



UNIVERSIDADE DO SUL DE SANTA CATARINA

ANDRÉ PEREIRA NUNES

LEONEL LEMOS CARARA

**CADASTRO DAS INFRAESTRUTURAS QUE COMPOEM O SISTEMA DE
DRENAGEM PLUVIAL:
ESTUDO DE CASO: AVENIDA PEDRO ZAPELINI – TUBARÃO/SC**

Tubarão

2017

ANDRÉ PEREIRA NUNES
LEONEL LEMOS CARARA

**CADASTRO DAS INFRAESTRUTURAS QUE COMPOEM O SISTEMA DE
DRENAGEM PLUVIAL:
ESTUDO DE CASO: AVENIDA PEDRO ZAPELINI – TUBARÃO/SC**

Trabalho de Conclusão de Curso apresentado ao Curso de Engenharia Civil da Universidade do Sul de Santa Catarina como requisito parcial à obtenção do título de Bacharel em Engenharia.

Orientador: Prof. MSc. Madelon Rebelo Peters.

ANDRÉ PEREIRA NUNES
LEONEL LEMOS CARARA

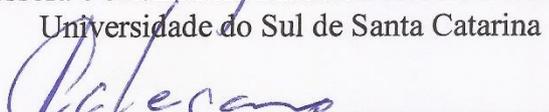
**CADASTRO DAS INFRAESTRUTURAS QUE COMPOEM O SISTEMA DE
DRENAGEM PLUVIAL:
ESTUDO DE CASO: AVENIDA PEDRO ZAPELINI – TUBARÃO/SC**

Este Trabalho de Conclusão de Curso foi julgado adequado à obtenção do título de Bacharel em Engenharia e aprovado em sua forma final pelo Curso de Engenharia Civil da Universidade do Sul de Santa Catarina.

Tubarão, 13 de novembro de 2017.



Professora e orientadora Madelon Rebelo Peters. MSc.
Universidade do Sul de Santa Catarina



Engenheiro José Cerilo Calegari, MSc.
Universidade do Sul de Santa Catarina



Engenheira Daniela Milanez Zarbato, ES.p.
Universidade do Sul de Santa Catarina

Dedico este trabalho aos pais, meus heróis, José e Marlene, que nunca mediram esforços para que meus sonhos se tornassem realidade. O apoio e o incentivo deles foram fundamentais para concretizar esta etapa da minha vida. A minha namorada, Rayara, mesmo sem saber, deixou seus traços.

(André Pereira Nunes)

Aos meus pais, Edson e Helena, pela compreensão e incentivo. O amparo e o carinho deles se tornaram essenciais para a evolução, tanto profissional quanto pessoal.

(Leonel Lemos Carara)

AGRADECIMENTOS

Agradecemos primeiramente a Deus, pela disposição e força de conseguir avançar e ter a oportunidade de a cada dia dispor de novas experiências.

Ao André, amigo, parceiro de trabalho e de curso. Inteligente, dedicado e dentre tantas outras qualidades. Estivemos sempre juntos superando as barreiras e dificuldades encontradas durante toda a vida acadêmica.

Ao Leonel, colega de trabalho e parceiro para a vida. Paciente, aplicado, inteligente, batalhador, sua dedicação foi determinante para concluir este trabalho.

Em especial, aos nossos pais e irmãos, eles que se mostraram participativos nos nossos momentos de felicidade e tristeza, e na compreensão do cansaço do dia a dia. Seus ensinamentos e experiência refletem no nosso caráter e na nossa dedicação. E além da gratificação pelo grande suporte na dificuldade financeira que passamos na vida de estudante.

Gratos as namoradas e não namoradas pela paciência e pela tolerância, sendo na falta de tempo ou nos momentos de estresse, mas mesmo assim não deixando de estarem presentes.

Somos gratos em geral a todos os acadêmicos que se envolveram de alguma forma, sendo nos momentos alegres ou tristes, mas que geralmente resultava na ida ao bar para aproveitar o pouco tempo disponível de entretenimento, mesmo que fosse para afogar as mágoas por tirar notas baixas.

Agradecemos a todos que nos forneceram dados para engrandecer este trabalho, sendo por meio de ideias ou materiais relacionados ao assunto. Enaltecendo a equipe da prefeitura de Tubarão pela educação e disposição em nos atender.

Gratos a engenheira Daniela pela compreensão do tempo relocado para a faculdade, pela oportunidade de trabalho, pelo incentivo e disponibilidade de conceder seus conhecimentos.

Finalmente, a nossa orientadora Madelon, por ministrar o seu conhecimento e pela dedicação em nos orientar, além de tolerar nossas insistências e teimosias, que não foram poucas.

“Água que o sol evapora, pro céu vai embora, virar nuvens de algodão. Gotas de água da chuva, alegre arco-íris sobre a plantação, gotas de água da chuva, tão tristes, são lágrimas na inundação. Águas que movem moinhos, são as mesmas águas que encharcam o chão...” (Guilherme Arantes).

RESUMO

O sistema de drenagem urbana é uma das obras hidráulicas que compõem o saneamento básico de uma cidade, o seu estado de manutenção e conservação tem papel fundamental na eficiência hidráulica de seus componentes. O presente estudo de caso teve como iniciativa a elaboração de um cadastro da infraestrutura da rede de drenagem urbana em um local que sofre constantemente com alagamentos, localizado na Avenida Pedro Zapelini no município de Tubarão/SC. Por consequência de tais eventos, mostrou-se relevante analisar e cadastrar através de coleta de dados em campo, as possíveis causas deste problema. Desta forma, pretende-se apresentar a situação real dos componentes da rede de drenagem urbana, visando identificar a influência das condições hidráulicas que o sistema de drenagem urbana tem com os problemas relacionados com alagamentos. A região de análise foi dividida em quatro pontos de estudos, e com os dados obtidos, houve a possibilidade de visualizar o traçado da rede de drenagem pluvial existente, e identificar os pontos críticos do local. Com a análise realizada pode-se concluir que a condição encontrada dos componentes tem influência direta com os problemas de alagamento na região.

Palavras-chave: Drenagem Urbana. Sistema de Drenagem Pluvial. Alagamento.

SUMMARY

The urban drainage system is one of the hydraulic operations that make up the basic sanitation of a city, its maintenance and conservation status plays a critical role in the hydraulic efficiency of its components. This case report had the initiative to draw up a register of the urban drainage network infrastructure in a specific place which has been suffering constant flooding, located on Avenida Pedro Zapelini, municipality of Tubarão/SC. As a result of such an events, it seemed important examining and recording the root cause of the problem, through in-field data collection. Therefore, this case report intends to reveal the real situation of the urban drainage network components, aiming to identify the hydraulic conditions influences between the urban drainage system and the problems related to flooding. The crisis region was divided into 4 research venues, which afterwards with the gathered data, it was possible to view the layout of the existing pluvial drainage network, and also identify its critical points. Analysing the gathered data, it is possible to conclude that component's conditions has a decisive influence on flooding causes in the region.

Keyword: Urban Drainage. Pluvial Drainage System. Flooding.

LISTA DE ILUSTRAÇÕES

Figura 1 – Corte transversal pavimento.....	29
Figura 2 – Corte transversal da drenagem urbana	29
Figura 3 – Traçado de drenagem urbana com poço de visita	30
Figura 4 – Sistema de drenagem unitário	32
Figura 5 – Sistema de drenagem separador	34
Figura 6 – Localização recomendada da boca de lobo.....	39
Figura 7 – Localização da Avenida Pedro Zapelini, Tubarão/SC.....	51
Figura 8 – Localização dos pontos de estudo	52
Figura 9 – Ponto de estudo 1 (PE-1)	53
Figura 10 – Ponto de estudo 2 (PE-2)	54
Figura 11 – Ponto de estudo 3 (PE-3)	55
Figura 12 – Ponto de estudo 4 (PE-4)	56
Figura 13 – Legenda da situação das bocas de lobo.....	57
Figura 14 – Legenda da situação das bocas de lobo.....	57
Figura 15 – Traçado da tubulação no PE-1	60
Figura 16 – Situação das bocas de lobo no PE-1.....	63
Figura 17 – Boca de lobo – B18.....	64
Figura 18 – Sarjeta na Rua Luiz Martins Collaço	64
Figura 19 – Boca de lobo – B19	65
Figura 20 – Boca de lobo – B22.....	65
Figura 21 – Boca de lobo – B23	66
Figura 22 – Traçado da tubulação no PE-2	67
Figura 23 – Numeração e situação das bocas de lobo no PE-2	70
Figura 24 – Boca de lobo – B59	71
Figura 25 – Boca de lobo – B60.....	71
Figura 26 – Boca de lobo – B80	72
Figura 27 – Poço de visita na Rua Eng. Annes Gualberto	72
Figura 28 – Traçado da tubulação no PE-3	74
Figura 29 – Numeração e situação das bocas de lobo no PE-3	77
Figura 30 – Boca de lobo – B98	78
Figura 31 – Boca de lobo – B118.....	78
Figura 32 – Boca de lobo – B124.....	79

Figura 33 – Boca de lobo – B136.....	79
Figura 34 – Traçado da tubulação no PE-4	81
Figura 35 – Numeração e situação das bocas de lobo no PE-4	83
Figura 36 – Boca de lobo – B162	84
Figura 37 – Boca de lobo – B176	84
Figura 38 – Boca de lobo – B140	85
Figura 39 – Sarjeta na Avenida Pedro Zapelini.....	85

LISTA DE QUADROS

Quadro 1 - Cronologia dos fatores naturais e humanos da enchente de 1974.....	45
Quadro 2 - Registos de situação de emergência em casos de alagamentos.....	46
Quadro 3 - Pontos de conhecimento da ocorrência de inundações e alagamentos.....	47

LISTA DE TABELAS

Tabela 1 – Espaçamento entre poços de visita.	39
Tabela 2 - Tabela de coleta de dados das bocas de lobo	58
Tabela 3 – Descrição das bocas de lobo do PE-1	61
Tabela 4 – Descrição das bocas de lobo do PE-2	68
Tabela 5 – Descrição das bocas de lobo do PE-3	75
Tabela 6 – Descrição das bocas de lobo do PE-4	82

LISTA DE SIGLAS

AGR – Agencia Reguladora da Saneamento

AMUREL – Associação de Municípios da Região de Laguna

ETAR – Estação de Tratamento de Águas Residuais

ETE – Estação de Tratamento de Esgoto

IPH – Instituto de Pesquisas Hidráulicas

NI – Não Identificado

PE – Ponto de Estudo

PLAMCOM – Plano de Contingencia Municipal de Proteção e Defesa Civil

RGSPDADAR – Regulamento Geral dos Sistemas Públicos e Prediais de Distribuição de Água e de Drenagem de Águas Residuais

V – Vértice

SUMÁRIO

1 INTRODUÇÃO.....	17
1.1 JUSTIFICATIVA E PROBLEMA	18
1.2 OBJETIVOS	19
1.2.1 Objetivo Geral	19
1.2.1.1 Objetivo Específico	19
2 FUNDAMENTAÇÃO TEÓRICA.....	20
2.1 A INFLUÊNCIA DA URBANIZAÇÃO.....	20
2.1.1 Ocupação inadequada do solo.....	21
2.1.2 Má utilização da infraestrutura.....	21
2.1.3 Problemas socioambientais e econômicos	22
2.2 CARACTERIZAÇÃO DE DESASTRES	23
2.2.1 Enchente e inundação	23
2.2.2 Alagamento	24
2.2.3 Enxurrada.....	24
2.3 DRENAGEM URBANA	25
2.3.1 Histórico da drenagem.....	25
2.3.2 Sistema de drenagem urbana.....	26
2.3.2.1 Microdrenagem.....	28
2.3.2.2 Principais componentes	28
2.3.2.2.1 Dispositivos de captação da água	28
2.3.2.2.2 Dispositivos de Transporte	30
2.3.2.3 Macrodrenagem.....	31
2.3.2.4 Sistemas de drenagem urbano utilizados.....	32
2.3.2.4.1 Sistema Unitário	32
2.3.2.4.2 Sistema separativos	33
2.3.2.4.3 Sistemas mistos.....	35
2.3.2.4.4 Sistema parciais ou pseudo-separativos.....	35
2.3.3 Parâmetros de Projeto	35
2.3.3.1 Estudo hidrológico.....	35
2.3.3.1.1 Ciclo hidrológico.....	35
2.3.3.1.2 Precipitações	36
2.3.3.2 Critério geral para definição e execução do projeto	38

2.4	MEDIDAS DE CONTROLE.....	40
2.4.1	Planejamento	41
2.4.2	Cadastro da rede de drenagem	42
2.4.3	Manutenção do sistema de drenagem	42
2.4.3.1	Manutenção preventiva	43
2.4.3.2	Manutenção Corretiva	43
2.5	PROBLEMAS RELACIONADOS COM INUNDAÇÕES E ALAGAMENTOS NO MUNICÍPIO DE TUBARÃO/SC	43
2.5.1	Inundações	44
2.5.2	Histórico de alagamentos.....	46
3	METODOLOGIA DA PESQUISA	48
3.1	O TIPO DE PESQUISA REALIZADA	48
3.2	A DEFINIÇÃO DO TEMA DE ESTUDO	50
3.3	LOCAL DE ESTUDO	50
3.4	INSTRUMENTOS DE COLETA DE DADOS	58
3.4.1	Observação direta	58
3.4.2	Material bibliográfico	59
4	RESULTADOS E DISCUSSÃO.....	60
4.1	PONTO DE ESTUDO – PE-1	60
4.2	PONTO DE ESTUDO – PE-2	67
4.3	PONTO DE ESTUDO – PE-3	73
4.4	PONTO DE ESTUDO – PE-4	80
5	CONCLUSÃO.....	87
	REFERÊNCIAS	89
	ANEXOS	93
	ANEXO A: PRINCIPAIS TIPOS DE BOCA DE LOBO.....	94
	ANEXO B: TABELA DIMENSÕES DOS TUBOS PARA ÁGUAS PLUVIAIS COM ENCAIXE PONTA E BOLSA OU MACHO E FÊMEA.....	95
	ANEXO C: CORTE VERTICAL E HORIZONTAL POÇO DE VISITA.....	96
	APÊNDICES	97
	APÊNDICE A: PONTOS DE ESTUDO.....	98

1 INTRODUÇÃO

O Brasil possui um histórico de várias regiões afetadas com inundações e alagamentos deixando muitas pessoas desabrigadas. Nos últimos anos, as regiões sudeste e sul do país são consideradas as mais afetadas por tais desastres, gerando maiores preocupações em combater estes problemas.

A ocupação do solo gerada pelo desenvolvimento urbano desordenado, altera, conseqüentemente as características nativas de uma região em um curto espaço de tempo, causando grandes modificações no caminho das águas que precipitam em forma de chuva em regiões em que a natureza levou décadas para formar. A água que escoava pelos córregos naturais, e em grande parte absorvida pelo solo, passou a ser direcionada para rede de drenagem por meio de pavimentos impermeáveis.

Com o crescimento urbano acelerado e o desenvolvimento constante a cada ano, as cidades evoluem e amplificam seu território causando grandes modificações ambientais e necessitando cada vez mais do auxílio da engenharia.

A infraestrutura urbana não acompanhou este crescimento. Assim, com o acelerado desenvolver das cidades, se tornou mais clara a necessidade de avaliar, melhorar e adequar estas obras, devido à falta de plano municipal na formação das grandes metrópoles urbanas, além da incoerência de compatibilização das melhorias públicas na medida que foram sendo executadas. “O planejamento da drenagem urbana, conforme a exposição inicial, deve ser feito de forma integrada, considerando os outros melhoramentos urbanos e os planos regionais, quando existirem” (CETESB, 1980, p.4).

A população tem influenciado diretamente na ocorrência de alagamentos e enchente, principalmente as pessoas carentes que acabam construindo em locais inadequados, formando aglomeração de casas sem respeitar a legislação da cidade, e com isso dificultando o controle da expansão urbana dos municípios, além de executarem modificações em obras públicas sem a autorização dos órgãos responsáveis.

A manutenção e a conservação do sistema de drenagem são de fundamental importância para o seu perfeito funcionamento, entretanto para realizar tais tarefas, é necessário ter o cadastro de sua infraestrutura para conhecer o sistema existente e assim realizar as medidas de controle necessárias para minimizar os problemas relacionados ao sistema pluvial.

1.1 JUSTIFICATIVA E PROBLEMA

A drenagem urbana, para conduzir as águas pluviais adequadamente, necessita de um sistema destinado a escoar e sustentar os picos de chuva evitando possíveis alagamentos. Esse sistema deve ser composto por galerias, sarjetas, bocas de lobo, tubulações subterrâneas, etc.

Atualmente, estima-se que os sistemas de drenagem podem estar subdimensionados, e, assim, deve-se propor melhorias que visem reduzir os riscos que deixam as populações sujeitas a eventos hidrológicos extremos, proporcionando a redução de danos causados por inundações e alagamentos, contribuindo assim para o desenvolvimento urbano e garantindo uma melhor qualidade de vida.

O crescimento urbano nos últimos séculos gerou grandes metrópoles e áreas de aglomeração urbana. Esse amplo crescimento seguidamente é desalinhado e sem planejamento, não respeitando a topografia e geologia da área. O desenvolvimento urbano descontrolado afeta consideravelmente a permeabilidade do solo e o controle dos resíduos sólidos, gerando problemas e maiores dificuldades para controlar alagamentos e inundações.

As adversidades referidas à drenagem urbana, constantemente estão relacionadas com a falta de critérios construtivos ao planejar uma expansão urbana, ocasionando um gasto maior para correção do sistema, onde são construídas ruas e residências, impermeabilizando o solo, muitas vezes sem se preocupar com escoamento da água que irá ser drenada pelo sistema pluvial, no qual é executado continuamente sem a elaboração de um projeto adequado para a região. Mediante isso, é de extrema importância o cadastro do sistema de drenagem para auxiliar os órgãos responsáveis nas tomadas de decisões referente aos problemas no sistema pluvial.

Assim, definimos como tema de pesquisa: **a importância do levantamento cadastral para o auxílio das possíveis melhorias a serem executadas no sistema de drenagem urbana da Av. Pedro Zapelini, para os estudos relacionados aos problemas de alagamento em períodos de pico de chuva, em estudo de caso realizado no ano de 2017, em Tubarão, sul de Santa Catarina.**

1.2 OBJETIVOS

Neste item serão apresentados os objetivos geral e específicos elencados para esta pesquisa.

1.2.1 Objetivo Geral

Cadastrar e analisar o sistema componente da sub bacia de drenagem no qual está inserida a Av. Pedro Zapelini, a fim de realizar um mapeamento das regiões com riscos de alagamentos, visando a proposição de um cadastro das estruturas componentes do sistema para auxiliar na análise das possíveis proposições de melhorias no sistema.

1.2.1.1 Objetivo Específico

- a) Relacionar à influência do crescimento urbano com problemas de drenagem;
- b) Reportar o histórico da drenagem urbana;
- c) Descrever o sistema de drenagem utilizados;
- d) Descrever a diferença entre enchente, alagamento, inundação e enxurrada;
- e) Reportar os problemas pluviais no município de Tubarão;
- f) Realizar o levantamento cadastral da rede de drenagem pluvial urbana existente nas sub bacias contribuintes à Av. Pedro Zapelini;

2 FUNDAMENTAÇÃO TEÓRICA

2.1 A INFLUÊNCIA DA URBANIZAÇÃO

A colonização das terras por parte da humanidade vem sofrendo com os eventos de desastres naturais, onde esse povoamento, desde os tempos primórdios cresce de forma descontrolada e desordenada. Segundo Tucci e Bertoni (2003) existem as inundações desde antes da existência da população humana no mundo, onde o povo, devido a água ser imprescindível para a sua existência, tende a se consolidar perto dos rios, justamente pela proximidade se tornar uma facilidade de seu manejo e consumo.

A centralização da população nas regiões urbanas tomou um volume maior a partir do século XX com a revolução industrial, essa concentração aumenta o desenvolvimento econômico e por consequência gera mais notoriedade do povo, aglomerando ainda mais o meio urbano.

É notório o acelerado desenvolvimento das cidades, em todo o país. Com ele, novos problemas e necessidades emergem. “O crescimento da população urbana tem sido acelerado nas últimas décadas no Brasil. Este crescimento gerou grandes metrópoles na capital de cada Estado Brasileiro” TUCCI (2002, p. 5). A evolução de grandes cidades, gera por consequência uma propagação das cidades vizinhas, formando regiões metropolitanas e amplificando o acúmulo populacional.

Observa-se um crescimento urbano descontrolado nas grandes metrópoles, fato gerador, por exemplo, com a dificuldade na elaboração de um bom planejamento dos municípios, interferindo e prejudicando diretamente na manutenção de um sistema de drenagem eficiente. Segundo Tucci (2008), para planejar e gerenciar um plano diretor, se deve prever como a cidade pode ser ocupada, levando em consideração a área urbanizada tanto no quesito de uso do solo, quanto na questão socioambiental e de infraestrutura.

Nas áreas urbanas, os problemas causados pelas cheias naturais do rio são frequentemente ampliados por uma planificação inadequada da Drenagem Urbana. O desenvolvimento urbano tende a aumentar as áreas impermeáveis e aumentar a velocidade do escoamento através de condutos e canais [...]. As cidades têm implementado a sua infraestrutura de drenagem urbana de forma pontual, apenas transferindo os impactos de um lugar para outro dentro da cidade. (GOLDENFUM, et al, 2016, p. 7).

Nota-se que não é simplesmente executar de qualquer modo as obras de drenagem urbana para se resolver problemas relacionados com as cheias do rio e alagamentos, para se

tornar eficiente, deve-se fazer um estudo de toda a área de influência. De acordo com Tucci (2009), medidas estruturais são necessárias e essenciais para conter as inundações e os alagamentos, mas para obter maior êxito na contenção de tais problemas, necessita-se de uma compreensão de incorporação com o ambiente urbano relacionado com os sistemas de drenagem que o integram.

Com isso, percebe-se que se não houver uma relação de harmonia e conscientização por parte da população e dos órgãos públicos, o sistema de drenagem não torna devidamente eficaz.

2.1.1 Ocupação inadequada do solo

Segundo Tucci (2009) a população mais carente tende a empossar locais de riscos, onde estas localidades acarretam em problemas sociais a cada época existente de altas precipitações, assumindo assim características catastróficas nessas regiões.

Evidencia-se que a ocupação destas áreas impróprias pode ser impedida através de um bom planejamento do uso do solo nestas zonas de várzeas, evitando criar locais de riscos nas cidades.

A Constituição Federal (BRASIL, 1988) diz no artigo 30 que compete aos municípios promover o planejamento e o controle adequados para o uso de solo urbano. Tal controle e planejamento sanariam em grande parte as áreas de risco ribeirinhas, diminuindo desastres e riscos para a população. “A tendência é de os municípios introduzirem diretrizes de macrozoneamento urbano nos Planos Diretores urbanos, incentivados pelos Estados” (TUCCI, 2002, p.15). No entanto, se deve manter uma coerência entre as restrições, a fim de evitar reações negativas no planejamento da drenagem urbana, onde essas limitações possam ser colocadas em prática pela população.

Porém ao que se analisa nos dias atuais, existe um grande desordenamento por parte da ocupação do solo, tanto no apoderamento desenfreado da população, quanto no dever de planejamento urbano por parte dos municípios.

2.1.2 Má utilização da infraestrutura

Tucci (2008) relaciona os problemas de infraestrutura com diversos tópicos, constatando os aspectos, dentre eles, a falta de conhecimento do sistema de drenagem por parte

da população, não possuindo informações adequadas sobre os problemas, e a mão de obra desatualizada e não especializada, juntamente com a ineficiência gerencial.

Assim, observa-se que tanto a parte de mão de obra quanto a parte de gerência, podem influenciar de forma negativa o aprimoramento da infraestrutura, onde, ao invés de sanar os problemas, as obras se tornam uma ocorrência muito desfavorável se o emprego da execução for feito de forma inadequada, muitas vezes continuando o mesmo defeito, além de possivelmente ocasionar o surgimento de novos problemas que teriam por finalidade combater e controlar as precipitações.

As cidades têm implementado a sua infraestrutura de drenagem urbana de forma pontual, apenas transferindo os impactos de um lugar para outro dentro da cidade. Por outro lado, a expansão das cidades sem a planificação devida tem levado à ocupação de áreas de riscos nas margens de rios e arroios. (GOLDENFUM, et al, 2016, p. 7).

Temos o exemplo de melhoramento de um trecho mediano a linearidade do rio, transferindo os problemas locais para pontos seguintes, assim ocasionando enchentes a jusante. Então nota-se que as obras devem ser bem planejadas e executadas, para assim, de fato, cumprir o objetivo de que foi destinada e realizada.

2.1.3 Problemas socioambientais e econômicos

O crescimento populacional desordenado e a migração para a zona urbana prejudicam as condições ambientais e econômicas das cidades. Tucci (2008) comenta que o planejamento de ocupação urbano é feito em sua grande maioria visando o povo de renda média a alta, restando para a população mais carente ocupar, de forma inadequada, as zonas de risco, geralmente desprovidas de uma boa infraestrutura.

O crescimento urbano das cidades brasileira tem provocado impactos significativos na população e no meio ambiente. Estes impactos vêm deteriorando a qualidade de vida da população, devido ao aumento da frequência e do nível das inundações. (TUCCI, 2005, p. 1).

A conscientização é crucial por parte da população e do município quanto a coleta e ao descarte dos resíduos sólidos. “O Brasil infelizmente está ainda na fase higienista em razão de falta de tratamento de esgoto, transferência de inundação na drenagem e falta de controle dos resíduos sólidos. ” (TUCCI, 2008). O manejo feito de forma inadequada, resulta em o resíduo ser direcionado através do fluxo pluvial, onde seriam os pontos de fuga apenas de água

da chuva, os lixos e sedimentos sólidos geram obstrução de rios, canais e condutos dos sistemas de drenagem, agravando o risco de haver inundações e alagamentos.

2.2 CARACTERIZAÇÃO DE DESASTRES

Os desastres são separados em enchentes, inundações, alagamentos e enxurradas, onde, segundo Tucci (2009), as condições que influenciam nos acontecimentos são, tanto meteorológicas, com a atmosfera estando sujeita aos fenômenos atmosféricos, quanto hidrológicas, devido as características físicas das bacias. Outro fator que atinge diretamente no fluxo fluvial é a interferência artificial do homem, como exemplos de: obras hidráulicas, urbanização, desmatamento, reflorestamento e uso agrícola.

2.2.1 Enchente e inundação

Villena (1975) descreve que enchente se define por um grande aumento de escoamento superficial de um rio, devido ao alto índice de precipitação em um determinado tempo, mas não resultando necessariamente na extravasão do seu canal natural, com o rio podendo resistir ou não a demanda de vazão existente. Não suportando a intensidade do escoamento, se qualifica como inundação, havendo o transbordamento pelas margens do rio.

A inundação ocorre quando as águas dos rios, riachos, galerias pluviais saem do leito de escoamento devido à falta de capacidade de transporte de um destes sistemas e ocupam áreas onde a população utiliza para moradia, transporte (ruas, rodovias e passeios), recreação, comércio, indústria, entre outros. (ROSA, 2014, p. 104).

Os problemas ocasionados pelas inundações dependem da área de ocupação tomada pela população, normalmente caracterizando as zonas ribeirinhas como áreas de riscos.

Um dos fatores prejudiciais para a formação de enchentes é o solo perder a capacidade de infiltração quando a precipitação é intensa, com o volume de água tendo que ser direcionado apenas pelo escoamento superficial (id *ibid*). Esse fenômeno aumenta e gera ainda mais dificuldade em controlar a demanda da enchente, agravando a probabilidade de superar a capacidade natural de escoamento, conseqüentemente ampliando o risco de haver inundações.

Segundo Villena (1975) existem duas principais causas para um transbordamento, sendo uma delas o excesso de chuva, com o rio não suportando o índice de precipitação, e assim excedendo a vazão da enchente.

Outro agravante é o fato de existir na jusante algum tipo de obstrução que possa impedir o fluxo contínuo da vazão, causando inundação com maior facilidade do que se não existisse nenhum tipo de bloqueio.

2.2.2 Alagamento

Existe uma grande diferença entre alagamento e inundação, onde inundação está relacionada diretamente com a vazão do rio e a precipitação de chuva existente. No entanto alagamentos, decorrentes de fortes precipitações pluviométricas, tratam-se do acúmulo momentâneo da água da chuva em regiões de baixa altimetria, normalmente consequentes de deficiências dos sistemas de drenagem, onde para ser caracterizado, muitas vezes independe da relação do escoamento superficial do rio.

Plano de Contingência Municipal de Proteção e Defesa Civil (PLAMCOM) de Tubarão (2014) realça que o acúmulo de água normalmente está relacionado com:

- Impermeabilização e compactação do solo;
- Adensamento do perímetro urbano, diminuindo a área do solo exposto, assim reduzindo a infiltração na sua superfície, como o exemplo de construção de edificações, calçadas e pavimentação de rua;
- Desenvolvimento da urbanização através do desmatamento de encostas e assoreamento dos rios;
- Acumulação de resíduos e deficiência em sistemas de drenagem.

A ocorrência de alagamentos nas cidades tem influência direta como os itens abordados, pois esses fatores interferem no trajeto natural das águas e a ineficiência da drenagem urbana faz com que a água exceda o nível das ruas.

2.2.3 Enxurrada

Pontelli e Paisani (2016) define que enxurradas são caracterizadas por fluxos torrenciais, gerando assim catástrofes em planícies fluviais, como o exemplo de deslizamento de solo, avalanches de blocos e remoção da cobertura florestal. “Tais fenômenos estão relacionados com a quantidade e intensidade da precipitação atmosférica e também com as morfologias do terreno”. (COSTA, 2016, p. 2)

O fluxo pluvial escoar com intensidade e rapidez, ocasionado pela velocidade acelerada de elevação do nível de água do rio.

As enxurradas são frequentes em rios de zonas montanhosas com bastante inclinação, vales profundos e muitas vezes as águas da chuva arrastam terra sem vegetação devido aos deslizamentos que ocorrem nas margens dos rios. A grande quantidade de água e materiais arrastados representa, à medida que escoam, grande poder destruidor. (TUBARÃO, 2014, p. 23).

Enxurrada se difere de inundação por gerar uma devastação e deslocamento de materiais sólidos nas áreas ribeirinhas, ocasionada por extremos picos de chuva, e um curto espaço de tempo.

2.3 DRENAGEM URBANA

2.3.1 Histórico da drenagem

Não se tem de fato o registro de como começou a ser utilizada técnicas de drenagem, porém autores citam que desde o surgimento da civilização mesopotâmica o ser humano buscou recursos para a irrigação e o cultivo de suas plantações, assim se começou o manejo e direcionamento do fluxo pluvial.

Daker (1984) cita que desde os tempos da antiga civilização egípcia se necessita de um sistema de drenagem para direcionar o fluxo pluvial, escritores romanos também citavam a utilização de valas abertas para conduzir o escoamento de água.

A Civilização Mesopotâmia nos anos de 2500 A.C., planejava e construía, designadamente nas cidades de Ur e Babilônia, infraestruturas de drenagem e saneamento, incluindo uma espécie de sarjetas e sumidouros para a recolha de águas de superfície e encaminhamento para os coletores. (MANER, 1966, apud MATOS, 2003, p. 14).

Matos (2003) relata que na Itália central, por volta de 600 A.C., Marzobotto, pertencente a antiga civilização etrusca, era conhecida por possuir um sistema de drenagem bem adaptado às condições topográficas locais, considerado engenhoso para a época.

De acordo com Potelo (2011), com uma febre de mortes devido à falta de saneamento no século XIX, na formação das cidades europeias, surgia a necessidade de encontrar uma solução para o sistema de esgotamento, até então o esgoto era a céu aberto. Mediante a este fato, surgia a necessidade da rede de esgoto, as cidades passaram a adotar redes subterrânea enterradas, medida revolucionária na época, no entanto a evolução do sistema demorou, “desde as épocas do Império Romano até o século XVII, as estratégias de drenagem

em saneamento em meio urbano não sofreram na Europa praticamente nenhum avanço”. (id ibid, p. 14).

Tucci (2009) menciona que o estudo hidrológico começou a ser melhor compreendido a partir do século XV, onde se começou a aceitar que a precipitação ocasionalmente tinha maior volume do que a vazão escoada pelos rios, a partir disto, começou a analisar esta relação e os componentes devidos a serem empregados.

Com essa iniciativa de análise, o estudo da hidrologia ficou mais visado, onde iniciou o surgimento de equações empíricas e métodos estatísticos para prever e ter uma melhor compreensão das situações em períodos de cheias.

Até a primeira década do século XIX a tubulação costumava ser disposta principalmente em madeira e pedra, entretanto Daker (1984) cita que em 1843 iniciou-se a fabricação de tubos de barro, reduzindo custos dos serviços empregados, mas só a partir do final do século passado, a drenagem obteve um impulso, devido a industrialização e o aprimoramento das máquinas escavadoras.

No Brasil, a população indígena se assentando em torno de rios, já manejava seus métodos para irrigação para o cultivo de suas plantações, e com a chegada dos colonizadores portugueses e sua fixação na região, métodos de drenagem começaram a ser implantados.

Os métodos de controle de cheias desenvolvidos na Europa começaram a ser implantados a partir do século XIX. Onde, segundo Potelo (2011), em 1856 o Brasil adotou o primeiro sistema de drenagem unitário no país, com a maioria das principais outras cidades seguindo no mesmo caminho até o início do século XX. Porém, após esse período começou no país a separação da drenagem pluvial com o sistema de esgoto.

Fernandes (2002) incrementa que atualmente, a relação da drenagem urbana com a população ainda se encontra muito escassa no Brasil, e justifica a falta de mão de obra qualificada juntamente com a falta sistemática de recursos como um agravante para essa deficiência.

2.3.2 Sistema de drenagem urbana

O sistema de drenagem urbana faz parte de um conjunto de melhorias públicas, tais como: rede de esgoto, rede de abastecimento de água, rede de distribuição de energia, voltadas para a saúde e bem-estar da população. “Hidraulicamente, a drenagem pode ser entendida como o processo de movimentação de massas líquidas de um local para outro por intermédio de canais naturais ou artificiais” (FUNASA, 2015, p. 284).

Em relação aos outros melhoramentos urbanos, o sistema de drenagem tem uma particularidade: o escoamento de águas pluviais sempre ocorrerá, independentemente de existir ou não sistema de drenagem adequado. A qualidade desse sistema é que determinará se os benefícios ou prejuízos à população serão maiores ou menores. (CETESB, 1980, p 3).

A água, ao cair sobre o solo escoará superficialmente devido a ação da gravidade, independentemente da existência de drenagem ou não. O sistema de drenagem pluvial é implantado nas cidades com o propósito de drenar as águas que por ela escoam.

Segundo Tucci (2009) o termo drenagem urbana é o conjunto de medidas que tem por objetivo minimizar os riscos a que as populações estão sujeitas, obrigando as águas de chuva a percorrer caminhos adequados, assim, diminuir os riscos causados por inundações e alagamento, possibilitando o desenvolvimento das cidades de forma articulada e sustentável.

A drenagem urbana, também conhecida como sistema de águas pluviais, entra em funcionamento desde o momento que a água precipitada em forma de chuva atinge um determinado local, está água escoará pelo solo até o sistema de drenagem que irá direcioná-la ao rio ou córrego.

A drenagem urbana inicia-se em edificações com os coletores de pluviais ligados à rede pública, na drenagem superficial das sarjetas que recebe a parcela superficial das ruas, calçadas pátios e outras impermeáveis ou permeáveis que geraram escoamento superficial. O escoamento proveniente das sarjetas, que entra na rede através dos bueiros, e o proveniente dos coletores residuais são drenados pelos condutos pluviais que alimentam os condutos secundários até os principais sistemas compostos de pequenos rios (arroyos, riachos ou ribeirões) que compõem a macrodrenagem urbana. (TUCCI, 2009, p.823).

Desta maneira, podemos observar que há vários componentes que atuam no sistema de drenagem urbano, para estudo e desenvolvimento de um projeto “a drenagem urbana é dimensionada em dois níveis principais: macrodrenagem e microdrenagem” (TUCCI, 2009, p 823). Esta subdivisão da drenagem urbana, para planejamento e projeto, deve ser trabalhada sob critérios de tempo de retorno diferentes, de acordo com a CETESB (1980) para obras de drenagem urbana inicial, microdrenagem, onde a área de drenagem é dividida em sub-bacias o tempo de retorno varia entre 5 e 10 anos, já para obras de macrodrenagem, responsável pelo escoamento total da bacia, o tempo de retorno deve ser próximo de 100 anos.

O tempo de retorno é uma escolha baseada no risco. Baixos tempos de retorno levam a chuvas de menor intensidade e a obras decorrentes de menor porte e de menor custo. Altos tempos de retorno levam a chuvas mais intensas e maiores obras de canalização do rio. (BOTELHO, 2014, p. 116).

O risco relatado pelo autor, está relacionado a probabilidade de a chuva de escoamento determinada em projeto ocorrer, ou seja, é o período de tempo estimado em um projeto para determinada ocorrência de chuva, é o que define a vida útil da obra.

Para a delimitação da microdrenagem e macrodrenagem é importante o estudo da área de drenagem. Pode-se considerar área de drenagem uma área plana entre os divisores de água, os talvegues, que são os pontos mais altos do local. Ao identificar a área de drenagem, os estudos são voltados a subdivisões desta área, denominadas sub-bacias, que são fundamentais para os projetos de microdrenagem.

2.3.2.1 Microdrenagem

A microdrenagem é a parte da drenagem urbana responsável pela captação da água e transporte até o sistema de macrodrenagem. Seu componente tem fundamental importância para o perfeito funcionamento do sistema, qualquer interferência ou erro, seja na execução ou projeto, comprometerá imediatamente toda a área que o mesmo estará responsável pela drenagem, sendo que toda a precipitação de chuva terá que escoar pelos seus componentes.

A microdrenagem que 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, declividade e para utilização viária, seja de veículos, seja de outras utilidades públicas. (NETTO et al, 1998, p. 543)

Os componentes da microdrenagem, quando bem projetados, sanariam os alagamentos nas áreas urbanas, evitando interferências do tráfego e danos nos pavimentos e imóveis. Contudo o sistema de micro e macrodrenagem devem trabalhar em conjunto, formando um sistema único de drenagem.

Segundo Tucci (2009) no projeto de sistemas de águas pluviais os principais itens utilizados no dimensionamento são: Galeria, poço de visita, trecho, bocas de lobo, tubos de ligação, meio fio, sarjetas, sarjetões, condutores forçados e estação elevatória.

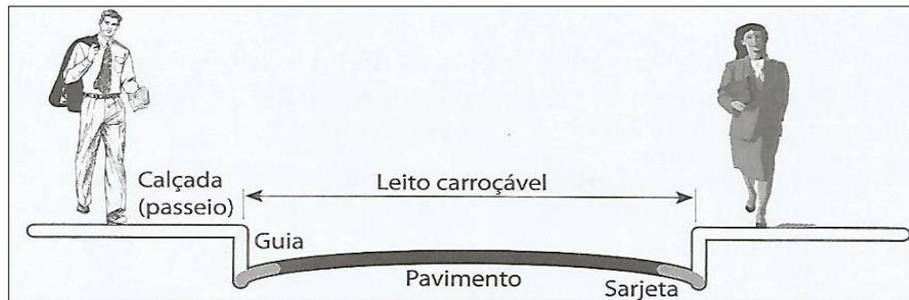
2.3.2.2 Principais componentes

2.3.2.2.1 Dispositivos de captação da água

A água, ao cair nas áreas urbanas, escoar através dos lotes e ruas até encontrar as sarjetas, que são calhas situadas nas bordas das ruas, “na faixa de via pública, paralelas e

vizinhas ao nível de passeio” (TUCCI, 2009, p. 823). De acordo com Botelho (2014), as sarjetas são feitas de concreto, asfalto ou paralelepípedos argamassados, moldados *in loco*. As sarjetas também são utilizadas para fixar as guias ou meio fio, nas extremidades do pavimento. A função das guias é delimitar o leito carroçável, pista de rolagem dos automóveis, e o passeio dos pedestres (figura 1).

Figura 1 – Corte transversal pavimento



Fonte: Botelho (2014, p. 30).

A união desses elementos, guia, pavimento e sarjeta, compõe o início da drenagem urbana, formando o caminho das águas até a armadilha de captação, as bocas de lobo. Outro elemento importante de transporte das águas até a boca de lobo é o sarjetão, que são grandes rasgos no encontro de duas ruas, “calhas localizadas nos cruzamentos de vias públicas, formadas pela sua própria pavimentação e destinadas a orientar o fluxo das águas que escoam pelas sarjetas” (TUCCI, 2009, p.824).

A boca de lobo, como grafado, é a armadilha da água. São “dispositivos localizados em pontos convenientes das sarjetas para a captação da água da chuva” (id *ibid*, p. 823) (figura 2).

Figura 2 – Corte transversal da drenagem urbana



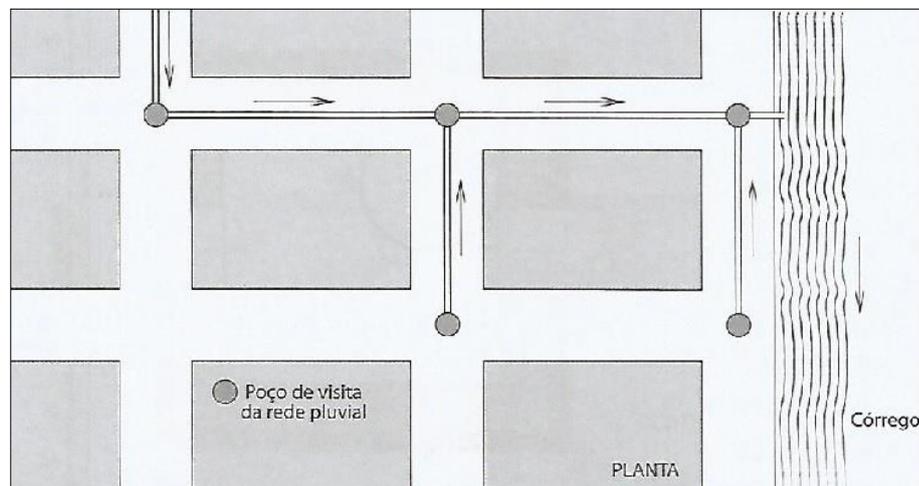
Fonte: Botelho (2014, p. 34).

As bocas de lobo são moldadas *in loco*, normalmente de blocos cerâmicos e argamassa ou concreto armado, na superfície deve haver uma abertura para entrada da água e tampa de inspeção e limpeza. “As bocas de lobo podem ser classificadas em três grupos: bocas ou ralos de guias; ralos de sarjetas (grelhas) ralos combinados” (id *ibid*, p.830) (vide anexo A).

2.3.2.2.2 Dispositivos de Transporte

Ao ser captado pelas bocas de lobo, a água é canalizada e direcionada pelos dispositivos de transporte até a macrodrenagem por meio das galerias de drenagem. O tubo de ligação, geralmente tubo 300 mm de diâmetro pré-fabricados de concreto, tem a finalidade de “conduzir as águas pluviais captadas nas bocas de lobo para as galerias ou para os poços de visitas” (id *ibid*, p. 823). As galerias de drenagem, bem como os tubos de ligação são canalizações de concreto que percorrem todo o traçado da rua, o seu diâmetro é dimensionado em função da vazão que recebe a cada trecho da drenagem, captadas pelas bocas de lobo (figura 3). As dimensões dos tubos são padronizadas pela NBR – 8890/2007 - Tubo de concreto de seção circular para águas pluviais e esgotos sanitários (vide anexo B).

Figura 3 – Traçado de drenagem urbana com poço de visita



Fonte: Botelho (2014, p. 47).

Deve ser previsto poço de visita no traçado da galeria de drenagem, “a função dos poços de visita (PV) é permitir a inspeção, limpeza e desobstrução de galerias enterradas por operários que entram nessas instalações ou por uso de equipamento mecânico” (BOTELHO, 2014, p.47). Os poços de visita são instalados também em mudanças de direção das galerias, cruzamento de ruas, junção dos tubos de ligação entre boca de lobo e galeria. Por motivos

econômicos muitas junções de tubos são executadas por caixas de ligação, já que o poço de visita é um dispositivo caro. Os poços de visitas são feitos de blocos cerâmicos e argamassa ou concreto armado (vide anexo C).

2.3.2.3 Macrodrenagem

A macrodrenagem, basicamente, é a parcela do sistema de drenagem responsável para dar destino final as águas de chuva, pode-se entender “por macrodrenagem as intervenções em fundos de vale que coletam águas pluviais providas de sistemas de microdrenagem ou não” (TUCCI, 2009, p.836). São obras de canais com maior capacidade de transporte e armazenamento de água que os canais naturais e bacia de retenção.

A macrodrenagem, para qual interessa mais a área total da bacia seu escoamento natural, sua ocupação, a cobertura vegetal, os fundos de vale e os cursos d’água urbanos, bem como aspectos sociais envolvidos nas soluções adotadas, lembrando que a simples canalização de um córrego nem sempre é benéfica para a população. (NETTO et al, 1998, p. 543).

Assim, pode-se observar que as obras de macrodrenagem estão voltadas para a drenagem da área total da bacia, é importante uma boa análise do local e prever áreas de permeáveis, projetos de paisagismo como praças e parques, para permitir a infiltração da água no solo e diminuir a vazão de escoamento. Um canal de macrodrenagem, como relatado pelo autor, nem sempre traz benefícios, não é simplesmente fazer um canal de macrodrenagem que irá resolver os problemas de alagamento no local, deve-se fazer um bom estudo e planejamento, prever áreas permeáveis, e drenar o local como um todo, para não transferir os problemas para outros locais.

Segundo a FUNASA (2015) o conjunto de obras de macrodrenagem visa melhorar o escoamento das águas de chuva ao longo da bacia, de forma a minimizar os problemas de erosão, assoreamento e inundações a jusante da área. Quando bem projetadas, diminui consideravelmente o custo da microdrenagem, vista que são projetadas áreas permeáveis para permitir a absorção da água no solo e assim diminuindo o escoamento superficial.

2.3.2.4 Sistemas de drenagem urbano utilizados

O Artigo 116.º do Regulamento Geral dos Sistemas Públicos e Prediais de Distribuição de Água e de Drenagem de Águas Residuais (RGSPDADAR) classifica quatro tipos de sistemas de drenagem pública:

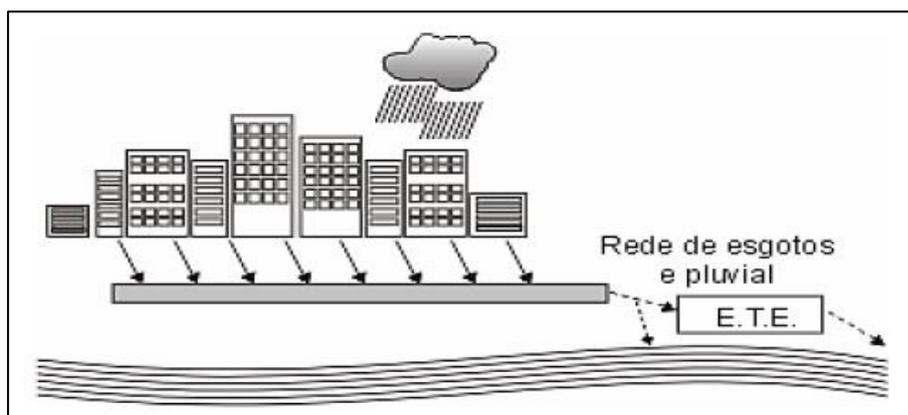
- Sistema unitário;
- Sistema separativo;
- Sistemas misto;
- Sistema parciais ou pseudo-separativos.

Os sistemas de drenagem são responsáveis por drenar as águas provenientes do esgoto sanitário e águas de chuva. A ABNT-NBR 9648 – estudo e concepção de sistemas de esgoto define esgoto sanitário como todo líquido composto de esgoto doméstico e industrial.

2.3.2.4.1 Sistema Unitário

O sistema unitário é constituído por uma única rede coletora, responsável por drenar o esgoto sanitário junto com as águas da chuva, direcionando-os para a estação de tratamento de águas residuais (ETAR), antes de ser despejadas nos rios e córregos (figura 4). De acordo com Sperling (1995) no sistema unitário ou combinado o esgoto sanitário e as águas de chuva são drenados pela mesma canalização até o seu destino final.

Figura 4 – Sistema de drenagem unitário



Fonte: Sperling (1995, p. 54).

O sistema unitário deve possuir dispositivo de captação de águas pluviais sifonados, para evitar mau cheiro em épocas de pouca chuva, onde o sistema estará recebendo apenas

contribuição de esgoto sanitário. O problema é manter água nas bocas de lobos sifonadas devido à falta de água proveniente de chuva, “não é fácil manter o selo hídrico, face à evaporação da água e, além disso, a própria água do selo hídrico pode passar a exalar mau cheiro” (BOTELHO, 2014, p.104).

Devido as oscilações de precipitações de chuva, conforme descrito o mau cheiro pode ocorrer em estações de pouca chuva, porém em épocas de grandes precipitações, o sistema pode sobrecarregar podendo ocorrer alagamentos, expondo as pessoas em contato com os resíduos do sistema, ou até mesmo transbordamento da ETAR.

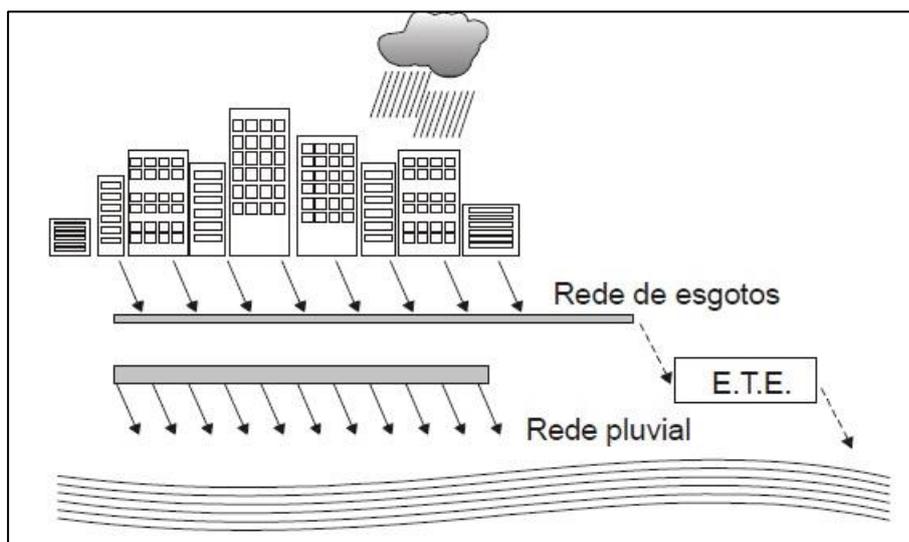
Aquando da ocorrência de precipitações elevadas o emissário que drena para a ETAR é sobrecarregado com caudais de grandes volumes, o que por vezes pode excede a capacidade de armazenamento da ETAR. Nestes casos, os caudais em excesso são encaminhados diretamente para as linhas de água mais próximas através de sistemas de descarga conhecidos como descarregadores de tempestade, ou armazenados temporariamente em bacias de retenção. (MARTINS, 2016, p.14).

Os reservatórios de armazenamento das águas resíduos possuem um extravasor, dispositivo responsável em escoar o excesso de água evitando o transbordamento do reservatório, na ocorrência de chuvas de alta intensidade os reservatórios podem exceder sua capacidade e direcionar os resíduos sem tratamento diretamente para os córregos e rios, contaminando-os.

2.3.2.4.2 *Sistema separativos*

O sistema separativo é constituído por duas redes coletoras distintas, uma para águas pluviais e outra para esgoto, a rede pluvial é responsável em escoar a água proveniente da chuva e o esgoto os dejetos das casas (figura 5). “Um sistema separativo evita o problema associado aos sistemas unitários, como é o caso do depósito de partículas nos coletores durante a época de estio, uma vez que um sistema separativo inclui duas redes de coletores” (MARTINS, 2016, p.14).

Figura 5 – Sistema de drenagem separador



Fonte: Sperling (1995, p. 54).

A ETAR, também denominada estação de tratamento de esgoto (ETE), é o local destinado ao tratamento do esgoto doméstico, assim as águas residuais antes de ser lançadas aos rios são devidamente tratadas, não os contaminando.

Em locais onde não tem canalização de esgoto residual, adotando-se nas casas sistema de fossa séptica, assim não despejando o esgoto diretamente no córrego mais próximo, e em muitos casos nas sarjetas de drenagens. Os resíduos domésticos são direcionados para a fossa séptica, onde o líquido recebe um tratamento parcial, ficando retido na fossa séptica os resíduos sólidos, a água excedente é diluída no solo ou direcionada aos rios. “A fossa séptica é uma construção impermeabilizada, de alvenaria, de plástico ou de concreto onde ocorre a depuração do material pesado (sólidos) e ocorre uma certa mortandade de organismos patogênicos (que causam doenças)” (BOTELHO, 2014, p. 152).

Na prática em muitos locais a inversão de papéis, onde o esgoto recebe águas de chuva e a drenagem pluvial acaba recebendo resíduos de esgoto, com isso, prejudicando o funcionamento de ambos.

Deficiências urbanas, entretanto, têm feito que esgotos sejam dirigidos a redes pluviais (caso de rua sem esgoto em que os efluentes de fossas correm pela sarjeta e chegam às bocas de lobo do sistema pluvial) e, às vezes. Águas pluviais de telhados de residências são ligadas ao sistema predial de esgoto sendo erradamente ligadas à rede pública de esgoto. (BOTELHO, 2014, p.156).

O esgoto quando é despejado em sarjetas, ou até mesmo ligado diretamente no sistema de drenagem, além de causar possíveis contaminações nas pessoas em épocas de

alagamento, prejudica muito a eficiência da rede pluvial, pois quando as águas de chuvas são direcionadas aos bueiros e galerias, as mesmas já estão cheias de águas providas de esgoto.

2.3.2.4.3 *Sistemas mistos*

Os sistemas mistos são constituídos pela harmonização dos dois sistemas anteriores, parte da rede coletora funciona como sistema unitário e o restante como sistema separativo. “Estes sistemas prevalecem nas grandes cidades que possuem centros históricos com sistemas de drenagem unitários já com muitos anos de funcionamento e as novas urbanizações que possuem sistemas de drenagem separativos” (Martins, 2016, p.15).

2.3.2.4.4 *Sistema parciais ou pseudo-separativos*

De acordo com Tsutiya e Bueno (2005) O sistema parcial é constituído por duas redes coletoras, como o sistema separador, entretanto este sistema recebe uma parcela das águas de chuva proveniente de telhados e pátios interiores ao sistema residual doméstico.

2.3.3 **Parâmetros de Projeto**

2.3.3.1 Estudo hidrológico

Villela (1975) salienta que o estudo da hidrologia, hoje, é imprescindível para se ter um bom planejamento e destinar de maneira correta os recursos hídricos disponíveis, cujo o conhecimento, se caracteriza em uma objetividade de melhor utilização.

2.3.3.1.1 *Ciclo hidrológico*

Chama-se ciclo hidrológica a constante movimentação da água na atmosfera terrestre. “É o fenômeno global de circulação fechada da água entre a superfície terrestre e a atmosfera” (TUCCI, 2009, p. 35). A sua formação inicia-se com o calor do sol na superfície terrestre, assim, aquecendo o ar, o solo e as plantas, resultando na evaporação de moléculas de água, que ao atingir determinada altura condensa formando nuvens de chuva.

Quando as gotículas de água, formadas por condensação, atingem determinada dimensão, precipitam-se em forma de chuva. Se na sua queda atravessam zonas de temperatura abaixo de zero, pode haver formação de partículas de gelo, dando origem

ao granizo. No caso de a condensação ocorrer sob temperaturas abaixo do ponto de congelamento, haverá a formação de neve. (SOUZA et al,1976, p.2).

Segundo Eugenio (1989) o principal responsável pela condensação da maioria das chuvas é o chamado resfriamento adiabático, ocorre com a elevação do ar não saturado, por diferentes meios, o aumento da altitude reduz a pressão e o ar se expande, nesse processo o ar resfria à medida que se eleva, dando origem a precipitações.

Para Tucci (2009) o ciclo hidrológico é fechado, onde toda água evaporada volta em forma de chuva, contudo nem sempre no mesmo local. O grande motivo disso é a rotação contínua da terra e constantes movimentações de massas de ar que desloca as nuvens carregadas para outros locais.

O caminho da água da chuva está relacionado ao local onde ela ocorre sua precipitação, nos grandes centros urbanos a maior parte escoar pelo sistema de drenagem devido ao solo impermeável, já em áreas rurais grande parte da água precipitada é captada pelas plantas e infiltrada no solo.

A água precipitada na superfície terrestre segue vários caminhos: uma parte é evaporada durante a queda; outra parte é interceptada (plantas, casas, etc.) sendo também evaporada; uma outra parte dá lugar ao escoamento superficial que se dirige para os rios que por sua vez alimentam os lagos e oceanos donde é evaporada; outra parte infiltra-se, humedece o solo que também é fonte de evaporação, alimenta as plantas através das quais volta à atmosfera por transpiração, ou alimenta os aquíferos que por sua vez alimentam os cursos de água donde será também evaporada, fechando-se assim o ciclo. (GUIMARÃES, 2012, p. 2).

Desta forma a água ao cair no solo em forma de chuva chega ao fim do ciclo hidrológico, ou podemos dizer ao início, o certo ninguém sabe, contudo, está constante movimentação da água é de extrema importância para a vida na atmosfera.

Para engenharia é fundamental os estudos quantitativos da precipitação de chuva para elaboração de projetos de drenagem, tanto urbano como agrícola, e para reabastecer rios e mananciais de abastecimento de água.

2.3.3.1.2 *Precipitações*

Grande parte da bibliografia estudada define precipitação como toda a água proveniente de vapor da atmosfera é depositada na superfície em forma de chuva, granizo, orvalho, neblina, neve ou geada. “O que diferencia essas formas de precipitações é o estado em

que a água se encontra” (TUCCI, 2009, p.177). No Brasil, devido as suas condições climáticas, as precipitações mais importantes são as chuvas.

As precipitações em forma de chuva são classificadas como: frontais, orográficas e convectivas.

- Frontais: São chuvas de baixa intensidade e longa duração, proveniente de choque de massas de ar quente e frio.
- Orográficas: As orográficas ocorrem devido à influência do relevo, massas de ar úmida proveniente de evaporação encontram barreiras naturais, elevando-se e resfriando gerando nuvens de chuva. São chuvas de baixa intensidade e longa duração.
- Convectivas: Conhecidas como chuvas de verão, tem curta duração e alta intensidade muitas vezes acompanhada de trovoadas e podendo cair granizo. Sua formação é devida as altas temperaturas do solo e do ar, quando as partículas de água sobem resfriam rapidamente e condensa formando grandes nuvens de chuva.

Conforme Souza et al (1976) a chuva conectiva interessa mais nos estudos de precipitações para drenagem urbana, nos cálculos de bueiros e galerias, por ter alta intensidade e pouco tempo de duração. São chuvas mais difíceis de previsão, por ter formação e precipitação rápida.

Como relatado cada classe de chuva possui características distintas, ligada ao meio de formação, os estudos voltados para elas estão relacionados ao meio de quantificar o volume de precipitado, em um determinado tempo.

As características principais da precipitação são o seu total. Duração e distribuições temporal e espacial. O total precipitado não tem significado se não estiver ligado a uma duração. Por exemplo, 100 mm pode ser pouco em um mês. Mas é muito em um dia ou, ainda mais, numa hora. (TUCCI, 2009, p.177).

Assim, a chuva de curta duração e alta intensidade está literalmente ligado ao problema de alagamento, por cair um grande volume de água em pouco tempo, consequência de deficiência no sistema de drenagem urbana, o volume que é escoado pela drenagem para rios e córregos é menor que a quantidade de chuva precipitada, assim ultrapassando os níveis das ruas e invadindo casas e edifícios.

Para Canholi (2005) o parâmetro mais importante a considerar em projetos de canalização é a vazão de projeto, ou seja, o volume de escoamento das águas da chuva associado a uma precipitação crítica. A determinação da intensidade de chuva é fundamental para o bom funcionamento do sistema de drenagem. O grande problema em estudos hidrológicos voltados

para drenagem urbana é a carência de dados fluviométricos que poderiam auxiliar na estimativa da vazão de projeto. “O tratamento dos dados de precipitação para a grande maioria dos problemas hidrológicos é estatístico” (TUCCI, 2009, p 177). Nos projetos de drenagem são adotados modelos matemáticos, chuva x vazão, para elaborar hidrogramas, assim estimar a vazão de projeto.

2.3.3.2 Critério geral para definição e execução do projeto

Ao iniciar um projeto de drenagem pluvial são necessários alguns elementos físicos, Tucci (2009) cita os principais:

- Planta plani-altimétrica na escala 1:2000 ou 1:1000 contendo as curvas de níveis;
- Levantamento topográfico contendo a cota de nível de todas as esquinas e mudanças de greides das vias públicas;
- Cadastro das redes de drenagem urbana existente;
- Estudos Urbanos para determinar a tipo de ocupação da área e a taxa de ocupação existente;

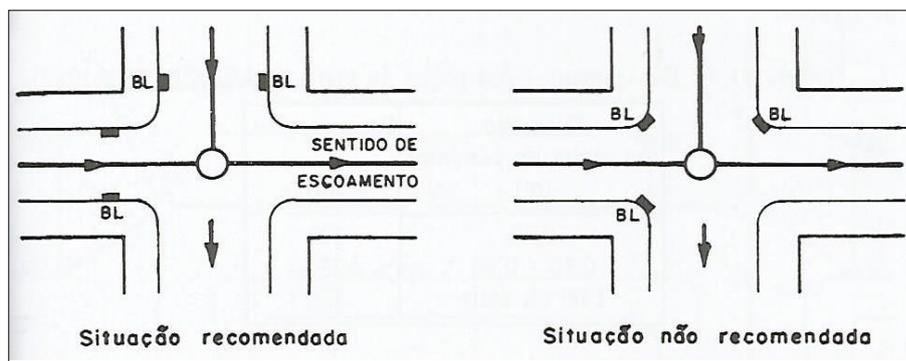
Com os seguintes dados supracitados, o projetista irá analisar toda a área que deverá conter a drenagem, e delimitar as sub-bacias de drenagem, com isso o estudo irá partir para o traçado preliminar da rede coletora pelas ruas, de acordo com as condições naturais, utilizando ao máximo o escoamento por gravidade. Tucci (2009) salienta que o traçado ideal é aquele que estabelece uma solução de maior economia.

Ao definir o traçado ideal da rede de drenagem, o projetista irá para os cálculos da vazão de escoamento, e irá igualar com a vazão admissível das sarjetas. Caso a vazão de escoamento for maior que a vazão admissível, o trecho deverá conter galeria de drenagem, caso contrário apenas sarjetas.

De acordo com a CETESB (1980) toda a rua deverá conter uma declividade mínima de 1%, para direcionar a água no pavimento até as sarjetas. “A sarjeta padrão, quando incorporada a uma guia, deverá ter 15 cm de profundidade e 60 cm de largura” (idi ibid, p. 260).

Os trechos onde o projetista determinará como galeria de drenagem, o mesmo deverá ser composto com poços de visita e bocas de lobo. Tucci (2009) recomenda a instalação de bocas de lobo em ambos os lados da rua, com espaçamento máximo de 60 m, em cruzamentos de ruas o melhor local para instalação é antes da faixa de pedestre (figura 6).

Figura 6 – Locação recomendada da boca de lobo



Fonte: Tucci (2009, p.827).

O projeto deverá se enquadrar na situação recomendada, assim o escoamento da água pelas sarjetas não interfere no tráfego de pessoas pela faixa de pedestre, entretanto por razões econômicas, encontramos em muitos locais a situação não recomendada, pelo fato de utilizar apenas um ponto de captação de água, neste caso além de sobrecarregar a boca de lobo, que recebe contribuição de duas ruas, é incômodo no tráfego de pessoas na faixa de pedestre.

Botelho (2014) sugere a locação do poço de visita nas seguintes situações: em cruzamentos de rua, quando o trecho da galeria necessitar mudar o diâmetro dos tubos, em mudanças de direção, em trechos muito longo e em todo início da rede de drenagem. Os espaçamentos máximos estão de acordo com a tabela 1.

Tabela 1 – Espaçamento entre poços de visita.

DIÂMETRO (OU ALTURA) DO CONDUTOR (m)	ESPAÇAMENTO MÁXIMO (m)
0,3	120
0,5 – 0,90	150
1,00 ou mais	180

Fonte: CETESB 1980, p. 217.

É sugerido este critério de instalação do poço de visita, para facilitar o diagnóstico de possíveis falhas no sistema de drenagem e limpeza. O tubo de saída do poço de visita deve ter no mínimo 10 cm de cota inferior aos de entrada, e seu diâmetro deve ser igual ou superior ao de entrada (vide anexo C).

Os tubos das galerias devem atender a ABNT NBR 8890-2007 - Tubo de concreto de seção circular para águas pluviais e esgotos sanitários-requisitos e métodos de ensaio, onde

esta norma especifica todo o procedimento de fabricação e aceitação dos tubos destinados a condução de águas pluviais.

No projeto deve ser especificado a instalação dos tubos de acordo com a ABNT NBR 15645-2009– Execução de obras de esgoto sanitário e drenagem de águas pluviais utilizando-se tubos e aduelas de concreto. Os requisitos mínimos a ser apresentado são a execução dos berços e junções dos tubos.

Artigo 4.5.15.2 da ABNT NBR 15645 especifica o fundo da vala deve ser regular, uniforme e devidamente compactado, obedecendo a declividade do projeto. Em terrenos secos, com capacidade de suporte satisfatório, o apoio do tubo pode ser diretamente no solo. Em terrenos de solos instáveis, deve ser executado para o assentamento dos tubos uma laje de concreto simples de espessura mínima de 15 cm. A norma aceita outros tipos de fundação para os tubos tais como: embasamento de pedra de mão (rachão), de espessura mínima de 1,00 metro, estacas de madeira com diâmetro mínimo de 20 cm e de comprimento mínimo de 2,00 metros. O mais usual em obras de drenagem pluvial é o assentamento do tubo diretamente no solo.

O Artigo 4.5.15.3 da ABNT NBR 15645 especifica que a junção dos tubos deve ser colada com argamassa de cimento e areia, e deve ser verificado as suas faces, da bolsa interna, está em perfeito estado para a execução da junção.

2.4 MEDIDAS DE CONTROLE

A fim de evitar alagamentos e enchentes, as medidas de controle podem ser tanto estruturais, com a modificação do sistema de drenagem, como não estruturais, voltando-se mais para parte da gestão e de conscientização da população.

As medidas estruturais são aquelas que modificam o sistema pluvial evitando os prejuízos decorrentes das enchentes, enquanto que as medidas não-estruturais são aquelas em que os prejuízos são reduzidos pela melhor convivência da população com as enchentes. (TUCCI, 2003, p. 63)

As medidas estruturais são obras de engenharia, onde são implantadas com o intuito de diminuir a ocorrência de enchentes, geralmente modificando o escoamento do rio, tendo a intenção de acelerar a vazão. Tucci (1997) incrementa que são obras de infraestrutura na qual são executadas destinadas a controlar a relação da precipitação com a vazão de escoamento. Essas obras são por meio de dragagem, alteração do vegetal do solo, sistemas de drenagem, dentre outras medidas. Por fim, toda obra de engenharia destinada a impulsionar o fluxo pluvial.

Goldenfum (2016) cita que as medidas estruturais devem ser consideradas tendo por base as particularidades físicas, hidrológicas e topográficas do local, além das características dos sistemas de limpeza e de ocupação urbana.

Porém se necessita de medidas não-estruturais para serem realmente eficientes, onde se torna indispensável uma conscientização e cooperação por parte da população e dos órgãos governamentais e municipais, na qual a influência do fluxo de drenagem está relacionada com inúmeras ocasiões, indo desde a ocupação inadequada das áreas com risco de inundação, até aos problemas ambientais que influenciam diretamente na precipitação da localidade. Outra providência a ser considerada, é a questão do manejo correto dos resíduos sólidos, a fim de evitar a obstrução das saídas de escoamento.

Tucci (2009) menciona que o emprego das medidas não-estruturais reduz significativamente os custos das medidas estruturais se forem devidamente empregadas com antecedência aos desastres naturais, intensificando que os custos das medidas estruturais são superiores as das não-estruturais.

Entretanto, o combate a essas ocorrências podem e devem ser empregas em conjunto para se tornarem de fato eficientes. A implantação em conjunto dessas medidas segundo Tucci (2009) “permite a população ribeirinha minimizar suas perdas e manter uma convivência harmônica com o rio”. O que torna essencial a execução de um bom planejamento para região habitada.

2.4.1 Planejamento

Para ter um sistema de drenagem eficiente, é necessário um bom planejamento, tanto nas medidas estruturais, quanto nas não estruturais, portanto, se organiza e controla essas medidas por meio de um plano diretor.

O principal objetivo do Plano Diretor de Drenagem Urbana é criar os mecanismos de gestão da infraestrutura urbana, relacionados com o escoamento das águas pluviais, dos rios e arroios em áreas urbanas. Este planejamento visa evitar perdas econômicas, melhorar as condições de saneamento e qualidade do meio ambiente da cidade, dentro de princípios econômicos, sociais e ambientais definidos pelo Plano Diretor de Desenvolvimento Urbano e Ambiental. (TUCCI, 2005, p. 2)

Deve-se fazer um acompanhamento das áreas impermeáveis, a fim de estabelecer uma relação da área impermeável com a densidade populacional, verificando se o crescimento de ocupação está de acordo com o estabelecido pelo planejamento.

Segundo Goldenfum (2016), o planejamento da drenagem é importante para avaliar as situações existentes, para assim identificar os problemas, de modo a dar prioridades aos riscos mais potenciais e considerar a opção de gestão.

2.4.2 Cadastro da rede de drenagem

O cadastro do sistema de drenagem, é de suma importância para definir a situação e o desenvolvimento da drenagem local, de modo que o cadastramento se torna necessário tanto para a informação da infraestrutura existente, com a localização dos sistemas, determinação das medidas dos condutores, pavimentos permeáveis, situação das bocas de lobo, determinação de cotas de galerias e identificação dos materiais empregados, como para as indicações dos problemas não estruturais, mostrando os pontos críticos existentes, cotas de alagamentos e obstruções do escoamento.

Tal atributo é importante não só para atender os objetivos originais do projeto, como a manutenção de dados cadastrais do sistema, mas também para reiterar a importância do cadastro das obras públicas como um fator essencial no gerenciamento dos diversos sistemas de infraestrutura, particularmente o Sistema de Drenagem urbana. (RIBEIRO, p. 49,2001).

É imprescindível o cadastramento do sistema também para a eficiência da manutenção, não só do conjunto da infraestrutura em si, mas incrementando a política da ocupação do solo urbano, para se manter regularmente um melhor controle dos elementos empregados.

2.4.3 Manutenção do sistema de drenagem

A manutenção é um elemento fundamental para o funcionamento do sistema de drenagem, “pode ser definida como o conjunto de atividades destinadas a garantir as condições operacionais pré-estabelecidas para o sistema de drenagem de forma a reduzir o risco de falhas devido ao mau funcionamento de seus componentes” (SÃO PAULO p.113, 2012). Os tipos de manutenções usuais no sistema de drenagem urbano são a preventiva e a corretiva.

2.4.3.1 Manutenção preventiva

A inspeção periódica é uma característica da manutenção preventiva, que visa examinar os componentes do sistema com o intuito de prolongar a vida útil e mantê-lo apto a desempenhar sua função quando for solicitado.

São serviços efetuados em intervalos predeterminados ou de acordo com critérios prescritos, destinados a reduzir a probabilidade de falha, desta forma proporcionando uma “tranquilidade” operacional necessária para o bom andamento das atividades produtivas. (RICARDO p.10, 2002).

Desta forma, na manutenção preventiva deve-se examinar a rede de drenagem urbana, e caso necessário, efetuar medidas para sanar os possíveis problemas encontrados. As principais atividades realizadas neste tipo de manutenção são limpezas em bueiros, sarjetas, sarjetões e nos poços de visita, de forma a desobstruir os componentes. De acordo com a CETESB (1980) a limpeza dos dispositivos de captação de água deve ocorrer nos meses que antecedem os períodos chuvosos.

2.4.3.2 Manutenção Corretiva

A manutenção corretiva é caracterizada como uma atividade não planejada com o objetivo de eliminar a falha no sistema. De acordo com a ABNT NBR – 5492 é a manutenção efetuada após a ocorrência de uma pane destinada a recolocar um item em condições de executar uma função requerida.

Para Ricardo (2002) uma manutenção preventiva planejada reduz a probabilidade da ocorrência de uma corretiva, mas não isenta o seu uso. Na rede de drenagem urbana, muitas vezes por falta de inspeção periódica ou até mesmo por erros de projeto não detectados, a manutenção corretiva é frequentemente utilizada na troca de tubos danificados, desentupimento do sistema obstruído ou reconstrução de bocas de lobo.

2.5 PROBLEMAS RELACIONADOS COM INUNDAÇÕES E ALAGAMENTOS NO MUNICÍPIO DE TUBARÃO/SC

Tubarão, localizada no sul catarinense, é uma cidade litorânea e ao mesmo tempo presente na encosta da serra, o que a torna vulnerável a eventos meteorológicos. Segundo dados do IBGE (2010), ocupa uma área de 301,75 km², no qual possui uma cobertura de 91,3% de

moradias com tratamento de esgoto sanitário apropriado, onde para destino correto da drenagem pluvial, possui 44.1% de domicílios urbanos com presença de bueiro, calçada, pavimentação e meio-fio. Em 2010 a cidade apresentava uma quantidade de 97.235 habitantes, na qual tem-se uma estimativa de crescimento populacional em 2016 para 103.674 habitantes, onde se nota um crescimento populacional considerável.

Mesmo havendo situações precárias no tratamento de saneamento básico, a cidade se sobressai em relação à média do país, porém, fica evidente que o município está tendo um crescimento elevado por parte da sociedade, onde este fator dificulta e influencia diretamente no controle do manejo pluvial.

Goldenfum, et al (2016, p. 44) observa que “a urbanização de Tubarão se deu dentro da planície de inundações do rio, caracterizada pela baixa declividade do terreno neste local e pela morfologia meandrada de rios típicos de planície”. O índice de ocorrência por cheias aumenta, devido a cidade localizar-se na encosta da serra catarinense, que por sua vez toda a vazão de afluentes vindo em forte declividade trazida pelo Rio Tubarão, acaba se depositando e concentrando-se na cidade.

Mathias et al (2015) menciona que os frequentes históricos de alagamentos e inundações em Tubarão e em toda a região da Associação de Municípios da Região de Laguna (AMUREL), é ocasionado devido a sua topologia e extensa área hidrográfica existente.

2.5.1 Inundações

Segundo Assunção (2014) desde o século XIX era frequente em qualquer época do ano os registros de enchentes e transbordamentos na região da bacia hidrográfica do Rio Tubarão.

Porém a mais comentada e visada foi em 24 de março no ano de 1974, com uma enchente de grandes proporções no Rio Tubarão, que percorre harmoniosamente por toda região central da cidade, onde propiciou uma catástrofe que dificilmente será esquecida pelos habitantes locais, deixando para trás mortos, feridos e a grande maioria da cidade desabrigada. “As chuvas torrenciais assolavam diversas regiões do país. Portanto, não se tratou de um fenômeno climático que acometeu uma região em particular” (MATEUS, 2016, p. 127).

Existiram vários motivos que influenciaram para a ocorrência do transbordamento, dentre eles, fatores meteorológicos com ventos se direcionando do mar para o continente, elevando a maré, de modo a influenciar e dificultar o desaguamento do rio no oceano, além das

condições geográficas, com a região formada basicamente por planícies, e estando situada na encosta de uma zona serrana.

A enchente teria sido causada por uma combinação de diversos fatores. Os principais deles seriam um período prolongado de chuvas, em março do mesmo ano, que levara a um encharcamento do solo, e a “lestada”, como são chamadas as chuvas e os ventos vindos do litoral, que provocara o represamento das águas do rio na Serra Geral. (ASSUNÇÃO, 2014, p. 197)

Observa-se que para o acontecimento nesse evento, houve um conjunto de agravos que influenciaram para a ocorrência do transbordamento. Mathias et al (2005) relaciona de acordo com o Quadro 1, o período crítico e a evolução cronológica do desastre de 1974 no Rio Tubarão.

Quadro 1 - Cronologia dos fatores naturais e humanos da enchente de 1974.

Data	Acontecimentos
22 de março (sexta-feira)	<ul style="list-style-type: none"> • Chuvas intensas por todo período; • Áreas baixas inundaram; • Áreas rurais com níveis de até 1 metro;
23 de março (Sábado)	<ul style="list-style-type: none"> • Duas trombas d’água assolavam as cidades Orleans e Lauro Muller; • O número de desabrigados aumentou com a subida do nível do Rio; • No período vespertino a chuva e a inundação estabilizaram; • Pessoas j�a retornavam para áreas atingidas; • A noite a chuva retornou ainda mais intensa; • A cheia atingiu a termoeletrica Jorge Lacerda causando apagão; • Deslizamento de terras em encostas;
24 de março (Domingo)	<ul style="list-style-type: none"> • Madrugada com chuva intensa; • Abertura da Barra do Camacho, por determina�o da prefeitura do município; • Correntezas geradas pelo escoamento das águas;
27 de março (Quarta-feira)	<ul style="list-style-type: none"> • Com o escoamento em potencial as pessoas puderam retornar as suas casas;

Fonte: Carginin 2000, Machado 2005, Vetoretti 1992 apud Mathias et al (2005, p. 439).

Segundo Goldenfum, et al (2016) essa ocorrência obrigou a se tomar medidas necessárias contra possíveis acontecimentos similares futuros, onde trouxe   tona a necessidade

imediate de se fazer uma dragagem do rio, porém a modificação do percurso direcionou para outros problemas, assim, o que antigamente eram planícies naturais de inundação, agora são pontos ocupados por estradas e prédios, empossados com escassez ou nenhum tipo de planejamento para a ocupação do solo.

O PLAMCOM de Tubarão (2014) ainda salienta que apesar da grande inundação de 1974, a população de Tubarão tendeu a se consolidar em torno do rio, contornando e marcando um adensamento das urbanizações em ambas as margens. Com isso a população estabilizou uma área urbana em volta do rio, criando zonas de risco para os habitantes locais.

2.5.2 Histórico de alagamentos

Tubarão teve um inadequado desenvolvimento na questão de ocupação de solo, onde isso acarretou em numerosos problemas, dentre eles se enfatiza os problemas sociais e estruturais, e por ser uma cidade composta em sua grande maioria por planícies, tem uma elevada possibilidade de ocorrer alagamentos.

“Os alagamentos também são frequentes no município de Tubarão e caracterizam-se pela acumulação momentânea de água em determinados locais devido as deficiências do sistema de drenagem do município. O relevo do município também é um fator que influencia os alagamentos, principalmente por se caracterizar como uma área de planície com baixa declividade, o que dificulta o escoamento da água da chuva”. (GOLDENFUM, et al, 2016, p. 44).

Portanto, devido a esses agravantes, a cidade se torna muito vulnerável aos eventos de alagamento. A Defesa Civil de Tubarão (2014), apresenta por volta da última década, as situações de risco registradas mediante decretos, de acordo com Quadro 2.

Quadro 2 - Registos de situação de emergência em casos de alagamentos.

Decreto	Data	Situação
Decreto nº1587/94	13/05/1994	Declara situação anormal caracterizada como emergência por Alagamento.
Decreto nº1645/95	23/01/1995	Declara situação anormal caracterizada como emergência por Alagamento.
Decreto nº1689/95	26/12/1995	Declara situação anormal caracterizada como emergência por Alagamento.
Decreto nº1691/95	28/12/1995	Declara situação anormal caracterizada como emergência devido ao agravamento do Decreto nº1689/1995 por Alagamento.

Decreto	Data	Situação
Decreto nº2.255	07/05/2004	Decreta situação anormal caracterizada como emergência por Alagamento
Decreto nº2.765	20/01/2011	Decreta situação de emergência por Alagamentos.

Fonte: Tubarão (2014), elaborada pelos autores.

No decorrer dos anos a população comenta inúmeros incidentes de alagamentos, porém não prescritos através de registros, onde estes, são apresentados somente em situações de alarme ou emergência. Goldenfum, et al (2016) cita no quadro 3 os bairros e ruas com maior risco de ocorrência de inundações e alagamentos no município de Tubarão.

Quadro 3 - Pontos de conhecimento da ocorrência de inundações e alagamentos.

Bairro	Localidade
Bairro Dehon:	<ul style="list-style-type: none"> •Ruas próximas a Unisul, Simeão Esmeraldino de Menezes, e outras nas adjacências da Capitão Alexandre de Sá. •Rua Padre Geraldo Spettmann •Rua Martinho Ghizzo
Bairro Vila Moema:	<ul style="list-style-type: none"> •Rua Recife •Avenida Marcolino Martins Cabral. •Avenida Venceslau Braz (próxima ao Fórum) •Rua São Luiz
Bairro Centro e Recife:	<ul style="list-style-type: none"> •Avenida Pedro Zapellini •Rua Padre Bernardo Freuser •Avenida Marcolino Martins Cabral (Perto da Receita Federal). •Rua Bernardino Antunes Teixeira
Bairro Oficinas e Monte Castelo:	<ul style="list-style-type: none"> •Avenida Pedro Zapellini •Rua Raul Zobot •Rua Sílvio Búrigo
Bairro Humaitá:	<ul style="list-style-type: none"> •Rua Manoel Miguel Bittencourt

Fonte: Goldenfum, et al (2016, p. 16).

A cidade de Tubarão, além de sofrer pelo relevo, e eventos climáticos, conta com a falta de cuidado por parte do controle do resíduo sólido tanto por parte da população, quanto na coleta, por parte do município. Bortoluzzi e Bardini (2011) relacionam a deficiência do sistema de drenagem, com os fatores não-estruturais, onde esses fatores tornam a cidade frágil e susceptível aos alagamentos.

3 METODOLOGIA DA PESQUISA

As pesquisas científicas, muitas vezes fogem da realidade da estrutura tradicional de entendimento, porém a busca pelo conhecimento mais aprofundado do tema, resulta em uma melhor compreensão.

De modo a aprimorar as formas antigas usualmente utilizadas, comumente mal compreendidas por parte do pesquisador, a busca por trazer o conhecimento para a realidade se torna imprescindível, tanto para as pesquisas científicas mais aprofundadas como os temas de conhecimento público.

Sobre a importância da investigação, Demo (2012) comenta sobre a necessidade da busca em superar a rotina, onde pelo trabalho desenvolvido, o pesquisador adquira autonomia para mostrar sua capacidade de criatividade e interpretação.

Os procedimentos científicos de investigação, dá a oportunidade ao aluno expectador de assumir o protagonismo, de modo a capacitá-lo na direção de questionar eventualidades do meio em que está inserido.

3.1 O TIPO DE PESQUISA REALIZADA

Esta investigação assume a **abordagem qualitativa, do tipo estudo de campo permeado com a análise bibliográfica e descritiva**, pois traz uma temática parcialmente conhecida pelos pesquisadores, acadêmicos do Curso de Engenharia Civil e, também, por trazerem uma problemática muito específica, alagamentos em Avenida da cidade de Tubarão, Santa Catarina, que, por si só, possuem características específicas não tratadas no referencial teórico consultado.

O problema central desta investigação trata da compreensão e proposições de solução para um fenômeno natural que envolve diretamente um grupamento humano, a população do município estudado. Triviños (2006) afirma que, a interpretação de fatos, implícitos ou explícitos que envolvem pessoas, interferindo em seu meio que analisa pareceres e expressões pessoais deve ser realizada através pesquisas qualitativas.

Dessa forma, a percepção das decorrências dos alagamentos passa, obrigatoriamente, pela fala dos envolvidos, mais especificamente os moradores do entorno da Avenida estudada. Esse fato exige dos investigadores uma minuciosa interpretação para obter, no momento da análise dos dados e discussão dos resultados, a adequada nitidez e credibilidade de um estudo científico.

Ao mesmo tempo, os estudos de abordagem qualitativa, realizados nesta pesquisa, querem, sobretudo, resgatar e discutir sob nova perspectiva, a dimensão social da investigação. Para isso incorpora a expressão construtiva e analítica dos conceitos científicos apresentados.

Araújo e Oliveira (1997, p.11) creditam à abordagem qualitativa alguns elementos como: a) [...] ocorrem em situações naturais; b) é rica em dados descritivos originados do contato direto do pesquisador com a situação estudada; c) permite ênfase maior ao processo que ao produto; d) traz a perspectiva dos diretamente envolvidos e d); é flexível e focaliza a realidade de maneira holística e contextual. Além disso, os estudos qualitativos, objetivam identificar razões que ocasionaram ou contribuíram para a ocorrência de um determinado fenômeno.

O nível descritivo do estudo permite aos pesquisadores a definição e observação do comportamento de variáveis, dependentes, independentes e intervenientes, presentes no processo delineado. Gil (1999, p. 44) nos diz que “as pesquisas deste tipo têm como objetivo primordial a descrição das características de determinada população ou fenômenos ou o estabelecimento de relações entre variáveis.”

Por isso, tratar de alagamentos em uma Avenida urbana, exigiu dos pesquisadores e definição de variáveis da seguinte forma:

- a) Variável independente: as precipitações pluviométricas, torrenciais ou não que afetam a Avenida estudada;
- b) Variável dependente: as decorrências, alagamentos registrados com frequência na Avenida citada;
- c) Variáveis intervenientes: bocas de lobo e calhas de escoamento pluvial que podem estar total ou parcialmente obstruídas interferindo diretamente na variável dependente.

O detalhamento e análise dos múltiplos eventos correlacionados às variáveis descritas permitiu a elaboração de um protocolo que, seguramente, poderá ser utilizado por autoridades municipais para a prevenção dos problemas gerados pelas inundações do local objeto deste estudo.

3.2 A DEFINIÇÃO DO TEMA DE ESTUDO

O Curso de Engenharia Civil, da Universidade do Sul de Santa Catarina, da cidade de Tubarão, no sul do estado, recomenda que exista a possibilidade de trazer para discussão problemas que afetam a realidade dos seus alunos e das comunidades da região.

Dessa forma, mediante aos eventos ocasionados pelos alagamentos na cidade, surgiu a necessidade de elaborar um estudo sobre tais problemas referentes a drenagem urbana das sub-bacias da Avenida Pedro Zapelini, em Tubarão/SC.

Ao pesquisar sobre o assunto, verificou-se que a prefeitura estava realizando a revisão e atualização do plano diretor relacionado a drenagem urbana, junto ao Instituto de Pesquisas Hidráulicas (IPH). A partir de contatos realizados com o instituto, teve-se a oportunidade de discutir sobre o tema. Na ocasião foram sugeridos dois temas: Estudos sobre as áreas delimitadas para ser utilizada como área de retenção hidráulica e Cadastramento da rede de drenagem existente.

Com isso, sob total consenso dos autores e da orientadora, e com o aconselhamento do professor coordenador do projeto de macrodrenagem do município, o tema escolhido foi a elaboração de um **cadastro das infraestruturas que compõem o sistema de drenagem pluvial: estudo de caso da Av. Pedro Zapelini – Tubarão/SC**, com o propósito de mapear e cadastrar a rede de drenagem existente, de modo a apresentar as ocasiões geradoras dos problemas.

3.3 LOCAL DE ESTUDO

O estudo de caso foi desenvolvido em uma região das sub-bacias que compõem a drenagem na Avenida Pedro Zapelini, situada nos bairros Oficinas, Santo Antônio de Pádua e Recife, Tubarão/SC que sofrem alagamentos constantes.

O município de Tubarão está localizado na região sul de Santa Catarina, possui área territorial de 301,755 km² (fonte IBGE 2010) (figura 7).

Figura 7 – Localização da Avenida Pedro Zapelini, Tubarão/SC



Fonte: site Google Earth, acessado em junho/2017, adaptado pelos autores.

Diante das ocorrências de alagamentos em certas regiões em torno da Avenida Pedro Zapelini, e sobre a orientação de funcionários da Agência Reguladora de Saneamento (AGR) de Tubarão e da Prefeitura Municipal, delimitou-se 4 zonas de estudo para a realização de análise e cadastro. De posse do mapa cadastral fornecido pelo órgão competente da prefeitura, pode-se delimitar os locais para a realização de levantamento e ao procedimento de cadastro in loco (figura 8).

Os Pontos de Estudo (PE) foram setorizados em forma retangular, consequentemente contendo quatro vértices, um em cada extremidade, contendo uma área total de 250.647,00 m². Os vértices foram locados e georreferenciados com coordenadas UTM vinculadas ao Sistema Geodésico Brasileiro SIRGAS 2000, descritos em cada Vértice (V) nos pontos de estudo.

Figura 8 – Localização dos pontos de estudo



Fonte: site Google Earth, acessado em setembro/2017, adaptado pelos autores.

O PE-1 com área de 71.128,00 m², foi demarcado por 4 vértices, sendo que o vértice V1 (Norte 6847073.22538 e Este 694744.707928) está situado no cruzamento da Rua Manoel Antunes Corrêa com a Rua Luiz Martins Collaço, o vértice V2 (Norte 6846762.95927 e Este 694830.698325) localiza-se no cruzamento da Avenida Pedro Zapelini com a Rua Manoel Antunes Corrêa, o vértice V3 (Norte 6847126.61254 e Este 694960.506277) fazendo-se entre a Rua Manoel Antunes Corrêa e a Rua Vereador Adolfo Machado, completando a área do ponto de estudo o vértice V4 (Norte 6846815.51134 e Este 695041.037068) estabelecido entre a Avenida Pedro Zapelini e a Rua Vereador Adolfo Machado (figura 9).

Figura 9 – Ponto de estudo 1 (PE-1)



Fonte: site Google Earth, acessado em setembro/2017, adaptado pelos autores.

A área de 72.091,00 m² do PE-2 foi demarcada pelo vértice V3 (Norte 6847126.61254 e Este 694960.506277), fazendo-se entre a Rua Manoel Antunes Corrêa e a Rua Vereador Adolfo Machado, juntamente com o vértice V4 (Norte 6846815.51134 e Este 695041.037068) situado entre a Avenida Pedro Zapelini e a Rua Vereador Adolfo Machado, o vértice V5 (Norte 6847180.51666 e Este 695182.028438) está situado próximo ao cruzamento da Rua Manoel Antunes Corrêa com a Rua Fridolino Althoff, e o vértice V6 (Norte 6846870.133326 e Este 695256.309071) que localiza-se no cruzamento da Avenida Pedro Zapelini com a Rua Fridolino Althoff (figura 10).

Figura 10 – Ponto de estudo 2 (PE-2)



Fonte: site Google Earth, acessado em setembro/2017, adaptado pelos autores.

Os 4 vértices do PE-3 com delimitação de 55.623,00 m², foram situados pelo vértice V5 (Norte 6847180.51666 e Este 695182.028438), acerca ao cruzamento da Rua Manoel Antunes Corrêa com a Rua Fridolino Althoff, o vértice V6 (Norte 6846870.133326 e Este 695256.309071) localiza-se adjacente ao cruzamento da Avenida Pedro Zapelini com a Rua Fridolino Althoff, o vértice V7 (Norte 6847223.84968 e Este 695353.864855) fazendo-se entre a Rua Manoel Antunes Corrêa com a Rua Prudente de Moraes, e completando a área do ponto de estudo o vértice V8 (Norte 6846910.1828 e Este 695421.829939) determinado entre a Avenida Pedro Zapelini e a Rua Prudente de Moraes (figura 11).

Figura 11 – Ponto de estudo 3 (PE-3)



Fonte: site Google Earth, acessado em setembro/2017, adaptado pelos autores.

O PE-4 com área de 51.805,00 m² contém o vértice V7 (Norte 6847223.84968 e Este 695353.864855) que está situado no cruzamento da Rua Manoel Antunes Corrêa com a Rua Prudente de Moraes, o vértice V8 (Norte 6846910.1828 e Este 695421.829939) localizado no cruzamento da Avenida Pedro Zapelini com a Rua Prudente de Moraes, o vértice V9 (Norte 6847264.00671 e Este 695512.863693) fazendo-se entre a Rua Manoel Antunes Corrêa com a Rua Felipe Schmidt, e finalizando a área do ponto de estudo o vértice V10 (Norte 6846931.95921 e Este 695575.078286) determinado entre a Avenida Pedro Zapelini e a Rua Felipe Schmidt (figura 12).

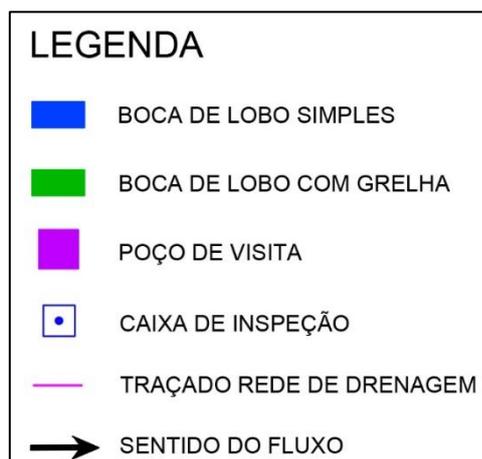
Figura 12 – Ponto de estudo 4 (PE-4)



Fonte: site Google Earth, acessado em setembro/2017, adaptado pelos autores.

A legenda a seguir demonstra como foi desenhado o traçado das tubulações e indicado o sentido do fluxo. Além de mostrar o tipo das bocas de lobo, poços de visita e caixas de inspeção, presentes em cada situação encontrada.

Figura 13 – Legenda dos componentes de drenagem



Fonte: Elaborado pelos autores, 2017.

Nas zonas de ponto de estudo, foram enumeradas as bocas de lobo existentes, e de modo a facilitar a percepção das situações desfavoráveis, foram dispostas em diferentes cores nas figuras de representação, sendo que a numeração na cor azul serve para tampas e entradas quebradas, a cor amarela para bocas de lobo consideradas entupidadas, em vermelho as que estão destruídas, e em preto para situação regular ou satisfatória, demonstrado por meio de legenda.

Figura 14 – Legenda da situação das bocas de lobo



Fonte: Elaborado pelos autores, 2017.

3.4 INSTRUMENTOS DE COLETA DE DADOS

Sabe-se que a validade científica de uma pesquisa é corroborada pelo número de instrumentos utilizados na coleta de dados. A exigência de, no mínimo, dois instrumentos de coleta é o que se recomenda para as investigações de todas as ordens e com caráter científico. Por isso foram definidos como ferramentas de coleta para este estudo, artigos científicos resgatados em repositórios gratuitos ou pagos, e a observação direta dos pesquisadores.

3.4.1 Observação direta

Este instrumento permite ao pesquisador o registro de informações não previstas em qualquer outro tipo de ferramenta de coleta de dados, sejam livros, artigos, dissertações ou teses. Assim, assume grande relevância para o estudo e está harmonicamente situado com o tipo de abordagem escolhida, a qualitativa. Ludke e André (1986), nos acrescentam que a observação direta como ferramenta para coleta de dados, possibilita um contato pessoal e estreito entre o pesquisador e o objeto pesquisado.

Desta forma, para a realização do levantamento cadastral da rede de drenagem urbana na qual a Av. Pedro Zapelini se integra, serão executadas as coletas de dados no local de estudo, por observação direta e por meio de registro fotográfico, contou-se com o auxílio de trena para medição, alavancas para abertura das tampas dos bueiros e fio de aço rígido para descobrir a distância entre micro e macrodrenagem, além da observação dos pesquisadores. Para o registro dos dados coletados in loco da rede de drenagem pluvial existente, contou-se com o auxílio de um software de desenho.

A partir do mapa cadastral impresso da região, se contabilizou e situou as bocas de lobo existentes no local de estudo, e para relacionar a situação existente, foi elaborada pelos autores uma tabela, na qual foi utilizada em campo para a anotação das análises, conforme demonstrada a seguir.

Tabela 2 - Tabela de coleta de dados das bocas de lobo

ID	Tipologia	Dimensões (cm)	Material estrutural	QTD de ligações	Ø tubo (mm)	Cota tubulação de saída (cm)	Situação
1	2	3	4	5	6	7	8

Fonte: Elaborado pelos autores, 2017.

1. Número da boca de lobo.
2. Tipo da boca de lobo, podendo ser simples ou de grelha (concreto ou metálica).
3. Dimensões do bueiro.
4. Tipo de estrutura da boca de lobo, sendo que as encontradas foram de pedra, bloco de concreto ou bloco cerâmico revestido ou não com reboco.
5. Quantidade de tubulações ligadas ao bueiro.
6. Diâmetro dos tubos ligados ao bueiro.
7. Cota de saída das tubulações ligadas as drenagens.
8. Situação encontrada para cada boca de lobo, sendo elas com material retido no fundo, condições hidráulicas, com entupimento, ou problemas estruturais.

3.4.2 Material bibliográfico

O referencial bibliográfico de uma investigação deve ser minuciosamente escolhido através do planejamento e consequente delineamento da investigação. Cervo e Bervian (1996) afirmam que este instrumento de coleta constitui, geralmente, o primeiro passo de qualquer pesquisa científica.

Para tanto, foram escolhidos artigos científicos atuais, resgatados de repositórios consolidados e disponíveis gratuitamente ou pagos pela universidade. Os artigos destacam-se por trazerem as mais contemporâneas informações. Também livros, físicos ou eletrônicos compuseram o arsenal bibliográfico, definidos por fornecerem dados técnicos consolidados para a especificidade do tema estudado.

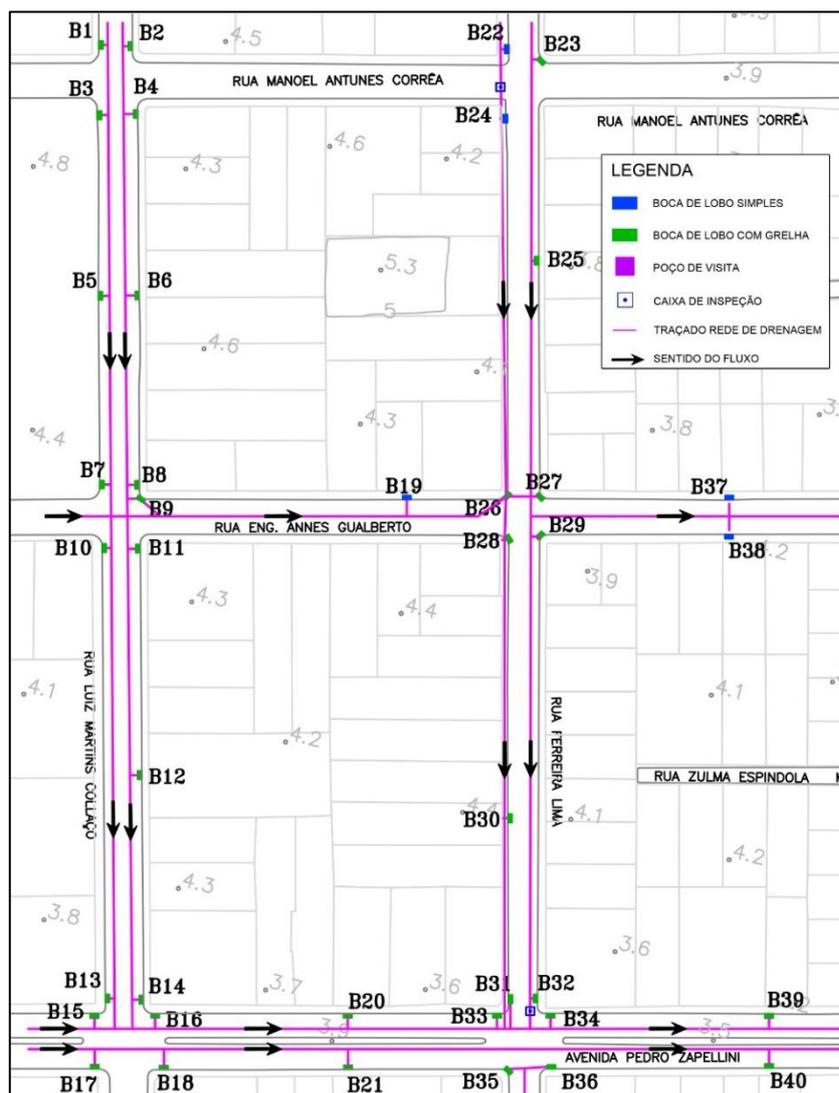
4 RESULTADOS E DISCUSSÃO

Os pontos de estudo descritos neste capítulo expõem as situações críticas encontradas no local, demonstrando o traçado da rede de drenagem e a situação dos dispositivos de captação de cada ponto de estudo. Uma prancha de folha A1 no apêndice A, traz o mapa de estudo contendo todos os pontos cadastrados com os dados levantados.

4.1 PONTO DE ESTUDO – PE-1

O traçado da rede de drenagem no PE-1 está coerente com a topografia do local, sendo o fluxo direcionado de acordo com a declividade, em direção a Av. Pedro Zapellini.

Figura 15 – Traçado da tubulação no PE-1



No cruzamento da Rua Engenheiro Annes Gualberto com a com a Rua Luiz Martins Colaço foi detectado um erro de projeto, a B9 está situada na esquina da rua muito próxima ao B8, onde deveria estar locada na Rua Engenheiro Annes Gualberto, antes da passagem de pedestre.

Outro fator importante para analisar neste ponto é a economia de componentes da rede de drenagem, onde não foi encontrado PV nas mudanças de direção e nos cruzamentos das ruas há pouco dispositivo de captação. A tabela 4 apresenta as características e a situação das bocas de lobo do PE-1.

Tabela 3 – Descrição das bocas de lobo do PE-1

ID	Tipologia	Dimensões (cm)	Material estrutural	QTD de ligações	Ø tubo (mm)	Cota tubulação de saída (cm)	Situação
B1	G. Metálica	50x85x100	Pedra	1	200	60	Boa
B2	G. Metálica	50x85x100	Pedra	1	200	70	Entupido
B3	G. Metálica	50x85x100	Pedra	1	200	55	Boa
B4	G. Metálica	50x85x100	Pedra	1	200	60	Boa
B5	G. Metálica	50x85x100	Pedra	1	250	60	Boa
B6	G. Metálica	50x85x100	Pedra	1	200	60	Entupido
B7	G. Metálica	50x85x130	Pedra	1	200	75	Boa
B8	G. Metálica	50x85x110	Pedra	1	200	60	Boa
B9	G. Metálica	50x85x110	Pedra	2	400;200	80;55	Boa
B10	G. Metálica	50x85x90	Pedra	1	200	70	Boa
B11	G. Metálica	50x85x110	Pedra	1	200	55	Boa
B12	G. Metálica	50x85x80	Pedra	1	200	60	Boa
B13	G. Concreto	50x85x101	Pedra	1	250	90	Tampa quebrada
B14	G. Concreto	50x85x100	Pedra	1	200	70	Boa
B15	G. Metálica	50x85x90	B. concreto	2	300	90;45	Boa
B16	G. Metálica	50x85x80	B. concreto	1	300	80	Boa
B17	G. Metálica	50x85x60	B. concreto	1	200	60	Boa
B18	G. Metálica	50x85x60	B. concreto	1	NI	NI	Entupido
B19	Simplex	70x100x100	B. concreto	1	200	70	Boa
B20	G. Metálica	50x85x80	B. concreto	1	300	80	Boa
B21	G. Metálica	50x85xNI	B. concreto	NI	NI	NI	Entupido
B22	Simplex	70x100x101	B. concreto	1	200	60	Boa
B23	G. Metálica	50x85x40	B. concreto	1	200	25	Boa
B24	Simplex	70x100x100	B. concreto	1	200	60	Boa
B25	G. Metálica	50x85x80	Pedra	1	200	50	Boa
B26	G. Metálica	50x85x70	Pedra	4	NI;400;600;600	75;70;70;70	Boa

ID	Tipologia	Dimensões (cm)	Material estrutural	QTD de ligações	Ø tubo (mm)	Cota tubulação de saída (cm)	Situação
B27	G. Metálica	50x85x100	Pedra	1	200	70	Boa
B28	G. Metálica	50x85x120	Pedra	3	200;600;600	75;70;70	Boa
B29	G. Metálica	50x85x100	Pedra	1	200	70	Entupido
B30	G. Metálica	50x85x90	Pedra	1	200	60	Boa
B31	G. Metálica	50x85x60	Pedra	1	200	60	Boa
B32	G. Metálica	50x85x100	Pedra	1	200	60	Boa
B33	G. Metálica	50x85x60	B. concreto	1	250	60	Boa
B34	G. Metálica	50x85x80	B. concreto	1	NI	80	Boa
B35	G. Metálica	50x85x80	B. concreto	1	NI	80	Entupido
B36	G. Metálica	50x85x60	B. concreto	1	250	60	Boa
B37	Simples	70x100x100	B. concreto	1	200	60	Boa
B38	Simples	70x100x100	B. concreto	1	200	70	Boa
B39	G. Metálica	55x80x90	B. concreto	1	200	70	Entupido
B40	G. Metálica	50x80x50	B. concreto	1	200	50	Boa

Fonte: Elaborado pelos autores, 2017.

O PE-1 possui bocas de lobo do tipo grelha (metálica ou concreto) e simples (concreto), as dimensões de área são padronizadas, alterando apenas a sua profundidade. O material da estrutura encontrado com maior frequência foi a pedra, composto por tubulação de saída com diâmetro de 200 mm, indicando que a drenagem existente é antiga.

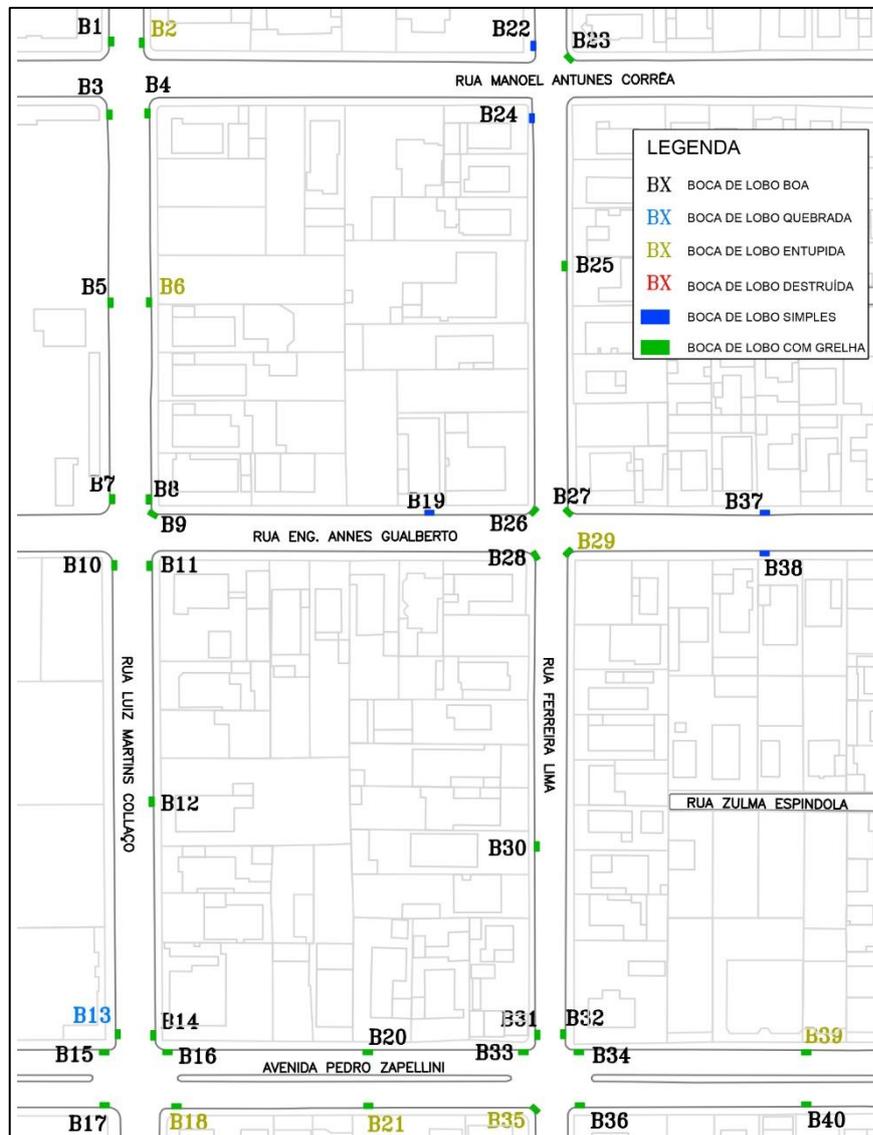
A falta de PV, visto no desenho esquemático do traçado, faz-se a necessidade de usar as caixas das bocas de lobo como elementos de ligação e mudanças de direção, isto fica claro ao identificar a quantidade de tubos ligando no B28 e B26, contendo especificamente 4 e 3 tubos ligantes.

Todos as bocas de lobo encontradas no PE-1 possuem cota da tubulação de saída, em relação à base, com isso sempre armazenando água e resíduos nas caixas, por um lado esta técnica de execução é benéfica pois armazena grande parte do resíduo sólido que acaba entrando no dispositivo, assim não indo diretamente para a tubulação, porém o ideal seria sair junto a parte inferior da boca de lobo para escoar toda a água proveniente de chuva, não deixando água parada na boca de lobo.

A falta de manutenção e limpeza resulta na má conservação das bocas de lobo, sendo que algumas encontram-se entupidas e cheia de resíduos nas caixas onde não foi possível verificar a dimensão da tubulação de saída. A figura 16 indica a situação real encontrada, através de cores das bocas de lobo, onde as bocas de lobo grifadas em amarelo encontram-se entupidas,

a em azul com a tampa quebrada, em vermelho destruída e as demais em preto encontra-se em bom estado.

Figura 16 – Situação das bocas de lobo no PE-1



Fonte: elaborado pelos autores, 2017.

O PE-1 não possui nenhuma boca de lobo destruída, a grande maioria estão em bom estado de conservação, apenas a B13 está com a tampa quebrada. Na Avenida Pedro Zapellini foi o pior trecho encontrado deste ponto, contendo quatro bocas de lobo entupidas, sendo as B18, B21, B35 e a B39.

Ao analisar B18, que visualmente estava em bom estado, detectou-se uma boca de lobo completamente cheia de resíduos sólidos, impossibilitando a vistoria do tubo de ligação e a cota de fundo da caixa. O objeto que está sendo visualizado na figura 17 é um guarda-chuva,

foi retirado de dentro da B18, onde o mesmo possui dimensões maiores que a abertura da grelha metálica, deixando uma incógnita de como este item foi parar dentro da boca de lobo, pois a grelha metálica obstruiria a passagem natural do objeto.

Figura 17 – Boca de lobo – B18



Fonte: elaborado pelos autores, 2017.

Em alguns locais foram encontradas sarjetas com obstrução da passagem do fluxo pluvial, dificultando o escoamento, e consequentemente atrapalhando o escoamento em períodos de alto índice pluviométrico, além de ser uma medida paliativa por parte da população, de nada adiantou, pois só transferiu o local de acúmulo de água (figura 18).

Figura 18 – Sarjeta na Rua Luiz Martins Collaço



Fonte: elaborado pelos autores, 2017.

A B19 possui uma cota de saída da tubulação muito elevada, assim dificultando o encaminhamento do fluxo, onde a água captada só irá ser drenada quando chegar no nível do tubo, que está praticamente no alinhamento com a entrada da boca de lobo. O bueiro escoará em partes para a tubulação, com o restante sendo drenado apenas por infiltração, e só será escoada a água por não existir impermeabilização correta na boca de lobo (figura 19).

Figura 19 – Boca de lobo – B19



Fonte: elaborado pelos autores, 2017.

A B22 encontra-se tomada por água cinza despejadas pelas residências, isso mostra a falta de tratamento de esgoto, onde o mesmo é transmitido para o sistema de drenagem e sobrecarregando o sistema, pois na ocorrência de chuva as bocas de lobo já estão cheias (figura 20).

Figura 20 – Boca de lobo – B22



Fonte: elaborado pelos autores, 2017.

Como no caso da B19, a canalização de saída do B23 possui cota de 25 cm, o tubo de drenagem está praticamente no mesmo nível da pista de rolagem, não contendo o recobrimento necessário para absorver as cargas dinâmicas dos automóveis (figura 21).

Figura 21 – Boca de lobo – B23



Fonte: elaborado pelos autores, 2017.

A área que compõe o PE-1 é densamente habitada e todas as ruas são pavimentadas, sendo elas em paralelepípedo, com exceção da Avenida Pedro Zapelini que é revestida por asfalto, tornado o piso ainda mais impermeável, no qual por possuir pouca área para infiltração de água no solo, aumenta o escoamento superficial, aumentando a demanda do fluxo para os dispositivos de captação. Assim, a drenagem pluvial existente é responsável por transportar toda a água que escoar pelo solo neste ponto, que ao analisá-la, foram observados alguns erros de projeto quanto a locação de bocas de lobo. O que se pode notar é a falta de PV, com a transferência de sua função para algumas bocas de lobo, que além de ser dispositivo de captação está atuando como um dispositivo de transporte da água, e com isso sobrecarregando o sistema e diminuindo a sua eficiência.

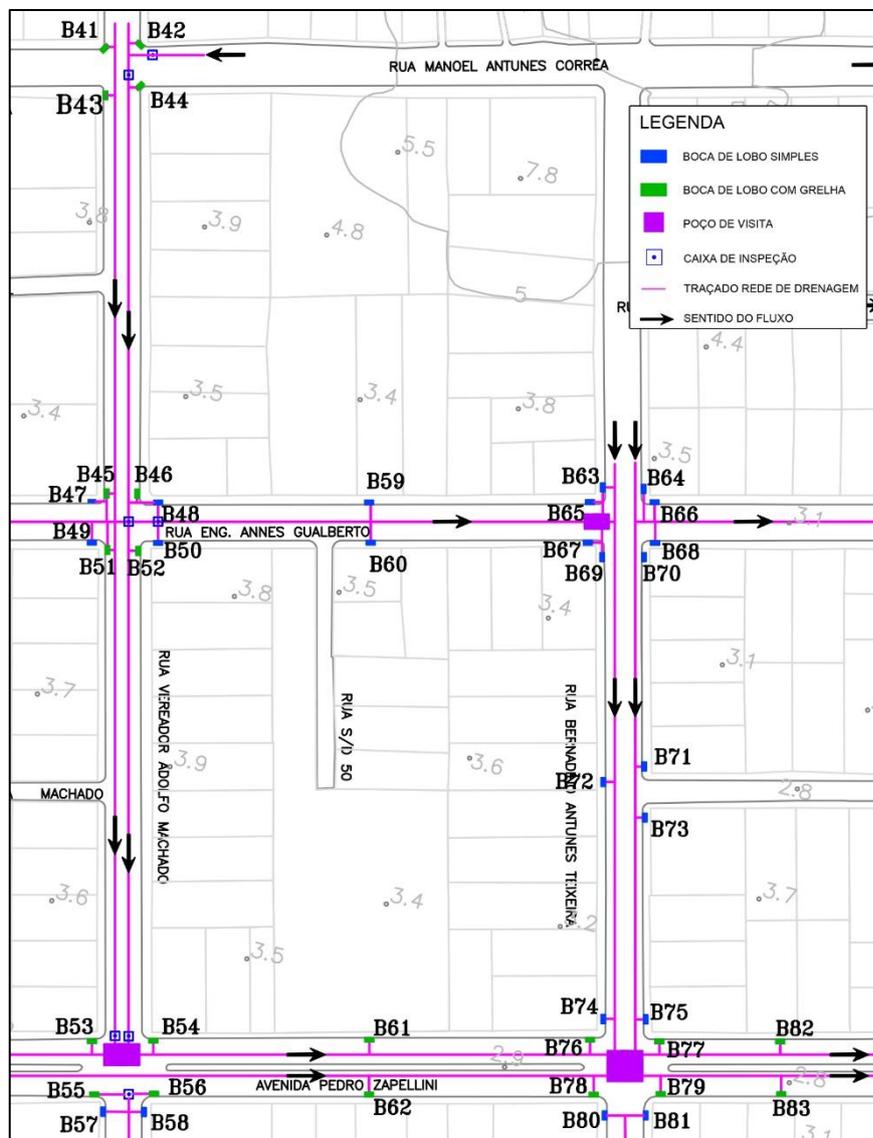
Encontrou-se também muita sujeira nos bueiros, comprovando a falta de manutenção preventiva do sistema, sendo por objetos jogados pela população ou até por falta de tratamento de esgoto pelos mesmos.

Um ponto a ressaltar foi a existência de obras inadequadas feitas pelos cidadãos, onde encontrou-se elevação da sarjeta para evitar o acúmulo de água, além da construção de rampa para acesso de veículos no local, acarretando em obstruir a passagem do fluxo pluvial.

4.2 PONTO DE ESTUDO – PE-2

No PE-2 existe um relevo acentuado na Rua Manuel Antunes Corrêa e na Rua Bernardino Antunes Teixeira, onde não foi encontrado nenhum dispositivo de captação. O traçado da rede de drenagem do PE-2 está respeitando a declividade do local, sendo compostas de galerias na Rua vereador Adolfo Machado e na Rua Bernardinho Antunes Teixeira, direcionando o fluxo para a Av. Pedro Zapelini.

Figura 22 – Traçado da tubulação no PE-2



Fonte: elaborado pelos autores, 2017.

Na esquina da Rua Manoel Antunes Corrêa com a Rua Vereador Adolfo Machado é notório a utilização errônea de boca de lobo, sendo instalada uma em cada esquina. Neste

trecho foi detectado um critério de projeto que não foi obedecido, sendo que na Rua Vereador Adolfo Machado a distância entre um dispositivo de captação e outra excede 60m. Um ponto positivo a se analisar neste é o uso PV e caixa de inspeção nas mudanças de direção. A tabela 5 apresenta as características e a situação das bocas de lobo do PE-2.

Tabela 4 – Descrição das bocas de lobo do PE-2

ID	Tipologia	Dimensões (cm)	Material estrutural	QTD de ligações	Ø tubo (mm)	Cota tubulação de saída (cm)	Situação
B41	G. metálica	50x85x100	Pedra	1	300	80	Boa
B42	G. concreto	50x85x100	Pedra	1	300	70	Boa
B43	G. metálica	50x85x100	Pedra	1	300	70	Tampa quebrada
B44	G. metálica	50x85x100	Pedra	1	300	70	Boa
B45	G. concreto	50x85x90	Pedra	2	200;250	60;40	Boa
B46	G. concreto	50x85x100	Pedra	1	200	45	Boa
B47	Simple	70x100x70	B. concreto	1	200	30	Boa
B48	Simple	70x100x70	Pedra	2	200;200	40;30	Boa
B49	Simple	70x100x70	B. concreto	1	200	30	Boa
B50	Simple	70x100x100	Pedra	1	200	70	Boa
B51	G. concreto	50x85x100	Pedra	2	200	40	Boa
B52	Grelha	50x85x115	Pedra	2	200	30	Boa
B53	G. metálica	50x85x70	B. concreto	1	300	70	Boa
B54	G. metálica	50x85x80	B. concreto	1	200	80	Entupido
B55	G. metálica	50x80x100	B. concreto	1	300	100	Boa
B56	G. metálica	50x85x100	B. concreto	1	300	100	Tampa quebrada
B57	Simple	70x100x100	Pedra	1	200	70	Entrada Quebrada
B58	Simple	70x100x100	Pedra	1	200	70	Boa
B59	Simple	70x100x90	B. concreto	1	200	70	Entupido
B60	Simple	70x100x100	B. concreto	1	200	90	Entupido
B61	G. metálica	50x85x80	B. concreto	1	200	70	Boa
B62	G. metálica	50x85x80	B. concreto	1	300	70	Boa
B63	Simple	70x100x130	B. concreto	2	200;200	90;60	Boa
B64	Simple	70x100x110	B. concreto	1	200	80	Boa
B65	Simple	70x100x90	B. concreto	2	200	40;60	Boa
B66	Simple	70x100x100	B. concreto	1	200	60	Boa
B67	Simple	70x100x110	B. concreto	1	200	90	Boa
B68	Simple	70x100x100	B. concreto	1	200	65	Tampa quebrada
B69	Simple	70x100x110	B. concreto	1	200	70	Entrada quebrada
B70	Simple	70x100x130	B. concreto	s/	s/	s/	Boa
B71	Simple	70x100x100	Pedra	1	200	70	Boa
B72	Simple	NI	NI	NI	NI	NI	NI

ID	Tipologia	Dimensões (cm)	Material estrutural	QTD de ligações	Ø tubo (mm)	Cota tubulação de saída (cm)	Situação
B73	Simples	70x100x100	Pedra	1	200	70	Boa
B74	Simples	70x100x90	Pedra	1	300	30	Boa
B75	Simples	70x100x100	Pedra	1	200	70	Entupido
B76	G. metálica	50x85x90	B. concreto	1	200	70	Boa
B77	G. metálica	50x85x70	B. concreto	1	300	70	Boa
B78	G. concreto	50x85x100	B. concreto	1	NI	80	Boa
B79	G. metálica	50x85x90	B. concreto	1	300	80	Entupido
B80	Simples	NI	NI	NI	NI	NI	Destruído
B81	Simples	NI	NI	NI	NI	NI	NI
B82	G. metálica	50x85x80	B. concreto	1	300	60	Boa
B83	G. metálica	50x85xNI	B. concreto	1	NI	NI	Entupido

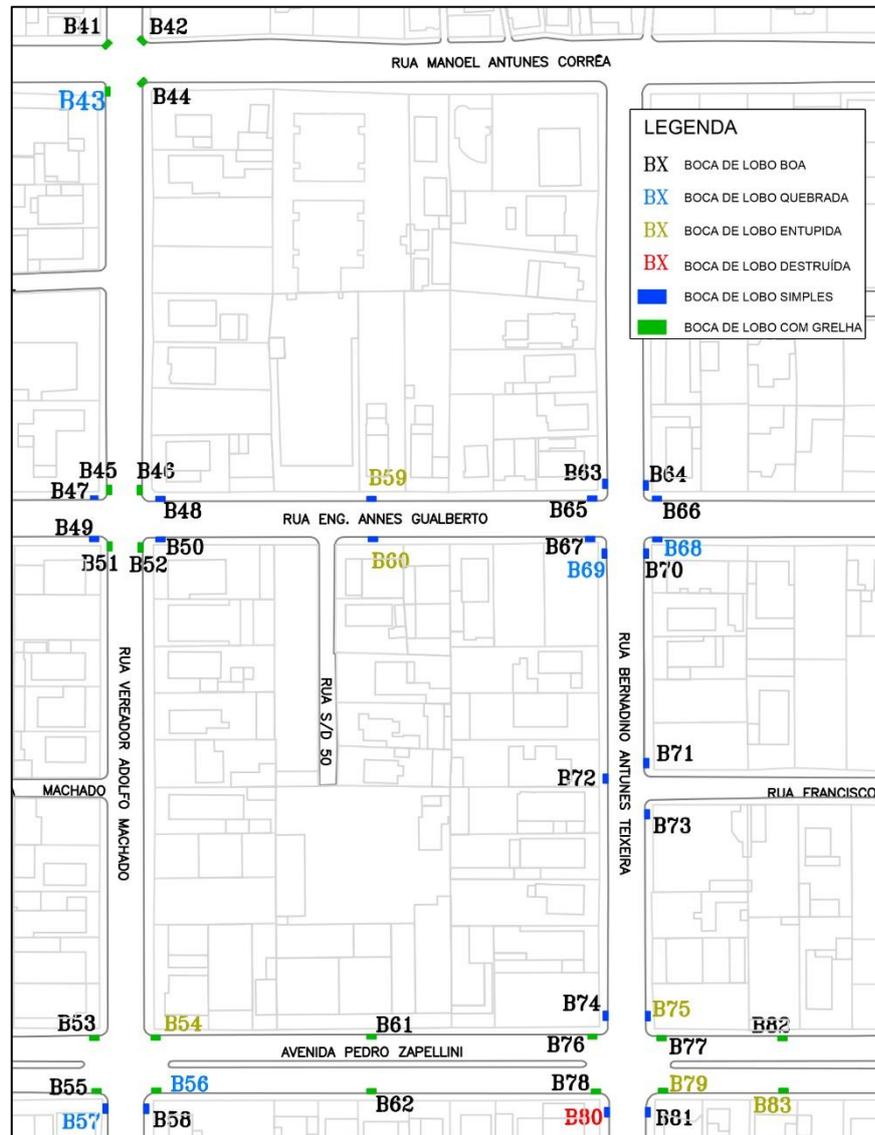
Fonte: elaborado pelos autores, 2017.

O PE-2 possui boca de lobo simples e de grelha (metálica ou de concreto), de medidas padronizadas e alterando apenas a profundidade. O material usado com maior frequência foi o bloco de concreto, indicando que as bocas de lobo são mais novas.

Não foi possível abrir algumas bocas de lobo devido as suas tampas estarem trancadas, sendo anexando a tabela como Não Identificado (NI). A B70 está em bom estado, porém não possui ligação com a rede de drenagem, com isso permanecendo isolada da rede.

A figura 23 indica a situação real encontrada de cada dispositivo e identificado através de cores das bocas de lobo, onde as bocas de lobo grifadas em amarelo encontram-se entupidas, em azul com a tampa quebrada, em vermelho destruída e as demais que se encontra em bom estado, em preto.

Figura 23 – Numeração e situação das bocas de lobo no PE-2



Fonte: elaborado pelos autores, 2017.

Um fato que merece atenção foi observado no cruzamento da Avenida Pedro Zapellini com a Bernardino Antunes Corrêa, onde a B75 e a B79 estão obstruídas, a B83 por também estar próxima, incrementa a situação desfavorável, estando composta por concreto no seu interior, originado de obras residenciais na sua proximidade. Outra problemática são a B59 e a B60, localizadas na Rua Engenheiro Annes Gualberto, na qual estão entupidas, com isso sobrecarregando as bocas de lobo das esquinas adjacentes (figura 24 e 25).

Figura 24 – Boca de lobo – B59



Fonte: elaborado pelos autores, 2017.

No caso da B60, além da água cinza e do entupimento pelos sedimentos sólidos, verificou-se a existência de um frasco vazio para óleo de motor automotivo (figura 25). O material sendo contaminante deveria ser manejado de forma mais cautelosa, porém estava desferido de maneira inadequada, no qual se mostra evidente a falta de conscientização por parte da população para a preservação do meio em que estão estabelecidos.

Figura 25 – Boca de lobo – B60



Fonte: elaborado pelos autores, 2017.

Uma outra situação encontrada foi a existência de entulho de construção junto a B80, o que vale ressaltar a falta de cuidados com o bueiro, onde além da depredação do

patrimônio público, resulta na ida de sólidos para dentro da tubulação, não fazendo parte do sistema de transporte, podendo causar o entupimento (figura 26).

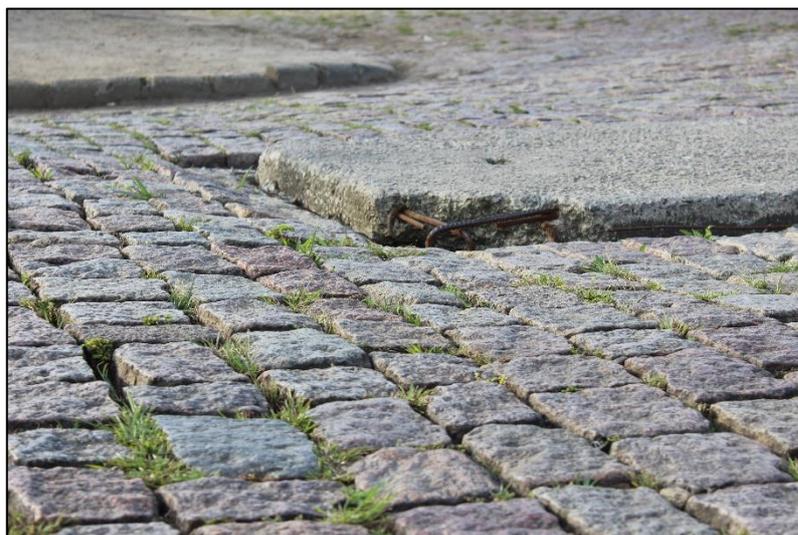
Figura 26 – Boca de lobo – B80



Fonte: elaborado pelos autores, 2017.

O PV da Rua Eng. Annes Gualberto com a Rua Bernardo Antunes Teixeira está com a tampa mais elevada que o pavimento, tornando mais susceptível a sua quebra, na qual de fato está quebrada, e por consequência deixa a armadura exposta, gerando um risco para os automóveis que transitam no local (figura 27).

Figura 27 – Poço de visita na Rua Eng. Annes Gualberto



Fonte: elaborado pelos autores, 2017.

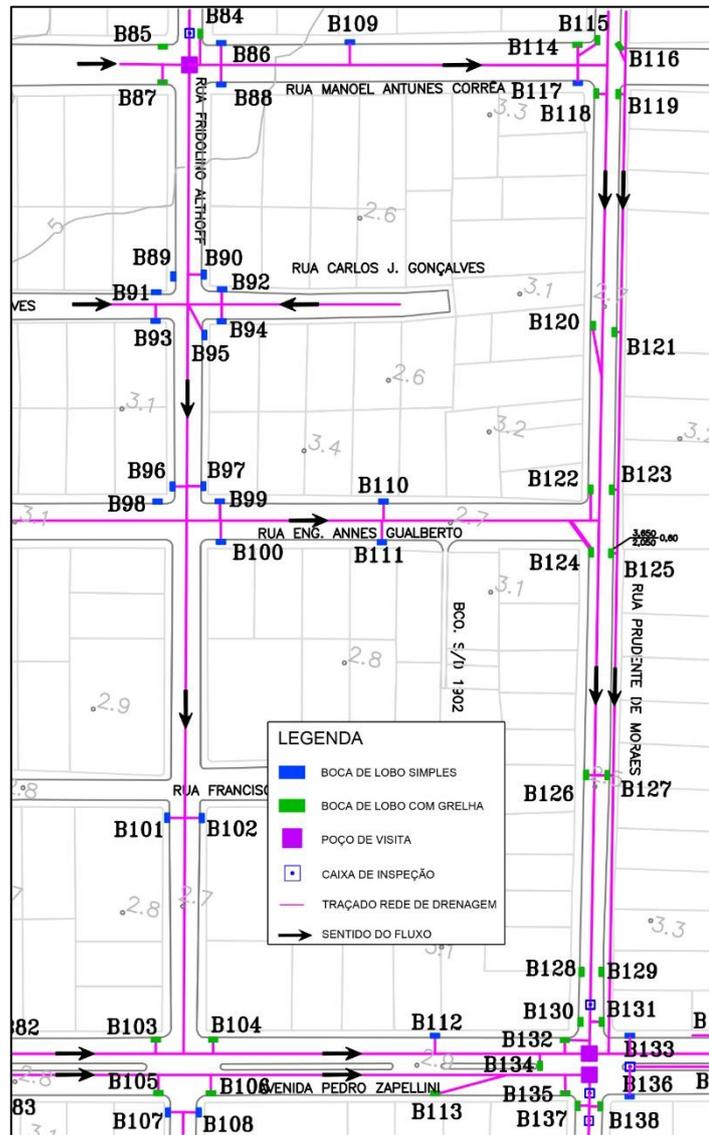
No cruzamento da Rua Manoel Antunes Corrêa com a Rua Vereador Adolfo Machado, analisou-se a locação inadequada das bocas de lobo, onde se mostra a intenção da economia para com a construção dos bueiros. No entanto este racionamento resulta na dificuldade de passagem dos pedestres no caso de ocorrência de alagamento.

Neste ponto de estudo encontrou-se a maior quantidade de objetos no interior dos bueiros, resultantes da falta de conscientização por parte da população e manejo incorreto dos resíduos sólidos, onde porventura prejudica o sistema de drenagem pluvial.

4.3 PONTO DE ESTUDO – PE-3

A rede de drenagem no PE-3 está de acordo com o traçado da rua e a declividade do local, possuindo galeria de drenagem em todas as vias e direcionando o fluxo de água para a Avenida Pedro Zapelini, ponto de menor cota. Porém, no cruzamento entre as Ruas Fridolino Althoff com a Engenheiro Annes Gualberto, há uma baixada, e neste ponto é notório a economia de boca de lobo nos encontros das ruas sendo um agravante para acumulo de água, pois há poucos dispositivos de captação.

Figura 28 – Traçado da tubulação no PE-3



Fonte: elaborado pelos autores, 2017.

O PE-3 é o local de estudo que possui maior quantidade de bocas de lobo, e ao analisa-lo foi detectado um erro de execução na conexão das B95 e B124, onde as mesmas estão ligadas a galeria de drenagem no sentido contrário do fluxo. A tabela 6 demonstra as características das bocas de lobo em estudo do PE-3.

Tabela 5 – Descrição das bocas de lobo do PE-3

ID	Tipologia	Dimensões (cm)	Material estrutural	QTD de ligações	Ø tubo (mm)	Cota tubulação de saída (cm)	Situação
B84	G. concreto	55x80x50	Pedra	1	200	30	Tampa quebrada
B85	G. concreto	55x80xNI	Pedra	S/	S/	S/	Tampa quebrada
B86	Simple	70x100x90	Pedra	1	200	50	Boa
B87	G. concreto	55x80x100	Pedra	1	200	60	Boa
B88	Simple	70x100x100	Pedra	1	200	60	Boa
B89	Simple	NI	NI	NI	NI	NI	NI
B90	Simple	70x100x80	Tijolo	1	200	50	Boa
B91	Simple	NI	NI	NI	NI	NI	NI
B92	Simple	70x100x100	Tijolo	1	200	70	Boa
B93	Simple	70x100x100	Tijolo	1	200	80	Boa
B94	Simple	70x100x100	Tijolo	1	200	70	Boa
B95	Simple	70x100x80	Tijolo	1	200	60	Boa
B96	Simple	70x100x70	Tijolo	1	200	50	Tampa quebrada
B97	Simple	70x100x70	Pedra	1	200	50	Boa
B98	Simple	55x60xNI	Tijolo	NI	NI	NI	Entupido
B99	Simple	70x100x110	Pedra	1	200	110	Boa
B100	Simple	70x100x100	Pedra	1	NI	80	Boa
B101	Simple	40x60xNI	B. concreto	2	200;200	50;50	Boa
B102	Simple	40x60xNI	B. concreto	1	200	50	Boa
B103	G. metálica	55x85x80	B. concreto	1	300	80	Boa
B104	G. metálica	55x85x90	B. concreto	1	300	70	Boa
B105	G. metálica	55x85x120	B. concreto	1	300	80	Boa
B106	G. metálica	55x85x100	B. concreto	1	300	100	Boa
B107	Simple	70x100x110	B. concreto	1	200	65	Tampa quebrada
B108	Simple	70x100x110	B. concreto	1	200	65	Tampa quebrada
B109	Simple	70x100x100	Pedra	1	200	100	Boa
B110	Simple	70x100x90	Pedra	1	200	50	Boa
B111	Simple	70x100x90	Pedra	1	200	50	Boa
B112	G. metálica	120x180x70	B. concreto	1	200	50	Boa
B113	G. metálica	55x85x60	B. concreto	1	200	40	Boa
B114	G. metálica	55x80x80	Pedra	1	200	60	Boa
B115	G. metálica	55x80x130	Pedra	1	300	90	Boa
B116	G. metálica	55x80x90	Pedra	1	300	90	Boa
B117	Simple	70x100x100	Pedra	1	200	70	Boa
B118	G. concreto	55x80x60	Pedra	1	300	50	Tampa quebrada
B119	G. metálica	55x80x90	Pedra	1	300	60	Boa
B120	G. metálica	55x80x70	Pedra	1	NI	70	Boa
B121	G. concreto	55x80x150	Pedra	1	300	80	Boa
B122	G. metálica	55x80x100	Pedra	1	200	50	Boa

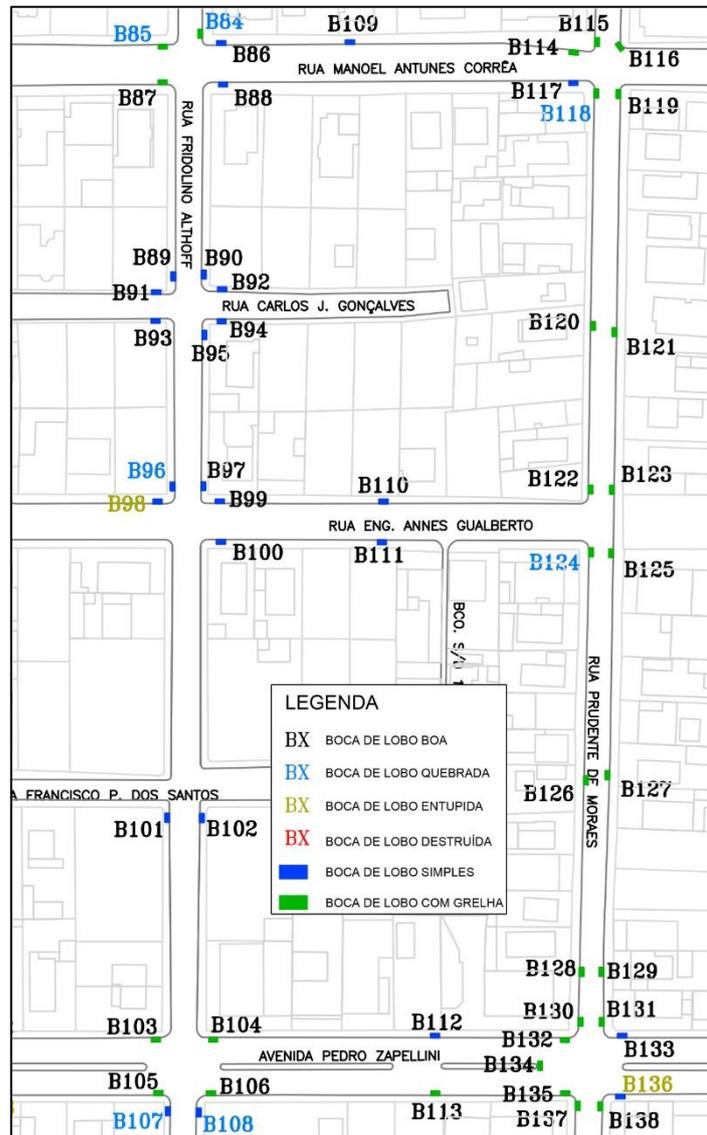
ID	Tipologia	Dimensões (cm)	Material estrutural	QTD de ligações	Ø tubo (mm)	Cota tubulação de saída (cm)	Situação
B123	G. metálica	55x80x90	Pedra	1	300	70	Boa
B124	G. concreto	55x80x100	Pedra	2	200;200	80;50	Tampa quebrada
B125	G. metálica	55x80x100	Pedra	1	300	50	Boa
B126	G. metálica	55x80x120	Pedra	1	300	100	Boa
B127	G. metálica	55x80x130	Pedra	2	300;300	100;100	Boa
B128	G. metálica	55x80x50	Pedra	1	200	50	Boa
B129	G. metálica	55x80x70	Pedra	2	200;200	70;70	Boa
B130	G. metálica	55x80x100	Pedra	2	300;200	100;50	Boa
B131	G. metálica	55x80x90	Pedra	1	300	80	Boa
B132	G. metálica	45x80x90	B. concreto	2	300;400	50;50	Boa
B133	Simples	80x80x100	B. concreto	1	300	80	Boa
B134	G. metálica	90x100x90	B. concreto	1	300	90	Boa
B135	G. metálica	55x85x130	B. concreto	1	200	80	Boa
B136	Simples	80x80x100	B. concreto	1	300	80	Entupido
B137	G. metálica	55x85x110	B. concreto	1	300	110	Boa
B138	G. metálica	NI	NI	NI	NI	NI	NI

Fonte: elaborado pelos autores, 2017.

O PE-3 possui boca de lobo simples e de grelha (metálica ou de concreto), sendo a de tipo grelha a boca de lobo de maior frequência. A presença do tijolo como material estrutural demonstra a falta de padronização nos materiais construtivos, assim como as diferentes dimensões encontradas, como no caso da B98.

No geral, as bocas de lobo deste ponto estão em bom estado, exceto a B98 e a B136 que estão entupidas. A B85 não possui ligação com a rede de drenagem, porém não traz muitos problemas ao sistema por estar localizada um ponto de maior relevo. Não foi possível verificar as dimensões de alguns dispositivos de captação, por estarem com suas tampas trancadas, sendo identificado como NI. A figura 17 indica a situação real encontrada distinguindo por cores as bocas de lobo no PE-3.

Figura 29 – Numeração e situação das bocas de lobo no PE-3



Fonte: elaborado pelos autores, 2017.

A B98 apresenta um grave índice de entupimento, onde além da obstrução de terra do local, o acúmulo de água cinza indevidamente jogado na rede de drenagem, se tornando evidente a dificuldade da passagem, acarretando por gerar contaminação e mal cheiro para a localidade.

Figura 30 – Boca de lobo – B98



Fonte: elaborado pelos autores, 2017.

No PE-3 foi encontrado, em muitos locais, falta de estrutura no passeio público, e com isso, em períodos chuvosos a vazão de escoamento acaba deteriorando o meio fio e carregando areia para o sistema de drenagem, contribuindo para a obstrução da grelha e entupimento da tubulação (figura 31).

Figura 31 – Boca de lobo – B118



Fonte: elaborado pelos autores, 2017.

Conforme pode ser observado na Figura 32 a seguir, fica evidente nesta circunstância a falta de planejamento para a locação do ponto de ônibus, no caso de o mesmo

estar disposto justamente em um local onde está situada a boca de lobo B124, o que torna significativa a probabilidade de quebrar a tampa do bueiro, pelo fato de o automóvel ter de passar pelo acostamento para embarcar os passageiros, o que por consequência a tampa já se encontra quebrada (figura 32).

Figura 32 – Boca de lobo – B124



Fonte: elaborado pelos autores, 2017.

Podemos observar na figura 33 que o bueiro B136 encontra-se tomado de sedimentos obstruindo parcialmente a passagem do fluxo pluvial, contribuindo para a ocorrência de alagamentos.

Figura 33 – Boca de lobo – B136



Fonte: elaborado pelos autores, 2017.

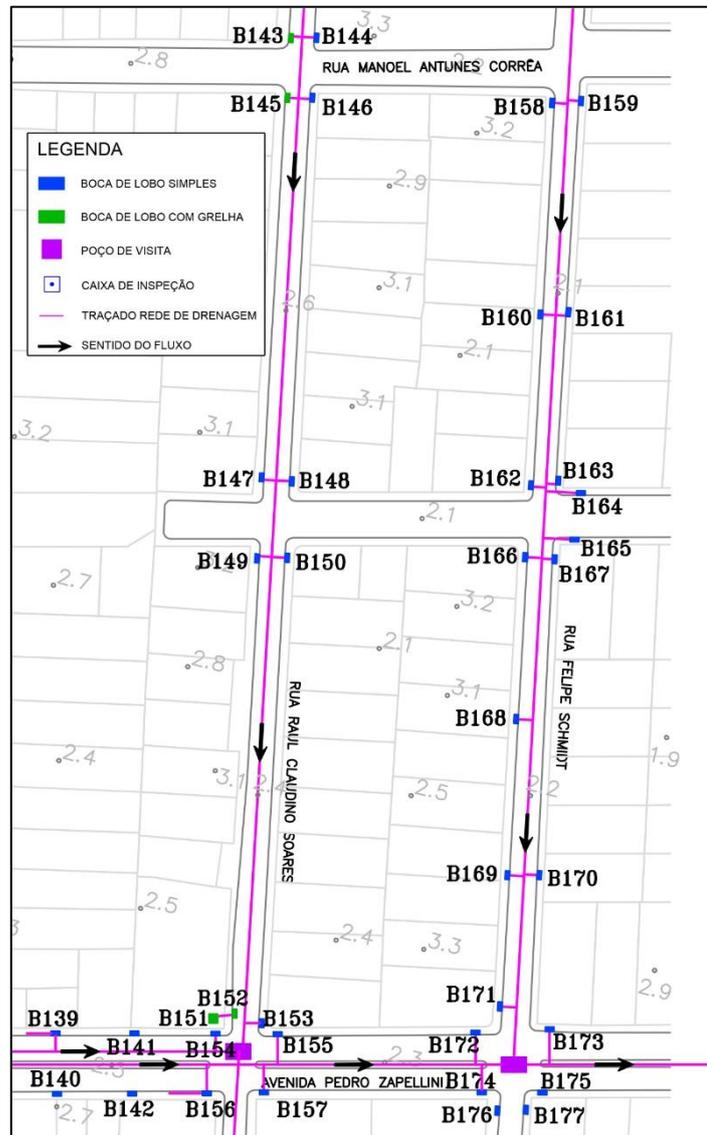
Observa-se que o PE-3 é o segundo ponto mais problemático dos locais estudados, ele é composto por uma baixada na Rua Engenheiro Annes Gualberto, que por meio da declividade, recebe contribuição de água das ruas próximas, por falta de manutenção os dispositivos de captação de água encontram-se entupidos, e conseqüentemente ocorre alagamento. Neste ponto há bastante terrenos baldios, contribuindo para a absorção de água pelo solo e diminuindo o escoamento superficial, porém é notório a economia de bocas de lobo nos cruzamentos das ruas e a falta de critério na execução das mesmo com a utilização de diferentes matérias construtivos.

Durante as análises feitas, notou-se que as tampas das bocas de bolo quebradas são em sua maioria do tipo de concreto, sendo elas do modelo simples ou com grelha de concreto, o que no caso se recomenda onde houver passagem de veículos, a troca das grelhas quebradas de concreto por grelhas metálicas, consideradas com maior resistência mecânica.

4.4 PONTO DE ESTUDO – PE-4

Como nos outros pontos estudados, o traçado do PE-4 está relativamente coerente com o cenário, direcionando o fluxo da água para a Avenida Pedro Zapelini. A Rua Raul Claudino Soares possui um trecho com extensão maior que 60 m sem dispositivo de captação e na Rua Felipe Schmidt é possível observar que há apenas boca de lobo em um lado da rua (figura 34).

Figura 34 – Traçado da tubulação no PE-4



Fonte: Elaborado pelos autores, 2017.

O PE-4 é o mais adverso dos pontos estudados, onde foram encontrados o maior número de bocas de lobo em situações problemáticas. Por possuir ruas ainda não pavimentadas, como a Rua Felipe Schmidt, as cotas das entradas das bocas de lobo estão mais elevadas do que a cota do nível da rua, onde impede o direcionamento do fluxo pluvial para os sistemas de drenagem, causando alagamentos mesmo em baixas precipitações. A tabela 7 demonstra as características das bocas de lobo encontradas neste ponto.

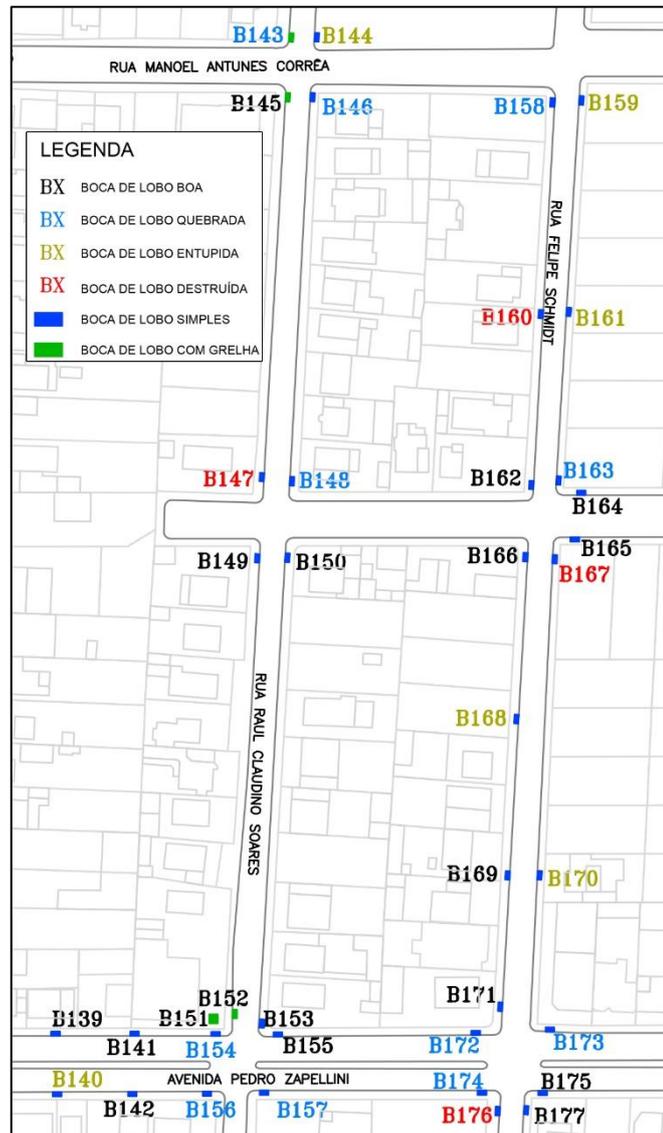
Tabela 6 – Descrição das bocas de lobo do PE-4

ID	Tipologia	Dimensões (cm)	Material estrutural	QTD de ligações	Ø tubo (mm)	Cota tubulação de saída (cm)	Situação
B139	Simples	110x110x50	B. concreto	2	300;200	50;30	Boa
B140	Simples	110x110xNI	B. concreto	NI	NI	NI	Entupido
B141	Simples	NI	NI	NI	NI	NI	NI
B142	Simples	NI	NI	NI	NI	NI	NI
B143	G. Concreto	55x80x70	Pedra	1	200	60	Tampa quebrada
B144	Simples	70x100xNI	Tijolo	NI	NI	NI	Entupido
B145	G. Concreto	55x80x70	Pedra	1	200	60	Tampa quebrada
B146	Simples	70x100x80	Pedra	1	200	50	Boa
B147	Simples	NI	NI	NI	NI	NI	Destruído
B148	Simples	70x100x70	Pedra	1	200	60	Tampa quebrada
B149	Simples	NI	NI	NI	NI	NI	NI
B150	Simples	70x100x70	Tijolo	1	200	50	Boa
B151	G. Concreto	80x80x60	B. concreto	1	200	60	Boa
B152	Simples	NI	NI	NI	NI	NI	NI
B153	Simples	70x100x80	Tijolo	1	200	40	Boa
B154	Simples	110x110x80	B. concreto	1	300	80	Tampa quebrada
B155	Simples	110x110x140	B. concreto	1	300	90	Boa
B156	Simples	110x110x60	B. concreto	2	300;300	80;70	Entrada quebrada
B157	Simples	110x110x100	B. concreto	1	300	80	Tampa quebrada
B158	Simples	110x110x90	B. concreto	1	200	80	Tampa quebrada
B159	Simples	NI	NI	NI	NI	NI	Entupido
B160	Simples	NI	NI	NI	NI	NI	Destruído
B161	Simples	110x110x90	B. concreto	1	200	80	Entupido
B162	Simples	110x110x90	B. concreto	1	200	80	Boa
B163	Simples	110x110x90	B. concreto	1	200	80	Tampa quebrada
B164	Simples	110x110x90	B. concreto	1	200	80	Boa
B165	Simples	110x110x90	B. concreto	1	200	80	Boa
B166	Simples	110x110x90	B. concreto		200	80	Boa
B167	Simples	NI	NI	NI	NI	NI	Destruído
B168	Simples	NI	NI	NI	NI	NI	Entupido
B169	Simples	110x110x80	B. concreto	1	200	60	Boa
B170	Simples	NI	NI	NI	NI	NI	Entupido
B171	Simples	110x110x90	B. concreto	1	200	60	Boa
B172	Simples	110x110x80	B. concreto	1	300	70	Tampa quebrada
B173	Simples	110x110x80	B. concreto	1	300	70	Tampa quebrada
B174	Simples	110x110x80	B. concreto	1	300	70	Tampa quebrada
B175	Simples	NI	NI	NI	NI	NI	NI
B176	Simples	NI	NI	NI	NI	NI	Destruído
B177	Simples	NI	NI	NI	NI	NI	NI

Fonte: Elaborado pelos autores, 2017.

O bueiro do tipo simples e com a construção estrutural de bloco de concreto predomina em sua grande maioria no PE-4. Nesta zona de estudo se encontrou o maior número de tampas de boca de lobo quebradas, e algumas unidades até sem a própria tampa.

Figura 35 – Numeração e situação das bocas de lobo no PE-4



Fonte: elaborado pelos autores, 2017.

Como dito anteriormente, a Rua Filipe Schmidt não está pavimentada e as bocas de lobo estão mais altas do que a cota da rua, como o exemplo demonstrado na B162, na qual impossibilita a captação de água dos dispositivos, tornado a rua exposta a frequentes alagamentos.

Figura 36 – Boca de lobo – B162



Fonte: elaborado pelos autores, 2017.

A B176, além de estar localizada em uma rua não pavimentada, encontra-se completamente destruída e tomada por plantas impossibilitando o seu funcionamento (figura 37).

Figura 37 – Boca de lobo – B176



Fonte: elaborado pelos autores, 2017.

Na Avenida Pedro Zapelini foi visto uma situação curiosa em uma boca de lobo, onde B140 encontra-se incapacitada a sua utilização, com o solo presente até sua superfície impossibilitando a passagem de água, que por consequência, até em períodos de baixo índice pluviométrico, causa o acúmulo de água na localidade (figura 38).

Figura 38 – Boca de lobo – B140



Fonte: elaborado pelos autores, 2017.

Pode-se notar uma deficiência na declividade da sarjeta, onde o fluxo gerado da chuva deveria estar sendo direcionado para o bueiro mais próximo, porém existe o acúmulo de água na parte do acostamento da Avenida Pedro Zapelini, antes mesmo de chegar na cota de entrada da boca de lobo.

Figura 39 – Sarjeta na Avenida Pedro Zapelini



Fonte: elaborado pelos autores, 2017.

O PE-4 é o ponto de estudo que contem maior área para expansão urbana, onde ainda há muitos terrenos desocupados e algumas ruas que não estão pavimentadas. A existência de terrenos baldios e estradas sem pavimentação contribuem para a absorção de água pelo solo,

por outro lado, por ser uma via sem pavimento não contem sarjetas nas ruas e com isso não direciona o escoamento da água para as bocas de lobo.

A falta de planejamento é visível neste ponto, pois foi executado a rede de drenagem urbana preparada para uma futura pavimentação, porém deixando a estrada vulnerável até a execução do piso. Como no caso da Rua Felipe Schmidt, onde as bocas de lobos já se encontram quebradas por não estarem protegidas pelo meio fio, além das que ainda se encontram em bom estado estarem com cota acima da calha da rua. A falta de manutenção preventiva é outro item a ser observado, pois foram encontradas muitas bocas de lobo destruídas.

5 CONCLUSÃO

A drenagem urbana é uma obra de melhoria pública essencial para o bem-estar dos munícipes, e os problemas relacionados com o seu mau funcionamento são agravantes para a saúde pública. A falta de planejamento no crescente desenvolvimento dos centros urbanos tem influência direta com a ocorrência de alagamentos, por outro lado, a falta de cadastro dos componentes da rede drenagem dificulta nas tomadas de decisões para reparos e aperfeiçoamento do mesmo.

O presente estudo teve como objetivo mapear o sistema de drenagem urbana e transformar os dados obtidos em registros físicos. Para tanto, foi utilizado uma metodologia de observação direta aplicada nas áreas demarcadas de estudo, com a utilização de ferramentas de medição e a elaboração de uma tabela para identificação das características dos dispositivos de drenagem, com isso, a materialização dos dados através de software de desenho para registro e análise dos componentes do sistema de drenagem existente, com o intuito de auxiliar nas medidas de melhorias do sistema.

O estudo experimental possibilitou verificar a real situação dos componentes drenantes de uma área sujeita a frequentes alagamentos. É visível que na execução do sistema não foi respeitado os critérios mínimos de projeto, onde foram detectados em todos os pontos de estudo economia de dispositivos de captação e poços de visitas, bem como erros de locação das bocas de lobo.

Com o passar dos anos, a região estudada sofreu alterações nos revestimentos das vias, sempre voltado para uma melhor eficiência dos veículos em transitar, no qual foi tornando o solo cada vez mais impermeável, onde por consequência aumentou o escoamento superficial. Esse evento resulta em sobrecarregar os dispositivos de captação, anteriormente preparados para uma menor demanda de fluxo pluvial.

Em todos os pontos, constatou-se que o risco de alagamentos está ligado com a falta de manutenção dos dispositivos por parte da gestão do município, unificado e agravado também, com a insuficiência no comprometimento e conscientização por parte da população, onde parte dos problemas de cheia estão ligados com a forma com que os cidadãos manejam os seus resíduos.

Pressupõe-se que as soluções são realizadas principalmente após a aparição dos problemas, através das manutenções corretivas. Porém havendo um planejamento para manutenção preventiva, as adversidades seriam solucionadas com uma maior facilidade e com menores custos de execução dos reparos.

Notou-se também a execução feita de forma inadequada das obras tangentes aos bueiros, sendo por obras de pavimentação da rua ou no piso das calçadas, na qual impossibilita a sua abertura para a realização de inspeção ou limpeza. Onde resultou em uma maior dificuldade para a realização do cadastro por parte dos acadêmicos.

De uma forma geral, foram descobertas locações inadequadas ou até mesmo a insuficiência dos dispositivos de drenagem, citando exemplos como bocas de lobo no mesmo local das faixas de pedestres e ponto de ônibus. Outro acontecimento foi o propósito de economia de bueiros situados indevidamente, exatamente nas esquinas de algumas ruas, e a falta de poços de visita também é um ponto a ressaltar, de modo que desvia a função para as bocas de lobo, sobrecarregando-as.

Nas regiões estudadas encontrou-se muita sujeira nos dispositivos de drenagem, sendo pelo descarte de objetos utilizados no dia a dia, esgoto conectado de maneira inadequada, mostrando-se evidente a inexistência de algum tipo de tratamento, ou até mesmo pelo acúmulo de agregados trazidos pela chuva. As cotas de saída das tubulações no interior dos bueiros encontram-se em sua grande maioria mais elevadas do que a cota de fundo dos bueiros, tornando-os mais vulneráveis ao acúmulo de materiais.

Verificou-se que o PE-4 é o ponto de estudo mais problemático, mais precisamente na Rua Felipe Schmidt, onde constatou-se que os dispositivos de captação estão preparados para uma pavimentação futura, contendo cotas de entrada do fluxo pluvial mais altas do que a cota da rua, porém nesse meio termo encontra-se sem conseguir desenvolver a sua função, o que acarreta na ocorrência de alagamento, mesmo quando o índice de precipitação é baixo.

O objetivo deste trabalho foi alcançado, ressaltando a importância do cadastramento, onde foi possível analisar os pontos críticos da região em estudo e transmitido para um mapa cadastral, no qual isso irá facilitar as autoridades responsáveis na execução de obras de melhorias e na manutenção corretiva do sistema de drenagem avaliado, facilitando na tomada de decisões.

A pesquisa realizada foi de grande valia, no qual o estudo sucedeu em apenas uma área, no entanto poderá ser utilizada esta mesma metodologia para futuros estudos de cadastramento da rede de drenagem, ou até mesmo na elaboração de um projeto do sistema de drenagem adequado, respeitando corretamente os critérios de projeto da região na qual foi feito o cadastramento, e comparando com a rede existente.

REFERÊNCIAS

ABNT NBR 15645-2009– **Execução de obras de esgoto sanitário e drenagem de águas pluviais utilizando-se tubos e aduelas de concreto.**

ABNT NBR 9648/1986 - **Estudo de concepção de sistemas de esgoto.**

ABNT NBR 8890/2007 - **Tubo de Concreto Armado de Seção Circular para águas pluviais e esgoto Sanitário – Requisitos e métodos de ensaios.**

ARAÚJO, Aneide Oliveira; OLIVEIRA, Marcelle Colares. **Tipos de pesquisa.** Trabalho de conclusão da disciplina Metodologia de Pesquisa Aplicada a Contabilidade - Departamento de Controladoria e Contabilidade da USP. São Paulo, 1997.

ASSUNCAO, Viviane Kraieski de. **Enchente de 1974 como drama social: relações entre percepção de risco, conflito e gentrificação.** *Ambient. soc.*, São Paulo, v. 17, n. 4, p. 195-212, Dec. 2014 . < [Http://www.scielo.br/scielo.php?script=sci_arttext&pid=S1414-753X2014000400011](http://www.scielo.br/scielo.php?script=sci_arttext&pid=S1414-753X2014000400011)>. Acesso em 26 mai. 2017.

BRASIL, Ministério da Saúde. Fundação Nacional de Saúde. **Manual de saneamento.** 4 ed. Brasília (DF); Funasa, 2015. 642p.

BRASIL. **Constituição** (1988). **Constituição da República Federativa do Brasil.** Brasília, DF: Senado Federal: Centro Gráfico, 1988. 292 p.

BORTOLUZZI, Ismael Pedro; BARDINI, Rogério. **Perspectivas de planejamento para o controle de inundações no município de Tubarão/SC.** XVII Simpósio Brasileiro de Recursos Hídricos. Disponível em: <http://www.abrh.org.br/novo/xvii_simp_bras_rec_hidric_sao_paulo_044.pdf. > Acesso em, v. 18, n. 06, 2011.

BOTELHO, Manoel Henrique Campos, **Manual de primeiros socorros do engenheiro e do arquiteto** V. 1, editora Blucher 2ª edição. 2014, p. 277.

BOTELHO, Manoel Henrique Campos. **Águas de chuva, engenharia das águas pluviais nas cidades,** editora Blucher 3ª edição, p. 297. 2014

CANHOLI, Aluísio Pardo. **Drenagem urbana e controle de enchentes,** editora oficina de textos, São Paulo, p 301, ano 2005.

CERVO, Amando Luiz; BERVIAN, Pedro Alcino. **Metodologia científica.** São Paulo: Makron Books, 1996.

COSTA, I.S.; et al. **Alagamentos e Enxurradas: Uma Análise do Uso e Cobertura do Solo na Sub-Bacia Hidrográfica do Riacho do Turu São Luís-Ma.** Brazil, South America, 2016.

CRUCIANI, Decio Eugenio. **A Drenagem na agricultura**, editora Nobel, 4ª edição – 1989, p337.

DAE/CETESB. **Drenagem urbana: Manual de projeto. 1, ed. São Paulo: Departamento de Água e Energia elétrica e Companhia d. Tecnologia d. Saneamento Ambiental, 1980.**

DEMO, Pedro. **Pesquisa e construção de conhecimento: metodologia científica no caminho de Habermas**. 7. ed. Rio de Janeiro: Tempo brasileiro, 2012.

GIL, Antônio Carlos. **Métodos e técnicas de pesquisa social**. 5. ed. São Paulo: Atlas, 1999, 206 p.

DAKER, Alberto; **Irrigação e Drenagem; A água na agricultura**, 3º vol, 6. Ed. rev. e ampl. Rio de Janeiro, Freitas Bastos, 1984.

FERNANDES, C. **MICRODRENAGEM** - Um Estudo Inicial, DEC/CCT/UFPB, Campina Grande, 2002, 196p.

GOLDENFUM, Joel, et al. **Plano Municipal de Macrodrenagem de Tubarão**. Porto Alegre, RS, mai. 2016.

GUIMARÃES, Rita Cabral; **Hidrologia agrícola**; 1 edição, editoras Escola de Ciência e Tecnologia da Universidade de Évora e ICAAM - Instituto de Ciências Agrárias e Ambientais Mediterrânicas, 2012.

HOGAN, D. J. et al. **Conflitos entre crescimento populacional e uso dos recursos ambientais em bacias hidrográficas do Estado de São Paulo**. XI Encontro Nacional de Estudos Populacionais da ABEP. São Paulo, Editora do Senac, 2000, p. 1539-1572.

LÜDKE, Menga e ANDRÉ, Marli E. D. A. **Pesquisa em educação: abordagens qualitativas**. São Paulo: EPU, 1986.

MARTINS, Wilson Antunes Xavier; **Drenagem Urbana: Centro histórico de Leiria, IPL instituto politécnico de Leiria**, Dissertação mestrado de engenharia civil, 2016, p.88.

MATHIAS, Rafael Vieira, et al. **Análise da Situação Atual do Município de Tubarão/SC em Resposta a Enchentes: Comparação Com a Enchente de 1974**. Departamento de Engenharia de Produção e Sistemas, UFSC. Ouro Preto, nov. 2015.

MATOS, José de Saldanha. **Aspectos Históricos e Actuais da Evolução da Drenagem de Águas Residuais em Meio Urbano**

NETTO, Azevedo, **Manual de Hidráulica**, editora Blucher 8ª edição, 1998, p 669.

PINTO, Nelson L. de Souza. **Hidrologia básica**, Editora Blucher 5ª reimpressão 1995, p. 278. São Paulo.

PONTELLI, Marga Eliz; PAISANI, Julio Cesar. **Identificação de áreas de risco à inundações de diferentes magnitudes em ambiente de leques aluviais: o caso do sul do estado de Santa Catarina.** GEOGRAFIA (Londrina), v. 14, n. 1, p. 19-32, 2010.

POTELO, Cristiano. **SUDS (Sustainable Urban Drainage Systems): Uma Contextualização Histórica.** Revista Thema, 2011.

RGSPDADAR. **Regulamento Geral dos Sistemas Públicos e Prediais de Distribuição de Água e de Drenagem de Águas Residuais.** DL 35/95, Portugal, 1995.

RIBEIRO, Maria de Fatima Solis. **Modelagem de um Sistema de Informações Geográficas para o Plano Diretor de Drenagem Urbana de Belo Horizonte.** 2001. Tese de Doutorado. Universidade Federal de Minas Gerais.

RICARDO, H.G. **Planejamento e controle de manutenção.** Rio de Janeiro: Qualitymark Editora Ltda, 2002.

SÃO PAULO (cidade). Secretaria Municipal de Desenvolvimento Urbano. **Manual de drenagem e manejo de águas pluviais: gerenciamento do sistema de drenagem urbana.** São Paulo: SMDU, 2012.

SILVA, Gerani F. N.; HORA, Karla E. R. **O PLANO DIRETOR MUNICIPAL E SUA INTERFACE COM A DRENAGEM URBANA.** Revista LABVERDE, São Paulo, n. 7, p. 142-167, dec. 2013. ISSN 2179-2275. Disponível em: <<http://www.revistas.usp.br/revistalabverde/article/view/81090>>. Acesso em: 27 mai. 2017

TRIVIÑOS, A.N.S. **Introdução à pesquisa em ciências sociais: a pesquisa qualitativa em educação.** São Paulo: Atlas, 2006.

TSUTIYA, M.T.; BUENO, R. C. R., (2005). **Contribuição de Águas Pluviais em Sistemas de Esgotos Sanitários no Estado de São Paulo.** 23ª Congresso Brasileiro de Engenharia Sanitária e Ambiental, Mato Grosso, Brasil.

TUBARÃO, **Plano de Contingência Municipal de Proteção e Defesa Civil - “Movimentos De Massas, Inundações, Alagamentos, Queda De Blocos e Enxurradas” (PLAMCOM).** Prefeitura Municipal de Tubarão. 2014.

TUCCI, Carlos E.M. **Plano Diretor de Drenagem Urbana; Manual de Drenagem Urbana,** Prefeitura Municipal de Porto Alegre, DEP – departamento de esgotos pluviais, v. 6, set. 2005.

TUCCI, Carlos EM. **Água no meio urbano: Livro da água doce-cap 14, Instituto de pesquisa hidráulica.** UFRGS – Porto Alegre – RS, 1997.

TUCCI, Carlos E.M. **Águas Urbanas.** São Paulo – SP, Estudos Avançados v.22 n.63, 2008.

TUCCI, Carlos E.M. **Gerenciamento da Drenagem Urbana**. RBRH, Porto Alegre - RS, v. 7, n. 1, p. 5-27, jan/mar. 2002.

TUCCI, Carlos E.M. **Hidrologia: ciência e aplicação** – 4ª ed. - editora Universidade UFRGS – Porto Alegre, abr., 2009.

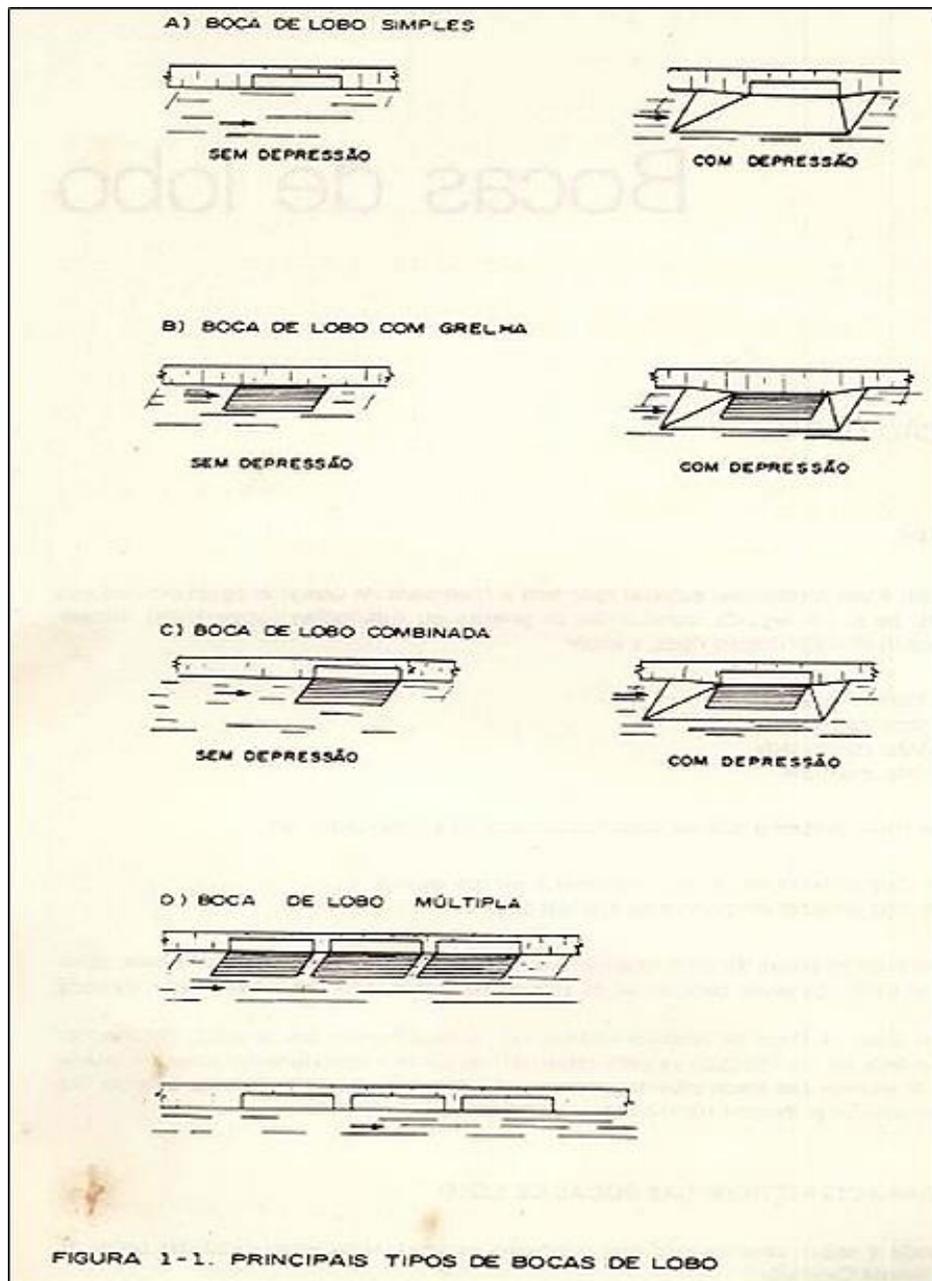
TUCCI, Carlos E.M.; BERTONI, Juan Carlos. **Inundações urbanas na América do Sul**. Ed. Associação Brasileira de Recursos Hídricos, Porto Alegre – RS, 2003.

VILLELA, Swami Marcondes. **Hidrologia Aplicada**. São Paulo, MacGraw-Hill do Brasil, 1975.

VON SPERLING, M. **Introdução à Qualidade das Águas e ao Tratamento de Esgotos**. Volume 1. Departamento de Engenharia Sanitária e Ambiental. UFMG. Belo Horizonte, 1995.

ANEXOS

ANEXO A: PRINCIPAIS TIPOS DE BOCA DE LOBO



Fonte: CETESB (1980, p 286).

ANEXO B: TABELA DIMENSÕES DOS TUBOS PARA ÁGUAS PLUVIAIS COM ENCAIXE PONTA E BOLSA OU MACHO E FÊMEA.

Diâmetro nominal <i>DN</i>	Comprimento útil mínimo do tubo <i>L</i>		Comprimento mínimo da bolsa ou da fêmea <i>B</i>		Folga máxima do encaixe <i>C</i>	Espessura mínima de parede <i>D*</i>	
	Ponta e Bolsa	Macho e Fêmea	Ponta e Bolsa	Macho e Fêmea		Simplex	Armado
200	1 000	950	50	20	30	30	-
300	1 000	950	60	20	30	30	45
400	1 000	950	65	20	30	40	45
500	1 000	950	70	20	40	50	50
600	1 000	950	75	20	40	55	60
700	1 000	950	80	35	40	-	66
800	1 000	950	80	35	40	-	72
900	1 000	950	80	35	40	-	75
1 000	1 000	950	80	35	40	-	80
1 100	1 000	950	80	35	50	-	90
1 200	1 000	950	90	35	50	-	96
1 300	1 000	950	90	35	50	-	105
1 500	1 000	950	90	35	60	-	120
1 750	1 000	950	100	35	60	-	140
2 000	1 000	950	100	35	60	-	180

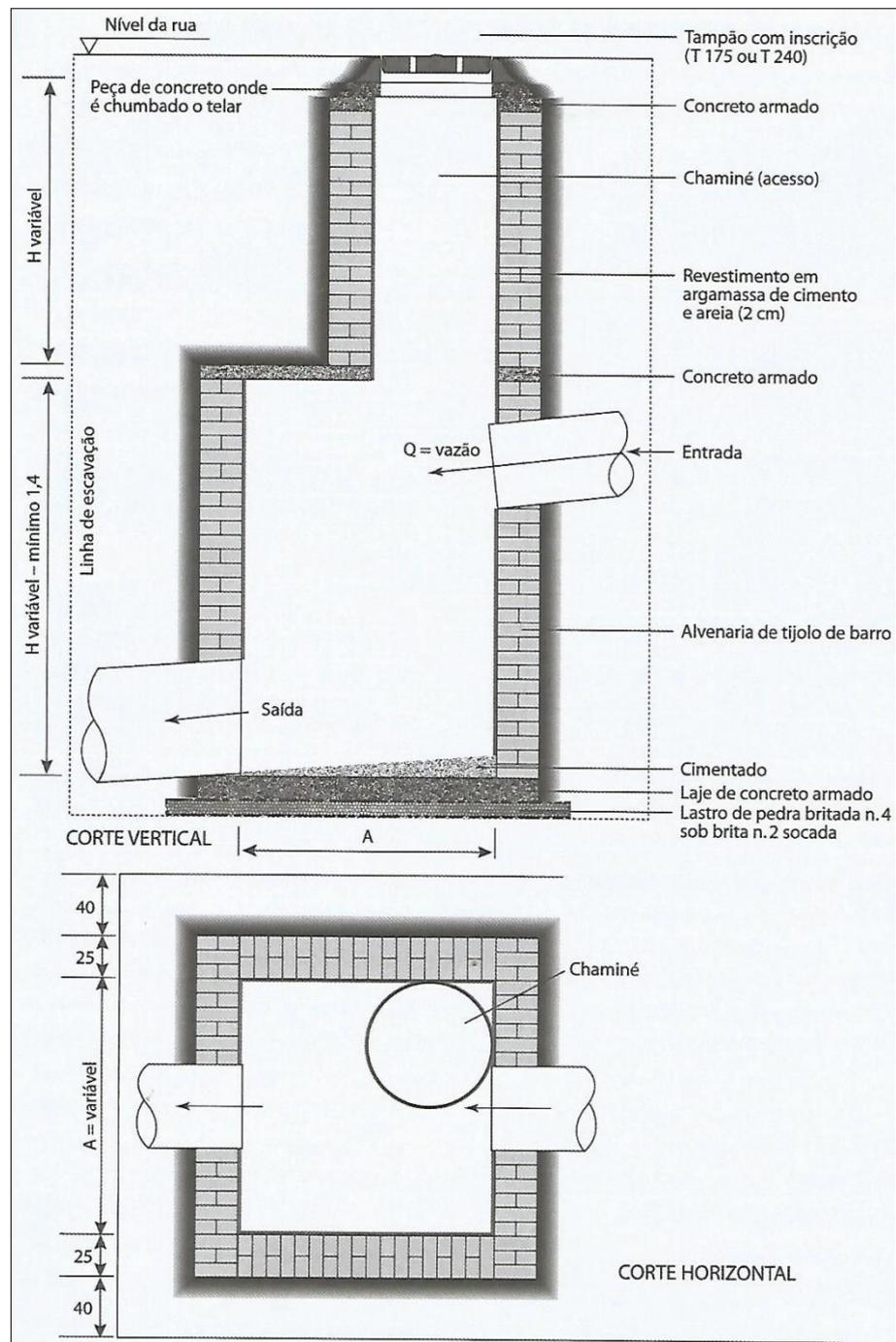
Onde:
C é a diferença entre o diâmetro interno mínimo da bolsa (ou fêmea) do tubo e o diâmetro externo da ponta (ou macho) do tubo.

NOTA 1 O atendimento às dimensões estabelecidas nesta Tabela não elimina a necessidade de verificação dos requisitos de resistência à compressão diametral e demais requisitos estabelecidos nesta Norma.

NOTA 2 As espessuras mínimas definidas nesta Tabela são válidas para a menor classe de resistência prevista nesta Norma (PS1 ou PA1). Para resistências superiores, deve ser apresentado projeto específico.

Fonte: ABNT-NBR-8890/2007 - Tubo de concreto de seção circular para águas pluviais e esgotos sanitários.

ANEXO C: CORTE VERTICAL E HORIZONTAL POÇO DE VISITA.



Fonte: Botelho (2014, p.49).

APÊNDICES

APÊNDICE A: PONTOS DE ESTUDO

Por se tratar de um apêndice com a folha em um formato A1, encontra-se em anexo externo ao trabalho.

Fonte: Elaborado pelos autores.