

**INSTITUTO ENSINAR BRASIL
FACULDADE DOCTUM DE JUIZ DE FORA
LEONARDO GIELO ROCHA**

**SISTEMA DE DRENAGEM URBANA:
PROPOSTA DE PROJETO DE DRENAGEM PARA O BAIRRO CENTRAL DA
CIDADE DE ASTOLFO DUTRA - MG**

**JUIZ DE FORA
2020**

LEONARDO GIELO ROCHA
FACULDADE DOCTUM DE JUIZ DE FORA

SISTEMA DE DRENAGEM URBANA:
PROPOSTA DE PROJETO DE DRENAGEM PARA O BAIRRO CENTRAL DA
CIDADE DE ASTOLFO DUTRA - MG

Monografia de Conclusão de Curso, apresentada ao curso de Engenharia Civil, Faculdade Doctum de Juiz de Fora, como requisito parcial à obtenção do título de Bacharel em Engenharia Civil.

Orientador (a): Prof. M. Sc. Wellington Coutinho da Silva

JUIZ DE FORA
2020

Ficha Catalográfica elaborada pela Biblioteca Faculdade Doctum/JF

ROCHA, Leonardo Gielo.

Sistema de Drenagem Urbana: Proposta de Projeto de Drenagem para o bairro central da cidade de Astolfo Dutra - MG/ Leonardo Gielo Rocha – 2020.
60 folhas.

Monografia (Curso de Engenharia Civil) –
Faculdade Doctum Juiz de Fora.

1. Drenagem. 2. Projeto

I. Sistema de Drenagem Urbana: Proposta de Projeto de Drenagem para o bairro central da cidade de Astolfo Dutra - MG. II Faculdade Doctum Juiz de Fora

LEONARDO GIELO ROCHA

**SISTEMA DE DRENAGEM URBANA:
PROPOSTA DE PROJETO DE DRENAGEM PARA O BAIRRO CENTRAL DA
CIDADE DE ASTOLFO DUTRA - MG**

Monografia de Conclusão de Curso,
submetida à Faculdade Doctum de Juiz de
Fora, como requisito parcial à obtenção do
título de Bacharel em Engenharia Civil e
aprovada pela seguinte banca
examinadora.

Prof. M. Sc. Wellington Coutinho da Silva
Orientador (a) e Docente da Faculdade Doctum - Unidade Juiz de Fora

Prof. M. Sc. Ana Flávia Ramos Cruz
Docente da Faculdade Doctum - Unidade Cataguases

Examinada em: ___/___/___.

AGRADECIMENTOS

Primeiramente agradeço a Deus por conquistar esse sonho.

Agradeço aos meus pais, Elaine Gonçalves Gielo e José Fábio Alves Rocha pelo apoio incondicional em todos os momentos da minha vida.

A minha irmã, Leticia Gielo Rocha, por estar sempre ao meu lado.

A minha família, pelo incentivo em todos os momentos durante essa jornada.

As meus amigos pela paciência e motivação para a concretização dessa meta de vida.

Ao meu orientador, Prof. M. Sc. Wellington Coutinho da Silva, pela ajuda e ensinamentos durante o desenvolvimento desse trabalho.

Aos meus amigos, Denealber Leite e Mariana Matias Mattos, pela amizade, ajuda e conselhos transmitidos, durante o trabalho e o estágio.

Ao engenheiro civil Washington Teodoro Rodrigues pelo apoio e conhecimento passado durante o desenvolvimento desse trabalho, meu muito obrigado.

LISTA DE ABREVIATURAS E SIGLAS

ABNT	ASSOCIAÇÃO BRASILEIRA DE NORMAS TÉCNICAS
BDI	BENEFÍCIOS E DESPESAS INDIRETAS
BL	BOCA DE LOBO
CN	CURVE NUMBER
ETE	ESTAÇÃO DE TRATAMENTO DE ESGOTO
FCTH	FUNDAÇÃO CENTRO TECNOLÓGICO DE HIDRÁULICA
IBGE	INSTITUTO BRASILEIRO DE GEOGRAFIA E ESTATÍSTICA
PDDU	PLANO DIRETOR DE DRENAGEM URBANA
PMSB	PLANO MUNICIPAL DE SANEAMENTO BÁSICO
PV	POÇO DE VISITA
SCS TR-55	SOIL CONSERVATION SERVICE
SEINFRA	SECRETARIA DE ESTADO DE INFRAESTRUTURA E MOBILIDADE DE MINAS GERAIS
SETOP	SECRETARIA DE ESTADO DE TRANSPORTES E OBRAS PÚBLICAS DE MINAS GERAIS
SINAPI	SISTEMA NACIONAL DE PESQUISA DE CUSTOS E ÍNDICES DA CONSTRUÇÃO CIVIL

LISTA DE ILUSTRAÇÕES

Figura 01 - escoamento das águas das chuvas	18
Figura 02 - Delimitação da Bacia Hidrográfica	20
Figura 03 - Parâmetros da equação IDF retirado do Plúvio 2.1	21
Figura 04 - Comprimento do talvegue principal	26
Figura 05 - Dispositivos do sistema de águas pluviais	28
Figura 06 - Estrutura do Plano Diretor de Drenagem Urbana	30
Figura 07 - Localização geográfica dos municípios limítrofes a Astolfo Dutra	33
Figura 08 - Registro fotográfico feito por drone do bairro central da cidade	35
Figura 09 - Registro fotográfico feito por drone do bairro central da cidade	35
Figura 10 - Registro fotográfico do bairro central da cidade	36
Figura 11 - Registro fotográfico da inundação no local	37
Figura 12 - Registro fotográfico da inundação no local	37
Figura 13 - Boca de lobo do tipo grelha	38
Figura 14 - Manilha de cimento	38
Figura 15 - Marcação de boca de lobo tipo combinada	40
Figura 16 - Aparelho GPS Geodésico RTK CHC X900+	40
Figura 17 - Divisão das áreas da bacia	42

LISTA DE QUADROS

Quadro 01 - Coeficiente de Escoamento Superficial para diferentes ocupações da bacia hidrográfica	22
Quadro 02 - Planilha Orçamentária.....	45

LISTA DE GRÁFICOS

Gráfico 01 – Variação populacional no Brasil entre 1940/2000	16
--------------------------------------------------------------------	----

LISTA DE SÍMBOLOS

ha	Hectares
m	Metro
mm	Milímetro
mm / h	Milímetro por hora
m ³ / s	Metro cúbico por segundo
min	Minutos
km	Quilômetro quadrado
km ²	Quilômetro quadrado
%	Por cento

RESUMO

ROCHA, LEONARDO GIELO. **Sistema de Drenagem Urbana: Proposta de Projeto de Drenagem para o bairro central da cidade de Astolfo Dutra - MG**. 60f. Monografia de Conclusão de Curso em Engenharia Civil. Faculdade Doctum, Juiz de Fora, 2020.

O município de Astolfo Dutra - MG tem sofrido com inundações no momento em que há um grande volume de chuvas na região, como foi o caso no início do ano de 2020, acarretando no alagamento de regiões da cidade e residências próximas ao Rio Pomba, além do impedimento do tráfego de veículos e pedestres. Neste contexto, o trabalho avalia, através do estudo de caso, a região central do município, apresentando os possíveis problemas na drenagem pluvial urbano do local que provoca tais cheias. Em paralelo foi desenvolvido um projeto de drenagem pluvial eficiente, na qual foi dimensionada a tubulação através do *software* Cdren, levando em consideração alguns parâmetros de cálculos encontrados, como a vazão, a área de influência, o período de retorno, tempo de concentração da bacia e o levantamento topográfico da região de estudo. Desse modo, foi elaborado o projeto na forma adequada que deve ser executada as redes, para que as águas pluviais possam seguir até o seu destino final. Além disso, foi desenvolvido um orçamento para se ter um valor exato dos custos de tais serviços prestados. Porém, como a Prefeitura Municipal não possui os projetos de drenagem anexados, foi preciso ir ao campo para analisar as galerias pluviais através das redes coletoras, como as bocas de lobo, na qual foi possível ter uma previsão de como está alocada as redes.

Palavras-chave: Drenagem pluvial urbano; Astolfo Dutra; Inundações.

ABSTRACT

The municipality of Astolfo Dutra - MG has suffered from floods at the moment in which there is a great volume of rain in the region, as it was the case at the beginning of the year 2020, resulting in the flooding of regions of the city and residences close to the Pomba River, aside from the impediment of vehicle and pedestrian traffic. In this context, this paper evaluates, through the case study, the central region of the municipality, presenting the possible problems in the urban rain drainage of the place that causes such floods. Simultaneously, an efficient rain drainage project was developed, in which the pipe was dimensioned using the Cdren software, taking into account some calculation parameters found, such as the flow, the area of influence, the return period, concentration time of the river basin and the topographic survey of the study region. In this way, the project was prepared in the proper form that the drainage networks should be carried out, so that rainwater can continue to its final destination. Moreover, a budget has been developed to have an accurate value of the costs of such services provided. However, as the Municipal Administration does not have the drainage projects attached, it was necessary to go to the region to analyze the pluvial rain galleries through the collecting drainage networks, such as the storm drain, in which it was possible to have a projection of how the drainage networks are allocated.

Key-words: Urban rain drainage; Astolfo Dutra; Floods.

SUMÁRIO

1 INTRODUÇÃO.....	14
1.1 Objetivos	14
1.1.1 Objetivo geral	14
1.1.2 Objetivos específicos.....	15
1.2 Justificativa.....	15
2 DRENAGEM URBANA	16
2.1 Urbanização e Impactos Hidrológicos.....	16
2.1.1 Impactos no Ciclo Hidrológico Urbano	17
2.1.2 Processo de inundação no Brasil	18
2.2 Estudos Hidrológicos.....	19
2.2.1 Delimitação da Bacia e sua Área de influência	19
2.2.2 Intensidade de Precipitação	20
2.2.3 Coeficiente de Escoamento Superficial	22
2.2.4 Vazão de Projeto	23
2.2.5 Tempo de Concentração	25
2.2.6 Período de Retorno	26
2.3 Sistema de Drenagem Urbana.....	26
2.3.1 Projeto de Drenagem Urbana.....	27
2.3.2 Plano Diretor de Drenagem.....	29
3 METODOLOGIA	31
4 ESTUDO DE CASO	33
4.1 Caracterização do Município	33
4.2 Caracterização do problema.....	36
4.3 Desenvolvimento do Projeto	39
5 RESULTADOS E ANÁLISE.....	41
5.1 Dimensionamento	41
5.2 Análise.....	43
5.2.1 Planilha de Orçamento.....	44

6 CONSIDERAÇÕES FINAIS.....	46
REFERÊNCIAS.....	47
ANEXO A: PROJETO EXISTENTE.....	52
ANEXO B: LEVANTAMENTO TOPOGRÁFICO	52
ANEXO C: PROJETO PROPOSTO COM OS DETALHAMENTOS.....	52
ANEXO D: PERFIL DAS REDES	52
ANEXO E: DIMENSIONAMENTO DAS REDES	52

1 INTRODUÇÃO

No começo do ano de 2020, algumas cidades da região da Zona da Mata Mineira ficaram comprometidas com fortes inundações, fazendo com que algumas pessoas tivessem que se descolarem de suas casas (JORNAL GLOBO,2020).

Essas cheias urbanas fazem com que se tenha grandes perdas materiais e ambientais, como também a perda de vidas humanas, que ao contrário das outras duas perdas, não pode ser mensurada monetariamente (ANUÁRIO BRASILEIRO DE DESASTRES NATURAIS, 2014).

Com isso, utilizará como base para elaboração do trabalho o Plano Municipal de Saneamento Básico (PMSB, 2013) dos Municípios do Trecho Mineiro da Bacia do Rio Paraíba do Sul, servindo-se da estrutura municipal para auxiliar na realização de projeto e futura obra de drenagem urbana no bairro central do município de Astolfo Dutra.

“O Município de Astolfo Dutra tem a seguinte configuração hidrográfica: Rio Pomba como o rio principal inserido na Bacia do Rio Paraíba do Sul, e, é banhado por vários cursos d’água, dentre eles, destacam-se dois rios: Xopotó e Paraopeba, que são os maiores afluentes” (PMSB, 2013, p. 34).

O sistema de drenagem faz parte do saneamento básico dos municípios, assim como as redes de água, de esgotamento sanitário, e além da iluminação pública, pavimentação de vias públicas, parques, áreas de lazer, entre outros, na qual se busca os melhoramentos públicos existentes em uma área urbana. E em relação a isso, o sistema de drenagem tem uma particularidade: o escoamento das águas dos temporais sempre ocorrerá, independente de existir ou não sistema de drenagem adequado. A qualidade desse sistema é que determinará se os benefícios ou prejuízos à população serão maiores ou menores (MIGUEZ, VERÓL e REZENDE, 2016).

1.1 Objetivos

1.1.1 Objetivo geral

O objetivo principal do trabalho é realizar um projeto de Drenagem Urbana para o bairro central da cidade de Astolfo Dutra.

1.1.2 Objetivos específicos

Para que o objetivo principal possa ser concluído é preciso passar por algumas etapas que são:

- Analisar o processo de inundação;
- Descrever as enchentes na região;
- Proposta de minimizar as enchentes;

1.2 Justificativa

O problema de enchente no município de Astolfo Dutra acontece quando ocorre chuvas intensas na região central do município. Isso provoca um alagamento da área em questão, pois o município se localiza às margens do Rio Pomba, prejudicando o deslocamento da população, e também afetando várias residências pelas cheias. Devido ao exposto, necessita-se de um estudo conceitual de um projeto de drenagem urbana no município, pois a Prefeitura Municipal não conta com projeto e ou equipe técnica para a resolução do problema.

O Projeto de Drenagem tem o objetivo de sanear a situação de enchentes recorrentes no município, entretanto, deve se observar a criação de novos bairros e a impermeabilização superficial de vias, demandando novos estudos.

2 DRENAGEM URBANA

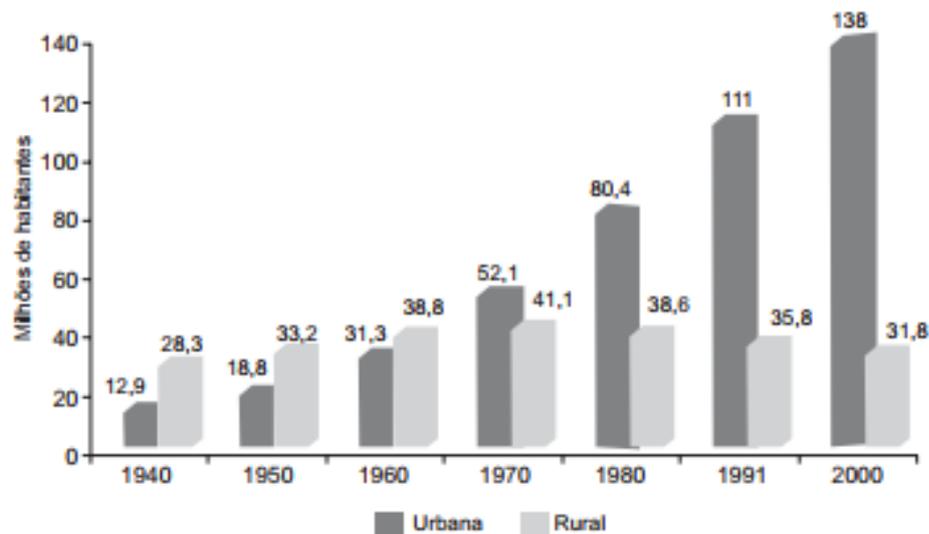
2.1 Urbanização e Impactos Hidrológicos

A partir do século XIX, as cidades de todo o mundo sofreram fortes alterações por conta da Revolução Industrial. Esse acontecimento histórico fez com que a população começasse a migrar do campo para as cidades, o chamado êxodo rural, de forma desordenada. Esse fato fez com que as cidades tivessem um rápido crescimento populacional, mas como a infraestrutura era carente, acarretou em problemas de saneamento básico (MIGUEZ, VERÓL e REZENDE, 2016).

Segundo Tucci (1995 e 2008), com a rápida urbanização e sem planejamento, a população mundial se aproximaria dos 9 bilhões até o ano de 2050, enfatizando que situações como a quantidade de alimentos, a garantia de água potável, coleta e tratamento de efluentes, gestão de resíduos sólidos e drenagem pluvial urbana precisam ser levadas a sério pois pode proporcionar problemas físicos e financeiros para a população.

O gráfico 01 demonstra o crescimento da população nas áreas urbanas no período entre 1940/2000.

Gráfico 01 - Variação populacional no Brasil entre 1940/2000



Fonte: IBGE (2001)

Com isso, o grande avanço da urbanização teve importância nos aspectos de infraestrutura e recursos hídricos, e demonstram que os problemas consequentes de um planejamento urbano equivocado podem gerar catástrofes enormes (MIGUEZ, VERÓL e REZENDE, 2016).

Ainda de acordo com Miguez, Veról e Rezende (2016), os países em desenvolvimento sofreram um processo de urbanização diferente dos países desenvolvidos. Dessa forma, os países periféricos se desenvolveram e cresceram de forma acelerada e tardia, com falta de investimento na infraestrutura urbana e sem planejamento adequado.

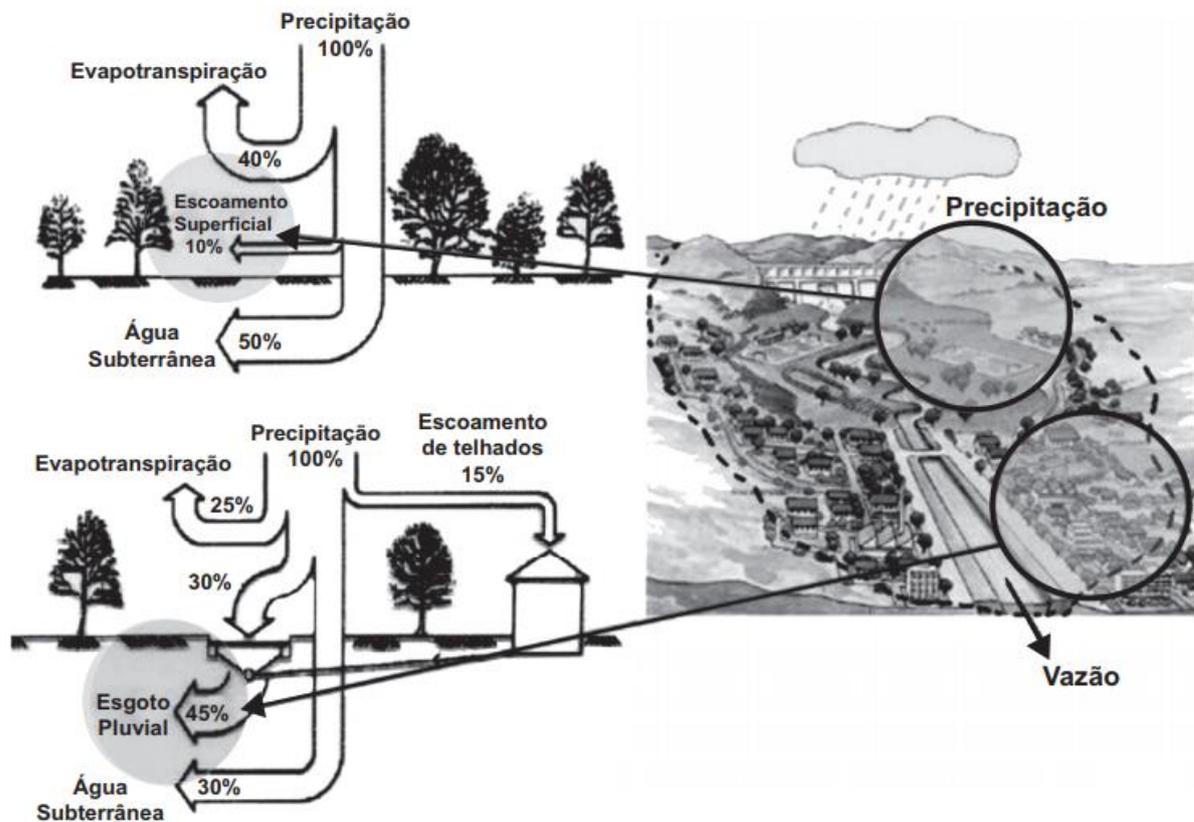
2.1.1 Impactos no Ciclo Hidrológico Urbano

Com o desenvolvimento urbano era evidente que alterações começariam a surgir na sociedade, principalmente na infraestrutura, saneamento e no ciclo hidrológico. Tucci (1997 e 2008) salienta que o ciclo hidrológico, por exemplo, é bastante afetado pois as cidades ocupam o lugar das coberturas vegetais, faz com que diminua a evapotranspiração das plantas e águas dos oceanos para a atmosfera e conseqüentemente dificulta a formação de precipitações, que ao voltarem para a superfície podem sofrer com a infiltração, já que a cobertura da bacia é alterada por pavimentos impermeáveis e por isso são instalados condutos para o escoamento pluvial. Isso faz com que gere algumas alterações no ciclo hidrológico:

- Reduz a infiltração no solo;
- Por falta de alimentação devido a redução da infiltração, os aquíferos diminuem o nível do lençol freático (principalmente quando a área urbana é muito grande);
- A água que não é infiltrada fica na superfície em grande volume, aumentando o escoamento superficial. Como foram construídos condutos pluviais, o escoamento superficial é mais rápido, reduzindo o tempo de deslocamento. Com isso, as vazões máximas e médias também aumentam, causando sobrecarga nas canalizações pluviais e provocando inundações.

A Figura 01 compara como funciona basicamente o ciclo hidrológico nas áreas urbanas e rurais, demonstrando em porcentagem o direcionamento da precipitação das chuvas em cada área.

Figura 01 - Escoamento das águas das chuvas



Fonte: Essentia (2012)

2.1.2 Processo de inundação no Brasil

No Brasil, o histórico de ocorrência de muitas chuvas em algumas épocas do ano mostra que vários estados do país sofrem com cheias. Segundo reportagem do jornal Folha de São Paulo (2020), na inundação ocorrida no início do ano de 2020 na cidade de São Paulo, 63% dos pontos de alagamentos estão na mesma região atingida pela cheia de 1929. Essas cheias afetaram também o estado de Minas Gerais, na capital Belo Horizonte, no início de 2020, na qual foi marcado por fortes chuvas. A cidade tem histórico de enchentes, como nos anos de 1923, 1977, 1979, 1983, 1997, 2003 e 2011, como mostra a reportagem do Jornal Estado de Minas (2012). Na mesma reportagem o engenheiro sanitário José Roberto Champs salienta que com o crescimento da população, problemas de alto risco para drenagem

foram surgindo e gerando impactos, como a canalização dos córregos e impermeabilização dos solos.

As cidades localizadas na Zona da Mata Mineira também sofreram com grandes volumes de água no início de 2020, na qual fez com que os rios transbordassem. Os municípios são compostos por Guarani, Rio Novo, Rio Pomba, Ubá, Dona Eusébia, Cataguases, Astolfo Dutra, entre outros, como mostra na matéria do jornal Tribuna de Minas (2020). Dessa forma, Tucci (1997) revela que as enchentes nas cidades brasileiras são geradas pela falta de disciplina na ocupação urbana, e o custo do controle desse processo é muito alto quando o desenvolvimento já está implantado.

2.2 Estudos Hidrológicos

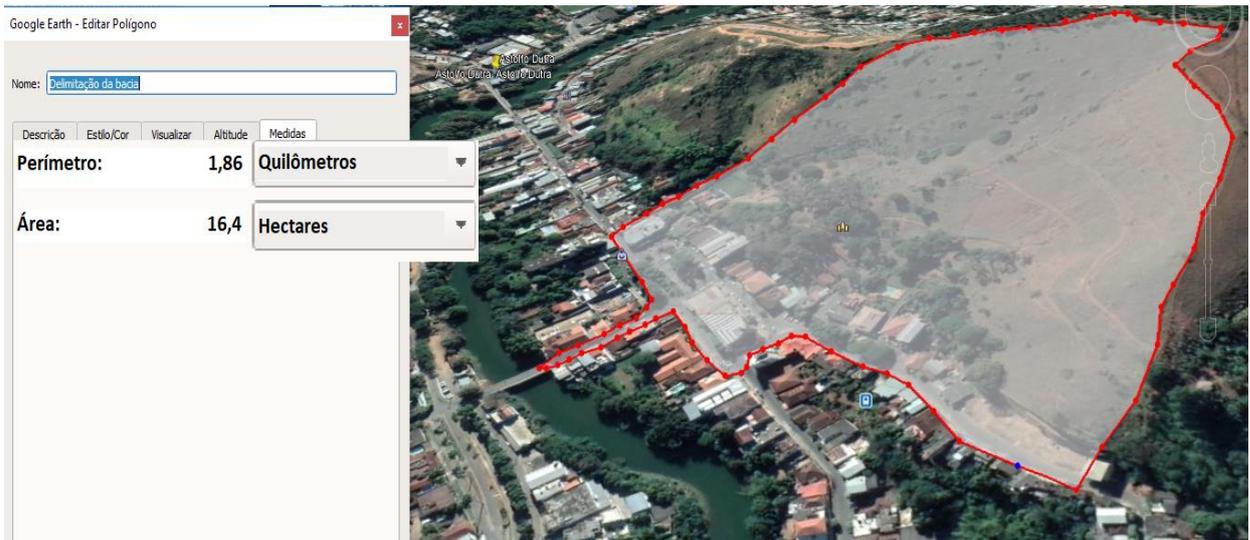
Segundo Chow (1959 *apud* Miguez, Veról e Rezende, 2016), a hidrologia é o conhecimento sobre a água na Terra, sua ocorrência, circulação e distribuição, suas propriedades químicas e físicas, e sua relação com o meio ambiente e as formas vivas.

2.2.1 Delimitação da Bacia e sua Área de influência

A bacia hidrográfica “é uma unidade fisiográfica limitada por divisores topográficos; desse modo, a área de drenagem em seu interior recebe a água precipitada, conduzindo-a até o ponto considerado, chamado exutório” (MIGUEZ, VERÓL e REZENDE, 2016, p. 27).

Dessa forma, a área de drenagem, que é a superfície em projeção horizontal, delimitada pelos divisores de águas que confinam e definem a bacia, pode ser medida diretamente em planta, pela identificação dos divisores de água que limitam externamente a bacia. Com isso, a figura 02 representa a delimitação da bacia de estudo, utilizando a ferramenta do Google Earth Pro, na qual a área da bacia contém 16,4 hectares e o perímetro de 1,86 Quilômetros.

Figura 02 – Delimitação da Bacia Hidrográfica



Fonte: Google Earth Pro (2020)

2.2.2 Intensidade de Precipitação

“A precipitação tem características temporais e espaciais fundamentais na representação desse fenômeno, que é o principal dado de entrada em modelos hidrológicos e ponto de partida para o desenvolvimento de projetos hidráulicos” (MIGUEZ, VERÓL e REZENDE, 2016, p. 35).

A equação 2.1 fornecida para relacionar intensidade - duração - frequência (IDF) das precipitações apresentou a seguinte forma geral (TUCCI, 2004):

$$I = \frac{K.T^a}{(t+b)^c} \quad (2.1)$$

Onde:

I = intensidade máxima média de chuva (mm/h);

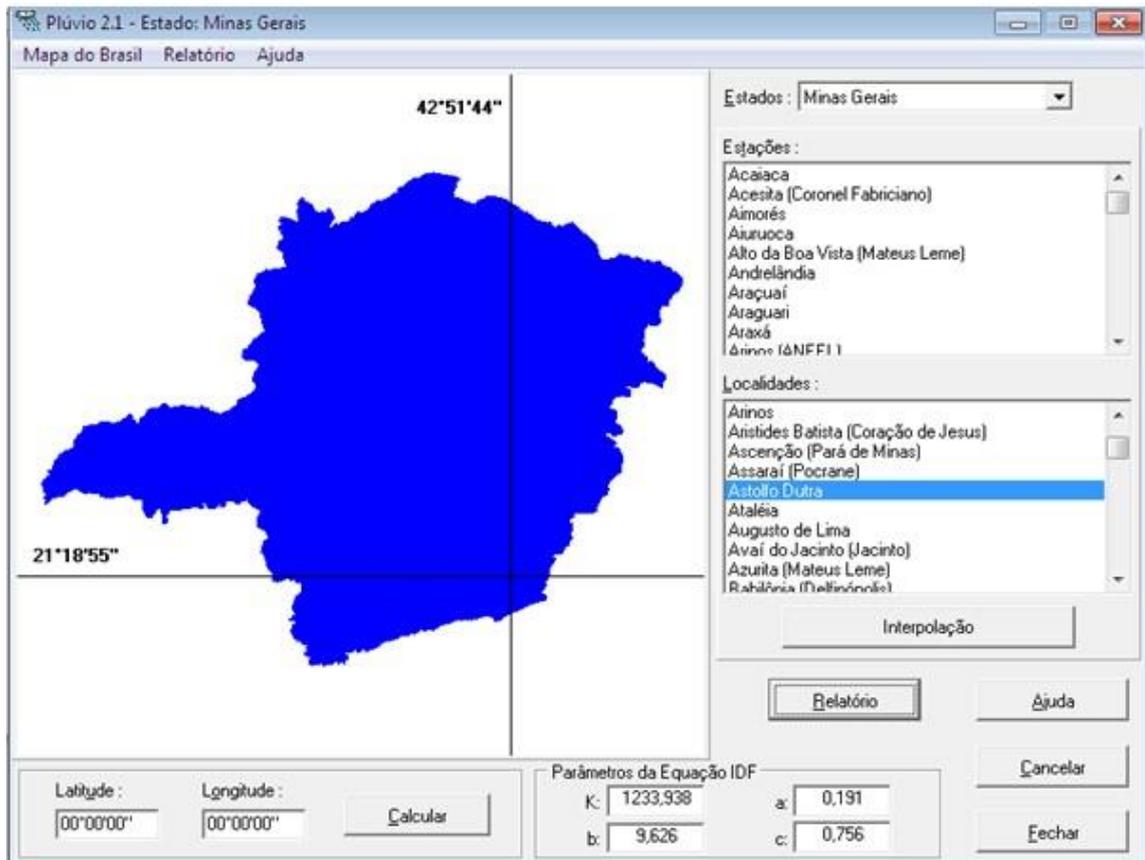
T = período de retorno (anos);

t = tempo de duração da chuva (min);

K, a, b e c = parâmetros empíricos referentes à localidade.

Com isso, no *software* Plúvio 2.1, demonstrado na figura 03, se consegue retirar os parâmetros empíricos referentes à Astolfo Dutra, que irá servir para o cálculo da intensidade de chuva.

Figura 03 – Parâmetros da equação IDF retirado do Plúvio 2.1



Fonte: Plúvio 2.1 (2020)

O Plúvio 2.1 permite determinar os parâmetros de chuvas intensas para várias regiões do Brasil, na qual o usuário deve fornecer a longitude e a latitude do local de interesse ou identificar a partir de um banco de dados o município de interesse. O *software* encontra os parâmetros K, a, b, c da equação 2.1 (SILVA *et al.*, 2006).

A equação 2.1 representa a intensidade máxima média sobre a duração considerada para um dado período de retorno. Portanto, com os parâmetros retirados do Plúvio 2.1, temos a equação 2.2 em que exprime está intensidade para o município de Astolfo Dutra.

$$I_{\text{Astolfo Dutra}} = \frac{1233,938 \cdot T^{0,191}}{(t+9,626)^{0,756}} \quad (2.2)$$

2.2.3 Coeficiente de Escoamento Superficial

“O escoamento superficial é a parcela do ciclo hidrológico a qual escoar sobre a superfície do terreno, concentrando-se rapidamente nos talvegues e rios, dando, assim, origem às cheias nas bacias hidrográficas” (MIGUEZ, VERÓL e REZENDE, 2016, p. 45).

Já o coeficiente de escoamento superficial é definido como a razão entre o volume de água escoado superficialmente e o volume de água precipitado, podendo ser estimado em função da topografia, cobertura vegetal e tipo de solo (Villela & Mattos, 1975) e (MIGUEZ, VERÓL e REZENDE, 2016). Este coeficiente pode ser relativo a uma chuva isolada ou relativo a um intervalo de tempo onde várias chuvas ocorreram.

A escolha do coeficiente de escoamento superficial é apresentada no Quadro 01 levando em consideração o critério de Wilken (1978).

Quadro 01 – Coeficiente de Escoamento Superficial para diferentes ocupações da bacia hidrográfica

Valores do coeficiente de escoamento superficial direto adotado para o Estudo de Caso do Município de Astolfo Dutra - MG (WILKEN, 1978).	
ZONAS	C
Edificação muito densa: Partes centrais, densamente construídas de uma cidade com ruas e calçadas pavimentadas.	0,70 - 0,95
Edificação não muito densa: Partes adjacente ao centro, de menos densidade de habitações, mas com ruas e calçadas pavimentadas	0,60 - 0,70
Edificações com poucas superfícies livres: Partes residenciais com construções cerradas, ruas pavimentadas	0,50 - 0,60
Edificações com muitas superfícies livres: Partes residenciais com ruas macadamizadas ou pavimentadas	0,25 - 0,50
Subúrbios com alguma edificação: Partes de arrabaldes e subúrbios com pequena densidade de construção	0,10 - 0,25
Matas, parques e campos de esporte: Partes rurais, áreas verdes, superfícies arborizadas, parques ajardinados, campo de esporte sem pavimentação	0,05 - 0,20

Fonte: Adaptado de Wilken (1978)

De acordo com Carvalho (2000) e Garotti e Barbassa (2010), deve ser calculado o coeficiente de escoamento superficial médio (Equação 2.3), se a bacia for composta por áreas com cobertura vegetal, tipo de solo e declividades diferentes.

$$C_m = \sum_{i=1}^n (A_n \cdot C_n) \quad (2.3)$$

Onde:

C_m = coeficiente de escoamento superficial médio, adimensional;

A_n = porcentagem da área n , decimal;

C_n = coeficiente de escoamento superficial da área n .

2.2.4 Vazão de Projeto

Segundo Ramos, Barros e Palos (1999, p. 39), “os estudos hidrológicos têm por objetivo fornecer as vazões máximas a serem adotadas para projeto, bem como de hidrogramas de cheias quando houver a necessidade de dimensionar ou analisar o efeito de reservatórios de detenção existentes”. Rocha e Back (2013) destacam também esta ideia.

Para um projeto de drenagem de águas pluviais adequado é importante uma análise aprofundada da região e da bacia hidrográfica em questão, pois as determinações de vazões de projeto são baseadas em dados de chuvas que ocorrem nessas bacias em estudo. Devido aos critérios adotados, os métodos simples disponíveis e as incertezas hidrológicas, os cálculos obtidos serão sempre aproximados. E para o dimensionamento da drenagem urbana são interessantes estudar as características de toda bacia hidrográfica e sua hidrologia (RAMOS, BARROS e PALOS, 1999; KAWATOKO, 2012).

Desse modo, é citadas duas formas empíricas de determinação de vazão de projeto em que trabalham com dados estatísticos e que serão apresentadas a seguir: O Método Soil Conservation Service (SCS TR-55), destinado a grandes bacias hidrográficas, e o Método Racional, para pequenas bacias (inferiores a 3 km²) e que é o método usualmente utilizado (THOMAZ, 2002; KAWATOKO, 2012).

a) Método Soil Conservation Service (SCS TR-55)

Segundo Thomaz (2002) e Gribbin (2009), o método SCS TR-55 é destinado para bacias urbanas e rurais com áreas até 250 km². Possui a vantagem de dispor de muitos trabalhos sobre o ajuste do seu principal parâmetro, denominado Curve Number (CN), conhecido como curva de escoamento.

b) Método Racional

O método Racional é mais simples, na qual “relaciona a vazão escoada com a intensidade da chuva precipitada sobre a área de drenagem, descontadas todas as perdas associadas com os demais processos do ciclo hidrológico” (MIGUEZ, VERÓL e REZENDE, 2016, p.47). Dessa forma, um coeficiente é responsável pelo efeito da cobertura vegetal, do tipo, uso e ocupação do solo, que é considerado pela chuva que incide sobre a bacia, avaliando a parcela que escoar superficialmente (MIGUEZ, VERÓL e REZENDE, 2016).

Segundo Tucci (2000) e (Gonçalves *et al.*, 2020), a urbanização de uma área aumenta o seu escoamento superficial. Com isso, para calcular a vazão máxima dos condutos pluviais é utilizado a equação 2.4 fornecida.

$$Q_{proj} = \frac{C.I.A}{360} \quad (2.4)$$

Onde:

Q = Vazão de projeto (m³/s);

C = Coeficiente de Escoamento Superficial (adimensional);

I = Intensidade de precipitação (mm);

A = Área da Bacia Hidrográfica (ha).

Para Ramos, Barros e Palos (1999) e Argolo (2015), quando se aplica o método Racional, adota-se as seguintes premissas básicas: o pico de escoamento superficial direto é função do respectivo tempo de concentração, assim como da intensidade da chuva, cuja duração é considerada como sendo igual ao tempo de concentração; o pico de escoamento superficial direto ocorre quando toda a área de drenagem contribui no escoamento; as condições de permeabilidade da superfície da bacia permanecem constantes durante a ocorrência da chuva.

Além disso, para a aplicação do método depende dos dados e informações seguintes:

- planimétrica da bacia para determinação de sua área;
- existência de uma relação intensidade-duração-frequência representativa do regime de chuvas intensas na área;
- escolha de um coeficiente de escoamento superficial representativo das condições futuras da bacia;
- determinação do tempo de concentração, ou seja, o tempo de percurso da água desde o ponto mais distante da bacia hidrográfica até a seção de interesse.

2.2.5 Tempo de Concentração

O tempo de concentração (t_c) é definido como o intervalo de tempo a partir do início da precipitação, na qual toda a bacia hidrográfica em questão passa a contribuir para a vazão referente do estudo (MIGUEZ, VERÓL e REZENDE, 2016).

Em drenagem urbana, é recomendável a utilização do modelo de Kirpich, pois é fornecido valores menores para t_c , resultando numa intensidade de chuva maior e conseqüentemente uma maior vazão de cheia.

$$t_c = 57 \left(\frac{L^3}{\Delta H} \right)^{0,385} \quad (2.5)$$

Onde:

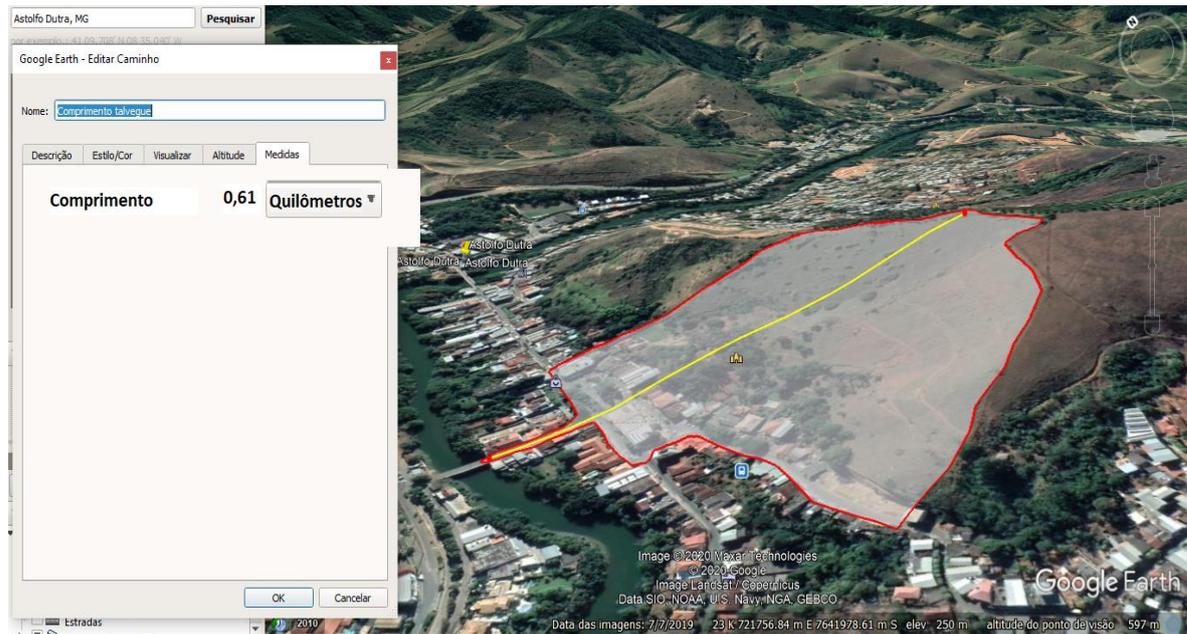
t_c = tempo de concentração, em min;

L = comprimento do talvegue principal, em km; e

ΔH = desnível entre a parte mais elevada e a seção de controle, em m.

A marcação de amarelo na figura 04 detalha o comprimento do talvegue, que foi de 0,61 km.

Figura 04 – Comprimento do talvegue principal



Fonte: Google Earth Pro (2020)

2.2.6 Período de Retorno

Segundo Villela e Mattos (1975) e Miguez, Veról e Rezende (2016), define-se período de retorno ou período de recorrência como o período de tempo médio em que um determinado evento, no caso a vazão, é igualado ou superado pelo menos uma vez. O número de anos recomendado varia bastante, porém alguns autores recomendam 10 anos como período de retorno, para projetos de conservação de solos.

Na drenagem urbana, os projetos para serem considerados como uma maior importância econômica, recomenda-se utilizar o período de retorno de 50 ou 100 anos (CARVALHO, SILVA, 2006; GONÇALVES *et al*, 2020).

2.3 Sistema de Drenagem Urbana

O Sistema de Drenagem Urbana, basicamente, é o escoamento superficial que deve ser feito nas áreas urbanas quando há presença de águas de chuva. É definido como o conjunto de elementos, interligados por um sistema, em que são destinados a recolher as águas pluviais precipitadas sobre um determinado local, conduzindo-as de forma adequada e segura até um destino final (MIGUEZ, VERÓL e REZENDE, 2016).

Ainda segundo Miguez, Veról e Rezende (2016) os objetivos principais para um Sistema de Drenagem podem ser definidos como:

- Redução dos alagamentos em uma determinada região;
- Integração com o plano urbanístico da cidade, tanto em relação ao crescimento urbano, quanto a questão de zoneamento e uso do solo;
- Preservação de áreas verdes e soluções de drenagem com paisagens urbanas;
- Avaliação da quantidade e qualidade da água escoada;
- Compromisso entre a drenagem de uma região e o destino final das águas no corpo receptor, sem transferência de problemas para jusante.

2.3.1 Projeto de Drenagem Urbana

Para Ramos, Barros e Palos (1999) e Souza (2016), já que a Drenagem Urbana é responsável por levar as águas precipitadas sobre o solo mais rapidamente ao seu destino final, é importante saber que esse sistema se constitui de dois subsistemas, definidos como: a macrodrenagem e a microdrenagem.

- Macrodrenagem corresponde aos canais naturais e artificiais responsáveis pela condução de águas concentradas no sistema. Elas tendem a receber grandes intervenções hidráulicas com o intuito de retificar os rios, aumentar a capacidade de escoamento, diminuir áreas alagadas, com risco ou recorrência variando entre 10 a 100 anos
- Microdrenagem é constituída de um sistema de condutos em nível de loteamento ou de rede primária urbana, como ruas, praças, etc, visando à retirada das águas precipitadas e sua condução para a rede principal o mais rápido possível, com um risco associado de 2 a 10 anos. Este é composto pelos seguintes itens:

a) Galeria

Canalizações públicas usadas para conduzir as águas pluviais provenientes das bocas de lobo e das ligações privadas;

b) Poço de Visita

Dispositivos localizados em pontos convenientes do sistema de galerias para permitirem mudanças de direção, mudança de declividade, mudança de diâmetro e inspeção e limpeza das canalizações;

c) Trecho

Porção da galeria situada entre dois poços de visita;

d) Bocas-de-lobo

Dispositivos localizados em pontos convenientes, nas sarjetas, para captação das águas pluviais;

e) Tubos de ligação

São tubulações destinadas a conduzir as águas pluviais captadas nas bocas-de-lobo para as galerias ou poços de visita;

f) Meios-fios

Elementos de pedra ou concreto colocados entre o passeio e a via pública, paralelamente ao eixo da rua e com sua face superior no mesmo nível do passeio;

g) Sarjetas

Faixas de via pública paralelas e vizinhas ao meio-fio. A calha formada é a receptora das águas pluviais que incidem sobre as vias públicas;

h) Sarjetões

Calhas localizadas no cruzamento de vias públicas formadas pela sua própria pavimentação e destinadas a orientar o escoamento das águas sobre as sarjetas;

i) Condutos forçados

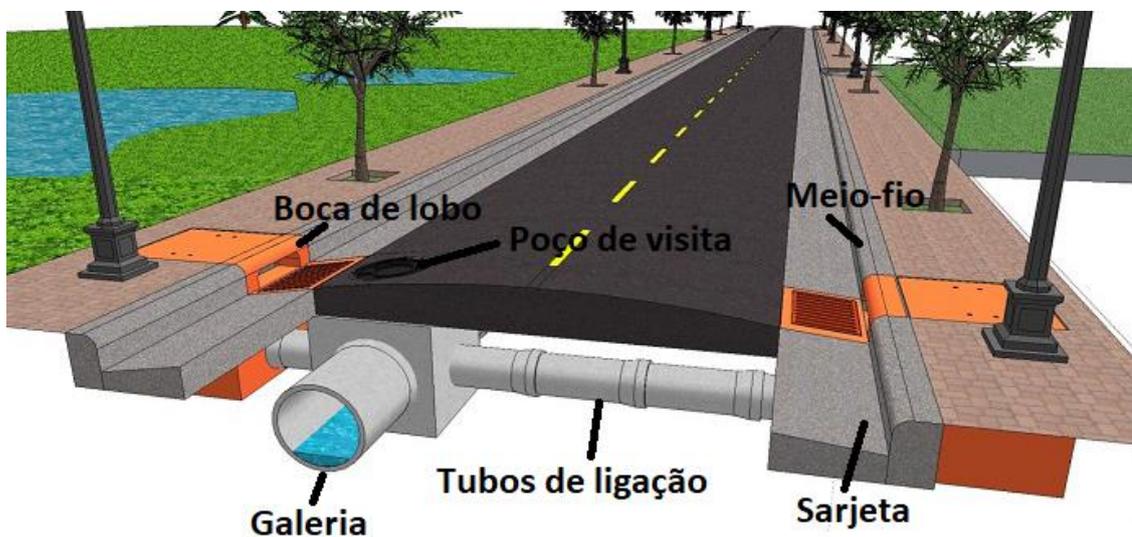
Obras destinadas à condução das águas superficiais coletadas de maneira segura e eficiente, sem preencher completamente a seção transversal do conduto;

j) Estações de bombeamento

Conjunto de obras e equipamentos destinados a retirar água de um canal de drenagem quando não mais houver condições de escoamento por gravidade, para um outro canal em nível mais elevado ou receptor final da drenagem em estudo (RAMOS, BARROS e PALOS, 1999, p. 214 e 215).

A Figura 05 apresenta alguns dispositivos do sistema de águas pluviais, que são essenciais para uma rede de drenagem.

Figura 05 – Dispositivos do sistema de águas pluviais



Fonte: Adaptado de De Moraes (2015).

O projeto de drenagem urbana tem como objetivo prevenir as inundações que poderiam ocorrer nas áreas urbanas. Com isso, a microdrenagem é capaz de coletar as águas resultantes da chuva sem gerar alagamentos, e para isso são feitos os dimensionamentos das redes pluviais, na qual abrange as seguintes etapas:

- Coleta de dados do local;
- Divisão da área de estudo e lançamento do traçado da rede de drenagem em planta baixa, conforme as condições naturais de escoamento encontrado através dos dados topográficos levantados;
- Estudos hidrológicos;
- Análise das características da bacia;
- Cálculo das vazões afluentes ao sistema de drenagem;
- Cálculo hidráulico das dimensões da rede de condutos, definindo a geometria final da rede.

No método racional, por exemplo, frequentemente usado na microdrenagem, conseguiu-se dimensionar a hidráulica da rede através da determinação das vazões que afluem até a rede de condutos. Contudo, para isso, o dimensionamento deve levar em conta também a capacidade de recepção de vazões do corpo d'água para onde se pretende destinar as vazões captadas, para que dessa forma não permita que estes afoguem a rede de microdrenagem contribuinte ou transbordem pelas calhas (MIGUEZ, VERÓL e REZENDE, 2016).

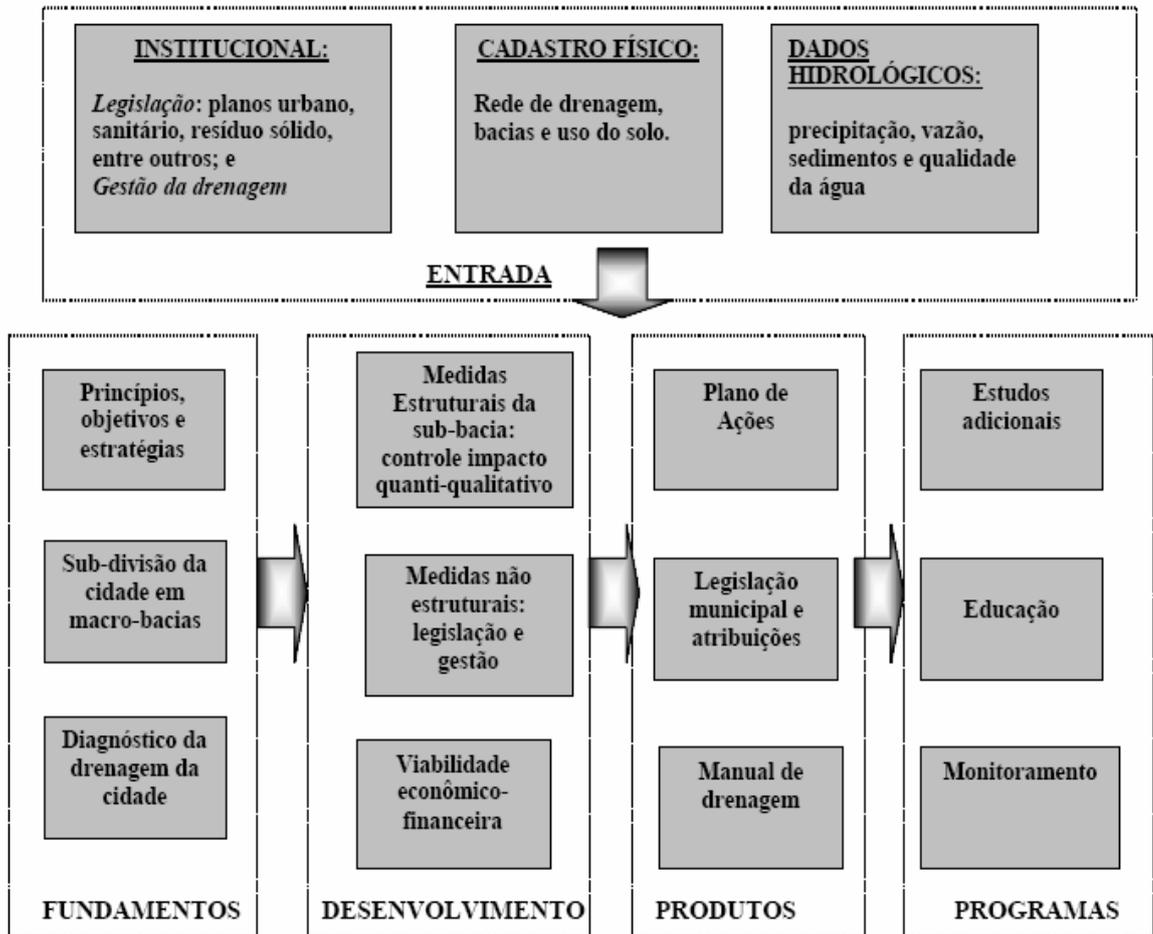
2.3.2 Plano Diretor de Drenagem

Segundo Tucci (2005) e Rocha (2014), o Plano Diretor de Drenagem Urbana (PDDU) serve para que diretrizes técnicas e reguladoras sejam criadas como solução para os problemas oriundos do escoamento pluvial e de cheias em áreas urbanas. As bases para esse plano devem conter o planejamento da distribuição da água no tempo e no espaço, de modo que evite prejuízos econômicos, sociais e ambientais, e controle a ocupação das áreas de risco de inundação através de restrições nas áreas de alto risco.

O Plano de Drenagem Urbana faz parte do Plano de Desenvolvimento Urbano e Ambiental das cidades. Esse sistema é um dos itens que compõe a infraestrutura urbana, já que deve ser planejada em conjunto com o plano de controle ambiental, esgotamento sanitário, disposição de material sólido e tráfego. (TUCCI, 2001; ROCHA, 2014).

O planejamento de drenagem urbana é importante para evitar problemas para as comunidades, como é o caso de enchentes. Para isso a Figura 06 demonstra basicamente como é desenvolvido o Plano Diretor de Drenagem Urbana.

Figura 06 - Estrutura do Plano Diretor de Drenagem Urbana



Fonte: Plano Diretor de Drenagem Urbana, Tucci (2001)

3 METODOLOGIA

Conforme Gil (1999), a pesquisa bibliográfica é elaborada baseando – se em livros e artigos científicos, na qual há um embasamento teórico com a ideia de torna-la mais clara e fundamentada. Além disso, será apresentado um estudo de caso exploratório, com o propósito de “explorar situações da vida real cujos limites não estão claramente definidos” (GIL, 1999, p.58).

“As pesquisas exploratórias têm como principal finalidade desenvolver, esclarecer e modificar conceitos e ideias, tendo em vista a formulação de problemas mais precisos ou hipóteses pesquisáveis para estudos posteriores” (GIL, 1999, p.27). Ainda de acordo com o GIL (1999), as pesquisas exploratórias tem o objetivo de proporcionar uma visão mais ampla acerca de um determinado fato, especialmente quando a pesquisa é pouco explorada.

O estudo de caso “é uma investigação empírica que investiga um fenômeno contemporâneo dentro de seu contexto da vida real, especialmente quando os limites entre o fenômeno e o contexto não são claramente definidos” (YIN, 2001, p.32).

Primeiramente foi realizado um estudo referenciado abordando autores conceituados que tratam de assuntos relevantes sobre o tema em questão. Esses autores serviram de base para a coleta de dados para o referente estudo, no qual foram definidos os elementos e as equações que auxiliaram no desenvolvimento do trabalho.

Num segundo momento, foi realizado um estudo de caso, no qual foi analisado a região, fazendo a coleta de dados necessárias para se ter um diagnóstico preciso do problema. No local foi encontrada uma deficiência na Drenagem Urbana, quando a mesma é solicitada em ocasiões de chuvas fortes, provocando a ocorrência de enchentes na área em questão.

O local de estudo fica no município de Astolfo Dutra, no estado de Minas Gerais, localizado a leste da Zona da Mata, com uma área territorial de 158,891 km², segundo dados do Instituto Brasileiro de Geografia e Estatística (IBGE, 2010). Fica inserido na bacia do rio Paraíba do Sul, sendo banhado pelo Rio Pomba e seus afluentes Xopotó e Paraopeba.

Neste estudo de caso foi realizado um Projeto de Drenagem Urbana, onde foi apresentado os dados coletados em campo, utilizando o aparelho GPS GEODESICO

RTK CHC X900+ para auxiliar no levantamento topográfico da área de estudo, na qual identificou os dispositivos essenciais para um Projeto de Drenagem Urbana.

Por último foi realizado o dimensionamento para analisar se o que está projetado no local se adequa ao que foi encontrado no estudo. Em seguinte, foi previsto em projeto, a forma como a drenagem urbana está executada atualmente no local do problema, e foi realizado um Projeto de Drenagem Urbana demonstrando como seria o mais correto para mitigar tal fato. Para complementar o trabalho foi elaborada uma planilha de custos para se ter uma estimativa completa do projeto. Dessa forma, nas considerações finais buscou-se soluções adequadas para que esses problemas possam ser minimizados.

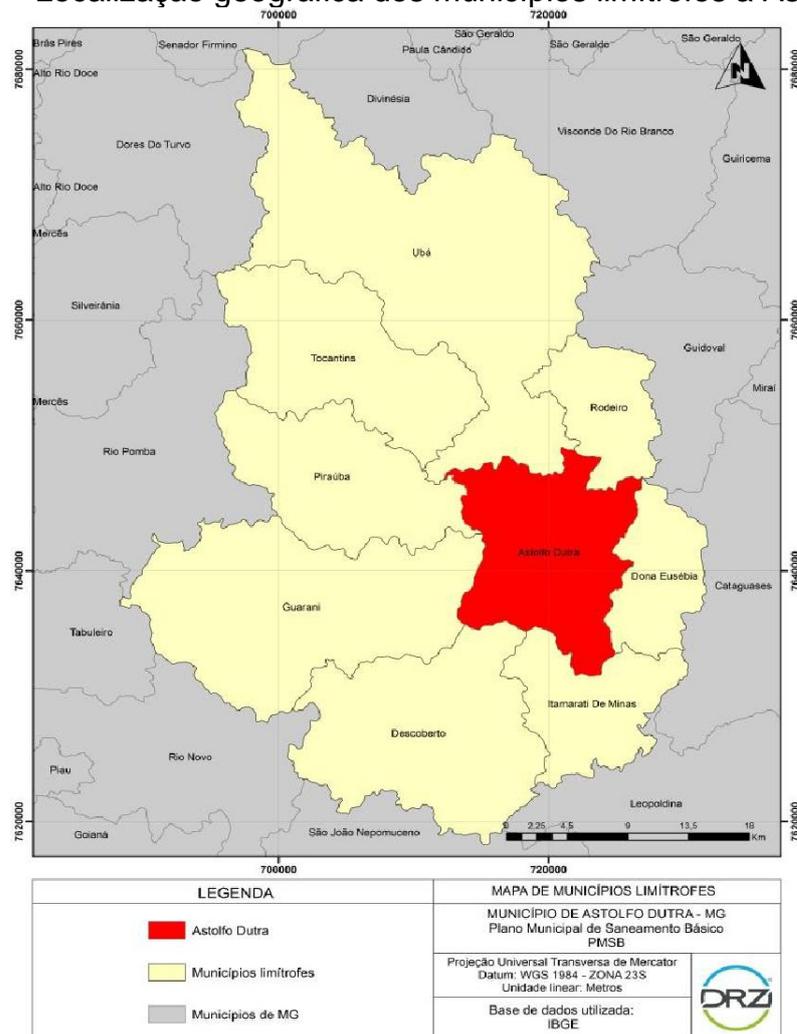
4 ESTUDO DE CASO

Este trabalho apresenta uma análise da drenagem pluvial do bairro central da cidade de Astolfo Dutra - MG, onde são abordados os problemas com as cheias. Esse estudo foi dividido nos seguintes tópicos: a caracterização do município, caracterização do problema e o desenvolvimento do projeto.

4.1 Caracterização do Município

O município fica na região da Zona da Mata Mineira, com cerca de 13.049 habitantes, segundo dados do IBGE (2010), e as cidades limítrofes são Dona Eusébia, Ubá, Rodeiro, Itamarati de Minas, Piraúba, Guarani e Descoberto, conforme Figura 07, e fica à 283 km da capital Belo Horizonte (PMSB, 2013).

Figura 07 – Localização geográfica dos municípios limítrofes a Astolfo Dutra



Fonte: DRZ – Gestão Ambiental (2013)

Como não há normas técnicas da Associação Brasileira de Normas Técnicas (ABNT) para drenagem de águas pluviais em logradouros públicos, a Legislação Federal determina que estados e municípios devem estabelecer normas para o manejo das águas pluviais. Portanto, foi criado no ano de 2013 o Plano Municipal de Saneamento Básico dos Municípios do Trecho Mineiro da Bacia do Rio Paraíba do Sul, realizado pela empresa DRZ Geotecnologia e Consultoria.

Segundo o Plano Municipal de Saneamento Básico dos Municípios do Trecho Mineiro da Bacia do Rio Paraíba do Sul (2013), quanto a caracterização do município de Astolfo Dutra, foram levantadas algumas informações básicas relevantes acerca do município, como a Densidade Demográfica, a Taxa de Crescimento Populacional, Características Físicas, Hidrologia, Pluviometria, Disponibilidade Hídrica, Clima, etc.

A Lei Federal n.º 11.445/2007, que estabelece a necessidade de instituir o Plano Municipal de Saneamento Básico, dispõe que o saneamento básico engloba quatro vértices distintos, os quais um sem o outro não são suficientes para melhorar a prestação do serviço público. Os vértices compreendem o abastecimento de água potável, o esgotamento sanitário, limpeza urbana e resíduos sólidos, e drenagem de águas pluviais urbanas (PMSB, 2013, p.6).

Com relação aos dados apresentados no PMSB (2013), a região na qual o município se insere apresenta clima subtropical, com verão quente. E de acordo com o Serviço Geológico do Brasil – CPRM (2011) a precipitação média anual varia entre 1.000 e 1.050 mm. “O terreno é íngreme e com relevo bem recortado, com a predominância de áreas com alta declividade “(PMSB, 2013, p. 30).

As Figuras 08, 09 e 10 apresentam o local de estudo no bairro central do município de Astolfo Dutra – MG.

Figura 08 – Registro fotográfico feito por drone do bairro central da cidade



Fonte: Autor (2020)

Figura 09 – Registro fotográfico feito por drone do bairro central da cidade



Fonte: Autor (2020)

Figura 10 – Registro fotográfico do bairro central da cidade



Fonte: Autor (2020)

4.2 Caracterização do problema

O problema encontrado são as inundações que decorrem após a ocorrência de fortes chuvas, em que já existem registros entre 2003 e 2012 desses acontecimentos (PMSB, 2013). As figuras 11 e 12 apresentam as enchentes no começo de 2020.

O sistema de microdrenagem da cidade “conta com dispositivos de captação, quando não compostos com rede de drenagem, atendem o escoamento superficial das águas pluviais, uma vez que a maioria dos lotes as despejam em vias públicas, para, posteriormente, serem encaminhadas aos cursos d’água presentes na área urbana” (PMSB, 2013, p.92).

Figura 11 – Registro fotográfico da inundação no local



Fonte: Autor (2020)

Figura 12 – Registro fotográfico da inundação no local



Fonte: Autor (2020)

Com as vistorias no local para elaborar o diagnóstico foram detectados os tipos de estruturas de captação utilizados, de acordo com a figura 13.

“Importante destacar que, com base em dados da equipe técnica municipal, utilizou-se manilhas de cimento na construção da rede de drenagem do distrito em questão, porém, não há qualquer informação sobre o diâmetro da mesma” (PMSB, 2013, p. 96). A figura 14 demonstra a tubulação, que é o ponto de lançamento para o Rio Pomba.

Figura 13 – Boca de lobo do tipo grelha



Fonte: Autor (2020)

Figura 14 – Manilha de cimento



Fonte: Autor (2020)

4.3 Desenvolvimento do Projeto

O desenvolvimento do Projeto de Drenagem conta com uma observação do bairro central na qual foi realizado o estudo, sendo feito o levantamento topográfico da área, com o intuito de encontrar as cotas das ruas, obter as curvas de nível, marcar os dispositivos de drenagem existentes no local, conforme figura 15, e realizar, na forma mais aproximada da realidade, o projeto existente. Os dados do levantamento foram coletados pelo aparelho GPS GEODESICO RTK CHC X900+, de acordo com a figura 16, e lançado no *software* TOPOGRAPH 98 SE e posteriormente desenhado no *software* AutoCad versão 2019.

Com isso, foi realizado o projeto da forma como as redes estão alocadas no bairro Central e, paralelo a isso, foi dimensionado um Projeto da rede pluvial adequado às reais necessidades, utilizando o *software* Cdren. Ambos os projetos contam com os detalhes de caimento da rua, sarjeta, meio fio, marcação de bocas de lobo (BL), marcação de poços de visita (PV), tipo de material usado e a dimensão das tubulações, tanto as existentes como as projetadas.

O Cdren foi desenvolvido pela Fundação Centro Tecnológico de Hidráulica – FCTH, e é um sistema destinado a dimensionar as redes de drenagem pluvial e abrange em suas rotinas todas as atividades pertinentes aos projetos desta natureza (Cdren: SOFTWARE PARA PROJETO DE REDES DE DRENAGEM PLUVIAL - MANUAL DO USUÁRIO, 2002; SILVEIRA, 2017).

Desenvolvido em ambiente “Windows”, o programa engloba todas as facilidades de traçado e desenho, na qual facilita o trabalho do projetista e elimina tarefas muitas vezes exaustivas, como o levantamento das áreas de contribuição e a verificação do escoamento em ruas e sarjetas (Cdren: SOFTWARE PARA PROJETO DE REDES DE DRENAGEM PLUVIAL - MANUAL DO USUÁRIO, 2002; SILVEIRA, 2017).

Figura 15 – Marcação de boca de lobo tipo grelha



Fonte: Autor (2020)

Figura 16 – Aparelho GPS GEODESICO RTK CHC X900+



Fonte: Autor (2020)

5 RESULTADOS E ANÁLISE

Neste capítulo é apresentado primeiramente o dimensionamento da vazão de projeto para o bairro central da cidade, na qual levou em consideração alguns requisitos. A vazão de projeto encontrada serviu para projetar a rede de drenagem pluvial urbana da forma correta e compará-la ao projeto existente hoje no local. Num segundo momento foi realizada uma análise do projeto comparando com o executado. Logo depois, foi realizado um orçamento com os gastos dos serviços.

5.1 Dimensionamento

Inicialmente, foi delimitada a área da bacia que contribui para os alagamentos na região de estudo, abordado na figura 02, na qual foi definida uma área total de 16,40 ha. Em seguida foi utilizado a equação 2.5 para descobrir o tempo de concentração (t_c). Para isso foi preciso definir o comprimento do talvegue (L), visto na figura 04 e o desnível entre a parte mais elevada e a seção de controle (ΔH), na qual foi possível retirar do Google Earth Pro.

Dados encontrados:

$$L = 0,61 \text{ km}$$

$$\Delta H = 370 - 246 = 124 \text{ m}$$

$$t_c = 57 \left(\frac{L^3}{\Delta H} \right)^{0,385}$$

$$t_c = 57 \left(\frac{0,61^3}{124} \right)^{0,385}$$

$$t_c = 5,03 \text{ min}$$

Posteriormente, foi necessário aplicar a equação 2.1 para determinar a intensidade de precipitação da cidade de Astolfo Dutra – MG. Dessa forma, os parâmetros k , a , b , c foram definidos através do Plúvio 2.1, abordado na figura 03, e com isso surgiu a equação de intensidade de precipitação do município (equação 2.2). Além disso, estabeleceu-se um período de retorno (T) de 50 anos.

$$I_{\text{Astolfo Dutra}} = \frac{1233,938 \cdot T^{0,191}}{(t + 9,626)^{0,756}}$$

$$I_{Astolfo Dutra} = \frac{1233,938 \cdot 50^{0,191}}{(5,03 + 9,626)^{0,756}}$$

$$I_{Astolfo Dutra} = 342,21 \text{ mm/h}$$

O coeficiente de escoamento superficial “C” foi estabelecido a partir do Quadro 01, baseando no critério de WILKEN (1978), em que pondera os coeficientes de escoamento superficial de maior coerência com a extensão da bacia, que apesar de possuir área urbanizada, também conta com uma grande intensidade de área verde (figura 17).

Figura 17 – Divisão das áreas da bacia



Fonte: Adaptado Google Earth Pro (2020)

Diante disso, utilizou-se a equação 2.3 para encontrar o coeficiente de escoamento superficial médio da região de estudo, na qual levou em consideração os valores para as zonas de “Edificação não muito densa” e “Matas, parques e campos de esporte”.

Para a zona de “Edificação não muito densa” foi considerado um coeficiente de 0,6 e para a zona de “Matas, parques e campos de esporte” foi de 0,1.

$$C_m = \sum_{i=1}^n (A_n \cdot C_n)$$

$$Cm = \left(0,1 * \frac{13,30}{16,40}\right) + \left(0,6 * \frac{3,10}{16,40}\right)$$

$$Cm = 0,20$$

Posteriormente, foi calculado a vazão de projeto (equação 2.4), fazendo uso do método Racional.

$$Q_{proj} = \frac{C.I.A}{360}$$

$$Q_{proj} = \frac{0,20 \cdot 342,21 \cdot 16,40}{360}$$

$$Q_{proj} = 3,12 \text{ m}^3/\text{s}$$

5.2 Análise

O projeto existente (Anexo A), foi desenvolvido a partir de uma vistoria no local, identificando a direção das tubulações através das bocas de lobo. Com isso, foi previsto como as redes pluviais estão alocadas até o seu destino final.

Dessa forma, foi constatado que o executado atualmente não condiz com o projeto desenvolvido no Cdren, na qual as redes estão mal alocadas, com poucos poços de visita e bocas de lobo. Não foi possível descobrir o diâmetro dos tubos de concreto no local, porém, no projeto elaborado encontrou-se o diâmetro de 400 mm, conforme anexo E.

Diante disso, comparando os resultados foi possível considerar que as inundações podem ter surgido por vários motivos, uma hipótese é a má execução das galerias quando realizada a obra, onde foram executados serviços de modo arcaico e com mão de obra sem o conhecimento técnico adequado.

Quando é analisada a região de estudo é constatado um número pequeno de poços de visita, principalmente em cruzamentos de vias, locais onde as galerias mudam de direção e servem de inspeção para as redes. Existe a possibilidade de que alguns poços de visita sejam de tampa cega, ou seja, quando foi realizado o recapeamento asfáltico das vias, não se teve o cuidado de garantir o acesso à esses importantes dispositivos de drenagem.

Além disso, como não foi possível visualizar os tubos de concreto, por estarem soterrados, não se pode afirmar que as inclinações das redes foram executadas corretamente, dificultando assim a condução da água de forma ideal. Porém, essa é uma hipótese que deve ser considerada.

O PMSB (2013) reforça que a falta de manutenção das redes causa problemas de alagamentos em pontos mais baixos no sistema de drenagem urbana, pois ao deixar com que o lixo entre nas galerias e não tenha a devida inspeção, faz com que haja o entupimento da mesma. Além disso, foi verificado que o município não realiza cobrança sobre esses serviços prestados.

Desse modo, a falta de um planejamento específico para a execução desse sistema de saneamento básico, junto com o devido dimensionamento das redes e elaboração de projeto, faz com que se tenha desconhecimento das causas que esses serviços podem provocar, gerando situações agravantes. Pelo PMSB (2013), foi verificado que o município não conta com bancos de dados referente aos serviços desse setor, impossibilitando qualquer avaliação da evolução da qualidade desse sistema.

Em paralelo a isso, com os parâmetros de cálculo encontrados e o levantamento topográfico (Anexo B), foi possível desenvolver o projeto corretamente no *software* Cdren, obtendo a direção das redes, o diâmetro e a quantidade de poços de visitas e bocas de lobo necessárias, com os respectivos detalhamentos e perfis (Anexo C), (Anexo D).

5.2.1 Planilha de Orçamento

Foi desenvolvida uma planilha de custos, conforme Quadro 02, baseando-se nos preços unitários das tabelas SETOP (Secretaria de Estado de Transportes e Obras Públicas de Minas Gerais) de julho de 2020, disponibilizada pela SEINFRA (Secretaria de Estado de Infraestrutura e Mobilidade de Minas Gerais), e SINAPI (Sistema Nacional de Pesquisa de Custos e Índices da Construção Civil) setembro de 2020. Essa planilha leva em consideração uma reforma completa das redes. O orçamento detalha todas as etapas que serão necessárias para a realização de um sistema de drenagem eficiente para a cidade.

O BDI (Benefícios e Despesas Indiretas) adotado foi de 25,10%. Esse valor é baseado na tabela SETOP, referente a obras de drenagem pluvial. Durante a

elaboração da planilha de custos não foram encontrados os itens de retirada das tubulações, bocas de lobo e poços de visita, fazendo com que esses tópicos não sejam levados em consideração no valor total do orçamento. Além disso, foram estipulados 100 km para a entrega de material para a pavimentação.

Quadro 02 – Planilha Orçamentária

ORÇAMENTO PARA A OBRA DE DRENAGEM NA CIDADE DE ASTOLFO DUTRA - MG							
OBRA:		DRENAGEM URBANA					
LOCAL:		BAIRRO CENTRAL					
MUNICÍPIO:		ASTOLFO DUTRA - MG					
REFERÊNCIA DE PREÇOS: SETOP 07/2020 - REGIÃO LESTE e SINAPI 09/2020 (NÃO DESONERADO)					BDI = 25,10%		
ITEM	CÓDIGO	DESCRIÇÃO	UND	QTD.	CUSTO UNITÁRIO SEM BDI (R\$)	CUSTO UNITÁRIO COM BDI (R\$)	VALOR TOTAL COM BDI (R\$)
1		SERVIÇOS PRELIMINARES					1.388,13
1.1	ED-50152	FORNECIMENTO E COLOCAÇÃO DE PLACA DE OBRA EM CHAPA GALVANIZADA (3,00 X 1,50 M) - EM CHAPA GALVANIZADA 0,26 AFIXADAS COM REBITES 540 E PARAFUSOS 3/8, EM ESTRUTURA METÁLICA VIGA U 2" ENRIJECIDA COM METALON 20 X 20, SUPORTE EM EUCALIPTO AUTOCLAVADO PINTADAS	UNID	1,00	1.109,62	1.388,13	1.388,13
2		DEMOLIÇÃO					10.546,28
2.1	ED-48492	DEMOLIÇÃO DE REVESTIMENTO ASFÁLTICO COM EQUIPAMENTO PNEUMÁTICO, INCLUSIVE AFASTAMENTO	M2	937,78	7,89	9,87	9.255,89
2.2	ED-51125	TRANSPORTE DE MATERIAL DEMOLIDO EM CAÇAMBA	M3	46,89	22,00	27,52	1.290,39
3		DRENAGEM PLUVIAL					231.581,97
3.1	ED-51111	ESCAVAÇÃO MECÂNICA DE VALAS COM DESCARGA LATERAL H <= 1,50 M	M3	1.312,89	4,49	5,62	7.378,45
3.2	ED-51093	APILOAMENTO DO FUNDO DE VALAS COM SOQUETE	M2	728,67	16,97	21,23	15.469,66
3.3	ED-48680	FORNECIMENTO, ASSENTAMENTO E REJUNTAMENTO DE TUBO DE CONCRETO ARMADO PA1 D = 400 MM	M	728,67	77,78	97,30	70.899,59
3.4	ED-51121	REATERRO COMPACTADO DE VALA COM EQUIPAMENTO PLACA VIBRATÓRIA	M3	986,93	31,44	39,33	38.815,80
3.5	ED-48549	BOCA DE LOBO SIMPLES (TIPO A - FERRO FUNDIDO), QUADRO, GRELHA E CANTONEIRA, INCLUSIVE ESCAVAÇÃO, REATERRO E BOTA-FORA	UNID	19,00	1.971,65	2.466,53	46.864,07
3.6	ED-48631	POÇO DE VISITA PARA REDE TUBULAR TIPO A DN 600, EXCLUSIVE ESCAVAÇÃO, REATERRO E BOTA FORA	UNID	24,00	1.338,28	1.674,19	40.180,56
3.7	ED-48666	TAMPÃO DE FERRO FUNDIDO PARA POÇO DE VISITA	UNID	24,00	398,81	498,91	11.973,84
4		PAVIMENTAÇÃO					128.212,35
4.1		BASE					
4.1.1	RO-43113	BASE DE SOLO SEM MISTURA, COMPACTADA NA ENERGIA DO PROCTOR INTERMEDIÁRIO (EXECUÇÃO, INCLUINDO ESCAVAÇÃO, CARGA, DESCARGA, ESPALHAMENTO, UMIDECIMENTO E COMPACTAÇÃO DO MATERIAL; EXCLUI AQUISIÇÃO E TRANSPORTE DO MATERIAL)	M3	187,56	13,54	16,94	3.177,20
4.1.2	4748	PEDRA BRITADA OU BICA CORRIDA, NAO CLASSIFICADA (POSTO PEDREIRA/FORNECEDOR, SEM FRETE)	M3	187,56	77,07	96,41	18.082,27
4.1.3	93588	TRANSPORTE COM CAMINHÃO BASCULANTE DE 10 M³, EM VIA URBANA EM LEITO NATURAL (UNIDADE: M3XKM). AF_07/2020	M3KM	18.755,60	1,68	2,10	39.386,76
4.2		EXECUÇÃO DE PAVIMENTO					
4.2.1	RO-51229	PINTURA DE LIGAÇÃO (EXECUÇÃO E FORNECIMENTO DO MATERIAL BETUMINOSO, EXCLUSIVE TRANSPORTE DO MATERIAL BETUMINOSO)	M2	937,78	1,34	1,68	1.575,47
4.2.2	RO-51228	IMPRIMAÇÃO (EXECUÇÃO E FORNECIMENTO DO MATERIAL BETUMINOSO, EXCLUSIVE TRANSPORTE DO MATERIAL BETUMINOSO)	M2	937,78	5,94	7,43	6.967,71
4.2.3	ED-7623	EXECUÇÃO E APLICAÇÃO DE CONCRETO BETUMINOSO USINADO A QUENTE (CBUQ), MASSA COMERCIAL, INCLUINDO FORNECIMENTO E TRANSPORTE DOS AGREGADOS E MATERIAL BETUMINOSO, EXCLUSIVE TRANSPORTE DA MASSA ASFÁLTICA ATÉ A PISTA	M3	46,89	922,29	1.153,78	54.099,59
4.2.4	95303	TRANSPORTE COM CAMINHÃO BASCULANTE 10 M3 DE MASSA ASFÁLTICA PARA PAVIMENTAÇÃO URBANA	M3KM	4.688,90	0,84	1,05	4.923,35
VALOR TOTAL DO ORÇAMENTO:						R\$ 371.728,73	

Fonte: Autor (2020)

6 CONSIDERAÇÕES FINAIS

Com as recentes inundações que o município sofreu durante os últimos anos, houve uma preocupação por parte dos poderes públicos e da população Portuense (nativos de Astolfo Dutra) em resolver esse problema. Desse modo, o estudo de caso relata a importância do sistema de drenagem urbano nos municípios, pois faz parte do saneamento básico de saúde e conseqüentemente da qualidade de vida da população. Por isso, o principal objetivo do trabalho é desenvolver um projeto de drenagem pluvial que satisfaça as condições de chuva da região.

Um fator que reflete os problemas, principalmente em obras públicas, é a falta de planejamento adequado dos serviços que serão prestados, na qual resulta em obras sem projetos, e conseqüentemente executadas de forma desorganizada e sem controle.

Para que se tenha um sistema de drenagem eficiente, é importante pensar e discutir com engenheiros e empreiteiros responsáveis pelas obras, qual o melhor planejamento para os serviços que serão feitos, fazendo com que no momento de execução seja possível identificar as falhas que possam surgir.

Outro ponto relevante é a mão de obra que executará os serviços, devendo ter operários qualificados para exercerem tais funções. Isso faz com que alguns problemas, como a colocação das redes e suas devidas inclinações sejam realizadas de forma correta. Para realização dessas obras é essencial a presença de um engenheiro.

Além disso, a população precisa se conscientizar de que os lixos jogados nas ruas podem obstruir os dispositivos de drenagem e galerias. Ainda nesse pensamento, os órgãos municipais devem se atentar para a manutenção das redes pluviais, dando manutenção devida aos poços de visita que servem de inspeção dos sistemas de escoamento de águas.

Este trabalho apresentou uma possível solução para sanar as ocorrências de enchentes na cidade de Astolfo Dutra–MG, dimensionando, detalhando e realizando a análise das redes pluviais com o auxílio de *softwares* computacionais.

Como sugestões para trabalhos futuros pode ser desenvolvida a análise e o dimensionamento para outros bairros da cidade. Outra possibilidade é um estudo de viabilidade para a implantação de uma Estação de Tratamento de Esgoto (ETE) para que os esgotos do município possam ser tratados.

REFERÊNCIAS

ARGOLO, Eduardo Dourado. **Simulações e Modelagem Hidrológica de microbacia urbana para previsão de inundações: O caso do rio das antas na cidade de Anápolis- GO**. 2015. 74 f. Dissertação (Mestrado) - Curso de Mestre em Ciências Ambientais, Centro Universitário de Anápolis – Unievangélica Programa de Pós-Graduação em Sociedade, Tecnologia e Meio Ambiente (PPSTMA) - Mestrado em Ciências Ambientais, Anápolis - GO, 2015.

CAIXA ECONÔMICA FEDERAL. **SINAPI (Sistema Nacional de Pesquisa de Custos e Índices da Construção Civil)**. Disponível em: <https://www.caixa.gov.br/site/Paginas/downloads.aspx#categoria_648> Acesso em: novembro de 2020.

CARVALHO, Daniel Fonseca de; SILVA, Leonardo Duarte Batista da. ESCOAMENTO SUPERFICIAL. *In*: CARVALHO, Daniel Fonseca de; SILVA, Leonardo Duarte Batista da. **Hidrologia**. Brasil: UFRRJ, 2006. Cap. 7. p. 95-115.

CARVALHO, J.A. Obras Hidráulicas. Lavras: UFLA, 2000. 210 p. Apostila.

CARVALHO, Rafaela. Cidades da região voltam a registrar ocorrências em decorrência da chuva. **Tribuna de Minas**, 2020. Disponível em: <<https://tribunademinas.com.br/noticias/regiao/04-03-2020/rio-pomba-tem-60-pessoas-desalojadas-por-conta-das-chuvas.html/>>. Acesso em setembro de 2020.

CLIMA característico em Astolfo Dutra durante o ano. **Weather Spark**, 2015?. Disponível em: <<https://pt.weatherspark.com/y/30679/Clima-caracter%C3%ADstico-em-Astolfo-Dutra-Brasil-durante-o-ano/>>. Acesso em setembro de 2020.

CPRM. Companhia de Pesquisa de Recursos Minerais. Levantamento da geodiversidade projeto atlas pluviométrico do brasil isoietas dos totais trimestrais meses de janeiro, fevereiro e março 1977 a 2006. Disponível em: <http://www.cprm.gov.br/publique/media/Isoietas_Totais_Trimestrais_JFM_1977_2006.pdf/>. Acesso em: 13 de maio de 2013.

CURSOS, Tutorial. Apresentação Curso Drenagem Urbana. 2018. (36m00s). Disponível em: <<https://www.youtube.com/watch?v=sHty02vtkZ8/>>. Acesso em agosto de 2020.

DE HIDRÁULICA, Fundação Centro Tecnológico. Cdren: Software para Projeto de Redes de Drenagem Pluvial. **Manual do Usuário**. São Paulo, 2002. 93 p.

De Moraes, Alexandre Perri. Procedimentos Técnicos de Dimensionamento da microdrenagem do município de Santo André. 2015. 15f. XIX Exposição de Experiências Municipais em Saneamento – Poços de Caldas, Minas Gerais, 2015.

DEZENAS de pessoas ficam desalojadas e ilhadas após chuvas em Astolfo Dutra. MG1, 2020. Disponível em: <<https://g1.globo.com/mg/zona-da-mata/noticia/2020/01/29/dezenas-de-pessoas-ficam-desalojadas-e-ilhadas-apos-chuvas-em-astolfo-dutra.ghtml/>>. Acesso em setembro de 2020.

ESSENTIA EDITORA IFFLUMINENSE. Disponível em: <www.essentiaeditora.iff.edu.br/>. Acesso em: junho 2020.

ESTADO DE MINAS GERAIS. **SETOP (Secretaria de Estado de Transportes e Obras Públicas de Minas Gerais)**. Disponível em: <<http://www.infraestrutura.mg.gov.br/ajuda/page/2240-consulta-a-planilha-preco-setop-regiao-central> > Acesso em: novembro de 2020.

GAROTTI, Leonardo; BARBASSA, Ademir. ***Estimativa de área impermeabilizada diretamente conectada e sua utilização como coeficiente de escoamento superficial***. Rio de Janeiro, 2010. Disponível em: <https://www.scielo.br/scielo.php?pid=S1413-41522010000100003&script=sci_arttext&tling=pt/>. Acesso em outubro de 2020.

GIL, A. C. Métodos e técnicas de pesquisa social. 5 ed. São Paulo: Atlas, 1999.

GONÇALVES, L.; RODRIGUES, W.; CURITIBA, A.; TORRES, H.; LOUSADA, S. Utilização de bacias de retenção para mitigação de cheias em áreas urbanas. In: ALISEDA, J. M., VELARDE, J. G. e SERRANO, J.C. (Coordenadores). *Espacios y sociedades em transformaci3n*. 1ª ed. Editora Aranzadi, 2020. 1-19.

Google Earth Pro. Disponível em: <<https://www.google.com.br/earth/download/gep/agree.html/>>. Acesso em novembro de 2020.

GRIBBIN, J. G. (2009). Hidráulica, Hidrologia e Gestão de Águas Pluvias. São Paulo - SP: Cengage Learning.

IBGE. Censo de 2010. Disponível em: <<https://cidades.ibge.gov.br/brasil/mg/astolfo-dutra/panorama/>>. Acesso em setembro de 2020.

IBGE. Tendências demográficas: uma análise da sinopse preliminar do censo demográfico 2000. Rio de Janeiro: IBGE, 2001.

KAWATOKO, Ivie Emi Sakuma. **Estabelecimento de cenários de medidas estruturais e não - estruturais para gestão das águas urbanas em escala de lote**. 2012. 136 f. Dissertação (Mestrado) - Curso de Mestre de Engenharia (Hidráulica e Saneamento), Escola de Engenharia de São Carlos da Universidade de São Paulo, São Carlos, 2012.

PLÚVIO 2.1. Disponível em: <<http://www.gprh.ufv.br/?area=softwares/>>. Acesso em setembro de 2020.

PMSB – Plano Municipal de Saneamento Básico do Município de Astolfo Dutra – MG, 2013 Disponível em: <http://www.sigaceivap.org.br:8080/publicacoesArquivos/ceivap/arq_pubMidia_Processo_011-2013_P9-AstolfoDutra.pdf />. Acesso em: outubro de 2020.

Ramos. C. L.; Barros. M. T. L; Palos. J. C. F. (Coordenadores). DIRETRIZES BÁSICAS PARA PROJETOS DE DRENAGEM URBANA NO MUNICÍPIO DE SÃO PAULO. Fundação Centro Tecnológico de Hidráulica. São Paulo, 1999.

ROCHA, Anderson F.; BACK, Álvaro J. **A Drenagem Urbana como área de atuação da agrimensura**. Criciúma, p. 69-90, 2013. UNESC. Disponível em: <<http://periodicos.unesc.net/tecnoambiente/article/view/1092/1053/>>. Acesso em outubro de 2020.

ROCHA, Cáren Izabel Oliveira. **Plano Diretor de Drenagem Urbana em cidades planejadas: premissa de zoneamento baseado no risco de contaminação da água subterrânea**. 2014. 96 f. Dissertação (Mestrado) - Curso de Mestre em Engenharia, Escola Politécnica da Universidade de São Paulo, São Paulo, 2014.

SÃO PAULO revive mesmas enchentes há 91 anos. **Folha de S. Paulo**, 2020. Disponível em: <https://www1.folha.uol.com.br/cotidiano/2020/02/sao-paulo-revive-mesmas-enchentes-ha-91-anos.shtml#:~:text=Em%20uma%20de%20suas%20principais,anos%20depois%20do%20quadro%20hist%C3%B3rico./>>. Acesso em setembro de 2020.

Secretaria Nacional de Proteção e Defesa Civil. Centro Nacional de Gerenciamento de Riscos e Desastres. Anuário brasileiro de desastres naturais 2013.– Brasília: CENAD, 2014, 106p.

SILVA, J. M. A.; PRUSKI, F. F.; SILVA, D. D.; CECÍLIO, R. A. Metodologia para obtenção do hidrograma de escoamento superficial em encostas e canais. Parte II: Modelo computacional e análise de sensibilidade. Eng. Agríc. Jaboticabal, v.26, n.3, p.704-712. 2006.

SILVEIRA, Bruno Gonçalves. **USO DO SOFTWARE CDREN PARA DIMENSIONAMENTO DE REDES DE MICRODRENAGEM PLUVIAL**. 2017. 58 f. TCC (Doutorado) - Curso de Engenharia Civil, Centro Universitário de Formiga – UNIFOR-MG, Formiga - MG, 2017.

SOUZA, Willer Luiz de. **PROPOSTA DE READEQUAÇÃO DO SISTEMA DE MICRODRENAGEM URBANA DO BAIRRO JARDIM DAS MAGNÓLIAS NO MUNICÍPIO DE TRÊS CORAÇÕES-MG**. 2016. 119 f. TCC (Graduação) - Curso de Engenharia Civil, Centro Universitário do Sul de Minas - UNIS/MG, Varginha - MG, 2016.

Thomaz, P. CÁLCULO HIDROLÓGICO E HIDRÁULICO PARA OBRAS MUNICIPAIS. PISCINÕES, GALERIAS, BUEIROS, CANAIS, MÉTODO SCS, DENVER, SANTA BÁRBARA RACIONAL, TR - 55. São Paulo: Navegar, 2002.

TUCCI, C. E. M. (Org.). **Hidrologia: ciência e aplicação**. 3. ed. Porto Alegre: UFRGS: ABRH. 943 p. (Coleção ABRH de Recursos Hídricos, 4), 2004.

TUCCI, C. E. M. Coeficiente de escoamento e vazão máxima de bacias urbanas. Porto Alegre, Vol. 5, n. 1, p. 61-68, jan./mar. 2000. Disponível em: <https://abrh.s3.sa-east-1.amazonaws.com/Sumarios/46/d59e1c5f69cd898ab9e9bce27bb6292d_70ec6dca6cec6b4e9e67dc36f9d48fcc.pdf/> acessado em novembro de 2020.

TUCCI, C. E. M. GESTÃO DE ÁGUAS PLUVIAIS/ Carlos E. M. Tucci. –Ministério das Cidades –Global Water Partnership -World Bank –Unesco 2005.

TUCCI, C. E. M. Inundações Urbanas. Porto Alegre: ABRH/RHAMA,2007.393 p.

TUCCI, C. E. M. Plano diretor de drenagem urbana: princípios e concepção. Porto Alegre, Vol. 2, n. 2, p. 5-12, jul./dez. 1997. Disponível em < [https://abrh.s3.sa-east-](https://abrh.s3.sa-east-1.amazonaws.com/Sumarios/46/d59e1c5f69cd898ab9e9bce27bb6292d_70ec6dca6cec6b4e9e67dc36f9d48fcc.pdf/)

1.amazonaws.com/Sumarios/56/db01fdcd78c5843f024709a1bf2b7bdb_6f0118d184384e38afda2b400a5d6458.pdf/> acessado em novembro de 2020.

TUCCI, C. E. M.; Genz, F. CONTROLE DO IMPACTO DA URBANIZAÇÃO. In: Tucci, C. E. M.; Tozzi, M.; PORTO, R. L. L.; BARROS, M. T. DRENAGEM URBANA. Porto Alegre. Editora da Universidade Federal do Rio Grande do Sul, 1995.

TUCCI, C. E. M; Silveira, A. GERENCIAMENTO DA DRENAGEM URBANA. Porto Alegre –RS. Universidade Federal do Rio Grande do Sul- Departamento de Hidromecânica e Hidrologia, abril/2001.

TUCCI, Carlos Eduardo M. Águas urbanas. Estudos avançados. [online]. 2008, vol.22, n.63, pp. 97-112. ISSN 0103-4014.

VERÓL, A. P.; MIGUEZ, M. G; REZENDE, O. M. *Drenagem urbana: do projeto tradicional à sustentabilidade*: 1. ed. Rio de Janeiro: Editora Elsevier, 2016. 366p.

VILLELA, S.M., MATTOS, A. Hidrologia aplicada. São Paulo: McGraw Hill do Brasil, 1975.245 p.: il.

WERNECK, Gustavo. A BH das 200 enchentes. **Estado de Minas Gerais**, 2012. Disponível em: <https://www.em.com.br/app/noticia/gerais/2012/01/07/interna_gerais,271132/a-bh-das-200-enchentes.shtml> Acesso em setembro de 2020.

WILKEN, P. Engenharia de Drenagem Superficial. São Paulo: CETESB; 1978.

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

|

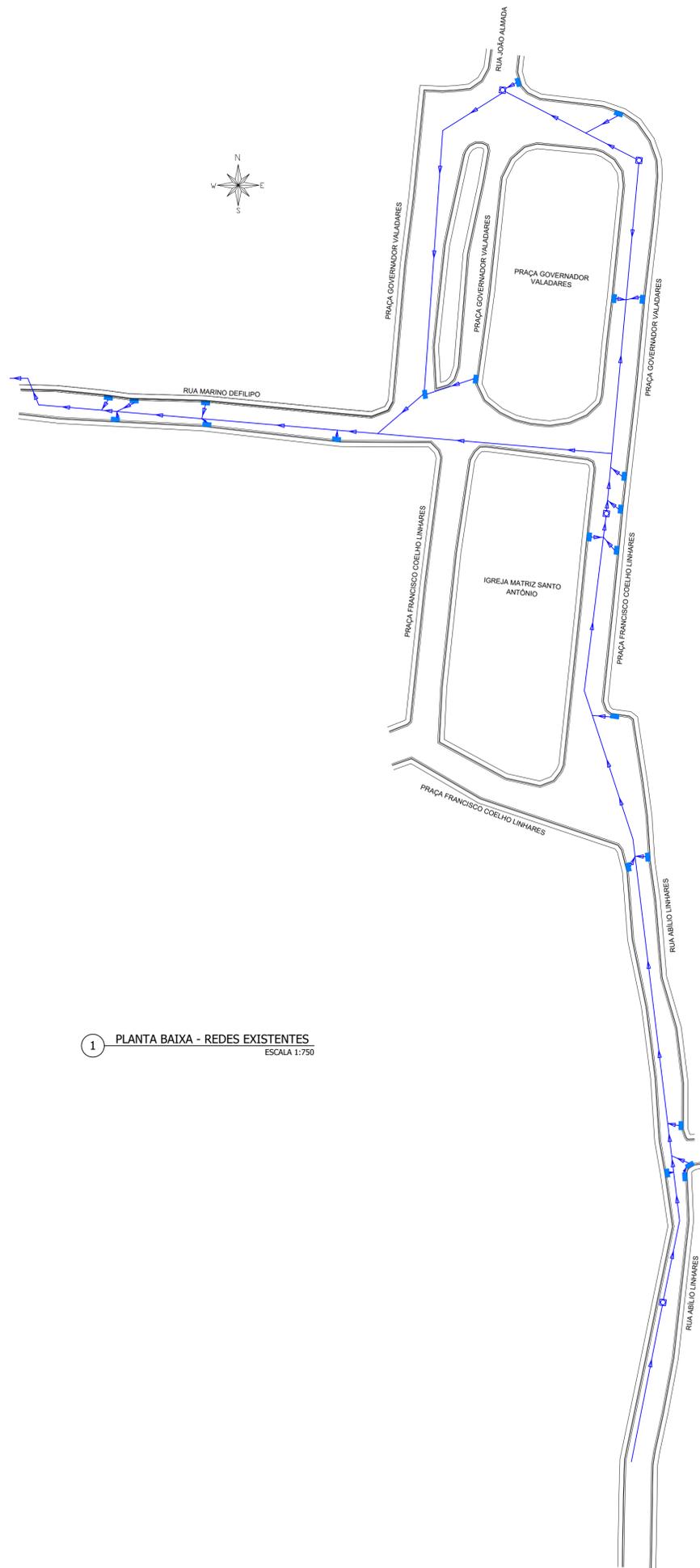
ANEXO A: PROJETO EXISTENTE

ANEXO B: LEVANTAMENTO TOPOGRÁFICO

ANEXO C: PROJETO PROPOSTO COM OS DETALHAMENTOS

ANEXO D: PERFIL DAS REDES

ANEXO E: DIMENSIONAMENTO DAS REDES



LEGENDA	
	BOCA DE LOBO EXISTENTE
	POÇO DE VISITA EXISTENTE
	TUBO DE CONCRETO EXISTENTE COM Ø DESCONHECIDO

1 PLANTA BAIXA - REDES EXISTENTES
ESCALA 1:750

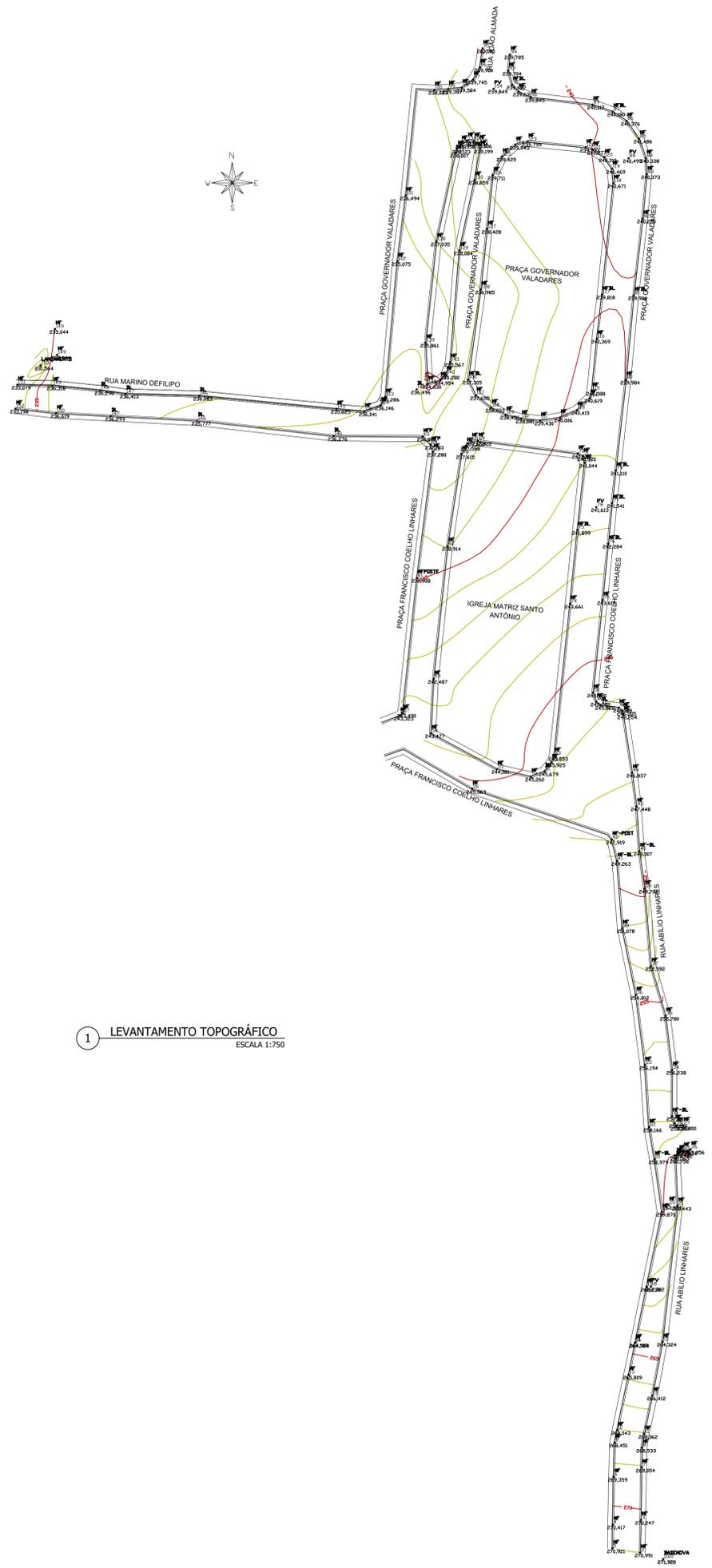
TRABALHO DE CONCLUSÃO DE CURSO
PROJETO DE DRENAGEM URBANA

CONTEÚDO:
BAIRRO CENTRAL DO MUNICÍPIO DE ASTOLFO DUTRA - MG
PLANTA BAIXA - REDES EXISTENTES

ARQUIVO
PROJETO_DRENAGEM.DWG

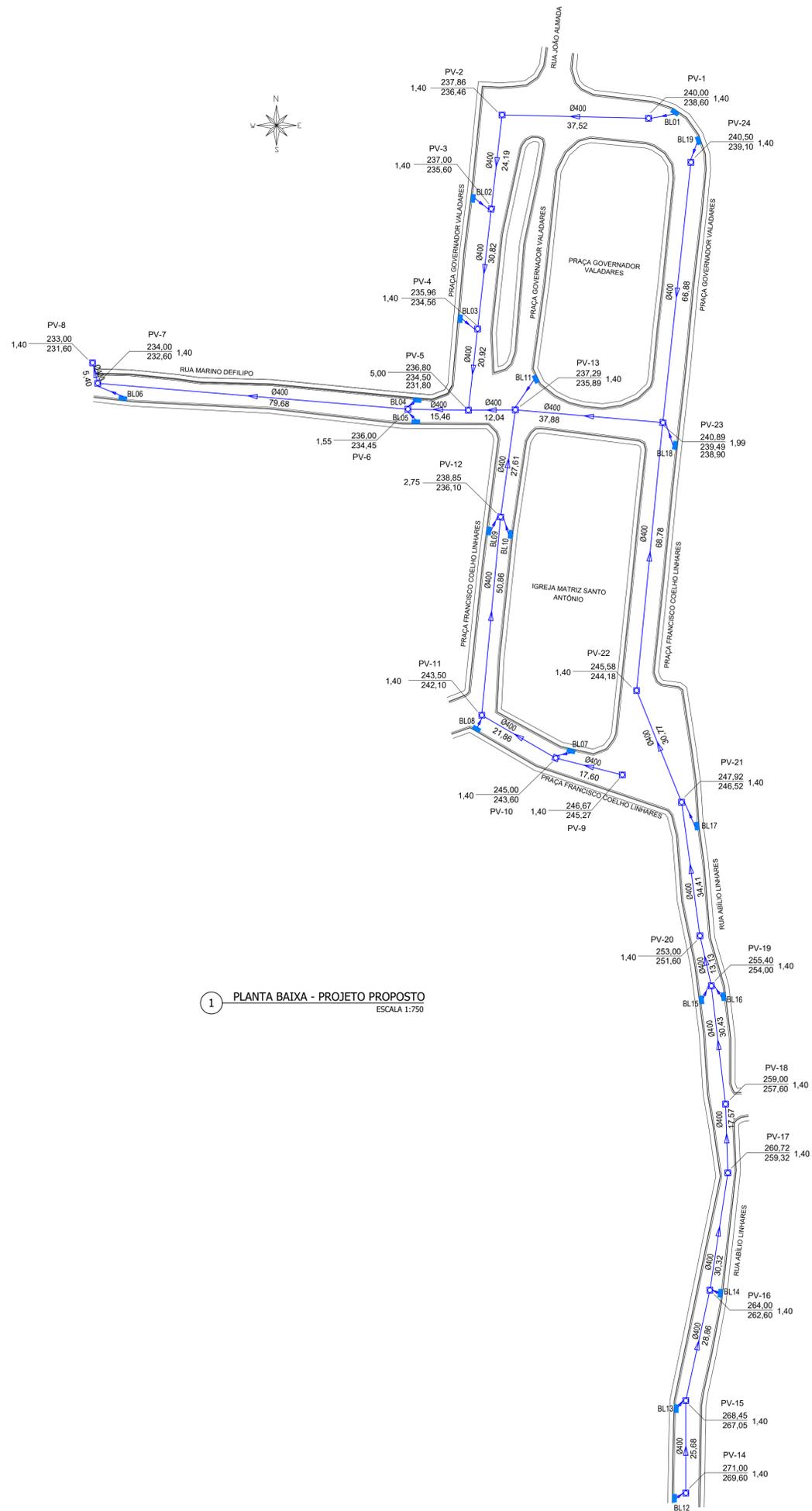
DATA
04/12/2020

LEONARDO GIELO ROCHA

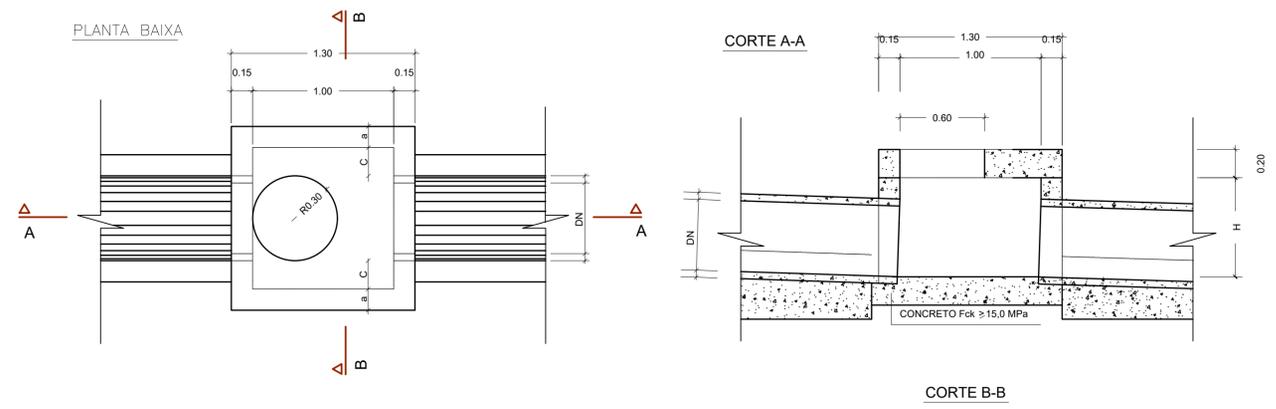


1 LEVANTAMENTO TOPOGRÁFICO
ESCALA 1:750

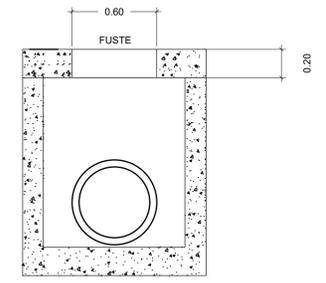
TRABALHO DE CONCLUSÃO DE CURSO PROJETO DE DRENAGEM URBANA		
CONTEÚDO: BAIRRO CENTRAL DO MUNICÍPIO DE ASTOLFO DUTRA - MG LEVANTAMENTO TOPOGRÁFICO		
ARQUIVO PROJETO_DRENAGEM.DWG	DATA 04/12/2020	
LEONARDO GIELO ROCHA		



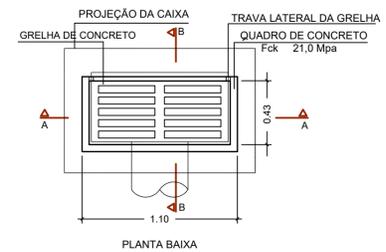
1 PLANTA BAIXA - PROJETO PROPOSTO
ESCALA 1:750



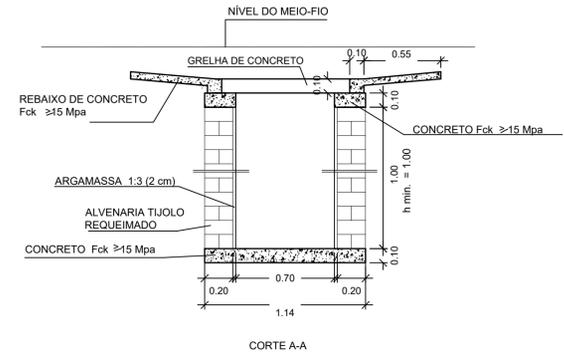
CORTE B-B



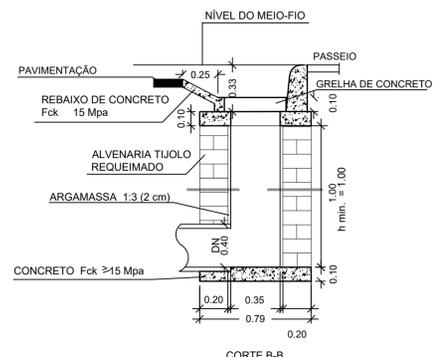
2 DETALHES POÇO DE VISITA
ESCALA 1:25



PLANTA BAIXA



CORTE A-A



CORTE B-B

3 DETALHES BOCA DE LOBO
ESCALA 1:25

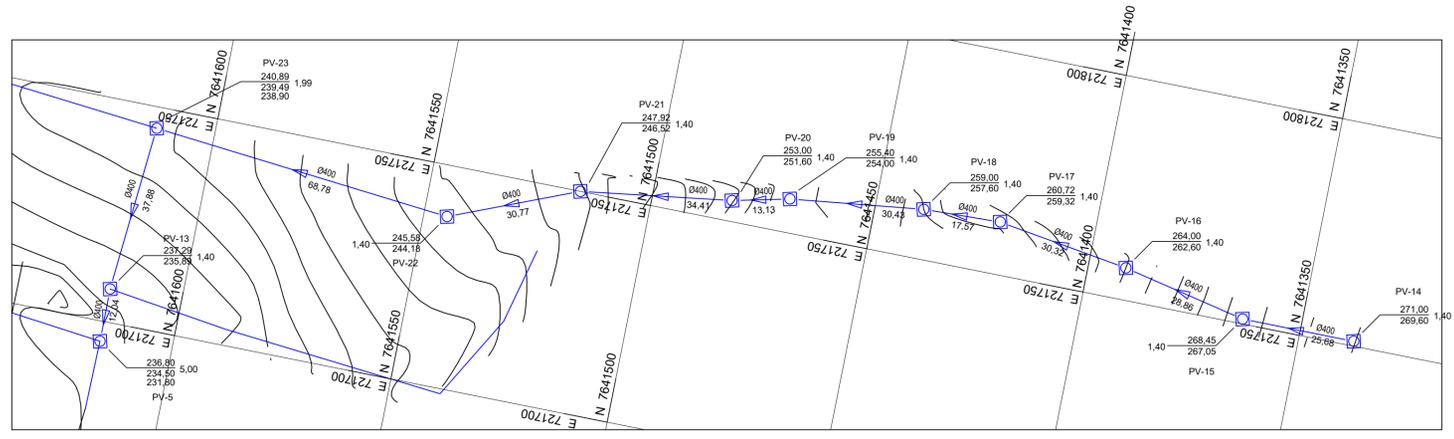
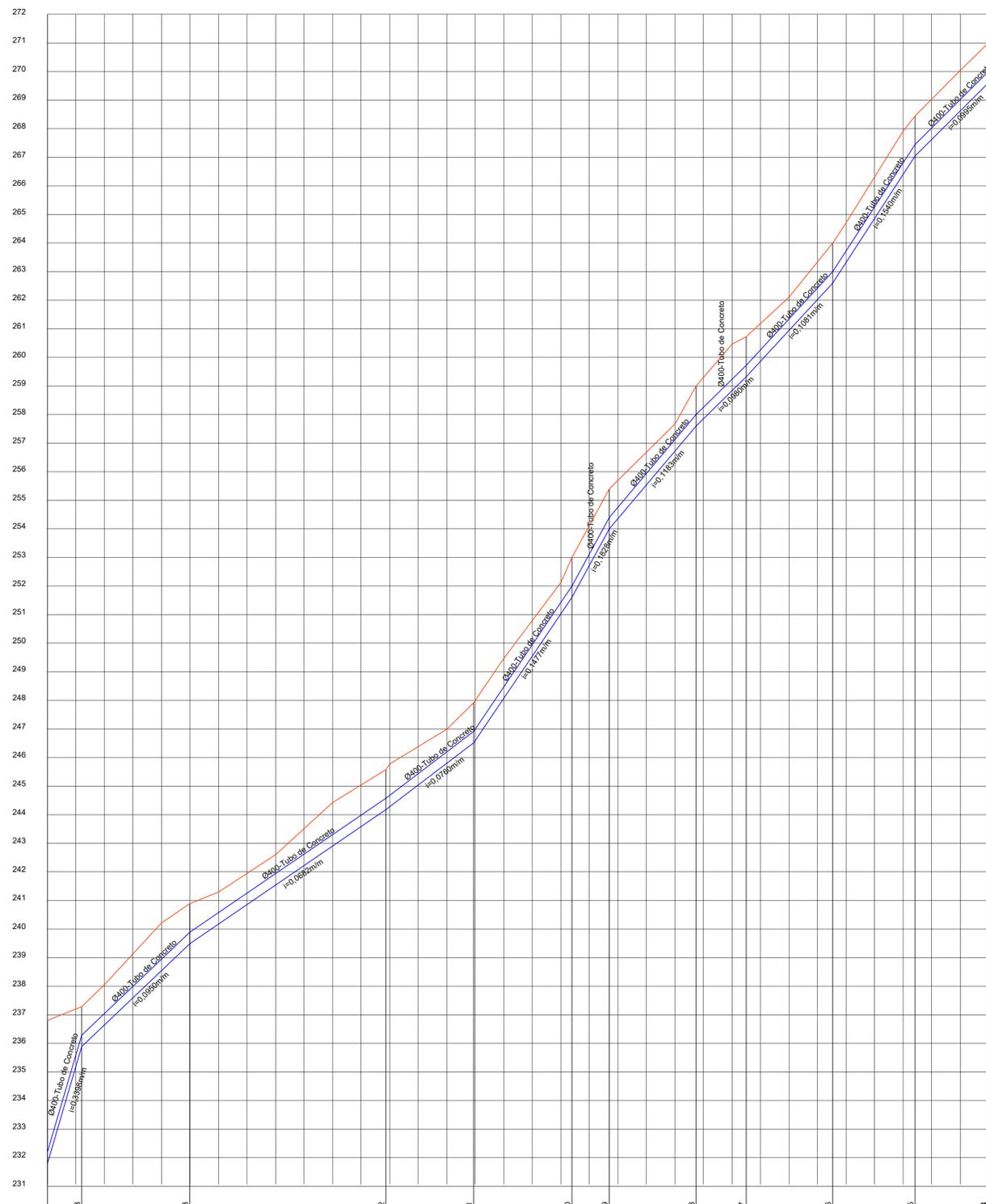
LEGENDA	
■	BOCA DE LOBO A EXECUTAR
□	POÇO DE VISITA A EXECUTAR
—	TUBO DE CONCRETO Ø 400 MM EXECUTAR

TRABALHO DE CONCLUSÃO DE CURSO
PROJETO DE DRENAGEM URBANA

CONTEÚDO:
BAIRRO CENTRAL DO MUNICÍPIO DE ASTOLFO DUTRA - MG
 PLANTA BAIXA - PROJETO PROPOSTO
 DETALHES BOCA DE LOBO
 DETALHES POÇO DE VISITA

ARQUIVO: PROJETO-DE-DRENAGEM-ASTOLFO-DUTRA .DWG DATA: 04/12/2020

LEONARDO GIELO ROCHA



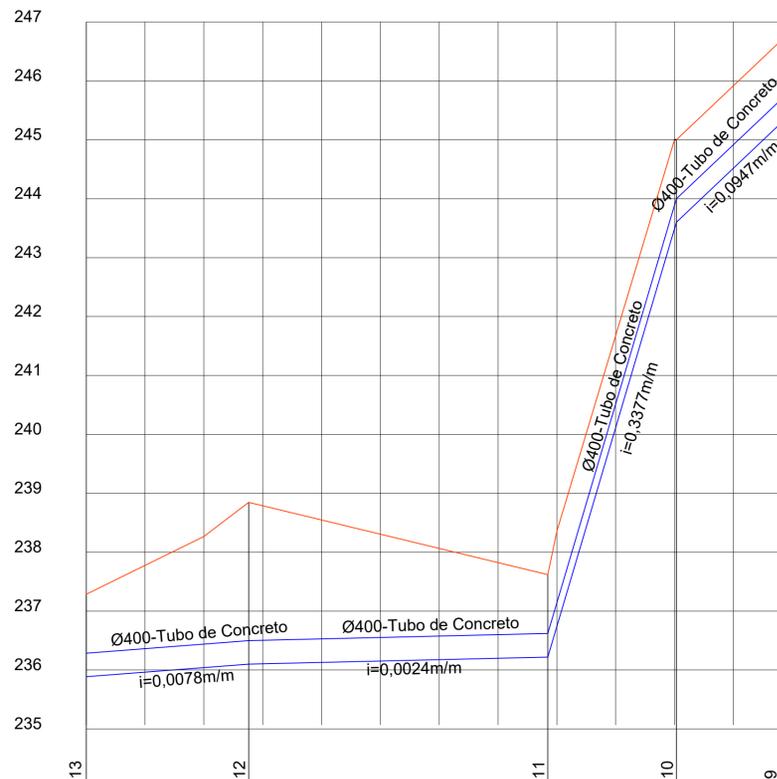
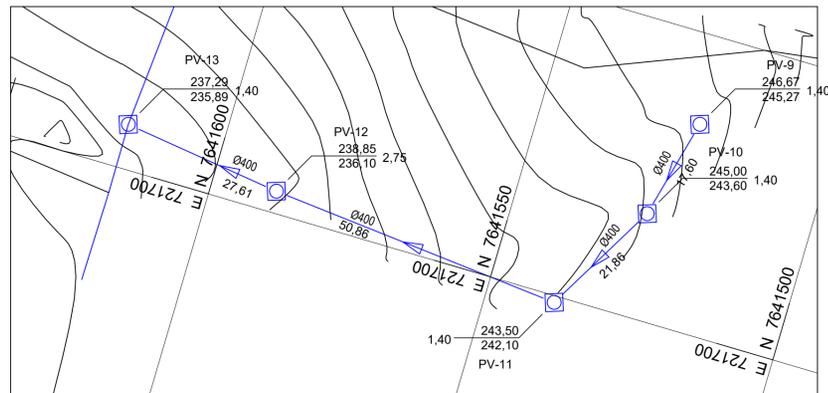
EXTENSÃO SIMPLES E ACUMULADA (m)	10,82	12,04	13,13	37,88	41,81	68,78	110,32	22	30,77	34,41	38,88	20	13,13	30,01	19	30,43	27,44	18	17,57	24,03	17	30,32	23,33	16	28,86	34,13	15	25,68	32,01	14
RUA / LOCAÇÃO / PAVIMENTO																														
PROFUNDIDADE DO COLETOR (m)	5,00 (236,80)	5,00 (237,29)	1,40 (235,89)																											
COTA DA GERATRIZ INFERIOR INTERNA DO COLETOR (m)	231,80 (234,45)	237,29 (238,69)	235,89 (238,90)																											
COTA DO TERRENO (m)	236,80	237,29	236,05	240,21	240,89	241,29	242,60	244,43	245,59	246,76	248,29	251,60	255,40	257,70	260,46	262,72	265,10	267,44	270,04	271,00	271,00	271,00	271,00	271,00	271,00	271,00	271,00	271,00	271,00	271,00
ESTACA	0+0,00	0+12,04	1+0,00	2+0,00	2+9,92	3+0,00	4+0,00	5+0,00	5+18,70	6+0,00	7+0,00	7+9,47	8+0,00	9+17,01	10+0,00	11+0,00	11+17,44	12+0,00	12+5,00	13+0,00	13+15,33	14+0,00	15+0,00	15+4,19	16+0,00	16+9,87	17+0,00	18+0,00	19+0,00	20+0,00

TRABALHO DE CONCLUSÃO DE CURSO
PROJETO DE DRENAGEM URBANA

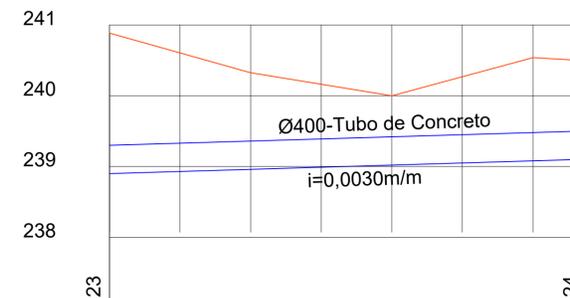
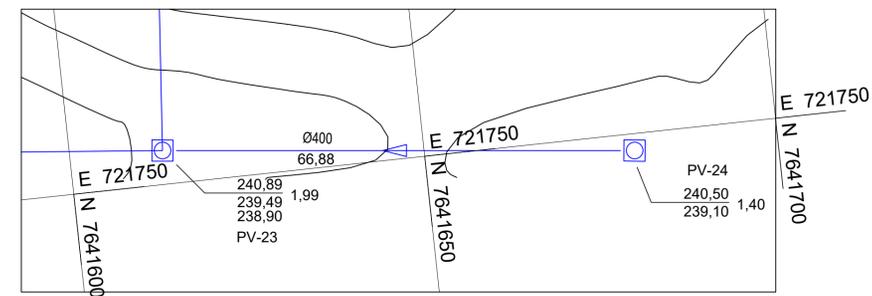
CONTEÚDO:
BAIRRO CENTRAL DO MUNICÍPIO DE ASTOLFO DUTRA - MG
PERFIL TRECHO 01

ARQUIVO PROJETO_DRENAGEM.DWG	DATA 04/12/2020
---------------------------------	--------------------

LEONARDO GIELO ROCHA



EXTENSAO SIMPLES E ACUMULADA (m)	0,00	27,61	27,61	50,86	78,47	21,86	100,32	17,60	117,92
RUA / LOCACAO / PAVIMENTO									
PROFUNDIDADE DO COLETOR (m)	1,40 (5,49) (1,40)		2,75		1,40		1,40		1,40
COTA DA GERATRIZ INFERIOR INTERNA DO COLETOR (m)	235,89 (231,80) (235,89)		236,10		236,22		243,60		245,27
COTA DO TERRENO (m)	237,29	238,27	238,85	240,24	242,18	237,62 238,36	245,00	246,67	
ESTACA	0+0,00	1+0,00	1+7,61	2+0,00	3+0,00	3+18,47 4+0,00	5+0,32	5+17,92	



EXTENSAO SIMPLES E ACUMULADA (m)	0,00	66,88	66,88
RUA / LOCACAO / PAVIMENTO			
PROFUNDIDADE DO COLETOR (m)	1,99 (1,40) (5,00)		1,40
COTA DA GERATRIZ INFERIOR INTERNA DO COLETOR (m)	238,90 (239,49) (235,89)		239,10
COTA DO TERRENO (m)	240,89	240,33	240,00
ESTACA	0+0,00	1+0,00	2+0,00
		3+0,00	3+6,88

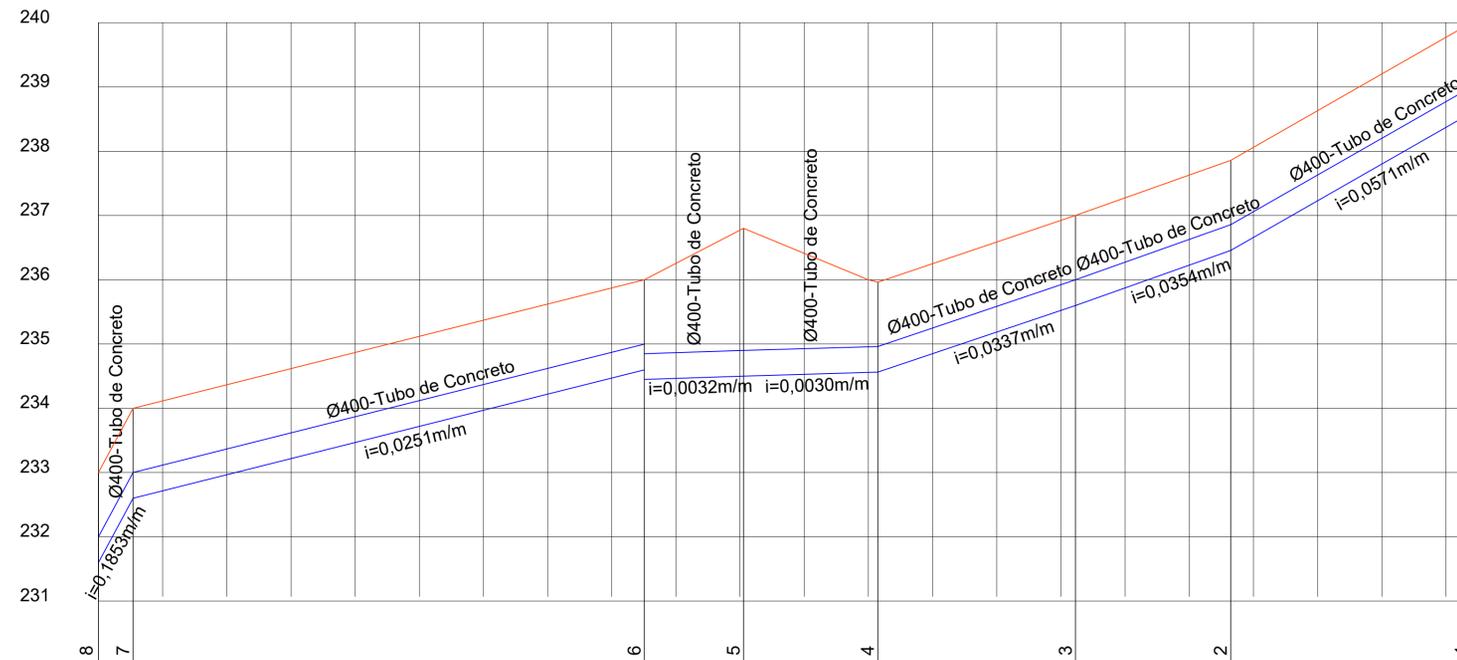
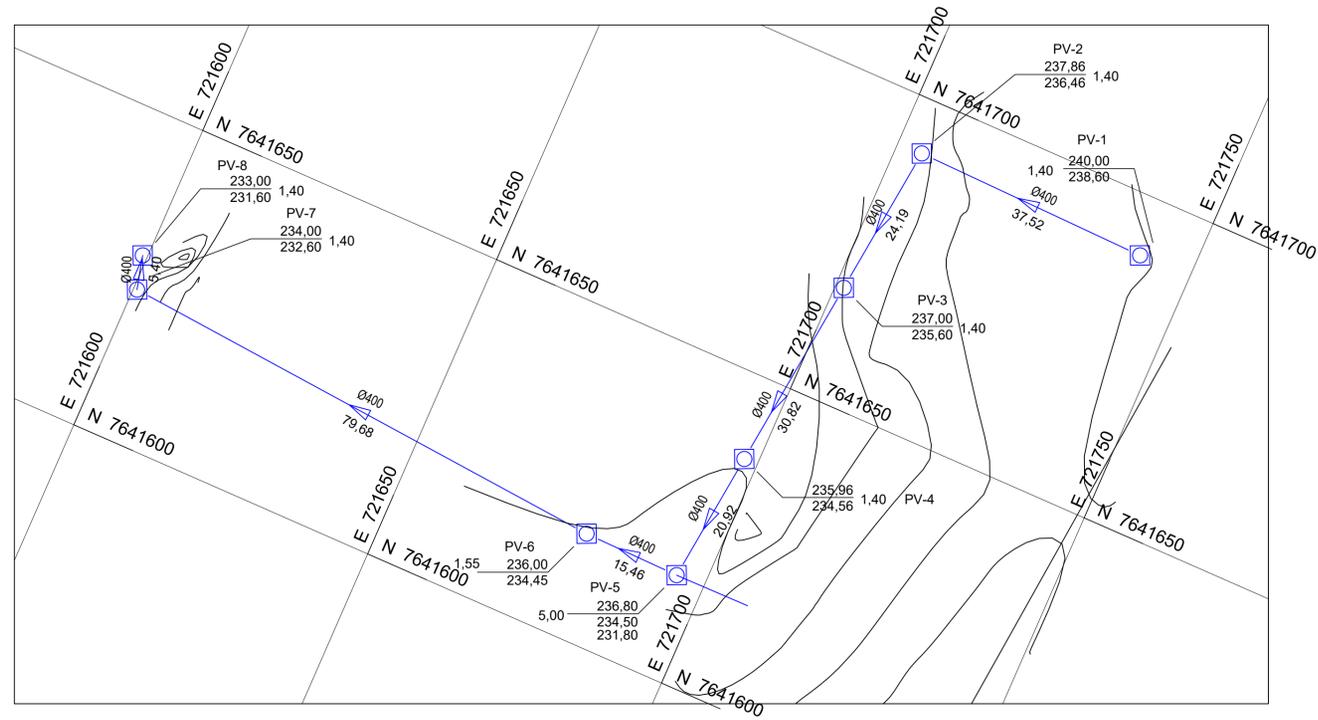
TRABALHO DE CONCLUSÃO DE CURSO
PROJETO DE DRENAGEM URBANA

CONTEUDO:
BAIRRO CENTRAL DO MUNICÍPIO DE ASTOLFO DUTRA - MG
PERFIL TRECHO 02 E TRECHO 03

ARQUIVO
PROJETO_DRENAGEM.DWG

DATA
04/12/2020

LEONARDO GIELO ROCHA



EXTENSÃO SIMPLES E ACUMULADA (m)	0,00 5,40	79,68	85,07	15,46 100,54	20,92	30,82	152,27	24,19	176,46	37,52	213,98	
RUA / LOCAÇÃO / PAVIMENTO												
PROFUNDIDADE DO COLETOR (m)	1,40 1,40		1,40	2,30 (5,00)	1,40	1,40	1,40	1,40	1,40	1,40	1,40	
COTA DA GERATRIZ INFERIOR INTERNA DO COLETOR (m)	231,60 232,60		234,60	234,50 (231,80)	234,56	235,60	238,60	238,60	238,60	238,60	238,60	
COTA DO TERRENO (m)	233,00 234,00	237,67	237,15	235,49	236,00 236,00	236,80 236,80	237,00 237,02	237,86 238,71	239,02	240,00	240,00	
ESTACA	0+0,00 0+5,40	1+0,00	2+0,00	3+0,00	4+0,00 4+5,07	5+0,53	6+0,00 6+1,45	7+0,00	7+12,27	8+0,00	8+16,46 9+0,00	10+0,00 10+13,98

TRABALHO DE CONCLUSÃO DE CURSO
PROJETO DE DRENAGEM URBANA

CONTEÚDO:
BAIRRO CENTRAL DO MUNICÍPIO DE ASTOLFO DUTRA - MG
PERFIL TRECHO 04

ARQUIVO PROJETO_DRENAGEM.DWG	DATA 04/12/2020
---------------------------------	--------------------

LEONARDO GIELO ROCHA

Col.	Trecho	Extensão (m)	Diâmetro (m)	Declividade (m/m)	Vel. Real (m/s)	Q Seção Plena (m³/s)	V Seção Plena (m/s)	Cota Ter. Montante (m)	Cota Ter. Jusante (m)	Cota GI Gal. Montante (m)	Cota GI Gal. Jusante (m)	Prof. Gal. Montante (m)	Prof. Gal. Jusante (m)	n Manning	Larg. Vala (m)	Tipo de tubo	Observações
G1	T1	37,52	0,4	0,0571	0,00	0,498	3,96	239,999	237,857	238,599	236,457	1,400	1,400	0,013	1,00	Tubo de Concreto	
	T2	24,19	0,4	0,0354	0,00	0,392	3,12	237,857	237,000	236,457	235,600	1,400	1,400	0,013	1,00	Tubo de Concreto	
	T3	30,82	0,4	0,0337	0,00	0,382	3,04	237,000	235,962	235,600	234,562	1,400	1,400	0,013	1,00	Tubo de Concreto	
	T4	20,92	0,4	0,0030	0,00	0,113	0,90	235,962	236,800	234,562	234,500	1,400	2,300	0,013	1,10	Tubo de Concreto	
	T5	15,46	0,4	0,0032	0,00	0,118	0,94	236,800	235,999	234,500	234,450	2,300	1,549	0,013	1,10	Tubo de Concreto	
	T6	79,68	0,4	0,0251	0,00	0,330	2,63	235,999	234,000	234,599	232,600	1,400	1,400	0,013	1,10	Tubo de Concreto	
	T7	5,4	0,4	0,1853	0,00	0,896	7,13	234,000	233,000	232,600	231,600	1,400	1,400	0,013	1,00	Tubo de Concreto	
G2	T13	25,68	0,4	0,0995	0,00	0,657	5,23	271,000	268,445	269,600	267,045	1,400	1,400	0,013	1,00	Tubo de Concreto	
	T14	28,86	0,4	0,1540	0,00	0,817	6,50	268,445	264,000	267,045	262,600	1,400	1,400	0,013	1,00	Tubo de Concreto	
	T15	30,32	0,4	0,1081	0,00	0,685	5,45	264,000	260,722	262,600	259,322	1,400	1,400	0,013	1,00	Tubo de Concreto	
	T16	17,57	0,4	0,0980	0,00	0,652	5,19	260,722	259,000	259,322	257,600	1,400	1,400	0,013	1,00	Tubo de Concreto	
	T17	30,43	0,4	0,1183	0,00	0,716	5,70	259,000	255,400	257,600	254,000	1,400	1,400	0,013	1,00	Tubo de Concreto	
	T18	13,13	0,4	0,1828	0,00	0,890	7,09	255,400	253,000	254,000	251,600	1,400	1,400	0,013	1,00	Tubo de Concreto	
	T19	34,41	0,4	0,1477	0,00	0,800	6,37	253,000	247,917	251,600	246,517	1,400	1,400	0,013	1,00	Tubo de Concreto	
	T20	30,77	0,4	0,0760	0,00	0,574	4,57	247,917	245,579	246,517	244,179	1,400	1,400	0,013	1,00	Tubo de Concreto	
	T21	68,78	0,4	0,0682	0,00	0,544	4,33	245,579	240,886	244,179	239,486	1,400	1,400	0,013	1,00	Tubo de Concreto	
	T22	37,88	0,4	0,0950	0,00	0,642	5,11	240,886	237,286	239,486	235,886	1,400	1,400	0,013	1,00	Tubo de Concreto	
	T12	12,04	0,4	0,3398	0,00	1,214	9,66	237,286	236,800	235,886	231,795	1,400	5,005	0,013	1,35	Tubo de Concreto	
G3	T23	66,88	0,4	0,0030	0,00	0,114	0,91	240,500	240,886	239,100	238,900	1,400	1,986	0,013	1,10	Tubo de Concreto	
G4	T8	17,6	0,4	0,0947	0,00	0,641	5,10	246,667	245,000	245,267	243,600	1,400	1,400	0,013	1,00	Tubo de Concreto	
	T9	21,86	0,4	0,3377	0,00	1,210	9,63	245,000	243,500	243,600	242,100	1,400	1,400	0,013	1,00	Tubo de Concreto	
	T10	50,86	0,4	0,0024	0,00	0,101	0,80	243,500	238,846	242,100	236,100	1,400	2,746	0,013	1,45	Tubo de Concreto	
	T11	27,61	0,4	0,0078	0,00	0,183	1,46	238,846	237,286	236,100	235,886	2,746	1,400	0,013	1,10	Tubo de Concreto	