

UNIVERSIDADE TECNOLÓGICA FEDERAL DO PARANÁ
DEPARTAMENTO ACADÊMICO DE CONSTRUÇÃO CIVIL
CURSO DE ENGENHARIA CIVIL

MARIANA CASAÇOLI RIBAS

**ANÁLISE DE UM SEGMENTO DO SISTEMA DE DRENAGEM
URBANA DA CIDADE DE CORNÉLIO PROCÓPIO-PR**

TRABALHO DE CONCLUSÃO DE CURSO

PATO BRANCO
2016

MARIANA CASAÇOLI RIBAS

**ANÁLISE DE UM SEGMENTO DO SISTEMA DE DRENAGEM
URBANA DA CIDADE DE CORNÉLIO PROCÓPIO-PR**

Trabalho de Conclusão de Curso apresentado
como requisito parcial para a obtenção do título
de Bacharel em Engenharia Civil, da
Universidade Tecnológica Federal do Paraná,
Campus Pato Branco.

Orientador: Profº. Msc. Normélio Vitor Fracaro

PATO BRANCO
2016



TERMO DE APROVAÇÃO

ANÁLISE DE UM SEGMENTO DO SISTEMA DE DRENAGEM URBANA DA CIDADE DE CORNÉLIO PROCÓPIO-PR

MARIANA CASACOLI RIBAS

No dia 24 de junho de 2016, às 08h15min, na Sala de Treinamento da Universidade Tecnológica Federal do Paraná, este trabalho de conclusão de curso foi julgado e, após argüição pelos membros da Comissão Examinadora abaixo identificados, foi aprovado como requisito parcial para a obtenção do grau de Bacharel em Engenharia Civil da Universidade Tecnológica Federal do Paraná– UTFPR, conforme Ata de Defesa Pública nº16-TCC/2016.

Orientador: Prof. Msc. NORMELIO VITOR FRACARO (DACOC/UTFPR-PB)

Membro 1 da Banca: Prof^a. Msc. ELOISE APARECIDA LANGARO (DACOC/UTFPR-PB)

Membro 2 da Banca: Prof. Dr. NEY LYZANDRO TABALIPA (DACOC/UTFPR-PB)

AGRADECIMENTOS

Primeiramente, e acima de tudo, deixo minha gratidão à Deus por tudo que vivi e tudo o que tenho em minha vida.

Agradeço também aos meus pais por me proporcionarem a vida que tenho e por me moldarem para que eu seja quem eu sou hoje. Vocês são minha fonte de força e inspiração para todo e qualquer obstáculo. Agradeço principalmente à minha mãe pela paciência nos últimos meses, por entender meus momentos de fraqueza e estresse e por estar ao meu lado em todos eles. E ao meu pai pelos puxões de orelha, que foram tão importantes para que esse trabalho saísse da fase inicial.

Gostaria de agradecer a cada um dos amigos e familiares que estiveram ao meu lado neste tempo e que fizeram a diferença direta ou indiretamente para a realização deste. Destaco aqui minha prima Karina, pelas sugestões e correções na fase final do trabalho. O amigo Gilson, por me acolher em minhas tantas viagens à Pato Branco. A professora Elizângela por toda a atenção e conselhos que foram fundamentais para a conclusão desta etapa. E meu irmão Julio Cezar, meus amigos Ciz, Iago e Larissa, e minhas primas Nadine e Thaís pela companhia (mesmo que à distância) nos fins de semana sem sair de casa, por me distraírem quando era necessário, por me manterem calma e por me fazerem feliz simplesmente por estarem presentes em minha vida.

E, por fim, agradeço imensamente ao meu professor e orientador Normélio por toda a ajuda, por transmitir seus conhecimentos, sem os quais este trabalho não teria acontecido e aos professores Ney e Eloise por aceitarem o convite para comporem a banca avaliadora e por todas as correções e questionamentos feitos para enriquecer este trabalho.

Muito obrigada e que cada um de vocês sintam-se abraçados.

"The very things that hold you down are going to lift you up."

Timothy Mouse, Dumbo

RESUMO

RIBAS, Mariana Casaçoli. **Análise de um Segmento do Sistema de Drenagem Urbana da Cidade de Cornélio Procópio-PR**. 2016. 65 pags f. Trabalho de Conclusão de Curso (Bacharel em Engenharia Civil) – Universidade Federal Tecnológica do Paraná - UTFPR. Pato Branco, 2016.

Nos últimos séculos o fenômeno da urbanização vem sendo responsável por variados impactos no meio ambiente, dentre eles a modificação do ciclo hidrológico nos grandes centros urbanos, onde a taxa de áreas permeáveis diminui a cada dia, prejudicando o encaminhamento correto das águas pluviais. Por isso, fazem-se necessários os estudos sobre técnicas utilizadas nos sistemas de drenagem pluvial nestas áreas densamente urbanizadas. Na execução de obras que visam minimizar os danos e impactos gerados pelos sistemas urbanos ao ciclo hidrológico, pode haver falhas no planejamento, na execução e na manutenção dessas obras de drenagem, além de problemas de ordem social e ambiental. Com o objetivo de identificar algumas dessas variáveis, o presente trabalho propôs um estudo de caso qualitativo em uma obra de drenagem urbana no município de Cornélio Procópio-PR. Foi proposto um referencial teórico sobre a história e métodos mais eficazes na drenagem pluvial em áreas urbanas. Em seguida, a análise da obra foi realizada com o dimensionamento do sistema implantado utilizando o Método Racional. Com a análise, foi possível observar que a qualidade dos serviços executados foi prejudicada por má administração, pouco orçamento financeiro, não planejamento de métodos mais eficazes para a cidade, fiscalização deficitária, burocracia nos processos que faz com que haja o não seguimento do cronograma de planejamento ou até paralizações da obra. Assim, conclui-se que as informações levantadas podem ser úteis para que algumas questões referente a este tipo de obra sejam repensadas, sugerindo-se novas tecnologias (como as que são utilizadas em países desenvolvidos) com maior foco na retenção e reaproveitamento das águas da chuva, de maneira a causar o menor impacto possível no ciclo hidrológico local.

Palavras-chave: Urbanização; Ciclo Hidrológico; Dimensionamento de galerias;

ABSTRACT

RIBAS, Mariana Casaçoli. **Analysis of an Urban Drainage System Segment of the City of Cornélio Procópio-PR.** 2016. 65 pags f. Trabalho de Conclusão de Curso (Bacharel em Engenharia Civil) – Universidade Federal Tecnológica do Paraná - UTFPR. Pato Branco, 2016.

In the recent centuries, the urbanization phenomenon has been responsible for many impacts on the environment, including the modification of the hydrological cycle in urban centers, where the rate of permeable areas decreases every day, prejudicing the correct routing of rainwater. Thus, it is necessary the studies on techniques used in the rainwater drainage systems in these urbanized areas. The execution of works aimed to minimize the damage and impacts generated by urban systems to the hydrological cycle, may present lacks of planning, implementation and maintenance of the drainage works, besides social and environmental issues. In order to identify some of these variables, this paper proposes a qualitative study case in a work of urban drainage in the city of Cornélio Procópio-PR. A theoretic referential about the history and the most effective methods in rainwater drainage in urban areas has been proposed. Then, a work analysis made with the system design implemented using the Rational Method. With the analysis, it was possible to observe that the quality of the services performed was hampered by mismanagement, defective financial budget, inefficient methods applied for the city, poor supervision and bureaucracy in the processes, which caused delays in the schedule or even stoppages of the work. Therefore, it is concluded that the information gathered may be useful to cause a rethinking about some issues related to this type of work, suggesting new technologies (such as those used in developed countries) with a bigger focus on retention and reuse of rainwaters, in order to cause the least possible impact on the local water cycle.

Key words: Urbanization; Water Cycle; Galleries Design.

LISTA DE FIGURAS

FIGURA 1- ALTERAÇÕES NO CICLO HIDROLÓGICO EM DECORRÊNCIA DA URBANIZAÇÃO.	15
FIGURA 2- FASES DA EVOLUÇÃO DAS ÁGUAS URBANAS.	19
FIGURA 3- ESTRUTURA GERAL DOS SUDS.	20
FIGURA 4- DIFERENÇAS ENTRE SISTEMAS CONVENCIONAIS E O WSUD.	21
FIGURA 5- LID APLICADO EM CIDADES AMERICANAS.	23
FIGURA 6- PRINCÍPIOS DO LIUDD.	24
FIGURA 7- DIFERENÇAS NOS MÉTODOS DE ESCOAMENTO PLUVIAL URBANO.	26
FIGURA 8- SISTEMA DE MICRODRENAGEM URBANA.	29
FIGURA 9 - VARIEDADES DE BOCA DE LOBO.	29
FIGURA 10 - PARÂMETROS RECOMENDADOS POR DIFERENTES AUTORES.	30
FIGURA 11 - FLUXOGRAMA DAS ETAPAS DE DIMENSIONAMENTO DO SISTEMA DE DRENAGEM.	32
FIGURA 12- DETALHAMENTO TRANSVERSAL DA TUBULAÇÃO.	35
FIGURA 13- DETALHAMENTO LONGITUDINAL DA TUBULAÇÃO.	35
FIGURA 14- ELEVAÇÃO FRONTAL DAS CAIXAS COLETORAS.	36
FIGURA 15- DETALHE EM PLANTA DAS CAIXAS COLETORAS.	36
FIGURA 16- DETALHE CORTE AA' DAS CAIXAS COLETORAS.	37
FIGURA 17- DETALHE EM PLANTA DOS POÇOS DE VISITA.	37
FIGURA 18- CORTE TRANSVERSAL DOS POÇOS DE VISITA.	38
FIGURA 19- CORTE LONGITUDINAL DOS POÇOS DE VISITA.	38
FIGURA 20- DETALHE EM PLANTA DO DISSIPADOR.	39
FIGURA 21- CORTE AA DO DISSIPADOR.	39
FIGURA 22 - VISTA FRONTAL DO DISSIPADOR EXISTENTE.	39
FIGURA 23 - VISTA POSTERIOR DO DISSIPADOR EXISTENTE.	40
FIGURA 24 - AVENIDA DA INTEGRAÇÃO APÓS PARALIZAÇÃO DA OBRA.	41
FIGURA 25 - TUBOS DE CONCRETO QUEBRADOS DEIXADOS NO LOCAL.	42
FIGURA 26 - BOCAS DE LOBO SEM ACABAMENTO E ESCAVAÇÃO EM DESMORONAMENTO.	42
FIGURA 27 - ESCAVAÇÕES DEIXADAS ABERTAS E POÇOS DE VISITA NÃO FINALIZADO.	43

FIGURA 28 - DETALHE DO POÇO DE VISITA DURANTE A EXECUÇÃO.....	43
FIGURA 29 - ACABAMENTO DA SAÍDA DO POÇO DE VISITA.....	44
FIGURA 30 - BOCA DE LOBO EM EXECUÇÃO.....	44
FIGURA 31 - BOCA DE LOBO DUPLA FINALIZADA.	45
FIGURA 32 - DESVIO EXECUTADO DEVIDO ÀS CONDIÇÕES DA RUA ORIGINAL.	47
FIGURA 33 - VALAS FECHADAS COM MATERIAL INDEVIDO.	48
FIGURA 34 - BOCAS DE LOBO DEIXADAS ABERTAS.....	48
FIGURA 35 - TUBOS DE CONCRETO DEIXADOS NAS CALÇADAS E RUAS.....	49
FIGURA 36 - CALÇADAS EXECUTADAS INTEIRAMENTE EM CONCRETO.	50
FIGURA 37 - COTAS DOS PV'S TRECHO A TRECHO.....	52
FIGURA 38 - BOCA DE LOBO DUPLA NO TRECHO FALTANTE.....	52
FIGURA 39 - DISTÂNCIAS ENTRE PVS 10, 11 E 12	53
FIGURA 40 - ENTRADA DA BOCA DE LOBO DESALINHADA COM A GUIA.	55
FIGURA 41 - BOCA DE LOBO DESALINHADA COM A GUIA III.	55
FIGURA 42 - BOCA DE LOBO INVADINDO O ALINHAMENTO DA RUA.	56
FIGURA 43 - BOCA DE LOBO ACIMA DO NÍVEL DA GUIA.....	56
FIGURA 44 - BOCA DE LOBO ACIMA DO NÍVEL DA GUIA.....	57
FIGURA 45 -BOCA DE LOBO ACIMA DO NÍVEL SENDO REPARADA.....	57
FIGURA 46 - BOCA DE LOBO DUPLA EM CONDIÇÕES IDEAIS.	58

SUMÁRIO

1 INTRODUÇÃO.....	11
1.1 OBJETIVOS	12
1.1.1 OBJETIVO GERAL.....	12
1.1.2 OBJETIVOS ESPECÍFICOS	12
1.2 JUSTIFICATIVA	13
2 REFERENCIAL TEÓRICO.....	14
2.1 DRENAGEM URBANA	14
2.1.1 EVOLUÇÃO DA DRENAGEM URBANA NO MUNDO	17
2.1.2 DRENAGEM URBANA NO MUNDO HOJE	19
2.1.2.1 SUDS (SUSTAINABLE URBAN DRAINAGE SYSTEMS).....	19
2.1.2.2 WSUD (WATER SENSITIVE URBAN DESIGN).....	21
2.1.2.3 LID (LOW IMPACT DEVELOPMENT)	22
2.1.3 EVOLUÇÃO DA DRENAGEM URBANA NO BRASIL.....	24
2.1.4 ATUAL DRENAGEM URBANA NO BRASIL	25
2.1.4.1 BMPS (BEST MANAGEMENT PRACTICES).....	25
2.1.4.2 MRS (MICRO-RESERVATÓRIOS)	26
2.1.4.3 PLANO DIRETOR DE DRENAGEM URBANA - PDDRU.....	27
3 PROCEDIMENTOS METODOLÓGICOS	31
3.1 MÉTODO DE PESQUISA	31
4 ESTUDO DE CASO	34
4.1 LOCALIZAÇÃO E DESCRIÇÃO DA OBRA.....	34
4.2 HISTÓRICO DA OBRA.....	40
4.3 ANÁLISES REALIZADAS	45
4.3.1 DIMENSÃO LEGAL	45
4.3.2 DIMENSÃO SOCIAL.....	47
4.3.3 DIMENSÃO AMBIENTAL	49
4.3.4 DIMENSÃO TÉCNICA.....	51
5 DISCUSSÃO.....	59

6 CONCLUSÃO.....	61
REFERÊNCIAS	63
ANEXOS.....	66

1 INTRODUÇÃO

A água é conhecida como um recurso essencial à vida e se torna renovável através dos processos físicos que fazem parte do ciclo hidrológico, fazendo com que a água se movimente e supra todas as necessidades dos seres vivos. Para isso, é preciso que este ciclo se mantenha sempre estável, seguindo sua operação natural. Porém, o fenômeno da urbanização aliado à impermeabilização do solo faz com que as variáveis hidrológicas sejam cada vez mais modificadas nos centros urbanos (POLETO, 2011).

Segundo Poletto (2011), as principais mudanças causadas por este fenômeno são referentes à infiltração das águas pluviais, que impactam na velocidade do escoamento urbano durante os períodos de chuva. A falta de infiltração faz com que a velocidade da água aumente, gerando um maior volume nos pontos mais baixos, provocando desastres já conhecidos nas grandes cidades, como inundações, erosões, assoreamentos, doenças, etc. E com o intuito de mitigar estes impactos e melhorar a qualidade de vida da população é que surgiram os primeiros sistemas de drenagem urbana no mundo.

As técnicas utilizadas nos sistemas de drenagem urbana vem evoluindo através dos séculos, principalmente nos países desenvolvidos, onde estes sistemas passaram por diferentes fases e mudaram seus objetivos, se adequando às necessidades da população e fazendo uso do surgimento de novos conceitos e tecnologias. Porém, o mesmo não ocorreu no Brasil, onde a drenagem urbana ainda não recebe toda a atenção necessária para conter os danos e impactos gerados pelos sistemas que não evoluíram junto com o aumento da urbanização e disponibilidade de novas tecnologias, fazendo com que a drenagem urbana, ou a falta dela, se torne não apenas um problema de infraestrutura urbana, mas também ambiental e social em função dos variados impactos causados (SILVEIRA, 2002).

Um dos motivos para que o desenvolvimento dos sistemas de drenagem urbana no Brasil seja considerado como ultrapassado pode se dar pelo fato deste serviço estar, desde o início dos tempos, sob responsabilidade unicamente do poder municipal que, muitas vezes, não possui uma estrutura organizada independentemente, com autonomia financeira e gerencial. Esta dependência é o que aumenta a dificuldade em se desenvolver os sistemas de drenagem, já que causa uma visível fragilidade técnica e também político-institucional deste tipo de estrutura tão importante para a qualidade de vida nas cidades (BAPTISTA et al, 2002).

Esta fragilidade vem causando variadas falhas no planejamento, execução e manutenção dos sistemas de drenagem, além de problemas como alagamentos,

desmoronamentos, poluição de efluentes e solos, proliferação de doenças causadas pelo acúmulo de água, que podem ser vistos em praticamente todas as cidades do Brasil. Para identificar as causas destes problemas e chegar a possíveis soluções, o presente trabalho traz o desenvolvimento de um estudo de caso em uma obra de drenagem urbana no município de Cornélio Procópio-PR, do qual foi possível evidenciar causas e consequências do mal planejamento e má administração, aliados à falta do uso de tecnologias já disponíveis e que poderiam ser mais compatíveis com as necessidades da população.

1.1 OBJETIVOS

1.1.1 Objetivo geral

Analisar os problemas e oportunidades de melhoria nos sistemas de drenagem urbana, através do estudo de uma obra na cidade de Cornélio Procópio-PR, verificando suas causas e possíveis soluções.

1.1.2 Objetivos Específicos

- Indicar os aspectos funcionais que devem ser respeitados em um sistema de drenagem urbana.
- Apresentar novos conceitos e tecnologias utilizados em obras de drenagem urbana em países desenvolvidos.
- Evidenciar, através de análise de projetos e identificação de problemas na execução, as falhas existentes em um sistema de drenagem urbana.
- Apresentar análise e possíveis soluções para o caso deste estudo e casos semelhantes.

1.2 JUSTIFICATIVA

Muito se fala sobre os impactos ambientais e financeiros, como as enchentes, desmoronamentos, proliferação de doenças, entre outros, que são causados pelas consequências da urbanização acelerada dos grandes centros. Observa-se uma falta de interesse que pode ser evidenciada pelas condições em que se encontram os sistemas de drenagem urbana nas cidades brasileiras, onde não se vê nenhum investimento em melhorias ou desenvolvimento de novas tecnologias, ao contrário do que se encontra em diferentes países desenvolvidos ao redor do mundo. Ao mesmo tempo, o fato de as obras de drenagem urbana estarem nas mãos da administração pública já traz consigo todos os problemas que envolvem este tipo de obra.

Com estes fatores aliados à diversidade de material teórico e exemplos referentes aos conceitos de sistemas de drenagem urbana desenvolvidos em diferentes países, percebe-se que o estudo de caso aplicado a uma obra nessa área, poderá trazer benefícios em variados aspectos, ao apontar as principais causas dos problemas na cidade em questão. Além disso esses problemas também são muito comuns em tantas outras obras em todo o país, portanto, o estudo também pode contribuir com oportunidades de melhoria e desenvolvimento para este tipo de obra também em outros locais.

Esse estudo poderá ser útil como base para trabalhos futuros nessa área, seja para uma revisão mais aprofundada dos temas levantados, aplicação do mesmo modelo de análise em diferentes obras, ou para aplicação prática das melhorias aqui encontradas, a fim de comprovar sua eficácia. Ainda, este trabalho poderá ser visto como ponto de partida e insumo para o melhor planejamento, gerenciamento e manutenção de sistemas de gestão de águas urbanas por parte de órgãos públicos municipais.

2 REFERENCIAL TEÓRICO

2.1 Drenagem Urbana

Mesmo sabendo que a água é um elemento essencial à vida na Terra, é possível notar que a maneira como o homem vem tratando este recurso não condiz com a sua importância, já que muitas vezes ela é utilizada irracionalmente, como se fosse um bem inesgotável (AMORIM, 2008). Este comportamento irresponsável faz com que, muitas vezes, o balanço hídrico seja modificado, causando prejuízos à população. Um fator que tem causado impactos significativos no ciclo hidrológico é a dinâmica de expansão urbana das últimas décadas, já que, entre outros fatores, causam um grande aumento nas áreas impermeabilizadas sem que haja um prévio planejamento para o manejo das águas pluviais derramadas nessas áreas. Os principais impactos ao ciclo hidrológico podem ser citados, segundo Tucci (2003):

- Aumento do volume de chuvas, em razão do aquecimento nos grandes centros urbanos;
- Aumento da frequência e duração do escoamento superficial;
- Diminuição da taxa de infiltração das águas pluviais;
- Aumento da velocidade das águas a serem escoadas, causando maior erosão e transporte de sedimentos;
- Diminuição das taxas de evaporação e evapotranspiração;

A Figura 1 mostra o grau de impacto nos itens citados, de acordo com a porcentagem de impermeabilização encontrada.

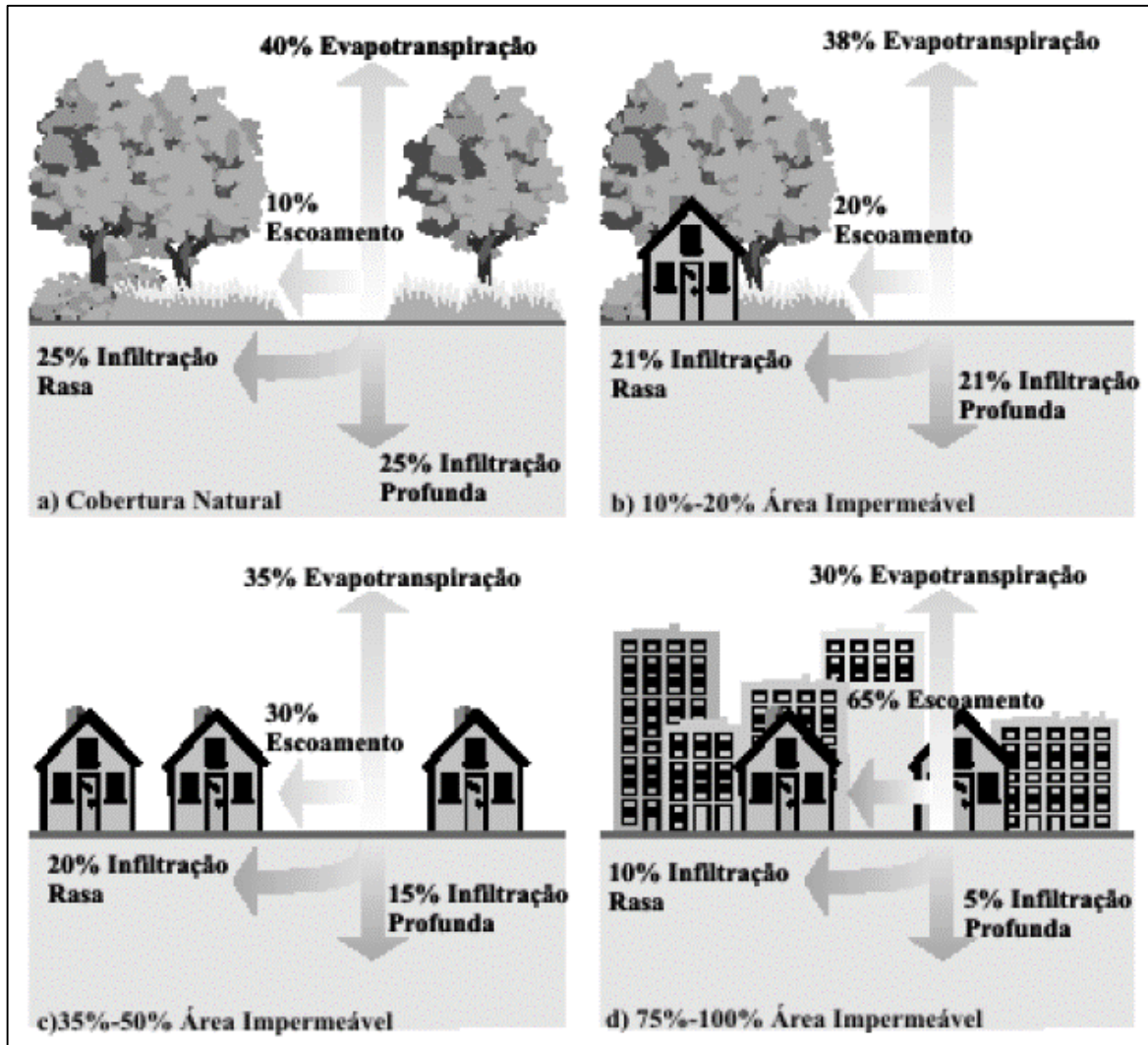


Figura 1- Alterações no ciclo hidrológico em decorrência da urbanização.
 Fonte: FISRWG apud Prince George's County, 1999a, p. 48.

Devido à velocidade do processo de urbanização, a morfologia do ambiente que anteriormente era ocupado por vegetação e solo permeável é modificada rapidamente e sem conscientização da população e dos agentes responsáveis pela impermeabilização das novas áreas urbanas. Estas mudanças aceleradas fazem com que a natureza não seja capaz de se adaptar às novas condições, entrando em colapso, causando desastres como alagamentos, enchentes e desmoronamento, desastres já tão comuns em grandes cidades, principalmente em épocas chuvosas (NOCCETI, 2010).

Segundo Pompêo (2000), estes desastres são, em sua maioria, causados pelo aumento do volume de escoamento superficial e redução de tempos de concentração das chuvas, que já tem seu volume modificado nas grandes áreas urbanas, devido ao aquecimento e à poluição dos grandes centros. Essa modificação no processo de escoamento natural das águas, aliado a falta de planejamento dos sistemas de drenagem urbana e a falta de conscientização da população,

que além de colaborar com a impermeabilização desenfreada de áreas de infiltração ainda destina seus resíduos sólidos inapropriadamente, faz com que as soluções de drenagem sejam insuficientes, dando origem às enchentes urbanas.

Ainda como consequência destas enchentes, apresentam-se outros problemas urbanos, de âmbito social e ambiental. Com o acúmulo e escoamento indevido das águas, muitas vezes acontece a mistura entre sistemas de escoamento pluvial e dos resíduos de esgoto, podendo causar a contaminação de solos, rios, lençóis freáticos e pontos de captação e, conseqüentemente, a proliferação de doenças. Além disso, o fenômeno das enchentes, que invadem casas e causam desmoronamentos comumente vistos em áreas urbanas de risco ainda causam prejuízos financeiros às famílias atingidas e podem até deixar vítimas fatais (POMPÊO, 2000).

Dentro deste contexto, a Prefeitura Municipal de São Paulo (1997) apresenta a drenagem urbana como um importante pilar do equilíbrio da vida e do meio ambiente nas grandes cidades. E, para que estes sistemas funcionem perfeitamente, o seu planejamento e execução devem estar apoiados em alguns objetivos, dos quais podem-se destacar:

- Reduzir a exposição de edificações e da população ao risco de enchentes e inundações e, conseqüentemente, os danos causados por estas;
- Reduzir os problemas causados pela erosão e sedimentação excessivas;
- Promover e manter a qualidade ambiental e o bem-estar social;
- Garantir que as medidas corretivas sejam compatíveis com metas e objetivos globais do centro urbano.

Além disso, ao se realizar o planejamento de um sistema de drenagem urbana, alguns princípios devem ser considerados. Um deles é que o sistema de drenagem faz parte do sistema ambiental urbano, por esse motivo deve ser visto de uma forma mais ampla. A urbanização tem potencial para alterar significativamente o volume do escoamento superficial direto, portanto, ao se ocupar novas áreas é importante a análise da bacia hidrográfica local de modo a prevenir futuros problemas com inundações.

Outro princípio é de que a água presente em uma área urbana em um dado instante não pode ser diminuída, tornando a drenagem um problema de destinação de espaço. Se a urbanização causa a diminuição da capacidade de armazenamento natural, a água irá buscar outros meios para seu trânsito, atingindo locais indesejáveis e causando os danos. E é apoiado nestes objetivos e princípios que se observa qual é a importância de um planejamento urbano

aplicado ao manejo de águas pluviais. Entretanto, atualmente não é vista muita preocupação com projetos, execução, manutenção ou até mesmo regulamentação para os sistemas de drenagem urbana (NOC CETI, 2010).

Segundo o Ministério das Cidades (2003), a responsabilidade sobre o planejamento, execução e manutenção de estruturas de drenagem urbana é da Prefeitura Municipal, que deve prezar pela prevenção de desastres e danos a estes sistemas. Apesar desta responsabilidade estar geralmente nas mãos do poder executivo, não existe uma fonte específica de recursos, gerando fragmentação destas responsabilidades e muitas vezes as decisões são comprometidas pelas constantes mudanças na administração municipal. Mas, apesar destes problemas comumente encontrados atualmente, a problemática da drenagem urbana, em alguns países, vem evoluindo através de séculos. Esta evolução poderá ser vista nos próximos tópicos.

2.1.1 Evolução da Drenagem Urbana no Mundo

Ao longo de toda a evolução da humanidade sempre existiu uma relação estreita entre os cursos de água e a criação e crescimento das cidades, já que a presença de água ao alcance da população sempre foi fator essencial no processo de sedentarização (BAPTISTA et al, 2002). E, com o processo de desenvolvimento das cidades, notou-se o aparecimento de terras úmidas e zonas alagadiças que influenciavam na morte de animais e pessoas, provavelmente causadas pela falta de manutenção dos sistemas de evacuação das águas, já que todos os dejetos eram lançados em áreas abertas e corpos hídricos (BAPTISTA et al, 2005).

Devido a estes inconvenientes, surgiu a necessidade de um tratamento diferenciado das águas presentes nos centros urbanos que se formavam, surgindo assim os primeiros sistemas de drenagem urbana, ainda na Idade Antiga. Iniciando na Itália e logo se expandindo para a Alemanha e França, desencadeou-se um processo de extinção das terras úmidas presentes nas cidades. Este processo pode ser identificado como uma fase Pré-Higienista, que ainda não se tinha conhecimento dos impactos à saúde que estas águas poderiam causar (BAPTISTA et al, 2005).

Já no início do século XIX, com o avanço das áreas de epidemiologia e microbiologia e o crescimento desenfreado das aglomerações urbanas, as águas pluviais começaram a ser tratadas como fonte de doenças e medidas de saúde pública precisaram ser tomadas. Esse fato contribuiu para a mudança na visão das relações entre urbanismo e águas urbanas, iniciando-se assim a fase da drenagem urbana definida como Higienista e Sanitarista (SOUZA et al, 2012). A necessidade deste sistema ainda foi agravada pelas grandes epidemias de cólera que

ocorreram em todo o território europeu e fez com que o objetivo dos sistemas de drenagem fosse evacuar o mais rápido possível, para o mais longe possível, águas de toda e qualquer natureza (AZZOUT, 1994).

Segundo Chocat (1997), muitos equipamentos de saneamento criados nesta fase, entre o fim do século XIX e início do século XX, existem até hoje, já que suas dimensões possibilitaram que estes sistemas funcionassem satisfatoriamente por várias décadas. Porém, após a urbanização intensiva ocorrida principalmente com o fim da Segunda Guerra Mundial, insuficiências no sistema começaram a ser identificadas através de inundações nas áreas ocupadas das cidades.

Um passo importante para a diminuição destes impactos aconteceu na década de 70, nos Estados Unidos, com a criação de uma legislação que definiu que as melhores tecnologias disponíveis deveriam ser utilizadas para o tratamento de todos os efluentes, ajudando na conservação e recuperação de rios. Esta legislação foi chamada de Lei da água limpa (ou *Clean Water Act*). Graças a esta nova lei, vários sistemas hídricos (como rios, lagos e reservatórios) ampliaram parcialmente a qualidade de suas águas por meio de investimentos em tratamento de esgoto doméstico e industrial. Isso também permitiu uma melhora significativa nas condições ambientais e na prevenção de doenças normalmente proliferadas pela água (CHOCAT, 1997).

Porém, com as melhorias mencionadas, verificou-se que o uso de sistemas de drenagem que aumentassem o escoamento em razão da urbanização não eram mais sustentáveis e traziam prejuízos difíceis de controlar, como por exemplo, a sobrecarga de canalizações e caixas coletoras que causavam inundações e alagamentos em áreas urbanas residenciais. Iniciou-se então, uma revisão nos procedimentos utilizados e novos métodos de amortecimento, em detrimento de canalização, começaram a ser implantados. Esta mudança foi o que caracterizou a passagem da fase Higienista e Sanitarista para a fase Corretiva das águas urbanas (TUCCI, 2008).

Ainda segundo Tucci (2008), mesmo com estas ações de melhoria, ao longo dos anos verificou-se que parte da poluição ainda existia em razão de inundações urbanas e rurais. Na década de 90, foi possível encontrar diferentes políticas de desenvolvimento sustentável em países desenvolvidos. Estas políticas foram baseadas no tratamento das águas urbanas, conservação do escoamento pluvial natural, focando em sistemas que mantenham o curso das águas o mais próximo possível do natural ou que tenham seu foco em infiltração, e não em escoamento. Esta nova fase, que é a qual os países desenvolvidos se encontram no momento, vem sendo chamada de Desenvolvimento Sustentável.

Na Figura 2 encontra-se um resumo das principais características e consequências de cada uma das fases das águas urbanas, no decorrer das décadas:

Fase	Características	Consequências
Pré-higienista: até início do século XX	Esgoto em fossas ou na drenagem, sem coleta ou tratamento e água da fonte mais próxima, poço ou rio.	Doenças e epidemias, grande mortalidade e inundações.
Higienista: antes de 1970	Transporte de esgoto distante das pessoas e canalização do escoamento.	Redução das doenças, mas rios contaminados, impactos nas fontes de água e inundações.
Corretiva: entre 1970 e 1990	Tratamento de esgoto doméstico e industrial, amortecimento do escoamento.	Recuperação dos rios, restando poluição difusa, obras hidráulicas e impacto ambiental.
Desenvolvimento sustentável: depois de 1990	Tratamento terciário e do escoamento pluvial, novos desenvolvimentos que preservam o sistema natural.	Conservação ambiental, redução das inundações e melhoria da qualidade de vida.

Figura 2- Fases da evolução das águas urbanas.
Fonte: Adaptado de Blog do Tucci, 2008.

2.1.2 Drenagem Urbana no Mundo Hoje

Baseado na evolução dos sistemas de drenagem urbana e suas características mostradas nos itens anteriores, é possível verificar mais a fundo as metodologias utilizadas ao redor do mundo hoje.

Apesar das fases das águas urbanas terem passado pelo mesmo processos na maioria dos países desenvolvidos, os sistemas utilizados se diferenciam em suas formas de aplicação, tendo seus próprios princípios e objetivos. Alguns exemplos a serem melhor explorados são dos sistemas implantados no Reino Unido, na Austrália e nos Estados Unidos, onde a fase de desenvolvimento sustentável das águas urbanas já se encontra consolidado e evolui a cada dia.

Pode-se notar as diferenças, particularidades e vantagens encontradas em cada sistema nos itens a seguir.

2.1.2.1 SUDS (*Sustainable Urban Drainage Systems*)

O conceito de SUDS (*Sustainable Urban Drainage Systems* ou Sistemas de Drenagem Urbana Sustentáveis) surgiu no Reino Unido, aproximadamente na década de 60, devido à expansão de uma área urbana na região da Escócia. Nesta ocasião foram escritas as primeiras

normas e requisitos, que possibilitaram a criação do conceito de SUDS (RIBEIRO, 2014). Com os objetivos principais de aprimorar a estrutura urbana e controlar o escoamento da água pluvial através de pequenas unidades, que podem maximizar a permeabilidade do solo (JACOB, 2015).

Para Ribeiro (2014) os dispositivos que podem ser utilizados neste sistema são variados e para melhor análise de suas possibilidades, podem ser divididos em quatro etapas: Controle na fonte, sistema de transporte permeável, pré-tratamento e tratamento passivo. Estas etapas podem ser vistas detalhadamente na Figura 3.

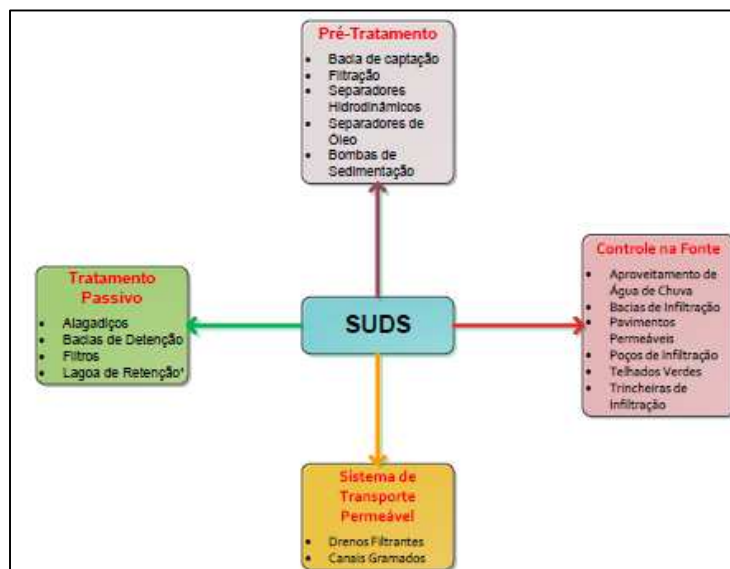


Figura 3- Estrutura geral dos SUDS.
Fonte: Adaptado de RIBEIRO. 2014.

As características significativas dos SUDS são a utilização de pouca (ou nenhuma) energia e a possibilidade de serem aplicados em diferentes ambientes urbanos, como superfícies rígidas ou recursos paisagísticos suaves. Para atingir os objetivos deste sistema, utiliza-se de abordagens flexíveis que cheguem o mais próximo possível da drenagem natural (CANHOLI, 2005).

O planejamento deste sistema sustentável segue uma combinação de dispositivos que irão permitir controle e minimização dos impactos advindos da urbanização. É a associação destes dispositivos em série que objetiva manter a condição do ciclo hidrológico o mais perto possível do natural. Além disso, tem-se em vista a diminuição da descarga para a jusante, o que é possível através da concentração dos impactos o mais próximo possível de sua fonte, sendo necessária a participação efetiva dos proprietários das áreas neste sistema (CANHOLI, 2005)

2.1.2.2 WSUD (*Water sensitive urban design*)

Segundo Rezende (2015), os sistemas construídos em WSUD (*Water Sensitive Urban Design* ou Projeto urbano hidricamente sensível) são utilizados na Austrália e apresentam resultados satisfatórios. O sistema consiste em inverter o processo de adaptação entre sistemas hídricos e as necessidades das cidades. O WSUD propõe que a cidade se adapte ao ciclo hidrológico local, ao contrário do que acontece normalmente, mitigando os impactos da urbanização, provendo um melhor aproveitamento do potencial hídrico naturalmente encontrado em um local a ser urbanizado. Para isso, alguns princípios básicos devem ser aplicados no sistema:

- Gestão integrada das águas residuais, pluviais e potável;
- Integração entre a gestão das águas em um lote individual, até chegar ao nível de gestão regional;
- Integração da arquitetura e paisagismo das cidades à gestão sustentável das águas;

A Figura 4 mostra as diferenças entre o sistema convencional e o sistema WSUD, quanto aos aspectos modificados pelo homem no processo de gestão das águas urbanas:

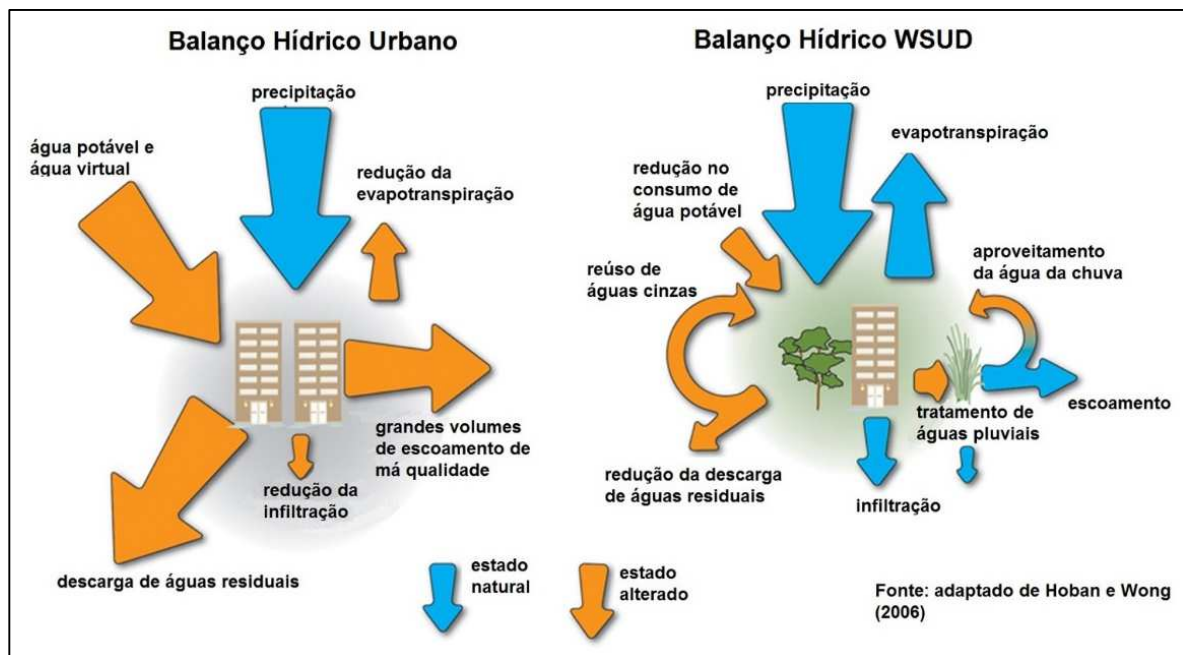


Figura 4- Diferenças entre sistemas convencionais e o WSUD.
 Fonte: JACOB. 2015.

Segundo a *Cooperative Research Centre of Water Sensitive Cities* ou Centro de Pesquisa Cooperativa para Cidades Sensíveis à Água (CRCWSC) as cidades com sistemas integrados de águas urbanas-urbanização tem tendências a ser mais resilientes, habitáveis, produtivas e sustentáveis. Esta visão integrada do ciclo hidrológico nas cidades traz como consequência uma maior segurança aos cursos d'água, protegendo a prosperidade econômica, e ainda reduz os riscos de inundações, aumenta o sequestro de carbono da atmosfera, reduz o consumo de água potável e a formação de ilhas de calor em grandes centros urbanos.

É importante notar que ao comparar este sistema com conceitos clássicos de drenagem urbana, vê-se um maior volume de reaproveitamento das águas, evitando desperdícios. Uma forma de sumarizar este conceito pode ser o objetivo de reduzir os impactos causados às águas até que se chegue o mais próximo possível das condições naturais, sem intervenção humana. Para isso, e para o respeito aos princípios já citados, é necessário o envolvimento direto de toda a comunidade, não deixando o tratamento das águas urbanas apenas nas mãos de um único órgão (RIBEIRO, 2014)

2.1.2.3 LID (*Low Impact Development*)

Considerando o impacto ambiental que é normalmente causado pela drenagem urbana, há o questionamento de como manter as águas urbanas neste meio e, assim, mitigar os prejuízos que podem ser causados por elas ao se tentar expulsá-las através da canalização e aumento do escoamento. Baseado neste questionamento, os Estados Unidos desenvolveram, já na década de 70, o sistema chamado *Low Impact Development* ou Drenagem Urbana de Baixo Impacto, o LID (SOUZA, 2012).

O LID se difere dos sistemas de drenagem convencional pois considera o problema de forma integrada, buscando recuperar a forma natural do ciclo hidrológico em determinado local. Para isso, o sistema também conta com alguns princípios a serem seguidos, como a minimização de impactos ambientais, redução do emprego de tubulações e canalizações para escoamento das águas urbanas, aumento das áreas permeáveis para equilibrar a umidade presente no solo em condições naturais e programas de conscientização da população local, a fim de reduzir o volume de poluição gerado nas cidades (NRDC, 1999).

Segundo Jacob (2015), projetos com a aplicação dos conceitos de LID normalmente contam com técnicas como pavimentos permeáveis, trincheiras de infiltração, telhados verdes, etc. Estas técnicas, quando aplicadas no ambiente urbano, formam o que é chamado de

Paisagem Multifuncional, que aparecem como melhoradores da malha urbana, já que permitem a recuperação das características naturais de infiltração e detenção da bacia natural.

Em várias cidades nos Estados Unidos é possível encontrar esse sistema como parte integrada da estrutura urbana. São estruturas diferentes, com suas particularidades em cada local de implantação, mas todos possuem o mesmo objetivo de possibilitar a volta do ciclo hidrológico ao seu estado natural. A Figura 5 mostra algumas implantações encontradas em diferentes cidades dos Estados Unidos (RONQUIN, 2013). Pode-se observar:

A: valas de infiltração vegetadas, na cidade de Kansas, Missouri;

B e C Bio-retenção para o tratamento de águas pluviais ao longo da *Grange Avenue na Greendale Village, Milwaukee, Wisconsin*;

D: Uma das primeiras ruas verdes em *Nashville, Tennessee*;

E: Concreto poroso permeável, em *Brooklyn, New York*;

F: Vegetação, *Brooklyn, New York*;

G: Ações de educação ambiental, *Philadelphia, Pensilvânia*;

H: Programa Fator Verde de *Seattle*;

I: Incentivo por parte do governo de *Washington* para a construção de telhados verdes.



Figura 5- LID aplicado em cidades Americanas.
Fonte: RONQUIN, 2013.

É possível, ainda, encontrar na *Nova Zelândia*, a metodologia chamada de *Low Impact Urban Design and Development* ou Projeto e Desenvolvimento Urbano de Baixo Impacto (LIUDD). Este conceito possui princípios divididos em medidas preventivas e medidas estruturais, e possui os mesmos objetivos e ações aplicadas que o conceito de LID apresentado

anteriormente (RIBEIRO, 2014). A Figura 6 apresenta a divisão do sistema de gestão do LIUDD:

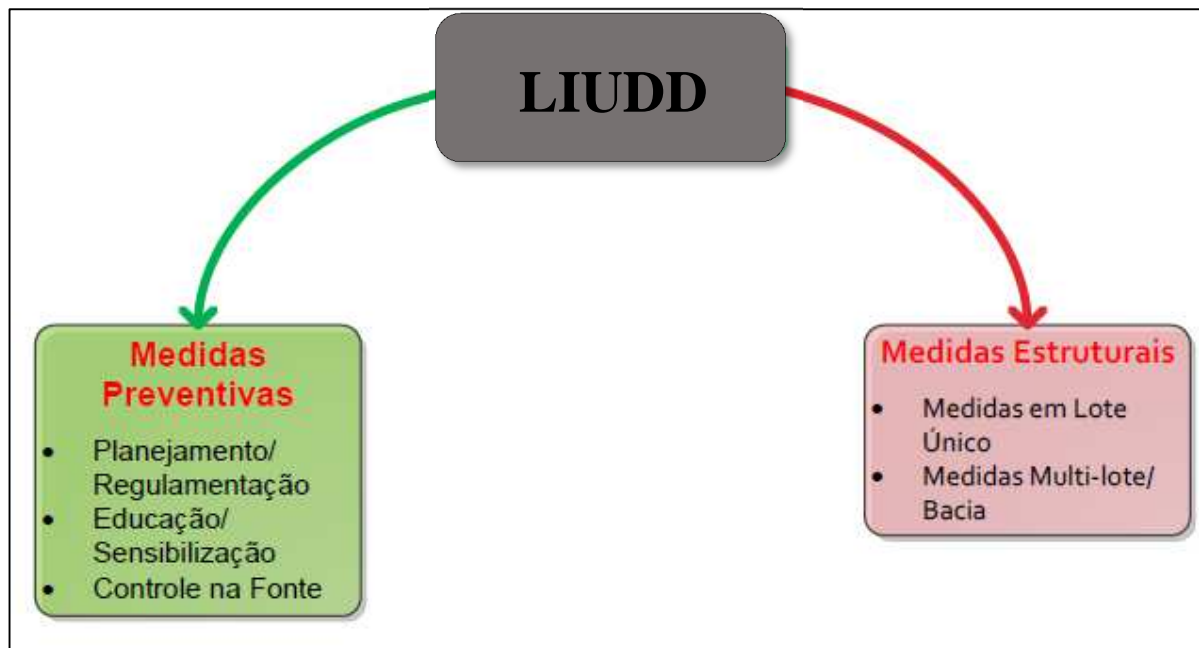


Figura 6- Princípios do LIUDD.
Fonte: Adaptado de RIBEIRO, 2014.

2.1.3 Evolução da Drenagem Urbana no Brasil

Segundo Poletto (2011), A drenagem urbana surgiu no Brasil, assim como em muitos outros países no mundo, a partir da necessidade de se combater a proliferação de doenças, tendo a epidemia de cólera em 1855 como seu pontapé inicial para a implantação do primeiro sistema de drenagem unitário no país (transportando águas pluviais e esgoto no mesmo sistema). Esse acontecimento faz parte, como já citado, na fase Sanitário-Higienista da drenagem urbana. Após este fato, muitas outras cidades brasileiras tiveram seus primeiros sistemas de drenagem implantados, principalmente após a Proclamação da República em 1889. Mas, já no início do século XX começaram a ser utilizados os sistemas separadores absolutos, onde as águas pluviais são drenadas independentemente da rede de saneamento.

Estes sistemas, que continham grandes equipamentos, são os mesmos em uso até hoje na maioria das cidades, e supriram as necessidades de drenagem durante muito tempo. Porém, após a acentuada urbanização ocorrida a partir da década de 50, os problemas causados pelos sistemas de drenagem ultrapassados começaram a surgir, evidenciado a necessidade de novos conceitos e tecnologias (MOURA, 2004).

Moura (2009) diz que pode-se considerar que a drenagem urbana no Brasil nunca saiu de sua fase Higienista-Sanitária, porém, alguns exemplos mostrados nos próximos tópicos podem ser citados como nas cidades de Porto Alegre e São Paulo, onde medidas corretivas começaram a ser tomadas, levando estas cidades para uma nova fase.

2.1.4 Atual Drenagem Urbana no Brasil

Atualmente, pode-se notar a importância de se considerar uma bacia de drenagem como um todo, onde toda a comunidade tem a responsabilidade de contribuir para o processo permanente de controle das águas pluviais. Para isso, é preciso mudar o principal objetivo dos sistemas de drenagem comumente encontrados no Brasil, que era o de: expulsar as águas pluviais das cidades (TUCCI e GENZ, 1995).

Para isso, algumas cidades atualmente adotam o seu próprio Plano Diretor de Drenagem Urbana, que consiste em normas de projeto e execução deste tipo de obra, que pode-se encontrar a equação da chuva correspondente à cidade utilizada para determinar a vazão que um sistema de drenagem deve abranger, encontrando um equilíbrio entre a qualidade do sistema e o seu custo de execução.

Além disso, pensando em métodos compensatórios e que podem trazer melhorias para os sistemas de drenagem, alguns métodos variados já podem ser encontrados em funcionamento em algumas cidades brasileiras como São Paulo e Porto Alegre, como os BMPs, MRs e o PDDrU. Porém, todos ainda apresentam o objetivo de reter as águas da chuva e/ou expulsá-las dos centros urbanos.

2.1.4.1 BMPs (Best Management Practices)

As *Best Management Practices* ou Melhores Práticas de Gestão (BMPs) pode ser visto como um conjunto de ações que tem por objetivo atenuar os impactos causados pela densa urbanização através da implantação de ações diretamente na bacia, reduzindo a quantidade de água lançada no corpo receptor principal e, ao mesmo tempo, melhorando a qualidade destas águas (JACOB, 2015).

Neste sistema, normalmente são utilizados dispositivos de retenção ou detenção, instalações de infiltração, entre outros, que podem incluir medidas estruturais ou não estruturais e alguns exemplos destes dispositivos veem sendo utilizados em algumas cidades brasileiras que podem ser consideradas como modelos de drenagem urbana no país, como Porto Alegre e

São Paulo. Porém, para Souza (2005), quando comparados os desempenhos dos sistemas desenvolvidos em BMPs e LID, o que mais se aproxima das condições naturais de escoamento ainda são os sistemas em LID, o que pode ter causado a sua substituição em muitos estados dos Estados Unidos (JACOB, 2015). Na Figura 7, pode ser vista a diferença entre desempenhos dos sistemas BMPs e LID, comparados com as condições naturais de tempo e vazão de águas urbanas.

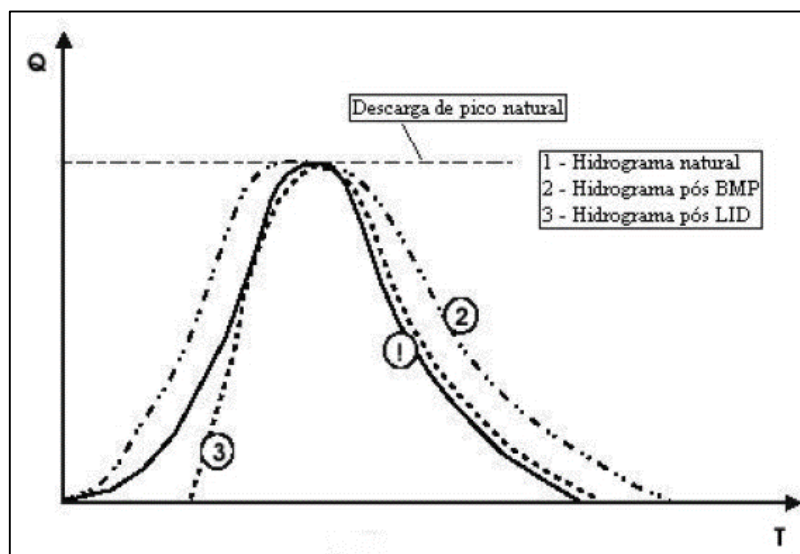


Figura 7- Diferenças nos métodos de escoamento pluvial urbano.
Fonte: Prince George's County, 1999.

Como é possível observar na Figura 7 de *Prince George's County* (1999), a linha (3) é a mais próxima das condições naturais, da qual apresenta os sistemas de LID, que ainda tem como vantagem o atraso no início do escoamento das águas para o ambiente. Este tipo de sistema geralmente apresenta aplicações de sistemas baseados nas áreas destinadas à infiltração das águas urbanas.

2.1.4.2 MRs (Micro-Reservatórios)

Para Amorim (2008), os Micro reservatórios (MRs) consistem em sistemas de retenção de águas pluviais com o objetivo de reutilização no próprio lote. Este sistema se apresenta como uma alternativa positiva não estrutural de drenagem urbana, pois pode combater as enchentes, uma vez que retém águas que poderiam saturar os sistemas de drenagem.

Esta alternativa de aproveitamento das águas pluviais é formada por três principais estruturas: 1) a captação; 2) os componentes de transporte (calhas e condutores verticais); e 3)

o reservatório em si, que geralmente é dimensionado de acordo com a necessidade e disponibilidade de espaço do proprietário (AMORIM, 2008).

Entretanto, apesar de parecer uma alternativa positiva, Souza (2005) apresenta algumas desvantagens que podem surgir com a utilização destes reservatórios, principalmente em casos em que a água retida não é utilizada devidamente e é despejada nos sistemas de drenagem urbana:

- Grandes chances das águas dos MRs serem devolvidas ao mesmo tempo em que o sistema recebe volumes de outras áreas, causando picos de vazão ainda maiores do que se não houvesse dispositivos de retenção;
- Prejuízo ao controle qualitativo das águas, ao não se reter totalmente precipitações de alta frequência, que causam um alto teor de poluição;
- Alto custo de operação e manutenção dos sistemas de MRs, quando comparados com dispositivos mais próximos à fonte de geração de impactos, o que pode causar a não utilização dos MRs, que deixam de exercer a função para a qual foram construídos.

2.1.4.3 Plano Diretor de Drenagem Urbana - PDDrU

O Plano Diretor de Drenagem Urbana (PDDrU) surge como uma ferramenta de auxílio para as comunidades, a partir do qual pode-se avaliar e definir prioridades a problemas e necessidades encontradas em diversas situações, bem como avaliar as alternativas de gestão das águas urbanas. Esta ferramenta deve ser utilizada como detalhamento de quais práticas são melhor adequadas e devem ser consideradas para a drenagem das águas em uma área urbanizada ou em processo de ocupação (NEA/UFSC, 2002).

Para Tucci (2002), um Plano Diretor de Drenagem Urbana deve ter como objetivo a criação de mecanismos que auxiliem na gestão da infraestrutura existente nos sistemas de drenagem de águas pluviais e dos rios que se encontrem nas áreas urbanizadas da cidade. Para isso, três pontos principais devem ser considerados para garantir a correta distribuição das águas superficiais no tempo e espaço: o controle das cheias, a proteção dos corpos d'água e a melhoria da qualidade da água.

As atividades e diferentes fases contidas em um PDDrU variam de acordo com os objetivos e as exigências definidos pela comunidade, além dos recursos disponíveis para o município que está implantando esta ferramenta. Porém, de acordo com *Atlanta Regional*

Comission – ARC (2001a), alguns requisitos básicos devem ser encontrados em um plano diretor, para garantir a sua eficiência. São estes:

- Planejamento;
- Diretrizes para o manual de drenagem;
- Melhorias importantes a serem implantadas;
- Relação de aparato legal específico;
- Requerimento de recursos.

Em uma visão geral, o PPD_rU pode ser visto como uma ótima alternativa para a boa implementação e manutenção dos sistemas de drenagem em cidades brasileiras que ainda não possuem um sistema de drenagem ou uma oportunidade de solução para as cidades que passam por problemas constantes causados pela má drenagem urbana. Porém, ao se desenvolver um plano diretor, muito tempo é gasto antes que medidas práticas comecem a ser tomadas, o que pode causar uma defasagem entre planejamento e implantação de até mais de uma década. Devido a este atraso, é necessário que o processo de planejamento seja constante e sempre baseado em fatos correntes (ARC, 2001a).

Além disso, é sabido que os processos burocráticos dentro de órgão públicos, principalmente no Brasil, podem dificultar a aprovação de medidas e liberação de recursos a serem encaminhados a projetos inseridos nos PPD_rU, o que contribui para a defasagem citada anteriormente. Este fator faz com que seja difícil a implantação de ações preventivas quando se refere às obras de drenagem urbana no Brasil, ao invés de se esperar que desastros aconteçam para que, então, medidas emergenciais sejam tomadas pelo poder público (MARQUES, 2006).

Assim, o trabalho atual propõe analisar os problemas e oportunidades de melhoria em uma obra de drenagem urbana em Cornélio Procópio-PR. Com a análise de projetos e identificação de problemas, pode ser possível verificar causas e possíveis soluções para o sistema em curso que ocorre na cidade, além de levantar oportunidades de melhoria para o caso deste estudo e casos semelhantes.

2.1.4.4 Microdrenagem

A Microdrenagem é o sistema de drenagem mais utilizado hoje nas áreas urbanas do Brasil e consiste na execução de galerias subterrâneas para o transporte de águas pluviais, encaminhando-as até um desaguadouro natural como um rio, córrego, dissipador de águas ou

espaços de retenção. Além das galerias, também chamadas de tubos de ligação, este sistema consiste ainda em outros elementos como bocas de lobo (BL), poços de visita (PV), meio-fio, sarjetas e caixas de ligação. (COSTA, 2007). Um esquema simples de distribuição deste sistema em uma área urbana residencial pode ser visto na Figura 8:

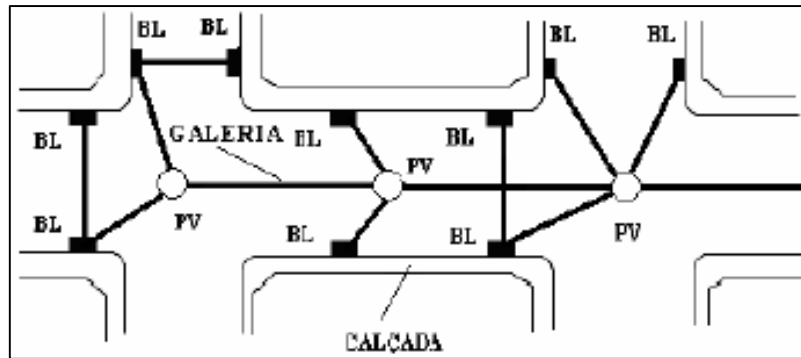


Figura 8- Sistema de Microdrenagem Urbana
Fonte: Tucci (1995)

Para Tucci (1995), os elementos citados podem ser definidos da seguinte forma:

- Meio-fio: É colocado nas calçadas das vias públicas, no sentido paralelo à mesma, sendo geralmente de concreto pré-fabricado ou pedra.
- Sarjetas: Faixa da via com uma declividade maior, paralela ao meio fio, formando uma calha. Tem como objetivo o encaminhamento das águas pluviais da via às bocas de lobo.
- Bocas de lobo: São estruturas dispostas em pontos estratégicos para captar as águas pluviais das sarjetas e encaminhá-las para as galerias. Para a definição das dimensões das bocas de lobo é necessário que se conheça a vazão que será captada para evitar que sua capacidade de engolimento seja ultrapassada. Vários tipos de bocas de lobo podem ser encontrados atualmente, de acordo com a necessidade da via, podendo conter grelhas e depressões. Alguns exemplos podem ser vistos na Figura 9:

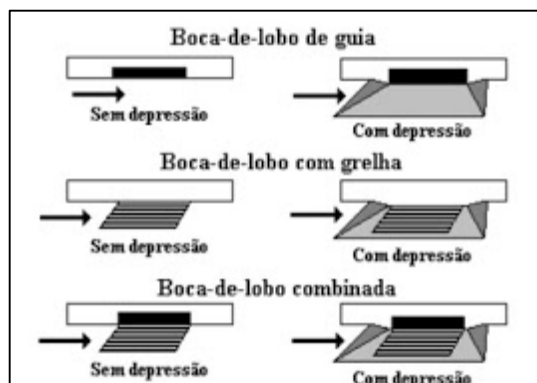


Figura 9 - Variedades de boca de lobo
Fonte: Tucci (1995)

- Galerias: são canalizações, usualmente fabricadas em concreto, com o objetivo de conduzir as águas pluviais captadas pelas bocas de lobo até os poços de visita ou o desaguadouro.
- Poço de visita: são elementos dispostos estrategicamente para permitir a mudanças de direção das águas, declividade ou diâmetro dos tubos de ligação. Também tem por objetivo permitir o acesso à canalização para limpezas e inspeções.

Para a implantação deste sistema é necessário um dimensionamento prévio da rede. Para este dimensionamento vários critérios e parâmetros devem ser adotados, como as velocidades máxima “ $V_{máx}$ ” e mínima “ $V_{mín}$ ” das águas, o tempo de concentração inicial “ t_{ci} ”, relação da lâmina d’água e diâmetro adotado “ h/D ”, entre outros. Com toda essa diversidade existente, torna-se necessária uma análise dos critérios a serem fixados de acordo com as condições do local e das restrições que o mesmo oferece. Para isso, são fixadas normas e montados diferentes métodos e procedimentos que facilitam a definição destes parâmetros, além de valores usualmente recomendados por diferentes autores, como pode ser visto na Figura 10. (COSTA, 2007).

Autor / Instituição	$V_{mín}$ (m/s)	$V_{máx}$ (m/s)	t_{ci} (min)	Seção plena ou h/D
Tucci et al. (2004)	0.6	5	10 ^a	plena
Azevedo Netto e Araújo (1998)	0.75	5	5	plena ou 0.90
Wilken (1978)	0.75	3.50 ^e	5 até 15	plena
Alcântara apud Azevedo Netto (1969)	1	4	7 até 15	0.7
Porto (1999)	$V_{méd} = 4$ até 6 ^b		-	0.75
Cirilo (2003)	0.6	4.5	-	h/D ^c
Haestad- Durrans ^d (2003)	0.60 até 0.90	4.5	-	0.85

Figura 10 - Parâmetros recomendados por diferentes autores
Fonte: Adaptado de COSTA (2007)

Através destes parâmetros e de outras informações obtidas com o projeto, é possível determinar as dimensões e distribuição de todo o sistema de drenagem por Microdrenagem

3 PROCEDIMENTOS METODOLÓGICOS

Neste capítulo se fará o estudo dos procedimentos metodológicos para coleta de dados para posterior análise.

3.1 Método de Pesquisa

Para Cervo e Bervian (2002) o método utilizado em um procedimento científico pode ser caracterizado como a investigação e demonstração da verdade através de um conjunto de processos que também podem ser considerados como a ordem que se utiliza para se chegar ao resultado esperado, utilizando-se sempre de processos registrados e bem definidos. Segundo Gil (2002), em concordância com a afirmação de Cervo e Bervian (2002), para elaborar uma pesquisa é necessário levar em consideração o problema envolvido, para que se possa traçar um plano de ação de acordo com os fatores característicos do que está sendo estudado e assim se obter os passos a serem utilizados para a realização da pesquisa e posterior análise dos fatos.

No presente trabalho, definiu-se como problema base o seguinte: quais os principais problemas em um sistema de drenagem urbana atualmente e quais as possíveis soluções? Com base neste problema é que se deu o encaminhamento do presente trabalho, a fim de responder aos objetivos já mencionados anteriormente. Para isso foram utilizadas pesquisas exploratórias, cujo objetivo principal é o aprimoramento de ideias ou descoberta, juntamente com o emprego de um estudo de caso associado às pesquisas bibliográficas.

Para Yin (1993), a utilização do estudo de caso “caracteriza-se por descrever um evento ou caso de uma forma longitudinal. O caso consiste geralmente no estudo aprofundado de uma unidade individual, tal como: uma pessoa, um grupo de pessoas, uma instituição, um evento, etc.” (p. 2) No presente trabalho foi utilizado o evento de uma obra em andamento na área de drenagem urbana, com a qual foi possível visualizar pontos levantados na pesquisa bibliográfica, como o método de construção utilizado, a fase histórica da drenagem urbana em que a obra em questão se enquadra, quais objetivos propostos pela obra podem ser atendidos com base nas suas características e se o projeto proposto é satisfatório e for executado corretamente.

Para analisar o projeto, foi realizado o dimensionamento das galerias propostas no projeto inicial da obra, para que fosse possível certificar que os diâmetros e declividades estivessem corretos e irão satisfazer a demanda de drenagem das bacias de contribuição. Para este dimensionamento, foi utilizado o Método Racional, passando pelas etapas mostradas no fluxograma da Figura 11:

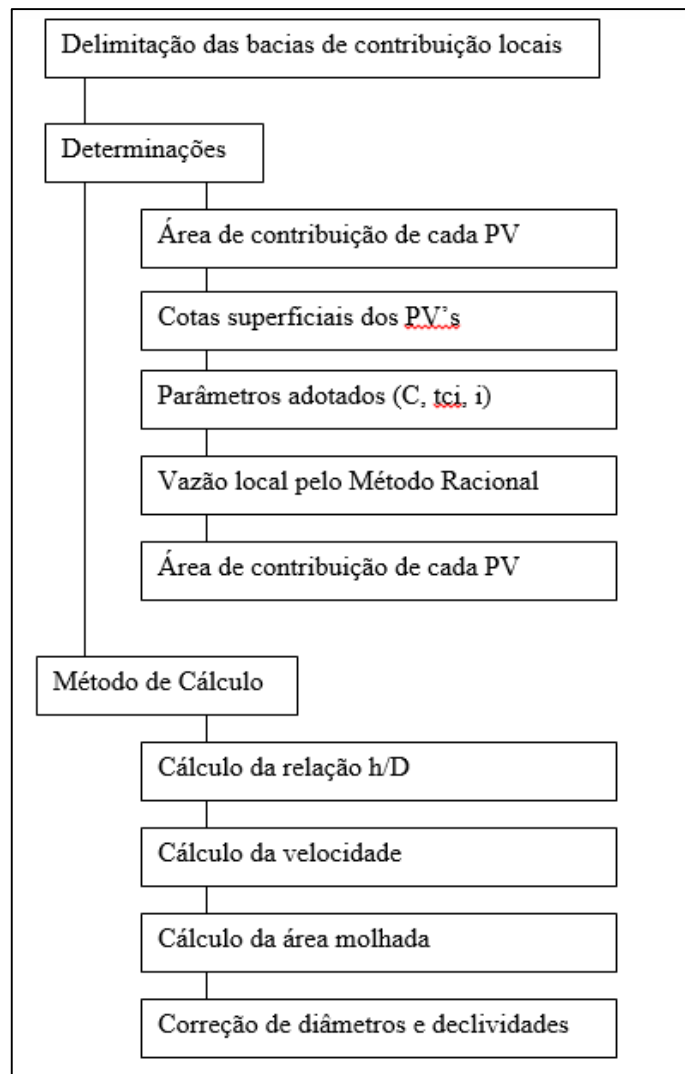


Figura 11 - Fluxograma das etapas de dimensionamento do sistema de drenagem
 Fonte: A Autora

Cada área de contribuição dos PV's foi considerada como um trecho e os valores calculados para cada trecho serão listados em tabela para que pudesse ser visualizados os possíveis erros e corrigi-los trecho a trecho. Além desta visualização prática, o estudo de caso também foi utilizado como base para análises e avaliações em diferentes dimensões da obra,

observando seus impactos positivos e negativos, além de levantar falhas e expor possíveis soluções para as mesmas.

As dimensões escolhidas para a análise da obra foram: legal, social, técnica e ambiental. Em cada uma destas dimensões foram utilizados como parâmetros de qualidade os requisitos próprios de qualquer obra de drenagem urbana, de acordo com as necessidades do ambiente em que ela se encontra. Com essas análises foi possível avaliar as condições gerais da obra e classificá-la de acordo com as mesmas. Após a finalização do estudo de caso pode ser possível, ainda, levantar quais são as falhas mais comuns, quais características são essenciais e quais as oportunidades de melhoria no processo construtivo de obras semelhantes à analisada neste estudo.

De acordo com Richardson (1989), outra dimensão da pesquisa é em relação à sua abordagem, que pode ser quantitativa ou qualitativa. A pesquisa qualitativa se aprofunda no objetivo de descrever a complexidade do problema, compreendendo e classificando as variáveis presentes em um determinado problema e seu comportamento particular. Já a pesquisa quantitativa, pode se utilizar de métodos e técnicas de análise de estatísticas para provar a ocorrência ou influência de um determinado fato. Sendo assim, neste trabalho, a pesquisa pode ser classificada como qualitativa, já que serão utilizadas análises críticas e levantamento de ações corretivas para os problemas ocorridos em tempo real.

4 ESTUDO DE CASO

Para melhor embasar o estudo feito sobre as condições atuais da drenagem urbana no Brasil, foi utilizada uma situação real, de uma obra em andamento onde foram realizadas avaliações de diferentes aspectos, como técnicos, ambientais, sociais, etc. Segue abaixo a descrição detalhada da obra a ser avaliada.

4.1 Localização e Descrição da Obra

O estudo se deu na obra de pavimentação asfáltica e drenagem pluvial da Avenida da Integração, passando pelos conjuntos União e Florêncio Bebolho, no município de Cornélio Procópio-PR. A extensão do projeto é de aproximadamente 2,5 km.

A empresa responsável pela obra passou por licitação promovida pela Prefeitura Municipal, ganhando-a com o valor total de R\$999.277,73 e tempo total de execução de 240 dias (8 meses), a contar a partir de Outubro de 2014. No Anexo 1 pode-se observar o cronograma inicial da obra, com as divisões dos serviços previstos para cada mês. Os serviços realizados nesta obra foram: drenagem de água pluviais, meio fio com sarjeta de concreto, urbanização de calçadas, piso tátil, rampa de acesso para deficientes, plantio de grama, aplicação de base e sub-base asfáltica e acabamento em CBUQ (Concreto Betuminoso Usinado a Quente).

O alvo deste estudo é referente, principalmente, à parte de drenagem urbana que foi realizada. A bacia de contribuição de projeto tem área total de 74,5 km² e está inserida na bacia do Rio Cinzas, onde se encontra 43% da área total do município de Cornélio Procópio, com corpo receptor o Córrego Ribeirão do Veado. No Anexo 2 – Projeto de Drenagem Urbana, encontra-se o projeto completo, realizado pela Prefeitura Municipal de Cornélio Procópio-PR.

Os serviços de drenagem urbana previstos em projeto consistem basicamente em tubulação em concreto armado, caixas coletores, poços de visita e dissipadores. As características e detalhamento destes serviços podem ser observados a seguir, e de acordo com o Anexo 1 - Memorial Descritivo e projetos fornecidos pela Prefeitura Municipal de Cornélio Procópio-PR:

- Tubulação: utilização de tubos de concreto armado em três diâmetros diferentes: 0,4; 0,6 e 0,8 metros. As tubulações estão localizadas, conforme o projeto, no eixo do alinhamento das ruas e outras nos alinhamentos discriminados, respeitando o posicionamento

das caixas coletoras, e com profundidades e declividades mínimas de projeto, de acordo com a NBR 12266.

Projeto e execução de valas para assentamento de tubulação de água, esgoto ou drenagem urbana. As Figuras 12 e 13 apresentam os detalhes transversal e longitudinal da colocação dos tubos de concreto que são utilizados para os três diâmetros empregados:

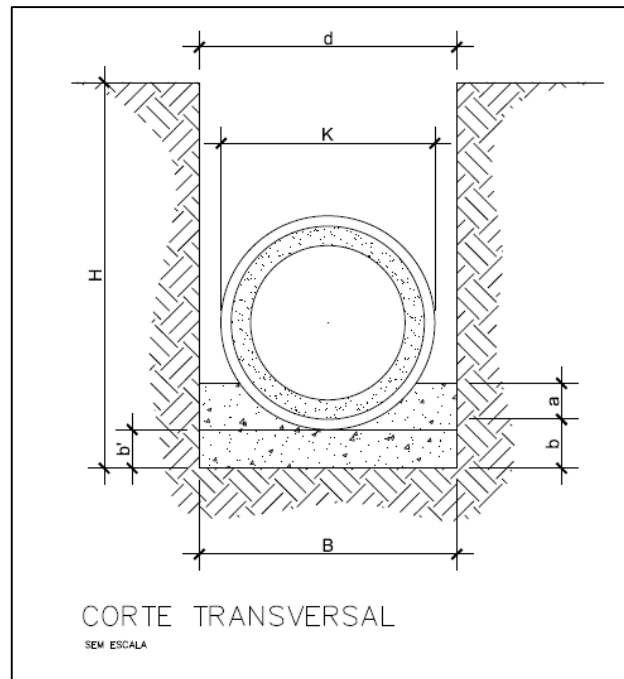


Figura 12- Detalhamento transversal da tubulação.
Fonte: Prefeitura Municipal de Cornélio Procópio. 2014.

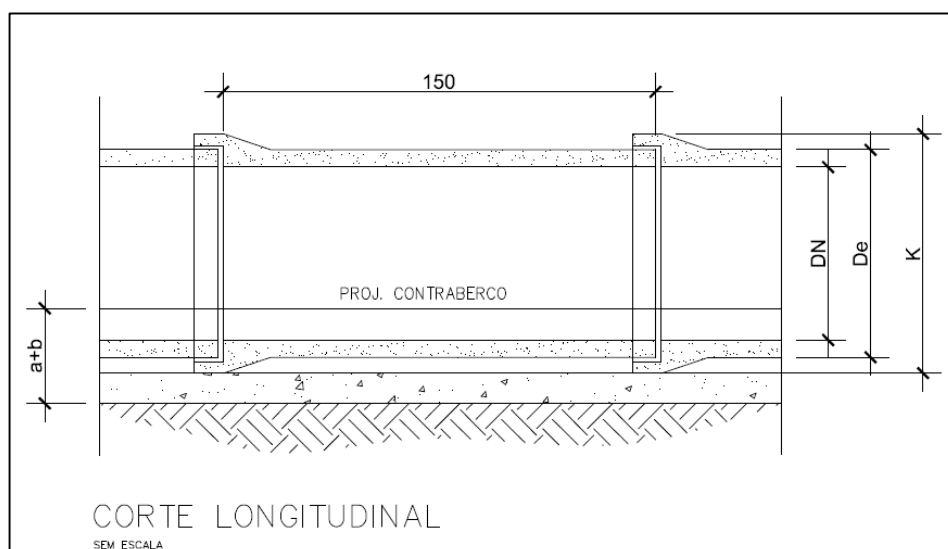


Figura 13- Detalhamento longitudinal da tubulação.
Fonte: Prefeitura Municipal de Cornélio Procópio. 2014.

• Caixas Coletoras: são do tipo Boca de Lobo e podem ser providas de cavaletes e tampas de concreto armado, com a finalidade de dar melhor acabamento no alinhamento do meio-fio. Executadas em alvenaria conforme projeto ou em concreto armado pré-moldado, desde que mantenham as proporções internas das projetadas. Caso no projeto indique uma caixa dupla, com dupla representação, estas tem suas dimensões internas duplicadas em função da necessidade de captação. A Figura 14 apresenta a elevação frontal das caixas coletoras, evidenciando que suas dimensões devem ser compatíveis com o nível da guia pré-existente ou a ser executada:

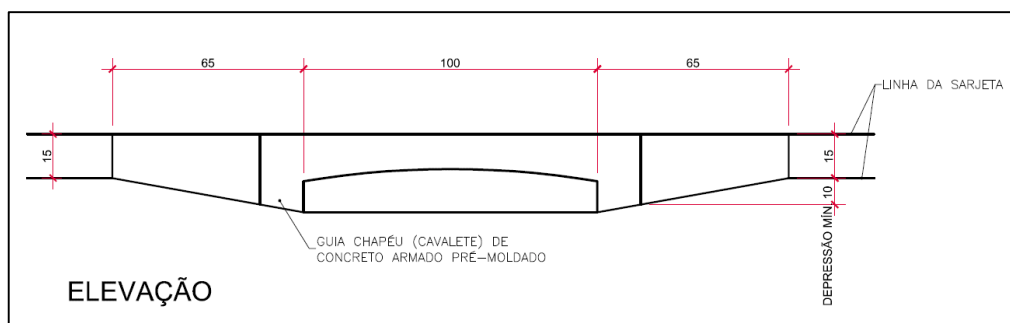


Figura 14- Elevação frontal das caixas coletoras.
Fonte: Prefeitura Municipal de Cornélio Procópio. 2014.

Na Figura 15 é possível observar o detalhe em planta das caixas coletoras, evidenciando as dimensões da tampa a ser colocada e o ponto de saída da tubulação:

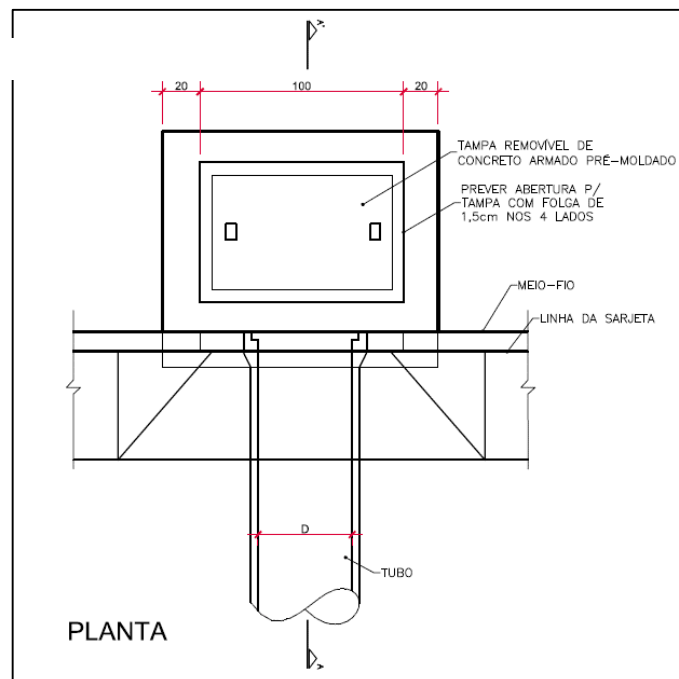


Figura 15- Detalhe em planta das caixas coletoras.
Fonte: Prefeitura Municipal de Cornélio Procópio. 2014.

Já na Figura 16, encontra-se o detalhamento transversal das caixas coletoras, apresentando os detalhes do encaixe com a tubulação e os procedimentos construtivos a serem adotados com suas respectivas dimensões:

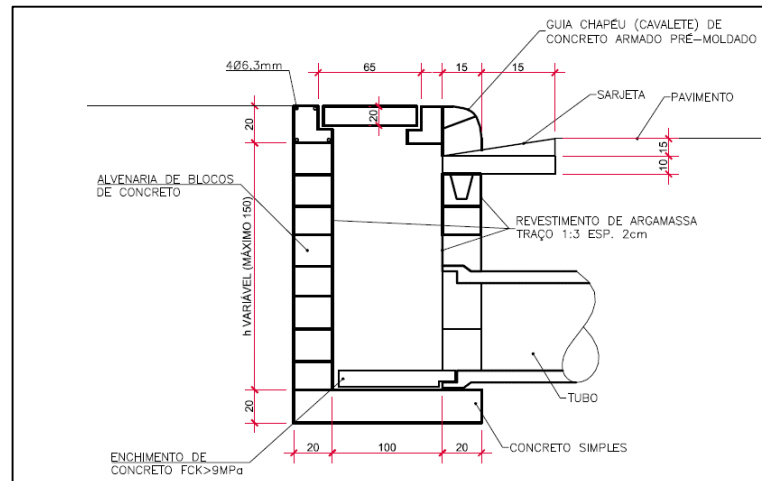


Figura 16- Detalhe corte AA' das caixas coletoras.

Fonte: Prefeitura Municipal de Cornélio Procópio. 2014.

- Poços de Visitas (PV's): Executados nos pontos assinalados no projeto, controlando as declividades dos trechos de chegada e saída do poço, promovendo vedação nas ligações entre o tubo e o corpo do poço. Os materiais utilizados consistem em alvenaria de tijolos maciços conforme projeto ou peças pré-moldadas de concreto armado, desde que respeitem as dimensões internas previstas em projeto. Os tampões são de concreto armado ou ferro fundido.

Nas Figuras 17, 18 e 19 apresentam os detalhes construtivos dos poços de visita em planta e através dos cortes longitudinal e transversal. É possível, ainda, observar algumas dimensões dos poços de visita e a localização de suas ligações com a tubulação.

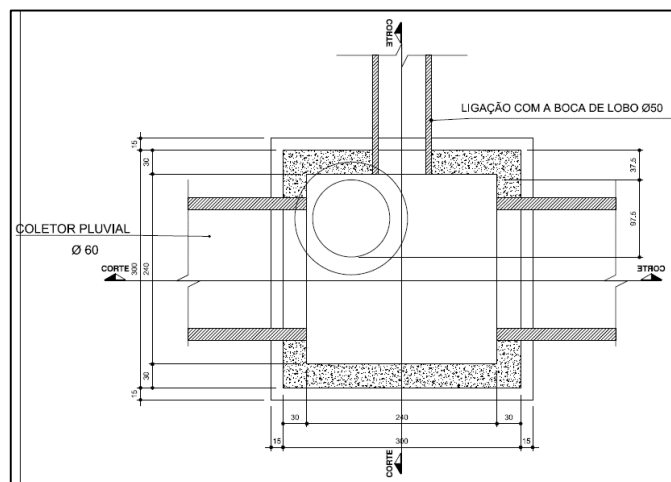


Figura 17- Detalhe em planta dos poços de visita.

Fonte: Prefeitura Municipal de Cornélio Procópio. 2014.

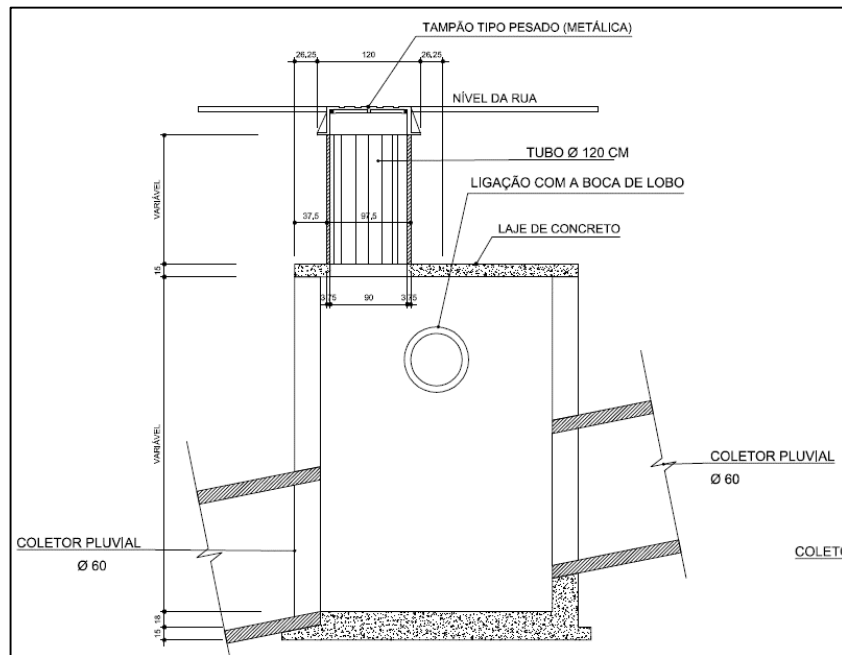


Figura 18- Corte transversal dos poços de visita.
Fonte: Prefeitura Municipal de Cornélio Procópio. 2014.

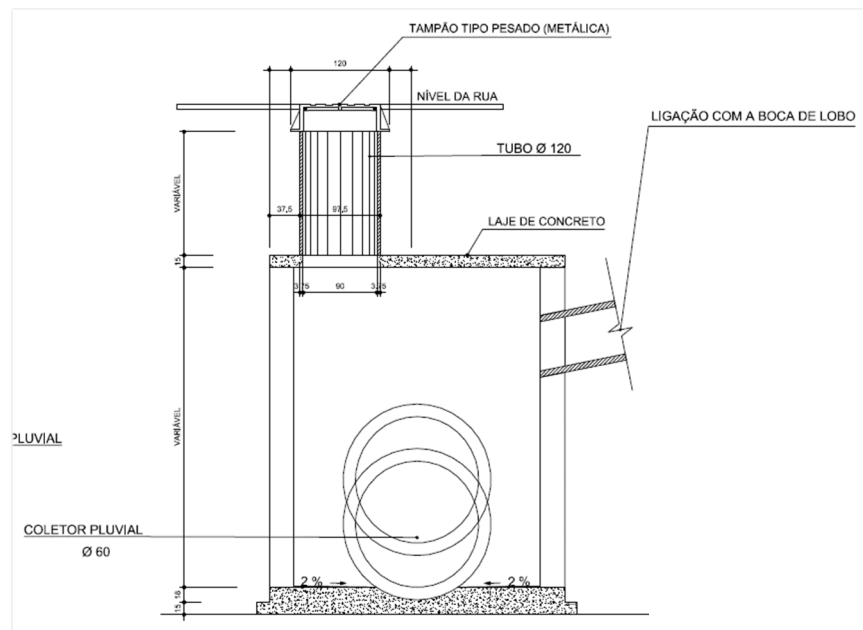


Figura 19- Corte longitudinal dos poços de visita.
Fonte: Prefeitura Municipal de Cornélio Procópio. 2014.

- Dissipadores: Consta no projeto a execução de apenas um dissipador, que ocorrerá de acordo com as características do dissipador existente, que podem ser observadas nas Figuras 20 e 21. Além disso, é possível encontrar nas figuras as dimensões de execução do dissipador e os principais materiais utilizados, que são blocos cerâmicos ou de concreto, rachão e concreto armado:

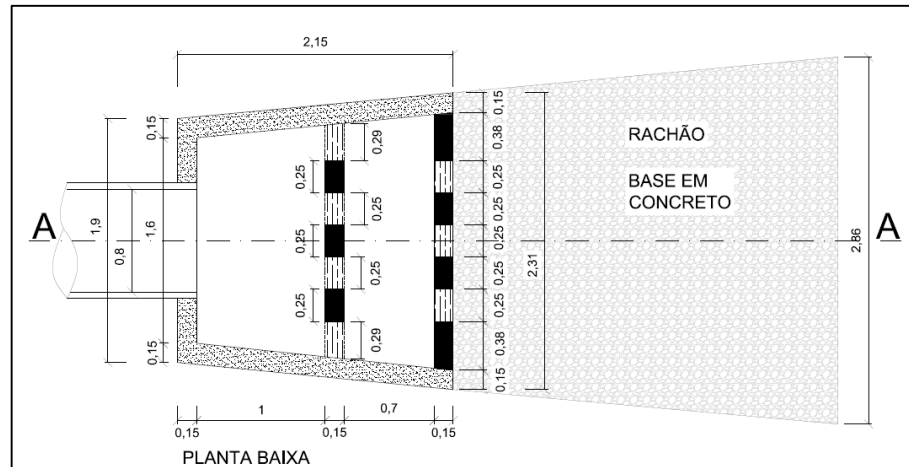


Figura 20- Detalhe em planta do dissipador.
Fonte: Prefeitura Municipal de Cornélio Procópio. 2014.

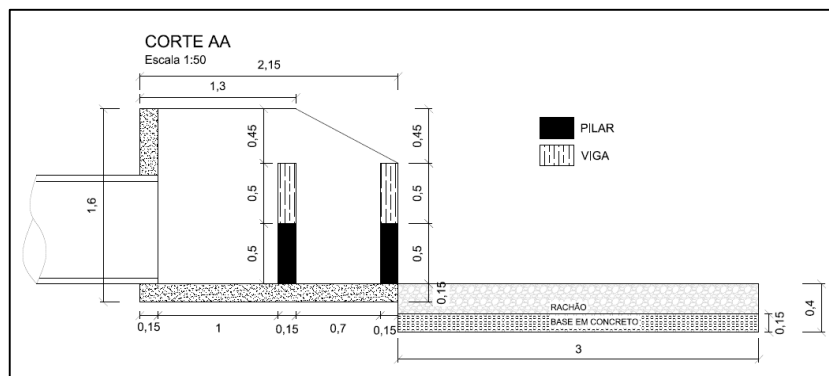


Figura 21- Corte AA do dissipador.
Fonte: Prefeitura Municipal de Cornélio Procópio. 2014.

Já nas Figuras 22 e 23 é mostrado o dissipador existente, sendo possível observar a sua estrutura e como se dá a eliminação da água captada pelo sistema de drenagem:



Figura 22 - Vista frontal do dissipador existente.
Fonte: Empresa Executora da Obra. 2014



Figura 23 - Vista posterior do dissipador existente.
Fonte: Empresa Executora da Obra. 2014.

4.2 Histórico da Obra

A obra a ser avaliada teve sua data de início firmada para setembro de 2014, como descrito em contrato entre a Prefeitura Municipal de Cornélio Procópio e a empresa ganhadora vencedora da licitação. O prazo de execução determinado no projeto, como já mencionado anteriormente, era de 240 dias. Porém, devido a dificuldades da empresa, houve um atraso de aproximadamente 30 dias já no início da obra. Além disso, logo após o início da execução dos serviços, alguns problemas começaram a surgir, prejudicando ainda mais o cumprimento do cronograma proposto. Alguns exemplos destes problemas foram:

- Falhas de comunicação;
- Ausência de responsáveis no acompanhamento diário da obra, causando erros de execução nos serviços;
- Condições iniciais do local da obra diferentes do previsto, fazendo com que fosse necessário maior esforço e mais trabalho dos equipamentos e funcionários em obra;
- Atraso no pagamento das medições causando, simultaneamente, atraso nos pagamentos de fornecedores e funcionários.

Após a ocorrência de todos os problemas citados acima e, principalmente, pela falta de pagamento das medições dos serviços já realizados, a obra foi paralisada ainda na fase inicial, durante a execução dos serviços de drenagem, deixando-se todos os materiais restantes ainda no local da obra e muitos serviços inacabados, causando descontentamento dos moradores da região e de todo o município.

Ao todo, foi realizado cerca de 12% da obra e apenas 3% do valor total havia sido pago em um período de aproximadamente 150 dias, quando a empreiteira decidiu por paralisar os serviços enquanto a situação financeira não fosse regularizada. Foram aproximadamente 7 meses de paralização e durante este período a obra se tornou motivo de descontentamento, reclamações e até manifestações da população local, pois as condições em que a obra foi deixada dificultava o tráfego normal da região, já que as vias, mesmo sem pavimentação, serviam de ligação entre dois bairros e acesso a uma igreja e uma escola de educação infantil.

Finalmente, após a execução de um novo cronograma e da regularização do que havia ficado pendente no momento da paralização da obra, esta foi retomada. O novo prazo de execução da obra foi acertado em mais 240 dias, a contar a partir de setembro de 2015, quando a obra foi retomada. Apesar do tempo que a obra ficou paralisada, o orçamento previsto anteriormente não foi modificado, sendo decidido que do valor total, R\$295.897,83 seriam destinados a execução dos serviços de drenagem, calçadas, meio-fio, plantio de grama e rampas de acesso que ainda faltavam ser executados, já que estes foram os serviços definidos como prioritários na retomada da obra. A execução destes se deu em um período de aproximadamente 90 dias, quando foi finalizado o acompanhamento desta obra. Os demais serviços, como execução de base, sub-base e pavimentação não foram acompanhados.

A Figura 24 apresenta a condição do local onde irá passar a Avenida da Integração e é possível observar as condições do solo no local, com partes soltas e a quantidade de vegetação a ser retirada para a execução do pavimento:



Figura 24 - Avenida da Integração após paralização da obra.
Fonte: A Autora. 2015.

Na Figura 25, observa-se a situação em que um poço de visita foi deixado, com o solo ao seu redor ainda sem a compactação correta e um tubo de concreto quebrado deixado como marcação da localização da tampa do poço de visita:



Figura 25 - Tubos de concreto quebrados deixados no local.
Fonte: A Autora. 2015.

Já na Figura 26, encontra-se uma escavação feita para a execução de uma das caixas da coletoras, porém sem que a escavação fosse completada ao seu redor, onde posteriormente será executado o pavimento, causando desabamento do solo no local:



Figura 26 - Bocas de lobo sem acabamento e escavação em desmoronamento.
Fonte: A Autora. 2015.

Na Figura 27 observa-se a escavação realizada para a colocação de tubos de concreto e execução de um poço de visita, que foi deixado inacabado. Após o período de paralização da obra, foi possível encontrar lixo no fundo do poço de visita e a madeira das formas se encontrava já deteriorada:



Figura 27 - Escavações deixadas abertas e poços de visita não finalizado.
Fonte: A Autora. 2015.

Na Figura 28, encontra-se o detalhe da execução da parte final de um poço de visita, após a retomada da obra, sendo utilizados tijolos maciços para o fechamento do poço:



Figura 28 - Detalhe do poço de visita durante a execução.
Fonte: A Autora. 2015.

Já na Figura 29, encontra-se o revestimento do mesmo poço de visita, realizado com argamassa, que também tem a função de fixar a tampa em ferro fundido. É possível também observar a reposição do solo escavado ao redor do poço e o desnível ainda existente:



**Figura 29 - Acabamento da saída do poço de visita.
Fonte: A Autora. 2015.**

Seguindo as especificações do projeto, as caixas coletoras foram executadas com blocos de concreto, tendo seu acabamento feito em argamassa, como pode ser visto na Figura 30. Nesta Figura já se pode observar a diferença de nível entre a entrada da caixa coletora e o solo que receberá o pavimento posteriormente:



**Figura 30 - Boca de lobo em execução.
Fonte: A Autora. 2015.**

Como especificado no detalhamento do projeto, as caixas coletoras duplas deveriam ser executadas com suas dimensões dobradas, e este procedimento pode ser visto na Figura 31. É possível constatar também, a diferença no encontro da entrada da caixa coletora com o nível do solo que receberá o pavimento, consideravelmente menor do que na caixa coletora mostrada na Figura 30.



Figura 31 - Boca de lobo dupla finalizada.
Fonte: A Autora. 2015.

Após aproximadamente 90 dias, ao final do acompanhamento da obra em questão, todos os serviços de drenagem urbana haviam sido realizados, bem como os serviços de meio-fio, sarjeta e parte das calçadas previstas e foi quando se deu o início dos serviços de pavimentação. Porém, apenas com a conclusão dos serviços acompanhados e estudados, muitos pontos falhos já podem ser destacados, tanto no planejamento quanto na execução.

Para melhor apresentar os serviços realizados, bem como seus pontos positivos e/ou negativos e a análise destes pontos, foi realizada a seguir a análise da obra de acordo com as dimensões especificadas na metodologia proposta, sendo estas: legal, social, ambiental e técnica. Através destas análises é possível completar todos os objetivos do presente trabalho.

4.3 Análises Realizadas

4.3.1 Dimensão Legal

Nesta dimensão, procura-se avaliar a adequação do sistema de drenagem urbana à legislação vigente. Para isso é necessária a conferência de leis e documentos legais que

amparem a execução deste tipo de obra. Para esta avaliação, foram analisados o Plano Diretor do município de Cornélio Procópio, a lei estadual 12.726/1999 que institui a política estadual de recursos hídricos e a NBR 15645 - Execução de obras de esgoto sanitário e drenagem de águas pluviais utilizando-se tubos e aduelas de concreto.

Nestes documentos fica claro que é de obrigação dos órgãos municipais o fornecimento e manutenção de sistemas de drenagem urbana, tanto em áreas residenciais quanto industriais ou comerciais, o que está de acordo com as condições da obra objeto de estudo, já que a mesma foi licitada pela própria Prefeitura Municipal.

Destaca-se que a Prefeitura não possui uma norma reguladora das condições de projeto e execução de obras de saneamento e drenagem urbana, como é comum encontrar em centros maiores. Porém, ao se analisar o Memorial Descritivo, é possível observar que as análises feitas para dimensionar a vazão que deve ser abrangida pelo projeto estão de acordo com as especificações da Sanepar (Companhia de Saneamento do Paraná) no documento Diretrizes para Elaboração de Projetos de Saneamento – Projeto de Drenagem, que sugere que seja utilizado o Método Racional para a determinação da Vazão de Projeto. Mas ainda assim, não há nenhuma evidência que comprove que a vazão de projeto especificada no Memorial Descritivo esteja sendo respeitada no projeto de execução apresentado no Anexo 2.

Ainda se tratando da dimensão legal, outro ponto a ser destacado é no que se refere ao dissipador previsto no projeto, a ser executado em um dos trechos da obra. O dissipador é parte importante do sistema de drenagem urbana, pois é para onde toda a água coletada será encaminhada e, posteriormente, despejada em solo natural. O problema encontrado, no entanto, é que a área em que o dissipador foi previsto não pertence mais à Prefeitura Municipal, fazendo parte de uma área que foi loteada pela própria Prefeitura no período em que a obra encontrava-se paralisada.

Em dezembro de 2015 o trâmite de desapropriação desta área já se encontrava em andamento, porém o proprietário do terreno havia entrado com uma ação judicial contra este processo, alegando que a execução do dissipador iria desvalorizar o futuro loteamento residencial que será feito nesta área. Devido a isso, a parte da obra referente ao dissipador, incluindo toda a escavação, colocação de tubos, execução de caixas coletoras e poços de visita encontra-se paralisada, aguardando decisão judicial.

É importante evidenciar que, para este tipo de problema ser evitado, deve-se sempre analisar toda a porção de solo que uma obra irá ocupar, e as providências referentes a isto devem ser tomadas anteriormente à conclusão do projeto, onde ainda será possível realizar adaptações sem prejuízos ao orçamento ou cronograma da obra.

4.3.2 Dimensão Social

Nesta dimensão, o objetivo é avaliar os impactos que a obra objeto de estudo causou ao bem estar da população do município de Cornélio Procópio, mais especificamente nos bairros afetados pelo novo sistema de drenagem. O primeiro ponto a ser referenciado é o atraso da obra. Como pode ser visto no Anexo 3 – Cronograma Corrigido, mesmo se concluída dentro do novo prazo, a obra contará com aproximadamente 11 meses de atraso em relação ao prazo dado no primeiro cronograma, antes da paralização. Este atraso causou inconvenientes na vida da população, que esperava uma nova estrutura pronta em breve e, ao invés disso teve que conviver com uma obra inacabada e com todos os problemas que isto causou.

Porém, mesmo com estes problemas, ou motivada por eles, atualmente a população tem influenciado diretamente nos processos de decisão do poder público, reivindicando seus direitos e participando ativamente das diretrizes que possam afetá-la. Neste caso específico, é possível citar, como exemplo desta participação, as manifestações feitas pela população dos bairros afetados durante o período em que a obra esteve paralisada.

Estas manifestações ocorreram pois, no momento da paralisação da obra, ainda haviam valas abertas nas ruas prejudicando o caminho utilizado por carros, ônibus e pedestres diariamente. Em certo trecho da obra a própria população local criou um desvio não pavimentado lateralmente às valas abertas, para que não se precisasse passar próximo a elas, visando principalmente a segurança de crianças que passam por este caminho para chegar a uma escola localizada no meio do trecho da obra. Pode-se ver o desvio na Figura 32:



Figura 32 - Desvio executado devido às condições da rua original.
Fonte: A Autora. 2015.

Para resolver parcialmente o problema em outro trecho onde não era possível fazer o desvio, a própria Prefeitura Municipal fechou estas valas temporariamente, com material residual rochoso impróprio para este fim. Pode-se notar na Figura 33 que, mesmo com a cobertura emergencial, o pavimento continua muito danificado, dificultando o tráfego, principalmente em dias chuvosos.



Figura 33 - Valas fechadas com material indevido.
Fonte: A Autora. 2015.

Outra avaliação a ser feita desta obra, ainda inserida na dimensão social, é relacionada à vulnerabilidade da obra, que apresenta vários riscos para a população. Além dos problemas e riscos causados pelas valas abertas, existem ainda, caixas coletoras destampadas mostradas na Figura 34, podendo causar quedas de pessoas e animais.



Figura 34 - Bocas de lobo deixadas abertas.
Fonte: A Autora. 2015.

Há ainda, tubos de concreto deixados nas calçadas ou até mesmo nas vias, sem qualquer proteção, mesmo meses após a retomada da obra. Estes tubos, além de impedir ou dificultar o tráfego, podem oferecer riscos a pedestre que passam por estas vias ou a veículos parados próximos a eles, como mostrado na Figura 35:



Figura 35 - Tubos de concreto deixados nas calçadas e ruas.
Fonte: A Autora. 2015.

4.3.3 Dimensão Ambiental

Nesta dimensão foram avaliados os impactos ambientais causados pelos sistemas de drenagem implantados, assim como a sua interferência no ciclo hidrológico natural do local.

Como foi evidenciado no referencial teórico, um dos objetivos dos sistemas de drenagem urbana modernos, utilizados atualmente em países desenvolvidos, é auxiliar para que a infiltração das águas pluviais seja a mais próxima possível das condições naturais, quando ainda não existe impermeabilização alguma. Porém, com a utilização de calçadas em concreto e pavimentação asfáltica, esta infiltração deve ser compensada através de outros métodos, como implantação de gramas, calçadas permeáveis, asfalto poroso e, principalmente, a conscientização da população para que se despeje o menor volume de água possível nos sistemas coletores.

No caso da obra estudada, a utilização das calçadas de concreto, como visto na Figura 36, não é compensada com outros métodos, como por exemplo, a colocação de uma faixa de grama para infiltração, fazendo com que a água das chuvas escoe para as sarjetas e, conseqüentemente, para o sistema de drenagem, aumentando a velocidade e o volume de escoamento, que são os grandes responsáveis pela ocorrência de enchentes no ambiente urbano, quando o sistema de drenagem se torna insuficiente para expulsar toda a água coletada.



Figura 36 - Calçadas executadas inteiramente em concreto.
Fonte: A Autora. 2015.

Estes sistemas de drenagem urbana, com foco na expulsão das águas das chuvas, podem ser vistos como um sistema da primeira fase do desenvolvimento da drenagem urbana no mundo, chamada de fase higienista. Esta fase trouxe como consequência a contaminação de muitos rios e a ocorrência de enchentes urbanas, sendo, por isso, substituída por sistemas mais modernos em várias partes do mundo.

Outro ponto importante dentro da dimensão ambiental refere-se ao controle na proliferação de insetos e, conseqüentemente, doenças que pode acontecer dentro das caixas coletoras utilizadas neste sistema. Mesmo com a presença da canalização que encaminhará as águas para os poços de visita e dissipadores, foi verificado em obra que um pequeno volume de água ainda fica acumulado nos fundos destas caixas devido às falhas de execução. Em períodos muito longos de estiagem, esta água parada pode se tornar uma fonte de maus odores e até formar colônias de insetos que são responsáveis pela proliferação de variadas doenças que podem atingir a população local. Além disso, como poderá ser visto detalhadamente na dimensão a seguir, algumas caixas coletoras encontram-se abertas, contribuindo ainda mais para este acúmulo inapropriado das águas.

Atitudes como a formação de equipes de prevenção e controle de doenças são necessárias para este tipo de sistema de drenagem, porém, não existe nenhuma garantia da Prefeitura Municipal de que esta proliferação será prevenida, protegendo a população.

4.3.4 Dimensão Técnica

Nesta última dimensão avaliada, teve como objetivo verificar as condições da obra no que se refere à sua qualidade técnica, como as condições do projeto e do dimensionamento das galerias, o planejamento, a execução e os resultados a serem atingidos com a mesma.

Primeiramente, o método de drenagem escolhido foi o de Microdrenagem, que, como já mencionado anteriormente, pode ser considerado como ultrapassado por estar contido na fase higienista do desenvolvimento da drenagem urbana no mundo, apesar de ainda largamente utilizado em todo o Brasil.

Em relação ao dimensionamento, como citado na metodologia, este foi executado de acordo com as condições do projeto inicial, ou seja, utilizando o lançamento do sistema e os diâmetros de tubulações já determinados no projeto, para que fosse possível certificar que o sistema é satisfatório ao drenar toda a água precipitada, mas, ao mesmo tempo, econômico na escolha dos diâmetros da tubulação. Como pode ser visto no Anexo 7 – Projeto de Dimensionamento, já na primeira etapa de verificação das tubulações e determinação das áreas de contribuição dos PV's, alguns erros foram encontrados, como:

- Não se tem nenhum registro no projeto das alturas e cotas dos PV's, fazendo com que não fosse possível saber a declividade exata de cada trecho. Por isso, como parte do dimensionamento, foi analisado o mapa de curvas de nível do município de Cornélio Procópio e chegou-se aos valores de cotas dos PV's a montante e a jusante em cada trecho, e os primeiros trechos são mostrados na Figura 37. Com os valores das cotas, foi possível encontrar o caimento do trecho “St”, necessário nas etapas seguintes para se determinar a velocidade de escoamento na rede.

Lloc (m)	Cota do PV no terreno (m)		St(m)
	montante	jusante	
34	589	587.11	1.89
33	587.11	585.29	1.82
41	585.29	583	2.29
46	583	580.485	2.515
37	580.485	580	0.485
53	581.17	580	1.17
74	583.84	581.17	2.67
73	586.47	583.84	2.63
40	587.93	586.47	1.46
47	587.47	585.5	1.97
43	585.5	583.25	2.25
32	583.25	581.6	1.65
16	581.6	580.75	0.85
57	580.75	578.34	2.41
20	578.34	578.27	0.07
10	578.27	577.97	0.3
75	577.97	575.92	2.05

Figura 37 – Exemplos de Cotas dos PV's
Fonte: A Autora

• Nos trechos 15 e 16 (Anexo 7), pode-se observar que não há boca de lobo para coletar a vazão gerada pela área de contribuição. Isso irá fazer com que a água fique acumulada na via em caso de chuvas intensas, podendo causar inundações nesta área. Ao se verificar o projeto modificado no Anexo 5 é possível ver que o problema não foi resolvido, pois esta parte do sistema permaneceu o mesmo. Uma solução seria a colocação de uma boca de lobo dupla no ponto em que ocorre a mudança de direção das águas, como mostrado na Figura 38, assim, a água escoada nas duas direções seria captada e já encaminhada para o PV 20.

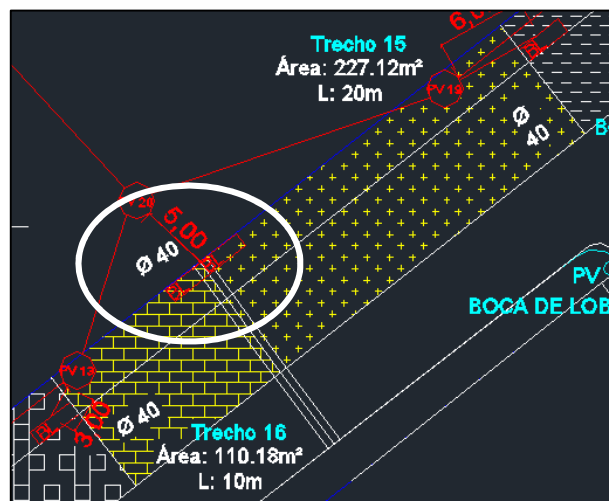


Figura 38 - Boca de lobo dupla no trecho faltante
Fonte: A Autora

- O Trecho 18 apresenta um PV 11 no meio da extensão da sua tubulação. Porém, Tucci (1994) recomenda que a distância máxima entre PV's seja de 100 metros e, ao se retirar este, a distância entre os PV's 10 e 12 ainda seria de aproximadamente 69 metros como mostra a Figura 39. Com esta adaptação a distância ainda permanece dentro da recomendação e seria uma opção mais econômica por diminuir o custo de um PV.

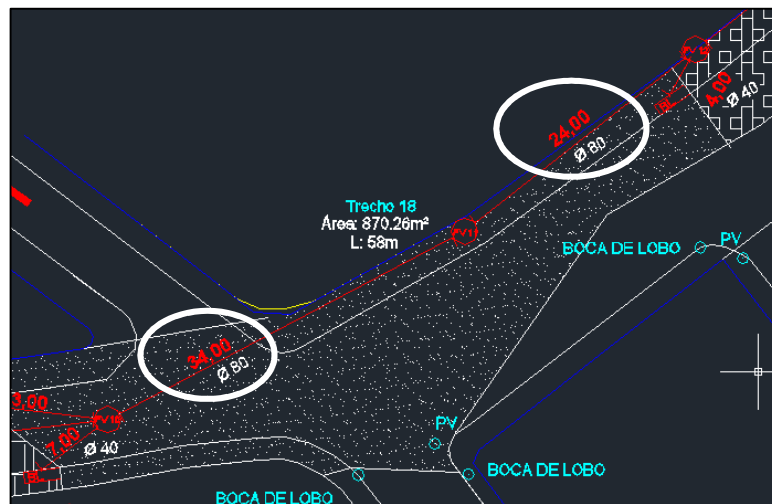


Figura 39 - Distâncias entre PVs 10, 11 e 12
 Fonte: A Autora

- O Trecho identificado no Projeto de Dimensionamento como Trecho X possui previsão de colocação de dois PV's, que seriam ligados a tubulação existente. Porém, apenas um PV seria suficiente para receber o escoamento do PV 6 e das bocas de lobo já existentes, sendo essa uma opção mais econômica.

Além destas falhas locais identificadas já no início do dimensionamento, com o preenchimento das tabelas com todos os valores necessários ainda foi possível identificar outras, devido aos diâmetros implantados e às declividades entre os PV's. Estas falhas são referentes aos valores de velocidade máxima e mínima de escoamento e da relação h/D , que Tucci (1995) estabelece $V_{\text{máx}} = 5.0\text{m/s}$ e $V_{\text{mín}} = 0.75\text{m/s}$ e $0,1 < h/D < 0,85$, para que o dimensionamento seja considerado correto. No Anexo 7 – Planilha de Dimensionamento Real é possível verificar os valores encontrados para o projeto e se encontram em destaque os valores que não obedeceram aos parâmetros estabelecidos.

Para a correção destes valores, primeiramente modificou-se os diâmetros utilizados nos trechos em que a relação h/D ficou fora do intervalo permitido. Foi possível diminuir os

diâmetros destes trechos e assim trazer os valores de h/D para dentro do intervalo, além de apresentar uma condição mais econômica, devido aos valores dos tubos de concreto utilizados. Porém, ao se modificar os diâmetros, outros dois trechos ficaram fora do intervalo das velocidades mínima e máxima. Estes valores podem ser verificados no Anexo 8 – Planilha de Dimensionamento com Correção de Diâmetros.

Por fim, para a correção dos intervalos das velocidades, modificou-se o caimento S_g dos Trechos necessários, que precisavam ser diminuídos. Os valores corrigidos podem ser vistos no Anexo 9 – Planilha de Dimensionamento com Correção de Declividade. Com esta modificação constata-se que as dimensões dos PV's, que foram executadas todas iguais, deveriam se adequar aos valores necessários para o escoamento correto das águas. Para isso, duas opções são possíveis: uma maior escavação do PV a montante, para que fique mais próximo da cota do PV a jusante ou a execução com uma profundidade menor do PV a jusante, porém, por não haver registros das dimensões dos PV's já executados, não é possível saber se seria apropriado diminuir estas dimensões. Portanto, ao final do dimensionamento, foi possível perceber que o projeto inicial contém erros de dimensionamento que não foram corrigidos quando o projeto foi modificado, constatando que as mudanças feitas no projeto foram apenas para regularizar a obra após o período de paralisação, que já havia sido parcialmente executada de maneira errada.

Já em relação ao planejamento, o primeiro ponto a ser citado é referente aos erros de execução cometidos na primeira fase da obra, que provocaram a necessidade de mudança do projeto original para que este se adequasse às condições encontradas no local no momento da retomada da obra. Comparando os Anexos 2 e 5 é possível notar as diferenças entre o projeto original e o projeto adaptado durante a execução, onde caixas coletoras foram retiradas ou mudadas de local, assim como o meio-fio e as larguras das vias.

Pode-se destacar ainda dentro desta dimensão técnica os erros de execução cometidos no decorrer da obra, tendo alguns corrigidos, o que gera o retrabalho e desperdício de materiais, e outros ainda apresentando falhas que podem comprometer o bom funcionamento do sistema de drenagem após a conclusão da obra.

É importante destacar que muitas destas falhas podem ser consideradas simples, e poderiam ser evitadas com a fiscalização correta e regular dos serviços executados, assim como a maior atenção aos projetos no momento da marcação dos locais a serem implantados os equipamentos do sistema de drenagem. Nas Figura 40 e 41, são mostrados casos de erro de desalinhamento de uma caixa coletora com a guia meio-fio, colocadas posteriormente à execução da caixa coletora:



Figura 40 - Entrada da boca de lobo desalinhada com a guia.
Fonte: A Autora. 2015.



Figura 41 - Boca de lobo desalinhada com a guia III.
Fonte: A Autora. 2015.

Mais um erro de alinhamento com a guia meio-fio pode ser visto na Figura 42, desta vez com a caixa coletora invadindo a rua, se fazendo necessária a sua recolocação, causando retrabalho e desperdício de tempo e materiais:



Figura 42 - Boca de lobo invadindo o alinhamento da rua.
Fonte: A Autora. 2015.

Outro erro recorrente com a locação das caixas coletoras refere-se ao nível em que elas foram executadas. Nas Figuras 43 e 44 é possível observar que a entrada das caixas coletoras encontra-se novamente acima do nível do solo que irá receber o pavimento. Esta diferença, quando não muito grande, como no caso da Figura 43, pode ser resolvida no momento da execução do pavimento, alterando-se a espessura das camadas, porém em alguns casos, será necessário quebrar a entrada das caixas coletoras para que a água escorra livremente.



Figura 43 - Boca de lobo acima do nível da guia.
Fonte: A Autora. 2015.



**Figura 44 - Boca de lobo acima do nível da guia.
Fonte: A Autora. 2015.**

Uma solução encontrada para o problema da diferença de nível, foi a retirada da altura excedente das caixas coletoras, quebrando-as e depois repondo as tampas, como mostrado na Figura 45. Esta solução é eficiente na resolução do problema, porém, mais uma vez, causa desperdício de tempo e material.



**Figura 45 - Boca de lobo acima do nível sendo reparada.
Fonte: A Autora. 2015.**

Como referência, tem-se na Figura 46 um exemplo de uma caixa coletora executada na mesma obra que se encontra nas condições ideais para o bom funcionamento do sistema de drenagem. Pode-se notar o alinhamento ideal com a altura da calçada e da sarjeta, não interferindo no escoamento da água e nem na passagem de pedestres pela calçada.



Figura 46 - Boca de lobo dupla em condições ideais.
Fonte: A Autora. 2015.

5 DISCUSSÃO

Para se atingir os objetivos deste trabalho, foram avaliadas as dimensões legal, ambiental, social e técnica de uma obra de drenagem urbana em andamento, identificando os pontos falhos em cada uma das dimensões e evidenciando possíveis soluções ou práticas mais corretas para se atingir os objetivos de um sistema de drenagem. Porém, além destas oportunidades de melhoria encontradas ao se analisar cada uma das dimensões da obra, algumas outras observações podem ser feitas em um âmbito geral.

O primeiro ponto a ser destacado refere-se ao sistema de drenagem utilizado na obra, uma vez que muitas análises podem e devem ser feitas antes de se fazer a escolha por um sistema. É preciso identificar os objetivos que a drenagem urbana do local deve ter, utilizando como foco o bem estar da população concomitantemente com a preservação das condições naturais do local. Atualmente, como foi evidenciado no referencial teórico, existem variadas tecnologias disponíveis para se implantar um sistema de drenagem satisfatório e que esteja condizente com as necessidades atuais de centros urbanos cada vez mais urbanizados.

Seguindo o exemplo do que foi aplicado nestes países, poderiam ser implantadas bacias de infiltração ou utilizados pavimentos permeáveis para o controle na fonte, além de canais gramados junto às calçadas para que se tenha o transporte permeável garantido. E, pelo trecho possuir uma grande área livre, poderiam ser implantadas bacias ou lagoas de captação e retenção para garantir o pré-tratamento e o tratamento passivo destas áreas, respeitando a estrutura do sistema SUDS.

Além disso, é também uma oportunidade para a conscientização da população local, através de educação ambiental para crianças e jovens e um planejamento adequado junto à toda a população, como acontece no sistema LID, aplicado em muitas cidades dos Estados Unidos. Este trabalho em conjunto teria como objetivo a conscientização da importância da implantação de métodos de infiltração local e/ou retenção do maior volume possível de águas pluviais em seus lotes, ao invés de despejar toda a área na rede municipal, fazendo com que o ciclo hidrológico permaneça o mais próximo possível do natural, que é o objetivo da atual fase da drenagem urbana nos países desenvolvidos estudados.

Uma obra do porte da que foi estudada neste trabalho pode e deve ser considerada como uma grande oportunidade para o teste de sistemas mais modernos e mais condizentes com a atual fase da drenagem urbana, como o que é aplicado no Reino Unido. Por ainda se tratar de

uma área pouco urbanizada, todas as quatro etapas que fazem parte do sistema SUDS poderiam ser aplicadas e apresentarem um bom resultado.

O último ponto a ser destacado neste trabalho é referente ao fato da obra estudada ser uma obra pública, que passou pelo processo de licitação e com recursos advindos de órgãos públicos, como a Prefeitura de Cornélio Procópio e o governo do Estado do Paraná. Pode ser observado neste trabalho o quanto esta característica pode interferir na qualidade dos serviços executados, tendo vários aspectos como responsáveis, como por exemplo:

- O fato de a licitação ser ganha com base no menor orçamento, o que faz com que, muitas vezes a qualidade dos materiais e da mão-de-obra seja questionável.
- Também pelo fato do custo ser a preocupação principal de qualquer tipo de obra, tanto prefeituras quanto empreiteiras não aplicam esforços para utilizar tecnologias melhores ou estudar métodos que oferecem um melhor desempenho do sistema de drenagem, optando sempre pelo método mais antigo e comum no Brasil.
- Os projetos realizados pela Prefeitura Municipal, antes do processo de licitação, normalmente, contém erros e/ou serviços faltantes, o que irá gerar a necessidade de aditivos, aumentando o orçamento e cronograma da obra.
- A fiscalização da execução da obra por parte da Prefeitura Municipal é o que deve garantir a qualidade dos serviços executados. Porém, essa fiscalização muitas vezes é negligenciada pela ausência de profissionais que acompanhem a obra constantemente.
- A burocracia presente nos processos de repasse de verbas para a realização de obras, fazendo com que muitas vezes ocorra atrasos e até paralizações durante a obra, impactando no bem estar e qualidade de vida da população local.

Com base nas observações, análises e considerações feitas durante todo o estudo de caso realizado, foi possível chegar às conclusões pretendidas no início deste trabalho.

6 CONCLUSÃO

Com as informações contidas no referencial teórico pode-se evidenciar os principais aspectos que devem ser respeitados em um sistema de drenagem urbana, destacando-se que cada tipo de sistema possui o seu próprio objetivo, que muda de acordo com a fase da drenagem urbana em que o sistema está inserido. É possível notar também que estes aspectos a serem respeitados vão muito além de exigências técnicas, mas que levam em conta o bem-estar e a saúde da população que irá receber os benefícios da drenagem das águas urbanas.

Porém, através dos estudos da evolução dos sistemas de drenagem urbana, ficou evidenciado que estes aspectos a serem respeitados também foram modificados, de acordo com as necessidades da população das cidades, que se encontravam em constante crescimento desde o surgimento das primeiras obras destinadas à drenagem da água das chuvas. Esta evolução se fez necessária devido aos problemas causados pelos sistemas de drenagem ultrapassados, como a proliferação de doenças ou a sobrecarga de galerias, causando inundações e enchentes, o que fez com que a drenagem se tornasse cada vez mais alvo de estudos em países desenvolvidos, em busca de métodos que satisfaçam todas as necessidades da população.

Através do estudo destes novos métodos, utilizados em muitos países desenvolvidos, foi possível apresentar novas soluções e tecnologias que podem ser aplicadas no Brasil, onde os sistemas de drenagem ainda são considerados ultrapassados, já que não atingem os objetivos que estes sistemas possuem hoje. Estas novas tecnologias, mais focadas na retenção e reaproveitamento das águas da chuva, ao invés de despejá-las totalmente na rede urbana, fazem com que a qualidade de vida nestes países desenvolvidos possa ser mantida em níveis satisfatórios para toda a população.

Já durante a fase de estudo de caso deste trabalho foi utilizado um método de avaliação separado nas dimensões legal, social, ambiental e técnica, tornando possível que vários aspectos da obra fossem analisados separadamente, evidenciando as falhas e oportunidades de melhoria em cada um deles. Foi possível ainda notar a atual realidade da drenagem urbana no Brasil e evidenciar a necessidade de renovação existente em obras desta área e o quão importante é a colaboração conjunta da população e do poder público para que a drenagem urbana se desenvolva e traga mais qualidade de vida para toda e qualquer área urbanizada do país.

Utilizado estas análises e comparando-as com os métodos encontrados e já largamente utilizados em países desenvolvidos, é possível ainda concluir que o Brasil tem grandes

oportunidades de melhoria na área de drenagem pluvial urbana, já que ainda apresenta muitas áreas urbanas ainda em expansão, ficando a cargo do poder público e da própria população o primeiro passo necessário para esta mudança.

REFERÊNCIAS

AMORIM, S. V.; PEREIRA, D. J. A. **Estudo comparativo dos métodos de dimensionamento para reservatórios utilizados em aproveitamento de água pluvial.** Ambiente Construído, v.8, n.2, 2008. p. 53-66

ARC – *Atlanta Regional Commission*. 2001. **Georgia Stormwater Manual. 1**, Georgia, EUA, 158p. Disponível em: <<http://www.georgiastormwater.com/vol1/gsmmvol1.pdf>> Acesso em: 15 nov. 2015.

AZZOUT, Y; BARRAUD, S; CRES, F. N; ALFAKIH, E. **Techniques alternatives en assainissement pluvial: choix, conception, réalisation et entretien.** Technique et Documentation. Lavoisier, Paris, France, 1994. p.372

BAPTISTA, M. B.; NASCIMENTO, N. O. **Aspectos institucionais e de financiamento dos sistemas de drenagem urbana.** RBRH – Revista Brasileira de Recursos Hídricos. v.7, n.1., Belo Horizonte, 2002. p. 29-49

BAPTISTA, M. B.; NASCIMENTO, N. O.; BARRAUD, S.; **Técnicas compensatórias em drenagem urbana.** ABRH – Associação Brasileira de Recursos Hídricos. Porto Alegre, 2005. p.266.

CANHOLI, A. P. **Drenagem urbana e controle de enchentes.** São Paulo: Oficina de Textos, 2005. p.302.

CERVO, Amado; BERVIAN, Pedro. **Metodologia Científica.** 5. ed. São Paulo: Prentice Hall, 2002.

CHOCAT, B. **Encyclopédie de l'hydrologie urbaine et de l'assainissement.** Lavoisier, Paris, France, 1997. p..124

COSTA, A. R.; SIQUEIRA, E. Q.; MENEZES FILHO, F.C. M.; **Curso Básico de Hidrologia Urbana: nível 3.** Brasília: ReCESA 2007. 130 p.

GIL, Antônio Carlos. **Como elaborar projetos de pesquisa.** 4. ed. São Paulo: Atlas, 2002.

JACOB, Ana Caroline Pitzer. **BMP, LID, SUDS, WSUD e infraestrutura verde – práticas que revolucionam a drenagem urbana.** 2015. Disponível em: <<http://www.aquafluxus.com.br/bmp-lid-suds-wsud-e-infraestrutura-verde-praticas-que-revolucionam-a-drenagem-urbana/>> Acesso em 12 nov. 2015.

MARQUES, Cláudia E. B. **Proposta de método para a formulação de planos diretores de drenagem urbana.** Dissertação de Mestrado em Tecnologia Ambiental e Recursos Hídricos. Departamento de Engenharia Civil e Ambiental. Universidade de Brasília. Brasília, 2006

MINISTÉRIO DAS CIDADES. **A questão da drenagem urbana no Brasil: Elementos para a formação de uma política nacional de drenagem urbana.** Texto para discussão. Secretaria

Nacional de Saneamento Ambiental Programa de Modernização do Setor Saneamento. PMSS II, v. 1. 2003.

MOURA, Priscilla Macedo; BAPTISTA, Márcio Benedito; BARRAUD, Sylvie. **Avaliação multicritério de sistemas de drenagem urbana**. 2009. Revista REGA. v. 6, n. 1, 2009. p.31-42

MOURA, Priscilla Macedo. **Avaliação global de sistemas de drenagem urbana**. 146 f (Dissertação de Mestrado em Saneamento, Meio Ambiente e Recursos Hídricos) – Escola de Engenharia, Universidade Federal de Minas Gerais. Belo Horizonte, 2004.

NEA/UFSC – Núcleo de Estudos da Água/Universidade Federal de Santa Catarina. 2002. **Plano diretor de drenagem urbana**. Disponível em: <<http://www.labdren.ufsc.br/pesquisa/itacorubi/index.php?secao=pdd>> Acesso em: 05 jan. 2016.

NOCETTI, Talita Fávaro. **A visão dos atores no sistema de drenagem urbana: Uma análise crítica da gestão dos recursos humanos**. Revista de Ensino de Engenharia, v.29, n.2, 2010. p. 14-26

NRDC – Natural Resources Defense Council. **Low-Impact Development Design Strategies: an integrated design approach**. 1999. Department of Environmental Resources Programs and Planning Division. Disponível em: <<http://www.nrdc.org/water/pollution/roofto>>. Acesso em: 11 de novembro de 2015.

POLETO, Cristiano. **SUDS (Sustainable Urban Drainage Systems): Uma contextualização histórica**. Revista Thema. v.08 n.1, 2011.

PREFEITURA DO MUNICÍPIO DE SÃO PAULO. **Diretrizes básicas para projetos de drenagem urbana no município de São Paulo**. Fundação Centro Tecnológica de Hidráulica. São Paulo, 1997.

REZENDE, Osvaldo Moura. **Exemplo de BMP para controle de inundações – Los Angeles, CA**. 2015. Disponível em: < <http://www.aquafluxus.com.br/exemplo-de-bmp-para-controle-de-inundacoes-los-angeles-ca/>> Acesso em 05 jan. 2016.

RICHARDSON, Roberto Jarry et al. **Pesquisa social: métodos e técnicas**. 2. ed. São Paulo: Atlas, 1989.

RIBEIRO, Alessandro Mendes. **BMP'S em drenagem urbana – Aplicabilidade em cidades brasileiras**. Dissertação (Mestrado) – Departamento de Engenharia Hidráulica e Ambiental da Escola Politécnica da Universidade de São Paulo. São Paulo, 2014. p.104.

RONQUIM, J.; HUMBERTO, A. B. C. **Proposta de drenagem urbana de baixo impacto para a cidade de Palmas-PR**. XX Simpósio Brasileiro de Recursos Hídricos. Bento Gonçalves-RS, 2013.

SILVEIRA, André L. L. **Drenagem Urbana: Aspectos de Gestão**. 1. Ed. Curso preparado por: Instituto de Pesquisas Hidráulicas, Universidade Federal do Rio Grande do Sul e Fundo Setorial de Recursos Hídricos (CNPq), 2002.

SOUZA, Chistopher Freire. **Mecanismos técnico-institucionais para sustentabilidade da drenagem urbana.** 174 f. Dissertação de Mestrado. Universidade Federal do Rio Grande do Sul. Programa de Pós-Graduação em Recursos Hídricos e Saneamento Ambiental, Porto Alegre, 2005.

SOUZA, C. F.; CRUZ, M. A. S.; TUCCI, C. E. M.; **Desenvolvimento urbano de baixo impacto: Planejamento e tecnologias verdes para a sustentabilidade das águas urbanas.** RBRH – Revista Brasileira de Recursos Hídricos. v.17, n.2, Porto Alegre, 2012. p. 9-18.

TUCCI, C. E. M; GENZ, F. Controle do impacto da urbanização. Tucci, C. E. M; Porto, R. L. L; Barros, M.T. (Orgs) **Drenagem Urbana.** Editora da UFRG e ABRH, Porto Alegre, 1995. p.277-344.

TUCCI, Carlos. E. M. **Gerenciamento da drenagem urbana.** RBRH – Revista Brasileira de Recursos Hídricos. v. 7, n. 1 2002. p. 5-27

TUCCI, Carlos. E. M. Inundações e Drenagem Urbana. Tucci, C. E. M.; Bertoni, J. C. (Orgs). **Inundações urbanas na América do Sul.** ABRH - Associação Brasileira de Recursos Hídricos. Porto Alegre. 2003. p.45-150.

TUCCI, Carlos E. M. **Águas urbanas.** Estud. Av., São Paulo, v. 22, n. 63, p. 97-112, 2008. Disponível em:<http://www.scielo.br/scielo.php?script=sci_arttext&pid=S0103-40142008000200007&lng=en&nrm=iso>. Acesso em 17 Nov. 2015.

YIN, Robert K. **Estudo de caso: planejamento e métodos.** 2. ed. Porto Alegre: Bookman, 2001.

ANEXOS

Anexo 1 – Cronograma Inicial da Obra

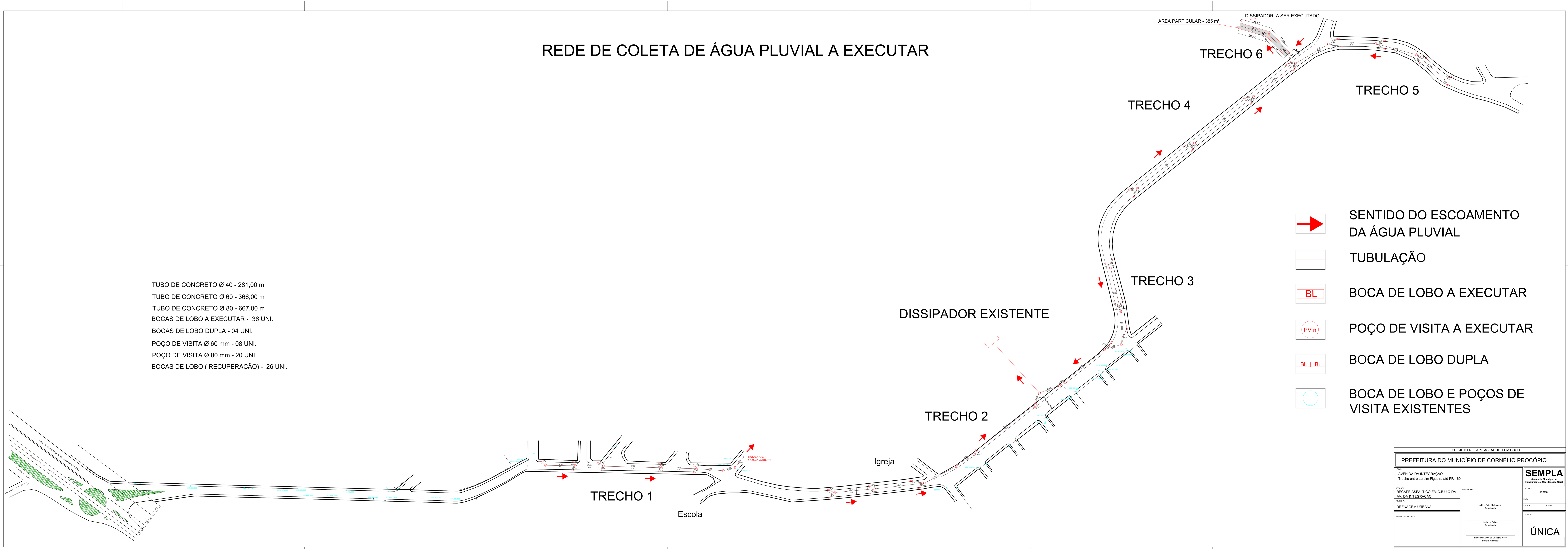
TOMADA DE PREÇOS 14/2014 - PM CORNÉLIO PROCÓPIO

CÓD	DISCRIMINAÇÃO DOS SERVIÇOS	PRAZO DE EXECUÇÃO (DIAS)								TOTAL	COEF. (%)
		30	60	90	120	150	180	210	240	SERVIÇO	INFL %
1	SERVIÇOS PRELIMINARES	6,210.40	-	-	-	-	-	-	-	6,210.40	0.62%
		100.00%									
2	DRENAGEM	69,261.25	69,261.25	69,261.25	69,261.25	69,261.25	-	-	-	346,306.24	34.66%
		20.00%	20.00%	20.00%	20.00%	20.00%					
3	BASE / SUB-BASE	-	4,423.68	4,423.68	4,423.68	4,423.68	4,423.68	-	-	22,118.40	2.21%
			20.00%	20.00%	20.00%	20.00%	20.00%				
4	MEIO-FIO E SARJETA	-	-	11,262.45	11,262.45	11,262.45	11,262.45	11,262.45	-	56,312.25	5.64%
				20.00%	20.00%	20.00%	20.00%	20.00%			
5	REVESTIMENTO	-	65,405.45	65,405.45	65,405.45	65,405.45	65,405.45	65,405.45	43,603.63	436,036.34	43.64%
			15.00%	15.00%	15.00%	15.00%	15.00%	15.00%	10.00%		
6	PAISAGISMO / URBANISMO	-	-	-	-	30,417.53	30,417.53	30,417.53	30,417.53	121,670.10	12.18%
						25.00%	25.00%	25.00%	25.00%		
7	SINALIZAÇÃO DE TRÂNSITO	-	-	-	-	-	-	-	10,624.00	10,624.00	1.06%
									100.00%		
TOTAL MENSAL - R\$		75,471.65	139,090.38	150,352.83	150,352.83	180,770.35	111,509.11	107,085.43	84,645.16	999,277.73	100.00%
TOTAL MENSAL - %		7.55%	13.92%	15.05%	15.05%	18.09%	11.16%	10.72%	8.47%		
TOTAL ACUMULADO - R\$		75,471.65	214,562.03	364,914.85	515,267.68	696,038.04	807,547.14	914,632.57	999,277.73		
TOTAL ACUMULADO - %		7.55%	21.47%	36.52%	51.56%	69.65%	80.81%	91.53%	100.00%		

Anexo 2 – Projeto Inicial

REDE DE COLETA DE ÁGUA PLUVIAL A EXECUTAR

- TUBO DE CONCRETO Ø 40 - 281,00 m
- TUBO DE CONCRETO Ø 60 - 366,00 m
- TUBO DE CONCRETO Ø 80 - 667,00 m
- BOCAS DE LOBO A EXECUTAR - 36 UNI.
- BOCAS DE LOBO DUPLA - 04 UNI.
- POÇO DE VISITA Ø 60 mm - 08 UNI.
- POÇO DE VISITA Ø 80 mm - 20 UNI.
- BOCAS DE LOBO (RECUPERAÇÃO) - 26 UNI.



- SENTIDO DO ESCOAMENTO DA ÁGUA PLUVIAL
- TUBULAÇÃO
- BOCA DE LOBO A EXECUTAR
- POÇO DE VISITA A EXECUTAR
- BOCA DE LOBO DUPLA
- BOCA DE LOBO E POÇOS DE VISITA EXISTENTES

PROJETO RECAPE ASFÁLTICO EM CIBUI DA	
PREFEITURA DO MUNICÍPIO DE CORNELIO PROCÓPIO	
AVENIDA DA INTEGRAÇÃO	
Trecho entre Jardim Figueira até PB-150	
RECAPE ASFÁLTICO EM CIBUI DA AV. DA INTEGRAÇÃO	SEMPRA
DRENAÇÃO URBANA	ÚNICA

Anexo 3 – Cronograma Corrigido

TOMADA DE PREÇOS 14/2014 - PM CORNÉLIO PROCÓPIO

CÓD	DISCRIMINAÇÃO DOS SERVIÇOS	PRAZO DE EXECUÇÃO (DIAS)																TOTAL	COEF. (%)	
		30	60	90	120	150	180	210	240	270	300	330	360	390	420	450	480	SERVIÇO	INFL %	
1	SERVIÇOS PRELIMINARES	1,677.63	1,677.63	1,677.63	-	-	-	-	-	-	-	-	-	1,178.11				6,210.40	0.62%	
		27.01%	27.01%	27.01%										18.97%						
2	DRENAGEM	16,459.94	16,459.94	16,459.94	29,384.08	29,384.08	-	-	-	-	-	-	-	119,077.40	119,077.40			346,306.24	34.66%	
		4.75%	4.75%	4.75%	8.49%	8.49%								34.39%	34.39%					
3	BASE / SUB-BASE	-	-	-	-	-	-	-	-	-	-	-	-	-	7,741.44	7,741.44	6,635.52	22,118.40	2.21%	
															35.00%	35.00%	30.00%			
4	MEIO-FIO E SARJETA	2,408.47	2,408.47	2,408.47	-	-	-	-	-	-	-	-	-	-	16,362.09	16,362.09	16,362.09	56,312.25	5.64%	
		4.28%	4.28%	4.28%											29.06%	29.06%	29.06%			
5	REVESTIMENTO	-	-	-	-	-	-	-	-	-	-	-	-	-	-	218,018.17	218,018.17	436,036.34	43.64%	
																50.00%	50.00%			
6	PAISAGISMO / URBANISMO	-	-	-	-	-	-	-	-	-	-	-	-	-	42,584.54	42,584.54	36,501.03	121,670.10	12.18%	
															35.00%	35.00%	30.00%			
7	SINALIZAÇÃO DE TRÂNSITO	-	-	-	-	-	-	-	-	-	-	-	-	-	-	5,312.00	5,312.00	10,624.00	1.06%	
																50.00%	50.00%			
TOTAL MENSAL - R\$		20,546.04	20,546.04	20,546.04	29,384.08	29,384.08	-	-	-	-	-	-	-	120,255.51	185,765.46	290,018.23	282,828.81	999,277.73		
TOTAL MENSAL - %		2.06%	2.06%	2.06%	2.94%	2.94%	0.00%	0.00%	0.00%					12.03%	18.59%	29.02%	28.30%			
TOTAL ACUMULADO - R\$		20,546.04	41,092.09	61,638.13	91,022.22	120,406.30	120,406.30	120,406.30	120,406.30	120,406.30	120,406.30	120,406.30	120,406.30	240,661.82	426,427.28	716,445.51	999,277.73			
TOTAL ACUMULADO - %		2.06%	4.11%	6.17%	9.11%	12.05%	12.05%	12.05%	12.05%	12.05%	12.05%	12.05%	12.05%	24.08%	42.67%	71.70%	100.00%			
																			100.00%	

Anexo 4 – Memorial Descritivo



MEMORIAL DESCRITIVO

SISTEMA DE DRENAGEM PLUVIAL

Obra: **PAVIMENTAÇÃO ASFÁLTICA E DRENAGEM PLUVIAL NOS CONJ. UNIÃO E FLORÊNCIO BEBOLHO.**
Local: **AV. DA INTEGRAÇÃO - CORNÉLIO PROCÓPIO - PR**

1) CARACTERÍSTICAS DA ÁREA DE INTERVENÇÃO:

O presente Memorial Descritivo objetiva detalhar os serviços que serão executados na referida obra utilizando materiais e técnicas construtivas de acordo com as normas da ABNT, integrando os projetos envolvidos.

Os materiais a serem empregados na obra deverão ser novos, de 1ª qualidade, atendendo rigorosamente as condições estipuladas nas especificações de materiais. O quantitativo dos materiais, e execução dos serviços, serão conforme discriminados nas Planilhas de Serviços.

Situada no Município de Cornélio Procópio - Pr, a área de intervenção compreende a Rua Topázio no Jardim Pérola. Esta área é predominantemente residencial, abastecido com equipamentos públicos, contendo lotes habitacionais de áreas variadas.

A bacia de contribuição de projeto tem área total de 744525,17 m², e esta inserida na bacia do Rio Cinzas, onde o município de Cornélio Procópio está inserido com 43 % de sua área total, com corpo receptor o Córrego Ribeirão do Veado.



Prefeitura do Município de Cornélio Procópio

Avenida Minas Gerais. nº 301 - Cornélio Procópio - PR CEP 86.300-000

<http://www.cornelioprocopio.pr.gov.br>

2) CRITÉRIOS ADOTADOS:

- Tipo de ocupação do solo: residencial
- Rede Coletora em tubos de concreto armado
- Diâmetro comercial mínimo recomendado: 400 mm, 600 mm e 800 mm, conforme projeto.
- Duração das Chuvas: $t= 15$ minutos
- Período de Recorrência: $Tr= 5$ anos
- Intensidade de Chuva Precipitada: $i=0,00028330$ m/s
- Coeficiente de Escoamento Superficial: $C=0,70$
- Vazão máxima de projeto: $2,651$ m³/s
- $n= 0,015$ (tubos de concreto)
- Área total de contribuição: $0,02277775$ Km², $0,0192789$ Km², $0,0217538$ Km² e $0,01061472$ Km²

3) CONDIÇÕES DE CÁLCULO:

Vazão de Projeto:

A vazão foi calculada pelo Método Racional, que é determinada em função da precipitação, da área e das características de recobrimento da bacia, consistindo na aplicação da seguinte expressão:

$$Q = \frac{C \times i \times A}{3,6}$$

Onde: Q= vazão (m³/s)

C= coef. escoamento superficial (adimensional)

i= intensidade de precipitação (mm/h)

A= área de drenagem (Km²)

Dimensionamento Hidráulico:

O cálculo do diâmetro do coletor de concreto a ser utilizado na rede de drenagem de águas pluviais foi feito por meio da equação de Ganguillet-Kutter e de Manning, apresentada a seguir.

$$Q = \frac{A \times R_n^{2/3} \times I^{1/2}}{n}$$

Onde: Q= vazão (m³/s)

A= área molhada (m²)



Prefeitura do Município de Cornélio Procópio

Avenida Minas Gerais. nº 301 - Cornélio Procópio - PR CEP 86.300-000

<http://www.cornelioprocopio.pr.gov.br>

I= declividade (m/m)

Rh= raio hidráulico (m)

n= coeficiente de Manning

Intensidade de Precipitação:

A Intensidade de Precipitação foi calculada conforme a expressão abaixo, apresentado pelo autor Roberto Fendrich (1998), proposta de equação de cálculos de chuvas intensas para o município de Londrina. (FENDRICH, ROBERTO. Chuvas Intensas para Obras de Drenagem no Estado do Paraná – Curitiba, 101p., 2003)

$$i = \frac{3132,56 \times Tr^{0,093}}{(td + 30)^{0,939}}$$

Onde: i= intensidade média de precipitação (mm/h)

td= tempo de duração da chuva (min)

Tr= período de recorrência (anos)

4) REDE DE GALERIAS:

A rede de galerias foi projetada conforme normas e padrões da ABNT, prevendo-se descargas em área remanescente do próprio município, Córrego Ribeirão São Luis, ao fundo da área. Consideramos o sistema existente à montante da rua, como em bom estado de funcionamento, sem apresentar nenhum vestígio de problemas que venham a comprometer a área de intervenção, mas não deixamos nenhuma ligação com o novo projeto.

As tubulações deverão ser localizadas conforme o Projeto do Sistema de Drenagem, no eixo do alinhamento das ruas e outras nos alinhamentos discriminados, respeitando o posicionamento das caixas coletoras, e com profundidades mínimas de projeto. Poderão ser adotadas profundidades superiores as do projeto desde que as declividades dos trechos sejam respeitadas com a finalidade de garantir as velocidades mínimas e máximas do fluido no interior das tubulações.

Todas as informações para execução estão discriminadas no Projeto do Sistema de Drenagem e seus documentos complementares, sendo que as adaptações que por ventura sejam necessárias devem ser notificadas ao projetista.

As Caixas Coletoras a executar, serão do tipo com Boca de Lobo e estas poderão ser providas de cavaletes e tampas de concreto armado, padrão da Prefeitura do Município de Cornélio Procópio (AMUSEP), com a finalidade de dar melhor acabamento no alinhamento do



Prefeitura do Município de Cornélio Procópio

Avenida Minas Gerais. nº 301 - Cornélio Procópio - PR CEP 86.300-000
<http://www.cornelioprocopio.pr.gov.br>

meio-fio. Poderão ser executadas em alvenaria conforme projeto ou em concreto armado pré-moldado, desde que mantenham as proporções internas das projetadas. Caso no projeto indique uma caixa dupla, com dupla representação, estas deverão ter suas dimensões internas duplicadas em função da necessidade de captação. Recomenda-se observar as especificações de serviço DER/PR ES-D 05/05, para maiores detalhes deste serviço.

Os Poços de Visitas (PV's) deverão ser executados nos pontos assinalados no projeto, controlando as declividades dos trechos de chegada e saída do poço, promovendo boa vedação nas ligações entre o tubo e o corpo do poço. Como material a ser utilizado, a alvenaria de tijolos maciços conforme projeto, porém caso o executor prefira, poderá utilizar peças pré-moldadas de concreto armado, considerando que as dimensões internas não poderão ser inferiores as de projeto. Os tampões deverão ser de concreto armado.

5) RELAÇÃO DE DIÂMETROS ADOTADOS

A relação dos diâmetros adotados no projeto está contida na Planilha de Cálculo anexa a este memorial, com o objetivo de maior esclarecimento, a diferença entre o diâmetro calculado e o diâmetro comercial adotado para cada trecho, sendo estes os mais apropriado para utilização em cada trecho, decorrente de observação feita na vistoria do local da intervenção.

Os outros trechos de tubulações seguirão suas especificações conforme planilha de cálculo e projeto do sistema.

Todas as informações para execução estão discriminadas no Projeto do Sistema de Drenagem e seus detalhes complementares, sendo que as adaptações que por ventura sejam necessárias devem ser notificadas ao projetista.

6) RELAÇÃO DE MATERIAIS

A relação de todos os dispositivos, materiais empregados e volumes de escavações, estão relacionados no projeto, no Quadro Resumo de Quantidades, assim como nas pranchas de detalhes de cada dispositivo.

7) CONSIDERAÇÕES FINAIS:

No projeto de drenagem urbana são tomadas as decisões necessárias à garantia do bom desempenho funcional do condutor, com a definição de suas características geométricas (seção de vazão, locação em planta e corte etc.), medidas de proteção contra a erosão, entupimentos, riscos de inundação, etc., levando-se em conta as ações hidráulicas capazes de agir sobre a estrutura.



Prefeitura do Município de Cornélio Procópio

Avenida Minas Gerais. nº 301 - Cornélio Procópio - PR CEP 86.300-000

<http://www.cornelioprocopio.pr.gov.br>

Os tubos de concreto são classificados como canais uniformes e retilíneos, com seção transversal, rugosidade das paredes e declividades constantes em cada trecho a ser dimensionado por regime de escoamento permanente e livre.

Todas as considerações deste trabalho foram tomadas a partir de levantamentos executados no local desta interferência, observando toda a infra-estrutura, assim como as características do solo, permeabilidade das áreas, e apropriando principalmente a urbanização com a perspectiva natural de crescimento.

Portanto, será de grande importância que este projeto seja executado dentro da melhor técnica possível procurando respeitar as informações nele contidas, e se por ventura surgir alguma dúvida que se procure o profissional responsável, antes de qualquer modificação.

Cabe-nos considerar que a funcionalidade de todo o sistema de drenagem, depende não só de sua perfeita execução, como da devida manutenção dos trechos, e principalmente das caixas coletoras que requerem limpeza periódica dos resíduos sólidos, que ficam retidos na sua parte inferior. Esses dispositivos possibilitam aumentar consideravelmente a vida útil dos sistemas, assim como sua eficiência que fica comprometida diante de uma precária manutenção.

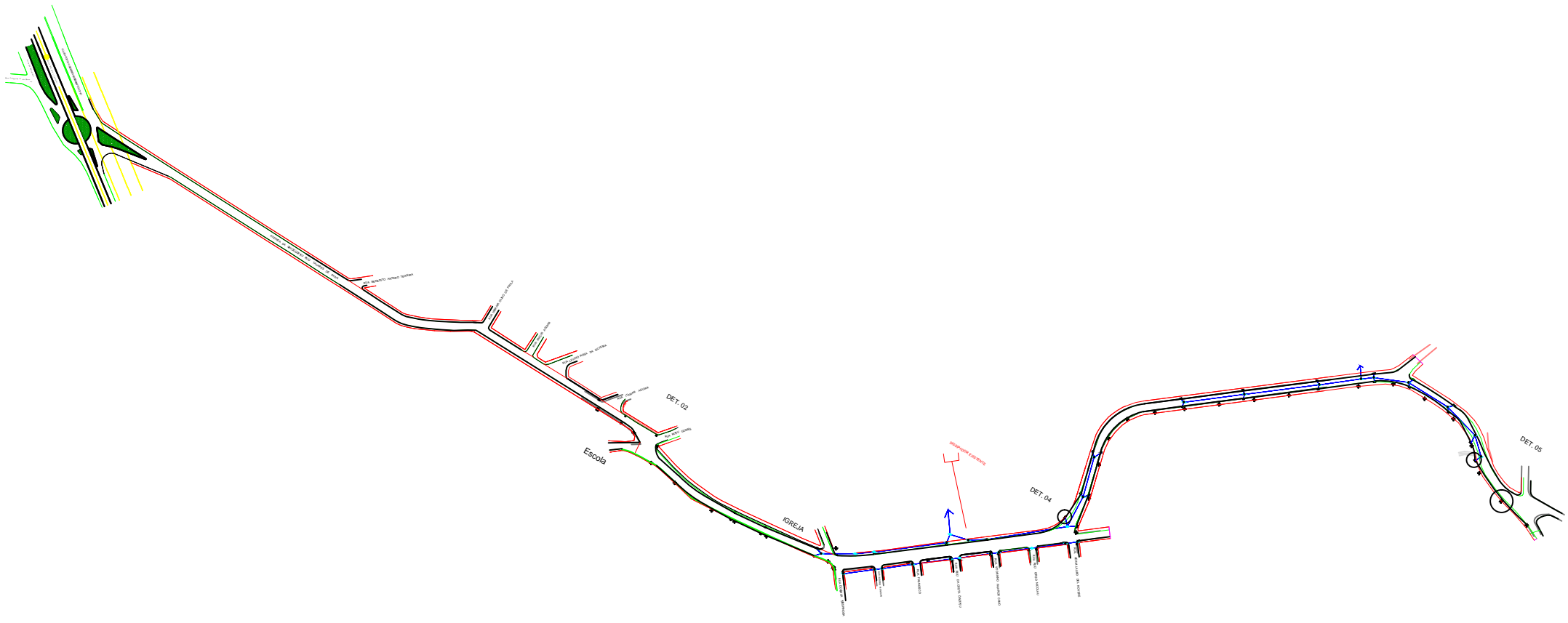
Cornélio Procópio, 29 de abril de 2014.

Bruno De Rosis Gonçalves

CREA/SP - 5069131733/D

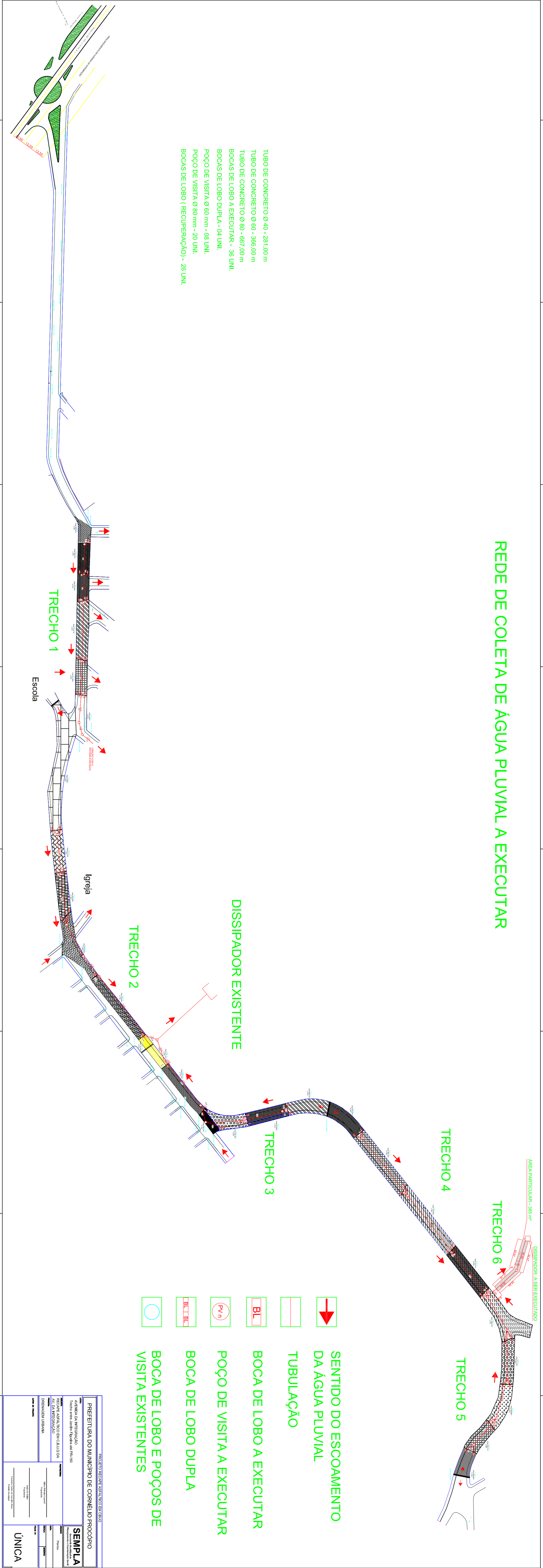
CREA/PR - 134738/V

Anexo 5 – Projeto Modificado



Anexo 6 – Projeto de Dimensionamento

REDE DE COLETA DE ÁGUA PLUVIAL A EXECUTAR



- TUBO DE CONCRETO Ø 40 - 281,00 m
- TUBO DE CONCRETO Ø 60 - 386,00 m
- TUBO DE CONCRETO Ø 80 - 667,00 m
- BOCAS DE LOBO A EXECUTAR - 36 UNL
- BOCAS DE LOBO DUPLA - 04 UNL
- POÇO DE VISITA Ø 60 mm - 08 UNL
- POÇO DE VISITA Ø 80 mm - 20 UNL
- BOCAS DE LOBO (RECUPERAÇÃO) - 28 UNL

PREFEITURA DO MUNICÍPIO DE CORNELIO PROÇA Rua: ... Fone: ... E-mail: ...		SEMPLA	
... ...		UNICA	

Anexo 7 – Planilha de Dimensionamento Real

Trecho	Lloc (m)	Ltot (m)	Área (m²)	C	I (m/s)	Qloc(m³/s)	Qtot(m³/s)	D (m)	Cota do PV no terreno (m)		St(m)	Sg(m)	k	θ (rad)	h/D	A(m²)	V(m/s)	tp(min)
			Trecho						montante	jusante								
1	34	34	399.35	0.65	0.00028330	0.074	0.074	0.4	589	587.11	1.89	1.89	0.009237	1.42121	0.121	0.009	8.504	0.067
2	33	67	483.31	0.65	0.00028330	0.089	0.163	0.6	587.11	585.29	1.82	1.82	0.007057	1.36104	0.111	0.017	5.164	0.216
3	41	108	608.88	0.65	0.00028330	0.112	0.275	0.6	585.29	583	2.29	2.29	0.010631	1.45839	0.127	0.021	5.362	0.336
4	46	154	577.49	0.65	0.00028330	0.106	0.381	0.6	583	580.485	2.515	2.515	0.014072	1.54618	0.142	0.025	4.324	0.594
5	37	191	1060.07	0.65	0.00028330	0.195	0.576	0.8	580.485	580	0.485	0.485	0.022502	1.73903	0.177	0.060	3.240	0.983
6	53	240	713.77	0.65	0.00028330	0.131	0.608	0.8	581.17	580	1.17	1.17	0.015298	1.57613	0.147	0.046	2.852	1.403
7	74	187	1031.88	0.65	0.00028330	0.190	0.477	0.8	583.84	581.17	2.67	2.67	0.007939	1.38568	0.115	0.032	5.897	0.528
8	73	113	986.1	0.65	0.00028330	0.182	0.287	0.8	586.47	583.84	2.63	2.63	0.004813	1.29652	0.101	0.027	6.798	0.277
9	40	40	572.3	0.65	0.00028330	0.105	0.105	0.4	587.93	586.47	1.46	1.46	0.015062	1.57041	0.146	0.011	9.238	0.072
10	47	47	596.31	0.65	0.00028330	0.110	0.110	0.4	587.47	585.5	1.97	1.97	0.013510	1.53223	0.140	0.011	10.301	0.076
11	43	90	564.82	0.65	0.00028330	0.104	0.214	0.8	585.5	583.25	2.25	2.25	0.003877	1.26880	0.097	0.025	4.140	0.362
12	32	122	530.34	0.65	0.00028330	0.098	0.311	0.8	583.25	581.6	1.65	1.65	0.006595	1.34798	0.109	0.030	3.275	0.621
13	16	138	204.77	0.65	0.00028330	0.038	0.349	0.8	581.6	580.75	0.85	0.85	0.010301	1.44966	0.126	0.037	1.031	2.230
14	57	57	537.97	0.65	0.00028330	0.099	0.099	0.8	580.75	578.34	2.41	2.41	0.001736	1.20354	0.088	0.022	4.583	0.207
15	20	20	227.12	0.65	0.00028330	0.042	0.042	0.8	578.34	578.27	0.07	0.07	0.004299	1.28137	0.099	0.026	1.619	0.206
16	10	10	110.18	0.65	0.00028330	0.020	0.020	0.8	578.27	577.97	0.3	0.3	0.001007	1.18075	0.085	0.020	0.991	0.168
17	75	75	700.49	0.65	0.00028330	0.129	0.129	0.8	577.97	575.92	2.05	2.05	0.002450	1.22562	0.091	0.023	5.665	0.221
18	58	280	870.26	0.65	0.00028330	0.160	0.714	0.8	575.92	575.67	0.25	0.25	0.038842	2.03847	0.238	0.092	1.748	2.669
19	50	222	546.36	0.65	0.00028330	0.101	0.554	0.6	577.05	575.92	1.13	1.13	0.030516	1.89674	0.208	0.043	2.355	1.571
20	39	172	515.21	0.65	0.00028330	0.095	0.453	0.6	578.13	577.05	1.08	1.08	0.025544	1.80159	0.190	0.037	2.546	1.126
21	133	133	1946	0.65	0.00028330	0.358	0.358	0.4	584.25	578.13	6.12	6.12	0.025014	1.79095	0.187	0.016	21.982	0.101
22	34	171	421.09	0.65	0.00028330	0.078	0.394	0.8	589.33	584.25	5.08	5.08	0.004752	1.29475	0.101	0.027	2.914	0.978
23	57	137	734.41	0.65	0.00028330	0.135	0.316	0.8	592.78	589.33	3.45	3.45	0.004631	1.29119	0.101	0.026	5.122	0.446
24	27	80	327.46	0.65	0.00028330	0.060	0.181	0.6	594.33	592.78	1.55	1.55	0.008519	1.40165	0.118	0.019	3.222	0.414
25	29	53	390.07	0.65	0.00028330	0.072	0.121	0.6	596	594.33	1.67	1.67	0.005474	1.31581	0.104	0.016	4.585	0.193
26	24	24	265.78	0.65	0.00028330	0.049	0.049	0.4	597.4	596	1.4	1.4	0.007143	1.36347	0.112	0.008	6.358	0.063

Anexo 8 – Planilha de Dimensionamento com Correção de Diâmetros

Trecho	Lloc (m)	Ltot (m)	Área (m²)	C	I (m/s)	Qloc(m³/s)	Qtot(m³/s)	D (m)	Cota do PV no terreno (m)		St(m)	Sg(m)	k	θ (rad)	h/D	A(m²)	V(m/s)	tp(min)
			Trecho						montante	jusante								
1	34	34	399.35	0.65	0.00028330	0.074	0.074	0.4	589	587.11	1.89	1.89	0.009237	1.42121	0.121	0.009	8.504	0.067
2	33	67	483.31	0.65	0.00028330	0.089	0.163	0.6	587.11	585.29	1.82	1.82	0.007057	1.36104	0.111	0.017	5.164	0.216
3	41	108	608.88	0.65	0.00028330	0.112	0.275	0.6	585.29	583	2.29	2.29	0.010631	1.45839	0.127	0.021	5.362	0.336
4	46	154	577.49	0.65	0.00028330	0.106	0.381	0.6	583	580.485	2.515	2.515	0.014072	1.54618	0.142	0.025	4.324	0.594
5	37	191	1060.07	0.65	0.00028330	0.195	0.576	0.8	580.485	580	0.485	0.485	0.022502	1.73903	0.177	0.060	3.240	0.983
6	53	240	713.77	0.65	0.00028330	0.131	0.608	0.8	581.17	580	1.17	1.17	0.015298	1.57613	0.147	0.046	2.852	1.403
7	74	187	1031.88	0.65	0.00028330	0.190	0.477	0.8	583.84	581.17	2.67	2.67	0.007939	1.38568	0.115	0.032	5.897	0.528
8	73	113	986.1	0.65	0.00028330	0.182	0.287	0.8	586.47	583.84	2.63	2.63	0.004813	1.29652	0.101	0.027	6.798	0.277
9	40	40	572.3	0.65	0.00028330	0.105	0.105	0.4	587.93	586.47	1.46	1.46	0.015062	1.57041	0.146	0.011	9.238	0.072
10	47	47	596.31	0.65	0.00028330	0.110	0.110	0.4	587.47	585.5	1.97	1.97	0.013510	1.53223	0.140	0.011	10.301	0.076
11	43	90	564.82	0.65	0.00028330	0.104	0.214	0.6	585.5	583.25	2.25	2.25	0.008349	1.39699	0.117	0.019	5.609	0.267
12	32	122	530.34	0.65	0.00028330	0.098	0.311	0.8	583.25	581.6	1.65	1.65	0.006595	1.34798	0.109	0.030	3.275	0.621
13	16	138	204.77	0.65	0.00028330	0.038	0.349	0.8	581.6	580.75	0.85	0.85	0.010301	1.44966	0.126	0.037	1.031	2.230
14	57	57	537.97	0.65	0.00028330	0.099	0.099	0.4	580.75	578.34	2.41	2.41	0.011020	1.46860	0.129	0.009	10.454	0.091
15	20	20	227.12	0.65	0.00028330	0.042	0.042	0.6	578.34	578.27	0.07	0.07	0.009259	1.42179	0.121	0.019	2.147	0.155
16	10	10	110.18	0.65	0.00028330	0.020	0.020	0.4	578.27	577.97	0.3	0.3	0.006397	1.34235	0.108	0.007	2.754	0.061
17	75	75	700.49	0.65	0.00028330	0.129	0.129	0.6	577.97	575.92	2.05	2.05	0.005277	1.31009	0.103	0.015	8.336	0.150
18	58	280	870.26	0.65	0.00028330	0.160	0.714	0.8	575.92	575.67	0.25	0.25	0.038842	2.03847	0.238	0.092	1.748	2.669
19	50	222	546.36	0.65	0.00028330	0.101	0.554	0.6	577.05	575.92	1.13	1.13	0.030516	1.89674	0.208	0.043	2.355	1.571
20	39	172	515.21	0.65	0.00028330	0.095	0.453	0.6	578.13	577.05	1.08	1.08	0.025544	1.80159	0.190	0.037	2.546	1.126
21	133	133	1946	0.65	0.00028330	0.358	0.358	0.4	584.25	578.13	6.12	6.12	0.025014	1.79095	0.187	0.016	21.982	0.101
22	34	171	421.09	0.65	0.00028330	0.078	0.394	0.8	589.33	584.25	5.08	5.08	0.004752	1.29475	0.101	0.027	2.914	0.978
23	57	137	734.41	0.65	0.00028330	0.135	0.316	0.8	592.78	589.33	3.45	3.45	0.004631	1.29119	0.101	0.026	5.122	0.446
24	27	80	327.46	0.65	0.00028330	0.060	0.181	0.6	594.33	592.78	1.55	1.55	0.008519	1.40165	0.118	0.019	3.222	0.414
25	29	53	390.07	0.65	0.00028330	0.072	0.121	0.6	596	594.33	1.67	1.67	0.005474	1.31581	0.104	0.016	4.585	0.193
26	24	24	265.78	0.65	0.00028330	0.049	0.049	0.4	597.4	596	1.4	1.4	0.007143	1.36347	0.112	0.008	6.358	0.063

Anexo 9 – Planilha de Dimensionamento com Correção de Declividades

Trecho	Lloc (m)	Ltot (m)	Área (m²)	C	I (m/s)	Qloc(m³/s)	Qtot(m³/s)	D (m)	Cota do PV no terreno (m)		St(m)	Sg(m)	k	θ (rad)	h/D	A(m²)	V(m/s)	tp(min)
			Trecho						montante	jusante								
1	34	34	399.35	0.65	0.00028330	0.074	0.074	0.4	589	587.11	1.89	0.3	0.023186	1.75339	0.180	0.015	4.775	0.119
2	33	67	483.31	0.65	0.00028330	0.089	0.163	0.6	587.11	585.29	1.82	1.5	0.007773	1.38108	0.115	0.018	4.957	0.225
3	41	108	608.88	0.65	0.00028330	0.112	0.275	0.6	585.29	583	2.29	1.75	0.012161	1.49812	0.134	0.023	4.976	0.362
4	46	154	577.49	0.65	0.00028330	0.106	0.381	0.6	583	580.485	2.515	2.515	0.014072	1.54618	0.142	0.025	4.324	0.594
5	37	191	1060.07	0.65	0.00028330	0.195	0.576	0.8	580.485	580	0.485	0.485	0.022502	1.73903	0.177	0.060	3.240	0.983
6	53	240	713.77	0.65	0.00028330	0.131	0.608	0.8	581.17	580	1.17	1.17	0.015298	1.57613	0.147	0.046	2.852	1.403
7	74	187	1031.88	0.65	0.00028330	0.190	0.477	0.8	583.84	581.17	2.67	1.3	0.011378	1.47792	0.130	0.039	4.925	0.633
8	73	113	986.1	0.65	0.00028330	0.182	0.287	0.8	586.47	583.84	2.63	0.5	0.011038	1.46906	0.129	0.038	4.786	0.393
9	40	40	572.3	0.65	0.00028330	0.105	0.105	0.4	587.93	586.47	1.46	0.2	0.040694	2.06734	0.244	0.024	4.435	0.150
10	47	47	596.31	0.65	0.00028330	0.110	0.110	0.4	587.47	585.5	1.97	0.2	0.042402	2.09317	0.250	0.025	4.476	0.175
11	43	90	564.82	0.65	0.00028330	0.104	0.214	0.6	585.5	583.25	2.25	1.4	0.010584	1.45717	0.127	0.021	4.985	0.301
12	32	122	530.34	0.65	0.00028330	0.098	0.311	0.8	583.25	581.6	1.65	1.65	0.006595	1.34798	0.109	0.030	3.275	0.621
13	16	138	204.77	0.65	0.00028330	0.038	0.349	0.8	581.6	580.75	0.85	0.85	0.010301	1.44966	0.126	0.037	1.031	2.230
14	57	57	537.97	0.65	0.00028330	0.099	0.099	0.4	580.75	578.34	2.41	0.2	0.038253	2.02911	0.236	0.023	4.374	0.217
15	20	20	227.12	0.65	0.00028330	0.042	0.042	0.6	578.34	578.27	0.07	0.07	0.009259	1.42179	0.121	0.019	2.147	0.155
16	10	10	110.18	0.65	0.00028330	0.020	0.020	0.4	578.27	577.97	0.3	0.3	0.006397	1.34235	0.108	0.007	2.754	0.061
17	75	75	700.49	0.65	0.00028330	0.129	0.129	0.6	577.97	575.92	2.05	0.2	0.016894	1.61411	0.154	0.028	4.661	0.268
18	58	280	870.26	0.65	0.00028330	0.160	0.714	0.8	575.92	575.67	0.25	0.25	0.038842	2.03847	0.238	0.092	1.748	2.669
19	50	222	546.36	0.65	0.00028330	0.101	0.554	0.6	577.05	575.92	1.13	1.13	0.030516	1.89674	0.208	0.043	2.355	1.571
20	39	172	515.21	0.65	0.00028330	0.095	0.453	0.6	578.13	577.05	1.08	1.08	0.025544	1.80159	0.190	0.037	2.546	1.126
21	133	133	1946	0.65	0.00028330	0.358	0.358	0.4	584.25	578.13	6.12	0.1	0.195689	3.44582	0.576	0.075	4.784	0.463
22	34	171	421.09	0.65	0.00028330	0.078	0.394	0.8	589.33	584.25	5.08	5.08	0.004752	1.29475	0.101	0.027	2.914	0.978
23	57	137	734.41	0.65	0.00028330	0.135	0.316	0.8	592.78	589.33	3.45	2.95	0.005009	1.30227	0.102	0.027	5.000	0.457
24	27	80	327.46	0.65	0.00028330	0.060	0.181	0.6	594.33	592.78	1.55	1.55	0.008519	1.40165	0.118	0.019	3.222	0.414
25	29	53	390.07	0.65	0.00028330	0.072	0.121	0.6	596	594.33	1.67	1.67	0.005474	1.31581	0.104	0.016	4.585	0.193
26	24	24	265.78	0.65	0.00028330	0.049	0.049	0.4	597.4	596	1.4	0.5	0.011953	1.49278	0.133	0.010	4.935	0.081