvimento urbano e minimizando potenciais custos futuros com o aumento da vazão na bacia.

Propõem-se algumas futuras pesquisas a respeito de alguns temas para ampliar este trabalho. Seria interessante um estudo de custo da implantação desta obra de drenagem urbana na cidade de São Luís, com a realização de um orçamento da rede de drenagem a ser implantada. Um sistema de drenagem eficiente representa um desafio para os municípios, especialmente no que se refere à sustentabilidade financeira, seria de grande valia a apresentação de quanto custaria uma adequação das redes de drenagem, de forma que cumpra os objetivos para o qual ela foi projetada.

REFERÊNCIAS BIBLIOGRÁFICAS

ALBUQUERQUE, Y.R.T. **Apoio à análise de indicadores físicos para avaliação das causas de inundações em áreas urbanas de São Luís – MA.** Relatório Final de Pesquisa Científica PIBIC/FAPEMA. São Luís, 2014.

BALLER, Lindomar. **Caracterização de Perfis Longitudinais dos rios nas Bacias Hidrográficas do Paraná III (Brasil) e Alto Paraná (Paraguai).** 2014. 87f. Dissertação (Mestrado em Geografia) - Universidade Estadual do Oeste do Paraná, Marechal Cândido Rondon, 2014.

BAYLINA, Ramón. **Aparatos Meteorológicos.** Disponível em: <<http://www.rumtor.com/pluviografog.html>>. Acesso em 22 de novembro de 2016.

CANHOLI, Aluísio Pardo. **Drenagem Urbana e Controle de Enchentes.** 2. ed. São Paulo: Oficina de Textos, 2005.

CASTRO, Geraldo. **Linha Livre.** Disponível em: <<http://www.geraldocastro.com.br/category/canal-cohatrac-cohab/>>. Acesso em: 06 de outubro de 2016.

CEAP. **Microdrenagem.** Disponível em: <<http://www.ceap.br/material/MAT28052014140255.pdf>>. Acesso em: 05 de outubro de 2016.

CETESB. **Diretrizes Básicas para Projetos de Drenagem Urbana no Município de São Paulo.** São Paulo: Fundação Centro Tecnológico de Hidráulica, 1999.

CHEVALLIER, Pierre André. Aquisição e Processamento de dados. In: TUCCI, Carlos Eduardo Morelli (Org.). **Hidrologia: Ciência e Aplicação.** 4. ed. Porto Alegre: Ed. Universidade/UFRGS: ABRH, 2007.

COELHO, Maria Teresinha de Medeiros. **Tópicos em Drenagem: Anotações de aula.** São Luís, 2015.

COELHO, Maria Teresinha de Medeiros. **Risco de inundação devido à fragilidade do sistema de drenagem na região metropolitana de São Luís, MA.** 2011. 375f. Dissertação (Doutorado em Urbanismo) – Universidade Federal do Rio de Janeiro, Rio de Janeiro, 2011.

CORREA. Marcele de Jesus. **Análise Geoespacial da Cidade Operária: A dinâmica de ocupação como um dos eixos de expansão urbana do Município de São Luís – MA.** Revista Brasileira de Planejamento e Desenvolvimento, v. 2, n. 2, p. 69-79, jul./dez, 2013.

COSTA, Alfredo Ribeiro da.; Siqueira, Eduardo Queija de.; Menezes Filho, Frederico Carlos Martins De. **Curso Básico de Hidrologia Urbana: nível 3.** Brasília: ReCESA, 2007.

Departamento Nacional de Infraestrutura de Transportes. Diretoria de Planejamento e Pesquisa. Coordenação Geral de Estudos e Pesquisa. Instituto de Pesquisas Rodoviárias. **Manual de Drenagem de Rodovias.** 2. ed. Rio de Janeiro, 2006.

Departamento Nacional de Infraestrutura de Transportes. Diretoria de Planejamento e Pesquisa. Coordenação Geral de Estudos e Pesquisa. Instituto de Pesquisas Rodoviárias. **Manual de Hidrologia Básica para Estruturas de drenagem**. 2. ed. Rio de Janeiro, 2005.

ESPÍRITO SANTO, José Marcelo (Org). **São Luís: uma leitura da cidade**. São Luís: Instituto da Cidade, 2006.

GARCEZ, Lucas Nogueira; ALVAREZ, Guillermo Acosta. **Hidrologia**. 2. ed. São Paulo: Edgard Blucher, 1988.

HOLTZ, Antônio Carlos Tatit. Precipitação. In:____ **Hidrologia básica**, 15. reimpr. São Paulo: Blucher, 2014.

MARANHÃO. Gerência de planejamento e Desenvolvimento econômico, Laboratório de Geoprocessamento - UEMA. **Atlas do Maranhão**. São Luís: GEPLAN, 2000.

MARTINS, José Augusto. Escoamento Superficial. In:____ **Hidrologia básica**, 15. reimpr. São Paulo: Blucher, 2014.

MARTINS, José Rodolfo Scarati. Obras de Macrodrenagem. In: TUCCI, Carlos Eduardo Morelli; PORTO, Rubem La Laina; BARROS, Mario Thadeu Leme de. (Orgs.). **Drenagem Urbana**. Porto Alegre: Ed. Universidade/UFRGS: ABRH, 1995.

MORAES, Alexandre Perri de. **XIX Exposição de Experiências Municipais em Saneamento** de 24 a 29 de maio de 2015. Poços de Caldas: ASSEMAE, 2015.

MOURA, Priscilla Macedo. **Contribuição para a Avaliação Global de Sistemas de Drenagem Urbana**. 2004. 146f. Dissertação (Mestrado em Saneamento, Meio Ambiente e Recursos Hídricos) - Universidade Federal de Minas Gerais, Belo Horizonte, 2004.

PAZ, Adriano Rolim. **Apostila de Hidrologia Aplicada**. Caxias do Sul: Universidade Estadual do Rio Grande do Sul, 2004.

PEREIRA, Geraldo Magela; MELLO, Carlos Rogério de. **Dimensionamento de condutos livres (canais)**. Departamento de Engenharia: Universidade Federal de Lavras. Disponível em: <http://deg.ufla.br/site/_adm/upload/file/8_aula%20pratica%208.PDF>. Acesso em: 09 de outubro de 2016.

PINTO, Nelson L. de Sousa. Introdução. In:____ **Hidrologia básica**, 15. reimpr. São Paulo: Blucher, 2014.

PORTO, Rubem La Laina. Escoamento Superficial Direto. In: TUCCI, Carlos Eduardo Morelli; PORTO, Rubem La Laina; BARROS, Mario Thadeu Leme de. (Orgs.). **Drenagem Urbana**. Porto Alegre: Ed. Universidade/UFRGS: ABRH, 1995.

PREFEITURA DE SÃO PAULO. **Subprefeitura Vila Mariana**. Disponível em: <http://www.prefeitura.sp.gov.br/cidade/secretarias/subprefeituras/vila_mariana/noticias/?p=18184>. Acesso em: 09 de outubro de 2016.

PREFEITURA DE SÃO LUÍS. **Bairros, Corredores e Zonas Urbanas de São Luís**. São Luís: IPLAN, 2002.

SANTOS, Robson Arruda. **Cálculo da chuva intensa pelo método das Isozonas para cidades do estado da Paraíba**. Revista Eletrônica em Gestão, Educação e Tecnologia Ambiental Santa Maria, v. 19, n. 2, p. 1334-1343, mai/ago, 2015. Disponível em: <<https://periodicos.ufsm.br/reget/article/viewFile/16748/pdf>>. Acesso em: 01 de novembro de 2016.

SILVA, Fernando Moreira; CHAVES, Marcelo dos Santos; Lima, Zuleide Maria. **Geografia Física II**. Natal: EDUFRN, 2009. Disponível em : <http://www.ead.uepb.edu.br/arquivos/cursos/Geografia_PAR_UAB/Fasciculos%20-%20Material/Geografia_Fisica_II/Geo_Fis_II_A02_MZ_GR_SF_SI_SE_250509.pdf>. Acesso em: 22 de novembro de 2016.

SILVEIRA, André Luiz Lopes da. Ciclo Hidrológico e Bacia hidrográfica. In: TUCCI, Carlos Eduardo Morelli (Org.). **Hidrologia: Ciência e Aplicação**. 4. ed. Porto Alegre: Ed. Universidade/UFRGS: ABRH, 2007.

TAVARES, Luiz Ronaldo Starling et al. **Drenagem, Pavimentação e Urbanização de vias**. 280p. Brasília: CONFEA-CREA/DF; ABEPv, 2015.

TORRICO, José Jaime Tborga. **Práticas Hidrológicas**. 2.ed. Rio de Janeiro: TRANSCON II, 1975.

TUCCI, Carlos Eduardo Morelli. **Hidrologia: Ciência e Aplicação**. In: TUCCI, Carlos Eduardo Morelli (Org.). **Hidrologia: Ciência e Aplicação**. 4. ed. Porto Alegre: Ed. Universidade/UFRGS: ABRH, 2007.

TUCCI, Carlos Eduardo Morelli. **Controle de Enchentes**. In: TUCCI, Carlos Eduardo Morelli (Org.). **Hidrologia: Ciência e Aplicação**. 4. ed. Porto Alegre: Ed. Universidade/UFRGS: ABRH, 2007.

TUCCI, Carlos Eduardo Morelli et al. **Drenagem Urbana**. In: TUCCI, Carlos Eduardo Morelli (Org.). **Hidrologia: Ciência e Aplicação**. 4. ed. Porto Alegre: Ed. Universidade/UFRGS: ABRH, 2007.

TUCCI, Carlos Eduardo Morelli; BERTONI, Juan Carlos. **Precipitação**. In: TUCCI, Carlos Eduardo Morelli (Org.). **Hidrologia: Ciência e Aplicação**. 4. ed. Porto Alegre: Ed. Universidade/UFRGS: ABRH, 2007.

TUCCI, Carlos Eduardo Morelli. **Água no Meio Urbano**. In: REBOUÇAS, Aldo da Cunha; BRAGA, Benedito; TUNDISI, José Galizia. (Orgs.). **Águas Doces no Brasil: Capital Ecológico, Uso e Conservação**. 3. ed. São Paulo: Escrituras Editora, 2006.

TUCCI, Carlos Eduardo Morelli. **Gestão das Inundações Urbanas**. Porto Alegre: Global Water Partnership South America – World Bank - Unesco, 2005.

TUCCI, Carlos Eduardo Morelli. Inundações e Drenagem Urbana. In: TUCCI, Carlos Eduardo Morelli; BERTONI, Juan Carlos. (Orgs.). **Inundações Urbanas na América do Sul**. Porto Alegre: ABRH, 2003.

TUCCI, Carlos Eduardo Morelli; BIDONE, Francisco R. A. Microdrenagem. In: TUCCI, Carlos Eduardo Morelli; PORTO, Rubem La Laina; BARROS, Mario Thadeu Leme de. (Orgs.). **Drenagem Urbana**. Porto Alegre: Ed. Universidade/UFRGS: ABRH, 1995.

TUCCI, Carlos Eduardo Morelli. Inundações Urbanas. In: TUCCI, Carlos Eduardo Morelli; PORTO, Rubem La Laina; BARROS, Mario Thadeu Leme de. (Orgs.). **Drenagem Urbana**. Porto Alegre: Ed. Universidade/UFRGS: ABRH, 1995.

VILLELA, Swami Marcondes; MATTOS, Arthur. **Hidrologia Aplicada**. São Paulo: Mcgraw-hill, 1975.

WILKEN, Paulo Sampaio. **Engenharia de Drenagem Superficial**. São Paulo: Companhia de Tecnologia de Saneamento Ambiental, 1978.

ZAHED FILHO, Kamel; MARCELLINI, Silvana Susko. Precipitações Máximas. In: TUCCI, Carlos Eduardo Morelli; PORTO, Rubem La Laina; BARROS, Mario Thadeu Leme de. (Orgs.). **Drenagem Urbana**. Porto Alegre: Ed. Universidade/UFRGS: ABRH, 1995.

APÊNDICES

APÊNDICE A – FORMULÁRIO UTILIZADO NA PESQUISA DE CAMPO

Bairro: _____

Nome da rua: _____ N° _____

A rua é pavimentada: Sim Não

Se sim: Qual o tipo de pavimento: **asfalto** blocos de concreto piçarra _____

Tipo de imóvel: Residencial Comercial Outros: _____

Tem sistema de drenagem na rua? a) Sim b) Não

Se sim, qual o sistema:

- a) canal de concreto
- b) galeria com tubulação
- c) valeta de concreto na lateral da rua
- d) Outros: _____

Tem manutenção na rede de drenagem existente:

a) Sim b) Não Se sim, qual a frequência: _____

Qual a frequência da coleta de lixo: _____ Dias

Problemas de inundação: Sim Não

Se sim:

a) apenas na rua (não atingiu a casa):

Qual a frequência: _____

A última ocorrência _____

b) entrou no imóvel:

Nível de água no imóvel: _____

Houve perda material:

a) Sim b) Não

Houve perda humana:

a) Sim b) Não Se sim qual foi? _____

Altura aproximada da soleira do imóvel: _____ m

**APÊNDICE B: PLANILHA DE DIMENSIONAMENTO DA REDE DE GALERIA
DA PRIMEIRA ALTERNATIVA**

APÊNDICE B: PLANILHA DE DIMENSIONAMENTO DA REDE DE GALERIA DA PRIMEIRA ALTERNATIVA

Trecho	Rua			Área tributária a montante							Tempo de		Intensidade Precipitação (mm/h)	Defluvio Q (m³/s)	GALERIA								
	Topográficas (m)			Comprimento (m)	Declividade (%)	Contribuintes Increment.		C.A	Soma C.A (ha)	Soma A (ha)	Escoamento				Seção Tipo	Declividade (%)	Velocidade Seção Plena (m/s)	Capacidade (m³/s)	Desnível (m)	Cota da Soleira		Prof da Soleira (m)	
	M	J	Diferença			Coef. Médio C	Área (Ha) A				Até Montante	No Trecho								M	J	M	J
PV-21	47,940	47,900	0,040	44,00	0,09	0,80	0,180	0,144	35,424	4,270	10,18	0,18	233,24	22,950	3,00x2,00	0,35	4,05	23,06	0,154	43,461	43,307	4,48	4,59
PV-22	47,900	47,900	0,000	34,00	0,00	0,80	5,990	4,792	40,216	10,260	10,36	0,14	232,74	26,000	3,50x2,00	0,30	3,96	26,33	0,102	43,307	43,205	4,59	4,70
PV-23	47,900	48,400	-0,500	71,00	-0,70	0,80	0,130	0,104	40,320	10,390	10,51	0,30	232,35	26,023	3,50x2,00	0,30	3,96	26,33	0,213	43,205	42,992	4,70	5,41
PV-24	48,400	48,400	0,000	29,00	0,00	0,80	3,37	2,696	43,016	13,760	10,80	0,11	231,53	27,665	3,50x2,00	0,35	4,28	28,44	0,102	42,992	42,890	5,41	5,51
PV-25	48,400	48,400	0,000	54,00	0,00	0,80	0,10	0,080	43,096	13,860	10,92	0,21	231,22	27,680	3,50x2,00	0,35	4,28	28,44	0,189	42,890	42,701	5,51	5,70
PV-26	48,400	48,300	0,100	68,00	0,15	0,80	4,69	3,752	46,848	18,550	11,13	0,25	230,64	30,014	3,50x2,00	0,40	4,57	30,40	0,272	42,701	42,429	5,70	5,87
PV-27	48,300	48,200	0,100	73,00	0,14	0,80	3,55	2,840	49,688	22,100	11,38	0,26	229,97	31,740	3,00x2,50	0,40	4,61	33,21	0,292	41,929	41,637	6,37	6,56
PV-28	48,200	48,100	0,100	56,00	0,18	0,80	3,36	2,688	52,376	25,460	11,64	0,19	229,24	33,352	3,00x2,50	0,45	4,89	35,22	0,252	41,637	41,385	6,56	6,72
PV-29	48,100	48,100	0,000	54,00	0,00	0,80	0,23	0,184	52,560	25,690	11,83	0,18	228,72	33,393	3,00x2,50	0,45	4,89	35,22	0,243	41,385	41,142	6,72	6,96
PV-30	48,100	46,500	1,600	52,00	3,08	0,80	2,73	2,184	54,744	28,420	12,01	0,18	228,22	34,704	3,00x2,50	0,45	4,89	35,22	0,234	41,142	40,908	6,96	5,59
PV-31	46,500	44,900	1,600	52,00	3,08	0,80	0,23	0,184	54,928	28,650	12,19	0,18	227,73	34,747	3,00x2,50	0,45	4,89	35,22	0,234	40,908	40,674	5,59	4,23
PV-32	44,900	43,600	1,300	41,00	3,17	0,80	0,26	0,208	55,136	28,910	12,37	0,14	227,25	34,804	3,00x2,50	0,45	4,89	35,22	0,185	40,485	40,300	4,42	3,30
PV-33	43,600	42,300	1,300	41,00	3,17	0,80	0,20	0,160	55,296	29,110	12,51	0,14	226,87	34,847	3,00x2,50	0,45	4,89	35,22	0,185	39,185	39,000	4,42	3,30
PV-34	42,300	41,500	0,800	23,00	3,48	0,80	0,20	0,160	55,456	29,310	12,65	0,08	226,48	34,888	3,00x2,50	0,45	4,89	35,22	0,104	38,304	38,200	4,00	3,30
PV-35	41,500	39,900	1,600	59,00	2,71	0,80	0,09	0,072	55,528	29,400	12,73	0,20	226,27	34,901	3,00x2,50	0,45	4,89	35,22	0,266	36,866	36,600	4,63	3,30
PV-36	39,900	39,200	0,700	33,00	2,12	0,80	0,29	0,232	55,760	29,690	12,93	0,11	225,72	34,961	3,00x2,50	0,45	4,89	35,22	0,149	36,049	35,900	3,85	3,30
PV-37	39,200	37,800	1,400	44,00	3,18	0,80	0,10	0,080	55,840	29,790	13,04	0,15	225,41	34,964	3,00x2,50	0,45	4,89	35,22	0,198	34,698	34,500	4,50	3,30
Lançamento	37,800	34,800	3,000	24,00	12,50	0,80	0,18	0,144	55,984	29,970	13,19	0,08	225,00	34,990	3,00x2,50	0,45	4,89	35,22	0,108	34,500	34,392	3,30	0,41

APÊNDICE B: PLANILHA DE DIMENSIONAMENTO DA REDE DE GALERIA DA PRIMEIRA ALTERNATIVA

Trecho	Rua				Área tributária a montante						Tempo de		Intensidade Precipitação (mm/h)	Defluvio Q (m³/s)	GALERIA									
	Cotas Topográficas (m)			Comprimento (m)	Declividade (%)	Zonas Contribuintes Increment.			Soma C.A (ha)	Soma A (ha)	Escoamento				Seção Tipo	Declividade (%)	Velocidade Seção Plena (m/s)	Capacidade (m³/s)	Desnível (m)	Cota da Soleira		Prof da Soleira (m)		
	M	J	Diferença			Coef. Médio C	Área (Ha) A	C.A			Até Montante	No Trecho								D (m)	M	J	M	J
PV-71	RAMAL 04																							
	41,900	41,500	0,400	45,00	0,89	0,80	0,630	0,504	11,496	0,630	0,00	0,16	261,10	8,338	3,50×3,00	0,35	4,82	48,96	0,158	37,858	37,700	4,04	3,80	
PV-84																								
	41,500	41,100	0,400	31,00	1,29	0,80	11,84	9,472	20,968	12,470	0,16	0,11	260,68	15,183	4,00×3,00	0,30	4,71	54,69	0,093	37,393	37,300	4,11	3,80	
PV-85	RAMAL 05																							
	41,100	40,900	0,200	11,00	1,82	0,80	0,28	0,224	26,472	12,750	0,27	0,04	260,38	19,146	4,00×3,50	0,25	4,49	61,00	0,028	36,628	36,600	4,47	4,30	
PV-89																								
	40,900	40,100	0,800	45,00	1,78	0,80	0,09	0,072	26,544	12,840	0,31	0,17	260,27	19,190	4,00×3,50	0,25	4,49	61,00	0,113	35,913	35,800	4,99	4,30	
PV-90																								
	40,100	39,800	0,300	48,00	0,63	0,80	0,18	0,144	26,688	13,020	0,47	0,18	259,81	19,260	4,00×3,50	0,25	4,49	61,00	0,120	35,620	35,500	4,48	4,30	
PV-91																								
	39,800	39,300	0,500	69,00	0,72	0,80	0,19	0,152	26,840	13,210	0,65	0,26	259,32	19,334	4,00×3,50	0,25	4,49	61,00	0,173	35,173	35,000	4,63	4,30	
PV-92																								
	39,300	39,100	0,200	44,00	0,45	0,80	0,28	0,224	27,064	13,490	0,91	0,16	258,62	19,442	4,00×3,50	0,25	4,49	61,00	0,110	34,910	34,800	4,39	4,30	
PV-93	RAMAL 06																							
	39,100	39,300	-0,200	37,00	-0,54	0,80	0,55	0,440	34,064	14,040	1,07	0,13	258,17	24,429	4,00×3,50	0,30	4,91	66,82	0,111	34,800	34,689	4,30	4,61	
PV-95																								
	39,300	38,600	0,700	65,00	1,08	0,80	7,55	6,040	40,104	21,590	1,20	0,22	257,83	28,722	4,00×3,50	0,30	4,91	66,82	0,195	34,495	34,300	4,80	4,30	
PV-96																								
	38,600	37,500	1,100	55,00	2,00	0,80	0,33	0,264	40,368	21,920	1,42	0,19	257,22	28,843	4,00×3,50	0,30	4,91	66,82	0,165	33,365	33,200	5,24	4,30	
PV-97																								
	37,500	37,300	0,200	11,00	1,82	0,80	1,04	0,832	41,200	22,960	1,60	0,04	256,71	29,379	4,00×3,50	0,30	4,91	66,82	0,033	33,033	33,000	4,47	4,30	
PV-98	RAMAL 07																							
	37,300	37,500	-0,200	48,00	-0,42	0,80	0,09	0,072	42,448	23,050	1,64	0,16	256,61	30,257	4,00×3,50	0,30	4,91	66,82	0,144	33,000	32,856	4,30	4,64	
PV-100	RAMAL 08																							
Lançamento	37,500	34,800	2,700	32,00	8,44	0,80	0,21	0,168	58,840	23,260	1,80	0,11	256,16	41,869	4,50×3,50	0,28	5,0	76,22	0,090	32,856	32,766	4,64	2,03	

RAMAL 01																								
Trecho	Rua					Área tributaria a montante					Tempo de		Intensidade Precipitação (mm/h)	Defluvio Q (m ³ /s)	GALERIA									
	Cotas Topográficas (m)			Comprimento (m)	Declividade (%)	Zonas Contribuintes Increment.			Soma C.A (ha)	Soma A (ha)	Escoamento				Seção Tipo	Declividade (%)	Velocidade Seção Plena (m/s)	Capacidade (m ³ /s)	Desnível (m)	Cota da Soleira		Prof da Soleira (m)		
	M	J	Diferença			Coef. Médio C	Área (Ha) A	C.A			Até Montante	No Trecho								M	J	M	J	
PV-47																								
	46,400	45,700	0,700	59,00	1,19	0,80	14,820	11,856	11,856	14,820	10,00	0,27	196,39	6,468	1,50	0,85	3,69	6,51	0,502	43,902	43,400	2,50	2,30	
PV-48																								
	45,700	46,100	-0,400	50,00	-0,80	0,80	0,970	0,776	12,632	15,790	10,27	0,23	195,78	6,870	1,50×1,50	0,60	3,70	7,76	0,300	43,400	43,100	2,30	3,00	
PV-49																								
	46,100	47,100	-1,000	56,00	-1,79	0,80	0,350	0,280	12,912	16,140	10,49	0,25	195,27	7,004	1,50×1,50	0,60	3,70	7,76	0,336	43,100	42,764	3,00	4,34	
PV-50																								
	47,100	47,900	-0,800	56,00	-1,43	0,80	2,840	2,272	15,184	18,980	10,74	0,22	194,70	8,212	1,50×1,50	0,80	4,27	8,96	0,448	42,764	42,316	4,34	5,58	
PV-51																								
	47,900	48,900	-1,000	52,00	-1,92	0,80	0,240	0,192	15,376	19,220	10,96	0,20	194,20	8,295	1,50×1,50	0,80	4,27	8,96	0,416	42,316	41,900	5,58	7,00	

RAMAL 02																								
Trecho	Rua					Área tributaria a montante					Tempo de		Intensidade Precipitação (mm/h)	Defluvio Q (m ³ /s)	GALERIA									
	Cotas Topográficas (m)			Comprimento (m)	Declividade (%)	Zonas Contribuintes Increment.			Soma C.A (ha)	Soma A (ha)	Escoamento				Seção Tipo	Declividade (%)	Velocidade Seção Plena (m/s)	Capacidade (m ³ /s)	Desnível (m)	Cota da Soleira		Prof da Soleira (m)		
	M	J	Diferença			Coef. Médio C	Área (Ha) A	C.A			Até Montante	No Trecho								M	J	M	J	
PV-58																								
	43,300	42,300	1,000	45,00	2,22	0,80	8,450	6,760	6,760	8,450	10,00	0,23	196,39	3,688	1,20	0,90	3,27	3,70	0,405	40,705	40,300	2,60	2,00	
PV-59																								
	42,300	42,700	-0,400	55,00	-0,73	0,80	0,150	0,120	6,880	8,600	10,23	0,39	195,87	3,743	1,50	0,35	2,37	4,18	0,193	40,193	40,000	2,30	2,70	
PV-60																								
	42,700	43,700	-1,000	50,00	-2,00	0,80	0,440	0,352	7,232	9,040	10,62	0,35	194,99	3,917	1,50	0,35	2,37	4,18	0,175	40,000	39,825	2,70	3,88	
PV-61																								
	43,700	44,800	-1,100	52,00	-2,12	0,80	1,250	1,000	8,232	10,290	10,97	0,34	194,19	4,440	1,50	0,40	2,53	4,47	0,208	39,825	39,617	3,88	5,18	

RAMAL 03																							
Trecho	Rua					Área tributária a montante					Tempo de		Intensidade Precipitação (mm/h)	Defluvio Q (m ³ /s)	GALERIA								
	Cotas Topográficas (m)			Comprimento (m)	Declividade (%)	Zonas Contribuintes Increment.			Soma C.A (ha)	Soma A (ha)	Escoamento				Seção Tipo	Declividade	Velocidade Seção	Capacidade	Desnível (m)	Cota da Soleira		Prof da Soleira (m)	
	M	J	Diferença			Coef. Médio C	Área (Ha) A	C.A			Até Montante	No Trecho								D (m)	(%)	Plena (m/s)	(m ² /s)
PV-65																							
	42,700	42,100	0,600	52,00	1,15	0,80	2,690	2,152	2,152	2,690	10,00	0,37	196,39	1,174	0,80	0,80	2,35	1,18	0,416	40,916	40,500	1,78	1,60
PV-66																							
	42,100	42,100	0,000	47,00	0,00	0,80	0,150	0,120	2,272	2,840	10,37	0,31	195,55	1,234	0,80	0,90	2,50	1,25	0,423	40,500	40,077	1,60	2,02
PV-67																							
	42,100	42,500	-0,400	50,00	-0,80	0,80	1,580	1,264	3,536	4,420	10,68	0,33	194,84	1,914	1,00	0,70	2,55	2,00	0,350	39,877	39,527	2,22	2,97
PV-68																							
	42,500	43,300	-0,800	52,00	-1,54	0,80	0,220	0,176	3,712	4,640	11,01	0,33	194,10	2,00	1,00	0,75	2,64	2,08	0,390	39,527	39,137	2,97	4,16

RAMAL 04																							
Trecho	Rua					Área tributária a montante					Tempo de		Intensidade Precipitação (mm/h)	Defluvio Q (m ³ /s)	GALERIA								
	Cotas Topográficas (m)			Comprimento (m)	Declividade (%)	Zonas Contribuintes Increment.			Soma C.A (ha)	Soma A (ha)	Escoamento				Seção Tipo	Declividade	Velocidade Seção	Capacidade	Desnível (m)	Cota da Soleira		Prof da Soleira (m)	
	M	J	Diferença			Coef. Médio C	Área (Ha) A	C.A			Até Montante	No Trecho								D (m)	(%)	Plena (m/s)	(m ² /s)
PV-72																							
	52,200	51,700	0,500	46,00	1,09	0,80	3,610	2,888	2,888	3,610	10,00	0,24	196,39	1,575	0,80	1,45	3,17	1,59	0,667	50,400	49,733	1,80	1,97
PV-73																							
	51,700	51,400	0,300	55,00	0,55	0,80	0,110	0,088	2,976	3,720	10,24	0,42	195,84	1,619	1,00	0,50	2,16	1,69	0,275	49,533	49,258	2,17	2,14
PV-74																							
	51,400	50,900	0,500	50,00	1,00	0,80	3,480	2,784	5,760	7,200	10,67	0,19	194,87	3,118	1,00	2,00	4,32	3,39	1,000	49,258	48,258	2,14	2,64
PV-75																							
	50,900	50,700	0,200	51,00	0,39	0,80	1,930	1,544	7,304	9,130	10,86	0,23	194,44	3,945	1,20	1,20	3,78	4,27	0,612	48,058	47,446	2,84	3,25
PV-76																							
	50,700	49,900	0,800	35,00	2,29	0,80	2,13	1,704	9,008	11,260	11,08	0,13	193,93	4,852	1,20	1,60	4,36	4,93	0,560	47,446	46,886	3,25	3,01
PV-77																							
	49,900	48,800	1,100	61,00	1,80	0,80	0,08	0,064	9,072	11,340	11,22	0,23	193,62	4,879	1,20	1,60	4,36	4,93	0,976	46,886	45,910	3,01	2,89
PV-78																							
	48,800	47,500	1,300	61,00	2,13	0,80	0,27	0,216	9,288	11,610	11,45	0,23	193,09	4,982	1,20	1,65	4,43	5,01	1,007	45,910	44,904	2,89	2,60
PV-79																							
	47,500	46,200	1,300	50,00	2,60	0,80	1,09	0,872	10,160	12,700	11,68	0,21	192,57	5,435	1,50	1,00	4,00	7,07	0,500	44,400	43,900	3,10	2,30
PV-80																							
	46,200	45,700	0,500	24,00	2,08	0,80	0,42	0,336	10,496	13,120	11,89	0,09	192,10	5,601	1,50	1,30	4,56	8,06	0,312	43,712	43,400	2,49	2,30
PV-81																							
	45,700	44,300	1,400	60,00	2,33	0,80	0,06	0,048	10,544	13,180	11,98	0,22	191,90	5,620	1,50	1,30	4,56	8,06	0,780	42,780	42,000	2,92	2,30
PV-82																							
	44,300	42,800	1,500	60,00	2,50	0,80	0,27	0,216	10,760	13,450	12,20	0,22	191,40	5,721	1,50	1,30	4,56	8,06	0,780	41,280	40,500	3,02	2,30
PV-83																							
	42,800	41,900	0,900	55,00	1,64	0,80	0,29	0,232	10,992	13,740	12,42	0,20	190,90	5,829	1,50	1,30	4,56	8,06	0,715	40,315	39,600	2,48	2,30

RAMAL 05																							
Trecho	Rua				Área tributaria a montante						Tempo de		Intensidade Precipitação (mm/h)	Defluvio Q (m3/s)	GALERIA								
	Cotas Topográficas (m)			Comprimento (m)	Declividade (%)	Zonas Contribuintes Incremen.			Soma C.A (ha)	Soma A (ha)	Escoamento				Seção Tipo	Declividade (%)	Velocidade Seção Plena (m/s)	Capacidade (m³/s)	Desnível (m)	Cota da Soleira		Prof da Soleira (m)	
	M	J	Diferença			Coef. Médio C	Área (Ha) A	C.A			Até Montante	No Trecho								M	J	M	J
PV-86																							
	41,500	41,200	0,300	49,00	0,61	0,80	6,170	4,936	4,936	6,170	10,00	0,31	196,39	2,693	1,20	0,60	2,67	3,02	0,294	39,500	39,206	2,00	1,99
PV-87																							
	41,200	41,200	0,000	47,00	0,00	0,80	0,140	0,112	5,048	6,310	10,31	0,29	195,69	2,744	1,20	0,60	2,67	3,02	0,282	39,206	38,924	1,99	2,28
PV-88																							
	41,200	41,100	0,100	54,00	0,19	0,80	0,290	0,232	5,280	6,600	10,60	0,34	195,03	2,860	1,20	0,60	2,67	3,02	0,324	38,924	38,600	2,28	2,50

RAMAL 06																							
Trecho	Rua				Área tributaria a montante						Tempo de		Intensidade Precipitação (mm/h)	Defluvio Q (m3/s)	GALERIA								
	Cotas Topográficas (m)			Comprimento (m)	Declividade (%)	Zonas Contribuintes Incremen.			Soma C.A (ha)	Soma A (ha)	Escoamento				Seção Tipo	Declividade (%)	Velocidade Seção Plena (m/s)	Capacidade (m³/s)	Desnível (m)	Cota da Soleira		Prof da Soleira (m)	
	M	J	Diferença			Coef. Médio C	Área (Ha) A	C.A			Até Montante	No Trecho								M	J	M	J
PV-94																							
	39,500	39,100	0,400	62,00	0,65	0,80	8,200	6,560	6,560	8,200	10,00	0,32	196,39	3,579	1,20	0,90	3,27	3,70	0,558	37,500	36,942	2,00	2,16

RAMAL 07																							
Trecho	Rua				Área tributaria a montante						Tempo de		Intensidade Precipitação (mm/h)	Defluvio Q (m3/s)	GALERIA								
	Cotas Topográficas (m)			Comprimento (m)	Declividade (%)	Zonas Contribuintes Incremen.			Soma C.A (ha)	Soma A (ha)	Escoamento				Seção Tipo	Declividade (%)	Velocidade Seção Plena (m/s)	Capacidade (m³/s)	Desnível (m)	Cota da Soleira		Prof da Soleira (m)	
	M	J	Diferença			Coef. Médio C	Área (Ha) A	C.A			Até Montante	No Trecho								M	J	M	J
PV-99																							
	36,900	37,300	-0,400	28,00	-1,43	0,80	1,470	1,176	1,176	1,470	10,00	0,35	196,39	0,642	0,80	0,25	1,32	0,66	0,070	35,300	35,230	1,60	2,07

RAMAL 08																								
Trecho	Rua					Área tributária a montante					Tempo de		Intensidade Precipitação (mm/h)	Defluvio Q (m ³ /s)	GALERIA									
	Cotas Topográficas (m)			Comprimento (m)	Declividade (%)	Zonas Contribuintes Increment.			Soma C.A (ha)	Soma A (ha)	Escoamento				Seção Tipo	Declividade (%)	Velocidade Seção Plena (m/s)	Capacidade (m ³ /s)	Desnível (m)	Cota da Soleira		Prof da Soleira (m)		
	M	J	Diferença			Coef. Médio C	Área (Ha) A	C.A			Até Montante	No Trecho								M	J	M	J	
PV-101																								
	51,700	51,300	0,400	69,00	0,58	0,80	7,440	5,952	5,952	7,440	10,00	0,27	196,39	3,247	1,00	2,00	4,32	3,39	1,380	49,900	48,520	1,80	2,78	
PV-102																								
	51,300	49,500	1,800	71,00	2,54	0,80	0,160	0,128	6,080	7,600	10,27	0,27	195,78	3,307	1,00	2,00	4,32	3,39	1,420	48,520	47,100	2,78	2,40	
PV-103																								
	49,500	48,500	1,000	49,00	2,04	0,80	0,230	0,184	6,264	7,830	10,54	0,18	195,16	3,396	1,00	2,15	4,48	3,51	1,054	47,100	46,047	2,40	2,45	
PV-104																								
	48,500	46,600	1,900	73,00	2,60	0,80	1,390	1,112	7,376	9,220	10,72	0,32	194,75	3,990	1,20	1,20	3,78	4,27	0,876	45,476	44,600	3,02	2,00	
PV-105																								
	46,600	44,800	1,800	73,00	2,47	0,80	0,24	0,192	7,568	9,460	11,05	0,27	194,02	4,079	1,20	1,70	4,49	5,08	1,241	44,041	42,800	2,56	2,00	
PV-106																								
	44,800	43,200	1,600	72,00	2,22	0,80	4,64	3,712	11,280	14,100	11,32	0,27	193,40	6,060	1,50	1,25	4,47	7,90	0,900	41,800	40,900	3,00	2,30	
PV-107																								
	43,200	42,700	0,500	38,00	1,32	0,80	2,13	1,704	12,984	16,230	11,58	0,14	192,79	6,953	1,50	1,20	4,38	7,74	0,456	40,900	40,444	2,30	2,26	
PV-108																								
	42,700	41,400	1,300	43,00	3,02	0,80	0,80	0,640	13,624	17,030	11,73	0,16	192,46	7,284	1,50	1,20	4,38	7,74	0,516	39,616	39,100	3,08	2,30	
PV-109																								
	41,400	40,500	0,900	44,00	2,05	0,80	0,78	0,624	14,248	17,810	11,89	0,17	192,09	7,603	1,50	1,20	4,38	7,74	0,528	38,728	38,200	2,67	2,30	
PV-110																								
	40,500	39,600	0,900	45,00	2,00	0,80	0,79	0,632	14,880	18,600	12,06	0,17	191,71	7,924	1,50	1,26	4,49	7,93	0,567	37,867	37,300	2,63	2,30	
PV-111																								
	39,600	38,800	0,800	44,00	1,82	0,80	0,79	0,632	15,512	19,390	12,23	0,16	191,33	8,244	1,50×1,50	0,90	4,5	9,50	0,396	36,896	36,500	2,70	2,30	
PV-112																								
	38,800	37,800	1,000	44,00	2,27	0,80	0,79	0,632	16,144	20,180	12,39	0,16	190,96	8,564	1,50×1,50	0,90	4,5	9,50	0,396	35,896	35,500	2,90	2,30	
PV-113																								
	37,800	37,500	44,000	33,00	133,33	0,80	0,10	0,080	16,224	20,280	12,55	0,12	190,60	8,590	1,50×1,50	0,90	4,5	9,50	0,297	35,497	35,200	2,30	2,30	

**APÊNDICE C: PLANILHA DE DIMENSIONAMENTO DA REDE DE GALERIA
DA SEGUNDA ALTERNATIVA**

APÊNDICE C: PLANILHA DE DIMENSIONAMENTO DA REDE DE GALERIA DA SEGUNDA ALTERNATIVA																								
Trecho	Rua			Comprimento (m)	Declividade (%)	Área tributária a montante					Tempo de		Intensidade Precipitação (mm/h)	Defluvio Q (m³/s)	GALERIA								OBSERVAÇÕES	
	Cotas Topográficas (m)					Zonas Contribuintes Increment.			Soma C.A (ha)	Soma A (ha)	Escoamento				Seção Tipo D (m)	Declividade (%)	Velocidade Seção Plena (m/s)	Capacidade (m³/s)	Desnível (m)	Cota da Soleira		Prof da Soleira (m)		
	M	J	Diferença			Coef. Médio C	Área (Ha) A	C.A			Até Montante	No Trecho								M	J	M		J
PV-01	52,700	52,500	0,200	27,00	0,74	0,80	2,040	1,632	1,632	2,040	10,00	0,20	196,39	0,890	0,80	0,70	2,20	1,11	0,189	51,100	50,911	1,60	1,6	
PV-02	52,500	52,100	0,400	58,00	0,69	0,80	0,090	0,072	1,704	2,130	10,20	0,44	195,92	0,927	0,80	0,70	2,20	1,11	0,406	50,911	50,505	1,6	1,60	Degrau= 0,00 m
PV-03	52,100	51,900	0,200	50,00	0,40	0,80	0,220	0,176	1,880	2,350	10,64	0,38	194,93	1,018	0,80	0,70	2,20	1,11	0,350	50,505	50,155	1,60	1,75	Degrau= 0,00 m
PV-04	51,900	51,300	0,600	14,00	4,29	0,80	0,210	0,168	2,048	2,560	11,02	0,06	194,07	1,104	0,80	2,55	4,20	2,11	0,357	50,057	49,700	1,84	1,60	Degrau= 0,10 m
PV-05	51,300	51,100	0,200	50,00	0,40	0,80	3,88	3,104	5,152	6,440	11,08	0,23	193,94	2,776	1,00	1,40	3,61	2,84	0,700	49,500	48,800	1,80	2,30	Degrau= 0,20 m
PV-06	51,100	50,510	0,590	49,00	1,20	0,80	1,92	1,536	6,688	8,360	11,31	0,25	193,42	3,593	1,20	0,90	3,27	3,70	0,441	48,600	48,159	2,50	2,35	Degrau= 0,20 m
PV-07	50,510	49,900	0,610	51,00	1,20	0,80	1,27	1,016	7,704	9,630	11,56	0,27	192,85	4,127	1,50	0,60	3,10	5,47	0,306	47,859	47,553	2,65	2,35	Degrau= 0,30 m
PV-08	49,900	49,600	0,300	50,00	0,60	0,80	1,45	1,160	8,864	11,080	11,83	0,27	192,23	4,733	1,50	0,60	3,10	5,47	0,300	47,553	47,253	2,35	2,35	Degrau= 0,00 m
PV-09	49,600	49,400	0,200	33,00	0,61	0,80	2,46	1,968	10,832	13,540	12,10	0,16	191,62	5,766	1,50	0,70	3,35	5,91	0,231	47,253	47,022	2,35	2,38	Degrau= 0,00 m
PV-10	49,400	49,300	0,100	58,00	0,17	0,80	2,68	2,144	12,976	16,220	12,27	0,26	191,24	6,893	1,50x1,50	0,60	3,70	7,76	0,348	47,022	46,674	2,38	2,63	Degrau= 0,00 m
PV-11	49,300	48,500	0,800	80,00	1,00	0,80	2,08	1,664	14,640	18,300	12,53	0,36	190,65	7,753	1,50x1,50	0,60	3,70	7,76	0,480	46,674	46,194	2,63	2,31	Degrau= 0,00 m
PV-12	48,500	48,100	0,400	49,00	0,82	0,80	3,54	2,832	17,472	21,840	12,89	0,24	189,83	9,213	2,00x1,50	0,40	3,40	9,51	0,196	45,996	45,800	2,50	2,30	Degrau= 0,20 m
PV-13	48,100	47,900	0,200	51,00	0,39	0,80	1,26	1,008	18,480	23,100	13,13	0,24	189,28	9,717	2,00x1,50	0,45	3,60	10,09	0,230	45,800	45,571	2,30	2,33	Degrau= 0,00 m
PV-14	47,900	47,900	0,000	49,00	0,00	0,80	1,32	1,056	19,536	24,420	13,36	0,22	188,75	10,243	2,00x1,50	0,50	3,80	10,63	0,245	45,571	45,326	2,33	2,57	Degrau= 0,00 m
PV-15	47,900	47,800	0,100	50,00	0,20	0,80	1,29	1,032	20,568	25,710	13,58	0,21	188,26	10,756	2,00x1,50	0,55	3,98	11,15	0,275	45,326	45,051	2,57	2,75	Degrau= 0,00 m
PV-16	47,800	47,800	0,000	64,00	0,00	0,80	5,18	4,144	24,712	30,890	13,79	0,26	223,36	15,332	2,00x2,00	0,50	4,10	15,59	0,320	44,551	44,231	3,25	3,57	Degrau= 0,50 m
PV-17	47,800	47,800	0,000	62,00	0,00	0,80	0,26	0,208	24,920	31,150	14,05	0,25	222,65	15,412	2,00x2,00	0,50	4,10	15,59	0,310	44,231	43,921	3,57	3,88	Degrau= 0,00 m
PV-18	47,800	48,037	-0,237	68,00	-0,35	0,80	8,86	7,088	32,008	40,010	14,30	0,27	221,96	19,735	2,50x2,00	0,45	4,27	20,30	0,306	43,921	43,615	3,88	4,42	Degrau= 0,00 m
PV-19	48,037	47,940	0,097	44,00	0,22	0,80	4,090	3,272	35,280	4,090	10,00	0,18	233,73	22,906	3,00x2,00	0,35	4,05	23,06	0,154	43,615	43,461	4,42	4,48	Degrau= 0,00 m
PV-20	47,940	47,900	0,040	44,00	0,09	0,80	0,180	0,144	35,424	4,270	10,18	0,18	233,24	22,950	3,00x2,00	0,35	4,05	23,06	0,154	43,461	43,307	4,48	4,59	Degrau= 0,00 m

APÊNDICE C: PLANILHA DE DIMENSIONAMENTO DA REDE DE GALERIA DA SEGUNDA ALTERNATIVA

Trecho	Rua			Área tributária a montante						Tempo de		Intensidade Precipitação (mm/h)	Defluvio Q (m³/s)	GALERIA								OBSERVAÇÕES		
	Cotas Topográficas (m)			Comprimento (m)	Declividade (%)	Zonas Contribuintes Incremen.			Soma C.A (ha)	Soma A (ha)	Escoamento			Seção Tipo	Declividade (%)	Velocidade Seção Plena (m/s)	Capacidade (m³/s)	Desnível (m)	Cota da Soleira		Prof da Soleira (m)			
	M	J	Diferença			Coef. Médio C	Área (Ha) A	C.A			Até Montante								No Trecho	M	J		M	J
PV-21																						Degrau= 0,00 m		
	47,900	47,900	0,000	34,00	0,00	0,80	5,990	4,792	40,216	10,260	10,36	0,14	232,74	26,000	3,50×2,00	0,30	3,96	26,33	0,102	43,307	43,205	4,59	4,70	
PV-22																						Degrau= 0,00 m		
	47,900	48,400	-0,500	71,00	-0,70	0,80	0,130	0,104	40,320	10,390	10,51	0,30	232,35	26,023	3,50×2,00	0,30	3,96	26,33	0,213	43,205	42,992	4,70	5,41	
PV-23																						Degrau= 0,00 m		
	48,400	48,400	0,000	29,00	0,00	0,80	3,37	2,696	43,016	13,760	10,80	0,11	231,53	27,665	3,50×2,00	0,35	4,28	28,44	0,102	42,992	42,890	5,41	5,51	
PV-24																						Degrau= 0,00 m		
	48,400	48,400	0,000	54,00	0,00	0,80	0,10	0,080	43,096	13,860	10,92	0,21	231,22	27,680	3,50×2,00	0,35	4,28	28,44	0,189	42,890	42,701	5,51	5,70	
PV-25																						Degrau= 0,00 m		
	48,400	48,300	0,100	68,00	0,15	0,80	4,69	3,752	46,848	18,550	11,13	0,25	230,64	30,014	3,50×2,00	0,40	4,57	30,40	0,272	42,701	42,429	5,70	5,87	
PV-26																						Degrau= 0,50 m		
	48,300	48,200	0,100	73,00	0,14	0,80	3,55	2,840	49,688	22,100	11,38	0,26	229,97	31,740	3,00×2,50	0,40	4,61	33,21	0,292	41,929	41,637	6,37	6,56	
PV-27																						Degrau= 0,00 m		
	48,200	48,100	0,100	56,00	0,18	0,80	3,36	2,688	52,376	25,460	11,64	0,19	229,24	33,352	3,00×2,50	0,45	4,89	35,22	0,252	41,637	41,385	6,56	6,72	
PV-28																						Degrau= 0,00 m		
	48,100	48,100	0,000	54,00	0,00	0,80	0,23	0,184	52,560	25,690	11,83	0,18	228,72	33,393	3,00×2,50	0,45	4,89	35,22	0,243	41,385	41,142	6,72	6,96	
PV-29																						Degrau= 0,00 m		
	48,100	46,500	1,600	52,00	3,08	0,80	2,73	2,184	54,744	28,420	12,01	0,18	228,22	34,704	3,00×2,50	0,45	4,89	35,22	0,234	41,142	40,908	6,96	5,59	
PV -30																						Degrau= 0,00 m		
	46,500	44,900	1,600	52,00	3,08	0,80	0,23	0,184	54,928	28,650	12,19	0,18	227,73	34,747	3,00×2,50	0,45	4,89	35,22	0,234	40,908	40,674	5,59	4,23	
PV -31																						Degrau= 0,19 m		
	44,900	43,600	1,300	41,00	3,17	0,80	0,26	0,208	55,136	28,910	12,37	0,14	227,25	34,804	3,00×2,50	0,45	4,89	35,22	0,185	40,485	40,300	4,42	3,30	
PV -32																						Degrau= 1,12 m		
	43,600	42,300	1,300	41,00	3,17	0,80	0,20	0,160	55,296	29,110	12,51	0,14	226,87	34,847	3,00×2,50	0,45	4,89	35,22	0,185	39,185	39,000	4,42	3,30	
PV -33																						Degrau= 0,70 m		
	42,300	41,500	0,800	23,00	3,48	0,80	0,20	0,160	55,456	29,310	12,65	0,08	226,48	34,888	3,00×2,50	0,45	4,89	35,22	0,104	38,304	38,200	4,00	3,30	
PV -34																						Degrau= 1,33 m		
	41,500	39,900	1,600	59,00	2,71	0,80	0,09	0,072	55,528	29,400	12,73	0,20	226,27	34,901	3,00×2,50	0,45	4,89	35,22	0,266	36,866	36,600	4,63	3,30	
PV -35																						Degrau= 0,55 m		
	39,900	39,200	0,700	33,00	2,12	0,80	0,29	0,232	55,760	29,690	12,93	0,11	225,72	34,961	3,00×2,50	0,45	4,89	35,22	0,149	36,049	35,900	3,85	3,30	
PV -36																						Degrau= 1,20 m		
	39,200	37,800	1,400	44,00	3,18	0,80	0,10	0,080	55,840	29,790	13,04	0,15	225,41	34,964	3,00×2,50	0,45	4,89	35,22	0,198	34,698	34,500	4,50	3,30	
PV -37																						Degrau= 0,00 m		
Langamento	37,800	34,800	3,000	24,00	12,50	0,80	0,18	0,144	55,984	29,970	13,19	0,08	225,00	34,990	3,00×2,50	0,45	4,89	35,22	0,108	34,500	34,392	3,30	0,41	

APÊNDICE C: PLANILHA DE DIMENSIONAMENTO DA REDE DE GALERIA DA SEGUNDA ALTERNATIVA

Trecho	Rua			Área tributária a montante						Tempo de		Intensidade Precipitação (mm/h)	Defluvio Q (m³/s)	GALERIA								OBSERVAÇÕES		
	Cotas Topográficas (m)			Comprimento (m)	Declividade (%)	Zonas Contribuintes Incremen.			Escoamento		Seção Tipo			Declividade (%)	Velocidade Seção Plena (m/s)	Capacidade (m³/s)	Desnível (m)	Cota da Soleira		Prof da Soleira (m)				
	M	J	Diferença			Coef. Médio C	Área (Ha) A	C.A	Soma C.A (ha)	Soma A (ha)								Até Montante	No Trecho	M	J		M	J
PV-38	52,900	52,700	0,200	59,00	0,34	0,80	3,52	2,816	2,816	3,520	10,00	0,42	196,39	1,536	1,00	0,60	2,36	1,86	0,354	51,100	50,746	1,80	1,95	
PV-39	52,700	52,100	0,600	50,00	1,20	0,80	0,300	0,240	3,056	3,820	10,42	0,29	195,44	1,659	1,00	0,90	2,90	2,27	0,450	50,746	50,296	1,95	1,80	Degrau= 0,00 m
PV-40	52,100	51,900	0,200	28,00	0,71	0,80	4,400	3,520	6,576	8,220	10,70	0,14	194,79	3,558	1,20	0,90	3,27	3,70	0,252	50,096	49,844	2,00	2,06	Degrau= 0,20 m
PV-41	51,900	51,200	0,700	49,00	1,43	0,80	2,350	1,880	8,456	10,570	10,85	0,20	194,47	4,568	1,20	1,40	4,08	4,61	0,686	49,844	49,158	2,06	2,04	Degrau= 0,00 m
PV-42	51,200	50,800	0,400	52,00	0,77	0,80	1,90	1,520	9,976	12,470	11,05	0,24	194,01	5,376	1,50	0,80	3,58	6,32	0,416	48,858	48,442	2,34	2,36	Degrau= 0,30 m
PV-43	50,800	50,300	0,500	45,00	1,11	0,80	3,60	2,880	12,856	16,070	11,29	0,19	193,46	6,909	1,50	1,00	4,00	7,07	0,450	48,442	47,992	2,36	2,31	Degrau= 0,00 m
PV-44	50,300	49,900	0,400	44,00	0,91	0,80	0,17	0,136	12,992	16,240	11,48	0,18	193,04	6,966	1,50	1,00	4,00	7,07	0,440	47,992	47,552	2,31	2,35	Degrau= 0,00 m
PV-45	49,900	48,900	1,000	64,00	1,56	0,80	6,15	4,920	17,912	22,390	11,66	0,24	192,62	9,584	2,00×1,50	0,70	4,49	12,58	0,448	47,048	46,600	2,85	2,30	Degrau= 0,50 m
PV-46	48,900	47,800	1,100	60,00	1,83	0,80	5,89	4,712	22,624	28,280	11,90	0,24	228,54	14,362	2,00×2,00	0,50	4,10	15,59	0,300	45,300	45,000	3,60	2,80	Degrau= 1,30 m
PV-47	47,800	46,900	0,900	76,00	1,18	0,80	0,51	0,408	23,032	28,790	12,14	0,31	227,87	14,579	2,00×2,00	0,50	4,10	15,59	0,380	44,480	44,100	3,32	2,80	Degrau= 0,52 m
PV-48	46,900	45,900	1,000	75,00	1,33	0,80	3,83	3,064	26,096	32,620	12,45	0,28	227,03	16,457	2,00×2,00	0,60	4,49	17,08	0,450	43,550	43,100	3,35	2,80	Degrau= 0,55 m
PV-49	45,900	45,650	0,250	24,00	1,04	0,80	0,34	0,272	26,368	32,960	12,73	0,09	226,27	16,573	2,00×2,00	0,60	4,49	17,08	0,144	42,994	42,850	2,91	2,80	Degrau= 0,11 m
PV-50	45,650	45,100	0,550	50,00	1,10	0,80	7,56	6,048	32,416	40,520	12,82	0,18	226,02	20,352	2,50×2,00	0,50	4,51	21,40	0,250	42,550	42,300	3,10	2,80	Degrau= 0,30 m
PV-51	45,100	44,800	0,300	28,00	1,07	0,80	0,20	0,160	32,576	40,720	13,00	0,10	225,52	20,407	2,50×2,00	0,50	4,51	21,40	0,140	42,140	42,000	2,96	2,80	Degrau= 0,16 m
PV-52	44,800	44,200	0,600	25,00	2,40	0,80	0,10	0,080	32,656	40,820	13,11	0,09	225,23	20,431	2,50×2,00	0,50	4,51	21,40	0,125	41,525	41,400	3,27	2,80	Degrau= 0,47 m
PV-53	44,200	43,500	0,700	53,00	1,32	0,80	2,95	2,360	35,016	43,770	13,20	0,20	224,98	21,883	3,00×2,00	0,40	4,33	24,65	0,212	40,912	40,700	3,29	2,80	Degrau= 0,49 m
PV-54	43,500	43,300	0,200	25,00	0,80	0,80	2,49	1,992	37,008	46,260	13,40	0,10	224,42	23,070	3,00×2,00	0,40	4,33	24,65	0,100	40,600	40,500	2,90	2,80	Degrau= 0,10 m
PV-55	43,300	42,900	0,400	25,00	1,60	0,80	0,070	0,056	37,064	46,330	13,50	0,10	224,16	23,078	3,00×2,00	0,40	4,33	24,65	0,100	40,200	40,100	3,10	2,80	Degrau= 0,30 m
P-56	42,900	42,600	0,300	49,00	0,61	0,80	1,820	1,456	38,520	48,150	13,59	0,19	223,89	23,957	3,00×2,00	0,40	4,33	24,65	0,196	39,996	39,800	2,90	2,80	Degrau= 0,10 m
PV-57	42,600	41,900	0,700	51,00	1,37	0,80	1,260	1,008	39,528	49,410	13,78	0,20	223,38	24,527	3,00×2,00	0,40	4,33	24,65	0,204	39,304	39,100	3,30	2,80	Degrau= 0,50 m

APÊNDICE C: PLANILHA DE DIMENSIONAMENTO DA REDE DE GALERIA DA SEGUNDA ALTERNATIVA																								
Trecho	Rua			Área tributária a montante						Tempo de		Intensidade Precipitação (mm/h)	Deflúvio Q (m³/s)	GALERIA								OBSERVAÇÕES		
	Cotas Topográficas (m)			Comprimento (m)	Declividade (%)	Zonas Contribuintes Increment.			Soma C.A (ha)	Soma A (ha)	Escoamento			Seção Tipo	Declividade (%)	Velocidade Seção Plena (m/s)	Capacidade (m³/s)	Desnível (m)	Cota da Soleira		Prof da Soleira (m)			
	M	J	Diferença			Coef. Médio C	Área (Ha) A	C.A			Até Montante								No Trecho	M	J		M	J
PV-58	RAMAL																				Degrau= 0,76 m			
	41,900	41,500	0,400	45,00	0,89	0,80	0,630	0,504	51,024	50,040	13,98	0,18	222,84	31,584	3,50x2,50	0,30	4,25	35,68	0,135	38,335	38,200	3,57	3,30	
PV-71																						Degrau= 0,29 m		
	41,500	41,100	0,400	31,00	1,29	0,80	11,84	9,472	60,496	61,880	14,16	0,11	222,35	37,366	3,50x2,50	0,35	4,59	38,53	0,109	37,909	37,800	3,59	3,30	
PV-72																						Degrau= 0,00 m		
	41,100	41,100	0,000	17,00	0,00	0,80	0,10	0,100	60,596	61,980	14,27	0,06	222,05	37,375	3,50x2,50	0,35	4,59	38,53	0,060	37,800	37,741	3,30	3,36	
PV-73	RAMAL																					Degrau= 0,50 m		
	41,100	41,100	0,000	5,00	0,00	0,80	0,18	0,144	93,356	62,160	14,33	0,02	221,88	57,538	4,50x3,00	0,25	4,50	58,77	0,013	37,241	37,253	3,86	3,85	
CANAL A CÉU ABERTO																								
INÍCIO																								
	41,100	-	-	219,00	-	0,80	-	-	93,356	-	10,00	0,77	233,73	60,612	6,00x4,00x3,00	0,30	4,76	71,42	0,657	36,753	36,096	-	-	
Lançamento 01																								
	-	-	-	137,00	-	0,80	-	-	106,988	-	10,77	0,48	231,63	68,839	6,00x4,00x3,00	0,30	4,76	71,42	0,411	35,896	35,485	-	-	
Lançamento 02																								
	-	-	-	63,00	-	0,80	-	-	109,332	-	11,25	0,22	230,32	69,948	6,00x4,00x3,00	0,30	4,76	71,42	0,189	35,285	35,096	-	-	
Lançamento 03																								
	-	-	-	17,00	-	0,80	-	-	125,724	-	11,47	0,06	229,72	80,224	6,00x4,50x3,20	0,30	4,86	81,69	0,051	35,096	35,045	-	-	

RAMAL 01																								
Trecho	Rua				Área tributária a montante						Tempo de		Intensidade Precipitação (mm/h)	Defluvio Q (m³/s)	GALERIA								OBSERVAÇÕES	
	Cotas Topográficas (m)			Comprimento (m)	Declividade (%)	Zonas Contribuintes Increment.			Soma C.A (ha)	Soma A (ha)	Escoamento				Seção Tipo	Declividade (%)	Velocidade Seção Plena (m/s)	Capacidade (m³/s)	Desnível (m)	Cota da Soleira		Prof da Soleira (m)		
	M	J	Diferença			Coef. Médio C	Área (Ha) A	C.A			Até Montante	No Trecho								M	J	M		J
PV-59																								
	52,200	51,700	0,500	46,00	1,09	0,80	3,610	2,888	2,888	3,610	10,00	0,24	196,39	1,575	0,80	1,45	3,17	1,59	0,667	50,400	49,733	1,80	1,97	
PV-60																						Degrau= 0,20 m		
	51,700	51,400	0,300	55,00	0,55	0,80	0,110	0,088	2,976	3,720	10,24	0,42	195,84	1,619	1,00	0,50	2,16	1,69	0,275	49,533	49,258	2,17	2,14	
PV-61																						Degrau= 0,00 m		
	51,400	50,900	0,500	50,00	1,00	0,80	3,480	2,784	5,760	7,200	10,67	0,19	194,87	3,118	1,00	2,00	4,32	3,39	1,000	49,258	48,258	2,14	2,64	
PV-62																						Degrau= 0,20 m		
	50,900	50,700	0,200	51,00	0,39	0,80	1,930	1,544	7,304	9,130	10,86	0,23	194,44	3,945	1,20	1,20	3,78	4,27	0,612	48,058	47,446	2,84	3,25	
PV-63																						Degrau= 0,00 m		
	50,700	49,900	0,800	35,00	2,29	0,80	2,13	1,704	9,008	11,260	11,08	0,13	193,93	4,852	1,20	1,60	4,36	4,93	0,560	47,446	46,886	3,25	3,01	
PV-64																						Degrau= 0,00 m		
	49,900	48,800	1,100	61,00	1,80	0,80	0,08	0,064	9,072	11,340	11,22	0,23	193,62	4,879	1,20	1,60	4,36	4,93	0,976	46,886	45,910	3,01	2,89	
PV-65																						Degrau= 0,00 m		
	48,800	47,500	1,300	61,00	2,13	0,80	0,27	0,216	9,288	11,610	11,45	0,23	193,09	4,982	1,20	1,65	4,43	5,01	1,007	45,910	44,904	2,89	2,60	
PV-66																						Degrau= 0,50 m		
	47,500	46,200	1,300	50,00	2,60	0,80	1,09	0,872	10,160	12,700	11,68	0,21	192,57	5,435	1,50	1,00	4,00	7,07	0,500	44,400	43,900	3,10	2,30	
PV-67																						Degrau= 0,19 m		
	46,200	45,700	0,500	24,00	2,08	0,80	0,42	0,336	10,496	13,120	11,89	0,09	192,10	5,601	1,50	1,30	4,56	8,06	0,312	43,712	43,400	2,49	2,30	
PV-68																						Degrau= 0,62 m		
	45,700	44,300	1,400	60,00	2,33	0,80	0,06	0,048	10,544	13,180	11,98	0,22	191,90	5,620	1,50	1,30	4,56	8,06	0,780	42,780	42,000	2,92	2,30	
PV-69																						Degrau= 0,72 m		
	44,300	42,800	1,500	60,00	2,50	0,80	0,27	0,216	10,760	13,450	12,20	0,22	191,40	5,721	1,50	1,30	4,56	8,06	0,780	41,280	40,500	3,02	2,30	
PV-70																						Degrau= 0,18 m		
	42,800	41,900	0,900	55,00	1,64	0,80	0,29	0,232	10,992	13,740	12,42	0,20	190,90	5,829	1,50	1,30	4,56	8,06	0,715	40,315	39,600	2,48	2,30	

RAMAL 02																								
Trecho	Rua			Área tributária a montante						Tempo de		Intensidade Precipitação (mm/h)	Defluvio Q (m³/s)	GALERIA								OBSERVAÇÕES		
	Cotas Topográficas (m)			Comprimento (m)	Declividade (%)	Zonas Contribuintes Increment.			Soma C.A (ha)	Soma A (ha)	Escoamento			Seção Tipo	Declividade (%)	Velocidade Seção Plena (m/s)	Capacidade (m³/s)	Desnível (m)	Cota da Soleira		Prof da Soleira (m)			
	M	J	Diferença			Coef. Médio C	Área (Ha) A	C.A			Até Montante								No Trecho	M	J		M	J
PV-74	46,500	45,700	0,800	59,00	1,36	0,80	14,820	11,856	11,856	14,820	10,00	0,22	196,39	6,468	1,50	1,25	4,5	7,90	0,738	44,138	43,400	2,36	2,30	
PV-75	45,700	44,900	0,800	70,00	1,14	0,80	4,410	3,528	15,384	19,230	10,22	0,27	195,89	8,371	1,50x1,50	0,80	4,27	8,96	0,560	43,160	42,600	2,54	2,30	Degrau= 0,24 m
PV-76	44,900	44,800	0,100	15,00	0,67	0,80	0,680	0,544	15,928	19,910	10,49	0,06	195,27	8,640	1,50x1,50	0,80	4,27	8,96	0,120	42,600	42,480	2,30	2,32	Degrau= 0,00 m
PV-77	44,800	44,200	0,600	52,00	1,15	0,80	1,000	0,800	16,728	20,910	10,55	0,19	195,14	9,07	2,00x1,50	0,70	4,49	12,58	0,364	42,264	41,900	2,54	2,30	Degrau= 0,22 m
PV-78	44,200	43,900	0,300	50,00	0,60	0,80	1,600	1,280	18,008	1,600	10,74	0,19	194,70	9,739	2,00x1,50	0,70	4,49	12,58	0,350	41,900	41,550	2,30	2,35	Degrau= 0,00 m
PV-79	43,900	43,600	0,300	50,00	0,60	0,80	1,750	1,400	19,408	1,750	10,93	0,19	194,28	10,474	2,00x1,50	0,70	4,49	12,58	0,350	41,550	41,200	2,35	2,40	Degrau= 0,00 m
PV-80	43,600	43,300	0,300	50,00	0,60	0,80	1,770	1,416	20,824	3,520	11,12	0,19	193,86	11,213	2,00x1,50	0,70	4,49	12,58	0,350	41,200	40,850	2,40	2,45	Degrau= 0,00 m
PV-81	43,300	43,300	0,000	46,00	0,00	0,80	1,670	1,336	22,160	5,190	11,30	0,19	230,17	14,168	2,00x2,00	0,50	4,10	15,59	0,230	40,350	40,120	2,95	3,18	Degrau= 0,50 m
PV-82	43,300	43,300	0,000	6,00	0,00	0,80	0,140	0,112	22,272	5,330	11,49	0,02	229,66	14,21	2,00x2,00	0,50	4,10	15,59	0,030	40,120	40,090	3,18	3,21	Degrau= 0,00 m
PV-83	43,300	42,900	0,400	53,00	0,75	0,80	0,740	0,592	22,864	0,740	11,51	0,22	229,59	14,582	2,00x2,00	0,50	4,10	15,59	0,265	40,090	39,825	3,21	3,08	Degrau= 0,00 m
PV-84	42,900	42,700	0,200	49,00	0,41	0,80	0,880	0,704	23,568	0,880	11,73	0,20	229,00	14,992	2,00x2,00	0,50	4,10	15,59	0,245	39,825	39,580	3,08	3,12	Degrau= 0,00 m
PV-85	42,700	42,100	0,600	52,00	1,15	0,80	1,780	1,424	24,992	1,780	11,93	0,20	228,46	15,860	2,00x2,00	0,55	4,30	16,35	0,286	39,586	39,300	3,11	2,80	-Degrau= 0,01 m
PV-86	42,100	41,600	0,500	65,00	0,77	0,80	2,930	2,344	27,336	4,710	12,13	0,27	227,91	17,306	2,50x2,00	0,40	4,03	19,14	0,260	39,060	38,800	3,04	2,80	Degrau= 0,24 m
PV-87	41,600	41,500	0,100	65,00	0,15	0,80	0,380	0,304	27,640	2,160	12,40	0,27	227,17	17,442	2,50x2,00	0,40	4,03	19,14	0,260	38,800	38,540	2,80	2,96	Degrau= 0,00 m
PV-88	41,500	41,500	0,000	71,00	0,00	0,80	0,670	0,536	28,176	5,380	12,67	0,29	226,43	17,722	2,50x2,00	0,40	4,03	19,14	0,284	38,540	38,256	2,96	3,24	Degrau= 0,00 m
PV-89	41,500	41,200	0,300	49,00	0,61	0,80	5,120	4,096	32,272	5,120	12,96	0,19	225,63	20,227	2,50x2,00	0,45	4,27	20,30	0,221	38,256	38,036	3,24	3,16	Degrau= 0,00 m
PV-90	41,200	41,200	0,000	47,00	0,00	0,80	0,140	0,112	32,384	5,260	13,15	0,18	225,11	20,250	2,50x2,00	0,45	4,27	20,30	0,212	38,036	37,824	3,16	3,38	Degrau= 0,00 m
PV-91	41,200	41,100	0,100	36,00	0,28	0,80	0,290	0,232	32,616	5,410	13,33	0,13	224,61	20,349	2,50x2,00	0,50	4,51	21,40	0,180	37,824	37,644	3,38	3,46	Degrau= 0,00 m

RAMAL 3																								
Trecho	Rua			Área tributária a montante						Tempo de		Intensidade Precipitação (mm/h)	Defluvio Q (m³/s)	GALERIA								OBSERVAÇÕES		
	Topográficas (m)			Comprimento (m)	Declividade (%)	Contribuintes Incremen.			Soma C.A (ha)	Soma A (ha)	Escoamento			Seção Tipo	Declividade (%)	Velocidade Seção Plena (m/s)	Capacidade (m³/s)	Desnível (m)	Cota da Soleira		Prof da Soleira (m)			
	M	J	Diferença			Coef. Médio C	Área (Ha) A	C.A			Até Montante								No Trecho	M	J		M	J
PV-95																								
	39,500			39,500	48,00	82,29	0,80	8,200	6,560	6,560	8,200	10,00	0,24	196,39	3,579	1,20	0,90	3,27	3,70	0,432	37,500	37,068	2,00	

RAMAL 4																									
Trecho	Rua				Área tributária a montante						Tempo de		Intensidade Precipitação (mm/h)	Defluvio Q (m³/s)	GALERIA								OBSERVAÇÕES		
	Cotas Topográficas (m)				Comprimento (m)	Declividade (%)	Zonas Contribuintes Incremen.			Soma C.A (ha)	Soma A (ha)	Escoamento			Seção Tipo	Declividade (%)	Velocidade Seção Plena (m/s)	Capacidade (m³/s)	Desnível (m)	Cota da Soleira		Prof da Soleira (m)			
	M	J	Diferença				Coef. Médio C	Área (Ha) A	C.A			Até Montante								No Trecho	M	J		M	J
PV-92																									
	39,300	39,100	0,200	44,00	0,45	0,80	0,740	0,592	0,592	0,740	10,00	0,42	196,39	0,323	0,80	0,45	1,76	0,89	0,198	37,700	37,502	1,60	1,6		
PV-94																							Degrau= 0,00 m		
	39,300	39,100	0,200	37,00	0,54	0,80	7,550	6,040	6,040	7,550	10,00	0,23	196,39	3,295	1,50	0,45	2,68	4,74	0,167	37,000	36,834	2,30	2,3		
PV-93																							Degrau= 0,00 m		
	39,300	-	-	14,00	-	0,80	0,550	0,440	7,072	0,550	10,42	0,09	195,45	3,839	1,50	0,45	2,68	4,74	0,063	37,000	36,937	2,30	-		

RAMAL 5																									
Trecho	Rua				Área tributária a montante						Tempo de		Intensidade Precipitação (mm/h)	Defluvio Q (m³/s)	GALERIA								OBSERVAÇÕES		
	Cotas Topográficas (m)				Comprimento (m)	Declividade (%)	Zonas Contribuintes Incremen.			Soma C.A (ha)	Soma A (ha)	Escoamento			Seção Tipo	Declividade (%)	Velocidade Seção Plena (m/s)	Capacidade (m³/s)	Desnível (m)	Cota da Soleira		Prof da Soleira (m)			
	M	J	Diferença				Coef. Médio C	Área (Ha) A	C.A			Até Montante								No Trecho	M	J		M	J
PV-96																									
	37,500	37,300	0,200	11,00	1,82	0,80	1,370	1,096	1,096	1,370	10,00	0,13	196,39	0,598	0,80	0,30	1,44	0,72	0,033	35,733	35,700	1,77	1,6		
PV-97																							Degrau= 0,00 m		
	37,300	-	-	28,00	-	0,80	0,090	0,072	1,168	0,090	10,13	0,32	196,10	0,636	0,80	0,30	1,44	0,72	0,084	35,700	35,616	1,60	-		

RAMAL 6																									
Trecho	Rua				Área tributária a montante						Tempo de		Intensidade Precipitação (mm/h)	Defluvio Q (m³/s)	GALERIA								OBSERVAÇÕES		
	Cotas Topográficas (m)				Comprimento (m)	Declividade (%)	Zonas Contribuintes Incremen.			Soma C.A (ha)	Soma A (ha)	Escoamento			Seção Tipo	Declividade (%)	Velocidade Seção Plena (m/s)	Capacidade (m³/s)	Desnível (m)	Cota da Soleira		Prof da Soleira (m)			
	M	J	Diferença				Coef. Médio C	Área (Ha) A	C.A			Até Montante								No Trecho	M	J		M	J
PV-98																									
	37,500	37,300	0,200	62,00	0,32	0,80	1,470	1,176	1,176	1,470	10,00	0,72	196,39	0,642	0,80	0,30	1,44	0,72	0,186	35,886	35,700	1,61	1,6		

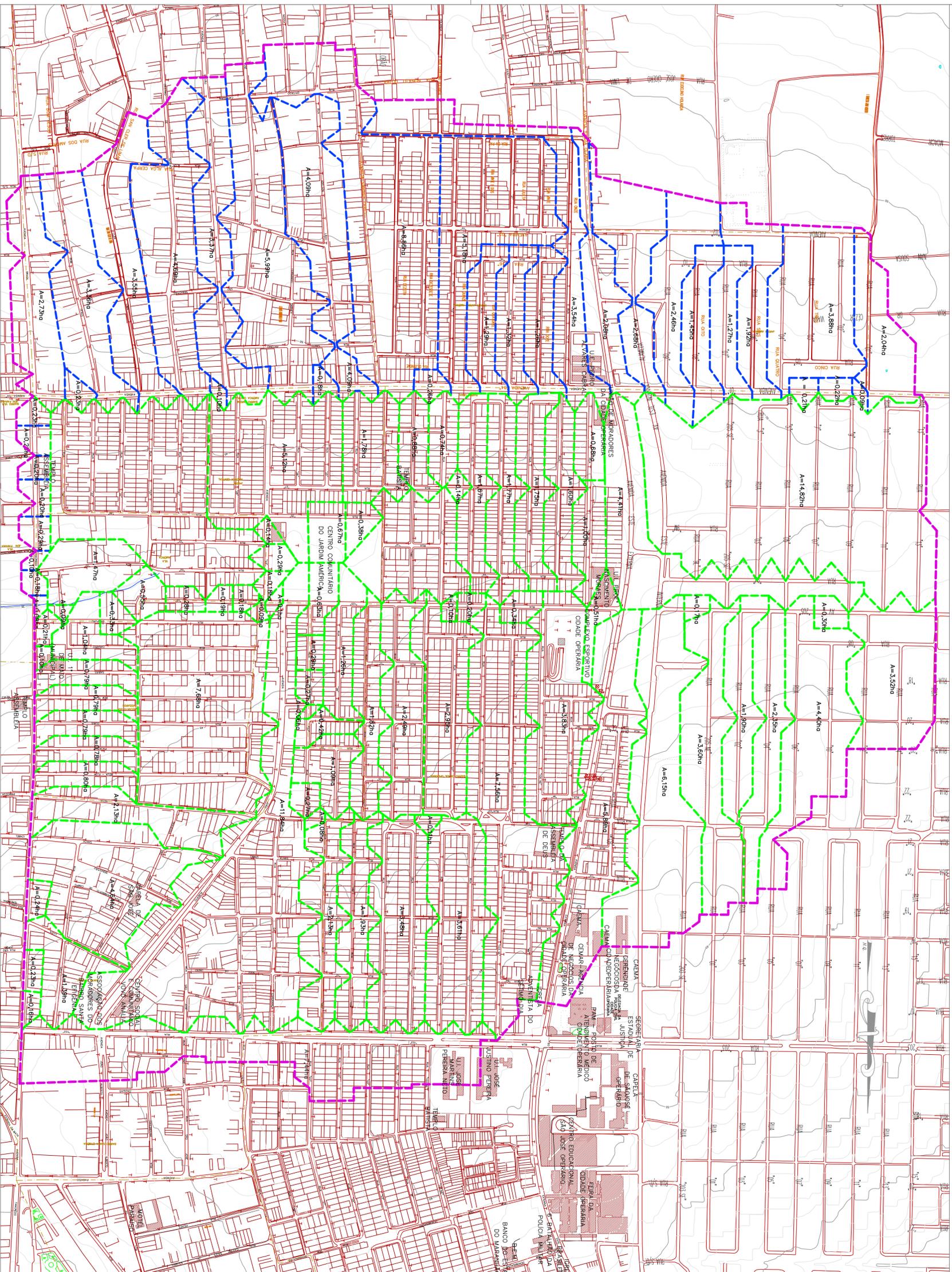
RAMAL 7																								
Trecho	Rua			Área tributária a montante							Tempo de		Intensidade Precipitação (mm/h)	Defluvio Q (m³/s)	GALERIA								OBSERVAÇÕES	
	Topográficas (m)			Comprimento (m)	Declividade (%)	Contribuintes Increment.			Soma C.A (ha)	Soma A (ha)	Escoamento				Seção Tipo	Declividade (%)	Velocidade Seção Plena (m/s)	Capacidade (m³/s)	Desnível (m)	Cota da Soleira		Prof da Soleira (m)		
	M	J	Diferença			Coef. Médio C	Área (Ha) A	C.A			Até Montante	No Trecho								M	J	M		J
PV-99	51,700	51,300	0,400	69,00	0,58	0,80	7,440	5,952	5,952	7,440	10,00	0,27	196,39	3,247	1,00	2,00	4,32	3,39	1,380	49,900	48,520	1,80	2,78	
PV-100	51,300	49,500	1,800	71,00	2,54	0,80	0,160	0,128	6,080	7,600	10,27	0,27	195,78	3,307	1,00	2,00	4,32	3,39	1,420	48,520	47,100	2,78	2,40	Degrau= 0,00 m
PV-101	49,500	48,500	1,000	49,00	2,04	0,80	0,230	0,184	6,264	7,830	10,54	0,18	195,16	3,396	1,00	2,15	4,48	3,51	1,054	47,100	46,047	2,40	2,45	Degrau= 0,00 m
PV-102	48,500	46,600	1,900	73,00	2,60	0,80	1,390	1,112	7,376	9,220	10,72	0,32	194,75	3,990	1,20	1,20	3,78	4,27	0,876	45,476	44,600	3,02	2,00	Degrau= 0,57 m
PV-103	46,600	44,800	1,800	73,00	2,47	0,80	0,24	0,192	7,568	9,460	11,05	0,27	194,02	4,079	1,20	1,70	4,49	5,08	1,241	44,041	42,800	2,56	2,00	Degrau= 0,56 m
PV-104	44,800	43,200	1,600	72,00	2,22	0,80	4,64	3,712	11,280	14,100	11,32	0,27	193,40	6,060	1,50	1,25	4,47	7,90	0,900	41,800	40,900	3,00	2,30	Degrau= 1,00 m
PV-105	43,200	42,700	0,500	38,00	1,32	0,80	2,13	1,704	12,984	16,230	11,58	0,14	192,79	6,953	1,50	1,20	4,38	7,74	0,456	40,856	40,400	2,34	2,30	Degrau= 0,04 m
PV-106	42,700	41,400	1,300	43,00	3,02	0,80	0,80	0,640	13,624	17,030	11,73	0,16	192,46	7,284	1,50	1,20	4,38	7,74	0,516	39,616	39,100	3,08	2,30	Degrau= 0,78 m
PV-107	41,400	40,500	0,900	44,00	2,05	0,80	0,78	0,624	14,248	17,810	11,89	0,17	192,09	7,603	1,50	1,20	4,38	7,74	0,528	38,728	38,200	2,67	2,30	Degrau= 0,37 m
PV-108	40,500	39,600	0,900	45,00	2,00	0,80	0,79	0,632	14,880	18,600	12,06	0,17	191,71	7,924	1,50	1,26	4,49	7,93	0,567	37,867	37,300	2,63	2,30	Degrau= 0,33 m
PV-109	39,600	38,800	0,800	44,00	1,82	0,80	0,79	0,632	15,512	19,390	12,23	0,16	191,33	8,244	1,50x1,50	0,90	4,5	9,50	0,396	36,896	36,500	2,70	2,30	Degrau= 0,40 m
PV-110	38,800	37,800	1,000	44,00	2,27	0,80	0,79	0,632	16,144	20,180	12,39	0,16	190,96	8,564	1,50x1,50	0,90	4,5	9,50	0,396	35,896	35,500	2,90	2,30	Degrau= 0,60 m
PV-111	37,800	37,500	0,300	33,00	0,91	0,80	0,10	0,080	16,224	20,280	12,55	0,12	190,60	8,590	1,50x1,50	0,90	4,5	9,50	0,297	35,500	35,203	2,30	2,30	Degrau= 0,00 m
PV-112	37,500	-	-	27,00	-	0,80	0,21	0,168	16,392	20,490	12,67	0,10	190,32	8,666	1,50x1,50	0,90	4,5	9,50	0,243	35,203	34,960	2,30	-	Degrau= 0,00 m

**MAPA 1 – PLANTA DE DELIMITAÇÃO DAS BACIAS DE CONTRIBUIÇÃO
HIDROGRÁFICA**

**MAPA 2 – MAPA HIPSOMÉTRICO DA BACIA DE CONTRIBUIÇÃO
HIDROGRÁFICA**

MAPA 3 – PLANTA DE DRENAGEM DA ALTERNATIVA 1

MAPA 4 – PLANTA DE DRENAGEM DA ALTERNATIVA 2



CONVENÇÕES

	LIMITE DA BACIA DE CONTRIBUIÇÃO HIDROGRÁFICA
	LIMITE DE SUB BACIA DA REDE DE DRENAGEM 01
	LIMITE DE SUB BACIA DA REDE DE DRENAGEM 02

UNIVERSIDADE ESTADUAL DO MARANHÃO

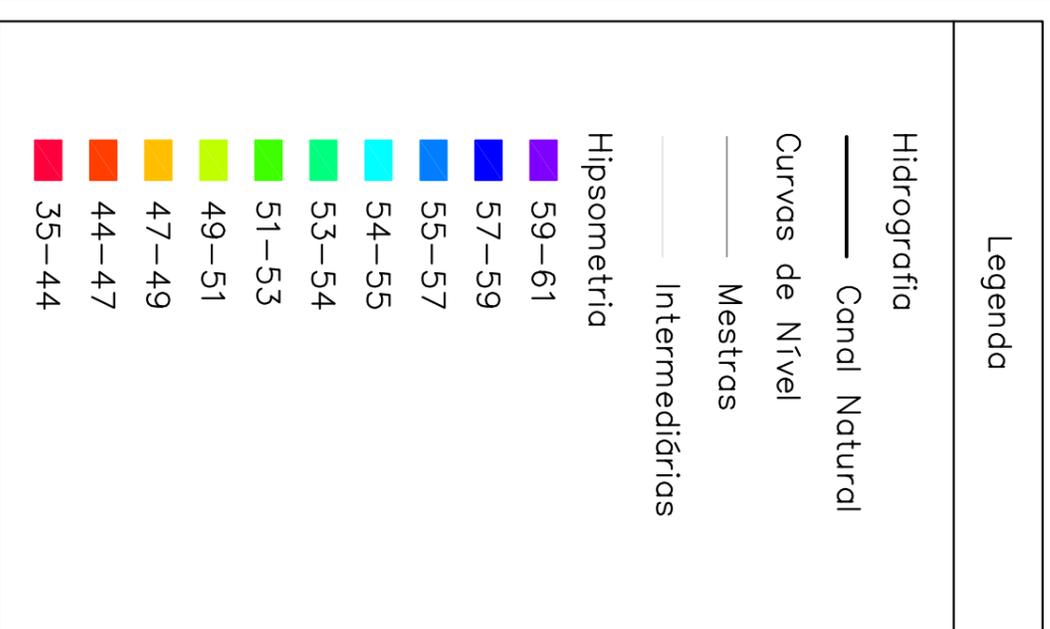
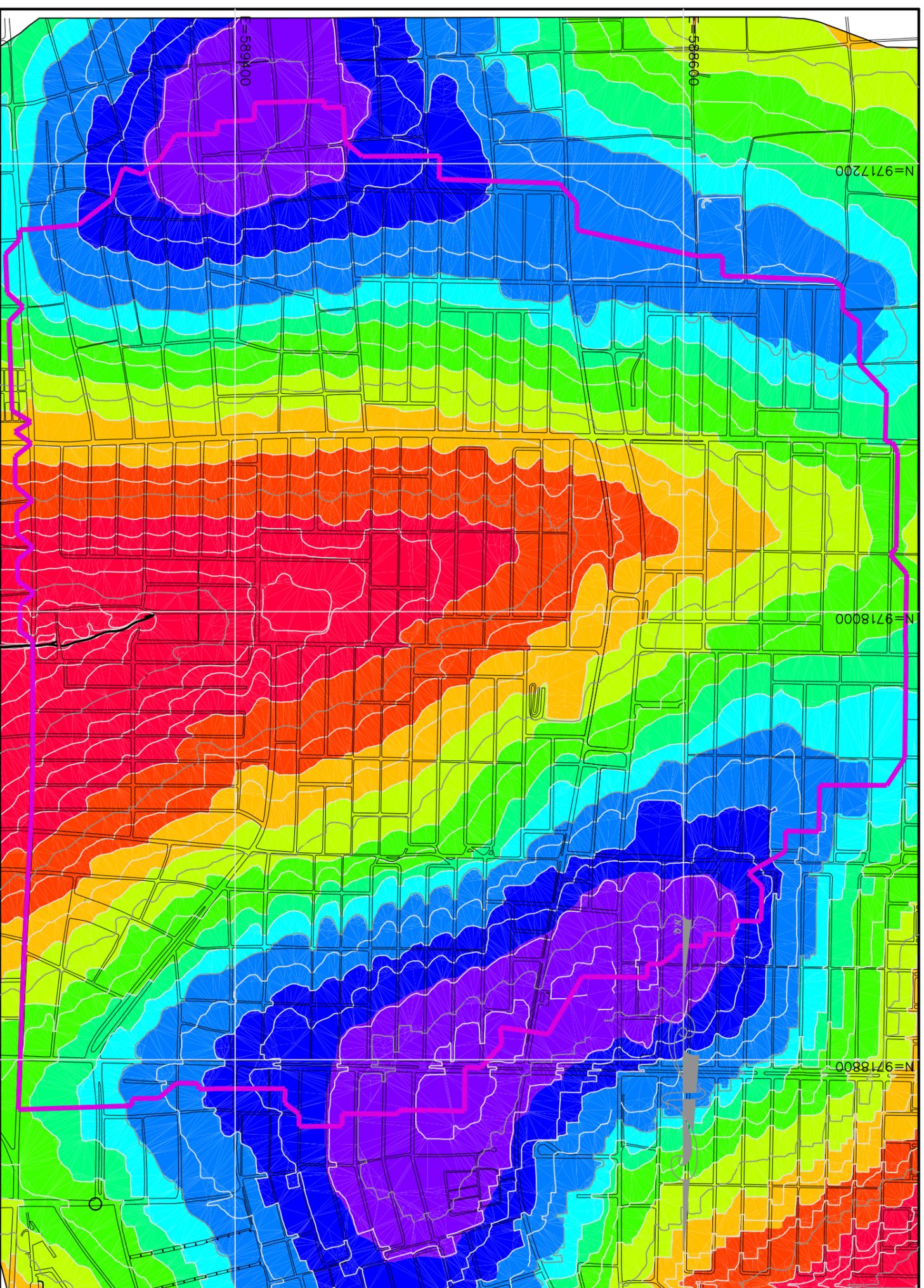
CURSO DE ENGENHARIA CIVIL – TRABALHO DE CONCLUSÃO DE CURSO

ALUNA: AMANDA D' FATIMA MENDES SOUSA

DATA: 28 DE NOVENBRO DE 2016

PLANTA DE DELIMITAÇÃO DAS BACIAS DE CONTRIBUIÇÃO HIDROGRÁFICA

MAPA 1



UNIVERSIDADE ESTADUAL DO MARANHÃO		
CURSO DE ENGENHARIA CIVIL - TRABALHO DE CONCLUSÃO DE CURSO		
ALUNA:	AMANDA D' FÁTIMA MENDES SOUSA	CÓDIGO: 1211129
DATA:	28 DE NOVEMBRO DE 2016	ESCALA: 1:8000
MAPA HIPSOMÉTRICO DA BACIA DE CONTRIBUIÇÃO HIDROGRÁFICA		PRANCHA: MAPA 2



- CONVENÇÕES**
- DIÂMETRO DECLIVIDADE(%)
COMPRIMENTO
 - POÇO DE VISTA TIPO A IMPLANTAR
 - ▭ DISSIPADOR DE ENERGIA E BOCA TIPO NT

UNIVERSIDADE ESTADUAL DO MARANHÃO

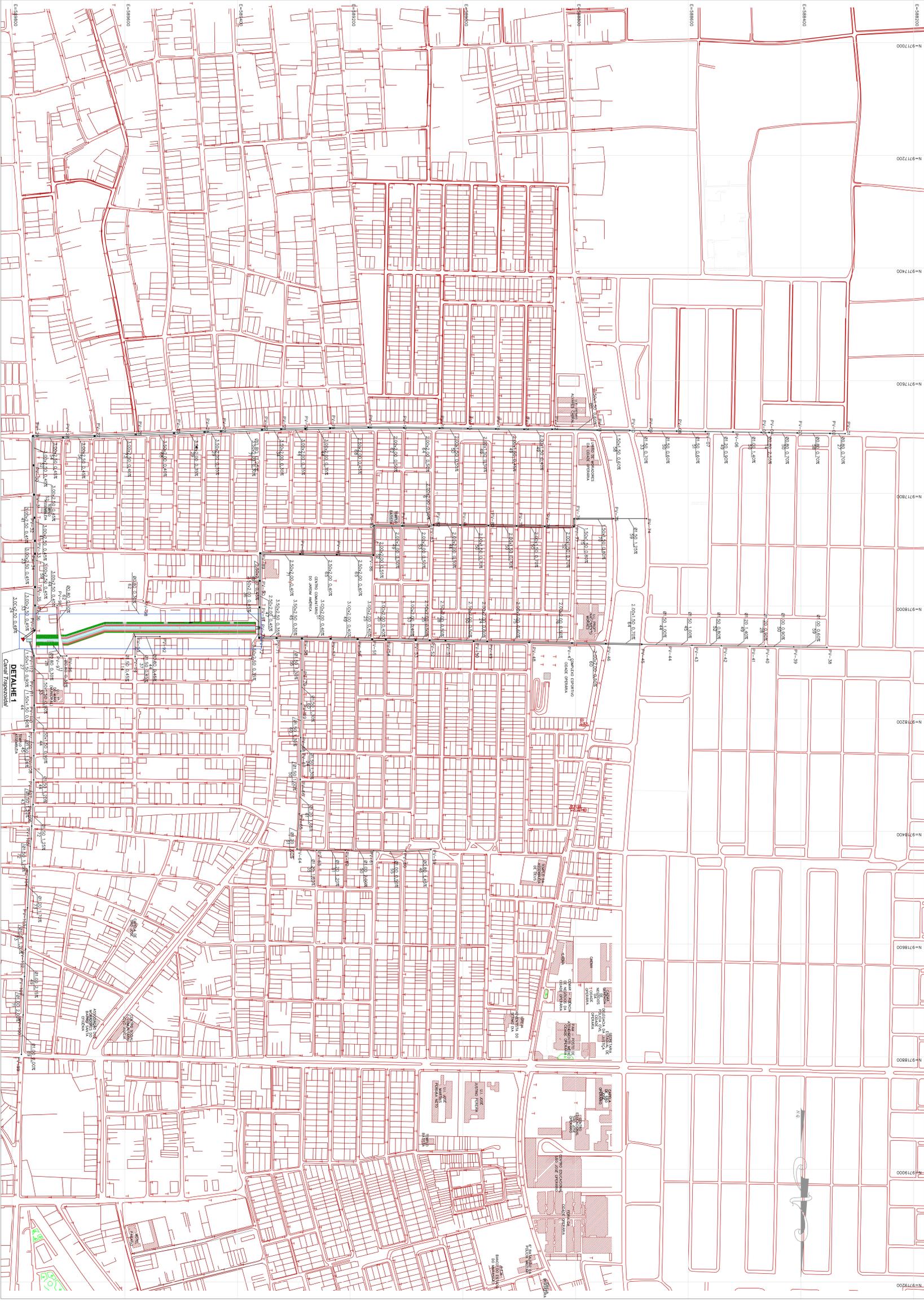
CURSO DE ENGENHARIA CIVIL – TRABALHO DE CONCLUSÃO DE CURSO

ALUNA: AMANDA D' FÁTIMA MENDES SOUSA

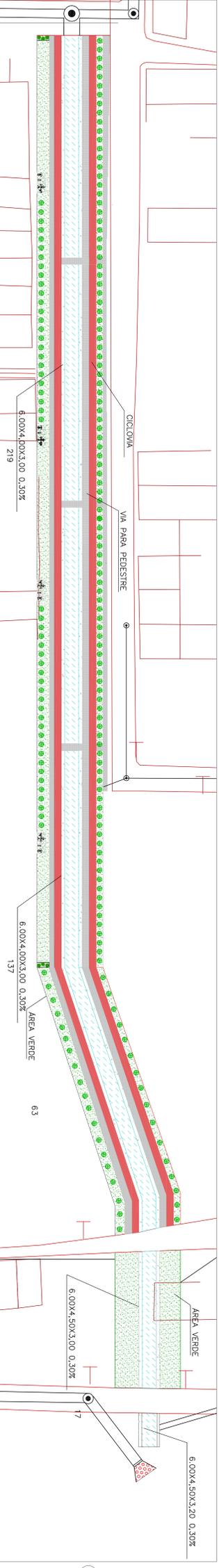
DATA: 28 DE NOVEMBRO DE 2016 ESCALA: 1:3000

DESCRIÇÃO: PLANTA DE DRENAGEM DA ALTERNATIVA 1

CÓDIGO: 1211129 UNIDADE: METROS PRANCHETA: MAPA 3



PLANTA DE DRENAGEM DA ALTERNATIVA 2
ESCALA: 1/2500



- CONVENÇÕES**
- ⊙ DIÂMETRO DECLIVIDADE/COMPRIMENTO
 - ⊙ POÇO DE VISITA TIPO A IMPLANTAR
 - BOCA TIPO NT

DETALHE 1
ESCALA: 1/500

UNIVERSIDADE ESTADUAL DO MARANHÃO
 CURSO DE ENGENHARIA CIVIL – TRABALHO DE CONCLUSÃO DE CURSO

ALUNA: AMANDA D'FRANCA MENDES SOUSA

DATA: 28/11/2015

DISCIPLINA: PLANTA DE DRENAGEM DA ALTERNATIVA 2

ESCALA: VAR

UNIDADE: METROS

FRANCHA: MAPA 4