

PROPOSTA DE MICRODRENAGEM PARA REDUÇÃO DO ESCOAMENTO SUPERFICIAL URBANO NO LOTEAMENTO GUARICEMA EM ARACAJU-SE

Anne Karolyne Barreto Pereira¹

Milla dos Santos Silva²

Renata Campos Escariz³

Nayára Bezerra Carvalho⁴

Engenharia Civil



ISSN IMPRESSO 1980-1777

ISSN ELETRÔNICO 2316-3135

RESUMO

Nos últimos anos, com o aumento expressivo da urbanização, houve um desarranjo estrutural nos sistemas de drenagem, devido a isso diversos problemas surgem como consequência. O escoamento das águas pluviais sem uma destinação correta provoca inundações. Elas indicam que o sistema está sendo incapaz de desenvolver sua função de maneira eficiente. Neste trabalho, foi realizado um estudo e planejamento para elaboração de um projeto de microdrenagem para o loteamento Guaricema a fim de otimizar o processo de drenagem das águas pluviais. Com isso, foram feitas as distribuições das áreas de boca de lobo e galerias, juntamente com o dimensionamento respectivo de cada área para que o fluxo e a demanda de águas escoassem de forma satisfatória, evitando assim alagamentos e transtornos gerados pelo acúmulo de fluido.

PALAVRAS-CHAVE

Drenagem. Projeto. Otimização.

ABSTRACT

In recent years, with the expressive increase of urbanization, there has been a breakdown in drainage systems, due to problems as a consequence. The drainage of rainwater without proper disposal causes flooding. The goals that the system is being able to perform its function efficiently. This work was carried out and carried out for the elaboration of a microdrainage project for the use of a process of rainwater conservation. Thus, they were made as distributions of the lobed areas and galleries, along with the distribution of data for the flow and demand of water in a satisfactory way, thus avoiding floods and disturbances generated by the liquid fluid.

KEYWORDS

Drainage, design, optimization

1 INTRODUÇÃO

A água, compondo um dos principais ciclos naturais do nosso planeta, percorre um longo caminho desde o topo do solo até as maiores profundidades originalmente pela infiltração ou escoamento, dependendo das características intrínsecas do solo e das condições do relevo. Ao infiltrar o solo, a água poderá percolar até grandes profundidades, atingindo e alimentando lençóis subterrâneos e aquíferos, escoar lateralmente em funções de variações nas condições de drenabilidade interna ou condutividade hidráulica dos materiais e inclinação do terreno ou ser absorvida pelas raízes dos vegetais, participando assim do processo de ciclagem natural dos nutrientes nos ecossistemas (IBGE, 2011).

A microdrenagem é definida pelo sistema de condutos pluviais ou canais nos loteamentos ou na rede primária urbana. Este tipo de sistema de drenagem é projetado para atender a drenagem de precipitações com risco moderado (Secretaria do Planejamento Estratégico, 2017).

O presente trabalho teve como objetivo elaborar o projeto de microdrenagem a partir da planta planialtimétrica do Loteamento Residencial Guaricema situado próximo à Rodovia dos Naufragos, Mosqueiro, Aracaju/SE. O conteúdo do trabalho contempla conceitos dos elementos de composição além do cálculo da vazão, da velocidade do escoamento, da altura da lâmina d'água e o dimensionamento de boca de lobo, sarjetas e galerias.

2 SISTEMAS DE DRENAGEM

Do volume total de água precipitado sobre o solo, apenas uma parcela escoar sobre a superfície e sucessivamente constitui as enxurradas, os córregos, os ribeirões, os rios e

os lagos. O restante é interceptado pela cobertura vegetal e depressões do terreno, infiltra e evapora. A proporção entre essas parcelas, a que escoam e a que fica retida ou volta à atmosfera, depende das condições físicas do solo (AZEVEDO NETTO *et al.*, 1998).

Segundo Tucci (2002), o escoamento pluvial pode produzir inundações e impactos nas áreas urbanas devido a dois processos, que ocorrem isoladamente ou de forma integrada:

- Inundações de áreas ribeirinhas: os rios geralmente possuem dois leitos, o leito menor onde a água escoam na maioria do tempo e o leito maior, que é inundado em média a cada 2 anos. O impacto devido a inundação ocorre quando a população ocupa o leito maior do rio, ficando sujeita a inundação;
- Inundações devido à urbanização: as enchentes aumentam a sua frequência e magnitude devido a ocupação do solo com superfícies impermeáveis e rede de condutos de escoamentos. O desenvolvimento urbano pode também produzir obstruções ao escoamento como aterros e pontes, drenagens inadequadas e obstruções ao escoamento junto a condutos e assoreamento.

Devido a isso, são necessárias medidas para contenção desses efluentes provenientes da chuva. A medida mais utilizada é a implantação de um sistema de drenagem onde todo escoamento superficial será encaminhado pelos elementos que o compõe até uma destinação final correta.

O sistema de drenagem deve ser entendido como o conjunto da infraestrutura existente em uma cidade para realizar a coleta, o transporte e o lançamento final das águas superficiais. São sistemas preventivos de inundações, principalmente nas áreas mais baixas das comunidades sujeitas a alagamentos ou marginais aos cursos d'água (FEAM, 2006). O sistema é dividido em dois subgrupos como mostra o Quadro 1.

Quadro 1 – Divisão do sistema de drenagem

MICRODRENAGEM	MACRODRENAGEM
São estruturas que conduzem as águas do escoamento superficial para as galerias ou canais urbanos.	São dispositivos responsáveis pelo escoamento final das águas pluviais provenientes do sistema de microdrenagem urbana.
É constituída pelas redes coletoras de águas pluviais, poços de visita, sarjetas, bocas-de-lobo e meio fio.	É constituída pelos principais talwegues, fundos de vales, cursos d'água, independente da execução de obras específicas e tampouco da localização de extensas áreas urbanizadas, por ser o escoadouro natural das águas pluviais.

Fonte: Adaptado de FEAM (2006).

Além disso, ainda de acordo com FEAM (2006), a urbanização tem uma grande influência sobre as inundações urbanas. São elas:

Quadro 2 – Causas e efeitos da urbanização sobre as inundações urbanas

CAUSAS	EFEITOS
Impermeabilização	Maiores picos de vazões
Redes de drenagem	Maiores picos a jusante
Resíduos sólidos urbanos	Entupimento de galerias e degradação da qualidade das águas
Redes de esgotos sanitários deficientes	Degradação da qualidade das águas e doenças de veiculação hídrica
Desmatamento e desenvolvimento indisciplinado	Maiores picos e volumes, maior erosão e assoreamento
Ocupação das várzeas e fundos de vale	Maiores picos de vazão, maiores prejuízos e doenças de veiculação hídrica

Fonte: Adaptado de FEAM (2006).

Por não ser um sistema natural de escoamento e infiltração é necessário que seja muito bem executado para que não ocorram problemas pós-implementação, pois as obras de captação de águas pluviais e as obras enterradas são construções artificiais (BOTELHO, 1998).

3 MICRODRENAGEM

A microdrenagem é constituído de estruturas de captação e condução de águas pluviais que chegam aos elementos viários como ruas, praças e avenidas, 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 (Secretaria Municipal de Desenvolvimento Urbano, 2012).

A microdrenagem, que se inicia nas edificações, seus coletores pluviais, prossegue no escoamento das sarjetas e entra nos bueiros e galerias; aí os estudos voltam-se para os traçados das ruas, seus detalhes de largura, perfis transversais e longitudinais, para a topografia, declividades e para a utilização viária, seja de veículos, seja de outras utilidades públicas (NETTO *et al.*, 1998).

Os elementos que compõe a microdrenagem são: guias, sarjetas, sarjetões, rasgos, bocas de lobo, caixa com grelha, poços de visita, tubos de ligação, caixas de ligação e galerias. A microdrenagem é essencialmente composta de elementos artificiais associados à pavimentação e tem por objetivo garantir as características de tráfego e conforto dos usuários destas estruturas (Secretaria Municipal de Desenvolvimento Urbano, 2012).

3.1 GUIAS (MEIO-FIO)

A função das guias é definir os limites do passeio e do leito carroçável e são feitas de granito ou concreto simples. Em geral as guias têm 0,15 m de altura e se

admite um enchimento máximo de 0,13m (BOTELHO, 1998). A declividade transversal da via pública de 3% pode ser adotada para rua de 10 m de largura (caso comum) (AZEVEDO NETTO *et al.*, 1998).

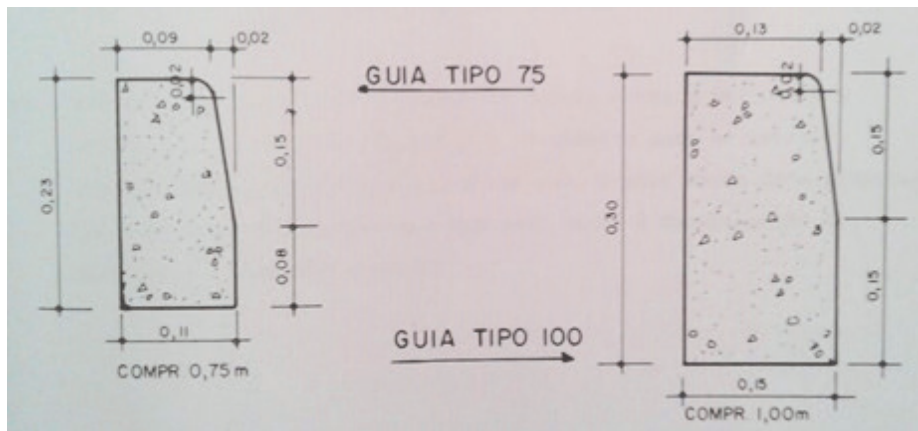
Figura 1 – Componentes das ruas



Fonte: Adaptado de Botelho (1998).

A guia de 100 é maior que a de 75, possibilitando o seu uso formar uma calha de maior capacidade hidráulica (BOTELHO, 1998).

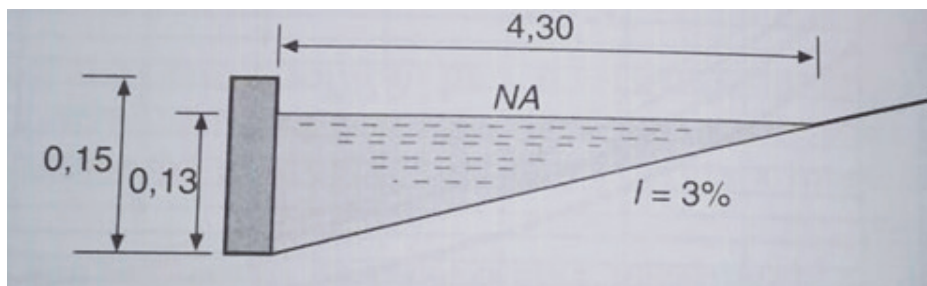
Figura 2 – Guia tipo 75 e guia tipo 100



Fonte: Adaptado de Botelho (1998).

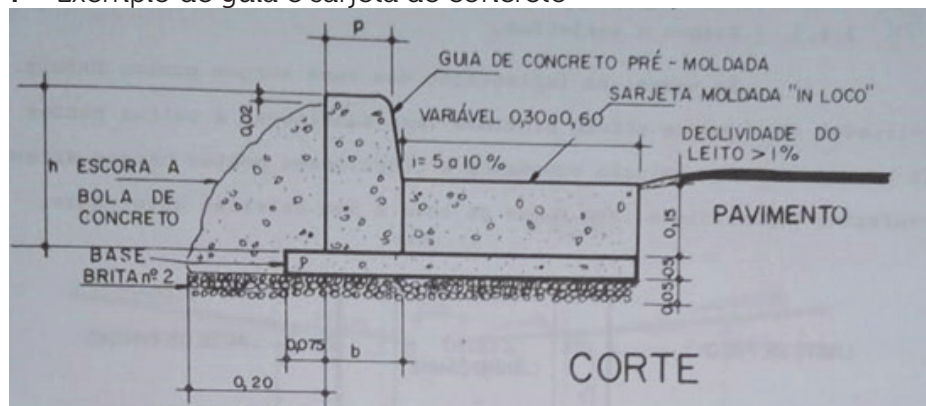
3.2 SARJETAS E SARJETÕES

São as calhas formadas por faixas da via pública e o meio-fio (guia), ou somente por faixas nos cruzamentos de ruas (sarjetões) e que são coletoras das águas caídas ou lançadas nessas vias. Comportam-se como canais de seção triangular (AZEVEDO NETTO *et al.*, 1998).

Figura 3 – Guia e sarjeta

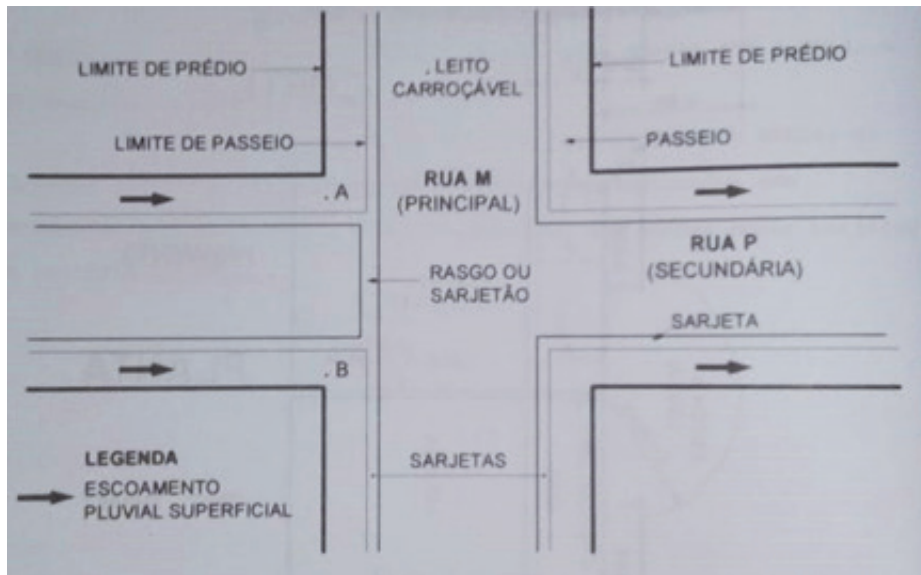
Fonte: Adaptado de Azevedo Netto e outros autores (1998).

As sarjetas são feitas de concreto simples, moldado *in loco*, ou são feitas de paralelepípedos argamassados. São usadas para fixar as guias e para formar o piso do escoamento de água. Devido ao abaulamento da rua (declividade transversal), as águas correm, principalmente, pelas sarjetas (BOTELHO, 1998).

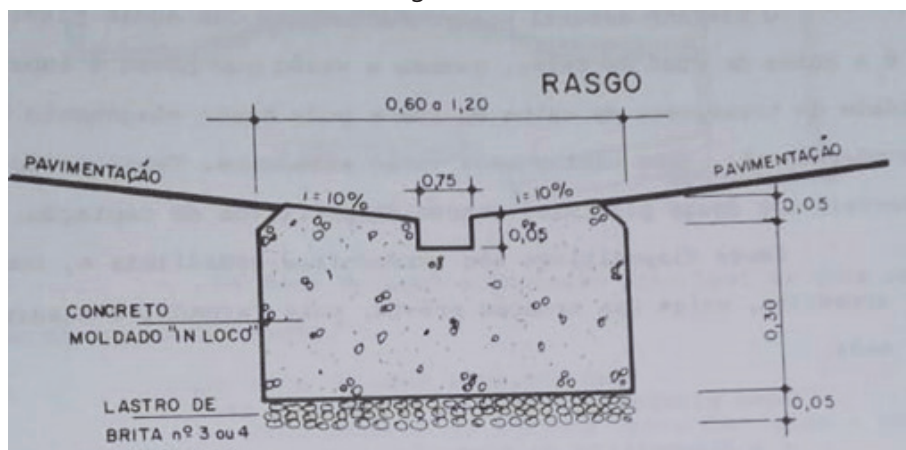
Figura 4 – Exemplo de guia e sarjeta de concreto

Fonte: Adaptado de Botelho (1998).

Às vezes, na implementação das ruas surgem pontos baixos que se situam próximos a outros pontos mais baixos (FIGURA 5). Uma solução econômica é ligar esses pontos baixos por meio de soluções superficiais. O sarjetão é construído, preferencialmente, transversalmente à rua de menor fluxo de veículos (BOTELHO, 1998).

Figura 5 – Localização dos rasgos e sarjetões

Fonte: Adaptado de Botelho (1998).

Figura 6 – Corte transversal de um rasgo

Fonte: Adaptado de Botelho (1998).

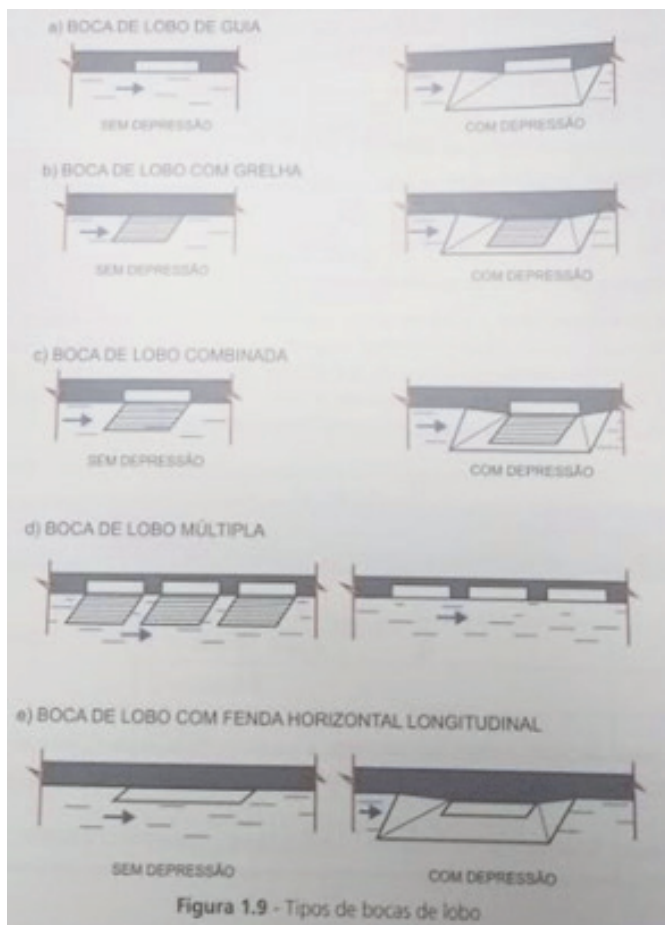
3.3 BOCAS DE LOBO

São dispositivos localizados nas sarjetas para a captação das águas em escoamento nas mesmas, quando se esgota sua capacidade hidráulica (AZEVEDO NETTO *et al.*, 1998). A captação principal da água de sarjeta é feita horizontalmente. Usualmente são instaladas com um espaçamento máximo de 60 metros até a próxima boca de lobo. É conveniente que estas sejam alocadas ligeiramente a montante de cada faixa de cruzamento utilizada pelos pedestres, próximo às esquinas (IMADA, 2014).

Figura 7 – Tipos de boca de lobo

Fonte: Houghtalen e outros autores (2012).

Um outro tipo de boca de lobo é aquele que, além da captação horizontal pela guia chapéu, também capta verticalmente por meio de caixa, no leito de rua e grelha de ferro fundido, cobrindo essa caixa são as bocas de leão. As bocas de lobo com grelhas (boca de leão) sofrem muitas críticas por exigirem limpezas periódicas das grelhas (BOTELHO, 1998). Basicamente, existem quatro tipos de bocas de lobo: simples, com grelha, combinada e múltipla (FIGURA 7) (Secretaria Municipal de Desenvolvimento Urbano, 2012).

Figura 8 – Tipos de boca de lobo

Fonte: Secretaria Municipal de Desenvolvimento Urbano (2012).

Figura 9 – Vista frontal de uma boca de lobo

Fonte: Adaptado de Botelho (1998).

As capacidades de uma rua em função de sua largura (L) e sua declividade longitudinal (i) são apresentadas na tabela a seguir.

3.5 POÇOS DE VISITA

São câmaras visitáveis cuja função principal é permitir o acesso às galerias por inspeção e desobstrução. Para facilidade desse objetivo é conveniente a sua localização nos pontos de reunião dos condutos (cruzamento de ruas), mudanças de seção, de declividade e de direção (Azevedo NETTO *et al.*, 1998).

Em cidades planas, onde a ocorrência de entupimentos tende a ser maior devido às menores velocidades de água que ocorrem, deveria haver uma maior densidade de poços de visita. Em cidades de alta declividade, essa densidade pode diminuir (BOTELHO, 1998).

Figura 9 mostra a planta de uma boca de lobo, com o acesso ao carro e a guia rebaixada.

declividade longitudinal (i)		L = 6m	L = 8m	L = 10m	L = 12m	L = 14m	L = 16m
i	m/m						
1	0,005	171	232	294	355	417	478
	0,010	242	328	415	502	589	676
	0,015	296	402	509	615	722	829
2	0,020	342	465	588	711	834	957
	0,025	382	520	657	795	932	1070
3	0,030	419	569	720	870	1021	1172
	0,035	452	615	777	940	1103	1266
4	0,040	484	657	831	1005	1179	1353
	0,045	513	697	882	1066	1251	1436
5	0,050	541	735	929	1124	1319	1513
	0,055	567	771	975	1179	1383	1587
6	0,060	593	805	1018	1231	1444	1658
	0,065	617	838	1060	1281	1503	1725
7	0,070	640	870	1100	1330	1560	1791
	0,075	663	900	1138	1377	1615	1853
8	0,080	684	930	1176	1422	1668	1914
	0,085	705	958	1212	1465	1719	1973
9	0,090	726	986	1247	1508	1769	2030
	0,095	746	1013	1281	1549	1818	2086
10	0,100	765	1040	1314	1590	1865	2140
	0,105	784	1065	1347	1629	1911	2193
11	0,110	803	1090	1379	1667	1956	2245
	0,115	821	1115	1410	1705	2000	2295
12	0,120	838	1139	1440	1741	2043	2345

O diagrama mostra a planta (vista superior) e a seção transversal (vista lateral) de uma boca de lobo. A planta indica o acesso ao carro, a guia rebaixada e a calçada. A seção transversal mostra a boca de lobo com a guia e a calçada.

Fonte: Adaptado de Botelho (1998).

3.5 POÇOS DE VISITA

São câmaras visitáveis cuja função principal é permitir o acesso às galerias por inspeção e desobstrução. Para facilidade desse objetivo é conveniente a sua localização nos pontos de reunião dos condutos (cruzamento de ruas), mudanças de seção, de declividade e de direção (Azevedo NETTO *et al.*, 1998).

Em cidades planas, onde a ocorrência de entupimentos tende a ser maior devido às menores velocidades de água que ocorrem, deveria haver uma maior densidade de poços de visita. Em cidades de alta declividade, essa densidade pode diminuir (BOTELHO, 1998).

3.6 TUBOS E CAIXAS DE LIGAÇÃO

Os tubos são ligações entre as bocas de lobo e os poços de visita ou caixas de ligação. Já as caixas de ligação são utilizadas para receber tubos de ligação de bocas de lobo intermediárias ou para evitar excesso de ligações no mesmo poço de visita (não são visitáveis) (AZEVEDO NETTO *et al.*, 1998).

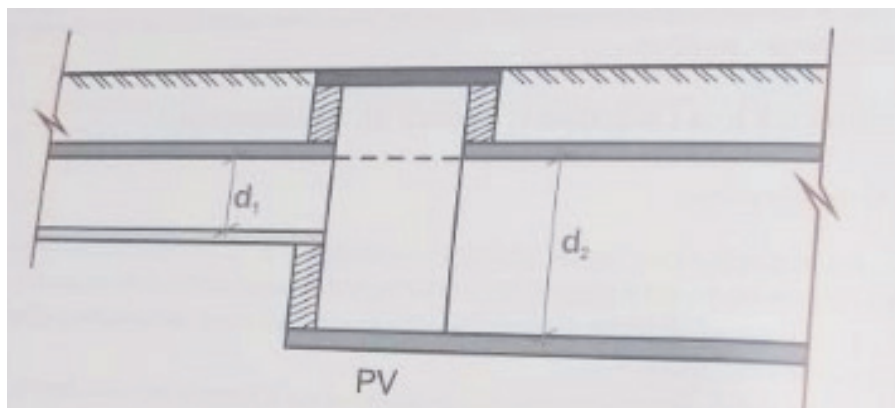
3.7 GALERIAS

São canalizações de domínio público destinadas a condução das águas pluviais captadas pelas bocas de lobo e ligações provadas (IMADA, 2014).

Segundo a Secretaria Municipal de Desenvolvimento Urbano (2012) as galerias circulares são as mais utilizadas. Nelas, o diâmetro mínimo é de 0,50 m e deve-se seguir alguns dos critérios básicos de projeto:

- As galerias pluviais são projetadas para funcionar a seção plena com vazão de projeto. Para tubos de concreto a velocidade máxima é de 5,0 m/s e a velocidade mínima 0,60 m/s;
- O recobrimento mínimo deve ser de 1,0 m, quando forem empregadas tubulações sem estruturas específicas;
- Nas mudanças de diâmetro, os tubos deverão ser alinhados pela geratriz superior (FIGURA13).

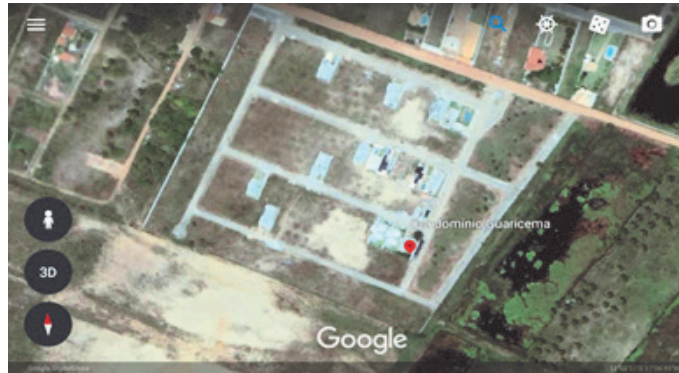
Figura 11 – Alinhamento dos condutos



Fonte: Secretaria Municipal de Desenvolvimento Urbano (2012).

4 METODOLOGIA

O referente projeto de estudo foi desenvolvido a partir da planta urbanística do loteamento Guaricema (FIGURA13). O loteamento fica ao lado de uma lagoa onde toda água pluvial será lançada.

Figura 12 – Loteamento Guaricema, Mosqueiro, Aracaju/SE

Fonte: Google Earth (20 de agosto de 2018).

Os casos de enchentes urbanas são comuns em áreas que não possuem um sistema de drenagem.

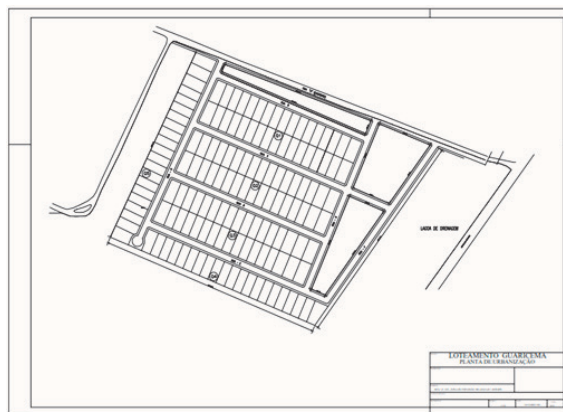
O projeto foi dividido em duas etapas. A primeira é a parte de cálculo das bocas de lobo, dividindo o lote em 39 áreas que foram separadas em 5 quadras e 1 área verde.

A segunda parte é o cálculo das galerias. Nesta etapa, a área total foi dividida em 13 lotes que foram divididos em 16 trechos.

Toda essa divisão foi necessária para o cálculo da demanda de água de cada área dessa. Onde com esses dados calculados, foi possível desenvolver a melhor destinação dessas águas, além de dimensionar o sistema de drenagem necessário para que não ocorra alagamentos e para melhor distribuição da demanda de água existente.

De acordo com Azevedo Netto e *(et al)* (1998), diversos métodos têm sido estudados e propostos. São eles:

- Empíricos;
- Estatísticos;
- Hidrometeorológicos;
- Método racional.

Figura 13 – Planta urbanística do loteamento Guaricema

Fonte: Empresa Municipal de Obras e Urbanização (2018).

Para este projeto foi utilizado o Método Racional. Este método é um dos mais antigos e mais largamente utilizados métodos hidrológicos para dimensionar tais estruturas (HOUGHTALEN *et al.*, 2012).

Depois das divisões das áreas de contribuição, foi calculada a vazão de enchente que consiste na aplicação da expressão (EQUAÇÃO 1):

$$Q = C \cdot i \cdot A \quad (\text{Equação 1})$$

Sendo:

C = coeficiente de escoamento;

A – área da bacia hidrográfica, em hectares;

i – intensidade média da chuva (mm/min ou mm/h);

Esta vazão será utilizada para verificar se a sarjeta comporta.

4.1 COEFICIENTE DE ESCOAMENTO

O coeficiente depende das seguintes características: solo, cobertura, tipo de ocupação, tempo de retorno e intensidade da precipitação. Esses valores são tabelados e são encontrados no Quadro 3 (Secretaria do Planejamento Estratégico, 2017).

Quadro 3 – Valores de coeficiente de escoamento (C) para superfícies urbanas

VALORES DE COEFICIENTE DE ESCOAMENTO (C) PARA SUPERFÍCIES URBANAS		
Tipo de superfície	Valor recomendado	Faixa de variação
Concreto, asfalto e telhado	0,95	0,90- 0,95
Paralelepípedo	0,70	0,58 – 0,81
Blockets	0,78	0,70 – 0,89
Concreto e asfalto poroso	0,03	0,02 – 0,05
Solo compactado	0,66	0,59 – 0,79
Matas, parques e campos de esportes	0,10	0,05 – 0,20
Gramma solo arenoso	0,10	0,8 – 0,18
Gramma solo argiloso	0,20	0,15 – 0,30

Fonte: Secretaria do Planejamento Estratégico (2017).

4.2 INTENSIDADE DA CHUVA

É a relação altura/duração, observando-se que altas intensidades correspondem a curtas durações (ARAGÃO *et al.*, 2012).

$$i = \frac{K \cdot T r^a}{(t+b)^c} \quad (\text{Equação 2})$$

Sendo:

a, b, c e k – são parâmetros definidos a partir das observações básicas que variam para cada local;

Cada local tem sua equação I.D.F. A de Aracaju, segundo Aragão e *et al* (2012) é:

Quadro 4 – Valores de parâmetros para equação IDF

Posto	Distribuição	K	a	b	c	EPE	R ²
Aracaju	Gumbel	1250,88	0,188	10,52	0,753	2,374	0,997

Fonte: Adaptado de Aragão e *et al* (2012).

$$i = \frac{1250,88 \cdot 10^{0,188}}{(t+10,52)^{0,753}} \quad (\text{Equação 3})$$

Sendo:

t = tempo de duração da chuva (min);

4.3 TEMPO DE RETORNO

É o intervalo médio de tempo decorrido entre duas ocorrências sucessivas de um dado evento ou sua superação (BAPTISTA *et al*, 2011).

Quadro 5 – Tempo de retorno para sistemas urbanos

TEMPO DE RETORNO PARA SISTEMAS URBANOS		
Sistema	Característica	Intervalo (anos)
Microdrenagem	Residencial	2 – 5
	Comercial	2 – 5
	Áreas de prédios públicos	2 – 5
	Áreas comerciais e avenidas	2 – 10
	Aeroporto	5 - 10

Fonte: Secretaria do Planejamento Estratégico (2017).

O correto para projetos de redes pluviais é fixar-se o tempo de retorno em dez anos (BOTELHO, 1998). Por isso o valor adotado para esse projeto foi de 10 anos.

4.4 SARJETA

Como dito anteriormente, as sarjetas comportam-se como canais de seção triangular. Então importa apenas determinar sua capacidade hidráulica (máxima vazão de escoamento) para comparação com a vazão originada da chuva de projeto. Essa vazão máxima pode ser calculada pela fórmula de Manning, com n = 0,016 (NETTO *et al*, 1998).

$$Q = \frac{A}{n} \cdot R^{\frac{2}{3}}_H \cdot I^{\frac{1}{2}} \quad (\text{Equação 4})$$

Sendo:

A – área da bacia hidrográfica, em hectares;

n = coeficiente de rugosidade de Manning;

Rh = raio hidráulico;

I = declividade (m/m).

Para aproximar o resultado teórico das condições reais de escoamento, recomenda-se a adoção dos fatores de redução do Quadro 6 (AZEVEDO NETTO *et al.*, 1998).

Quadro 6 – Fatores de redução de escoamento das sarjetas

FATORES DE REDUÇÃO DE ESCOAMENTO DAS SARJETAS	
Declividade da sarjeta - %	Fator de redução
0,4	0,5
1-3	0,5
5,0	0,5
6,0	0,4
8,0	0,27
10	0,20

Fonte: Adaptado de CETESB/DAEE (1986).

De acordo com o DNIT (2006), podemos encontrar a altura d'água na sarjeta (y_0) e a velocidade de escoamento na sarjeta (v_0), por meio das expressões a seguir:

$$y_0 = 1,445 \left(\frac{(Q_0 + n)}{Z \times I^{\frac{1}{2}}} \right)^{\frac{3}{8}} \quad (\text{Equação 5})$$

$$v_0 = 0,958 \left(\frac{Q_0}{Z} \right)^{\frac{1}{3}} \times \left(\frac{I^{\frac{1}{2}}}{n} \right)^{\frac{2}{3}} \quad (\text{Equação 6})$$

Sendo:

Z = recíproca da declividade transversal;

Q_0 = vazão da sarjeta, em m^3/s ;

I = declividade (m/m);

n = coeficiente de rugosidade de Manning.

Dados adotados para sarjeta deste projeto foram:

$y_0 = 13\text{cm}$

$S_0 = 10\%$

Figura 14 – Capacidade de escoamento das ruas

Capacidade (l/s) de uma rua em função de sua largura (L) e sua declividade longitudinal (i%)							
declividade longitudinal (i)		L = 6m	L = 8m	L = 10m	L = 12m	L = 14m	L = 16m
i	m/m						
1	0,005	171	232	294	355	417	478
	0,010	242	328	415	502	589	676
2	0,015	296	402	509	615	722	829
	0,020	342	465	588	711	834	957
3	0,025	382	520	657	795	932	1070
	0,030	419	569	720	870	1021	1172
4	0,035	452	615	777	940	1103	1266
	0,040	484	657	831	1005	1179	1353
5	0,045	513	697	882	1066	1251	1436
	0,050	541	735	929	1124	1319	1513
6	0,055	567	771	975	1179	1383	1587
	0,060	593	805	1018	1231	1444	1658
7	0,065	617	838	1060	1281	1503	1725
	0,070	640	870	1100	1330	1560	1791
8	0,075	663	900	1138	1377	1615	1853
	0,080	684	930	1176	1422	1668	1914
9	0,085	705	958	1212	1465	1719	1973
	0,090	726	986	1247	1508	1769	2030
10	0,095	746	1013	1281	1549	1818	2086
	0,100	765	1040	1314	1590	1865	2140
11	0,105	784	1065	1347	1629	1911	2193
	0,110	803	1090	1379	1667	1956	2245
12	0,115	821	1115	1410	1705	2000	2295
	0,120	838	1139	1440	1741	2043	2345

Fonte: Adaptado de Botelho (1998).

4.5 BOCAS DE LOBO

Ainda segundo DNIT (2006), para alturas d'água até a altura da abertura ($y/h \leq 1$), a boca-de-lobo funciona como vertedor, sendo a vazão dada pela equação (3). Já para alturas d'água iguais ou maiores que duas vezes a altura da abertura ($y/h \geq 2$), supõe-se que a boca-de-lobo funciona como orifício, sendo a vazão dada pela equação (4):

$$\frac{Q}{L} = 1,703y^{\frac{3}{2}} \quad (\text{Equação 7})$$

$$\frac{Q}{L} = 3,101h^{\frac{5}{2}} \left(\frac{y'}{h}\right)^{\frac{1}{2}} \quad (\text{Equação 8})$$

$$y' = y - \frac{h}{2} \quad (\text{Equação 9})$$

Sendo:

h = altura da abertura no meio-fio, em m;

L = comprimento da abertura, em m;

y = altura da água na entrada, em m;

Q = vazão máxima esgotada pela boca de lobo, em m³/s.

No projeto em questão, foram adotadas bocas de lobo de guia, conforme Figura 8.

O valor da folga adotado neste projeto foi de acordo com o tipo de boca lobo escolhida, no nosso caso a de guia, como mostra no Quadro 7.

Quadro 7 – Fatores 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	60
	Combinada	110% dos valores indicados para a grelha correspondente.

Fonte: CETESB/DAEE (1986).

- Sarjeta ponto baixo, tipo de boca de lobo: Guia – 80(%Q)
- Sarjeta ponto intermediário, tipo de boca de lobo: Guia – 80(%Q)

4.6 GALERIAS

Para realização do projeto é necessário fazer uma consulta de tabelas para verificar quais valores serão adotados.

Quadro 8 – Recobrimento mínimo

Tubos	Recobrimento mínimo
Concreto Armado	
∅ 700 mm	0,70
∅ 800 mm	1,0
∅ 1000 mm	1,0
∅ 1200 mm	1,20
∅ 1500 mm	1,50

Fonte: Botelho (1998).

O recobrimento mínimo adotado de projeto foi 1,0 metro.

Para o cálculo da geometria da galeria utilizou-se a fórmula de Manning:

$$D = \frac{1}{K} * \left(\frac{Q0 * n}{I^{1/2}} \right)^{3/8} \quad (\text{Equação 10})$$

Sendo:

Q_0 = vazão da sarjeta, em m^3/s ;

n = coeficiente de rugosidade de Manning;

D = diâmetro;

K = tabelado em função de y_0/D ;

I = declividade (m/m).

Logo após esses cálculos, foram encontrados os valores do diâmetro comercial e adotado um valor de $\frac{y_0}{D} = 85\%$ Com esse valor definido encontrou-se o valor de K (FIGURA 5) e, em seguida, foi calculado o valor do K real por meio da Equação 11.

Para cálculo do valor de K real utiliza-se a seguinte equação:

$$K = \frac{1}{DN} \times \left(\frac{Q_0 \times n}{I^{1/2}} \right)^{3/8} \quad (\text{Equação 11})$$

Com o valor do K real obteve-se o valor real para o Y_0/D e, também, o valor de V/VP (FIGURA 15).

Figura 15 – Conduitos circulares parcialmente cheios. Relações baseadas na equação de Manning

SISTEMAS DE ÁGUA PLUVIAL 551

Tabela 15.3 – Conduitos circulares parcialmente cheios
Relações baseadas na equação de Manning

y_0/D	R/d	A/d^2	v/vp	Q/Qp	y_0/D	R/d	A/d^2	v/vp	Q/Qp
0,01	0,0066	0,0013	0,0090	0,00015	0,51	0,3531	0,4027	1,0084	0,51702
0,02	0,0132	0,0037	0,1408	0,00067	0,52	0,3562	0,4127	1,0105	0,53411
0,03	0,0197	0,0069	0,1839	0,00161	0,53	0,3592	0,4227	1,0125	0,55127
0,04	0,0262	0,0105	0,2221	0,00298	0,54	0,3621	0,4327	1,0145	0,56847
0,05	0,0326	0,0147	0,2569	0,00480	0,55	0,3649	0,4426	1,0165	0,58571
0,06	0,0389	0,0192	0,2891	0,00708	0,56	0,3676	0,4526	1,0184	0,60296
0,07	0,0451	0,0242	0,3194	0,00983	0,57	0,3703	0,4625	1,0203	0,62022
0,08	0,0513	0,0294	0,3480	0,01304	0,58	0,3728	0,4724	1,0222	0,63746
0,09	0,0575	0,0350	0,3752	0,01672	0,59	0,3753	0,4822	1,0240	0,65467
0,10	0,0635	0,0409	0,4011	0,02088	0,60	0,3776	0,4920	1,0258	0,67184
0,11	0,0695	0,0470	0,4250	0,02550	0,61	0,3799	0,5018	1,0275	0,68895
0,12	0,0755	0,0534	0,4479	0,03058	0,62	0,3821	0,5115	1,0292	0,70597
0,13	0,0813	0,0600	0,4710	0,03613	0,63	0,3842	0,5212	1,0309	0,72290
0,14	0,0871	0,0668	0,4953	0,04214	0,64	0,3862	0,5308	1,0324	0,73972
0,15	0,0929	0,0739	0,5208	0,04861	0,65	0,3881	0,5404	1,0339	0,75641
0,16	0,0986	0,0811	0,5376	0,05552	0,66	0,3900	0,5499	1,0353	0,77295
0,17	0,1042	0,0885	0,5573	0,06288	0,67	0,3917	0,5594	1,0367	0,78932
0,18	0,1097	0,0961	0,5774	0,07068	0,68	0,3933	0,5687	1,0380	0,80551
0,19	0,1152	0,1039	0,5985	0,07891	0,69	0,3948	0,5780	1,0392	0,82149
0,20	0,1205	0,1118	0,6200	0,08757	0,70	0,3962	0,5872	1,0404	0,83724
0,21	0,1259	0,1199	0,6331	0,09664	0,71	0,3975	0,5964	1,0415	0,85275
0,22	0,1312	0,1281	0,6506	0,10613	0,72	0,3987	0,6054	1,0425	0,86799
0,23	0,1364	0,1365	0,6677	0,11602	0,73	0,3998	0,6143	1,0434	0,88294
0,24	0,1416	0,1449	0,6844	0,12631	0,74	0,4008	0,6231	1,0443	0,89758
0,25	0,1466	0,1535	0,7007	0,13698	0,75	0,4017	0,6319	1,0451	0,91188
0,26	0,1516	0,1622	0,7165	0,14803	0,76	0,4024	0,6405	1,0458	0,92582
0,27	0,1566	0,1711	0,7320	0,15945	0,77	0,4031	0,6489	1,0464	0,93939
0,28	0,1614	0,1800	0,7470	0,17123	0,78	0,4036	0,6572	1,0469	0,95253
0,29	0,1662	0,1890	0,7618	0,18336	0,79	0,4040	0,6655	1,0473	0,96523
0,30	0,1709	0,1982	0,7761	0,19583	0,80	0,4043	0,6736	1,0476	0,97747
0,31	0,1756	0,2074	0,7901	0,20863	0,81	0,4045	0,6815	1,0478	0,98921
0,32	0,1802	0,2167	0,8033	0,22175	0,82	0,4046	0,6893	1,0479	1,00041
0,33	0,1847	0,2260	0,8172	0,23518	0,83	0,4046	0,6969	1,0479	1,01104
0,34	0,1891	0,2355	0,8302	0,24892	0,84	0,4045	0,7043	1,0478	1,02107
0,35	0,1935	0,2450	0,8430	0,26294	0,85	0,4043	0,7115	1,0476	1,03044
0,36	0,1978	0,2546	0,8554	0,27724	0,86	0,4040	0,7186	1,0473	1,03913
0,37	0,2020	0,2642	0,8673	0,29180	0,87	0,4036	0,7254	1,0469	1,04706
0,38	0,2062	0,2739	0,8794	0,30662	0,88	0,4031	0,7320	1,0464	1,05420
0,39	0,2102	0,2836	0,8909	0,32169	0,89	0,4025	0,7384	1,0458	1,06047
0,40	0,2142	0,2934	0,9022	0,33699	0,90	0,4018	0,7445	1,0451	1,06580
0,41	0,2182	0,3032	0,9131	0,35250	0,91	0,4010	0,7504	1,0443	1,07011
0,42	0,2220	0,3130	0,9239	0,36823	0,92	0,4001	0,7560	1,0434	1,07329
0,43	0,2258	0,3229	0,9343	0,38415	0,93	0,3991	0,7613	1,0425	1,07629
0,44	0,2295	0,3328	0,9443	0,40028	0,94	0,3980	0,7663	1,0415	1,07909
0,45	0,2331	0,3428	0,9544	0,41653	0,95	0,3969	0,7710	1,0404	1,08152
0,46	0,2366	0,3527	0,9640	0,43296	0,96	0,3957	0,7754	1,0392	1,08359
0,47	0,2401	0,3627	0,9734	0,44954	0,97	0,3944	0,7795	1,0379	1,08525
0,48	0,2435	0,3727	0,9825	0,46624	0,98	0,3931	0,7834	1,0365	1,08659
0,49	0,2468	0,3827	0,9914	0,48307	0,99	0,3918	0,7871	1,0351	1,08754
0,50	0,2500	0,3927	1,0000	0,50000	1,00	0,3904	0,7904	1,0336	1,08800

Fonte: Azevedo Netto e outros autores (1998).

Segundo Azevedo Netto (*et al*)(1998), as fórmulas para obter os valores de V_p e Q_p são:

$$V_p = \frac{1}{n} \cdot \left(\frac{d}{4}\right)^{\frac{2}{3}} \cdot I^{\frac{1}{2}} \quad (\text{Equação 12})$$

$$Q_p = \frac{\pi d^2}{4n} \cdot \left(\frac{d}{4}\right)^{\frac{2}{3}} \cdot I^{\frac{1}{2}} \quad (\text{Equação 13})$$

Sendo:

n = coeficiente de rugosidade de Manning;

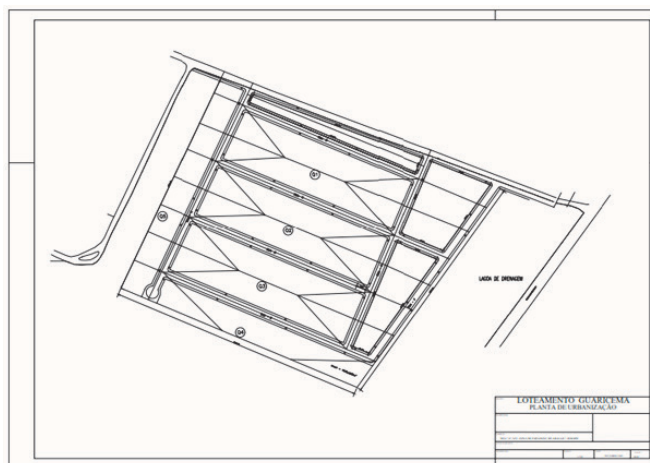
I = declividade (m/m);

d = diâmetro;

5 RESULTADOS E DISCUSSÕES

O projeto de drenagem teve como principal objetivo desenvolver um sistema de drenagem que diminuísse a possibilidade de ocorrências de enchentes. Para que isso ocorresse foram necessários os dimensionamentos das bocas de lobo e galerias como dito anteriormente.

Figura 16 – Divisão das áreas para cálculo das bocas de lobo



Fonte: Autores.

Foi adotado um tempo de retorno de 10 anos e o coeficiente de escoamento no valor de 0,7 (áreas residenciais) e 0,2 (áreas verdes) foram obtidos uma quantidade total de 55 bocas de lobo. Sendo 50 devido as áreas residenciais e 5 áreas verdes. O maior tempo de concentração obtido foi na área 36 no valor de 10,153 (min), resultando numa menor intensidade de chuva (197,112 mm/h).

A maior vazão foi encontrada na área 3 no valor de 0,1786 m³/s o que justifica a necessidade de utilizar 4 bocas de lobo naquele trecho.

Todos os resultados do dimensionamento das bocas de lobo encontram-se nas tabelas a seguir.

Tabela 1 – Resultados dos cálculos de bocas de lobo

Cálculo de vazão/ velocidade/ altura lâmina d'água															Bocas de lobo		
Área (m ²)	Tg (ano)	L (m)	Cota (m)			i (m/m/h)	Vazão (m ³ /s)	v (m/s)	Z	n	v /Z	V0	V0	L	Q(ol. (m ³ /s))		
			M0	M1	H											tc (min)	tc (min)
Quadra 1																	
Área 1	692,6092	10	0,03013	834	6,70	0,24	2,127	288,375	0,2046	10	0,016	0,08617	0,11217	0,74763	0,391972	1	
Área 2	822,6278	10	0,03049	870	8,35	0,24	1,933	288,389	0,2046	10	0,016	0,10807	0,098247	0,520335	0,777296	1	
Área 3	846,1282	10	0,02933	836	8,19	0,17	1,914	288,048	0,2046	10	0,016	0,078218	0,108377	0,205059	0,677954	1	
Área 10	830,1343	10	0,03015	819	7,85	0,24	1,913	288,396	0,2046	10	0,016	0,108283	0,097954	0,507215	0,633341	1	
Área 20	874,5445	10	0,02983	735	7,65	0,17	1,951	288,396	0,2046	10	0,016	0,078491	0,109979	0,111789	0,633341	1	
Área 30	831,0261	10	0,02938	758	7,24	0,24	1,411	288,396	0,2046	10	0,016	0,108453	0,095048	0,507215	0,774526	1	
Área 40	951,5445	10	0,03030	744	7,17	0,17	2,123	288,390	0,2046	10	0,016	0,078651	0,115134	0,505584	0,643426	1	
Área 50	692,7395	10	0,02933	717	7,10	0,07	2,057	288,387	0,2046	10	0,016	0,054777	0,113748	0,500789	0,476208	2	
Quadra 2																	
Quadra 3																	
Quadra 4																	
Quadra 5																	
Quadra 6																	
Quadra 7																	
Quadra 8																	
Quadra 9																	
Quadra 10																	
Quadra 11																	
Quadra 12																	
Quadra 13																	
Quadra 14																	
Quadra 15																	
Quadra 16																	
Quadra 17																	
Quadra 18																	
Quadra 19																	
Quadra 20																	
Quadra 21																	
Quadra 22																	
Quadra 23																	
Quadra 24																	
Quadra 25																	
Quadra 26																	
Quadra 27																	
Quadra 28																	
Quadra 29																	
Quadra 30																	
Quadra 31																	
Quadra 32																	
Quadra 33																	
Quadra 34																	
Quadra 35																	
Quadra 36																	
Quadra 37																	
Quadra 38																	
Quadra 39																	
Quadra 40																	
Quadra 41																	
Quadra 42																	
Quadra 43																	
Quadra 44																	
Quadra 45																	
Quadra 46																	
Quadra 47																	
Quadra 48																	
Quadra 49																	
Quadra 50																	
Quadra 51																	
Quadra 52																	
Quadra 53																	
Quadra 54																	
Quadra 55																	
Quadra 56																	
Quadra 57																	
Quadra 58																	
Quadra 59																	
Quadra 60																	
Quadra 61																	
Quadra 62																	
Quadra 63																	
Quadra 64																	
Quadra 65																	
Quadra 66																	
Quadra 67																	
Quadra 68																	
Quadra 69																	
Quadra 70																	
Quadra 71																	
Quadra 72																	
Quadra 73																	
Quadra 74																	
Quadra 75																	
Quadra 76																	
Quadra 77																	
Quadra 78																	
Quadra 79																	
Quadra 80																	
Quadra 81																	
Quadra 82																	
Quadra 83																	
Quadra 84																	
Quadra 85																	
Quadra 86																	
Quadra 87																	
Quadra 88																	
Quadra 89																	
Quadra 90																	
Quadra 91																	
Quadra 92																	
Quadra 93																	
Quadra 94																	
Quadra 95																	
Quadra 96																	
Quadra 97																	
Quadra 98																	
Quadra 99																	
Quadra 100																	

Fonte: Autores.

É necessário esclarecer que todo sistema de drenagem foi projetado para despejar as águas pluviais na lagoa ao lado do terreno. Sendo que, como observado em projeto, existem duas saídas de tubulações para o lago do trecho PV 3.3 – LAGO e no trecho PV 5.2 – LAGO.

Todo esse dimensionamento assegura o sistema de drenagem do loteamento em questão, evitando assim problemas de enchentes e alagamento.

REFERÊNCIAS

ARAGÃO, R.; SANTANA, G. R.; COSTA, C. E. F. F.; CRUZ, M. A. S.; FIGUEIREDO, E. E.; SRINIVASAN, V. S. Chuvas intensas para o estado de Sergipe com base em dados desagregados de chuva diária. **Revista Brasileira de Engenharia Agrícola e Ambiental**, Campina Grande, v. 17, n. 3, p. 243-252, 2013.

AZEVEDO NETTO, J. M.; FERNANDEZ, M. F.; ARAUJO, R.; ITO, A. E. **Manual de hidráulica**. 8. ed. São Paulo: Editora Edgard Blucher, 1998.

BAPTISTA, M. B.; NASCIMENTO, N. O.; BARRAUD, S.; **Técnicas compensatórias em drenagem urbana**. 2. ed. Porto Alegre: Editora ABRH, 2011.

BOTELHO, M. H. C. Águas de chuva – engenharia das águas pluviais nas cidades. 2. ed. São Paulo: Editora Edgard Blucher, 1998.

CETESB/DAEE. **Drenagem urbana, Manual de projeto**. São Paulo, 1986. 468 p.

DEPARTAMENTO nacional de infraestruturas e transportes. Álbum de projetos – **tipos de dispositivos de drenagem**. 2006. Disponível em: http://www1.dnit.gov.br/ipr_new/..%5Carquivos_internet%5Cipr%5Cipr_new%5Cmanuais%5Calbum_proj_tipos_disp_dren_versao_14.02.2007.pdf. Acesso em: jul. 2018.

FEAM – Fundação Estadual do Meio Ambiente. **Orientações básicas para drenagem urbana**. Belo Horizonte: FEAM, 2006.

HOUGHTALEN, R. J.; HWANG, N. H. C.; AKAN, A. O. **Engenharia hidráulica**. 4. ed. São Paulo: Editora Pearson, 2012.

IBGE – Instituto Brasileiro de Geografia e Estatística. **Manejo de águas pluviais**. 2011. Disponível em: https://biblioteca.ibge.gov.br/visualizacao/livros/liv53096_cap10.pdf. Acesso em: ago. 2018.

IBGE – Instituto Brasileiro de Geografia e Estatística. **Pesquisa nacional de saneamento básico**. 2008. Disponível em: <https://biblioteca.ibge.gov.br/visualizacao/livros/liv45351.pdf>. Acesso em: ago. 2018.

IMADA, R. G. **Práticas de microdrenagem sustentáveis para a redução do escoamento superficial urbano**. 2014. Monografia (Graduação) – Escola de Engenharia de São Carlos, São Carlos, 2014.

SECRETARIA Municipal de Desenvolvimento Urbano. **Manual de drenagem e manejo de águas pluviais**. V. III, São Paulo: Editora FCTH, 2012.

SECRETARIA do Planejamento Estratégico. **Manual de drenagem Urbana**. 2017 Volume I. Paraná. Disponível em: http://www.toledo.pr.gov.br/sites/default/files/manual_de_drenagem_urbana_-_volume_i.pdf. Acesso em: julho de 2018.

TUCCI, C. E. M. Gerenciamento de drenagem urbana. **Revista Brasileira de Recurso Hídricos**, Porto Alegre, v. 7, p. 5-27, jan./mar. 2002.

Data do recebimento: 25 de novembro de 2020

Data da avaliação: 9 de dezembro de 2020

Data de aceite: 12 de dezembro de 2020

1 Acadêmica em Engenharia Civil na Universidade Tiradentes – UNIT. E-mail: karol.per@hotmail.com

2 Acadêmica em Engenharia Civil na Universidade Tiradentes – UNIT. E-mail: millasilva990@gmail.com

3 Mestra em Engenharia Civil na Universidade de São Paulo – USP. E-mail: renata_escariz@hotmail.com

4 Doutora em Engenharia de Processos na Universidade Tiradentes – UNIT. E-mail: nayara.eng@hotmail.com

