



CENTRO UNIVERSITÁRIO LUTERANO DE PALMAS

Recredenciado pela Portaria Ministerial nº 1.162, de 13/10/16, D.O.U nº 198, de 14/10/2016
ASSOCIAÇÃO EDUCACIONAL LUTERANA DO BRASIL

PEDRO HENRIQUE DA SILVA OLIVEIRA

DIMENSIONAMENTO DE SISTEMA DE CAPTAÇÃO DA PRECIPITAÇÃO
EFETIVA DE UM TRECHO DA BACIA Córrego do Prata na cidade de
PALMAS-TO

Palmas - TO

2018

Pedro Henrique da Silva Oliveira

DIMENSIONAMENTO DE SISTEMA DE CAPTAÇÃO DA PRECIPITAÇÃO
EFETIVA DE UM TRECHO DA BACIA CÓRREGO DO PRATA NA CIDADE DE
PALMAS-TO

Trabalho de Conclusão de Curso (TCC) II elaborado e
apresentado como requisito parcial para obtenção do
título de bacharel em Engenharia Civil pelo Centro
Universitário Luterano de Palmas (CEULP/ULBRA).

Orientador: Prof. Mestre Carlos Spartacus da Silva
Oliveira.

Palmas - TO

2018

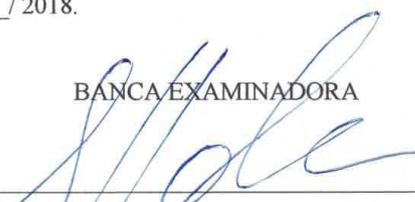
Pedro Henrique da Silva Oliveira

DIMENSIONAMENTO DE SISTEMA DE CAPTAÇÃO DA PRECIPITAÇÃO
EFETIVA DE UM TRECHO DA BACIA Córrego do Prata na Cidade de
PALMAS-TO

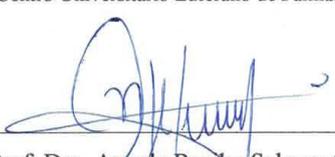
Trabalho de Conclusão de Curso (TCC) II elaborado e
apresentado como requisito parcial para obtenção do
título de bacharel em Engenharia Civil pelo Centro
Universitário Luterano de Palmas (CEULP/ULBRA).
Orientador: Prof. Mestre Carlos Spartacus da Silva
Oliveira.

Aprovada em 08/11 / 2018.

BANCA EXAMINADORA



Prof. M.Sc. Carlos Spartacus da Silva Oliveira
Centro Universitário Luterano de Palmas



Prof. Dra. Angela Ruriko Sakamoto
Centro Universitário Luterano de Palmas



Prof. Esp. Kênia Parente Lopes Mendonça
Centro Universitário Luterano de Palmas

Palmas -TO

2018

DEDICATÓRIA

Dedico este trabalho este trabalho a todos aqueles que me ajudaram nesta caminhada rumo ao término do meu primeiro Curso Superior. A minha mãe Zeza, minha vovó Maria, a todos os meus familiares e amigos que sempre me incentivaram a continuar estudando e minha namorada Maria Clara por jamais deixar que o pensamento de desistir tornasse realidade.

AGRADECIMENTOS

Louvo a Deus por ter me dado a oportunidade de fazer um Curso Superior e mais ainda por ter tido a oportunidade de evangelizar em uma faculdade.

Agradeço a minha família que sempre esteve comigo. Em especial as grandes mulheres da minha vida, minha mãe e minha vovó.

Agradeço aos meus amigos que já tinha e os amigos que fiz neste tempo.

Agradeço a Renovação Carismática Católica do qual sirvo com muito amor e dedicação ao Ministério Universidades Renovadas, no qual sou o atual Coordenador Diocesano.

Agradeço minha amada namorada (futura esposa) e sua mãe que estão sempre a disposição para me ajudar no que for preciso.

E agradeço ao meu orientador M.Sc. Carlos Spartacus (o pai) que mesmo querendo desistir, ele me motivou a continuar este trabalho.

Glória a Deus! Salve Maria!

EPÍGRAFE

“Assim como o fogo transforma nele mesmo tudo o que toca, o Espírito Santo transforma em vida divina tudo que é submetido ao seu poder.”

(Catecismo da Igreja Católica CIC, nº 1127.)

RESUMO

OLIVEIRA, Pedro Henrique da Silva. **Dimensionamento de sistema de captação da precipitação efetiva de um trecho da bacia Córrego do Prata na cidade de Palmas-TO.** 2018. Trabalho de Conclusão de Curso - Engenharia Civil, Centro Universitário Luterano de Palmas, Palmas/TO, 2018.

Palmas, capital do estado do Tocantins é conhecida pela falta de eficiência em seu sistema de drenagem urbana, onde as alamedas e avenidas alagam devido às chuvas. Isto acontece porque as chuvas de Palmas são conhecidas como precipitações convectivas. O presente trabalho apresenta uma alternativa para reduzir os problemas de o alagamento, apresentando o dimensionamento da macrodrenagem de um trecho da Bacia do Córrego do Prata. Foram feitos cálculos para encontrar a vazão de contribuição que cada quadra gera usando o Método Racional. Estas vazões foram divididas para os quatro cantos da quadra dando uma porcentagem maior para sua zona oeste da quadra onde a declividade é natural do terreno. Com as vazões de contribuição calculadas e distribuídas foram dimensionadas bocas de lobo para captar estas vazões, onde estas bocas de lobo apresentam capacidade de engolimento de 0,099 m³/s cada. A água captada foi direcionada às tubulações de seção circular, depois para os poços de visita para serem direcionadas ao Córrego do Prata sendo observado que esta seção em determinado trecho já não é suficiente para direcionar a água até o Córrego.

Palavras-chaves: Córrego do Prata. Macrodrenagem. escoamento Superficial. Vazão.

ABSTRACT

OLIVEIRA, Pedro Henrique da Silva. **Sizing of a system to capture the effective precipitation of a section of the Córrego do Prata basin in the city of Palmas-TO.** 2018. Work Completion of course - Civil Engineering, Centro Universitário Luterano de Palmas, Palmas/TO, 2018.

Palmas, the capital of the state of Tocantins, is known for its lack of efficiency in its urban drainage system, where alleys and avenues flood because of the rains. This is because the rain of Palms is known as convective precipitation. The present work presents an alternative to reduce the problems of flooding, presenting the sizing of the macrodrainage of a section of the Stream of the Silver Stream. Calculations were made to find the contribution flow that each block generates using the Rational Method. These flows were divided to the four corners of the court giving a greater percentage to its west zone of the court where the slope is natural of the land. With the calculated and distributed contribution flows, lobe mouths were dimensioned to capture these flows, where these mouths of wolf present a swallowing capacity of $0.099 \text{ m}^3 / \text{s}$ each. The captured water was directed to the pipes of circular section, then to the wells of visit to be directed to the Stream of the Silver being observed that this section in certain section is not enough to direct the water until the Stream.

Keywords: Silver Stream. Macrodrainage. Surface runoff. Flow rate.

SUMÁRIO

LISTA DE FIGURAS	10
LISTA DE TABELAS.....	11
1. INTRODUÇÃO	12
1.1 Hipótese	13
1.2 Problema	13
1.3 Objetivos.....	13
1.3.1 Objetivo Geral	13
1.3.2 Objetivos Específicos.....	13
1.4 Justificativa	13
2. REFERENCIAL TEÓRICO	14
2.1 Conceitos Gerais	14
2.1.1 Hidrologia	14
2.1.2 Bacia Hidrográfica	14
2.1.2.1 <i>Classificação das bacias</i>	14
2.1.2.2 <i>Redes de drenagem naturais</i>	15
2.1.3 Sistema de Drenagem	16
2.1.3.1 <i>Microdrenagem</i>	17
2.1.3.2 <i>Macro drenagem</i>	19
2.1.4 Consequências da Urbanização.....	20
2.1.4.1 <i>Enchentes ou Inundações</i>	20
2.1.5 Medidas Estruturais e Não Estruturais.....	21
2.2 Precipitação	22
2.2.1 Conceito	22
2.2.2 Causas da Precipitação.....	22
2.2.3 Formas de Precipitação	22
2.2.4 Principais tipos de Precipitação	23
2.2.5 Tempo de Retorno.....	25
2.2.6 Tempo de Concentração	25
2.2.7 Infiltração	26
2.2.8 Escoamento Superficial	26
2.3 Elementos Básicos da Hidráulica de Canais.....	26
2.3.1 Escoamento dos Condutos Livres	26

2.3.2	Velocidade Média da Água em um Canal	27
2.3.3	Geometria dos canais	28
2.3.3.1	<i>Fator de Correção</i>	29
2.3.3.2	<i>Borda Livre</i>	30
2.3.4	Energia	30
3.	METODOLOGIA.....	32
3.1	Desenho de estudo.....	32
3.2	Objeto de estudo.....	32
3.3	Local e período de realização da pesquisa.....	32
3.4	Detalhamento dos procedimentos.....	32
3.3.1	Fluxograma	32
4.	COLETA E ANÁLISE DOS DADOS.....	34
4.1	A Bacia Córrego do Prata	34
4.1.1	CN Médio.....	34
4.1.2	Escoamento Superficial	34
4.1.3	Estimativas Futuras	35
4.1.4	Intensidade de Precipitação.....	36
4.2	Sistema de Drenagem	37
4.2.1	Coletores	37
4.2.2	Bocas de Lobo (BL).....	38
4.2.2.1	<i>Considerações</i>	38
4.2.2.2	<i>Dimensionamento</i>	40
4.2.4	Galeria.....	41
5	RESULTADOS E DISCUSSÃO	43
5.1	Boca de lobo (BL).....	43
5.2	Áreas de contribuição	43
5.3	Dimensionamento da Rede de Drenagem.....	45
5.3.1	<i>Vazão de Contribuição</i>	45
5.3.2	<i>Diâmetro Calculado</i>	45
5.3.4	<i>Área Molhada, Perímetro Molhado e Raio Hidráulico</i>	45
5.3.5	<i>Velocidade</i>	46
5.3.5	<i>Declividade do terreno</i>	46
5.3.5	<i>Cota do Greide a montante e jusante</i>	46
5.4	Proposta de rede de distribuição.....	47

6 CONCLUSÃO.....	48
REFERÊNCIAS BIBLIOGRÁFICAS	50
APÊNDICE A – Planilha de Dimensionamento da Rede de Drenagem I.....	53
APÊNDICE B – Planta da Rede de Distribuição Dimensionada.....	56
APÊNDICE C – Planta da Rede de Distribuição Pensada para a Bacia	58

LISTA DE FIGURAS

Figura 1- Padrões de Drenagem, apresentação esquemática dos padrões de drenagem mais comuns	16
Figura 2: Chuva convectiva: esquema representativo do deslocamento do ar úmido aquecido	24
Figura 3: Esquema ilustrativo das chuvas orográficas.	24
Figura 4: Esquema ilustrativo de chuvas frontais causadas por frente fria e frente quente típica.....	25
Figura 5: Elementos geométricos para as principais formas regulares de canais.....	28
Figura 6: Distribuição de velocidade em seções típicas nos canais	29
Figura 7: Fluxograma de metodologia de pesquisa	33
Figura 8: Valores de CN médios atuais para as bacias urbanas de Palmas	34
Figura 9: Rede coletora.....	38
Figura 10: Tipos de bocas de lobo.....	39
Figura 11: Proporção estimada das áreas de contribuição.....	41
Figura 12: Alinhamento dos Condutos.....	42

LISTA DE TABELAS

Tabela 1: Valores do coeficiente de rugosidade n de Manning.....	27
Tabela 2: Coeficiente de Escoamento – Situação Atual – Bacias Urbanas de Palmas – TR 10 anos (detalhe).....	34
Tabela 3: Valores de CN médios futuros estimados para as bacias urbanas de Palmas.....	35
Tabela 4: Coeficientes de escoamento C estimados para bacias urbanas de Palmas - condição futura.....	35
Tabela 5: Precipitação Efetiva estimada para bacias urbanas de Palmas - condição futura.....	36
Tabela 6: Cálculo da Capacidade de engolimento de uma Boca de Lobo	43
Tabela 7: Vazões de contribuição de cada quadra pelo Método Racional	43
Tabela 8: Equações para obter os dados da tubulação.....	45

1. INTRODUÇÃO

Tucci (1997) disse que o aumento significativo das inundações foi devido o crescimento urbano no Brasil e que essas inundações ocasionavam sedimentos e prejudicavam a qualidade da água. O próprio autor, agora já no ano de 1999, afirma este crescimento urbano altera a cobertura vegetal e que isto ocasiona vários efeitos que mudam completamente os componentes do ciclo hidrológico natural.

Segundo Montes (2009) no Brasil diversas cidades passam constantemente por transtornos relacionados à drenagem urbana de águas pluviais, sendo estes refletidos em forma de impactos ao meio ambiente e, portanto, à sociedade que está inserida no mesmo.

Palmas, capital do estado do Tocantins é conhecida por sua má eficiência em seu sistema de drenagem urbana, onde suas alamedas e avenidas alagam devido as chuvas. Isto acontece porque as chuvas de Palmas são chuvas muito intensas, ou como podemos definir melhor, são precipitações convectivas.

As chuvas intensas, ou chuvas extremas são também conhecidas por chuvas máximas e tem distribuição irregular tanto temporalmente quanto espacialmente (ARAÚJO, 2006). Barbosa Jr. (2000) explica que essas precipitações são típicas de regiões tropicais, e tem como característica ser de *grande intensidade e curta duração*, concentrando-se em *pequenas áreas*. Moruzzi e Oliveira (2009) explicam que essas chuvas provocam cheias no sistema de drenagem, gerando escoamentos pluviais nas galerias e canais de modo que as vazões de pico atingem valores próximos à capacidade do sistema, resultando em inundações.

O Plano Municipal de Saneamento Básico (PMSB) de 2014 admite que o regime de chuvas é bem caracterizado com estações bem marcadas, no caso a estação chuvosa ou úmida e a estação seca ou de estiagem que no primeiro período (de outubro a abril) as precipitações são intensas (com normais maiores que 80 mm/24 h) e sua recorrência quase que diária.

Marques, Silva e Acácio (2015) dizem que a drenagem urbana obteve novas esferas além do setor da engenharia tornando-se um dilema de cunho gerencial, com elementos sociais e políticos.

Este trabalho busca a elaboração de um sistema de captação das águas pluviais buscando indicar o tamanho ideal das bocas de lobo (para este sistema), os pontos onde a tubulação passará e o trecho onde a galeria deverá ser projetada para que as águas pluviais não causem mais transtornos aos moradores desta região.

1.1 Hipótese

- a) Acredita-se que os problemas de alagamento na cidade de Palmas são devido à má eficiência dos projetos de drenagem;
- b) Os sistemas de microdrenagem feitos para captar o escoamento superficial não atendem a vazão máxima de escoamento e assim, ocasionam acúmulo de água;
- c) Há um estudo incompleto do uso e ocupação do solo em áreas urbanas.

1.2 Problema

Compreendendo que as fortes chuvas na cidade de Palmas causam alagamentos em parte de suas alamedas e avenidas, é possível criar um sistema de drenagem que seja eficiente o bastante para que o escoamento superficial seja resolvido levando em consideração um tempo de retorno de 10 anos?

1.3 Objetivos

1.3.1 Objetivo Geral

- Dimensionar um sistema de captação da precipitação efetiva de um trecho da Bacia Córrego do Prata na cidade de Palmas-TO.

1.3.2 Objetivos Específicos

- A. Estudar a bacia para calcular sua precipitação máxima anual;
- B. Dimensionar um sistema de captação da água pluvial;
- C. Dimensionar um sistema de drenagem eficiente que faça com que a bacia zere seu escoamento superficial e apresentar o ponto onde a secção circular deve ser trocada por uma galeria de outra secção;

1.4 Justificativa

Sabendo-se dessa má eficiência no sistema de drenagem, acredita-se que após o estudo de precipitação para gerar um valor onde corresponda a maior chuva e seu tempo de retorno, é possível dimensionar um sistema de captação da água (bocas de lobos, bueiros). Uma vez que a água seja captada, é necessário que ela seja destinada para uma galeria, que servirá como uma medida corretiva para o problema de alagamento dessa região.

2. REFERENCIAL TEÓRICO

2.1 Conceitos Gerais

2.1.1 Hidrologia

Segundo o Plano de Desenvolvimento de Competências (PDC) da cidade de Curitiba (2015) a Hidrologia é a ciência que, através do *ciclo hidrológico*, estuda o fluxo da água e seus componentes onde faz um estudo da precipitação, da infiltração da água no solo, do escoamento de águas subterrâneas, do escoamento superficial, do escoamento em rios e canais e o transporte de substâncias dissolvidas ou suspensas na água em movimento.

U.S. National Research Council apud PDC (2015) propôs a seguinte definição de hidrologia: “Hidrologia é uma ciência que trata das águas na Terra, sua ocorrência, circulação e distribuição, suas propriedades químicas e físicas, e sua reação com o ambiente, incluindo sua relação com os seres vivos.”

Lima (1986) traz as seguintes definições de Hidrologia:

A Hidrologia é o estudo da água em todas as suas formas, sobre e sob a superfície da terra, incluindo sua distribuição, circulação, comportamento, propriedades físicas e químicas, e suas reações com o meio.

A Hidrologia é uma ciência multidisciplinar pelo fato de que ela integra conceitos de várias outras ramificações do conhecimento humano: física, química, biologia, hidráulica, matemática, estatística, etc.

A Hidrologia pode ser entendida como o estudo científico do ciclo hidrológico. O ciclo hidrológico, mais do que uma simples sequência de processos, constitui-se de um conjunto de fases, as quais representam os diferentes caminhos através dos quais a água circula na natureza.

2.1.2 Bacia Hidrográfica

Silveira (2001) diz que a bacia hidrográfica é a área de captação natural da precipitação que após tornar-se em escoamento superficial tende a escorrer não um único ponto, denominado exutório. O mesmo autor diz que uma bacia hidrográfica é basicamente composta de um conjunto de superfícies vertentes e de uma rede de drenagem constituída por cursos d’água que convergem até resultar um leito único no exutório.

Uma bacia hidrográfica compreende toda a área de captação natural da água da chuva que proporciona escoamento superficial para o canal principal e seus tributários (LIMA, 1986).

2.1.2.1 Classificação das bacias

O comportamento hidrológico de uma bacia hidrográfica é função de suas características geomorfológicas (forma, relevo, área, geologia, rede de drenagem, solo, dentre outros) e do tipo da cobertura vegetal (LIMA, 1986).

Christofoletti apud Lima (1986) classifica as bacias de drenagem segundo seu escoamento global da seguinte maneira:

- a) **exorreicas**: quando o escoamento se faz de modo interrupto até o mar, ou seja, quando as bacias desaguam diretamente no mar;
- b) **endorreicas**: quando as drenagens são internas e não possuem escoamento até o mar, depositando o escoamento em lagos, dissipando-se nas areias do deserto, ou perdendo-se nas depressões cársticas;
- c) **arreicas**: quando não há um tipo predominante de estruturação em bacias, como por exemplo, nas áreas desérticas;
- d) **criptorreicas**: quando as bacias são subterrâneas, predominante em áreas cársticas.

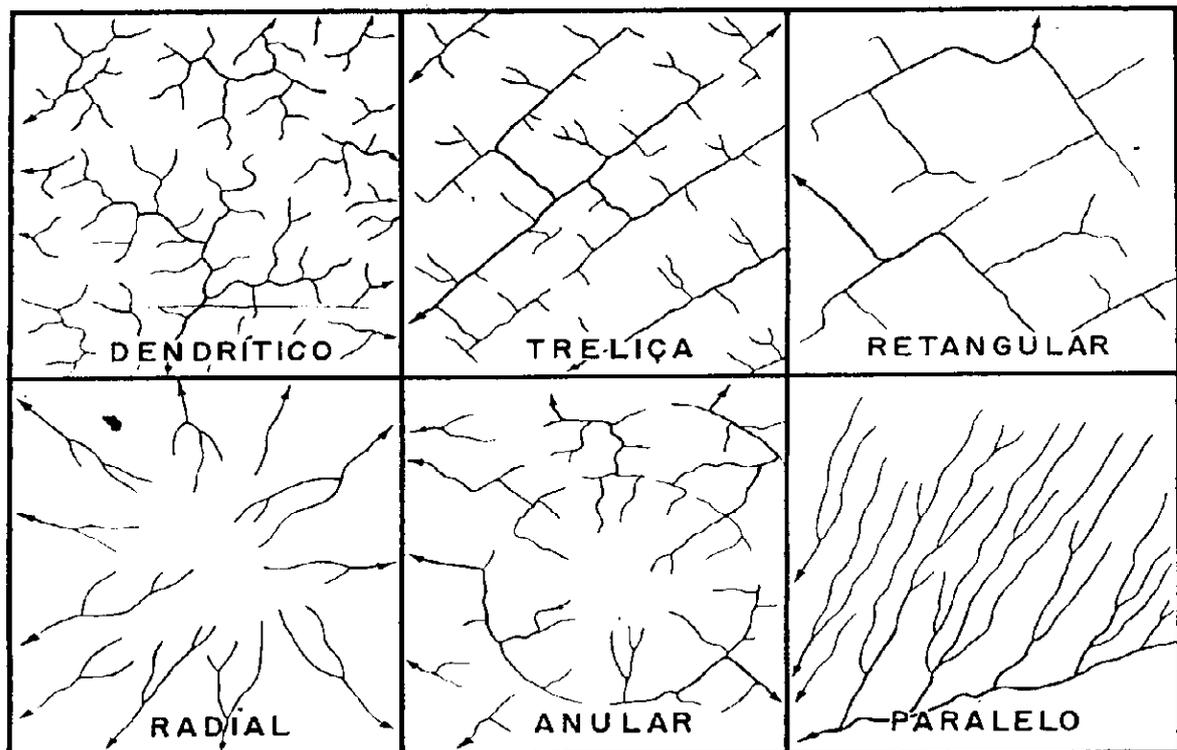
2.1.2.2 *Redes de drenagem naturais*

Segundo Lima (1986), as redes de drenagem (curso d'água) apresentam forma diferentes de captação de água pluvial para as bacias:

- a) **dendrítica**: lembra o formato de uma árvore. É típica de regiões onde rochas de resistência uniforme são predominantes;
- b) **treliça**: uma drenagem de direção dominante com uma outra secundária de direção perpendicular a ela. Composta por rios principais consequentes correndo em paralelo uns com os outros, recebendo afluentes subsequentes que fluem em direção transversal aos primeiros;
- c) **retangular**: é uma forma de variação do padrão treliça, caracterizado pelo aspecto ortogonal devido às bruscas alterações retangulares nos cursos fluviais. Forma uma rede de drenagem perpendicular com duas direções igualmente desenvolvidas;
- d) **paralela**: conhecidas como "cauda equina", ocorrem em regiões de vertentes com acentuada declividade, ou onde existam controles estruturais que beneficiam a formação de correntes fluviais paralelas;

- e) **radial**: cursos fluviais fluindo para fora do centro. É comum que se desenvolvam sobre vários tipos e estruturas rochosas, como por exemplo, em áreas vulcânicas e dômicas;
- f) **anelar**: características de áreas dômicas onde a drenagem acomoda-se aos afloramentos das rochas com menores resistências.

Figura 1- Padrões de Drenagem, apresentação esquemática dos padrões de drenagem mais comuns



Fonte: Morisawa apud Summerfield (1991), apud Lima (2006), apud Manoel e Rocha (2017).

2.1.3 Sistema de Drenagem

De acordo com Tucci (2014) apud Marques, Silva e Acácio (2015) o sistema de drenagem é um aglomerado de medidas tenham por objetivo reduzir os riscos a que as populações estão sujeitas, diminuir os prejuízos causados por inundações e proporcionar o desenvolvimento urbano de forma harmônica, articulada e sustentável.

Já Ramos et al. (1999) diz que faz parte do desenvolvimento das áreas urbanas já existente, assim como as redes de água, de esgotos sanitários, de cabos elétricos e telefônicos, além da iluminação pública, pavimentação de ruas, guias e passeios, parques, áreas de lazer, e outros.

Segundo Santos Junior apud. Santos Junior 2014 o sistema de drenagem pluvial consiste em elementos de Microdrenagem e de Macrodrenagem.

2.1.3.1 Microdrenagem

Segundo a Fundação Prefeito Faria Lima – CEPAM (2006), a microdrenagem é o agrupamento de técnicas para gerir escoamento superficial das águas oriundas das chuvas.

O PDC (2015) diz que a microdrenagem aborda os aspectos de drenagem urbana em micro-escala, ou seja, a drenagem por meio do pavimento das ruas, das sarjetas, das guias, das galerias de águas pluviais, e dos pequenos canais. O PDC (2015) ainda diz que os projetos elaborados neste assunto levam em consideração as chuvas com tempo de retorno de 2 a 10 anos para garantir o escoamento de cheias.

A Secretaria Municipal de Desenvolvimento Urbano - SMDU (2012) diz que:

Constituem a microdrenagem, estruturas de captação e condução de águas pluviais que chegam aos elementos viários como ruas, praças e avenidas, e provenientes não apenas da precipitação direta sobre eles, mas também das captações existentes nas edificações e lotes lindeiros. Pode-se entender a microdrenagem como a estrutura de entrada no sistema de drenagem das bacias urbanas.

A microdrenagem é essencialmente composta de elementos artificiais associados a pavimentação e tem por objetivo garantir as características de tráfego e conforto dos usuários destas estruturas.

O sistema de microdrenagem são conceituados em 12 elementos:

- 1) **Bocas contínuas de captação:** Santos Junior apud. Santos Junior (2014) diz que são semelhantes as bocas de lobos, porém levam vantagem em relação a elas, pois são difíceis de sofrer entupimento, contudo, seu custo é mais elevado. São normalmente usadas onde há um corpo hídrico receptor por perto, como por exemplo, avenidas marginais aos rios.;
- 2) **Bocas de lobo:** A boca de lobo é um dispositivo localizado na sarjeta para captação das águas pluviais e condução às galerias, PDC (2015). Prefeitura da Cidade do Rio de Janeiro - PCJR, (2010) diz que são estruturas de captação, com abertura livre, localizada junto ao meio-fio que capta as águas superficiais e as conduz as galerias ou canais.
- 3) **Canaletas de topo e pé de talude:** Santos Junior apud. Santos Junior (2014) diz servem para interceptar as águas garantindo uma proteção no topo e no pé de taludes,

pois as altas velocidades da água nestas circunstâncias podem gerar erosão na face do talude. Recomenda-se estar coberto por vegetação ou massa asfáltica;

- 4) **Caixas com grelhas ou ralos:** dispositivo de captação, composto por uma caixa com grelha, que conduz as águas superficiais às galerias ou canais por intermédio do ramal de ralo, (PCJR, 2010). Santos Junior apud. Santos Junior (2014) diz são eficientes para a captação do escoamento superficial e recomenda que sejam posicionadas em locais planos, ou seja, com ausência de declividade;
- 5) **Dispositivos de chegada de águas pluviais nos córregos ou rios:** Santos Junior apud. Santos Junior (2014) explica que esses dispositivos desprezam a ocorrência das erosões ou de perturbações no corpo receptor. São usadas pedras para assoalhar ou concreto para que a disseminação de água pluvial nos canais, rios e córregos não provoquem em erosão;
- 6) **Galerias:** São o conjunto dos condutos, abertos ou fechados, de formas geométricas variáveis, que veiculam por gravidade as águas recebidas pelas estruturas de captação até um corpo receptor (PCJR, 2010). As galerias são canalizações que conduzem as águas provenientes das bocas de lobo e das ligações privadas de águas pluviais até um elemento de macrodrenagem, como um canal ou reservatório de detenção, (PDC, 2015). O mesmo PDC diz que o diâmetro mínimo das galerias de seção circular deve ser de 0,30 m e que os diâmetros correntes são: 0,30; 0,40; 0,50; 0,60; 1,00; 1,20; 1,50 m. Santos Junior citado por Santos Junior 2014 confirma isto falando que os diâmetros variam de 300 mm a até 2000 mm;
- 7) **Guias ou Meio-fio:** de acordo com Ramos et al. (1999) são eles de concreto ou pedra que são colocados em paralelo com o eixo da rua com sua face superior no mesmo eixo de passeio. De acordo com Santos Junior apud. Santos Junior (2014) tem a papel de controlar o passeio e o leito carroçável de ruas, avenidas e rodovias;
- 8) **Poços de visitas:** Ramos et al. (1999) diz que são pontos do sistema de galerias localizados em pontos estratégicos para permitir mudanças de direção, declividade, limpeza do sistema e mudanças nos diâmetros usados. São dispositivos predestinados a permitir visitas de inspeção, limpeza e também a desobstrução de tubulações e galerias enterradas, (SANTOS JUNIOR apud. SANTOS JUNIOR, 2014);

- 9) **Rampas e escadarias hidráulicas:** de acordo com Santos Junior apud. Santos Junior (2014) são canais de pequenas extensões usados para direcionar águas localizadas em um ponto alto para pontos mais baixos. Para as rampas, a declividade é contínua. Para as escadarias, devido os degraus, a descida da água é descontínua;
- 10) **Revestimento de taludes:** de acordo com Santos Junior apud. Santos Junior (2014) devido os taludes possuírem uma alta inclinação as águas ganham velocidade ao escorrer por um e, devido isto, causam erosões na estrutura. Neste caso, é necessário construir canaleta de todo e de pé ou também pode revestir todo o talude com grama ou uma pequena cama de asfalto;
- 11) **Sarjetas:** é o canal longitudinal, geralmente de formato triangular, delimitado pelo meio-fio e a faixa pavimentada da via pública, destinado a coletar e conduzir as águas superficiais aos ralos e bocas de lobo (PCJR, 2010). Segundo Ramos et al. (1999) são faixas de via pública paralelas e vizinhas ao meio-fio. O PDC (2015) diz que a sarjeta é a receptora das águas pluviais que incidem sobre as vias públicas, e por elas escoam;
- 12) **Sarjetões:** canais auxiliares utilizados para guiar o fluxo de água na travessia de ruas transversais ou desviar o fluxo de um lado para outro da rua (PCJR, 2010). Calhas localizadas no cruzamento de vias públicas formadas pela sua própria pavimentação e destinadas a orientar o escoamento das águas sobre as sarjetas (RAMOS et al., 1999). Santos Junior apud. Santos Junior (2014) diz que o formato mais comum para sarjetões é o formato triangular.

2.1.3.2 Macrodrenagem

Segundo CEPAM (2006) a Macrodrenagem é o aglomerado de obras de engenharia composto por sistemas de captação da água pluvial, cujo objetivo principal destas obras estruturais é proporcionar a destinação destas águas para os córregos e rios.

O PDC (2015) diz que a macrodrenagem diz respeito à condução final das águas captadas pela drenagem primária, ou microdrenagem. Em uma região urbana, a macrodrenagem corresponde à rede de drenagem natural pré-existente nos terrenos antes da ocupação, englobando os canais naturais, como riachos e rios.

Barros (2005), Tucci (2007) citados por Santos Junior (2014) dizem que a macrodrenagem envolve o conjunto de sistemas de coletores que coletam água dos diversos

elementos de microdrenagem. Tem como característica serem obras de grande porte e onerosas, podendo suportar precipitações superiores aos do sistema de microdrenagem.

2.1.4 Consequências da Urbanização

Segundo Montes (2009) a ausência de um planejamento urbano relacionado, principalmente, à drenagem urbana, junto com as mudanças que o meio sofre em decorrência do uso inadequado do solo, constituem ingredientes favoráveis à geração de problemas urbanos muitas vezes de difíceis soluções e, na maioria das vezes, que exigem medidas estruturais (obras) onerosas.

Segundo Pompêo (2000) existem três situações que a drenagem urbana é lembrada:

- a) Quando é executada a pavimentação de vias públicas,
- b) Durante as enchentes, e
- c) Durante o breve momento que dura a especulação de causas e soluções para tais inconvenientes.

Tucci e Orsini (2005) dizem que a impermeabilização de solos por telhados, ruas, calçadas, compactação do solo etc. faz com que a água, que anteriormente infiltrava no solo, passe a escoar pelas superfícies impermeáveis e condutos do sistema.

Segundo Tucci e Collishonn (1998) à medida que a cidade se urbaniza, em geral, dão-se os seguintes impactos:

- a) Aumento das vazões máximas (em até 7 vezes, Leopold, 1968) devido ao aumento da capacidade de escoamento através de condutos e canais e impermeabilização das superfícies;
- b) Aumento da produção de sedimentos devido a desproteção das superfícies e a produção de resíduos sólidos (lixo);
- c) Deterioração da qualidade da água, devido a lavagem das ruas, transporte de material sólido e as ligações clandestinas de esgoto cloacal e pluvial.

De acordo com Tucci (2012) quanto mais a população impermeabiliza o solo e aumenta escoamento por meio de condutos e canais, a quantidade de água que chega ao mesmo tempo no sistema de drenagem aumenta, produzindo inundações mais frequentes do que as que existiam quando a superfície era permeável e o escoamento se dava pelo ravinamento natural.

2.1.4.1 Enchentes ou Inundações

As inundações são problemas que vêm crescendo em muitas cidades brasileiras, causando transtornos aos moradores e usuários do espaço urbano e, em alguns casos, causando desastres, (LOPES, SOUZA, 2012).

Os problemas de enchentes que ocorrem nas cidades, decorrentes, muitas vezes, de falhas no processo de urbanização, (SILVA; HORA, 2013).

Tucci (1997) diz que as enchentes em áreas urbanas são devido a dois processos, que ocorrem isoladamente ou de forma integrada:

- a) **Enchentes devido à urbanização:** são o aumento da frequência e magnitude das enchentes devido a ocupação do solo com superfícies impermeáveis e rede de condutos de escoamentos. Adicionalmente o desenvolvimento urbano pode produzir obstruções ao escoamento como aterros e pontes, drenagens inadequadas e obstruções ao escoamento junto a condutos e assoreamento;
- b) **Enchentes em áreas ribeirinhas:** as enchentes naturais que atingem a população que ocupa o leito maior dos rios. Essas enchentes ocorrem, principalmente pelo processo natural no qual o rio ocupa o seu leito maior, de acordo com os eventos extremos, em média com tempo de retorno da ordem de 2 anos.

2.1.5 Medidas Estruturais e Não Estruturais

Ramos et al. (1999) diz que em se tratando de técnicas de controle do escoamento superficial direto, é constantemente feita uma diferenciação entre duas medidas que se complementam: **as estruturais e as não estruturais:**

As **estruturais** são constituídas por medidas físicas de engenharia destinadas a desviar, deter, reduzir ou escoar com maior rapidez e menores níveis as águas do escoamento superficial direto, evitando assim os danos e interrupções das atividades causadas pelas inundações. Envolve, em sua maioria, obras hidráulicas de porte com aplicação maciça de recursos. Entretanto, não são projetadas para propiciar proteção absoluta, pois estas seriam física e economicamente inviáveis na maioria das situações.

As **não estruturais**, como o próprio nome indica, não utilizam estruturas que alteram o regime de escoamento das águas do escoamento superficial direto. São representadas, basicamente, por medidas destinadas ao controle do uso e ocupação do solo (nas várzeas e nas bacias) ou à diminuição da vulnerabilidade dos ocupantes das áreas de risco dos efeitos das inundações. Nesta última buscam-se maneiras para que estas populações passem a conviver melhor com o fenômeno e fiquem melhor preparadas para absorverem o impacto dos prejuízos materiais causados pelas inundações. As medidas não estruturais envolvem, muitas vezes, aspectos de natureza cultural, que podem dificultar sua implantação a curto prazo. O envolvimento do público é indispensável para o sucesso dessa implantação.

2.2 Precipitação

2.2.1 Conceito

Entende-se por precipitação a água proveniente do vapor de água da atmosfera depositada na superfície terrestre em qualquer forma, como chuva, granizo, orvalho, neblina, neve ou geada. A água que escoar nos rios ou que está armazenada na superfície terrestre pode ser sempre considerada como um resíduo das precipitações (PDC, 2015)

De acordo com Lima (1986) a Precipitação é toda água líquida ou sólida que cai da atmosfera para a superfície da Terra e, ainda segundo o mesmo autor, ela representa o elo entre as fases atmosférica e terrestre do ciclo hidrológico.

Pode-se dizer que a precipitação varia diretamente com a umidade disponível na atmosfera, mas variações em outros fatores meteorológicos podem obscurecer o efeito da umidade (LINSLEY et al, apud. LIMA, 1986).

Barbosa Junior (2000) diz que a precipitação corresponde à água oriunda do vapor d'água da atmosfera que se deposita na superfície da terra sob diferentes formas, como chuva, granizo, neve, neblina, orvalho ou geada.

2.2.2 Causas da Precipitação

Lima (1986) afirma:

A condensação do vapor d'água da atmosfera é a primeira condição essencial para a ocorrência de precipitação. A condensação ocorre como resultado do esfriamento do ar à temperatura inferior ao ponto de saturação de vapor. O esfriamento do ar pode ocorrer como resultado de vários processos, mas nem todos são normalmente suficientes para produzir precipitação. Por exemplo, o esfriamento do ar durante a noite, devido a perda de calor por radiação, não é tão intenso a ponto de causar chuva, embora possa haver condensação em superfícies expostas (orvalho).

O PDC (2015) diz que:

A chuva é o resultado do resfriamento que sofre uma massa de ar ao expandir-se, quando se eleva a temperatura, aumentando gradativamente a umidade relativa dessa massa de ar. Atingida a saturação, poderá iniciar-se a condensação e a formação das nuvens ou mesmo a precipitação, que se apresenta tanto mais intensa quanto maior for o resfriamento e a quantidade de água contida no ar ascendente.

2.2.3 Formas de Precipitação

De acordo com Lima (1986) as formas de precipitação são:

- a) **Garoa:** precipitação uniforme consistindo de gotas de diâmetro inferior a 0,5 mm, de intensidade geralmente baixa (inferior a 1 mm/h).
- b) **Chuva:** precipitação cujas gotas apresentam diâmetro superior a 0,5 mm. A intensidade pode geralmente enquadrar-se em três categorias: leve (até 2,5 mm/h), moderada (2,6 a 7,5 mm/h), pesada (superior a 7,5 mm/h).
- c) **Granizo:** precipitação na forma de pedras de gelo. Ocorre durante tempestades, quando há formação de violentas correntes ascendentes e descendentes nas nuvens. É um fenômeno que ocorre no final da primavera ou do verão, ao invés de no inverno, pois uma das condições é que a temperatura próxima ao solo seja superior a 0°C.
- d) **Neve:** cristais de gelo formados a partir do vapor de água quando a temperatura do ar é de 0°C ou menos.

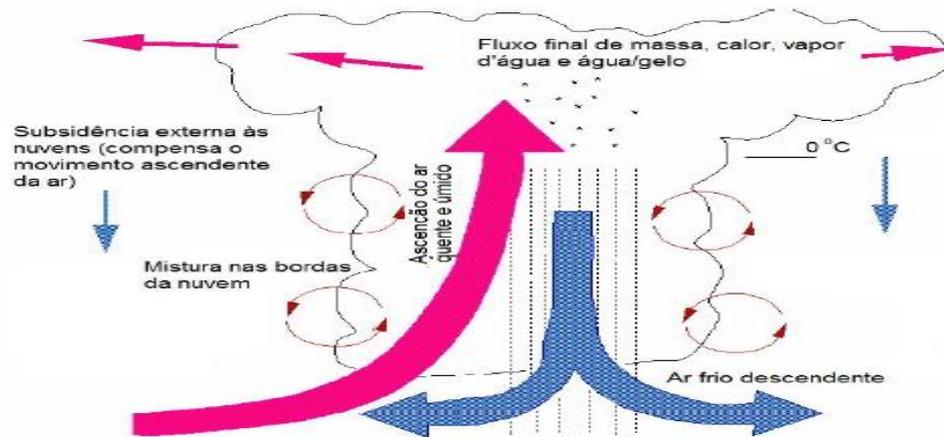
2.2.4 Principais tipos de Precipitação

De acordo o PDC (2015), a elevação do ar úmido é o procedimento que produz condensação e precipitação consideráveis; sendo assim, as chuvas são classificadas segundo as causas do movimento ascendente.

Os três principais tipos de precipitação são: convectivas, orográficas e ciclônicas que também são conhecidas como precipitação normal.

- a) **Precipitações Convectivas:** 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 (BARBOSA JR., 2000). Segundo Lima (1986) diz que este tipo de precipitação pode variar de leve a pesada, dependendo das condições de umidade e do contraste térmico e que frequentemente as tempestades com trovão são do tipo convectivo, o que acaba gerando pancadas fortes de chuva, que despejam grande volume de água, em curto período de tempo, e sobre uma área relativamente pequena.

Figura 2: Chuva convectiva: esquema representativo do deslocamento do ar úmido aquecido



Fonte: (BARBOSA JR., 2000).

- b) **Precipitação Orográfica:** As precipitações orográficas resultam da ascensão mecânica de correntes de ar úmido horizontais sobre barreiras naturais, tais como montanhas. Quando os ventos quentes e úmidos, que geralmente sopram do oceano para o continente, encontram uma barreira montanhosa, elevam-se e se resfriam adiabaticamente havendo condensação do vapor, formação de nuvens e ocorrência de chuvas, (BARBOSA JR., 2000). Este tipo de precipitação é comum no Brasil junto à cadeia montanhosa da Serra do Mar, onde os ventos dominantes provenientes do Atlântico carregados de umidade encontram as vertentes costeiras, forçando as massas de ar a subir, produzindo as mais altas precipitações do continente americano, atingindo valores médios anuais de até 4000 mm em alguns locais, (PDC, 2015). Orografia é menos efetiva em remover a umidade do ar, em comparação com os outros dois mecanismos de ascensão (LIMA, 1986).

Figura 3: Esquema ilustrativo das chuvas orográficas.



Fonte: (BARBOSA JR., 2000).

- c) **Precipitações Ciclônicas ou Frontais:** São causadas por ciclones com depressões centrais que provocam movimentos atmosféricos ascendentes, (PDC, 2015). São chuvas associadas às chamadas frentes, ou seja, o conflito entre massas de ar, (LIMA, 1986). Segundo Barbosa Jr. (2000) essas massas de ar têm movimento da região de alta pressão para a região de baixa pressão, ocasionado pelo aquecimento desigual da superfície terrestre, são de longa duração e possui intensidade de baixa a moderada.

Figura 4: Esquema ilustrativo de chuvas frontais causadas por frente fria e frente quente típica.



Fonte: (BARBOSA JR., 2000).

2.2.5 Tempo de Retorno

O Manual de Hidrologia Básico do DNIT (2005) diz que os períodos de recorrência, ou seja, de retorno da chuva, normalmente adotado no caso de bueiros são de 10 a 20 anos e que seu dimensionamento é feito adotando as condições mais críticas de escoamento.

2.2.6 Tempo de Concentração

O tempo de concentração de uma bacia hidrográfica é definido pelo tempo de percurso em que o deflúvio leva para atingir o curso principal desde os pontos mais longínquos até o local onde se deseja definir a descarga (MANUAL DE HIDROLOGIA BÁSICO DO DNIT, 2005).

O tempo de concentração é o tempo entre o início da chuva e o momento em que todas as partes da bacia passam a contribuir com escoamento para a seção em estudo. É a duração da trajetória da partícula de água que demore mais tempo para atingir a seção transversal em estudo (PDC, 2015).

2.2.7 Infiltração

Tucci (1998) diz que a infiltração é o procedimento de transferência do fluxo da superfície para o interior do solo. A capacidade de infiltração depende das características do solo e do estado de umidade da camada superior do solo, também chamada de zona não-saturada.

2.2.8 escoamento Superficial

Segundo o PDC (2015):

Denomina-se escoamento superficial o segmento do ciclo hidrológico que estuda o deslocamento das águas na superfície terrestre. Considera o movimento da água, a partir da menor porção de chuva que, caindo sobre um solo saturado de umidade ou impermeável, escoar pela superfície, formando, sucessivamente, as enxurradas ou torrentes, córregos, ribeirões, rios e lagos ou reservatórios de acumulação.

O escoamento superficial ocorre através de uma seqüência de diferentes formas de escoamento, iniciando com uma película laminar de pequena espessura que escoar sobre as superfícies do terreno, formando a seguir as chamadas “águas livres” nestas superfícies; a seguir, o acúmulo de água inicia o escoamento através de uma micro-rede de drenagem, para só depois formar a rede de drenagem propriamente dita.

2.3 Elementos Básicos da Hidráulica de Canais

2.3.1 escoamento dos Condutos Livres

Ramos et al. (1999) diz que o escoamento em um canal acontece em contato com a atmosfera, ou seja, dar-se em superfície livre impulsionado apenas pela força gravitacional. Quanto a sua classificação, O autor ainda diz que são classificados como escoamento *permanente* quando não advém variações no tempo e *não-permanente*.

Outra classificação comumente adotada é aquela que leva em conta a relação entre as forças de inércia e as gravitacionais, definida pelo número de Froude, (RAMOS et al., 1999):

$$F = \frac{V}{\sqrt{g * y}}$$

(Equação 1)

Onde,

V é a velocidade média do escoamento (m/s);

g é a aceleração da gravidade (m^2/s);

y é a profundidade do escoamento (m).

Ramos et al. (1999) ainda apresenta as seguintes condições para esta fórmula:

- Se $F = 1$ atinge-se o estado crítico; as forças de inércia e gravitacionais estão em equilíbrio.
- Se $F < 1$ o escoamento é subcrítico predominando as forças gravitacionais.

Se $F > 1$ o escoamento está em estado supercrítico, e as forças de inércia são predominantes.

2.3.2 Velocidade Média da Água em um Canal

Carvalho, Mello e Silva (2007) afirmam que existem diversas equações que determinam a velocidade média da água (V) em um canal, mas que a equação que é comumente utilizada é a de Chezy – Manning:

$$v = \frac{1}{n} \cdot Rh^{2/3} \cdot S^{1/2}$$

(Equação 2)

Onde:

Rh = raio hidráulico (A/P em m);

S = declividade do canal, (m/m).

C = coeficiente de Chezy;

n é uma característica da rugosidade da superfície conforme o conduto escolhido, conhecido como coeficiente de Manning.

O PDC (2015) diz que os valores para o coeficiente de Manning foram obtidos experimentalmente e são tabelados para vários tipos de revestimento de canal.

Tabela 1: Valores do coeficiente de rugosidade n de Manning

Descrição da superfície	n (Manning)
Concreto Liso	0,013
Concreto Rugoso	0,022
Gabiões	0,035
Canal Natural	0,035 - 0,040

Fonte: (CHOW 1973, apud. RAMOS et al 1999).

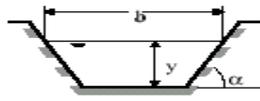
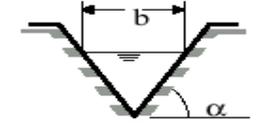
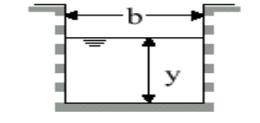
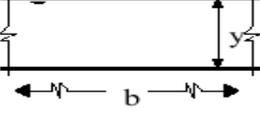
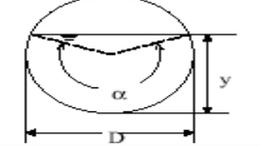
2.3.3 Geometria dos canais

Ramos et al. (1999) explica que devido a secção transversal do escoamento, os canais artificiais obedecem uma lei já existente para sua geometria e quanto aos canais naturais tem sua geometria desenvolvida através do próprio processo natural do escoamento superficial. O autor ainda completa falando que as propriedades do escoamento nos canais relacionadas com a secção transversal são denominadas parâmetros hidrogeométricos, são elas:

- a) **Profundidade (y):** Distância vertical entre o fundo da secção e o nível d'água. Também é usual a referência à profundidade "d" na secção, que é a medida entre o fundo da secção e o nível d'água, perpendicular ao fundo da secção. A relação entre d e y é dada por $y = d/\cos q$, onde q é o ângulo entre o fundo e a horizontal.
- b) **Cota do Nível d'água (h):** Elevação do nível d'água em relação a uma referência. Em geral, $h = (y+z)$, onde z é a elevação do fundo da secção.
- c) **Largura superficial (B):** Largura da secção medida na superfície livre.
- d) **Área molhada (A):** Área da secção transversal do escoamento.
- e) **Perímetro molhado (P):** Comprimento linear da interface fluido-contorno.
- f) **Raio hidráulico (Rh):** Relação entre área e perímetro molhados.

Na **Figura 5** mostra as expressões para cálculo da área, perímetro molhado, raio hidráulico, largura na superfície livre e profundidade hidráulica para as formas regulares mais usuais de canais:

Figura 5: Elementos geométricos para as principais formas regulares de canais

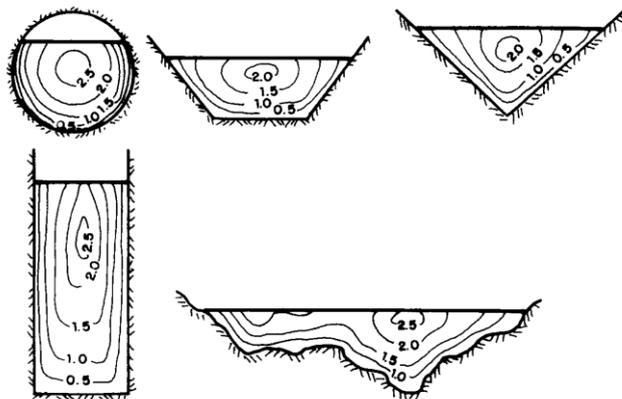
Forma	Seção	Área de Escoamento, A	Perímetro Molhado, P	Raio Hidráulico, R
Trapezoidal		$y(b + y \cdot \cotg \alpha)$	$b + \frac{2y}{\sen \alpha}$	$\frac{y(b + y \cdot \cotg \alpha)}{b + \frac{2y}{\sen \alpha}}$
Triangular		$y^2 \cotg \alpha$	$\frac{2y}{\sen \alpha}$	$\frac{y \cdot \cos \alpha}{2}$
Retangular		by	$b + 2y$	$\frac{by}{b + 2y}$
Fundo Largo e Plano		by	b	y
Circular		$(\alpha - \sen \alpha) \frac{D^2}{8}$	$\frac{\alpha D}{2}$	$\frac{D}{4} \left(1 - \frac{\sen \alpha}{\alpha}\right)$

Fonte: (CHOW 1973, apud. RAMOS et al 1999).

2.3.3.1 Fator de Correção

A distribuição de velocidade na seção transversal de um canal depende, entre outros fatores, da forma da seção, rugosidade das paredes e presença de bermas (RAMOS et al 1999).

Figura 6: Distribuição de velocidade em seções típicas nos canais



Fonte: (CHOW 1973, apud. RAMOS et al 1999).

Como resultado destas distribuições, a energia cinética do escoamento $V^2/2g$ e sua quantidade de movimento QV/g , sendo g a aceleração da gravidade, são na realidade maiores do que aquelas determinadas considerando-se apenas a velocidade média V . Introdz-se para correção, os coeficientes a e b de Coriolis obtidos a partir das expressões abaixo, sendo V a velocidade local (RAMOS et al 1999):

$$a = \frac{\int v^3 dA}{V^3 \cdot A}$$

(Equação 3)

$$b = \frac{\int v^2 dA}{V^2 \cdot A}$$

(Equação 4)

2.3.3.2 Borda Livre

O PDC (2015) faz a recomendação da prevenção de uma altura adicional a altura do canal. Esta altura é chama de borda livre e serve para prevenir que a água que passa pelo canal transborde. Isto que pode ocorrer devido à existência de ondas causadas pelo vento e outras oscilações.

A altura da borda livre, Hb , recomendada pelo U.S. Bureau of Reclamation (Tucci et al., 1995) é dada pela *equação 05*, em função da profundidade, y (m), e da velocidade do escoamento, V (m/s), (PDC, 2015, adaptado).

$$Hb = 0,608 + 0,037 * V * \sqrt[3]{y}$$

(Equação 5)

2.3.4 Energia

Ramos et al. (1999) explica que princípio básico que rege o escoamento em canais é o da conservação da energia total e que expressão é definida pela Lei de Bernoulli. Ramos et al. (1999) ainda diz que ela é originada da análise do movimento da partícula elementar e integrada ao longo da seção onde a distribuição de pressões é admitida hidrostática e a velocidade em termos médios, pode ser expressa da forma

Este é o teorema de Bernoulli, que se anuncia: “Ao longo de qualquer linha de corrente é constante a somatória das energias cinética ($v^2/2g$), piezométrica (p/γ) e potencial (z)”. É importante notar que cada um desses termos pode ser expresso em unidade linear, constituindo o que denomina-se “carga” ou altura ou energia por unidade de peso (CARVALHO, MELLO e SILVA, 2007).

A expressão seria dessa forma:

$$H = \frac{a \cdot V^2}{2 \cdot g} + \frac{d}{\cos \theta} + z$$

(Equação 6)

Onde:

H é a energia total por unidade de peso do fluido.

$$\text{Como: } U = \frac{Q}{A} \therefore U^2 = \frac{Q^2}{A^2} \quad \text{Logo: } E = y + \frac{Q^2}{2gA^2}$$

(Equação 7)

3. METODOLOGIA

3.1 Desenho de estudo

Este estudo utilizou conhecimentos adquiridos em pesquisas bibliográficas, usou de métodos de coleta de dados secundários com o intuito de levantar dados do objeto de pesquisa.

Segundo Prodanov e Freitas (2013) a pesquisa aplicada tem como resultado a geração de produtos e/ou processos com finalidades imediatas que são gerados com base no conhecimento gerado pela pesquisa básica mais a tecnologia existente. Esta pesquisa trata-se de uma pesquisa aplicada voltada para fins práticos, com objetivo de sanar os problemas de alagamento do período chuvoso na região da bacia estudada.

A metodologia busca quantificar o número de bocas de lobos adequada para que o volume do escoamento superficial seja encaminhado a uma galeria afim de destiná-la para um braço d'água buscando conter a exposição da população e das propriedades ao risco de inundações, preservar o tráfego de veículos e pedestres e controlar a erosão.

3.2 Objeto de estudo

O objeto de estudo deste trabalho é a Bacia do Córrego do Prata tendo como amostra um trecho da mesma bacia para o dimensionamento do sistema de captação de água. Onde contou com auxílio dos programas Excel, Google Earth e Pluvio 2.1.

3.3 Local e período de realização da pesquisa

A pesquisa foi realizada dentro dos laboratórios de informática do CEULP/ULBRA. O período em que se realizou o estudo foi entre fevereiro e maio de 2018, para redação final e entrega do trabalho entre os meses de agosto a novembro do mesmo ano.

3.4 Detalhamento dos procedimentos

3.3.1 Fluxograma

Figura 7: Fluxograma de metodologia de pesquisa



Fonte: O Autor, 2018.

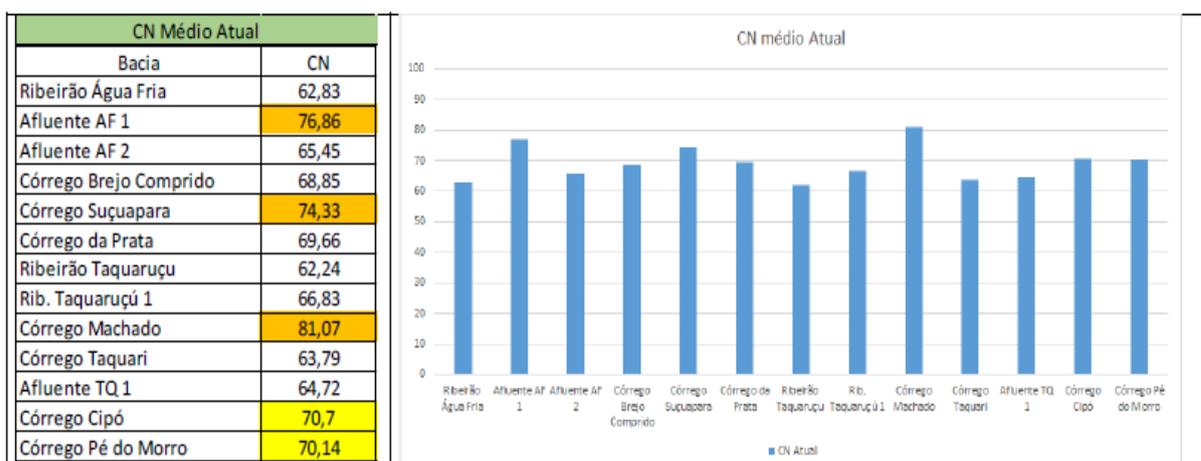
4. COLETA E ANÁLISE DOS DADOS

4.1 A Bacia Córrego do Prata

4.1.1 CN Médio

O PMSB (2014) apresenta valor médio para o CN desta bacia e um valor para o coeficiente de escoamento considerando um tempo de retorno (TR) de 10 anos em função de ser o valor mais frequente nos estudos de macrodrenagem.

Figura 8: Valores de CN médios atuais para as bacias urbanas de Palmas



Fonte: PMSB (2014).

4.1.2 Escoamento Superficial

O mesmo PMSB (2014) também faz uma estimativa para o valor futuro de CN Médio, Coeficiente de Escoamento e Precipitação Efetiva (Precipitação de Escoamento):

Tabela 2: Coeficiente de Escoamento – Situação Atual – Bacias Urbanas de Palmas – TR 10 anos (detalhe)

Bacia	Coeficiente de Escoamento - C					
	2	5	10	25	50	100
Ribeirão Água Fria	27,2	30,3	32,7	35,9	38,3	40,8
Afluente AF 1	49,6	52,6	54,8	57,7	59,7	61,8
Afluente AF 2	30,9	34,1	36,5	39,7	42,2	44,5
Córrego Brejo Comprido	36,1	39,3	41,7	44,9	47,2	49,6
Córrego Suçuapara	45,1	48,2	50,5	53,5	55,7	57,9
Córrego da Prata	37,4	40,6	43	46,1	48,5	50,8
Ribeirão Taquaruçu	26,4	29,5	31,9	35,1	37,5	39,9
Rib. Taquaruçu 1	33	36,2	38,6	41,8	44,2	46,6
Córrego Machado	57,4	60,2	62,2	64,8	66,6	68,4
Córrego Taquari	28,5	31,7	34,1	37,3	39,7	42,1
Afluente TQ 1	29,9	33,1	35,5	38,7	41,1	43,5
Córrego Cipó	369,1	42,2	44,6	47,7	50,1	52,3
Córrego Pé do Morro	38,2	41,3	44,7	46,9	49,2	51,5

Fonte: (PMSB, 2014).

4.1.3 Estimativas Futuras

O PMSB (2014) também traz uma estimativa para o valor futuro de CN Médio, Coeficiente de Escoamento e Precipitação Efetiva (Precipitação de Escoamento).

Tabela 3: Valores de CN médios futuros estimados para as bacias urbanas de Palmas

CN Médio			
Bacia	CN Atual	CN Futuro	Varição
Ribeirão Água Fria	62,83	64,22	102,2
Afluente AF 1	76,86	85,2	110,9
Afluente AF 2	65,45	77,37	118,2
Córrego Brejo Comprido	68,85	76,4	111,0
Córrego Suçuapara	74,33	86,94	117,0
Córrego da Prata	69,66	89,55	128,6
Ribeirão Taquaruçu	62,24	64,03	102,9
Rib. Taquaruçú 1	66,83	88,1	131,8
Córrego Machado	81,07	88,9	109,7
Córrego Taquari	63,79	68,55	107,5
Afluente TQ 1	64,72	75,34	116,4
Córrego Cipó	70,7	88,1	124,6
Córrego Pé do Morro	70,14	88,1	125,6

Fonte: (PMSB, 2014).

Tabela 4: Coeficientes de escoamento C estimados para bacias urbanas de Palmas - condição futura

Bacia	Coeficiente de Escoamento - C					
	2	5	10	25	50	100
Ribeirão Água Fria	29,2	32,3	34,7	37,9	40,4	42,8
Afluente AF 1	65,6	68	69,8	72	73,6	75,1
Afluente AF 2	50,5	53,5	55,7	58,5	60,6	62,6
Córrego Brejo Comprido	48,7	51,8	54	56,9	59	61,1
Córrego Suçuapara	69,3	71,5	73,1	75,1	76,6	77,9
Córrego da Prata	74,9	76,8	78,2	79,9	81,1	82,2
Ribeirão Taquaruçu	28,9	32	34,5	37,7	40,1	42,5
Rib. Taquaruçú 1	71,7	73,8	75	77,2	78,6	79,8
Córrego Machado	73,6	75,6	77	78,8	80,1	81,3
Córrego Taquari	35,6	38,8	41,3	44,4	46,8	49,1
Afluente TQ 1	46,6	49,9	52,2	55,2	57,3	59,4
Córrego Cipó	71,7	73,8	75,3	77,2	78,6	79,87
Córrego Pé do Morro	71,7	73,8	75,3	77,2	78,6	79,8

Fonte: (PMSB, 2014).

Tabela 5: Precipitação Efetiva estimada para bacias urbanas de Palmas - condição futura

Bacia	Precipitação Efetiva (mm)					
	2	5	10	25	50	100
Ribeirão Água Fria	34,06	41,54	47,98	57,63	65,89	75,03
Afluente AF 1	76,67	87,43	96,8	109,36	120,12	131,75
Afluente AF 2	58,98	68,71	76,89	88,87	98,89	109,81
Córrego Brejo Comprido	56,93	66,52	74,6	86,42	96,33	107,14
Córrego Suçuapara	80,91	91,86	100,94	114,1	124,9	136,74
Córrego da Prata	87,5	98,7	107,96	121,34	132,99	144,31
Ribeirão Taquaruçu	33,74	41,18	47,59	57,2	65,43	74,6
Rib. Taquaruçú 1	83,8	94,87	104,04	117,3	128,26	140,09
Córrego Machado	86,1	97,16	106,38	119,72	130,7	142,62
Córrego Taquari	41,64	49,91	56,97	67,47	76,38	86,18
Afluente TQ 1	54,75	64,17	72,11	83,78	93,58	104,26
Córrego Cipó	83,8	94,87	104,04	117,3	128,26	140,09
Córrego Pé do Morro	83,8	94,87	104,04	117,3	128,26	140,09

Fonte: (PMSB, 2014).

Segundo o PMSB (2014) esse crescimento nos valores de CN Médio, Coeficiente de Escoamento e Precipitação Efetiva (Precipitação de Escoamento) são ocasionados porque há um grande percentual da área da bacia como não urbana (não ocupada), o que no futuro tende a alterar o seu uso (para uso urbano) com maiores percentuais de impermeabilização.

4.1.4 Intensidade de Precipitação

Para calcular é necessária uma equação que nos dará o valor da intensidade da precipitação de Palmas em função do tempo de retorno e do tempo de duração da chuva. Esta equação foi extraída do Programa Pluvio 2.1:

$$I = \frac{5958,922 * Tr^a}{(t + b)^c}$$

(Equação 8)

Onde:

I = intensidade de chuva (mm/h),

K = constante dada pelo programa,

a = constante dada pelo programa,

b = constante dada pelo programa,

c = constante dada pelo programa,

Tr = tempo de retorno (anos),

t = duração da chuva (min).

Substituindo os valores fornecidos pelo programa temos a seguinte equação para gerar o valor da intensidade de chuva na cidade de Palmas-TO:

$$I = \frac{5958,922 * Tr^{0,173}}{(t + 35,301)^{1,043}}$$

(Equação 9)

4.2 Sistema de Drenagem

A rede de microdrenagem é composta pelas sarjetas, bocas de lobo, e galerias (KIPPER, 2015).

De acordo com a SMDU (2012) as regras básicas para o traçado da rede são:

- 1) os divisores de bacias e as áreas contribuintes a cada trecho deverão ficar convenientemente marcadas nas plantas;
- 2) os trechos em que o escoamento sere apenas nas sarjetas devem ficar identificados por meio de setas;
- 3) as galerias de águas pluviais, sempre que possível, deverão ser lançadas sob os passeios;
- 4) o sistema coletor em uma determinada via poderá constar de uma rede única, recebendo ligações de bocas de lobo de ambos os passeios;
- 5) a solução mais adequada em cada rua e estabelecida economicamente em função da sua largura e condições de pavimentação.

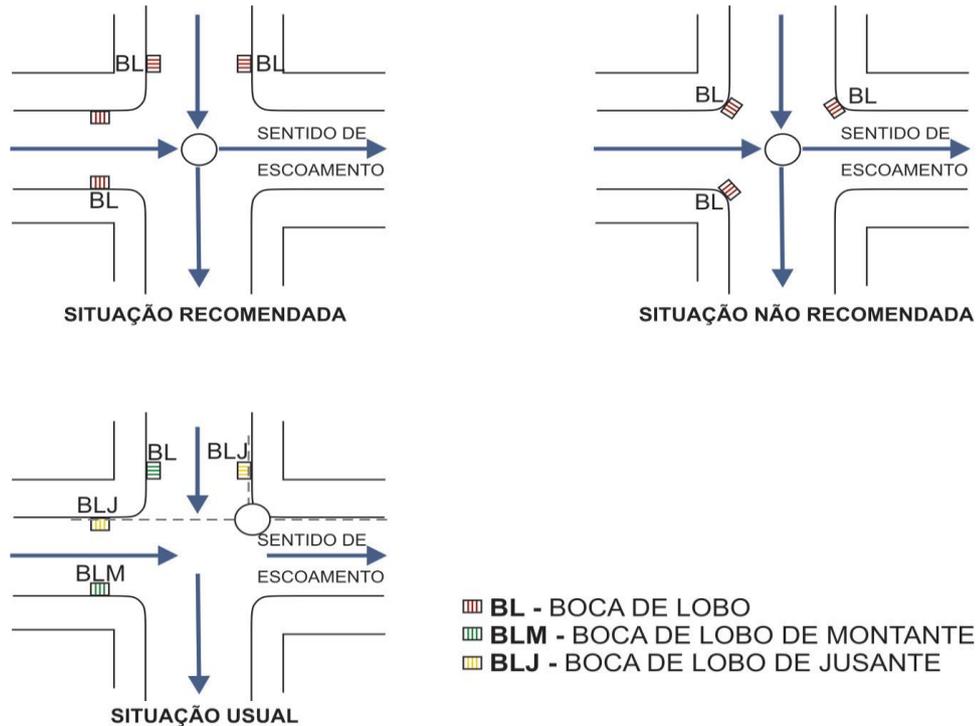
4.2.1 Coletores

Existem duas opções para a locação da rede coletora de águas pluviais: (I) sob a guia (meio-fio), a mais utilizada e (II) sob o eixo da via pública (SMDU, 2012).

A SMDU (2012) ainda recomenda que o recobrimento mínimo deve ser de 1,0 m sobre a geratriz superior do tubo e 0,60 m para ligações das canalizações de escoamento.

Também é recomendado que a rede coletora deva possibilitar a ligação das demais canalizações de escoamento.

Figura 9: Rede coletora



Fonte: (SMDU, 2012).

4.2.2 Bocas de Lobo (BL)

4.2.2.1 Considerações

A locação das bocas de lobo deve considerar as seguintes recomendações (SMDU, 2012):

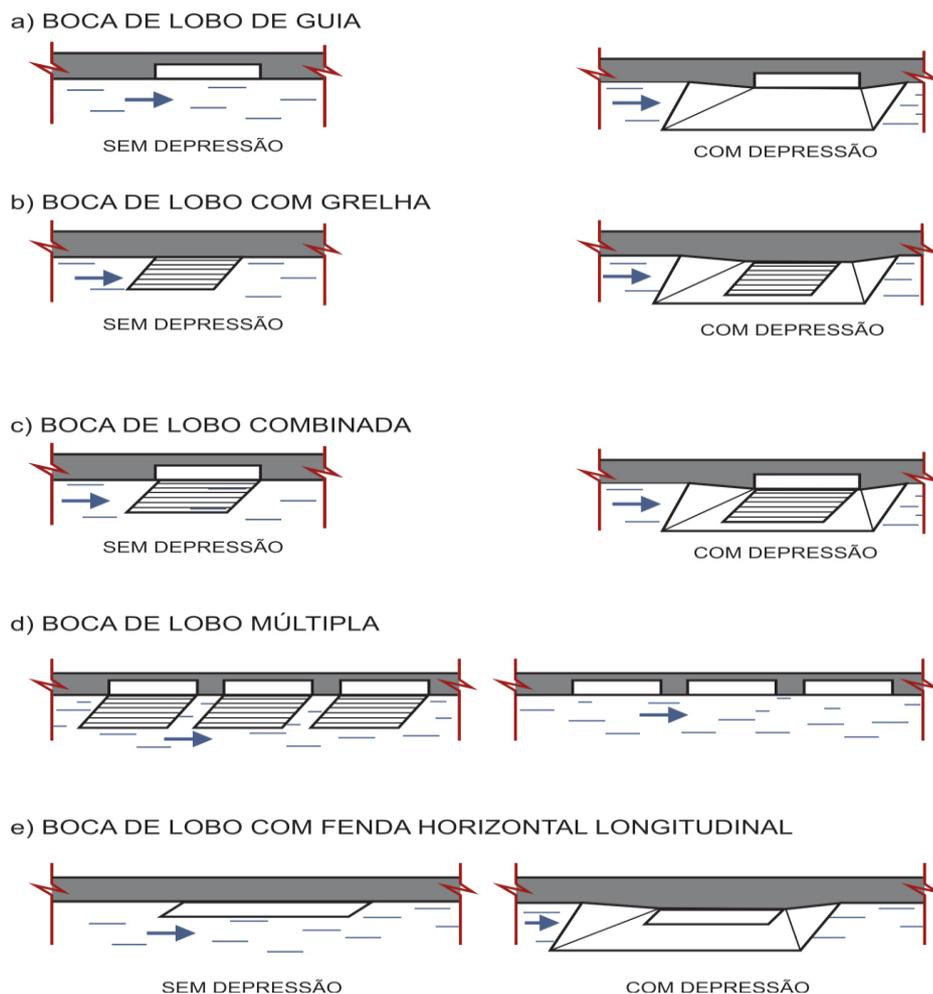
- serão locadas em ambos os lados da rua quando a saturação da sarjeta assim o exigir ou quando forem ultrapassadas as suas capacidades de engolimento;
 - serão locadas nos pontos baixos das quadras;
 - recomenda-se adotar um espaçamento máximo de 60 m entre as bocas de lobo;
- 1) analisada a capacidade de descarga da sarjeta;
 - d) a melhor solução para a instalação de bocas de lobo e que esta seja feita em pontos pouco a montante de cada faixa de cruzamento usada pelos pedestres, junto as esquinas;

- e) não é aconselhável a sua localização junto ao vértice do ângulo de interseção das sarjetas de duas ruas convergentes pelos seguintes motivos: (I) os pedestres, para cruzarem uma rua, teriam que saltar a torrente num trecho de máxima vazão superficial e (II) as torrentes convergentes pelas diferentes sarjetas teriam como resultante um escoamento de velocidade contrária ao da afluência para o interior da boca de lobo.

Basicamente existem quatro tipos de bocas de lobo:

- 1) Boca de lobo simples;
- 2) Boca de lobo com grelha;
- 3) Boca de lobo combinada;
- 4) Boca de lobo múltipla.

Figura 10: Tipos de bocas de lobo



Fonte: (SMDU, 2012).

4.2.2.2 Dimensionamento

Segundo a SMDU (2012) a geometria das sarjetas é um dos fatores que mais influencia na captação da vazão por uma boca de lobo.

Tucci, Porto e De Barros (1995) falam que quando a água acumula sobre a boca de lobo, gera uma lâmina d'água com altura menor do que a abertura da guia e que quando isto ocorre a boca de lobo pode ser considerada um vertedor e ser calculada pela equação:

$$Q = 1,7 * L * (y)^{3/2}$$

(Equação 10)

Onde:

Q= vazão de engolimento (m³/s),

Y= altura d'água próximo a abertura na guia (m),

L= comprimento da soleira (m).

4.2.3 Áreas de contribuição

As áreas de contribuição são as quadras e as próprias avenidas onde suas áreas são inferiores a 1 km², sendo assim, a fórmula utilizada para encontrar a vazão gerada pelas áreas de contribuição foi a do Método Racional que Tucci, Porto e De Barros (1995) apresentam da seguinte maneira:

$$Q = 0,278 * C * I * A$$

(Equação 11)

Onde:

Q= vazão obtida (m³/s),

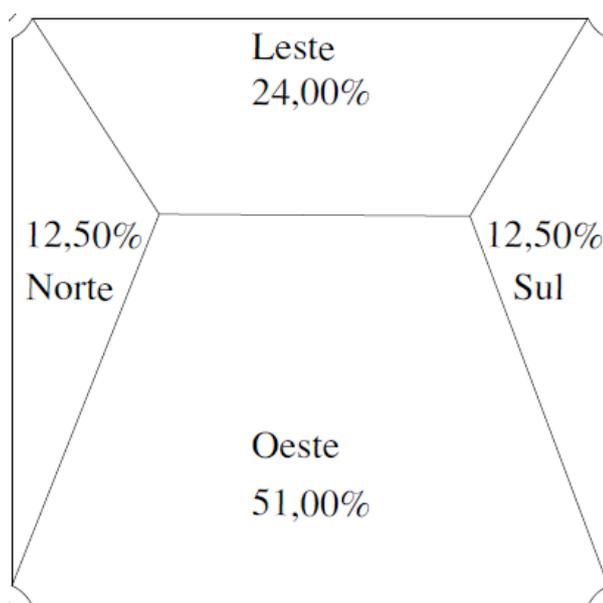
C= coeficiente de escoamento,

I= intensidade da chuva (mm/h),

A= área de contribuição (km²).

A água escoar para os pontos mais baixos das quadras, porém, foi feita uma proporção estimada a da área de contribuição para cada ponto, pois a microdrenagem das quadras é inexistente e quando existe, não possui eficiência adequada. Esta proporção é apresentado na figura 11.

Figura 11: Proporção estimada das áreas de contribuição.



Fonte: O Autor

4.2.4 Galeria

Devem ser estudados diversos traçados de rede de galerias, considerando-se os dados topográficos existentes e o pré-dimensionamento hidrológico e hidráulico. A definição da concepção inicial é mais importante para a economia global do sistema do que os estudos posteriores de detalhamento do projeto, de especificação de materiais, etc, (SMDU, 2012).

De acordo com a SMDU (2012) os critérios básicos de projeto são os seguintes:

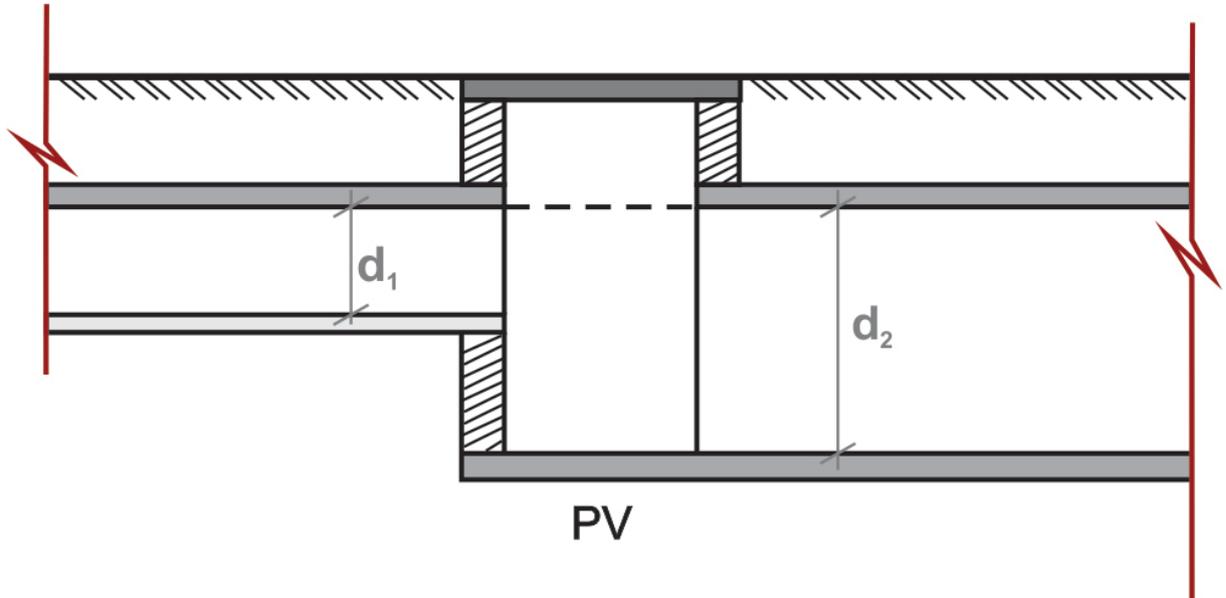
- 1) as galerias pluviais são projetadas para funcionar a seção plena com vazão de projeto. A velocidade máxima admissível determina-se em função do material a ser empregado na rede.

A velocidade máxima admissível para tubos de concreto é de 5,0 m/s sendo a mínima adotada 0,60 m/s;
- 2) o recobrimento mínimo da rede deve ser de 0,8 a 1,0 m, quando forem empregadas tubulações sem estruturas especiais. Quando, por condições topográficas, forem

utilizados recobrimentos menores, as canalizações deverão ser projetadas do ponto de vista estrutural;

- 3) nas mudanças de diâmetro, os tubos deverão ser alinhados pela geratriz superior.

Figura 12: Alinhamento dos Condutos



Fonte: SMDU (2012).

5 RESULTADOS E DISCUSSÃO

5.1 Boca de lobo (BL)

Utilizando a equação 11 considerando uma altura (y) de 15 cm obtivemos as seguintes vazões de engolimento em função de L e da quantidade de BL em série:

Tabela 6: Cálculo da Capacidade de engolimento de uma Boca de Lobo

Comprimento da BL (m)	Altura d'água (m)	Vazão (m ³ /s)		
		1 BL	2 BL	3 BL
0,70	0,15	0,069	0,138	0,207
0,80	0,15	0,079	0,158	0,237
0,90	0,15	0,089	0,178	0,267
1,00	0,15	0,099	0,198	0,296

Observa-se que quanto maior o comprimento, maior a capacidade de engolimento, portanto, para um trecho onde o escoamento superficial for alto é necessário usar BL e série para melhor eficiência do sistema de captação.

5.2 Áreas de contribuição

Utilizando um tempo de retorno de 10 anos foi extraído da tabela 2 um Coeficiente de Escoamento (C) de 0,782 e usando a equação 10 obtivemos a intensidade de chuva de 91,53 mm/h.

Com as áreas de cada quadra e usando a proporção estimada, chega-se a Tabela 7:

Tabela 7: Vazões de contribuição de cada quadra pelo Método Racional

Quadra	Área	Vazão Total	Vazão lado	Vazão lado	Vazão lado	Vazão lado
	(km ²)	(m ³ /s)	Norte (m ³ /s)	Sul (m ³ /s)	Leste (m ³ /s)	Oeste (m ³ /s)
1012 Sul	0,432	8,60	1,08	1,08	2,06	4,39
912 Sul	0,445	8,85	1,11	1,11	2,12	4,51
812 Sul	0,435	8,66	1,08	1,08	2,08	4,42
1006 Sul	0,377	7,49	0,94	0,94	1,80	3,82
906 Sul	0,387	7,71	0,96	0,96	1,85	3,93
806 Sul	0,380	7,55	0,94	0,94	1,81	3,85
706 Sul	0,395	7,87	0,98	0,98	1,89	4,01
1004 Sul	0,310	6,16	0,77	0,77	1,48	3,14
904 Sul	0,319	6,34	0,79	0,79	1,52	3,23

804 Sul	0,312	6,21	0,78	0,78	1,49	3,17
704 Sul	0,325	6,47	0,81	0,81	1,55	3,30
1002 Sul	0,164	3,26	0,41	0,41	0,78	1,66
902 Sul	0,169	3,36	0,42	0,42	0,81	1,71
802 Sul	0,165	3,29	0,41	0,41	0,79	1,68
702 Sul	0,173	3,44	0,43	0,43	0,82	1,75
602 Sul	0,169	3,36	0,42	0,42	0,81	1,71
1001 Sul	0,164	3,26	0,41	0,41	0,78	1,66
901 Sul	0,169	3,35	0,42	0,42	0,81	1,71
801 Sul	0,165	3,29	0,41	0,41	0,79	1,68
701 Sul	0,172	3,43	0,43	0,43	0,82	1,75
601 Sul	0,168	3,35	0,42	0,42	0,80	1,71
1103 Sul	0,341	6,78	0,85	0,85	1,63	3,46
1003 Sul	0,337	6,71	0,84	0,84	1,61	3,42
903 Sul	0,347	6,91	0,86	0,86	1,66	3,52
803 Sul	0,340	6,76	0,85	0,85	1,62	3,45
703 Sul	0,354	7,05	0,88	0,88	1,69	3,59
603 Sul	0,345	6,87	0,86	0,86	1,65	3,50
1105 Sul	0,282	5,62	0,70	0,70	1,35	2,87
1005 Sul	0,284	5,64	0,71	0,71	1,35	2,88
905 Sul	0,406	8,09	1,01	1,01	1,94	4,12
805 Sul	0,217	4,32	0,54	0,54	1,04	2,20
605 Sul	0,393	7,81	0,98	0,98	1,87	3,98
505 Sul	0,345	6,87	0,86	0,86	1,65	3,50
1107 Sul	0,289	5,76	0,72	0,72	1,38	2,94
1007 Sul	0,283	5,63	0,70	0,70	1,35	2,87
907 Sul	0,181	3,60	0,45	0,45	0,86	1,84
807 Sul	0,202	4,03	0,50	0,50	0,97	2,05
707 Sul	0,057	1,14	0,14	0,14	0,27	0,58
709 Sul	0,138	2,74	0,34	0,34	0,66	1,40
607 Sul	0,309	6,15	0,77	0,77	1,48	3,14
507 Sul	0,351	6,99	0,87	0,87	1,68	3,57
407 Sul	0,376	7,49	0,94	0,94	1,80	3,82
611 Sul	0,309	6,14	0,77	0,77	1,47	3,13
509 Sul	0,306	6,08	0,76	0,76	1,46	3,10
511 Sul	0,258	5,13	0,64	0,64	1,23	2,62
409 Sul	0,213	4,23	0,53	0,53	1,02	2,16
411 Sul	0,239	4,76	0,60	0,60	1,14	2,43
309 Sul	0,380	7,56	0,94	0,94	1,81	3,85

5.3 Dimensionamento da Rede de Drenagem

5.3.1 Vazão de Contribuição

A Vazão de Contribuição de cada trecho é obtida pela vazão máxima de captação que cada BL possui. E a acumulada é a soma da vazão de cada trecho com a vazão jusante do trecho anterior.

5.3.2 Diâmetro Calculado

O diâmetro calculado é obtido pela equação descrita por Tucci, Porto e De Barros (1995):

$$D = 1,44 * \left(\frac{Q * n}{\sqrt{S}} \right)^{\frac{3}{8}}$$

(Equação 12)

Onde:

Q = vazão do trecho (mão do trecho (m³/s);

n = Coeficiente de Mannig;

S = declividade (m/m).

5.3.4 Área Molhada, Perímetro Molhado e Raio Hidráulico

Fixando um diâmetro adotado onde a altura d'água seja igual ao raio da tubulação os valores podem ser obtidos pelas seguintes equações:

Tabela 8: Equações para obter os dados da tubulação

Área (m ²)	Perímetro (m)	Raio Hidráulico – Rh (m)
$A = \frac{\pi * D^2}{8}$	$P = \frac{\pi * D}{4}$	$Rh = \frac{A}{P}$

5.3.5 Velocidade

A velocidade de cada trecho é em função do raio hidráulico e da declividade do projeto. Podendo ser calculada pela equação que Tucci, Porto e De Barros (1995) apresentam:

$$V = 76,9 * \sqrt[3]{(Rh)^2} * \sqrt{S}$$

(Equação 13)

Onde:

V = velocidade (m/s);

Rh = raio hidráulico (m);

S = declividade do trecho (m/m).

5.3.5 Declividade do terreno

Para encontrar a declividade do terreno podemos utilizar a seguinte equação:

$$S = \frac{CotaM - CotaJ}{Distância}$$

(Equação 14)

Onde:

$CotaM$ = cota do PV à montante (m);

$CotaJ$ = cota do PV à jusante (m);

S = declividade do trecho (m/m);

$Distância$ = distância entre os PV montante e o PV jusante (m).

Para esta expressão de equação, quando o resultado é positivo significa que a inclinação é descendente e para resultado negativo ascendente.

5.3.5 Cota do Greide a montante e jusante

Para a cota a montante, ou seja, o PV inicial do trecho calculado é necessário subtrair da Cota do Terreno Montante a profundidade do PV que é a somatória do cobrimento da tubulação e o diâmetro da tubulação.

Para a cota jusante, ou seja, o próximo PV do trecho, o cálculo é a da Cota do Terreno Jusante menos a somatória do cobrimento da tubulação e a altura gerada pela inclinação adotada para o trecho.

5.4 Proposta de rede de distribuição

A rede dimensionada pega as avenidas: NS 01, NS 02, NS 04, NS 10, LO 15 (Palmas Brasil) e Av. Teotônio Segurado. E pega as áreas de contribuição das quadras: 601 Sul, 602 Sul, 603 Sul, 701 Sul, 702 Sul, 704 Sul e 706 Sul. Onde para cada trecho há uma quantidade de BL para captar o escoamento superficial e levar a água até os poços de visita (PV) que, por sua vez, tem função de levar toda água de PV a PV até o chegar ao seu destino final, o Córrego do Prata. Vide Apêndice B.

Conforme mostra o Apêndice A, o volume chega a ser tão alto no trecho dimensionado, que foi necessário a partir do PV 25 duplicar a tubulação para dividir a vazão. Apesar disto, mais à frente no PV 29 o volume volta a ser alto devido a contribuição dos trechos 5 e 7. Portanto, a seção circular se torna inviável a partir deste PV exigindo uma galeria de seção diferente e com capacidade de escoamento maior. É sugerido que seja dimensionado uma galeria de seção retangular.

6 CONCLUSÃO

O sistema de drenagem em Palmas encontra-se ineficiente devido não atender a demanda (volume de escoamento) que existe atualmente. Esta ineficiência é notada quando se é observado que as principais avenidas que sofrem com os problemas de alagamento não possuem boca de lobo suficiente para drenar a água pluvial ou mesmo sequer possuem bocas de lobo. Neste trabalho as bocas de lobo foram dimensionadas para uma chuva de tempo de retorno de 10 anos. Contou com 342 bocas de lobo garantindo que o escoamento superficial seja devidamente coletado e destinado para um local onde não gere transtornos para população.

A microdrenagem devia ser realizada em cada quadra, porém, a realidade é que suas alamedas funcionam como canais onde a água é conduzida para os pontos mais baixos das quadras ou para as avenidas mais próximas. Devido isto, o volume de escoamento superficial que já devia ser drenado na microdrenagem acaba sendo transportado para as avenidas, o que justifica a quantidade de bocas de lobo na macrodrenagem. Portanto, recomenda-se que um estudo devia ser feito pela Prefeitura Municipal de Palmas em parceria com o Centro Universitário Luterano de Palmas para projetar uma microdrenagem de cada quadra, afim de minimizar ou conter que o escoamento superficial seja transferido para as avenidas.

Outro estudo recomendado é sobre o uso e ocupação do solo das quadras existentes, pois o C (Coeficiente de Escoamento) é alterado conforme a ocupação do solo. Pois isto interfere de forma direta no cálculo da vazão de escoamento e quanto mais preciso for este dado, melhor e mais econômico será o projeto de drenagem.

Após o estudo feito viu-se que a intensidade de precipitação é bastante elevada chegando a um valor estimado de 91,53 mm/h para um tempo de retorno de 10 anos. Este valor foi obtido conforme a equação 9 que, por sua vez, é uma equação extraída do programa Pluvio 2.1. Devido este valor, a vazão de escoamento superficial torna-se alta. Então, recomenda-se que um estudo específico seja feito, pois os dados do programa podem estar equivocados.

Portanto, ainda que não seja feito um estudo para a microdrenagem, com base nos cálculos, é possível que toda vazão de escoamento superficial seja captada, mesmo que não haja sarjetas, locando bocas de lobos em série e utilizando um comprimento entre as bocas de lobo de no máximo 60 m, porém, é indispensável uma galeria de maiores proporções para que

o sistema de drenagem seja o mais eficiente possível. O Apêndice C mostra uma proposta de locação de BL e PV para a bacia inteira.

REFERÊNCIAS BIBLIOGRÁFICAS

- ARAÚJO, Lincoln Eloi de. **Análise Estatística de Chuvas Intensas na Bacia Hidrográfica do Rio Paraíba**. 2006. 94 f. Dissertação (Mestrado) - Curso de Meteorologia, Centro de Tecnologia e Recursos Naturais, Universidade Federal de Campina Grande, Campina Grande, 2006. Disponível em: <http://www.dca.ufcg.edu.br/posgrad_met/dissertacoes/LincolnEAraujo_2006.pdf>. Acesso em: 11 abr. 2018.
- BARBOSA JUNIOR, Antenor Rodrigues. **Elementos de Hidrologia Aplicada**. UFOP- Departamento deciv- Antenor Rodrigues, 2014.
- Brasil. Departamento Nacional de Infra-Estrutura 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. 133p. (IPR. Publ., 715). 1. Hidrologia – Manuais. I. Série. II. Título. Disponível em: <http://ipr.dnit.gov.br/normas-e-manuais/manuais/documentos/715_manual_de_hidrologia_basica.pdf>. Acesso em: 17 abr. 2018.
- CARVALHO, Daniel F., MELLO, Jorge L. P., SILVA, Leonardo D. B. Irrigação e Drenagem. CAPÍTULO 1. **Introdução à Hidrologia**. IT 115. 2007
- FUNDAÇÃO PREFEITO FARIA LIMA – CEPAM. **Microdrenagem urbana**. 2. ed. São Paulo, 2006.
- KIPPER, Alex. **DRENAGEM URBANA**: comparativo de custos no dimensionamento utilizando sistemas de drenagem tradicional (higienista), e compensatória com microrreservatórios. 2015. 79 f. TCC (Graduação) - Curso de Engenharia Civil, Centro de Tecnologia, Universidade Federal de Santa Maria, Santa Maria, 2015.
- LIMA, W.P. **Princípios de hidrologia florestal para o manejo de bacias hidrográficas**. São Paulo: Escola Superior de Agricultura “Luiz de Queiroz”, 1986. 242p.
- LOPES, Reijane Coelho & SOUZA, Lucas Barbosa e. (2012). **A questão das inundações em Palmas (TO), segundo a percepção de moradores e usuários**: contribuição ao processo preventivo por meio da educação ambiental. **Revista Interface** (Porto Nacional), Edição número 05, págs 35-48.
- MARQUES, Ellen Thuany dos Santos; SILVA, Mariela Sousa Gomes; ACÁCIO, Sidney César. **Gestão de Drenagem Urbana no Controle de Enchentes**: captação, reservação e armazenamento de águas pluviais. 2015. 78 f. Monografia (Especialização) - Curso de Engenharia Civil, Faculdade de Ciências Exatas e Tecnológicas do Centro Universitário Newton Paiva, Belo Horizonte, 2015. Disponível em: <<http://br.monografias.com/trabalhos-pdf/gestao-drenagem-urbana-controle-enchentes/gestao-drenagem-urbana-controle-enchentes.pdf>>. Acesso em: 12 mar. 2018.
- MONTES, Rafael Menegazzo. **A Drenagem Urbana de Águas Pluviais e seus Impactos Cenário atual da Bacia do Córrego Vaca – Brava Goiânia - GO**. 2009. 29 f. TCC (Graduação) - Curso de Engenharia Ambiental, Departamento de Engenharia, Universidade Católica de Goiás, Goiânia - GO, 2009.

MANOEL, Jhonatan Laszlo; ROCHA, Paulo Cesar. Levantamento e análise comparativa dos padrões de drenagem das bacias hidrográficas dos Rios Aguapeí e Peixe. **Os Desafios da Geografia Física na Fronteira do Conhecimento**, [s.l.], p.64-74, 2017. INSTITUTO DE GEOCIÊNCIAS - UNICAMP. <http://dx.doi.org/10.20396/sbgfa.v1i2017.1778>.

MORUZZI, R. B.; OLIVEIRA, S. C.. **Relação entre intensidade, duração e frequência de chuvas em Rio Claro, SP: métodos e aplicação**. Teoria e Prática na Engenharia Civil, v. 9, p. 7, 2009.

PLANO DE DESENVOLVIMENTO DE COMPETÊNCIAS. **Drenagem Urbana: Módulo I**. Prefeitura Municipal de Curitiba - Instituto Municipal de Administração Pública/IMAP. Doc. 247. 2015.

PLANO MUNICIPAL DE SANEAMENTO BÁSICO DE PALMAS – PMSB. **Drenagem Urbana**. Prefeitura Municipal de Palmas. Vol. III. 2014. Disponível em: <http://www.palmas.to.gov.br/media/doc/arquivoservico/PMSB_Palmas_Volume_03_Drenagem_Urbana_Versao_Final_1.pdf>. Acesso em: 17 abr. 2018.

POMPÊO, Cesar Augusto. DRENAGEM URBANA SUSTENTÁVEL. **RBRH - Revista Brasileira de Recursos Hídricos**: Associação Brasileira de Recursos Hídricos, Florianópolis, v. 5, p.15-24, mar. 2000. Disponível em: <http://www.reasul.org.br/files/Drenagem_Urbana_Sustentavel_.pdf>. Acesso em: 18 abr. 2018.

PREFEITURA DA CIDADE DO RIO DE JANEIRO. **Instruções Técnicas para Elaboração de Estudos Hidrológicos e Dimensionamento Hidráulico de Sistemas de Drenagem Urbana**. 2010. Secretaria Municipal de Obras. Subsecretaria de Gestão de Bacias Hidrográficas - Rio-Águas. Portaria nº 004/2010.

PRODANOV, Cleber Cristiano; FREITAS, Ernani Cesar de. **Metodologia do trabalho científico:: Métodos e Técnicas da Pesquisa e do Trabalho Acadêmico**. 2. ed. Novo Hamburgo: Univerdade Feevale, 2013. 277 p.

RAMOS, C. L., Barros, M. T. L., Palos, J. C. F. **Diretrizes Básicas para Projeto de Drenagem Urbana no Município de São Paulo**. São Paulo: Fundação Centro Tecnológico de Hidráulica, 1999.

SÃO PAULO (CIDADE), Secretaria Municipal de Desenvolvimento Urbano - SMDU. **Manual de drenagem e manejo de águas pluviais: aspectos tecnológicos; diretrizes para projetos**. São Paulo: SMDU, 2012. 128p. il. v.3 ISBN 978-85-66381-03-0.

SANTOS JÚNIOR, Valdevino José dos. Avaliação da fragilidade no sistema de drenagem pluvial urbana: o caso da bacia hidrográfica do córrego das Melancias em Montes Claros, MG. **Revista Monografias Ambientais - REMOA**: Revista do Centro do Ciências Naturais e Exatas - UFSM, Santa Maria, v. 13, n. 5, p.3986-3997, dez. 2014.

SILVA, Gerani F. N.; HORA, Karla E. R.. O PLANO DIRETOR MUNICIPAL E SUA INTERFACE COM A DRENAGEM URBANA. **Revista Labverde**, Goiânia, v. 7, n. 7, p.143-167, dez. 2013.

SILVEIRA, A.L.L. **Ciclo hidrológico e bacia hidrográfica**. In: TUCCI, C.E.M. (Org.). Hidrologia: ciência e aplicação. São Paulo: EDUSP, 2001. p 35-51.

TUCCI, Carlos. E. Morelli. **Água no Meio Urbano**. In: Aldo da Cunha Rebouças; Benedito Braga; José Galizia Tundisi. (Org.). *Águas Doces no Brasil*. 1ed. São Paulo: Escrituras, 1999, v. 1, p. 475-508. Disponível em:

<http://www.pec.poli.br/sistema/material_disciplina/fotos/%C3%A1guanomeio%20urbano.pdf>. Acesso em: 18 abr. 2018.

TUCCI, Carlos. E. Morelli; COLLISHONN, W.. **Drenagem Urbana e Controle de Erosão**. In: VI Simpósio Nacional de Controle de Erosão, 1998. Anais. Presidente Prudente. v. 1. p. 92-101. Disponível em: < http://www.ufrgs.br/arroiodiluvio/conteudo-antigo/copy_of_sobre-o-arroio-diluvio/DRENAGEM%20URBANA-CONTROLE%20DA%20EROSaO_TUCCI_COLLISCHONN.PDF>. Acesso em: 18 abr. 2018.

TUCCI, Carlos E. Morelli. **Gestão da drenagem urbana**/Carlos E. M. Tucci. Brasília, DF: CEPAL. Escritório no Brasil/IPEA, 2012. (Textos para Discussão CEPAL-IPEA, 48). 50p. ISSN: 2179-5495. Disponível em: < https://www.cepal.org/publicaciones/xml/4/52114/CEPAL_48.pdf >. Acesso em: 18 abr. 2018.

TUCCI, Carlos E. Morelli. PLANO DIRETOR DE DRENAGEM URBANA: PRINCÍPIOS E CONCEPÇÃO. **RBRH - Revista Brasileira de Recursos Hídricos**, Porto Alegre, v. 2, n. 2, p.5-12, jul. 1997.

TUCCI, Carlos. E. Morelli e ORSINI, L. Fernando. **Águas urbanas no Brasil: cenário atual e desenvolvimento sustentável**. In: CIDADES, MINISTÉRIO DAS (Ed.). *Gestão dos territórios e manejo integrado das águas urbanas*. Brasília: Ministério das Cidades, 2005. p.243-268.

TUCCI, Carlos E. Morelli, PORTO, Rubem La Laina, DE BARROS, Mário T. **Drenagem urbana**/ organizado por Carlos E. M. Tucci, Rubem La Laina Porto, Mário T. de Barros. – Porto Alegre: ABRH/Editora da Universidade/UFRGS, 1995.

APÊNDICE A – Planilha de Dimensionamento da Rede de Drenagem I

APÊNDICE B – Planta da Rede de Distribuição Dimensionada

APÊNDICE C – Planta da Rede de Distribuição Pensada para a Bacia