



UNIVERSIDADE FEDERAL DA FRONTEIRA SUL
***CAMPUS* CERRO LARGO**
CURSO DE ENGENHARIA AMBIENTAL E SANITÁRIA

AUGUSTO PERIUS KLEIN

**LEVANTAMENTO DO SISTEMA DE DRENAGEM URBANA DA ÁREA
CENTRAL DO MUNICÍPIO DE SANTO ÂNGELO (RS)**

CERRO LARGO

2019

AUGUSTO PERIUS KLEIN

**LEVANTAMENTO DO SISTEMA DE DRENAGEM URBANA DA ÁREA
CENTRAL DO MUNICÍPIO DE SANTO ÂNGELO (RS)**

Trabalho de conclusão do curso de graduação apresentado como requisito parcial para a obtenção do grau de Bacharel em Engenharia Ambiental e Sanitária da Universidade Federal da Fronteira Sul.

Orientador: Dr. Mario Sergio Wolski
Coorientadora: Dra. Juliana Marques Schöntag

CERRO LARGO

2019

Bibliotecas da Universidade Federal da Fronteira Sul - UFFS

Klein, Augusto Perius
LEVANTAMENTO DO SISTEMA DE DRENAGEM URBANA DA ÁREA
CENTRAL DO MUNICÍPIO DE SANTO ÂNGELO (RS) / Augusto
Perius Klein. -- 2019.
54 f.:il.

Orientador: Doutor Mario Sergio Wolski.
Co-orientadora: Doutora Juliana Marques Schöntag.
Trabalho de Conclusão de Curso (Graduação) -
Universidade Federal da Fronteira Sul, Curso de
Engenharia Ambiental e Sanitária, Cerro Largo, RS ,
2019.

1. Drenagem Urbana. 2. Saneamento Básico. 3.
Engenharia. I. Wolski, Mario Sergio, orient. II.
Schöntag, Juliana Marques, co-orient. III. Universidade
Federal da Fronteira Sul. IV. Título.

AUGUSTO PERIUS KLEIN

**LEVANTAMENTO DO SISTEMA DE DRENAGEM URBANA DA ÁREA
CENTRAL DO MUNICÍPIO DE SANTO ÂNGELO (RS)**

Trabalho de conclusão do curso de graduação apresentado como requisito parcial para a obtenção do grau de Bacharel em Engenharia Ambiental e Sanitária da Universidade Federal da Fronteira Sul.

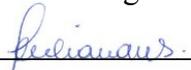
Este trabalho de conclusão de curso foi definido e aprovado pela banca em:

05/12/19

BANCA EXAMINADORA:



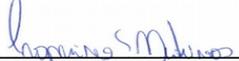
Dr. Mario Sergio Wolski



Dra. Juliana Marques Schöntag



Dr. Márcio Antônio Vendruscolo



Msc. Francisco da Silva Medeiros

AGRADECIMENTOS

Agradeço a meus familiares por todo o apoio e suporte dado a mim. Em especial a minha mãe Marcia Helena Perius Klein e meu pai Gilberto Klein, pelo incentivo e encorajamento, a minha prima Alexia Elisa Jung por toda ajuda e auxílio e também a minha avó Elma Maria Perius por toda a motivação passada.

À Secretaria Municipal de Meio Ambiente de Santo Ângelo (SEMMA) por ter realizado essa parceria com a UFFS, a qual iniciou com o projeto de extensão de drenagem urbana, a receptividade e acolhimento em auxiliar os acadêmicos no levantamento dos elementos de drenagem da cidade, a prestatividade em ceder equipamentos e promover um bom ambiente de trabalho. Agradeço ao secretário Francisco da Silva Medeiros e aos membros do corpo técnico Eng.º Florestal Rafael Rieger Ramos e Eng.º Ambiental Maurício Settani, pelo auxílio recebido durante esse período.

Também agradeço aos meus colegas e amigos Artur Steffens, Giovane Martins Kühnel e Humberto Welter Hartmann. pela grande parceria, desde o início do curso e nos projetos no laboratório de geotecnologias.

Ao meu professor orientador Dr. Mario Sergio Wolski, por todo conhecimento passado, a orientação e paciência com todas as dúvidas e questionamentos e pela parceria que já vem durando anos. A minha coorientadora professora Dra. Juliana Marques Schöntag por todas as informações e aconselhamentos concedidos. Ao professor Fabiano Cassol, responsável pela disciplina de TCC e suas orientações que se fizeram necessárias para o desenvolvimento do mesmo. E de modo geral a toda Universidade Federal da Fronteira Sul (UFFS) por ter cedido o espaço, laboratórios, equipamentos para o desenvolvimento do trabalho.

RESUMO

Com o crescimento urbano acelerado em diversas cidades, nota-se cada vez mais a problemática das inundações urbanas, decorrentes da falta de planejamento, que tem afetado as cidades brasileiras. A impermeabilização dos solos, diretamente associada ao desenvolvimento urbano, corrobora para o fenômeno dos alagamentos, não permitindo a absorção da água pelo solo e intensificando a vazão superficial, deixando as cidades dependentes de medidas estruturais para o controle do escoamento pluvial. Com base nesta constatação, o presente trabalho realizou um estudo do sistema de drenagem urbana da área central de Santo Ângelo, no qual foi feito um inventário das bocas de lobo da cidade e posterior análise dos dados, incluindo a elaboração de um banco de dados das informações coletadas. A metodologia adotada na aplicação do estudo, envolveu a quantidade, qualidade e distribuição espacial dos elementos da drenagem urbana, apontando deficiências para ações de planejamento. Ferramentas de geoprocessamento foram utilizadas nas análises com o apoio das geotecnologias para obtenção de dados referentes às dimensões, localização e registro fotográfico dos pontos de interesse. Percebeu-se que a estrutura pode ser considerada insuficiente para suportar chuvas de grande intensidade em um curto período de tempo, característica das chuvas convectivas da região, com diversas tubulações de diâmetros subdimensionados para suprir o escoamento pluvial, e em certas localidades ocorre insuficiência de bocas de lobo, além da presença de obstrução do fluxo das tubulações e presença irregular de esgotamento sanitário. Com isso, sugere-se a reestruturação do sistema em pontos críticos, visando evitar o escoamento sobrecarregado a jusante em pontos incapazes de atender a demanda.

Palavras-chaves: Bocas de lobo, escoamento pluvial, planejamento.

ABSTRACT

With the rapid urban growth in several cities, the problem of urban flooding, due to the lack of planning, which has affected Brazilian cities, is becoming increasingly evident. Soil sealing, directly associated with urban development, corroborates the phenomenon of flooding, not allowing the absorption of water by the soil and intensifying the surface flow, leaving the cities dependent on structural measures to control rainfall runoff. Based on this finding, the present work carried out a study of the urban drainage system of the central area of Santo Ângelo, which made an inventory of the city's storm drains and further data analysis, including the elaboration of a database of the collected information. The methodology adopted in the application of the study involved the quantity, quality and spatial distribution of urban drainage elements, pointing out deficiencies for planning actions. Geoprocessing tools were used in the analyzes with the support of geotechnologies to obtain data regarding the dimensions, location and photographic record of the points of interest. It was realized that the structure can be considered insufficient to withstand heavy rainfall in a short period of time, characteristic of the convective rainfall of the region, with several pipes of undersized diameters to supply the runoff, and in some places there are insufficient storm drains. In addition to the presence of obstruction of the flow of the pipes and irregular presence of sewage. Thus, it is suggested to restructure the system at critical points, aiming at avoiding the downstream overloaded flow at points unable to meet the demand.

Keywords: Storm drain, rain runoff, planning.

LISTA DE ILUSTRAÇÕES

Figura 1 - Canal de acesso ao <i>Forum Transitorium</i> da Cloaca Maxima.....	14
Figura 2 - Mapa de Localização da Área de Estudo.....	25
Figura 3 - Microbacias do município de Santo Ângelo.....	27
Figura 4 - Fluxograma das Atividades.....	29
Figura 5 - Cadastramento das bocas de lobo a campo.....	31
Figura 6 - Equipamentos utilizados no inventário a campo.....	32
Figura 7 - Paquímetro Improvisado.....	33
Figura 8 - Tabela de dados não normalizado.....	34
Figura 9 - Tabela de Dados Normalizados.....	35
Figura 10 - Mapa do inventário das bocas de lobo.....	39
Figura 11 - Concentração espacial das bocas de lobo.....	40
Figura 12 - Formulário de Cadastramento das Bocas de Lobo.....	41
Figura 13 - Bocas de lobo em condições adversas.....	42
Figura 14 - Mapa das Condições de Estabilidade dos Elementos.....	43
Figura 15 - Seção de Vazão das Bocas de Lobo.....	44
Figura 16 - Obstrução da seção de entrada a boca de lobo.....	45
Figura 17 - Mapa de DN das Tubulações.....	46
Figura 18 - Entupimentos críticos nas Bocas de Lobo.....	47
Figura 19 - Mapa de Entupimento do Sistema de Drenagem.....	48
Figura 20 - Necessidade de Inspeção Mais Detalhada.....	49
Figura 21 - Mapa de Presença de Esgoto no Sistema de Drenagem Urbana.....	50

LISTA DE ABREVIATURAS

APP	Área de Proteção Permanente
CORSAN	Companhia Riograndense de Saneamento
CSV	<i>Comm Separated Values</i>
DN	Diâmetro Nominal
DXF	<i>Drawing Exchange Format</i>
LTR	<i>Long Term Release</i>
PDDrU	Plano Diretor de Drenagem Urbana
PMSBP	Plano Municipal de Saneamento Básico Participativo
PSB	Plano De Saneamento Básico
SEMARH	Secretaria de Estado do Meio Ambiente e Recursos Hídricos
SIG	Sistema de Informações Geográficas
SEMMA	Secretaria Municipal do Meio Ambiente
SHP	<i>Shapefile</i>
UFFS	Universidade Federal da Fronteira Sul

LISTA DE TABELAS

Tabela 1 - Condição de estabilidade das Bocas de Lobo.....	51
Tabela 2 - Síntese dos Parâmetros Levantados.....	52

SUMÁRIO

1. INTRODUÇÃO.....	10
1.1 OBJETIVO GERAL.....	11
1.1.1 Objetivos Específicos.....	12
2. REVISÃO BIBLIOGRÁFICA.....	13
2.1 HISTÓRICO DA DRENAGEM URBANA.....	13
2.2 DRENAGEM URBANA E SANEAMENTO BÁSICO.....	18
2.2.1 Manejo de águas pluviais na urbanização.....	19
2.2.2 Impactos da Impermeabilização do solo.....	20
2.2.3 Impactos da Drenagem (Enchentes, Alagamentos e Inundações).....	21
2.2.4 Elementos do sistema de microdrenagem urbana.....	22
2.3 PLANO DIRETOR DE DRENAGEM URBANA.....	23
2.4 MUNICÍPIO DE SANTO ÂNGELO.....	24
2.5 GEOPROCESSAMENTO NA DRENAGEM URBANA.....	28
3 METODOLOGIA.....	29
3.1 PLANEJAMENTO DO TRABALHO.....	29
3.2 INVENTÁRIO DOS DADOS.....	30
3.3 ELABORAÇÃO DA FICHA DE CADASTRO.....	30
3.4 LEVANTAMENTO A CAMPO.....	31
3.5 CONSTRUÇÃO DE UM BANCO DE DADOS.....	33
3.5.1 As três normas da Organização de um banco de dados.....	34
3.6 LANÇAMENTO DOS DADOS NA BASE CARTOGRÁFICA.....	36
3.7 ANÁLISE DOS DADOS.....	37
4 RESULTADOS.....	38
4.1 ANÁLISE DOS DADOS OBTIDOS A CAMPO.....	38
4.2 FORMULÁRIO E CONSULTA DO BANCO DE DADOS.....	41
4.3 ELABORAÇÃO DE MAPAS CARTORIAIS.....	42
4.3.1 Condições de Estabilidade Estrutural.....	42
4.3.2 Seção de Vazão das Tubulações.....	44
4.3.3 Entupimento das Bocas de Lobo.....	47
4.3.4 Inspeção Detalhada.....	49
4.3.5 Esgoto no Sistema de Drenagem.....	49
4.4 SÍNTESE DOS RESULTADOS.....	51
5 CONSIDERAÇÕES FINAIS.....	53

1. INTRODUÇÃO

Com a impermeabilização cada vez maior nas cidades e a falta de planejamento na expansão urbana, a problemática das enchentes e inundações tem se tornado um objeto de grande relevância, ocasionado principalmente por chuvas com grande tempo de retorno e a utilização de sistemas de drenagem obsoletos com alto grau de impermeabilização do solo. O escoamento pluvial puramente estrutural e por meio de canalizações é o principal modelo utilizado no Brasil, provocando no aumento da velocidade do escoamento e intensificação da vazão em um curto período de tempo de chuva.

No cenário atual brasileiro, apenas um número limitado de município, como Curitiba e São Paulo, estudam o amortecimento de grandes vazões, utilizando reservatórios, e a infiltração no solo do escoamento pluvial em áreas verdes. O planejamento da drenagem urbana sustentável tem como função mudar esse cenário, porém as ações no controle de enchentes no Brasil e em outros países em desenvolvimento são geralmente reativas e pontuais, como constatado no município de estudo pelo Plano Municipal de Saneamento Básico Participativo de Santo Ângelo (PMSBP) que analisa a falta de padronização existente do sistema de drenagem municipal (SANTO ÂNGELO, 2011).

Devido a isso, a elaboração de um sistema de drenagem urbana não deve ser puramente técnica, mas também social, já que uma grande parcela dos desastres ocorrem em locais onde há habitações irregulares, como em áreas de inundação ou várzeas. Regiões de riscos como estas, tornam-se refugio e abrigo a pessoas carentes, que arcam com o perigo associado devido a falta de alternativas, cuja renda inviabiliza sua mobilização para locais adequados.

As bocas de lobo são importantes estruturas para uma drenagem mais eficiente, e o registro de seus parâmetros, como suas dimensões, condições estruturais e qualificação das mesmas, serve de suporte na tomada de ações preventivas, tendo conhecimento de deficiências no sistema. O município de Santo Ângelo possui um sistema de drenagem urbana bem desenvolvido, fazendo uso de bocas de lobo, canais e galerias pluviais. Percebe-se que o município apresenta falhas em seu sistema, com diversas bocas de lobo em condições adversas de seu funcionamento adequado gerando problemas relacionados a alagamentos em locais específicos da cidade.

Portanto, foi realizado o inventário das bocas de lobo da região central da cidade de Santo Ângelo, para então formar um banco de dados com várias informações referentes às mesmas e também georreferenciá-las digitalmente com o auxílio do software QGIS, um poderoso software de georreferenciamento e processamento de dados espaciais. Desse modo, o georreferenciamento do sistema de drenagem possibilita o monitoramento de seus elementos, facilitando a localização de pontos que necessitam de manutenção e auxiliando na elaboração de um plano municipal focado especificamente na drenagem urbana.

Em seguida, gerou-se um banco de dados com as informações obtidas do levantamento a campo. O banco de dados permite um método organizado de se armazenar informações coletadas na forma de planilhas e em seguida dispor essas informações em múltiplas tabelas que se complementam entre si, sem entrar em conflito com as informações dispostas nelas. Assim, a planilha geral de levantamento foi segmentada em diversas tabelas conforme a normalização de dados, com informações de diâmetro de tubulações, condições de estabilidade, entupimento, esgotamento entre outras, que permitirão a consulta de informações das características das bocas de lobo e inserção de novos registros.

Por fim, elaborou-se uma série de mapas cartográficos, abordando temas diferentes na conjuntura da Drenagem Urbana. Isso permitiu segmentar as informações para identificar pontos irregulares no sistema e realizar medidas corretivas visando uma abordagem mais técnica.

Espera-se com este estudo, auxiliar na tomada de decisões, vinculadas ao Plano Municipal de Saneamento Básico Participativo de Santo Ângelo / Rio Grande do Sul (RS).

1.1 OBJETIVO GERAL

- Desenvolver um estudo do sistema de drenagem urbana, da região central do município de Santo Ângelo / RS, utilizando Sistemas de Informações Geográficas (SIGs), por meio do software QGIS.

1.1.1 Objetivos Específicos

- Apresentar informações referentes a estrutura das bocas de lobo, capacidade de escoamento, obstrução e presença de esgotamento irregular no sistema de drenagem urbana por meio de mapas que auxiliam na tomada de decisões;

- Elaborar um banco de dados digital para a consulta das informações levantadas a fim de dar suporte ao Plano Municipal de Saneamento Básico Participativo do município de Santo Ângelo/RS;

- Apontar soluções e alternativas que permitam uma melhor eficiência nos pontos críticos da drenagem municipal.

2. REVISÃO BIBLIOGRÁFICA

Neste item serão abordados conceitos que são fundamentais para a compreensão da metodologia e resultados. Para isso serão apresentados temas específicos ao trabalho, como Saneamento Básico, conceitos da Drenagem Urbana e seus impactos e conceitos acerca do geoprocessamento.

2.1 HISTÓRICO DA DRENAGEM URBANA

Na história da evolução humana até a idade média, a drenagem urbana não era percebida como uma obra de prioridade no gerenciamento de cidades antigas, porém, existem diversas evidências ao longo da história acerca de obras que visavam solucionar problemas ocasionados por eventos pluviais, promovendo o escoamento das águas da chuva de forma rápida. Civilizações hindus e mesopotâmicas em meados de 300 A.C. já possuíam sistemas de coleta e escoamento de águas pluviais em suas cidades, porém, a obra *Cloaca Maxima* de Roma pode ser considerada como primeira de caráter expressivo no contexto hidrológico, funcionando através de uma série de coletores que se interligavam e permitiam o transporte do esgotamento sanitário e das águas pluviais Além de funcionários dispostos exclusivamente para o funcionamento adequado da obra, havia um imposto específico a sua manutenção. (MATOS, 2003).

Segundo pesquisas arqueológicas e a literatura da época, em meados de 600 A. C., os últimos três reis de Roma planejaram a estrutura para ser um monumento público para servir como uma fonte de água e seus canais dariam acesso ao que seria conhecido posteriormente como o fórum romano, conforme figura 1. Embora inicialmente atendesse um raio de 100 metros no entorno do fórum, canais foram agregados a *Cloaca Maxima*. Com o passar das décadas, para drenar áreas próximas com a adição de pequenos dutos, ampliando o sistema à novas edificações, e com isso reparos, melhorias e extensões tornaram a obra um marco no setor da drenagem urbana. Então, após os avanços romanos até o século XVII a sociedade humana não apresentou grandes avanços no manejo das águas pluviais capazes de rivalizar com o sistema de drenagem romana (HOPKINS, 2007).

Figura 1 - Canal de acesso ao *Forum Transitorium* da Cloaca Maxima.



Fonte: Hopkins, 2007.

Em meados do século XIX, a sociedade era formada predominantemente por pequenos povoados, em que as condições sanitárias eram de extrema precariedade. Isso provocava a contaminação dos sistemas de abastecimento que entravam em contato com o esgoto gerado pela população, provocando doenças de origem sanitária e constituíam um verdadeiro desafio para o setor público da época. Com a necessidade de evitar a proliferação de doenças, o esgotamento público, bem como as águas pluviais, passaram a ser canalizadas e escoados a jusante das cidades de forma rápida (TUCCI, 2012).

No ano de 1842, a cidade de Hamburgo (Alemanha) estava em crise devido ao Grande Incêndio de Hamburgo que em três dias destruiu parte da cidade. A destruição levou à necessidade de manutenção e reestruturação de diversas áreas da cidade e William Lindley, um inglês residente na cidade, foi encarregado de projetar um sistema de drenagem, incluindo a projeção de vias e parques, para integrar a um plano de drenagem de águas residuais, um feito inédito para a época (MATOS, 2003).

Embora um grande avanço para o sistema da época prevendo um sistema absoluto de drenagem, essas ações promoviam o escoamento de forma rápida para além dos limites da cidade, ignorando o amortecimento da vazão recorrente, causando impactos para a jusante das cidades, provocando os mesmos problemas, de forma mais intensa em localidades com cotas mais baixas, caracterizando a fase denominada como higienista. Após o fim da 2ª Guerra Mundial, principalmente em países em desenvolvimento, ocorreu a formação de diversos aglomerados urbanos situados próximos a outras cidades, intensificando os efeitos negativos provocados pelo modelo higienista. Deste modo ocorreu um novo colapso urbano pela presença de contaminantes sem tratamento, oriundos de cidades a montante que despejavam seus efluentes na bacia receptora (TUCCI, 2012).

O engenheiro Francisco Saturnino Rodrigues de Brito, idealizador de diversas obras de drenagem urbana no Brasil, como em Santos e Recife no século XX, destacava que era necessário um planejamento unificado do sistema, um plano geral, orquestrando diversas áreas em uma unidade só. A cidade de Santos sofria na época com epidemias periódicas, isso fomentou a intervenção do estado que iniciou obras de esgoto com a execução de Saturnino de Brito, projetando canais para promover a drenagem. Em Recife, foi convidado a elaborar um plano de saneamento e posteriormente elaborar um plano de melhorias para a cidade, como projetos de parques em áreas inundáveis e dois canais cercados por avenidas arborizadas, o canal Aurora e o canal Taquary-Jiquiá (FARIA, 2015).

Na década de 60, alguns países passaram a questionar o modelo tradicional da drenagem urbana, em que os impactos gerados a jusante implicariam em ações mais dispendiosas do que solucionar o problema na fonte. Por meio disso, obras de construção de grandes galerias e ações destinadas a melhorar o fluxo de corpos hídricos foram realizadas, como modificação de meandros e mudanças na declividade de fundo de rios e canais (POMPÊO, 2000).

Após a instituição da Lei da Água Limpa nos Estados Unidos da América (EUA) na década de 1970, o saneamento passou por um novo avanço em seu funcionamento. Esta lei exigia o tratamento de todos os efluentes do meio urbano prévio a seu despejo, com o objetivo de preservar os rios e mananciais. Porém, percebeu-se a dificuldade em manter o controle da poluição de fontes difusas, isto é, advém de variáveis diversas de difícil monitoramento, utilizando apenas instrumentos tradicionais de licenciamento ambiental. (CARPELLARI, 2014). Deste modo, passou-se a utilizar sistemas de retenção do escoamento pluvial,

desacelerando a velocidade do sistema, permitindo maior controle da drenagem ao utilizar áreas de retenção como piscinões e parques ecológicos (PARANÁ, 2002).

Nos anos 90 ainda se percebia que a poluição difusa persistia nas bacias e córregos. Definiu-se que os Estados deveriam identificar as principais fontes não pontuais em seus territórios, e em parceria com as entidades públicas da época, desenvolver planos para reduzir a poluição. Diversos países passaram a investir em tratamentos específicos para águas oriundas do escoamento pluvial a nível terciário para águas de abastecimento público, para a retirada de nutrientes que provocassem a eutrofização de lagos, caracterizando a fase do desenvolvimento sustentável do saneamento (TUCCI, 2012; CARPELLARI, 2014).

O Brasil possui grande variação entre as fases da drenagem urbana de acordo com a região e o nível de desenvolvimento das cidades. Em pequenos municípios ou áreas de ocupação irregular a fase pré-higienista é observada, pois predomina o abastecimento urbano por meio de poços artesianos ou corpos hídricos próximos a povoados, caracterizando-se pela falta de obras de canalização de esgotamento público ou de águas pluviais, com a possibilidade de contaminar o próprio abastecimento.

Em cidades que estão a frente da fase higienista, Tucci (2002) demonstra dois cenários que podem ocorrer: 1) as cidades focam em obras de infraestrutura de esgotamento público, mas omitem as de drenagem urbana, sendo observado em cidades como Santiago (Chile), Barranquilla (Colômbia), havendo menor presença de poluição, porém, com predominância em ocorrências de inundações e alagamentos; 2) Na grande maioria dos municípios percebe-se a priorização do sistema de drenagem em relação ao de esgotamento público, ocasionando a contaminação de fontes de água potável pela poluição. Com o crescimento urbano, esse modelo torna-se ineficiente e incapaz de suprir a elevação das vazões provocadas pela maior urbanização (TUCCI, 2012).

O sistema separador absoluto, adotado em grande parte das cidades brasileiras, tem a característica de canalizar as águas da drenagem urbana e do esgotamento sanitário em condutos separados. Segundo este sistema as águas residuárias deveriam ser destinadas a Estações de Tratamento de Esgotos (ETE), porém na prática em diversos locais, ambas são destinadas a um único canal receptor sem tratamento, evidenciando a necessidade de avaliar a gestão da drenagem urbana no Brasil (FREIRE et. al, 2014).

Os impactos gerados pela drenagem urbana alertaram a sociedade que a sustentabilidade é fundamental para seu funcionamento. A partir disso, o conceito de

desenvolvimento sustentável é concebido, visando planejar a drenagem urbana adaptada ao crescimento das cidades, reduzindo na fonte os efeitos que impactariam no ambiente (POMPÊO, 2000).

Para o correto manejo das águas pluviais, a drenagem urbana deve ser trabalhada em conjunto com os outros pilares do saneamento básico. Dessa forma a Lei nº 11.445/2007¹ definiu as diretrizes nacionais da drenagem e estabeleceu a Política Nacional do Saneamento Básico, com o objetivo de promover a universalização dos serviços de saneamento básico, englobando os serviços de abastecimento de água, coleta e tratamento de esgoto, manejo e disposição correta dos resíduos sólidos e um sistema de drenagem urbana adequado (BRASIL, 2007).

O Art. 3º da Lei nº11.445/2007 define os serviços de saneamento básico da seguinte forma:

- I - saneamento básico: conjunto de serviços, infraestruturas e instalações operacionais de:
 - a) abastecimento de água potável: constituído pelas atividades, infraestruturas e instalações necessárias ao abastecimento público de água potável, desde a captação até as ligações prediais e respectivos instrumentos de medição;
 - b) esgotamento sanitário: constituído pelas atividades, infraestruturas e instalações operacionais de coleta, transporte, tratamento e disposição final adequados dos esgotos sanitários, desde as ligações prediais até o seu lançamento final no meio ambiente;
 - c) limpeza urbana e manejo de resíduos sólidos: conjunto de atividades, infraestruturas e instalações operacionais de coleta, transporte, transbordo, tratamento e destino final do lixo doméstico e do lixo originário da varrição e limpeza de logradouros e vias públicas;
 - d) drenagem e manejo das águas pluviais urbanas: conjunto de atividades, infraestruturas e instalações operacionais de drenagem urbana de águas pluviais, de transporte, detenção ou retenção para o amortecimento de vazões de cheias, tratamento e disposição final das águas pluviais drenadas nas áreas urbanas.

Segundo o Instituto Trata Brasil, o Plano De Saneamento Básico (PSB) é um mecanismo essencial para a política do saneamento básico e deve ser formulado individualmente por municípios ou através de consórcios. Ele estabelece o compromisso do município e a mobilização da sociedade na elaboração, aprovação, execução, avaliação e revisão do Plano, que deve ser feita a cada quatro anos. O PSB deve contemplar as quatro áreas do saneamento básico e deve realizar análises do estado atual do sistema, formulando diagnósticos para aprimorar pontos deficientes do serviço. O PSB depende de outros setores como a saúde, habitação, meio ambiente e recursos hídricos, e por isso deve ser compatível

¹ Lei Federal nº 11.445/2007 – Estabelece diretrizes nacionais para o saneamento básico; altera as Leis nos 6.766, de 19 de dezembro de 1979, 8.036, de 11 de maio de 1990, 8.666, de 21 de junho de 1993, 8.987, de 13 de fevereiro de 1995; revoga a Lei no 6.528, de 11 de maio de 1978; e dá outras providências.

com as diretrizes estabelecidas pelo Plano Diretor Municipal (INSTITUTO TRATA BRASIL, 2012).

A maioria das cidades são inexperientes na temática de saneamento básico e, com um número limitado de recursos disponíveis para execução das atividades diárias do saneamento, por isso, PSB é esquecido ou ignorado (PEREIRA, 2012).

Devido a baixa adesão de municípios à elaboração PSB, o Decreto nº 7.217/2010² teve por objetivo regulamentar a Lei nº 11.445/2007 e estabelecer normas para municípios obterem recursos da União, tornando-o um parâmetro de referência na obtenção de financiamento. Portanto, o decreto previa que até o fim de 2017, os municípios devam finalizar o PSB para solicitar recursos da União voltadas a ações para o Saneamento Básico, sendo prorrogado para 2019, por meio do Decreto 9.254/2017 (BRASIL, 2010; BRASIL, 2017).

Segundo a Secretaria Nacional de Saneamento Ambiental, até o ano de 2016, 1692 (30%) municípios elaboraram o PSB e 2.091 (38%) estavam com o plano na fase de elaboração. Embora os valores sejam baixos, estão de acordo com o Plano Nacional de Saneamento Básico (PNSB), estipulando que 32% dos municípios realizariam o PSB. Ainda, prevê-se que para o ano de 2021 cerca de 51% dos municípios estarão com o PSB finalizado, atingindo 90% no ano de 2033 (SECRETARIA NACIONAL DE SANEAMENTO AMBIENTAL, 2017).

2.2 DRENAGEM URBANA E SANEAMENTO BÁSICO

A drenagem urbana ou o manejo de águas pluviais pode ser caracterizada como o conjunto de ações que visem diminuir os riscos e prejuízos à sociedade, associados a enchentes, inundações e alagamentos, tornando possível o desenvolvimento urbano de forma planejada, estruturada e sustentável (PEREIRA, 2012).

Segundo o CREA-PR (2016), deve-se combater a erosão urbana, o controle de cheias e melhorar a qualidade de vida da população por meio de obras de drenagem urbana. Portanto, a presença de estruturas de drenagem são cada vez mais exigidas para a aprovação de obras de edificações, pavimentações e parques.

O artigo 5º da Lei 11.445/2007 relaciona a drenagem urbana com atividades ligadas à infraestrutura de projetos de escoamento de águas pluviais, de transporte ou retenção, para o

² Decreto nº 7.217/2010 - Regulamenta a Lei no 11.445, de 5 de janeiro de 2007, que estabelece diretrizes nacionais para o saneamento básico, e dá outras providências.

amortecimento de vazões de cheias, tratamento e disposição de águas da chuva, contempladas a limpeza e a fiscalização preventiva das redes. Segundo o artigo nº 29, é estabelecido a garantia da remuneração de serviços de drenagem e manejo das águas pluviais por meio da cobrança de serviços relacionados ao tema (BRASIL, 2007).

O modelo clássico da drenagem urbana tem como filosofia transportar a água pluvial de forma mais rápida possível para a jusante (PORTO ALEGRE, 2005). As ações voltadas à drenagem urbana não devem ser unicamente estruturais, pois, apesar de eficazes, são onerosas, e por isso devem ser trabalhadas em conjunto com ações não estruturais, voltadas à legislação e educação ambiental. A integração de políticas públicas para uso e ocupação do solo, com soluções inovadoras que permitam o correto manejo das águas pluviais, tais como telhados verdes, uso de cisternas e canteiros abertos, são exemplos de alternativas que permitem a harmonia entre o desenvolvimento urbano e a sustentabilidade (TUCCI, 2015).

2.2.1 Manejo de águas pluviais na urbanização

O crescimento desordenado da população tem papel de grande impacto no manejo pluvial. Aliado a ele está a falta de investimento público nas últimas décadas, em obras de drenagem, manutenção e fiscalização de sistemas existentes, que levou a situação atual exigir caráter de urgência na tomada de ações nesta temática (CREA-PR, 2016).

Segundo Tucci (2003), o escoamento superficial no âmbito de uma bacia hidrográfica é acentuado em regiões já urbanizadas, chegando a vazões seis vezes superiores à mesma região em condições naturais. Cidades com sistemas deficientes em drenagem não são capazes de suportar o aumento do escoamento provocado por longos períodos de chuva ou por precipitações pluviométricas de alta intensidade. Entre as causas relacionadas à ocorrência de enchentes e alagamentos estão o desmatamento, a impermeabilização do solo urbano, a ocupação de várzeas, disposição incorreta de resíduos urbanos e o dimensionamento incorreto de sistemas de drenagem. O clima em escala regional pode sofrer consequências da má gestão urbana, provocando variações na ocorrência de chuvas e a diminuição de vazões mínimas, afetando o modo como o manejo das águas pluviais deve ser pensado (TUCCI, 2003).

A exemplo da Lei de permeabilidade do solo³ (2017) a urbanização traz mudanças ao comportamento de todos os processos do escoamento pluvial. Em chuvas intensas, o controle da drenagem urbana é dificultado, levando a problemas na manutenção do sistema de drenagem, diminuindo a qualidade das águas dos córregos e dificultando a recarga de mananciais subterrâneos. A resolução destes problemas é onerosa, e por isso é fundamental entender os fatores envolvidos no escoamento pluvial. (DUNNE e LEOPOLD, 1978, apud GALVÃO, 2008).

A drenagem urbana deve ser integrada com diversas áreas do desenvolvimento urbano, pois os impactos ocorridos em uma esfera da urbanização, posteriormente afetarão as outras, como a da construção civil e do abastecimento público. Percebe-se esta problemática nas seguintes situações:

a) Ações de uso e ocupação do solo inadequada devido ao parcelamento excessivo do solo e pelas ocupações impróprias de Áreas de Proteção Permanentes (APPs), nas quais observa-se alto adensamento populacional, sobretudo em áreas ribeirinhas, em que há grande dificuldade na implantação de canalização de água, esgoto e obras de drenagem urbana. Além da dificuldade técnica de se implantar sistemas em locais já consolidados, a obstrução das ações voltadas ao saneamento pela sociedade torna-se um agravante a esse cenário, sobretudo pela desinformação sobre o tema (POMPÊO, 2000).

b) Ações públicas no setor administrativo da sociedade, pela disputa interna de recursos entre diferentes setores, em razão de conflito de interesses e ausência de foco em políticas de ações de médio e longo prazo (TUCCI, 2015).

2.2.2 Impactos da Impermeabilização do solo

Segundo Moura e Silva (2015) a impermeabilização do solo se caracteriza pela deposição permanente de materiais em uma superfície do solo. Sendo total ou parcial, a impermeabilização dificulta a absorção da água das chuvas pelo solo, aumentando a vazão superficial, que pelo baixo atrito escoam à grande velocidade para um ponto mais baixo do terreno, se comparado ao processo natural em uma superfície permeável com vegetação, que possui maior capacidade de retenção da água (LAMBERTUCCI et. al., 2016).

3 Lei Complementar nº 929/2017 – Dispõe sobre dispositivos de captação de águas pluviais para fins de retenção, aproveitamento e recarga artificial de aquíferos em unidades imobiliárias e empreendimentos localizados no Distrito Federal e dá outras providências.

A urbanização provoca maior acúmulo de sedimentos, oriundos da construção civil, limpeza urbana, estradas e rodovias. Sua deposição nas bacias hidrográficas deve ser levada em consideração pois pode provocar assoreamento ao nível do leito, intensificando as inundações ribeirinhas. Já a erosão, mais frequente em regiões rurais, também ocorre em áreas urbanas. Previamente à construção civil, na etapa de loteamento de terrenos, a erosão urbana caracteriza-se pela perda de matéria sedimentar devido ao revolvimento do solo, retirada da cobertura vegetal e a desestabilização da estrutura do solo pela perda de nutrientes. Afetando o solo superficial até o subsolo, a erosão urbana tende a se atenuar quando a impermeabilização toma espaço (TUCCI, 1998).

2.2.3 Impactos da Drenagem (Enchentes, Alagamentos e Inundações)

A drenagem é “um pilar” de importância fundamental no saneamento básico. Sua gestão incorreta é percebida de forma mais evidente se comparada aos outros temas integrantes do saneamento urbano, ocorrendo na forma de eventos chamados enchentes, alagamentos e inundações. As inundações podem ocorrer de duas formas, isoladas ou combinadas, por meio de inundações de áreas ribeirinhas ou inundações decorrentes da própria urbanização, como explica Tucci (2002), e ocorrem da seguinte maneira:

- i. As inundações de áreas ribeirinhas ocorrem de forma natural em determinados períodos de retorno devido aos fatores climáticos regionais. Os rios possuem dois leitos, um menor no qual o corpo hídrico escoia na sua forma normal, e um leito maior que é inundando em um dado período de tempo. Sob o efeito da urbanização o leito maior é ocupado pela sociedade de baixa renda que, desconhecendo o comportamento dos leitos do rio, se instala irregularmente nestas localidades durante o intervalo entre estes eventos (PORTO ALEGRE, 2005). Isso pode ser percebido na cidade de Blumenau (SC), onde, no período entre 1912 a 1982 foram registradas apenas pequenas enchentes, influenciando a população a se instalar na faixa que compreende o leito maior de corpos hídricos, e após isso, de 1983 em diante as cotas de enchentes foram muito superiores aos anos anteriores, afetando em cerca de 16% do PIB de Santa Catarina na época (TUCCI, 1997).
- ii. As enchentes decorrentes da urbanização podem ser classificadas como aquelas ocasionadas pelo uso e ocupação do solo com superfícies impermeáveis, provocando

aumento nas vazões de escoamento das redes de condutos de escoamento. A impermeabilização de terrenos, o dimensionamento incorreto de condutos e sistemas de drenagem, uso e ocupação do solo com alta compactação, acúmulo de sedimentos em pontos baixos da cidade e obras urbanas mal dimensionadas, dificultam o escoamento e intensificam o efeito das enchentes (PARANÁ, 2002).

2.2.4 Elementos do sistema de microdrenagem urbana

A rede de microdrenagem deve ser composta por uma série de elementos estruturais que devem ser dimensionados adequadamente no sistema de drenagem urbana, sendo ela composta por pavimentos de ruas, guias, sarjetas, bocas de lobo, galerias de águas pluviais e de pequenos canais (ROCHA E BACK, 2013).

A drenagem se inicia através de calhas superficiais de escoamento, nas sarjetas e sarjetões que absorvem e escoam a carga pluvial das ruas, calçadas, pátios, telhados e diversas áreas impermeáveis ou até permeáveis que não consigam absorver a vazão total. As sarjetas localizam-se nas vias públicas, às margens das faixas em forma de canal longitudinal, próximas ao meio-fio e sua calha é receptora da água, escoando a mesma pela ação gravitacional. Os sarjetões estão situados nos cruzamentos das vias, integrando a própria estrutura da pavimentação e transportam a água de uma sarjeta a outra. Para absorver de alguma forma a vazão incidente das sarjetas, as bocas de lobo são dispostas em locais estratégicos com maior concentração de água em períodos de chuva, conduzindo-a até as tubulações internas que farão o transporte da água pluvial a alguma galeria (TUCCI, 2015).

A Secretaria de Estado do Meio Ambiente e Recursos Hídricos (SEMARH) por meio do “Plano Diretor de Drenagem Urbana para a região metropolitana de Curitiba”, sugere certos critérios para a implementação de bocas de lobo. Em pontos baixos, devem ser dispostas levando em consideração zonas mortas ou de acúmulo de água parada. Podem ser implantadas em um lado, ou ambos da via, de acordo com a presença de sarjeta, com o máximo de 60 metros de distância entre as bocas de lobo ligadas a mesma canalização, para não sobrecarregar uma única boca de lobo. Recomenda-se a inserção delas em pontos próximos às esquinas, antecedendo as faixas de pedestres para evitar o impedimento do acesso das faixas em momentos de chuva intensa, pela presença da torrente de água. A implantação dos vértices de intersecção entre as sarjetas não é recomendada, embora seja o

modelo mais utilizado no Brasil, pois além da obstrução das faixas ocasionada pela torrente, a direção gravitacional do fluxo da água dificulta a sua captação pela boca de lobo. (PARANÁ, 2002).

As bocas de lobo podem ser de três tipos: de guias (laterais), com grelhas ou combinadas. Cada uma possui dimensões diferenciadas de acordo com a altura do ralo, nível de depressão e podem variar em relação ao número de bocais. As bocas de lobo de guia possuem uma seção lateral aberta que recolhe água, não possuindo uma forma de gradeamento, já as do tipo de grelhas possuem o bocal na parte inferior da boca, em contato com o pavimento da pista e sua grade pode ser de materiais variados (CURITIBA, 2012).

As galerias se caracterizam como grandes canalizações públicas que recebem a água da rede pública coletora (bocas de lobo). São grandes tubulações de concreto ou tijolos com diâmetro nominal (DN) até de 1800 mm. Para a limpeza das galerias são necessários pontos específicos com tamanho suficiente para visitação, inspeção e limpeza. Esses locais são chamados de poços de visita, que permitam a manutenção e reparo de tubulações em caso de alterações de diâmetro, declividade e direção do fluxo (PORTO ALEGRE, 2005).

2.3 PLANO DIRETOR DE DRENAGEM URBANA

A drenagem urbana não deve ser pensada como um processo “*end of pipe*”⁴, mas como um tópico a ser trabalhado em uma esfera maior, em conjunto com outros temas. O Plano Diretor da Drenagem Urbana (PDDrU) permite criar mecanismos específicos da gestão urbana relacionado ao manejo de águas pluviais, melhorando o saneamento com menores perdas orçamentárias. Assim o PDDrU deve abordar um manual de drenagem urbana, regulamentar novos empreendimentos e remediar impactos com medidas estruturais e não estruturais (PORTO ALEGRE, 2005).

O PDDrU visa observar e estudar o comportamento da bacia hidrográfica em que o município está inserido. Sendo ele uma seção dedicada à temática de drenagem urbana, está normalmente inserido no Plano de Saneamento Básico do município, principalmente em municípios de pequeno porte, que não possuem uma legislação à parte para a drenagem, envolvendo outras questões, como o manejo de resíduos sólidos urbanos, disposição e tratamento de esgoto e abastecimento urbano.

4 *End of Pipe* – Fim de tubo, caracteriza-se pela concepção de ser o processo final, sem sequência.

Deve-se por meio do PDDrU estabelecer normas e critérios que se apliquem a todo âmbito da bacia, utilizando como base estudos específicos e análises para permitir um controle de qualidade. Deve também analisar medidas estruturais e não estruturais compensatórias para amortecer o impacto provocado pelas chuvas na região urbana, priorizando obras de maior abrangência em relação ao que foi investido (TUCCI, 2012).

Devido à bacia hidrográfica ser a unidade de gerenciamento, o PDDrU deve englobar a microdrenagem e a macrodrenagem, pois a drenagem é um fenômeno de abordagem regional e impactará além do perímetro da cidade. A microdrenagem é caracterizada como a composição de sistemas estruturais de escoamento pluvial a nível de loteamento, enquanto que a macrodrenagem envolve obras voltadas ao âmbito da bacia, planejando ações com chuvas de retorno em intervalos maiores, a exemplo de São Paulo, que adota para seus projetos de macrodrenagens, dimensionamento para chuvas de retorno na ordem de 25 anos (SÃO PAULO, 2006).

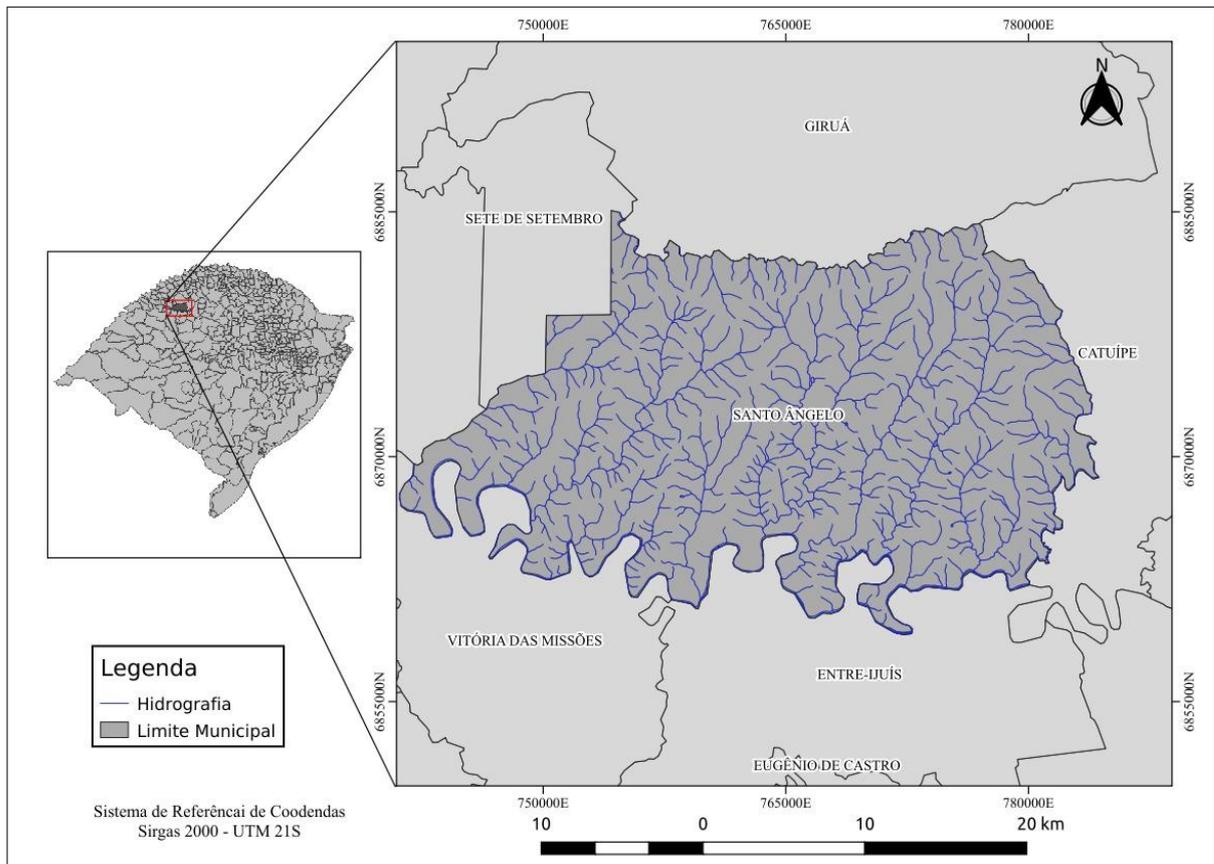
O crescimento urbano ocorre de forma mais acentuada principalmente em cidades de médio porte, entre 100 e 500 mil habitantes. Enquanto que em cidades grandes o crescimento ocorre a uma taxa de 0,9% anualmente, Tucci (2002) afirma que o crescimento em cidades médias ocorre a uma taxa de 4,8%, consideravelmente mais acentuado que nas grandes metrópoles. Isso pode ser explicado pelo fato do porte da cidade permitir a ocupação desordenada na forma de periferias no entorno da cidade, principalmente pela população de baixa renda, sem respeitar o plano diretor. É possível estimar através destas informações que cidades de médio porte possam apresentar futuramente as mesmas características de urbanização inadequada, com os problemas ambientais que as metrópoles atuais possuem. Com isso percebe-se a importância do plano diretor e de saneamento urbano para evitar essas problemáticas.

2.4 MUNICÍPIO DE SANTO ÂNGELO

Santo Ângelo é um município localizado ao noroeste do estado do Rio Grande do Sul, na região denominada Missões, englobando 16 municípios, na Rota das Missões. Segundo o último censo realizado pelo IBGE em 2010, possui uma população de 76.275 habitantes, estimada em 77.620 habitantes para 2018, sendo o município mais populoso desta região com uma área territorial de 680,930 km². O município possui uma densidade demográfica de

112,09 hab/km² segundo dados do IBGE de 2010, caracterizando-se também como o município mais denso per capita da região das Missões, podendo ser observado na figura 2. (IBGE, 2010).

Figura 2 - Mapa de Localização da Área de Estudo.



Fonte: Elaborado pelo Autor, 2019

O município utiliza o sistema separador de saneamento público, realizando o manejo de águas pluviais de forma segregada do esgotamento sanitário, no qual somente 29,3% da população possui acesso à rede de esgoto sanitário classificada como adequada. Esse baixo índice pode acarretar em doenças de veiculação sanitária, tendo no município 9,42 óbitos a cada mil nascidos no índice de mortalidade infantil, e especificamente 1 caso de diarreia a cada mil habitantes. Embora o saneamento seja considerado baixo, é o quinto município com maior recobrimento sanitário da microrregião. O município possui apenas 9,6 % da área urbana com recobrimento de bueiro, calçada, pavimento e meio-fio considerados adequados.

Em relação a sua área urbana, possui 90,5% de cobertura vegetal em vias públicas segundo dados do IBGE (2010).

O plano diretor do município (PDM) de Santo Ângelo foi estabelecido em 2011, possuindo oito revisões, a última datada em 2018. O município foi pioneiro na área de saneamento básico, elaborando o Plano Municipal de Saneamento Básico Participativo (PMSBP) em 2011, tornando-se referência para o estado (SANTO ÂNGELO, 2018).

Segundo a prefeitura, o Decreto nº 7.217/2010 estimulou a valorização dos serviços de saneamento básico. O PSB tornou-se fundamental e para isso realizou-se grandes investimentos na área, visando a universalização dos serviços. Devido a isso, o PMSBP está em processo de revisão para o planejamento de futuras metas para o período de 2020 a 2025 (SANTO ÂNGELO, 2019).

O município de Santo Ângelo está situado em duas bacias hidrográficas, a Rio Ijuí e a Rio Turvo, porém estando em maior parte na primeira. A bacia hidrográfica do Rio Ijuí possui uma área de 10.703,78 km², estando inserida em diversos municípios como Cruz Alta, Ijuí, Tupanciretã e também Santo Ângelo, atingindo uma população estimada em 341.569 habitantes (SEMMA, 2010).

O município está localizado ao meio de um divisor de águas situado na região central do município, cortado pelas microbacias do Arroio Itaquarinchim ao leste e pelo arroio São João ao oeste (HARTMANN, 2019). Observa-se na figura 3 as microbacias localizadas dentro do perímetro do município e o local do divisor de águas. Com isso é possível perceber que escoamento superficial se dará no sentido do centro para ambos os lados da cidade até atingir um corpo hídrico receptor.

Os problemas associados à drenagem urbana estão intimamente ligados às características de formação do relevo no âmbito da bacia hidrográfica local. Neste contexto, o geoprocessamento vêm como uma importante ferramenta para estudar o comportamento das enchentes pluviais e alagamentos urbanos, permitindo a análise de pontos críticos e zonas de risco, utilizando bancos de dados e mapas para servir de suporte ao monitoramento do sistema (ALCOROFADO, et. al., 2003).

2.5 GEOPROCESSAMENTO NA DRENAGEM URBANA

Caracterizado como o conjunto de ferramentas de coleta e processamento de dados espaciais, o geoprocessamento auxilia na análise de eventos atuais e permite a prevenção de futuros (ALCANTARA E ZEIHOFER, 2006).

Por meio de Sistemas de Informações Geográficas (SIGs) é possível realizar uma abordagem ampla e interdisciplinar de uma situação em um sistema composto por informações e variáveis de diferentes naturezas. Portanto, esta tecnologia articula-se como ferramenta integradora entre o planejamento ambiental e a gestão de recursos hídricos (PINHEIRO, et. al., 2009).

De modo a espacializar informações de interesse, surge o geoprocessamento como uma ferramenta para integrar dados a um Sistema de Informações Geográficas (SIG) e para isso softwares com SIGs implementados passaram a ser utilizados. O ArcGIS é um software licenciado de código fechado que vem dominando o mercado ao longo dos anos, sendo muito utilizado por empresas de grande porte que demandam agilidade e eficiência para prestação de serviços, agregando ferramentas especializadas para complementar o software. Porém, para pequenas empresas e órgãos públicos que precisam trabalhar com menor recurso, surgem ferramentas alternativas gratuitas de fácil acesso. Neste contexto é apresentado o QGIS, conhecido por ser um software livre e de código aberto que vem crescendo na última década (SANTOS, 2017).

O QGIS foi licenciado segundo a licença pública (GNU), sendo um projeto oficial da Open Gis Foundation (OSGeo). Iniciado em 2002, contou com diversas versões e está atualmente na versão 3.8 de lançamento contínuo e na versão 3.4 LTR (*Long Term Release*), conhecida por ser mais estável e possuir um suporte prolongado (QGIS *DEVELOPMENT TEAM*, 2019).

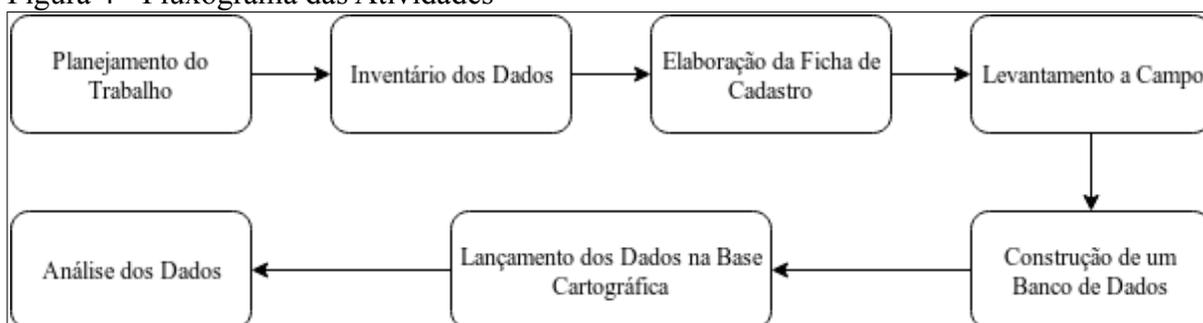
Trabalhando com arquivos de formatos variados, como DXF (Drawing Exchange Format) e SHP (*shapefile*⁵), é possível utilizar esse software para as mais variadas aplicações profissionais dentro do contexto do geoprocessamento. Utilizando arquivos *shapefile* é possível expressar informações sobre forma vetorial em pontos, linhas ou polígonos. É com a integração destas informações, por meio de camadas de pontos, linhas e polígonos que se obtém uma representação gráfica espacial de um tema de interesse, caracterizando um mapa.

5 *Shapefile* – Formato de arquivo utilizado para expressar informações geoespaciais sob a forma vetorial.

3 METODOLOGIA

A organização deste trabalho foi representada em 8 etapas que podem ser observadas na figura 4 sob a forma de fluxograma, sendo compreendido desde o planejamento do trabalho até obtenção de mapas e análise dos dados.

Figura 4 - Fluxograma das Atividades



Elaborado pelo autor, 2019.

3.1 PLANEJAMENTO DO TRABALHO

O trabalho iniciou-se por meio de um projeto de extensão da Universidade Federal da Fronteira Sul, UFFS em parceria com a Secretaria Municipal do Meio Ambiente (SEMMA) da cidade de Santo Ângelo, focado na temática de drenagem urbana, que possui um setor ambiental diferenciado no contexto regional e que está revisando o plano de saneamento urbano, realizando investimentos e agregando informações à seção dedicada à área da drenagem urbana.

Dessa forma, prosseguiu-se uma etapa de planejamento por parte dos acadêmicos envolvidos e professores, para pontuar ações prioritárias a serem efetuadas junto à SEMMA, dando origem ao plano de se realizar um levantamento cadastral das bocas de lobo do município em locais estratégicos, pontuando informações de interesse, para criar um banco de dados que auxilie o município a estudar locais prioritários a serem realizadas manutenções e ações mitigatórias a inundações.

3.2 INVENTÁRIO DOS DADOS

A base cartográfica de Santo Ângelo foi realizada pela empresa Geomais em 2015. O levantamento resultou na obtenção de arquivos vetoriais para os limites de imóveis da cidade, edificações urbanas e o sistema viário municipal. Neste trabalho será utilizada a base vetorial para o sistema viário, visto que a drenagem urbana está intimamente ligada no Brasil a construção de vias públicas.

3.3 ELABORAÇÃO DA FICHA DE CADASTRO

A planilha foi elaborada a fim de conter um conjunto de informações de caráter técnico e informativo, conforme Apêndice A. As seguintes informações foram dispostas na ficha, seguida por sua característica:

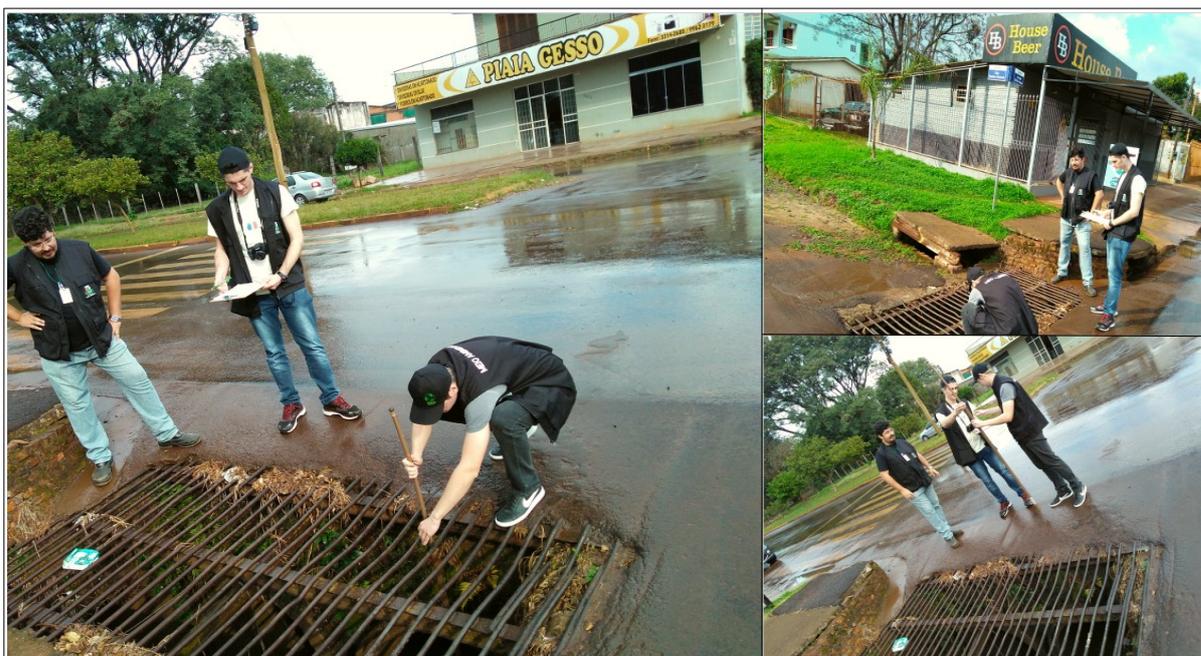
- a) Tipo de estrutura da drenagem: A caracterização dos elementos presentes é de grande importância para solicitar o suporte específico a sua natureza. Desse modo identificando-o como uma boca de lobo ou poço de visita, ou ambos, quando se dá o acesso interno às tubulações próximo a boca de lobo;
- b) Localização: Para identificar o ponto conforme o sistema viário urbano;
- c) Lado da pista: Para facilitar a identificação junto ao croqui;
- d) Coordenadas: Localização geográfica dos pontos levantados;
- e) Número da foto;
- f) Dimensões das bocas de lobo e poços de visita;
- g) Elementos do sistema de drenagem (Canais, Ramais e Galerias);
- h) Comentários Gerais;
- i) Tipos de Boca de Lobo: Boca de lobo de grelha, lateral ou fenda horizontal (simples ou múltipla);
- j) Entorno: Características da pavimentação do passeio e da via local;
- k) Croqui: Desenho a campo do entorno da boca de lobo e dos diâmetros internos.
- l) Observações: Registro de informações específicas a cada boca de lobo, como a constatação de esgoto no sistema.

3.4 LEVANTAMENTO A CAMPO

O levantamento foi realizado em dois momentos. Primeiramente foi realizado na área central do município, iniciando-se em 16 de julho de 2018. Os acadêmicos se deslocaram ao município de Santo Ângelo e após o alinhamento de objetivos e informações com os profissionais da SEMMA, devido à acessibilidade e localização estratégica, definiu-se o centro do município como área prioritária do levantamento. O objetivo principal do levantamento era o cadastramento das informações mencionadas previamente na planilha cadastral. As informações coletadas incluíam dimensões da boca de lobo, georreferenciamento da localização de cada boca de lobo, informações intrínsecas à possibilidade de alagamentos e registro numérico e fotográfico.

Para auxiliar os acadêmicos, um profissional municipal acompanhou o levantamento permitindo também uma maior eficiência na coleta dos dados, prestando suporte na coleta de informações relacionadas ao perímetro municipal, o que pode ser observado na figura 5.

Figura 5 - Cadastramento das bocas de lobo a campo.

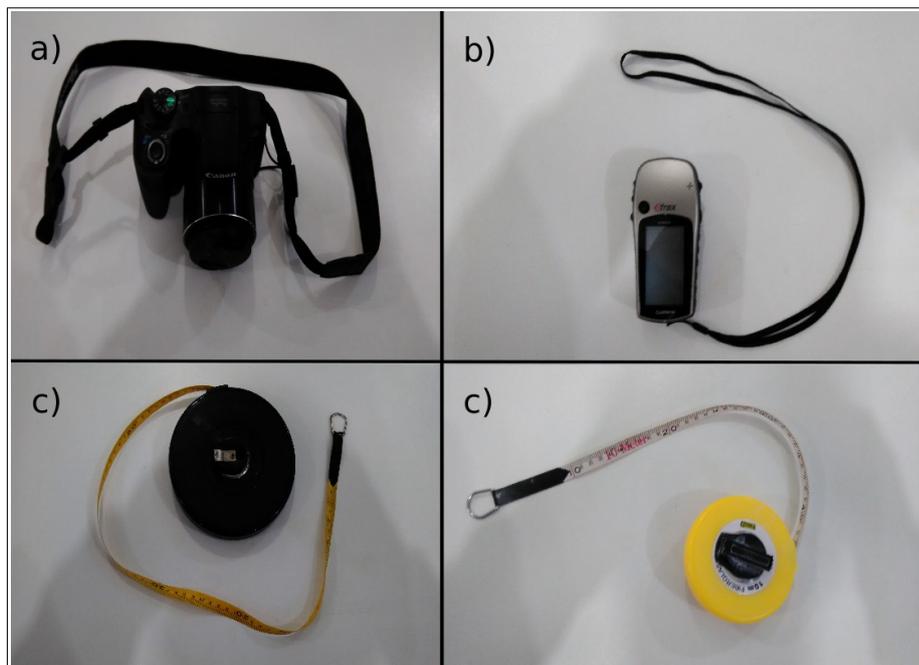


Fonte: Acervo do Autor, 2019.

Para o georreferenciamento foi utilizado um equipamento GPS de navegação Garmin Etrex Vista H, que para fins de levantamento de estruturas de drenagem possui precisão

aceitável. A coleta de dados foi realizada utilizando coordenadas UTM, sob o fuso 21 Sul ao centroide de cada boca de lobo. Para o registro fotográfico foi utilizada uma câmera CANON, com auxílio de giz para a marcação e numeração das bocas de lobo, facilitando a observação de bocas de lobo danificadas ou com sua sessão de vazão obstruída. Todos os equipamentos foram cedidos pela SEMMA e utilizados para a obtenção dos dados, conforme figura 6.

Figura 6 - Equipamentos utilizados no inventário a campo: a) Câmera de alta resolução Nikon; b) GPS de navegação Garmin Etrex Vista H; c) Trens de bolso sem Precisão Nominal.



Fonte: Acervo do autor, 2018.

Para a medição das dimensões da boca de lobo foram utilizadas a campo duas trenas de fibra de vidro sem precisão nominal, de 20 e 30 metros, além de uma trena de mão, não apresentando informações da classe da trena. Um paquímetro improvisado foi utilizado para a obtenção do diâmetro nominal da boca de lobo, visto que as tubulações apresentam variações na ordem de 100 mm, o equipamento provou-se adequado para o levantamento, que pode ser observado na figura 7.

Figura 7 - Paquímetro Improvisado



Fonte: Acervo do autor, 2018.

Com o auxílio da SEMMA e da população local, que cedia informações da área próxima a boca de lobo, foram estimados possíveis pontos de alagamento e constatou-se despejos clandestinos de esgoto no sistema pluvial, presença de ramais inadequados ao padrão necessário, galerias subterrâneas e informações inerentes às condições das ruas locais.

Na segunda etapa, cadastraram-se pontos localizados nas ruas transversais, no sentido leste e oeste, e bocas de lobo localizadas em pontos de acesso a bairros.

O presente trabalho teve o suporte total da SEMMA.

3.5 CONSTRUÇÃO DE UM BANCO DE DADOS

A formação de bancos de dados é possível através da utilização de softwares que sejam capazes de gerir tais conjuntos de informações. No presente trabalho foi utilizado o Libre Office Base, um software de código aberto que pertence a suíte *do Libre Office*, capaz de integrar tabelas para posterior consulta de dados de forma prática ou exportação do banco de dados para um software de interpretação destas informações, como o Qgis. O banco de dados foi elaborado com base na planilha de resultados obtidos do levantamento a campo,

utilizando os conceitos de normalização conforme as três normas da organização de um banco de dados.

3.5.1 As três normas da Organização de um banco de dados

A normalização de um banco de dados é necessário para dar valor unitário a cada informação contida no sistema. O software de varredura de informações não é capaz de identificar valores compostos, e devido a isso, realizou-se simplificação das informações para dar eficiência e produtividade ao processo. A figura 8 exemplifica uma tabela não normalizada de banco de dados com os DN das tubulações das bocas de lobo levantadas.

Figura 8 - Tabela de dados não normalizado

	ID	N	E	N1	TUBULACOES	DN
	1	1	768052	6868616	Impossível determinar	Impossível determinar
	2	2	768033	6868602	Impossível determinar	1000
	3	3	768003	6868578	Impossível determinar	Impossível determinar
	4	4	768012	6868571	Impossível determinar	270
	5	5	768073	6868311	Impossível determinar	Impossível determinar
	6	6	768091	6868309	Impossível determinar	Impossível determinar
	7	7	768092	6868311	6	1000, 1000, 800, 600, 600 e 400
	8	8	768092	6868311	6	1000, 1000, 800, 600, 600 e 400
	9	9	768092	6868311	6	1000, 1000, 800, 600, 600 e 400
	10	10	768111	6867836	4	800, 800, 800 e 800
	11	11	768111	6867819	2	1000 e 1000
	12	12	768105	6867808	3	1000 (ou 1200), 1000 e 300
	13	13	768105	6867808	3	1000 (ou 1200), 1000 e 300
	14	14	768105	6867808	3	1000 (ou 1200), 1000 e 300
	15	15	768107	6867801	2	1200 e 300
Registro	16	de 356			◀ ◁ ▷ ▶ +	

Fonte: Elaborado pelo Autor, 2019

A primeira norma exige que os dados não devem possuir valores repetidos, nem possuir informações múltiplas, isto é, seus atributos devem possuir valores atômicos, a fim de facilitar a busca de informações posteriormente, de forma coesa.

A segunda norma prevê que além dos dados respeitarem a primeira norma, devem depender apenas da informação principal da tabela, chamada de chave primária. Informações

que não dependem diretamente da chave primária devem ser agrupadas e organizadas em uma nova tabela que estará relacionada a uma informação condizente. Neste caso as informações referentes ao diâmetro nominal precisaram ser encaminhadas a uma nova tabela, visto que em uma única boca de lobo poderia haver registro de diversas tubulações passando sobre ela, com diâmetros de tamanhos diferentes.

A terceira norma, assim como a anterior, exige que hierarquicamente seja respeitada a segunda norma. Esta norma prevê que os valores secundários sejam independentes entre si, dependendo apenas da chave primária. Como é o caso das observações que dependem unicamente do ID do ponto da boca de lobo.

Percebe-se que a tabela de dados da figura não atende os requisitos de individualidade de cada célula, e para sua normalização deve-se criar uma coluna para registrar o valor único de cada célula, respeitando a identificação da boca de lobo. Simplificou-se a coluna DN para seus valores serem atômicos, sem perder a relação com o número da boca de lobo. A figura 9 representa a tabela normalizado das tubulações.

Figura 9 - Tabela de Dados Normalizados

	ID	N	E	N1	TUBULACOES	DN individual
	1	1	768052	6868616	Impossível determinar	n
	2	2	768033	6868602	Impossível determinar	1000
	3	3	768003	6868578	Impossível determinar	n
	4	4	768012	6868571	Impossível determinar	300
	5	5	768073	6868311	Impossível determinar	n
	6	6	768091	6868309	Impossível determinar	n
	7	7	768092	6868311	6	1000
	8	8	768092	6868311	6	600
	9	9	768092	6868311	6	400
	10	10	768111	6867836	4	800
	11	11	768111	6867819	2	1000
	12	12	768105	6867808	3	1200
	13	13	768105	6867808	3	1000
	14	14	768105	6867808	3	300
	15	15	768107	6867801	2	1200
Registro		16	de 427			

Fonte: Elaborado pelo Autor, 2019

O Libre Base tem como propósito a manipulação do banco de dados localmente, diferenciando-se da proposta de outros sistemas como PostGIS, em que o gerenciamento dos

dados é realizado em um servidor. O QGIS não é capaz de fazer a leitura de arquivos gerados no Base porém A migração do banco de dados pode ser realizada através da conversão do arquivo para formato SQL, que pode ser entendido e armazenado pelo gerenciador de banco de dados do QGIS, no PostgreSQL.

3.6 LANÇAMENTO DOS DADOS NA BASE CARTOGRÁFICA

A geração de um banco de dados facilita a organização do conjunto de informações obtidas em campo, facilitando a busca sob demandas, permitindo a alimentação dos cadastros por meio de formulários. Porém, a representação visual dessas informações faz-se necessária para a compreensão e engajamento entre profissionais de outras áreas. Desta forma utiliza-se o geoprocessamento, que permite a organização deste banco de dados a um SIG, espacializando variáveis, como nesse caso elementos da drenagem urbana, que poderão ser visualizados na forma de mapas cartográficos para facilitar o monitoramento e a tomada de ações, visando o controle de alagamentos e enchentes.

Para promover o apoio à tomada de decisões e controle de eventos adversos relacionados a drenagem urbana, as informações levantadas devem ser georreferenciadas, e a sobreposição destes dados por meio da utilização de SIGs permite a elaboração de mapas que sintetizam um conjunto de informações (PINHEIRO et. al., 2009).

3.6.1 SOFTWARES DE PROCESSAMENTO DE DADOS

O geoprocessamento necessita de ferramentas para integrar dados e no presente trabalho a leitura dos dados e geração dos mapas foi realizada no software QGIS.

Dessa forma, foram utilizados arquivos CSV (*Comma Separated Values*⁶), u, para expressar cada ponto de um elemento do sistema de drenagem com sua respectiva coordenada integrada, transformado-o em um *shapefile* de pontos para a localização visual das bocas de lobo. Em seguida foi inserido um arquivo vetorial do sistema viário da cidade, obtido do levantamento realizado para obter uma maior noção de espaço e de localização das bocas de lobo em relação a via.

6 *Comma Separated Value* – Valores Separados por Vírgula. Formato de arquivo capaz de agregar informações em colunas, utilizando como delimitador a vírgula.

Em seguida elaborou-se uma série de mapas das informações registradas na ficha de cadastro conforme a normalização do banco de dados, para se obter mapas com diferentes fins. Assim, gerou-se mapas de entupimento do sistema de drenagem urbana, constatação de presença de esgoto no sistema, condições da estrutura dos elementos e avaliação detalhada dos elementos.

3.7 ANÁLISE DOS DADOS

Com base nas informações obtidas por meio dos mapas cartográficos verificou-se o estado do sistema por meio da sobreposição de dados para a geração de mapas. Então foi dada sequência à análise quantitativa dos resultados para se chegar a um diagnóstico mais consistente que será apresentado a seguir.

4 RESULTADOS

Nesta seção serão apresentados os resultados obtidos dos levantamentos e análises que foram realizadas seguindo a metodologia apresentada anteriormente.

4.1 ANÁLISE DOS DADOS OBTIDOS A CAMPO

O levantamento a campo na cidade de Santo Ângelo quantificou 356 bocas de lobo ao longo do trajeto percorrido. As fichas foram preenchidas seguindo as orientações dadas pelos profissionais da SEMMA, em que é observável um exemplo no Apêndice B. Foram levantados diversos parâmetros que revelaram bocas de lobo com características distintas, estando em sua maior parcela adequadas, porém com uma quantia significativa em condições adversas a seu funcionamento ideal.

Percebe-se por meio do mapa da Figura 10 que existem regiões com grande concentração de bocas de lobo e outras em que são insuficientes, havendo certo grau de aleatoriedade na distribuição das mesmas.

Essa informação reafirma o que foi constatado pelo PMSBP (2010) de Santo Ângelo, que durante o desenvolvimento da cidade não houve planejamento na disposição do sistema de drenagem urbana. São Paulo (1999) e Paraná (2002) recomendam um espaçamento máximo de 60 metros entre as bocas de lobo, enquanto que GRIBBIN (2014) sugere 75 metros. Essa estimativa não compreende a capacidade de escoamento das sarjetas, porém não é recomendado utilizá-la extensivamente para este fim, devido a formação de grandes torrentes de água pluvial que podem vir a obstruir a utilização das vias durante a ocorrência de eventos pluviais de maior intensidade.

Observando a Figura 10, percebe-se que o sistema não adota este padrão, com vários “vazios” no sistema, principalmente no entorno da região central da cidade. Essas áreas são suscetíveis a tornarem-se zonas mortas, levando a ocorrência de alagamentos e inundações.

Para observar a distribuição espacial das bocas, utilizou-se a ferramenta Estimativa de Densidade Kernel no QGIS adotando 60 metros de raio entre ela. Assim elaborou-se a Figura 11 para analisar a concentração das bocas de lobo. Os pontos na cor vermelha representam alto adensamento das bocas de lobo, seguida pelo médio na cor verde e baixo na cor azul compreendendo o raio de captação de cada boca de lobo.

Figura 10 - Mapa do inventário das bocas de lobo



Fonte: Elaborado pelo autor, 2019

Figura 11 - Concentração espacial das bocas de lobo



Elaborado pelo Autor, 2019.

4.2 FORMULÁRIO E CONSULTA DO BANCO DE DADOS

A utilização do banco de dados permite a consulta rápida das informações e a adição de novos valores através de um formulário de dados. Procedeu-se a sua elaboração utilizando a função Elaboração de Formulário do software Base. Nesse caso o formulário já possui 356 cadastros realizados, porém as informações que englobam a drenagem urbana são dinâmicas, e novos dados devem ser alimentados através do tempo. A inserção de dados pelo Base é de fácil compreensão, devido a seu *layout* altamente customizável. A Figura 12 demonstra o formulário gerado.

Figura 12 - Formulário de Cadastramento das Bocas de Lobo

FORMULÁRIO DE CADASTRAMENTO		
ID	CADAST	LOCALIZA
1	Boca de lobo	Avenida Getúlio Vargas
E	N	TIPC
768052	6868616	Lateral simples
L/H	COMP	TUBULA
0,27	1,00	Impossível determinar
DN	LARGURA DA RUA	LAD
Impossível determinar	6,50	Par
GALERIAS	CANAIS	RAM
Sim	Não	Não
CONDICO	VAZAO ADEQUADA	ENTUPIM
Boa	Sim	Não
INSPECAO DETALHADA N	PAVIMENTO	PASSI
Não	Asfalto	Com revestimento
CODIGO DA F	OBS	DAT
P-1	Não	16/07/2018

Fonte: Elaborado pelo autor, 2019

Por meio da normalização dos dados gerou-se seis subtabelas. Estas tabelas podem ser utilizadas pela função de consulta do software Base, que através de condições geradas pelo usuário permite a captura de dados que correspondem a programação computada. Assim é possível cruzar dados de parâmetros diferentes para localizar um elemento que apresenta especificamente as características informadas de cada parâmetro.

4.3 ELABORAÇÃO DE MAPAS CARTORIAIS

A seguir serão apresentados mapas cartográficos resultantes da superposição de dados da base cartográfica de Santo Ângelo, com as informações obtidas do inventário de cadastro dos elementos da drenagem urbana.

4.3.1 Condições de Estabilidade Estrutural

Para analisar as condições da estrutura das bocas de lobo, o levantamento a campo utilizou 3 classes, definidas no planejamento do estudo com os acadêmicos e professores, da seguinte forma : a) Boa condição de estabilidade: O elemento analisado nessa classe está com a estrutura ideal para seu correto funcionamento; b) Sofrível: Apresenta pequenas rachaduras e corrosões na estrutura do elemento; c) Precária: Em que há desabamento da boca de lobo, inversão do decaimento do bocal ou ruptura da grelha.

Segundo o levantamento, 215 (60%) das 356 bocas de lobo se classificaram com boa condição de estabilidade, 88 (25%) como sofríveis, e 54 (15%) como precárias. Percebe-se que há uma quantia considerável de bocas de lobo com condições adversas ao seu estado adequado, causando ineficiência do sistema e riscos a população como quedas ou em chuvas intensas e até mesmo o carreamento de pessoas debilitadas e crianças para as bocas de lobo devido a uma forte torrente de água. A figura 13 ilustra bocas de lobo em condições sofríveis e precárias.

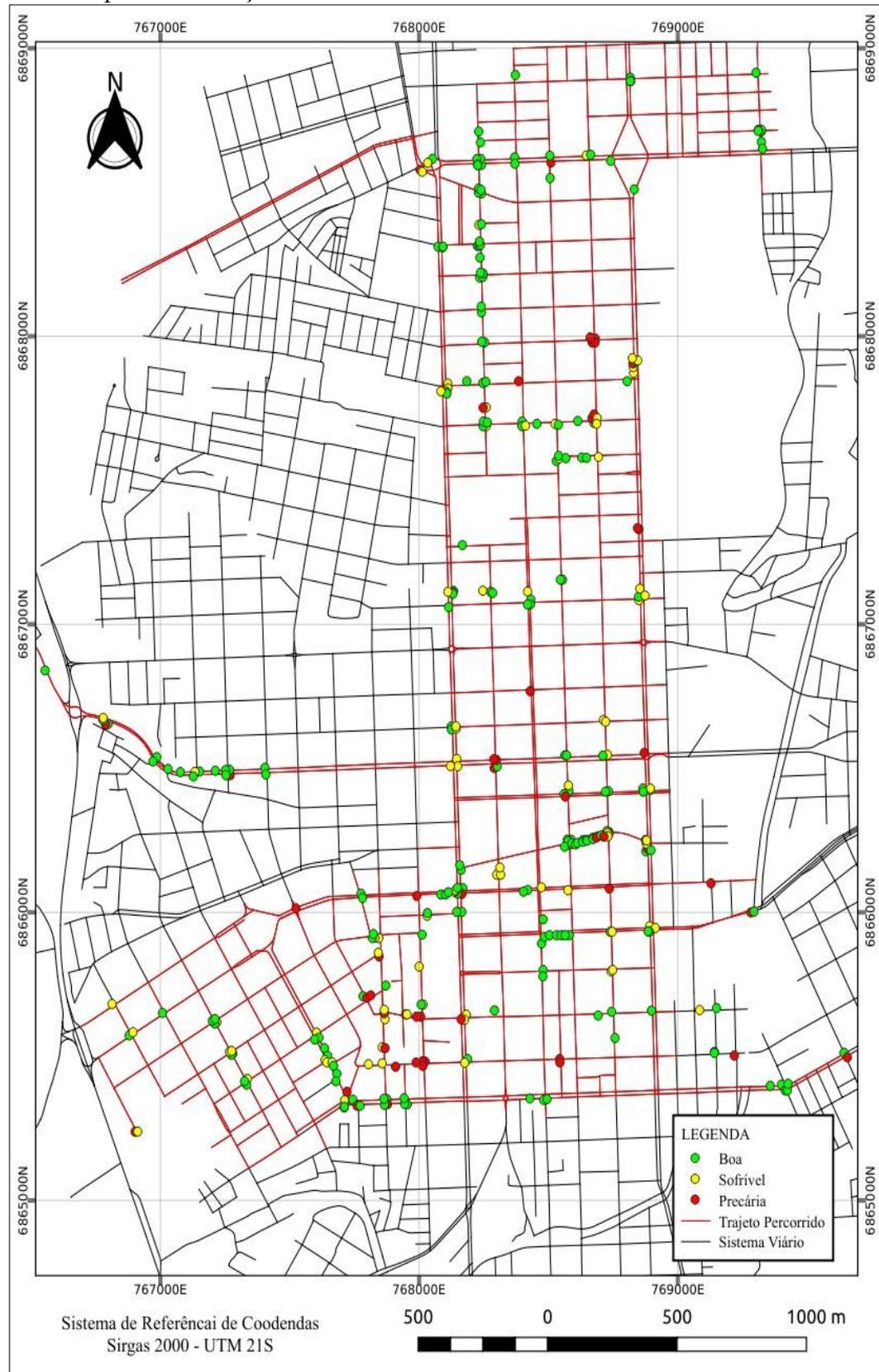
Figura 13 - Bocas de lobo em condições adversas: a) sofrível; b) precária.



Fonte: Acervo do autor, 2018

A Figura 14 ilustra por meio de um mapa a localização das bocas de lobo conforme suas condições estruturais.

Figura 14 - Mapa das Condições de Estabilidade dos Elementos.



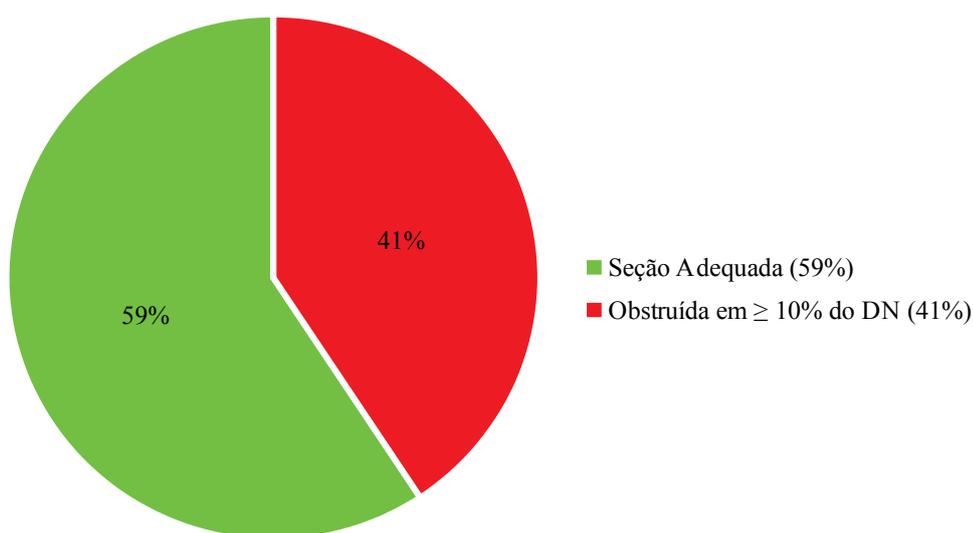
Fonte: Elaborado pelo Autor, 2019

4.3.2 Seção de Vazão das Tubulações

As bocas de lobo devem ser dimensionadas de acordo com o DN necessário a captar a vazão incidente sobre ela. Para estipular se a seção de vazão dos DNs das tubulações era adequado, adotou-se como parâmetro um limite de 10% de obstrução da seção total, segundo orientações da SEMMA.

Este valor é justificável devido o fato de que uma pequena perda de eficiência no escoamento de uma vazão pode resultar no alagamento do entorno, devido a capacidade de transporte de cada boca de lobo. Isto aliado a outros problemas de dimensionamento, que são cumulativos, intensificam fenômeno das enxurradas. Das bocas de lobo levantadas, 211 (59%) estavam adequadas, segundo a metodologia usada, e 145 (41%) apresentaram obstrução em parte da sua seção, conforme a Figura 15.

Figura 15 - Seção de Vazão das Bocas de Lobo.



Fonte: Elaborado pelo autor, 2019.

Pode ser notada a presença de materiais sedimentares nas tubulações, que através do tempo intensificam a formação de plantas dentro da boca de lobo, o que, em uma chuva intensa pode causar uma redução na capacidade de retenção de água da boca de lobo.

Este problema é agravado mais ainda pelo setor de obras, que devido a reformas nas vias públicas, nota-se presença de betume asfáltico nas bocas de lobo que pode ser visto na Figura 16, vedando parte da seção da grade. Desse modo, além de impedir a abertura da

tampa para limpeza do sistema, obstrui parte da capacidade de absorção do escoamento pluvial e não sendo um material de fácil remoção, tornará mais trabalhosa a manutenção em relação ao tempo por boca de lobo.

Figura 16 - Obstrução da seção de entrada a boca de lobo

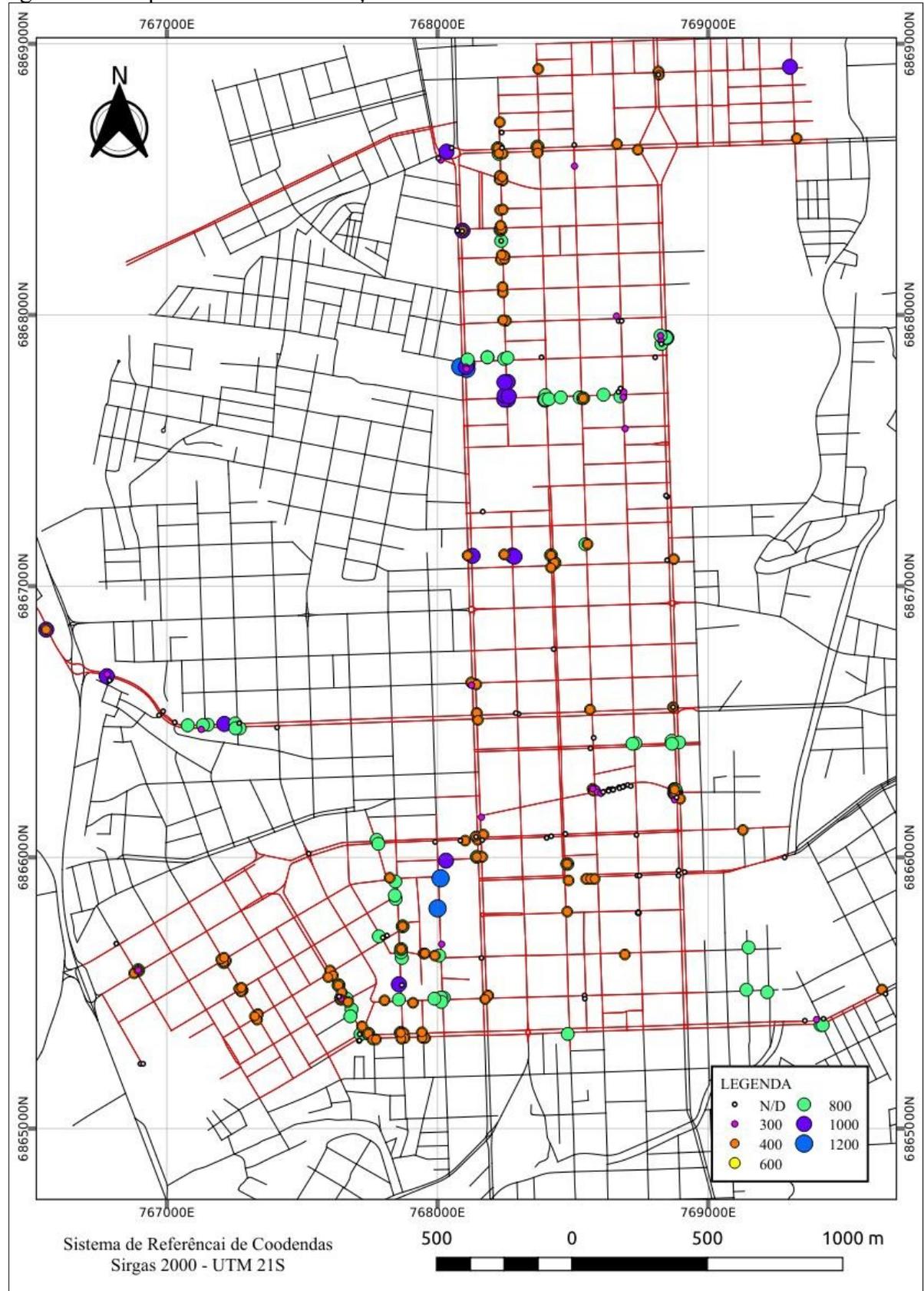


Acervo do autor, 2018

A capacidade de engolimento da boca de lobo é dada em função do ângulo de inclinação da grade, porém, a SEMARH do Paraná (2002) recomenda em projetos padrão que até 30% de excesso da vazão de uma boca de lobo pode extravasar para a seguinte. Considerando o fato que em 41% do levantamento teve a seção de vazão em pelo menos 10% inviabilizada, percebe-se o risco que pode ser gerado ao sobrecarregar bocas de lobo adequadas com o escoamento não absorvido.

Para o funcionamento adequado das bocas de lobo, é necessário que o DN seja de forma crescente ao longo do trajeto. Tubulações com diâmetros invertidos intensificam a probabilidade de ocorrer alagamentos e por isso o dimensionamento correto do sistema é fundamental. Com o auxílio do paquímetro improvisado, foram levantadas os DN das tubulações internas das bocas de lobo, além da elaboração de um croqui das tubulações internas. Percebeu-se que diversas bocas de lobo possuíam múltiplas tubulações internas, e devido a isso, foi elaborado um mapa com os diâmetros levantados classificados por cor e tamanho para facilitar a visualização dos diferentes diâmetros, conforme a Figura 17. Para evitar a poluição visual do mapa e pela menor ocorrência destes diâmetros, os DNs 900, 700, 500, 200 e 100 foram agregados ao DN superior respectivo (1000, 800, 600, 300).

Figura 17 - Mapa de DN das Tubulações



Elaborado pelo autor, 2019.

Esses dados podem orientar a manutenção das tubulações mais críticas das bocas de lobo. Portanto, sabe-se o DN das tubulações do local para proceder com a adequação do sistema em pontos que o dimensionamento das tubulações foi equivocado.

4.3.3 Entupimento das Bocas de Lobo

A situação de entupimento pode ser caracterizada como a obstrução ou barramento do fluxo de água incidente. Entre as causas analisadas, a presença de sedimentação é a predominante. Isso se deve a diversos fatores como a erosão provocada na fase de loteamento de novas áreas, na limpeza urbana, em que parte do material varrido é carregado às bocas de lobo, ou pelo rompimento da estrutura interna das tubulações, causando o bloqueio da passagem de água. Assim, as bocas de lobo não entupidas são sobrecarregadas e passam a atender vazões para a qual não foram dimensionadas. A Figura 18 ilustra as condições críticas de entupimento encontradas no levantamento.

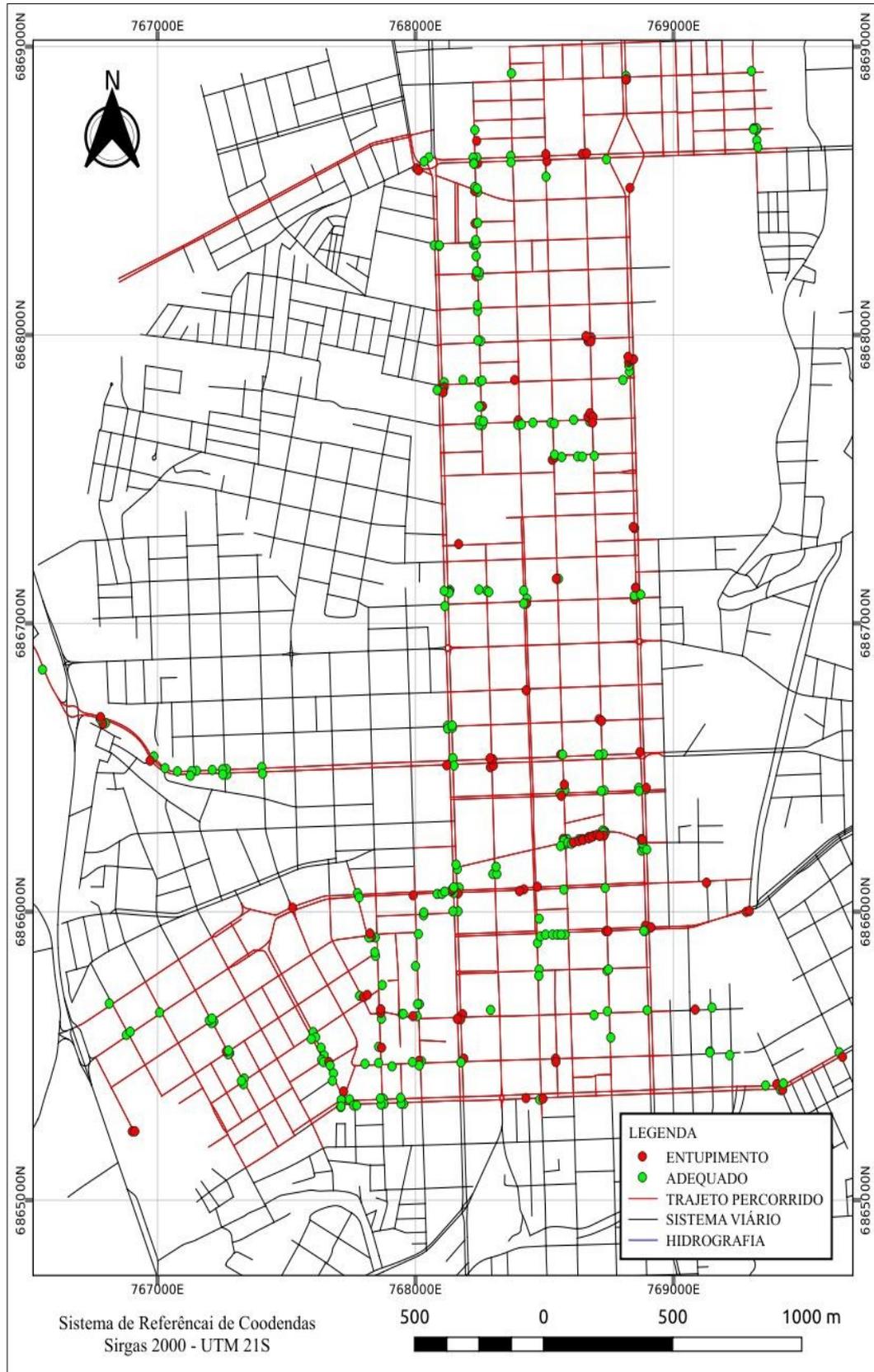
Figura 18 - Entupimentos críticos nas Bocas de Lobo



Acervo do autor, 2018.

Observando o mapa da Figura 19, percebe-se que 240 (67%) bocas de lobo estão com seu escoamento livre e 116 (33%) apresentavam características de entupimento. É necessário realizar limpezas nos sistemas, abrir a tampa das bocas de lobo e remover os materiais que estão obstruindo a passagem de água. O reparo de grelhas rompidas também é de grande importância pois retêm materiais que podem provocar o entupimento das tubulações.

Figura 19 - Mapa de Entupimento do Sistema de Drenagem

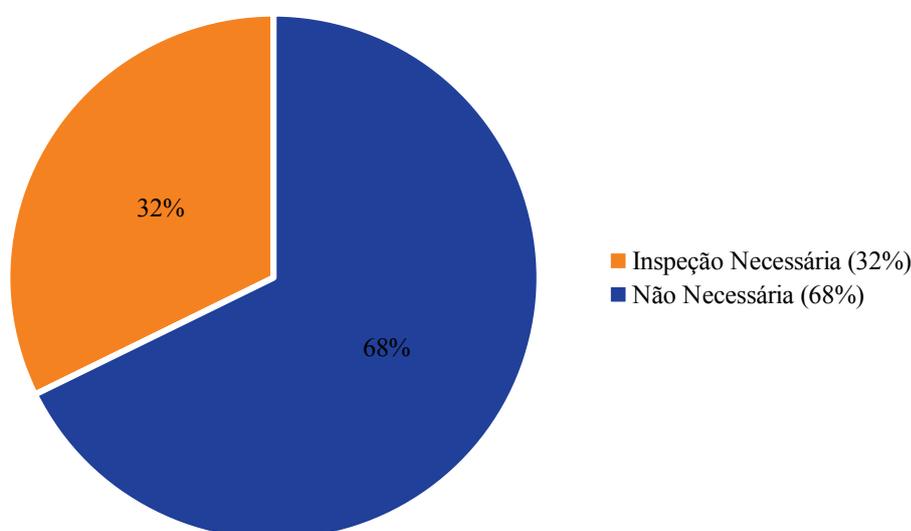


Fonte: Elaborado pelo autor, 2019.

4.3.4 Inspeção Detalhada

Durante o levantamento, certas características das bocas de lobo foram de difícil análise por parte dos acadêmicos. Neste caso foi sugerido o registro dos locais que necessitavam de uma inspeção mais técnica. Dessa forma, por meio das observações da caderneta de campo, informou-se os dados complementares observados das bocas de lobo que necessitam de maior atenção. Observa-se que em 115 (32%) bocas de lobo foi constatado a necessidade de inspeção detalhada e 241 (68%) não apresentaram características distintas o suficiente para justificar nova análise, conforme a Figura 20.

Figura 20 - Necessidade de Inspeção Mais Detalhada

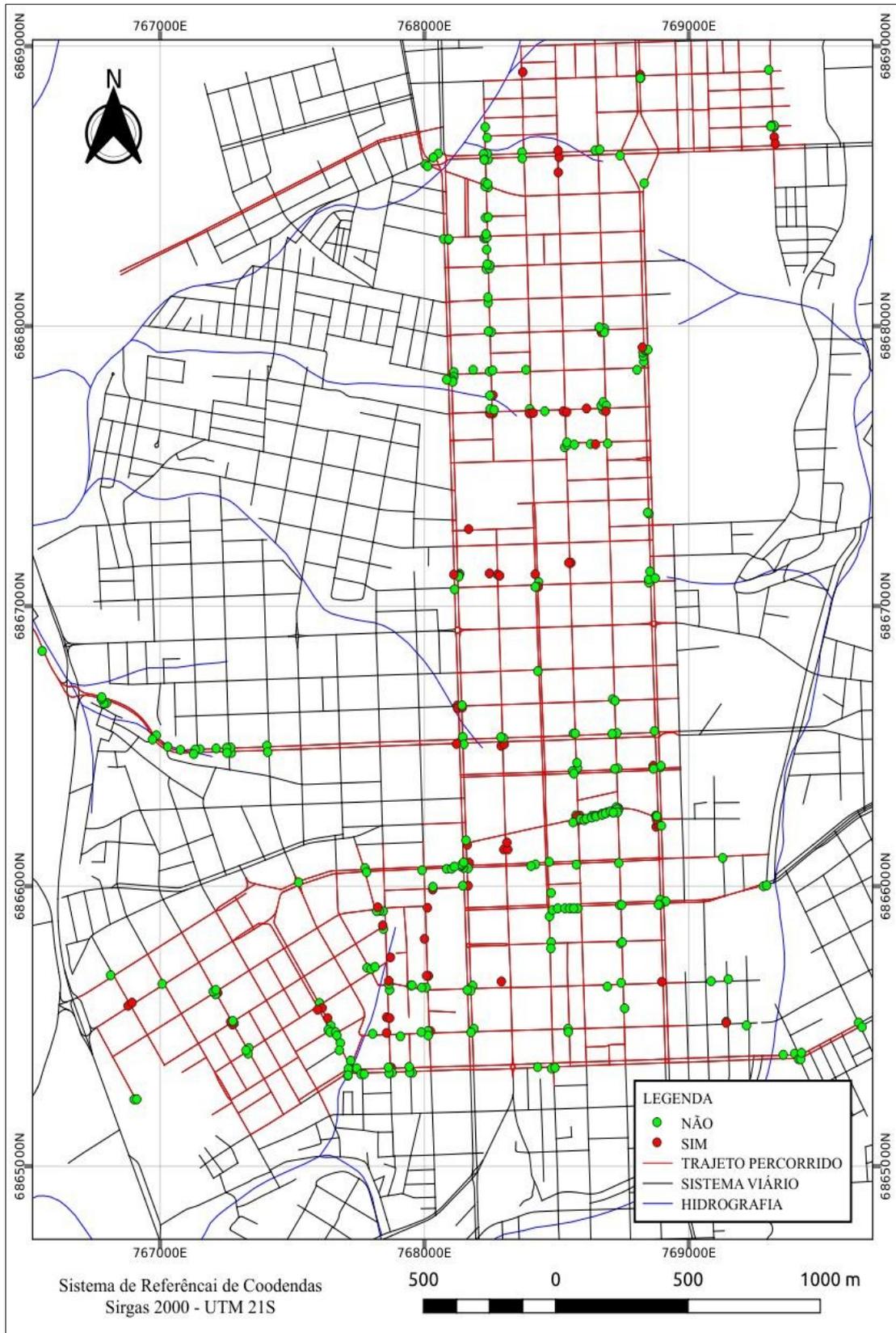


Fonte: Elaborado pelo autor, 2019.

4.3.5 Esgoto no Sistema de Drenagem

Ainda que inicialmente o estudo não compreenderia este parâmetro, o esgoto irregular no sistema foi percebida de forma significativa, por meio do odor exalado das bocas de lobo, a presença de ramais irregulares ligados a rede e a própria denuncia da população local, e devido a isso, esse parâmetro foi registrado no campo de observações da caderneta de campo. Percebeu-se a presença de esgoto no sistema em 78 bocas de lobo (22%), um número significativo se comparado as 278 (78%) que não foi constatado a mistura, como mostra a Figura 21.

Figura 21 - Mapa de Presença de Esgoto no Sistema de Drenagem Urbana



Fonte: Elaborado pelo autor, 2019.

A mistura irregular da rede, isto é, quando não foi dimensionada para um sistema unitário, pode provocar impactos severos ao meio local e assim como na maior parte do Brasil, o município de Santo Ângelo utiliza o sistema separador de drenagem urbana. Percebe-se que apesar dos locais abordados possuírem redes de esgoto, uma parcela da população faz a ligação irregular ao sistema de drenagem para evitar as taxas vinculadas a disposição e tratamento de esgoto.

As águas residuárias necessitam de um tratamento diferenciado das águas pluviais, e, devido a esta ocorrência, o esgoto chegará aos corpos hídricos sem tratamento prévio, sobrecarregando-os a atender uma demanda orgânica superior e outras substâncias como fertilizantes e poluentes emergentes. Além da contaminação do corpo d'água, isso pode acarretar a mortandade de peixes e eutrofização do corpo hídrico.

Segundo o Contrato de Programa firmado entre o município de Santo Ângelo e a Companhia Riograndense de Saneamento (CORSAN) informado pela SEMMA, fica vedada a CORSAN a gestão dos serviços de esgotamento sanitário (SANTO ÂNGELO, 2011).

Assim, a partir do registro georreferenciado, deve-se promover a adequação do sistema, regularizando essas canalizações, reinserindo-as ao sistema de esgotamento sanitário e por meio de um monitoramento ativo do sistema intensificar as ações de fiscalizações na rede.

4.4 SÍNTESE DOS RESULTADOS

Por meio das informações obtidas a campo, gerou-se as seguintes tabelas, 1 e 2, com a síntese dos dados registrados no inventário realizado a campo. Percebe-se que o sistema possui diversas bocas de lobo que necessitam de inspeção e reparos, observando os parâmetros analisados.

Tabela 1 - Condição de estabilidade das Bocas de Lobo

Condição de Estabilidade	Bocas de Lobo
Boa	215
Sofrível	88
Precária	54

Fonte: Elaborado pelo autor, 2019.

Tabela 2 - Síntese dos Parâmetros Levantados

Bocas de Lobo	Seção de Vazão Adequada	Entupimento	Inspeção Detalhada	Presença de Esgoto
Sim	211	116	115	78
Não	145	240	241	278

Fonte: Elaborado pelo autor, 2019.

5 CONSIDERAÇÕES FINAIS

A drenagem urbana é um tema de grande relevância na atualidade, entre os quatro pilares do saneamento, é a que provoca os impactos mais imediatos após um evento adverso. Devido a isso, o manejo da drenagem urbana deve ter papel fundamental na gestão do município. O inventário realizado teve como objetivo de auxiliar a SEMMA na complementação do PMSB, cadastrando diversos dados em relação ao sistema de drenagem para permitir que reparos e melhorias sejam realizados com maior eficácia.

Por meio do levantamento, nota-se que o georreferenciamento é uma importante ferramenta para cadastramento de informações, pois, a produção de mapas e informações geográficas possibilita que etapas posteriores de análise e tomada de ações sejam realizadas com maior agilidade.

A elaboração de um banco de dados permite maior controle sobre os parâmetros que regem o sistema e sua fácil utilização permite a integração de “áreas diversas” que funcionam em conjunto com a drenagem urbana.

O município de Santo Ângelo é destaque na área de saneamento básico, quando comparado a outros municípios da região, sendo pioneiro na elaboração de um PSB, realizando investimentos rotineiros para desenvolver o sistema.

Percebe-se que a estrutura do sistema de drenagem urbana possui grande oscilação na concentração das bocas de lobo, percebe-se com isso que o sistema se formou de forma reativa ao crescimento da cidade e apresenta deficiências em seu funcionamento, como o posicionamento inconstante, falhas em sua estrutura e obstrução do sistema e a presença irregular de esgoto, conforme as variáveis apresentadas, necessitando de atenção e de melhorias. Com isso, sugere-se ao município maior utilização de medidas que promovam a retenção de água na fonte, fazendo uso de valas de infiltração e pavimentos permeáveis.

A adoção de medidas não estruturais auxilia no amortecimento do escoamento pluvial, principalmente em precipitações de maior intensidade. Isso pode ser realizado sob a forma de leis, ampliando as áreas permeáveis do município como a utilização de jardins de chuva, e incentivos a população para a captação e reutilização da água da chuva. A educação ambiental é uma estratégia de grande rele

Embora o inventário esteja realizado, a drenagem urbana é dinâmica e por isso deve-se manter um monitoramento ativo de todo o meio. Há diversos parâmetros envolvidos no

funcionamento da drenagem urbana e por isso os problemas encontrados como, a obstrução do sistema por sedimentos, lixo e até mesmo resíduos da pavimentação de vias sobrecarregam o sistema como um todo, sendo necessárias medidas corretivas como a abertura e limpeza das bocas de lobo e das tubulações internas.

Recomenda-se ao município realizar estudos das microbacias urbanas presentes, utilizando dados pluviométricos para a geração de modelos hidrológicos que permitam compreender o comportamento do escoamento local e auxiliar na prevenção de eventos críticos. Recomenda-se ainda a implementação de um banco de dados diretamente vinculado a um SIG, possibilitando o acesso remoto ao banco com maior integração com as geotecnologias, como o PostgreSQL .

REFERÊNCIAS

ALCANTARA, L. H., ZEILHOFER, P. **Aplicação de técnicas de geoprocessamento para avaliação de enchentes urbanas: estudo de caso – Cáceres, MT.** Anais 1º Simpósio de Geotecnologias no Pantanal, Campo Grande, Brasil, Embrapa Informática Agropecuária / INPE, p. 18-27. 11-15 de Nov. de 2006.

BRASIL, **Bacia do Rio Ijuí**, Secretaria do Meio Ambiente, 2010.

BRASIL. **Lei nº. 11.445, de 05 de janeiro de 2007.** Estabelece diretrizes nacionais para o saneamento básico; altera as Leis nº 6.766, de 19 de dezembro de 1979, 8.036, de 11 de maio de 1990, 8.666, de 21 de junho de 1993, 8.987, de 13 de fevereiro de 1995; revoga a Lei no 6.528, de 11 de maio de 1978; e dá outras providências, 2007.

BRASIL. **Lei Complementar nº. 929 de 28 de julho de 2017.** Dispõe sobre dispositivos de captação de águas pluviais para fins de retenção, aproveitamento e recarga artificial de aquíferos em unidades imobiliárias e empreendimentos localizados no Distrito Federal e dá outras providências, 2017.

BRASIL. **Decreto nº. 7.217, de 21 de junho de 2010.** Regulamenta a Lei no 11.445, de 5 de janeiro de 2007, que estabelece diretrizes nacionais para o saneamento básico, e dá outras providências, 2010.

BRASIL. **Decreto nº. 9.254, de 29 de dezembro de 2017.** Altera o Decreto nº 7.217, de 21 de junho de 2010, que regulamenta a Lei nº 11.445, de 5 de janeiro de 2007, que estabelece diretrizes nacionais para o saneamento básico, 2017.

CURITIBA, **Plano diretor de drenagem urbana de Curitiba.** Manual de Drenagem Urbana, Instituto de pesquisa e planejamento urbano de Curitiba (IPPUC) e Cobrape CIA Brasileiros de Projetos e Empreendimentos, 2012.

CREA-PR. **Drenagem Urbana.** Série de Cadernos Técnicos da Agenda Parlamentar. O Paraná em Debate, 2016.

DUNNE, T. E LEOPOLD, L. B. (1978). Channel Changes. In: **Water in Environmental Planning.** Edited W. N. Freeman and Company. p. 687 – 710.

FARIA, T. P. J. **Os projetos e obras do engenheiro Saturnino de Brito e mudança na paisagem urbana.** Geografia Ensino & Pesquisa, v. 19, p. 115-122, 2015. ISSN 2236-4994.

FREIRE, J. R. P. et al. **Análise do sistema separador absoluto no âmbito da drenagem pluvial da cidade de campina grande - Estudo de caso do Canal das Piabas.** Revista Monografias Ambientais, [S.l.], p. 4034-4043, dez. 2014. ISSN 2236-1308.

GALVÃO, R. S., **Drenagem urbana e planejamento ambiental: Vale do Rio João Mendes (Niterói, RJ)**. Dissertação (Mestrado em Geografia) – Universidade Federal Fluminense, 2008.

GRIBBIN, J. E. **Introdução á hidráulica, hidrologia e gestão de águas pluviais**. Tradução de Andrea Pisan. São Paulo: Cengage Learning, 2014.

HARTMANN, H. W. **Utilizaçãodogeoprocessamento como ferramenta de apoio ao manejo das águas pluviais do município de Santo Ângelo – RS**, Universidade Federal da Fronteira Sul, Cerro Largo, 2019.

HOPKINS, J. N. N. **The Cloca Maxima and the monumental manipulation of the water in archaic Rome**. The Waters of Rome, n. 4. Março de 2007.

INSTITUTO BRASILEIRO DE GEOGRAFIA E ESTATÍSTICA (IBGE) -**Sinopse do Censo Demográfico 2010**. Rio de Janeiro: IBGE 2011.

INSTITUTO TRATA BRASIL. **Manual do Saneamento Básico**. 2012.

LAMBERTUCCI, E. P. L.; RODRIGUES, C. A.; SUKADA, M.M., **Soluções em Drenagem Urbana e Controle de Enchentes: Métodos de Gerenciamento e suas Tecnologias**. 16º Congresso Nacional de Iniciação Científica, Anais do Conic-Semesp. v. 4, 2016.

MATOS, J. S., **Aspectos históricos a actuais da evolução da drenagem urbana de águas residuais em meio urbano**, Departamento de Engenharia Civil e Arquitetura do Instituto Superior Técnico de Lisboa, n. 16, 2003.

MOURA, E. F. S.; SILVA, S. R., **Estudo do grau de impermeabilização do solo e propostas de técnicas de drenagem urbana sustentável em área do recife-pe**. *Revista Nacional de Gerenciamento de Cidades*, [S.l.], v. 3, n. 15, set. 2015. ISSN 2318-8472.

PARANÁ, **Plano Diretor de Drenagem Urbana para a baixa do Rio Itaguaçu na região Metropolitana de Curitiba**, Programa de Saneamento Ambiental da região metropolitana de Curitiba. Secretaria do Estado do Meio Ambiente e Recursos Hídricos do Paraná, 2002.

PEREIRA, T. S. T. **Conteúdo e metodologia dos planos municipais de saneamento básico: um olhar para 18 casos no Brasil**. Monografia para conclusão do curso de Especialização em Gestão e Tecnologia do Saneamento. Brasília, 2012.

PINHEIRO, M. R. C.; WERNECK, B. R.; OLIVEIRA, A. F.; MOTÉ, F.; MARÇAL, M. S.; SILVA, J. A. F.; FERREIRA, M. I. P. **Geoprocessamento aplicado à gestão dos recursos hídricos na bacia hidrográfica do Rio Macaé-RJ**. Anais XIV Simpósio Brasileiro de Sensoriamento Remoto. Natal, Brasil. INPE, p. 4247-4254. 25-30 abr de 2009.

POMPÊO, C. A. **DRENAGEM URBANA SUSTENTÁVEL**. Universidade Federal de Santa Catarina, Campus Universitário Trindade. *Revista Brasileira de Recursos Hídricos*, v. 5. n. 1. jan/mar, 2000.

PORTO ALEGRE. **Plano Diretor de Drenagem Urbana**: Manual de Drenagem Urbana. Instituto de Pesquisas Hidráulicas, Universidade Federal do Rio Grande do Sul. Prefeitura Municipal de Porto Alegre, Set. de 2005.

QGIS Development Team, QGIS Geographic Information System. Open Source Geospatial Foundation Project, 2019. Disponível em: <https://www.qgis.org/pt_BR/site/>.

ROCHA, A. F.; BACK, Á. J., **A DRENAGEM URBANA COMO ÁREA DE ATUAÇÃO DA AGRIMENSURA**. Tecnologia e Ambiente, v. 14, abr. 2013. ISSN 2358-9426.

SANTO ÂNGELO. **Plano Municipal de Saneamento Básico Participativo do Município de Santo Ângelo-RS**. Porto Alegre: UFRGS, v. 1: Diagnóstico do Saneamento Básico, 2011.

SANTO ÂNGELO. **Plano Municipal de Saneamento Básico de Santo Ângelo, RS**. v.2 Cenários Aplicados ao Saneamento Básico. Universidade Federal do Rio Grande do Sul, Instituto de Pesquisas Hidráulicas – Porto Alegre: UFRGS, 2011.

SANTO ÂNGELO, **Plano Diretor de Desenvolvimento Integrado Do Município de Santo Ângelo**. Prefeitura Municipal de Santo Ângelo, 2018.

SÃO PAULO. **Diretrizes Básicas para Projetos de Drenagem Urbana no Município de São Paulo**. Fundação Centro Tecnológico de Hidráulica, Prefeitura de São Paulo, 1999.

SANTOS, H., **Introdução ao QUANTUM GIS**. Apostila do curso de especialização em Meio Ambiente Petróleo e Gás – CEMAPG/UNIFAP, Macapá, 2017

SNSB, Secretaria Nacional de Saneamento Ambiental. **Panorama dos Planos Municipais de Saneamento Básico no Brasil**. Ministério das Cidades, Jan de 2017.

SANTO ÂNGELO. **SEMMA inicia obras do Plano de Prevenção a Alagamento**. Meio Ambiente, Prefeitura Municipal de Santo Ângelo, Santo Ângelo, 11 de Mar. de 2019.

TUCCI, C. E. M. **Água no Meio Urbano**. Instituto de Pesquisas Hidráulicas, UFRGS. Cap. 14, 1997.

TUCCI, C. E. M., **Drenagem urbana**. Ciência e Cultura, São Paulo , v. 55, n. 4, p. 36-37, Dec. 2003.

TUCCI, C. E. M., COLLISCHONN W., **Drenagem urbana e controle de erosão**. Instituto de Pesquisas Hidráulicas, UFRGS, 1998.

TUCCI, C. E. M., **Gerenciamento da Drenagem Urbana**. Revista brasileira de recursos hídricos. v. 7 n. 1 p. 5-27, Jan/Mar 2002.

TUCCI, C. E. M., **Gestão da drenagem urbana**. Brasília, DF: CEPAL. Escritório no Brasil/IPEA, 2012.

TUCCI, C. E. M., **Hidrologia: ciência e aplicação**. 4 ed. Porto Alegre: Editora da UFRGS/ABRH, v. 4, 2015. Cap. 21.

APÊNDICE A – FICHA CADASTRAL

FICHA DE CADASTRO:		BOCA DE LOBO <input type="checkbox"/>
		POÇO DE VISITA <input type="checkbox"/>
LOCALIZAÇÃO:		Nº
LADO: <input type="checkbox"/> PAR <input type="checkbox"/> ÍMPAR	COORDENADAS: E = _____ N = _____	
NÚMERO FOTO:	ELEMENTOS DO SISTEMA DE DRENAGEM	
DIMENSÕES: LARGURA: _____ COMPRIMENTO: _____	LARGURA DA RUA	GALERIAS: () SIM () NÃO CANAIS: () SIM () NÃO RAMAIS: () SIM () NÃO POÇOS DE VISITAS: () SIM () NÃO
COMENTÁRIOS GERAIS:		
A) CONDIÇÕES DE ESTABILIDADE: () BOA () SOFRÍVEL () PRECÁRIA		
B) SEÇÃO DE VAZÃO ADEQUADA: () SIM () NÃO		
C) ENTUPIMENTO: () SIM () NÃO		
D) INSPEÇÃO DETALHADA NECESSÁRIA: () SIM () NÃO		
TIPO DE BOCA DE LOBO:		ENTORNO:
<input type="checkbox"/> COM GRELHA <input type="checkbox"/> FERRO <input type="checkbox"/> CONCRETO	<input type="checkbox"/> SIMPLES <input type="checkbox"/> MULTIPLA Nº _____	TIPO DE PAVIMENTO: <input type="checkbox"/> ASFALTO <input type="checkbox"/> PARALELEPÍPEDO <input type="checkbox"/> CASCALHO <input type="checkbox"/> BLOCOS CONCRETO <input type="checkbox"/> SEM PAVIMENTO PASSEIO: <input type="checkbox"/> COM REVESTIEMTO <input type="checkbox"/> SEM REVESTIEMTO OBS:
<input type="checkbox"/> LATERAL	<input type="checkbox"/> SIMPLES <input type="checkbox"/> MULTIPLA Nº _____	
<input type="checkbox"/> COM FENDA HORIZONTAL		
CROQUI:		
NOME:		DATA: __/__/__

APÊNDICE B – EXEMPLO DE FICHA CADASTRAL FINALIZADA

FICHA DE CADASTRO:		BOCA DE LOBO <input checked="" type="checkbox"/>
		POÇO DE VISITA <input type="checkbox"/>
LOCALIZAÇÃO: <u>R. 15 NOVEMBRO</u>		Nº <u>56</u>
LADO: <input checked="" type="checkbox"/> PAR <input type="checkbox"/> ÍMPAR	COORDENADAS: E = <u>768247</u> N = <u>6867752</u>	
NÚMERO FOTO: <u>P-56</u>	ELEMENTOS DO SISTEMA DE DRENAGEM	
DIMENSÕES: LARGURA: <u>30 cm</u> COMPRIMENTO: <u>1,54 m</u>	LARGURA DA RUA <u>12,90</u>	GALERIAS: <input checked="" type="checkbox"/> SIM () NÃO CANAIS: () SIM <input checked="" type="checkbox"/> NÃO RAMAIS: () SIM <input checked="" type="checkbox"/> NÃO
COMENTÁRIOS GERAIS:		
A) CONDIÇÕES DE ESTABILIDADE: () BOA () SOFRÍVEL <input checked="" type="checkbox"/> PRECÁRIA		
B) SEÇÃO DE VAZÃO ADEQUADA: <input checked="" type="checkbox"/> SIM () NÃO		
C) ENTUPIMENTO: () SIM <input checked="" type="checkbox"/> NÃO		
D) INSPEÇÃO DETALHADA NECESSÁRIA: <input checked="" type="checkbox"/> SIM () NÃO		
TIPO DE BOCA DE LOBO:		ENTORNO:
<input checked="" type="checkbox"/> COM GRELHA <input checked="" type="checkbox"/> FERRO <input type="checkbox"/> CONCRETO <input type="checkbox"/> LATERAL <input type="checkbox"/> COM FENDA HORIZONTAL		<input checked="" type="checkbox"/> ASFALTO <input type="checkbox"/> PARALELEPÍPEDO <input type="checkbox"/> CASCALHO <input type="checkbox"/> BLOCOS CONCRETO <input type="checkbox"/> SEM PAVIMENTO <input checked="" type="checkbox"/> COM REVESTIMENTO <input type="checkbox"/> SEM REVESTIMENTO PASSEIO: OBS:
<input checked="" type="checkbox"/> SIMPLES <input type="checkbox"/> MULTIPLA Nº _____ <input type="checkbox"/> SIMPLES <input type="checkbox"/> MULTIPLA Nº _____		
CROQUI:		
NOME:	DATA: <u>28/7/18</u>	