

GERENCIAMENTO DE ÁGUAS PLUVIAIS: Estudo de Caso na Rua Cônego Monte Raso na cidade de Baependi/MG

Samuel Ribeiro de Castro¹

Luana Bernadete Dariva²

RESUMO

O estudo de caso realizado na Rua Cônego Monte Raso em Baependi-MG tem como tema central o gerenciamento de águas pluviais na via em questão, de modo a oferecer alternativas técnicas para uma drenagem eficiente das águas pluviais que ocorrem no local. O principal objetivo do trabalho é realizar análises acerca da presente situação da localidade citada no tocante ao dimensionamento de um sistema de drenagem eficiente frente ao quadro atual, em que, pela falta de um sistema de drenagem adequado, a via se tornou suscetível à inundações. Propõe-se, assim, com o uso de estudos topográficos, hidrológico e hidráulico, a apresentação de uma análise aprofundada sobre a importância de um planejamento urbano sustentável capaz de integrar tecnologias avançadas de drenagem que, em colaboração com a comunidade local, sejam eficientes para solucionar o problema em questão. Desse modo, o trabalho visou demonstrar, com a utilização dos referidos estudos e técnicas de drenagem, a importância de um sistema de drenagem eficiente para o local estudado (Rua Cônego Monte Raso, Baependi-MG), proporcionando uma base sólida para compreender a morfologia do terreno, a identificação de áreas propensas a acúmulo de água e a determinação pontos críticos que necessitam de intervenção, possibilitando assim o apontamento de possíveis soluções para o caso.

Palavras-chave: gerenciamento de águas pluviais; sistemas de drenagem; estudos topográficos, hidrológico e hidráulico.

¹ Acadêmico de Graduação do curso de Engenharia Civil - Unis E-mail: samuel.castro@alunos.unis.edu.br

² Ms. Engenharia Civil, Professora do curso de Engenharia Civil Luana Bernadete Dariva - Unis E-mail: luana.dariva@professor.unis.edu.br

1 INTRODUÇÃO

A gestão eficaz da drenagem pluvial urbana é um componente crítico da infraestrutura das cidades, com um impacto significativo na qualidade de vida dos residentes e no meio ambiente. À medida que as áreas urbanas se mostram em constante crescimento, o aumento da impermeabilização do solo, o desenvolvimento desordenado e as mudanças climáticas têm agravado os desafios associados ao gerenciamento de águas pluviais. As inundações urbanas, a erosão do solo, a contaminação da água e a degradação dos ecossistemas são algumas das consequências diretas de um sistema de drenagem pluvial ineficaz.

O presente trabalho tem como finalidade dimensionar um sistema de drenagem pluvial eficiente para o estudo de caso da Rua Cônego Monte Raso. Com uma área de contribuição grande e uma infraestrutura de drenagem inadequada para receber o escoamento superficial das águas pluviais em eventos climáticos extremos, a área se tornou suscetível a inundações recorrentes.

Com este estudo de caso, examina-se a importância de um planejamento urbano sustentável, a integração de tecnologias avançadas de drenagem, a participação da comunidade e a colaboração entre várias partes interessadas. Além disso, investiga-se como as estratégias de gerenciamento de drenagem pluvial podem contribuir para a resiliência urbana e a preservação dos recursos hídricos.

Por meio dessa análise aprofundada, espera-se oferecer conhecimento para profissionais, planejadores urbanos, tomadores de decisão e a comunidade em geral, com o objetivo de promover o desenvolvimento de soluções eficazes para enfrentar os desafios de drenagem pluvial em áreas urbanas, contribuindo para cidades mais seguras e sustentáveis.

2 REVISÃO DA LITERATURA

2.1 Hidrologia Urbana

A hidrologia urbana tem como sua principal funcionalidade a realização de análises a respeito do impacto causado pela expansão urbana no ciclo da água, bem como a elaboração

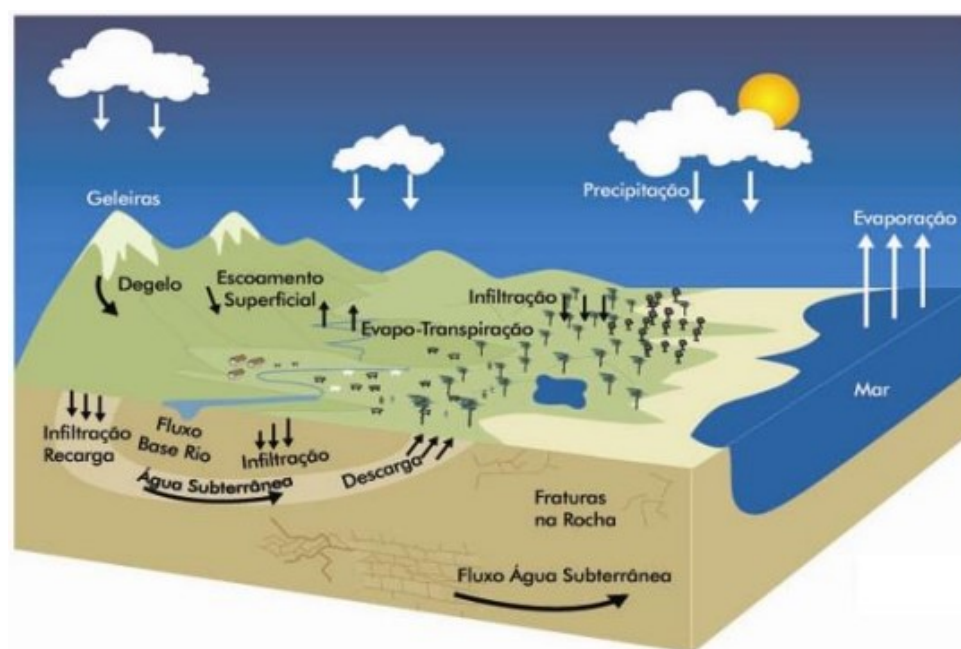
de novas técnicas capazes de reduzir os impactos negativos que podem surgir em razão desse cenário (LIMA, 2010).

2.1.1 Ciclo Hidrológico

O ciclo hidrológico é composto por três fases, sendo elas a precipitação, escoamento subterrâneo e o deflúvio acompanhado da evaporação.

O processo se inicia com a precipitação e, a água precipitada, se divide em vários rumos distintos. Uma parte incide sobre as superfícies líquidas, outra perpassa pela superfície do solo até os lagos, rios, reservatórios, chegando até mesmo ao oceano; outra parcela dessa água retorna à atmosfera como consequência da evaporação de áreas líquidas, de terrenos e das plantas e, por fim, uma outra fração percorre pelo subsolo (LIMA, 2010). Conforme figura 1.

Figura 1 - Ciclo hidrológico



Fonte: Ministério do Meio Ambiente, 2017

2.1.2 Balanço hidrológico

De acordo com LIMA, 2010, o balanço hidrológico por definição é a avaliação das entradas e saídas de águas (afluências e efluências), ocorrida numa determinada área e durante um período de tempo.

$$\frac{\Delta S}{\Delta T} = q_a - q_e$$

Sendo ΔS a variação de volume observado nesse espaço, q_a o fluxo médio afluyente e q_e o fluxo médio efluente durante o intervalo de tempo ΔT .

Ou seja,

$$\frac{S_2 - S_1}{\Delta T} = \frac{q_{a1} - q_{a2}}{2} - \frac{q_{e1} - q_{e2}}{2}, \Delta T \rightarrow 0$$

em que os índices 1 e 2 se reportam, respectivamente, ao início e fim do intervalo de tempo $\Delta T = t_2 - t_1$ considerado no balanço hidrológico.

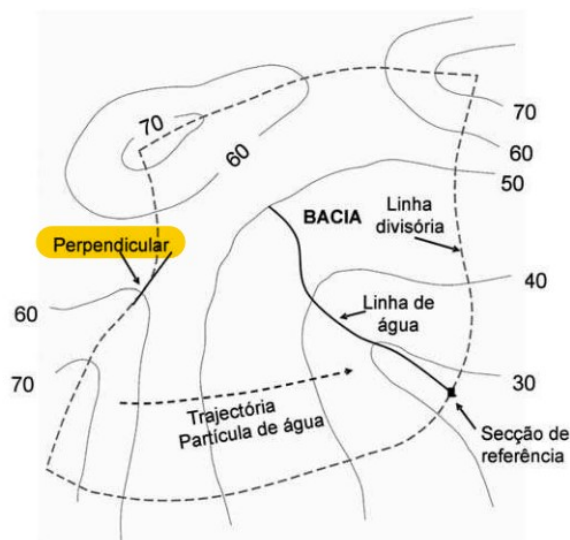
Contudo, as variáveis hidrológicas envolvidas, tais como a precipitação, evaporação, infiltração e o escoamento superficial, variam ao longo do tempo.

O estudo do balanço hidrológico tem como objetivo compreender como a água é distribuída em uma bacia hidrográfica.

2.1.3 Bacia de drenagem urbana

Uma bacia hidrográfica é uma área geográfica constituída por um sistema de linhas de águas naturais e drenos artificiais que convergem para um ponto em comum. Sua delimitação é separada por linhas de cumeadas ou linhas de divisória topográfica que separam vertentes por onde as águas se escoam para talvegues diferentes (LIMA, 2010).

Figura 2 - Definição da linha de divisória topográfica



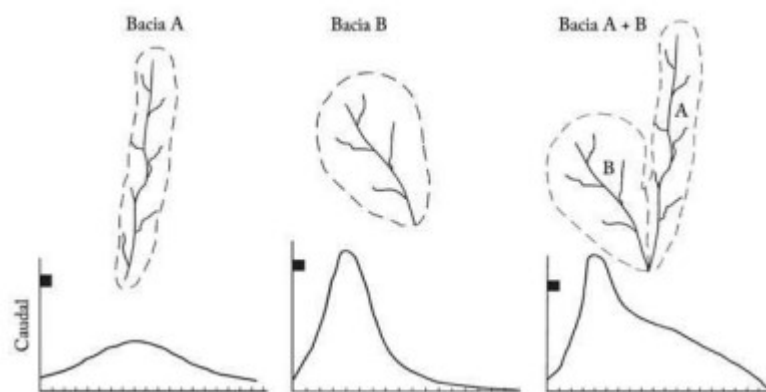
Fonte: LIMA, 2010.

Conforme Lima (2010), às características fisiográficas das bacias de drenagem determinam seu comportamento, sendo elas geométrica, rede de drenagem, relevo, geologia e vegetação.

2.1.3.1 Geometria

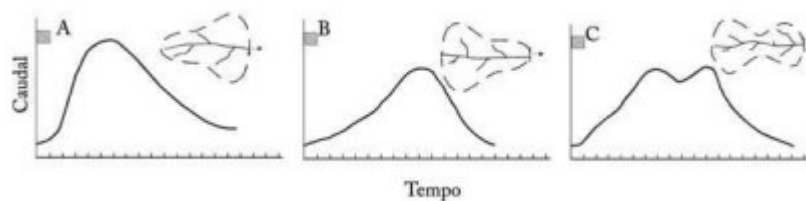
Sua forma planimétrica é de extrema importância, pois permite determinar o tipo de resposta da bacia à precipitação e condiciona o tempo de concentração da bacia, conforme figura 3.

Figura 3 - Influência da forma da bacia de drenagem (alongada, arredondada e mista)



Fonte: LIMA, 2010.

Figura 4 - Influência da forma da bacia de drenagem na resposta hidrológica de uma dada bacia



Fonte: LIMA, 2010.

Com o intuito de classificar as bacias de drenagem no que diz respeito aos seus formatos característicos, utiliza-se como critério de medida o Coeficiente de Compacidade K_c .

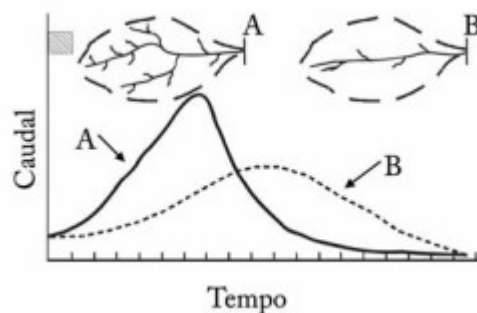
$$K_c = \frac{0,28 \cdot P}{\sqrt{A}}$$

Sabe-se que é P o perímetro da bacia e A a área da mesma. Dessa forma, mede-se o Kc e, quanto mais próximo este estiver de 1, significa que mais arredondado será o formato dessa bacia e, conseqüentemente, mais altas serão as chances de que ocorra a cheia dela.

2.1.3.2 Rede de drenagem

A rede de drenagem é constituída pelo curso de água principal e seus afluentes naturais e artificiais. A disposição em planta dos cursos de água é uma característica importante que influencia a eficiência da drenagem e, quanto mais eficiente for a drenagem, mais rapidamente se formará uma cheia na bacia e maior será a sua magnitude. (LIMA, 2010)

Figura 5 - Influência do sistema de drenagem na resposta hidrológica das bacias de drenagem.



Fonte: LIMA, 2010

Para análise de eficiência da rede de drenagem em uma bacia, utiliza-se o parâmetro de Densidade de Drenagem, D_d , que relaciona o comprimento total dos cursos de água dentro da bacia de drenagem com a área da bacia. (LIMA, 2010).

$$D_d = \frac{L_t}{A}$$

Sendo L o comprimento total dos cursos de água existentes na bacia e A a área da bacia.

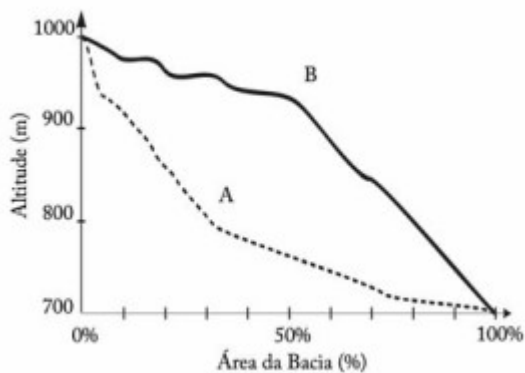
2.1.3.4 Relevo

A velocidade com que ocorre o escoamento superficial da água e sua distribuição pelo terreno é diretamente influenciada pelas características do relevo dessa bacia de drenagem (LIMA, 2010). Podemos analisar a influência do relevo através da equação de declive médio, definida como:

$$s = \frac{\Delta H}{L}$$

Sendo ΔH a diferença de nível entre os pontos considerados dentro do quadrante e L a distância entre os pontos.

Figura 6 - Curvas hipsométricas representando o relevo das bacias de drenagem.

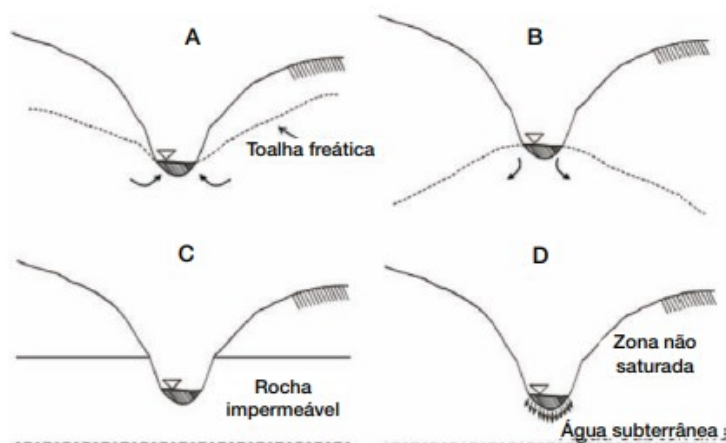


Fonte: Lima, 2010

2.1.3.5 Geologia e solos

As características geológicas e o tipo de solo influenciam o regime dos caudais líquidos nas bacias de drenagem (escoamento subterrâneo, subsuperficial e superficial) e o caudal sólido (sedimentos transportados) (LIMA, 2010).

Figura 7 - Interações entre as linhas de água e a toalha freática



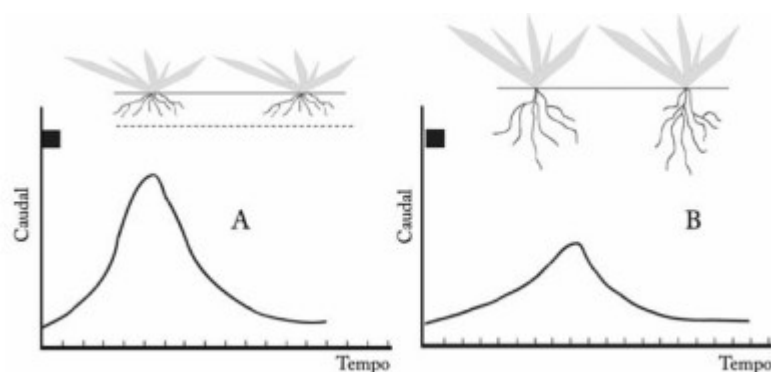
Fonte: LIMA, 2010

2.1.3.6 Vegetação

Conforme LIMA, 2010, é importante ressaltar a questão relativa à forte influência que a ocupação do solo tem sobre o regime de caudais de uma bacia de drenagem qualquer, principalmente quando se trata de bacias urbanas. Os danos naturais com a urbanização, causa a formação de maiores cheias e maiores volumes de escoamento superficial, devido a uma menor impermeabilização do solo.

A vegetação (presença, características e manutenção), em bacias de drenagem urbanas, afeta o balanço hidrológico interceptando a precipitação, dando origem a evapotranspiração, ao mesmo tempo que provoca alterações biofísicas no solo, nomeadamente aumentando a porosidade da sua camada superficial, que favorece a infiltração da água no solo, conforme figura 8.

Figura 8 - Influência da vegetação e a profundidade da zona radicular das plantas aumentam a resposta hidrológica da bacia e diminuem o volume total escoado.



Fonte: LIMA, 2010

2.2 Drenagem Urbana

O sistema de drenagem de águas pluviais é um conjunto de estruturas e canais projetados para coletar, encaminhar e controlar o escoamento da água da chuva em áreas urbanas e rurais. O principal objetivo desse sistema é evitar inundações, erosão do solo e danos às propriedades causados pelo acúmulo de água da chuva (SOUZA, 2017).

2.2.1 Macrodrenagem

Conforme GODIM, 2020, a macrodrenagem refere-se ao sistema de drenagem que trata do escoamento de grandes volumes de água em uma região, visando prevenir enchentes e controlar o fluxo hídrico. Geralmente, envolve a construção de canais, bacias de retenção e dispositivos para gerenciar o escoamento. A implementação de projetos de macrodrenagem é essencial para reduzir os impactos negativos das chuvas intensas em áreas urbanas.

2.2.2 Microdrenagem

A microdrenagem é uma parte essencial do planejamento urbano e da gestão de águas pluviais em áreas urbanas. Consiste em sistemas de coleta e transporte de água da chuva em uma escala localizada, como ruas, calçadas e bairros. Para compor esse sistema de microdrenagem, é necessário a existência dos pavimentos das vias públicas, meio-fio, sarjetas, bocas de lobo e poços de visita, de acordo com a figura a seguir (GODIM, 2020).

Figura 9 - Sistema de Microdrenagem



Fonte: SOUZA, 2017.

2.3 Componentes de um sistema de drenagem de águas pluviais

2.3.1 Sarjeta

São calhas construídas ao longo das vias, possuindo uma inclinação para garantir o escoamento superficial de águas pluviais urbanas. As sarjetas são dimensionadas para determinar sua capacidade hidráulica (máxima de vazão de escoamento)(DNIT, 2006).

$$Q = \frac{A}{n} \cdot R_H^{2/3} \cdot I^{1/2}$$

Onde:

A = Área da seção;

n = coeficiente de Manning ($n = 0,016$ para concreto rústico)

R_H = raio hidráulico

I = Declividade

2.3.2 Boca de lobo

Essas podem ser definidas como instrumentos dispostos nas sarjetas, tendo como função a captação das águas pluviais quando a capacidade hidráulica se mostrar exaurida (DNIT,2006).

Para determinar a capacidade das bocas de lobo de grelha é utilizada a equação abaixo (DNIT, 2006).

$$Q = 1,655 \times P \times y^{1/5}$$

Onde:

Q = vazão de engolimento;

P = Perímetro de orifício;

y = altura de água próxima a boca de lobo.

Em situações em que a lâmina d'água é superior a 42 cm (quarenta e dois centímetros) a vazão deve ser calculada conforme a equação (DNIT, 2006).

$$Q = 2,91 \times A \times y^{1/2}$$

Onde:

Q = vazão;

P = área da grade, excluída as áreas ocupadas pelas grades;

y = altura de água na sarjeta sobre a grelha.

Conforme manual do DNIT, 2006, os dispositivos devem ser localizados.

- Ambos os lados da rua;
- Quando a saturação das sarjetas assim o exigir
- Pontos baixos da quadra;
- Com distância mínima de 60 metros entre uma e outra, quando a capacidade de escoamento da sarjeta não for analisada.

2.3.3 Galerias

São junções que têm como objetivo escoar águas pluviais advindas das ligações privadas e das bocas de lobo (DNIT, 2006).

A vazão da galeria é calculada pela seguinte equação.

$$Q = \frac{1}{n} \cdot R_H^{2/3} \cdot \sqrt{I} \cdot Am$$

Onde:

Q = vazão;

n = coeficiente de Manning ($n = 0,016$ para concreto rústico)

R_H = raio hidráulico

I = Declividade

Am = área molhada

2.3.4 Poços de visita

Esses nada mais são do que câmaras visitáveis, de modo que sua principal incumbência é possibilitar o trânsito até as galerias para fins de inspeção e desobstrução de materiais sedimentares depositados (DNIT, 2006).

2.3.5 Caixa de Ligação

Utilizadas para receber tubos de ligação de bocas de lobo intermediárias ou para evitar excesso de ligações no mesmo poço de visita (máximo de quatro ligações). Não é uma estrutura visitável (DNIT, 2006).

2.4 Estimativa da vazão de projeto

2.4.1 Método racional

Segundo Tucci (2000) um dos métodos mais empregados para determinação de vazões de pico em bacias de pequeno porte é o Método Racional. Tal método tem tido grande aceitação em razão de suas repercussões positivas e da simplicidade que possui, ainda que realizado sempre de acordo com suas limitações práticas.

GRIBBIN (2014) ressalta que este método racional, dimensiona a vazão máxima para bacias pequenas de drenagem como pequenos fundos de vale e afluentes a menores estruturas de drenagem, como coletores de águas pluviais.

A fórmula do método racional é expressa pela seguinte equação.

$$Q = C \times I \times A$$

Onde:

Q = vazão de pico (m^3/s)

C = coeficiente de escoamento superficial

I = intensidade da chuva (mm/h)

A = área da bacia (m^2)

2.5 Coeficiente de escoamento superficial

A relação entre o volume de escoamento direto e a quantidade de água precipitada é reproduzida pelo coeficiente de escoamento superficial, C , ou seja, a parcela da precipitação total que se transforma diretamente em escoamento superficial.

$$C = \frac{h_u}{h}$$

Sendo h_u a precipitação útil e h a precipitação total recebida numa bacia de drenagem; a precipitação pode ser expressa em mm ou m^3 .

A altura total de precipitação é igual ao volume total precipitado numa bacia hidrográfica em determinado período de tempo, dividido pela sua área.

A precipitação útil é a parte da precipitação total que se transforma em escoamento superficial direto num sistema de drenagem urbano. (LIMA, 2010, p. 160).

Tabela 1 - Exemplos de características fisiográficas de bacias de drenagem, e a forma como afetam o coeficiente de escoamento superficial, C

Características fisiográficas da bacia de drenagem	Comportamento esperado
Relevo	Áreas relativamente planas têm um C inferior a áreas com declives elevados.
Infiltração	Solos com infiltração elevada (e.g., camada arenosa profunda) têm um C inferior ao de solos argilosos, com baixa capacidade de infiltração.
Cobertura vegetal	Áreas com denso coberto vegetal (e.g., relvados, arvoredos ou cobertura equivalente) têm um C inferior ao de áreas com coberto vegetal esparsa, ou mesmo ausente.
Retenção superficial	Depressões superficiais do terreno (e.g., bacias de retenção urbana, lagos, planícies alagáveis) que dão origem a uma elevada acumulação de água conduzem a um C inferior ao de terrenos em que a acumulação da água superficial é negligenciável

Fonte: Lima, 2010

Tabela 2 - Valores do coeficiente de escoamento C usados em superfícies específicas

Descrição da área e superfícies	C
Pavimento	
Asfalto	0.70-0.95
Betão	0.80-0.95
Calçadas	0.75-0.85
Telhado	0.75-0.95
Cobertura relvada, solo arenoso:	
Declive plano (0 a 2%)	0.05 - 0.10
Declive médio (2 a 7%)	0.10 - 0.15
Declive elevado (superior a 7%)	0.15 - 0.20
Cobertura relvada, solo pesado:	
Declive plano (0 a 2%)	0.13 - 0.17
Declive médio (2 a 7%)	0.18 - 0.22
Declive elevado (superior a 7%)	0.25 - 0.35

Fonte: Lima, 2010

Tabela 3 - Valores do coeficiente de escoamento C usados em zonas urbanas e periurbanas.

Descrição da ocupação da área	C
Edificação muito densa: Zonas urbanas centrais, densamente construídas, com ruas e calçadas pavimentadas	0.70 - 0.95
Edificação não muito densa:	

Zonas urbanas adjacentes ao centro, com menos densidade de construção, mas com ruas e calçadas pavimentadas	0.60 - 0.70
Edificações com poucas superfícies livres: Zonas residenciais com elevada densidade de construção, com ruas pavimentadas.	0.50 - 0.60
Edificações com muitas superfícies livres: Zonas residenciais com pouca densidade de construção, com ruas macadamizadas ou pavimentadas.	0.25-0.50
Subúrbios com alguma edificação: Zonas de arrabaldes e subúrbios urbanos com pequena densidade de construção.	0.10 - 0.25
Matas, parques e campos de desporto: Zonas rurais, áreas verdes, superfícies arborizadas, parques ajardinados, campos de desporto sem pavimentação	0.05 - 0.20

Fonte: Lima, 2010

Quando a obra exigir um intervalo de retorno mais acentuado, é devido elevar o valor do coeficiente de escoamento C , como explicitado pela seguinte expressão:

$$C^{T_R} = C \times C_f$$

C_f = fator de correção;

C^{T_R} = valor do coeficiente de escoamento;

T_R = período de retorno.

Tabela 4 - Fator de correção C_f do coeficiente de escoamento superficial C para vários períodos de retorno.

Período de retorno (anos)	C_f
2 a 10	1.00
25	1.10
50	1.20
100	1.25

Fonte: Lima, 2010

2.6 Período de retorno

O período de retorno em drenagem urbana refere-se ao intervalo médio de tempo que se espera entre a ocorrência de eventos extremos, como chuvas intensas. É uma medida usada para estimar a probabilidade de um evento de determinada magnitude ocorrer em um dado ano novamente (LIMA, 2010). Conforme equação.

$$T = \frac{1}{P}$$

2.7 Tempo de concentração

O tempo de concentração é um parâmetro importante na hidrologia, usado para representar o tempo que uma gota de água leva para percorrer desde o ponto mais distante de uma bacia hidrográfica até o ponto de saída (LIMA, 2010). É uma medida fundamental para entender a resposta de uma bacia às precipitações e é utilizado em cálculos hidrológicos para estimar o pico de vazão em determinados eventos de chuva. Uma equação comumente usada para estimar o tempo de concentração é a equação de Kirpich.

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

Sendo T_c o tempo de concentração, L é o comprimento efetivo do curso de água e Δz a diferença de cotas entre o ponto mais alto e a seção de drenagem.

2.8 Pluvio

O software Plúvio utiliza dados de chuvas excessivas pelo método inverso, e dentre as 28 combinações de interpolação, o método tem mostrado melhores resultados na estimativa da intensidade média de precipitação, criado pelo Grupo de Pesquisas em Recursos Hídricos do Departamento de Engenharia Agrícola da Universidade Federal de Viçosa. Conforme equação abaixo para encontrar a intensidade de precipitação.

$$I = \frac{K \cdot T^a}{(t+b)^c} = mm/h$$

Sendo:

I = é a intensidade máxima média de precipitação em mm ;

T = representa o tempo de retorno da chuva em anos;

K , a , b , c = são parâmetros locais obtidos por regressão não linear, com base nas informações extraídas de pluviogramas;

t = é o tempo de duração mínima (min).

3 MATERIAL E MÉTODOS

Para o desenvolvimento do projeto a pesquisa dividiu-se em três etapas de estudo: estudo topográfico, estudo hidrológico e estudo hidráulico.

3.1 Estudo topográfico

A coleta de dados topográficos foi realizada utilizando o google earth, com ele foi possível traçar linhas ao longo da área de interesse e gerar uma representação gráfica das curvas de níveis ao longo da área de estudo.

3.2 Estudo hidrológico

Inicialmente foi realizado um levantamento de dados, coletando informações pluviométricas da região com o software pluvio para obter dados da precipitação ao longo do tempo.

Em seguida foi delimitada a bacia hidrográfica, identificando e mapeando áreas de contribuição de água.

Posteriormente calcula-se então o hidrograma de projeto, representando o escoamento superficial em resposta a evento de chuva específico, considerando variáveis como tempo de concentração e coeficiente de escoamento. As vazões de projeto foram determinadas utilizando o método racional, levando em consideração o uso do solo e cobertura vegetal.

3.3 Estudo hidráulico

O estudo hidráulico focou em desenvolver um sistema de drenagem com capacidade para lidar com volumes de água em eventos críticos. A escolha adequada do diâmetro dos tubos, inclinações e capacidade da sarjeta foi determinada por meio de cálculos e simulações hidráulicas. A determinação do sistema de drenagem resultou na definição de um controle

eficaz do fluxo hídrico, minimizando o risco de alagamento e assegurando a eficiência operacional do sistema.

4 RESULTADO E DISCUSSÕES

Após a análise e entendimento das fórmulas no referencial teórico, apresenta-se os resultados para solução do problema de alagamento na Rua Cônego Monte Raso em momentos de grande precipitação.

4.1 Contribuição de Águas Pluviais

Para o dimensionamento dos elementos do sistema de drenagem foi estimado a precipitação em uma situação crítica, gerando um escoamento superficial correspondente, para desenvolvimento dos dispositivos de drenagem. Para determinar as áreas de contribuição foi feita a utilização de informações planimétricas e planialtimétricas do terreno adquiridas do Google Earth e do software AUTOCAD.

4.2 Área de Contribuição

A área de contribuição localiza-se no centro da cidade de Baependi-MG e foi desenvolvida conforme geometria das quadras e vias. As bacias estão representadas no anexo A.

4.3 Método Racional

Para determinar a vazão da área de estudo utilizou-se o método racional, conforme equação.

$$Q = 0,278 \times C \times I \times A$$

Onde:

Q = vazão de pico (m^3/s)

C = coeficiente de escoamento superficial

I = intensidade da chuva (mm/h)

A = área da bacia (ha)

O valor de C adotado para a área foi 0,80.

4.4 Curva IDF

Para o local a curva IDF (intensidade, duração e frequência) foi realizada pela equação empírica determinada por parâmetros observados através de registros históricos.

$$I = \frac{K \cdot T^a}{(t+b)^c} = mm/h$$

Sendo:

I = é a intensidade máxima média de precipitação em mm ;

T = representa o tempo de retorno da chuva em anos;

K , a , b , c = são parâmetros locais obtidos por regressão não linear, com base nas informações extraídas de pluviogramas;

t = é o tempo de duração mínima (min).

Através dos software pluvio obteve-se os valores dos coeficientes para o município de Baependi/MG são:

$$K = 2534,079$$

$$a = 25,804$$

$$b = 0,215$$

$$c = 0,970$$

O tempo de retorno adotado é de 10 anos.

4.5 Galeria

O projeto da galeria de drenagem de águas pluviais está representada no ANEXO B, e a planilha com desenvolvimentos dos cálculos está no ANEXO C.

4.5.1 Condutos

Os condutos foram projetados para funcionarem com altura de lâmina d'água de até 75% do diâmetro do tubo. Para não comprometer o sistema de drenagem do projeto, admitiu-se a velocidade máxima de 6,0m/s.

$$Q = \frac{1}{n} \cdot R_H^{2/3} \cdot \sqrt{I} \cdot Am$$

Onde:

Q = vazão;

n = coeficiente de Manning ($n = 0,016$ para concreto rústico)

R_H = raio hidráulico

I = Declividade

Am = área molhada

Valores adotados:

$n = 0,0015$ tubulação de concreto

Recobrimento mínimo = 1,00 m

diâmetro mínimo = 300 mm

Declividade mínima do trecho = 0,005

4.5.1 Declividade do terreno

Para cálculo da declividade do terreno, foi utilizado a seguinte fórmula, que é a diferença de cotas entre os poços de visitas.

$$I_T = \frac{CT_{Mont} - CT_{Jusan}}{L}$$

Onde:

I_T = Declividade do terreno(m/m);

CT_{Mont} = Cota do terreno à montante (m)

CT_{Jusan} = Cota do terreno à jusante (m)

L = Comprimento do conduto (m)

4.5.1 Diâmetro necessário

Determinou-se o diâmetro necessário utilizando a seguinte equação.

$$D = 1,55 \times \left(n \times \frac{Q}{I^{1/2}} \right)^{2/3}$$

Onde:

D = Diâmetro necessário (m);

n = Número de Manning

Q = Vazão de projeto (m³/s)

I = Declividade do trecho (m/m)

4.5.2 Diâmetro Comercial

Conforme cálculos obtidos do diâmetro necessário, relação $y/D \leq 0,75$ e as dimensões de tubos encontradas no mercado, foi escolhido o diâmetro comercial.

4.5.3 Vazão com seção plena

Foi realizado o cálculo de vazão com seção plena (Q_p) para encontrar as razões de y/D e velocidade real (V) sobre a velocidade com seção plena (V_p). Conforme equação.

$$Q_p = \frac{1}{n} \times \frac{\pi \times D_{com}}{4} \times D_{com}^{2/3} \times I^{1/2}$$

A relação de y/D , Q/Q_p e V/V_p é apresentado pela tabela 5.

4.5.4 Velocidade com seção plena

A velocidade de seção plena é calculada pela seguinte equação.

$$V_p = \frac{Q_p}{\frac{\pi \times D_{com}^2}{4}}$$

4.5.4 Velocidade Real

A partir da determinação de V_p e com a relação V/V_p obtida pela tabela 5, foi possível determinar a velocidade real V para cada tubulação na vazão do projeto.

4.5 Sarjeta

Conforme manual do DNIT 2006, o cálculo da altura d'água na sarjeta para uma dada vazão pode ser definida pela equação de Izzard baseada na fórmula de Manning.

$$Q_o = 0,375 \times y_o^{8/3} \times Z \times \frac{I^{1/2}}{n}$$

Onde:

Q_o = Vazão da sarjeta (m³/s);

y_o = Altura d'água na sarjeta (m)

Z = Tangente do ângulo entre a sarjeta e a guia

I = Declividade longitudinal da sarjeta (m/m)

n = Coeficiente de rugosidade de Manning.

Para desenvolvimento dos cálculos foi considerado a altura da sarjeta em 15 cm e adotada uma lâmina máxima de 13 cm para evitar transbordamento, adotado a largura de 30 cm e a tangente do ângulo determinada pela razão entre a largura da sarjeta e a altura da lâmina d'água.

O n adotado foi de 0,016.

4.5 Boca de Lobo

As bocas de lobos foram adicionadas a partir do trecho que a lâmina d'água da sarjeta ultrapassou o limite, ou seja, a altura máxima de 13 cm.

Com a seguinte equação foi possível determinar a abertura da boca de lobo para suportar a vazão comportada pela sarjeta.

$$Q = 1,655 \times P \times y^{1/5}$$

Onde:

Q = vazão de engolimento;

P = Perímetro de orifício;

y = altura de água próxima a boca de lobo.

$$Q = 2,91 \times A \times y^{1/2}$$

Onde:

Q = vazão;

P = área da grade, excluída as áreas ocupadas pelas grades;

y = altura de água na sarjeta sobre a grelha.

A planilha com desenvolvimento dos cálculos encontra-se no anexo C.

5 CONCLUSÃO

Os resultados dos estudos topográficos, hidrológico e hidráulico desempenharam papéis fundamentais na concepção e implementação de sistema de drenagem para mitigação de inundações na Rua Cônego Monte Raso. O estudo topográfico proporcionou uma base sólida para compreender a morfologia do terreno, identificando áreas propensas a acúmulo de água e determinando pontos críticos para intervenção.

O estudo hidrológico, por meio da modelagem precisa dos padrões de escoamento de água, permitiu uma visão completa do comportamento hidrológico da região. As informações do estudo foram essenciais na previsão e adaptação do sistema de drenagem para lidar eficientemente com diferentes níveis de precipitação, contribuindo diretamente para a redução significativa de inundações.

A análise hidráulica, baseada em simulações criteriosas, proporcionou uma compreensão detalhada da capacidade do sistema em lidar com volumes variáveis de água. A seleção adequada de diâmetros de tubos, inclinações e capacidades das canaletas, fundamentada nesse estudo, foi crucial para garantir a eficiência operacional do sistema, minimizando riscos de transbordamento e otimizando o direcionamento controlado da água.

A utilização coordenada desses estudos permitiu a adaptação do sistema às características únicas da área, resultando em uma solução eficiente e resiliente contra eventos hidrológicos adversos. Este modelo técnico pode ser replicado em projetos futuros para enfrentar desafios similares em diferentes contextos geográficos.

ABSTRACT

The case study carried out on Rua Cônego Monte Raso in Baependi-MG focuses on the management of rainwater on the road in question, in order to offer technical alternatives for efficient drainage of the rainwater that occurs there. The main aim of the work is to analyze the current situation in the area in question with regard to the design of an efficient drainage system in the face of the current situation, in which, due to the lack of an adequate drainage system, the road has become susceptible to flooding. Using topographical, hydrological and hydraulic studies, it is proposed to present an in-depth analysis of the importance of sustainable urban planning capable of integrating advanced drainage technologies that, in collaboration with the local community, are effective in solving the problem in question. In this way, the work aimed to demonstrate, through the use of the aforementioned drainage studies and techniques, the importance of an efficient drainage system for the site studied (Rua Cônego Monte Raso, Baependi-MG), providing a solid basis for understanding the morphology of the terrain, identifying areas prone to water accumulation and determining critical points that need intervention, thus making it possible to point out possible solutions for the case.

Keywords: rainwater management; drainage systems; topographical, hydrological and hydraulic studies.

REFERÊNCIAS

MINISTÉRIO DOS TRANSPORTES (BRASIL). DNIT - **DEPARTAMENTO NACIONAL DE INFRA-ESTRUTURA DE TRANSPORTES. MANUAL DE DRENAGEM DE RODOVIAS.** 2. ed. [S. l.: s. n.], 2006. 337 p. Disponível em: https://www.gov.br/dnit/pt-br/assuntos/planejamento-e-pesquisa/ipr/coletanea-de-manuais/vigentes/724_manual_drenagem_rodovias.pdf. Acesso em: 23 nov.. 2023.

SISTEMA DE DRENAGEM URBANA PARA CAPTAÇÃO, TRANSPORTE E DESÁGUE DE ÁGUAS PLUVIAIS.: **Um estudo de caso na Avenida São Carlos, situada no bairro Olho D'água na cidade de São Luís.** Orientador: Prof. Dr. Claudemir Gomes de Santana. 2020. 67 p. Monografia (Bacharelado em Engenharia Civil) - CENTRO UNIVERSITÁRIO - UNIDADE DE ENSINO SUPERIOR DOM BOSCO, [S. l.], 2020. Disponível em: <http://repositorio.undb.edu.br/bitstream/areas/335/1/LEONARDO%20SMITH%20FERNANDES%20GONDIM.pdf>. Acesso em: 13 mar. 2023.

SOUSA, Rodrigo. **Esquema de drenagem urbana.** Disponível em: <http://aquafluxus.com.br/wp-content/uploads/2011/07/post2-300x198.jpg>. Acesso em: 10 nov. 2023.

SOUZA, Matheus. **Drenagem Urbana: Clássica x Sustentável.** Disponível em: www.aquafluxus.com.br/drenagem-urbana-classica-x-sustentavel/. Acesso em: 10 nov. 2023.

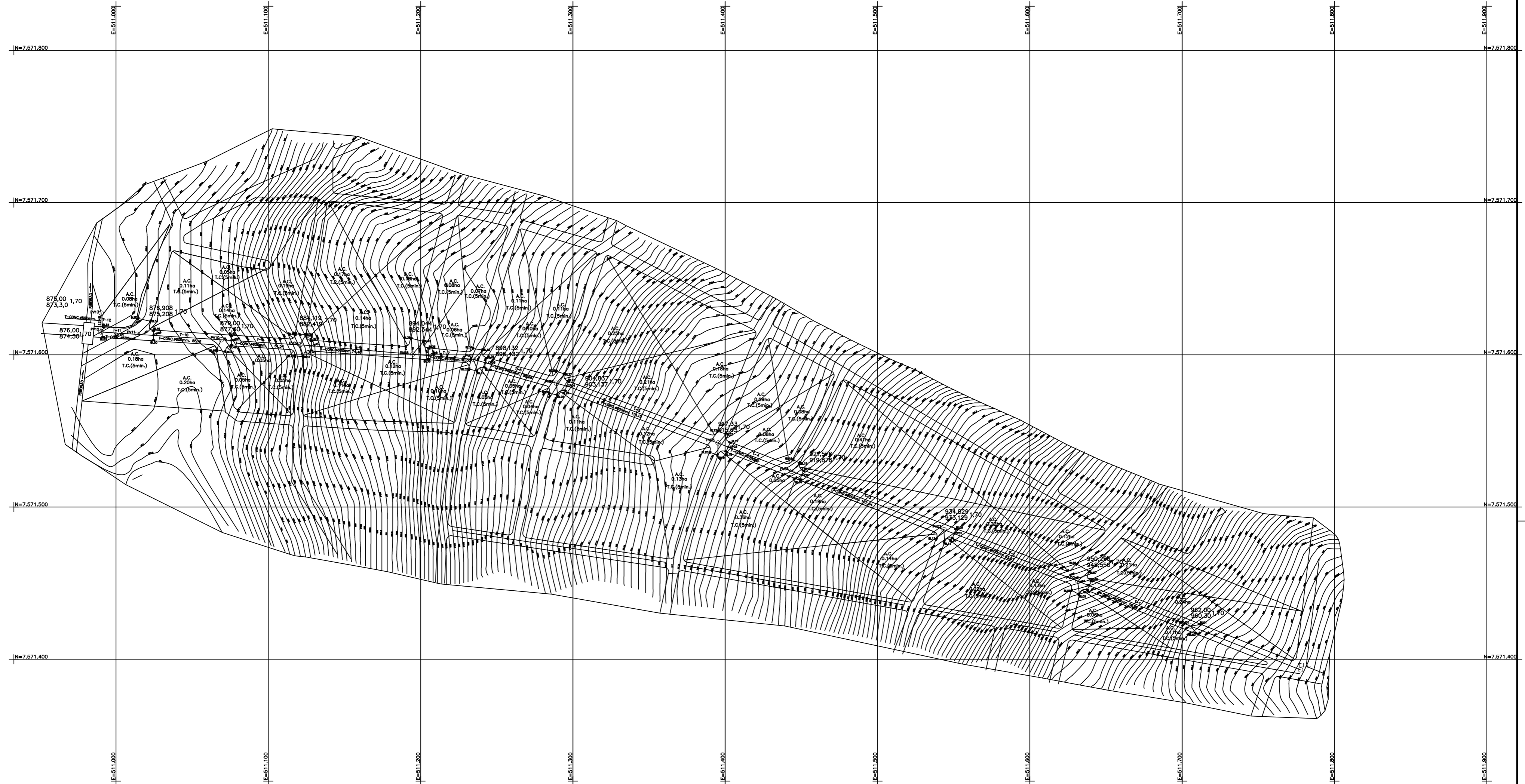
TUCCI, C.E.M. (2005). **Gestão das inundações urbanas.** Unesco - Global Water Partnersip. Documento disponível em http://www.sedur.ba.gov.br/pemapes/pdf/material_tecnico/Manual_Gestao_Inundacoes_Urbanas_Tucci_2005.pdf. Acesso em: 12 nov. 2023.

GRIBBIN, John E. **Introdução à hidráulica, hidrologia e gestão de águas pluviais.** São Paulo: Cengage Learning, 2014. xiii, 526 p. ISBN 9788522116348. Acesso em: 14 nov. 2023.

MINISTÉRIO DO MEIO AMBIENTE. Governo Federal. **Ciclo Hidrológico.** Disponível em: <http://www.mma.gov.br/agua/recursos-hidricos/aguas-subterraneas/ciclo-hidrologico>. Acesso em: 15 nov. 2023.

MARTINS, Cristina; MENDES, Maria da Graça; ABREU, José; ALMEIDA, José; LIMA, João; LIMA, Isabel. **Hidrologia urbana: conceitos básicos.** Lisboa: [s. n.], Junho 2010. Disponível em: https://www.pseau.org/outils/ouvrages/ersar_hidrologia_urbana_conceitos_basicos_2010.pdf. Acesso em: 17 nov. 2023.

Anexo A



PROJETO DRENAGEM URBANA

DESCRICA0:

LOCAL:

ENG° RESP.:

PROP.:

ESCALA: 1/1250

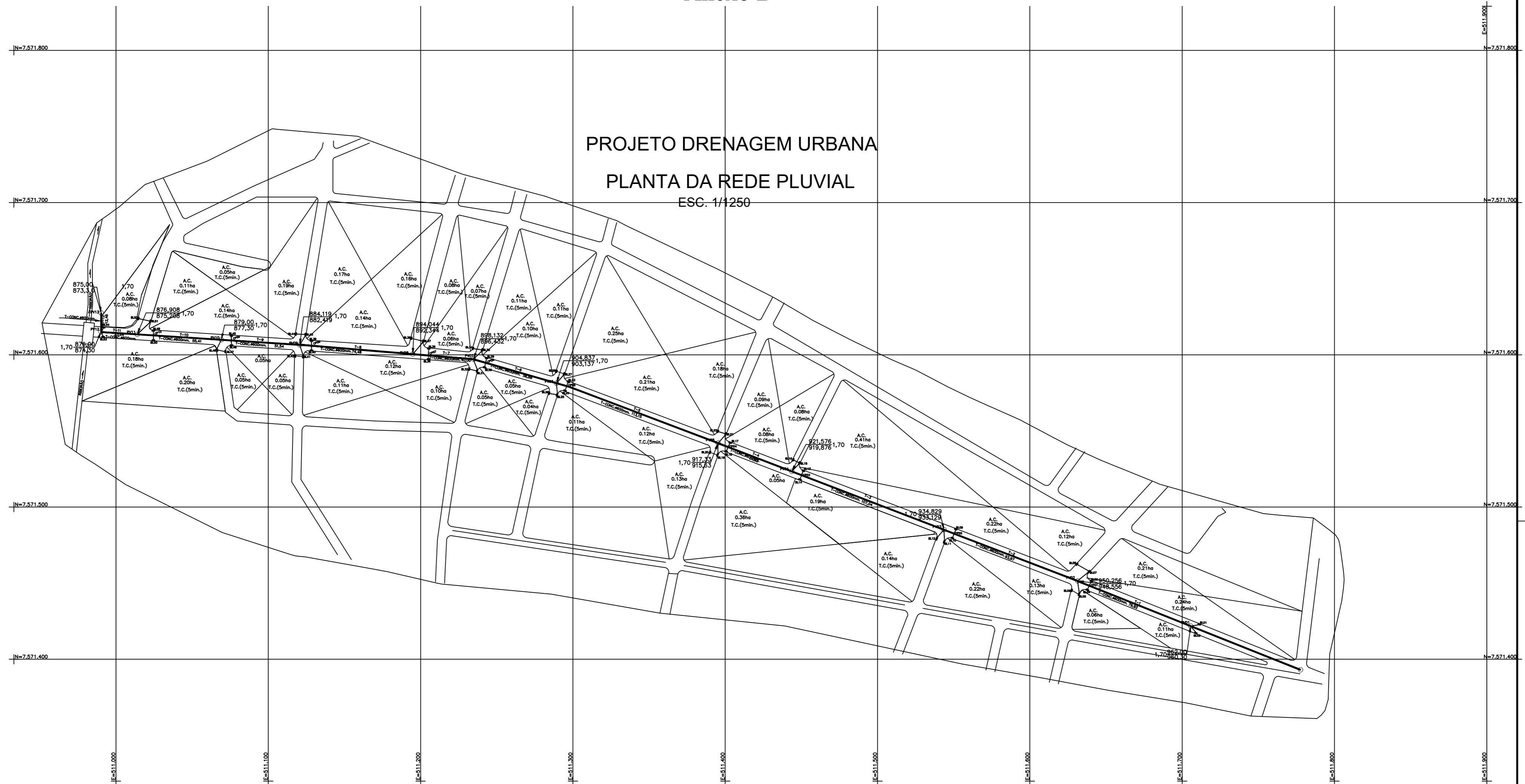
DESENHISTA :

TOPÓGRAFO:

DATA : 26/NOV./2023

Anexo B

PROJETO DRENAGEM URBANA PLANTA DA REDE PLUVIAL ESC. 1/1250



PROJETO DRENAGEM URBANA

DESCRICA0:

LOCAL:

ENG° RESP.:

PROP.:

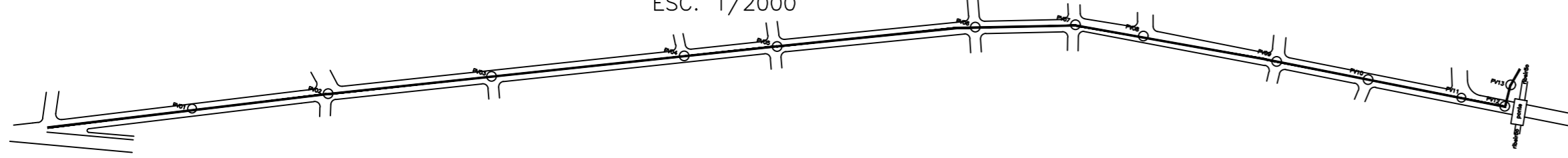
ESCALA: 1/1250

DESENHISTA :

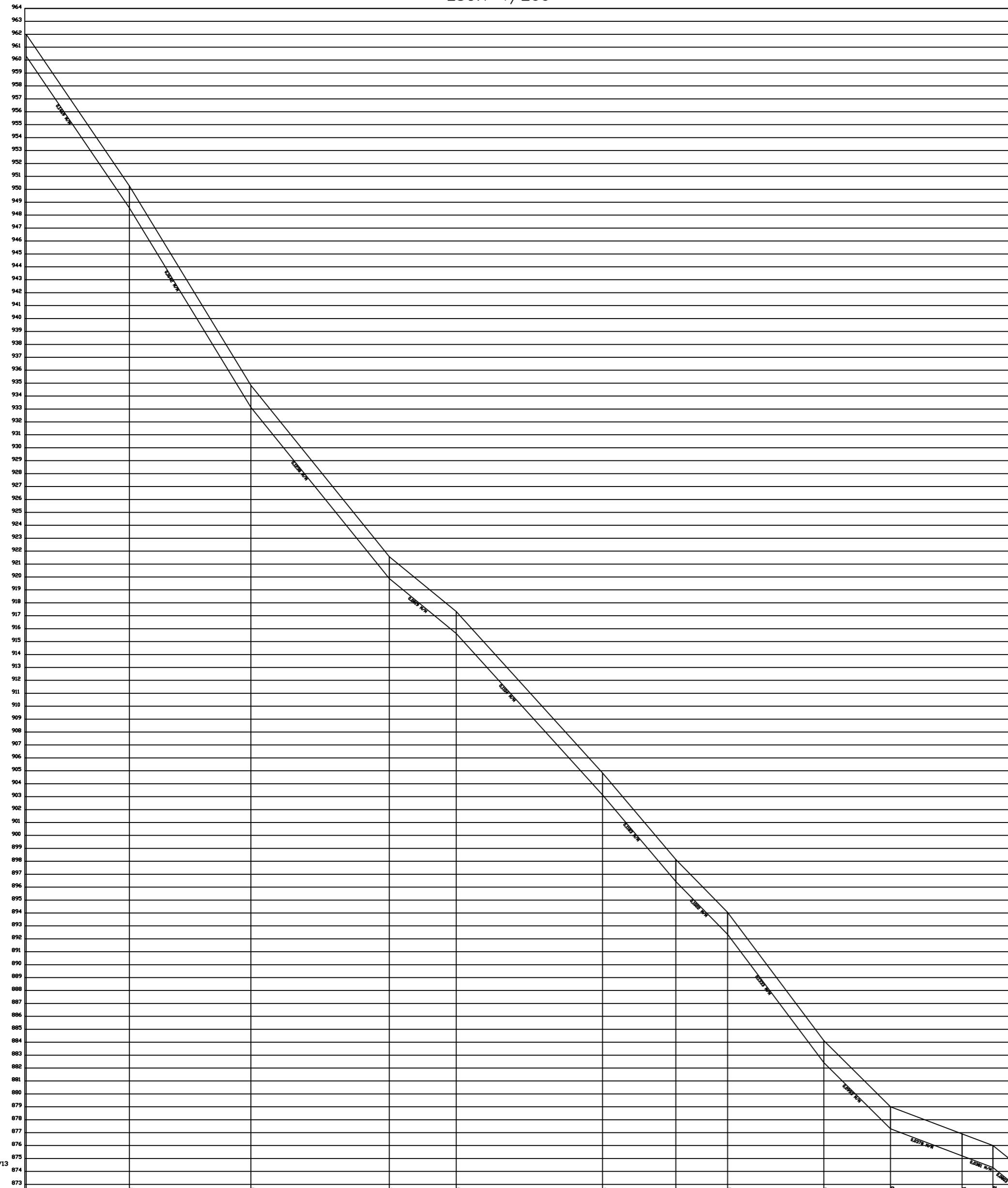
TOPÓGRAFO:

DATA :
26/NOV./2023

PLANTA SITUAÇÃO DA REDE
ESC. 1/2000



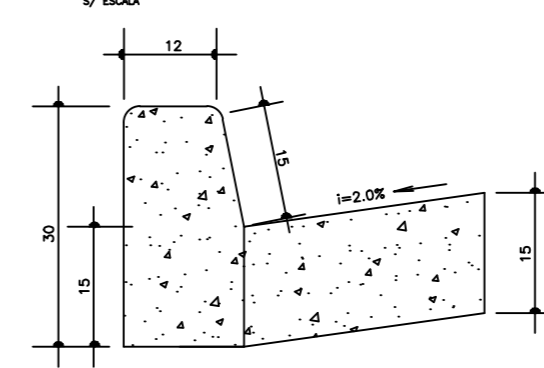
PERFIL LONGITUDINAL
ESC. H 1/2000
ESC. V 1/200



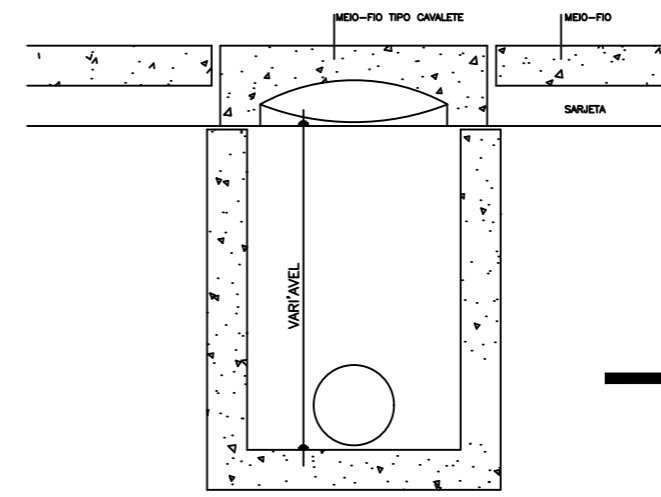
PERFIL DOS TRECHOS: P.V1 AD P.V13
ESCALA HORIZONTAL: 1:1000
ESCALA VERTICAL: 1:100

COTA DO TERRENO	956,856	954,887	951,874	947,30	941,87	935,30	927,64	918,89	909,29	898,89	887,64	875,30
COTA DA OBRATA DE INVERSO DO TUBO	948,856	943,287	933,874	922,30	909,87	896,30	882,64	868,89	854,29	839,89	825,64	811,30
DISTÂNCIA ENTRE P.V.	75,00M	93,87M	107,44M	31,80M	56,44M	50M	74,00M	30,84M	30,40M	32,84M	32,40M	
DIAMETRO - MATERIAL	600PP/C/CONC.	600PP/C/CONC.	600PP/C/CONC.	600PP/C/CONC.	600PP/C/CONC.	600PP/C/CONC.	600PP/C/CONC.	600PP/C/CONC.	600PP/C/CONC.	600PP/C/CONC.	600PP/C/CONC.	

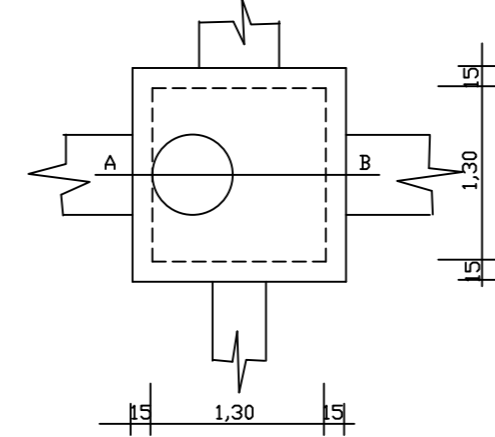
DETALHE MEIO-FIO E SARJETA
S/ ESCALA



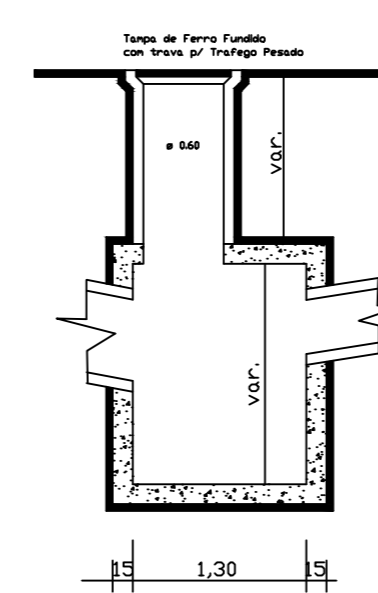
CORTE A-A
S/ ESCALA



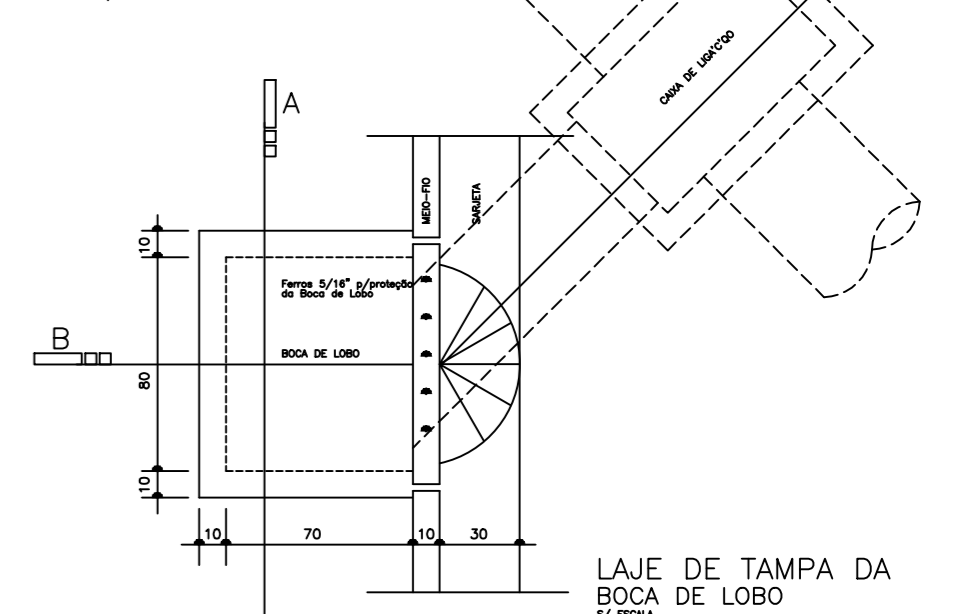
POÇO DE VISITA E QUEDA
S/ ESCALA



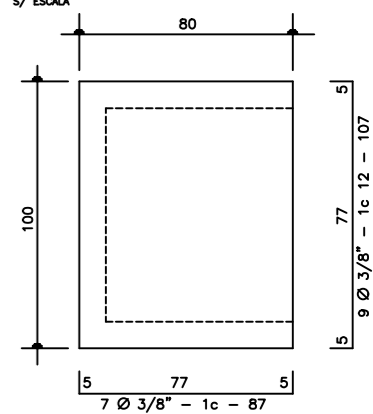
CORTE AB
S/ ESCALA



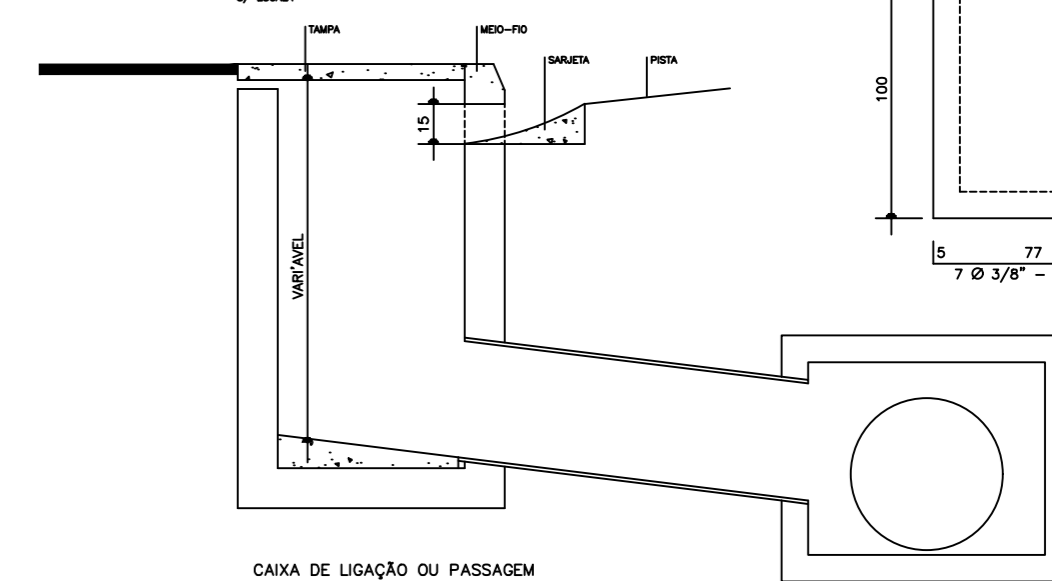
PLANTA BOCA DE LOBO
S/ ESCALA



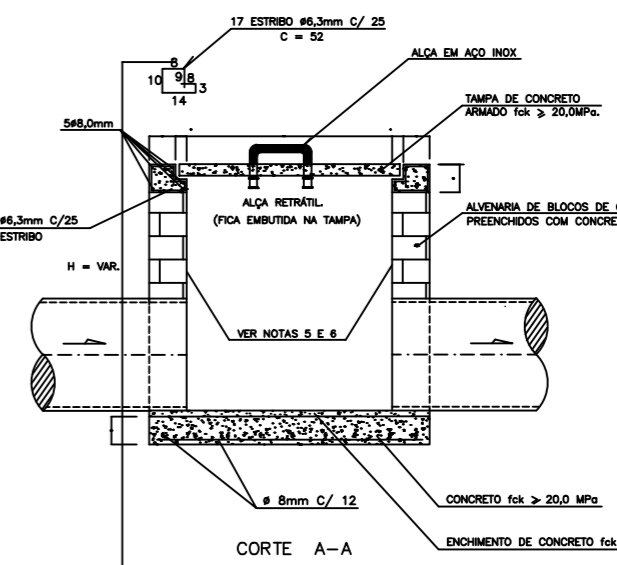
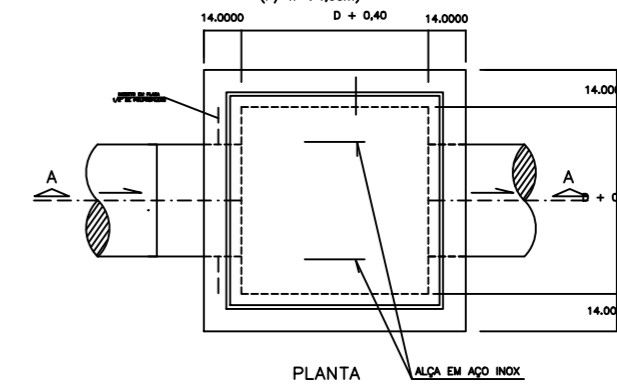
LAJE DE TAMPA DA BOCA DE LOBO
S/ ESCALA



CORTE B-B
S/ ESCALA



CAIXA DE LIGAÇÃO OU PASSAGEM
(P/h < 1,60m)
S/ ESCALA



PROJETO DRENAGEM URBANA

DESCRICAÇÃO:		
LOCAL:		
ENG. RESP.:	PROP.:	ESCALA:
DESENHISTA:	TOPOGRAFO:	DATA:

Anexo C

Nó Inicial	Nó Final	Extensão (m)	Descr. da Sarjeta	Larg. da Sarjeta (m)	Alt. da Sarjeta (m)	tg theta	n Manning Sarjeta	Bocas de Lobo	Larg. da Rua (m)	n Manning Rua	Decl. da Via (%)	Classe da Via	Sarjetão
P1	P2	64,61	S1	0,30	0,15	0,1	16,000	1	10,00	16,000	2,0	Secundária	0
P2	P3	74,68	S2	0,30	0,15	0,1	16,000	1	10,00	16,000	2,0	Secundária	0
P7	P8	40,60	S7	0,30	0,15	0,1	16,000	1	10,00	16,000	2,0	Secundária	0
P9	P10	100,61	S9	0,30	0,15	0,1	16,000	2	10,00	16,000	2,0	Secundária	0
P11	P12	42,55	S11	0,30	0,15	0,1	16,000	1	10,00	16,000	2,0	Secundária	0
P21	P22	54,77	S20	0,30	0,15	0,1	16,000	1	10,00	16,000	2,0	Secundária	0
P22	P23	71,85	S21	0,30	0,15	0,1	16,000	1	10,00	16,000	2,0	Secundária	0
P26	P27	100,33	S25	0,30	0,15	0,1	16,000	2	10,00	16,000	2,0	Secundária	0
P27	P28	47,03	S26	0,30	0,15	0,1	16,000	1	10,00	16,000	2,0	Secundária	0
P31	P32	42,88	S30	0,30	0,15	0,1	16,000	1	10,00	16,000	2,0	Secundária	0
P33	P34	35,26	S32	0,30	0,15	0,1	16,000	1	10,00	16,000	2,0	Secundária	0
P34	P35	68,17	S33	0,30	0,15	0,1	16,000	1	10,00	16,000	2,0	Secundária	0
P38	P39	72,59	S37	0,30	0,15	0,1	16,000	1	10,00	16,000	2,0	Secundária	0
P40	P41	49,52	S38	0,30	0,15	0,1	16,000	1	10,00	16,000	2,0	Secundária	0
P41	P19	9,83	S39	0,30	0,15	0,1	16,000	0	10,00	16,000	2,0	Secundária	0
P19	P20	14,30	S19	0,30	0,15	0,1	16,000	1	10,00	16,000	2,0	Secundária	0
P24	P25	82,75	S23	0,30	0,15	0,1	16,000	1	10,00	16,000	2,0	Secundária	0
P29	P30	100,80	S28	0,30	0,15	0,1	16,000	1	10,00	16,000	2,0	Secundária	0
P36	P37	39,23	S35	0,30	0,15	0,1	16,000	1	10,00	16,000	2,0	Secundária	0
P42	P18	50,14	S40	0,30	0,15	0,1	16,000	1	10,00	16,000	2,0	Secundária	0
P43	P17	92,65	S41	0,30	0,15	0,1	16,000	1	10,00	16,000	2,0	Secundária	0
P17	P18	92,91	S17	0,30	0,15	0,1	16,000	1	10,00	16,000	2,0	Secundária	0
P44	P16	90,39	S42	0,30	0,15	0,1	16,000	1	10,00	16,000	2,0	Secundária	0
P45	P15	85,45	S43	0,30	0,15	0,1	16,000	1	10,00	16,000	2,0	Secundária	0
P15	P16	65,19	S15	0,30	0,15	0,1	16,000	1	10,00	16,000	2,0	Secundária	0
P46	P14	87,72	S44	0,30	0,15	0,1	16,000	1	10,00	16,000	2,0	Secundária	0
P47	P13	84,54	S45	0,30	0,15	0,1	16,000	1	10,00	16,000	2,0	Secundária	0
P13	P14	26,41	S13	0,30	0,15	0,1	16,000	1	10,00	16,000	2,0	Secundária	0
P48	P12	85,79	S46	0,30	0,15	0,1	16,000	1	10,00	16,000	2,0	Secundária	0
P4	P5	83,67	S4	0,30	0,15	0,1	16,000	1	10,00	16,000	2,0	Secundária	0
P5	P6	101,77	S5	0,30	0,15	0,1	16,000	1	10,00	16,000	2,0	Secundária	0

Nó Inicial	Nó Final	Descr. da Sarjeta	Área (ha)	Área Planta (ha)	i (mm/h)	Tr (anos)	i (Eq. IDF) (mm/h)	C (0<=C<=1)	% Imperm.	C Horner	Tc (min)	Tc Kerby (min)	Tc G.Ribeiro (min)
P1	P2	S1	0,1028	0,1028	147,42	10	127,75	0,80	80	0,56	2,92	2,92	0,94
P2	P3	S2	0,0861	0,0861	147,42	10	127,75	0,80	80	0,56	2,68	2,68	1,06
P7	P8	S7	0,0846	0,0846	147,42	10	127,75	0,80	80	0,56	2,32	2,32	0,59
P9	P10	S9	0,2052	0,2052	147,42	10	127,75	0,80	80	0,56	3,30	3,30	1,44
P11	P12	S11	0,1125	0,1125	147,42	10	127,75	0,80	80	0,56	2,21	2,21	0,61
P21	P22	S20	0,0713	0,0713	147,42	10	127,75	0,80	80	0,56	2,66	2,66	0,80
P22	P23	S21	0,0722	0,0722	147,42	10	127,75	0,80	80	0,56	2,61	2,61	1,02
P26	P27	S25	0,2037	0,2037	147,42	10	127,75	0,80	80	0,56	3,24	3,24	1,44
P27	P28	S26	0,0553	0,0553	147,42	10	127,75	0,80	80	0,56	2,43	2,43	0,68
P31	P32	S30	0,0543	0,0543	147,42	10	127,75	0,80	80	0,56	2,14	2,14	0,61
P33	P34	S32	0,0385	0,0385	147,42	10	127,75	0,80	80	0,56	2,04	2,04	0,51
P34	P35	S33	0,1019	0,1019	147,42	10	127,75	0,80	80	0,56	2,68	2,68	0,97
P38	P39	S37	0,1293	0,1293	147,42	10	127,75	0,80	80	0,56	3,72	3,72	1,09
P40	P41	S38	0,0442	0,0442	147,42	10	127,75	0,80	80	0,56	3,26	3,26	0,75
P41	P19	S39	0,0192	0,0192	147,42	10	127,75	0,80	80	0,56	1,35	1,35	0,15
P19	P20	S19	0,0336	0,0336	147,42	10	127,75	0,80	80	0,56	0,25	----	
P24	P25	S23	0,1012	0,1012	147,42	10	127,75	0,80	80	0,56	2,71	2,71	1,17
P29	P30	S28	0,1332	0,1332	147,42	10	127,75	0,80	80	0,56	1,45	3,30	1,45
P36	P37	S35	0,0621	0,0621	147,42	10	127,75	0,80	80	0,56	2,14	2,14	0,56
P42	P18	S40	0,1030	0,1030	147,42	10	127,75	0,80	80	0,56	3,62	3,71	0,78
P43	P17	S41	0,1844	0,1844	147,42	10	127,75	0,80	80	0,56	4,31	4,31	1,40
P17	P18	S17	0,1605	0,1605	147,42	10	127,75	0,80	80	0,56	3,54	3,55	1,36
P44	P16	S42	0,1619	0,1619	147,42	10	127,75	0,80	80	0,56	4,23	4,23	1,36
P45	P15	S43	0,1789	0,1789	147,42	10	127,75	0,80	80	0,56	5,05	5,27	1,35
P15	P16	S15	0,1555	0,1555	147,42	10	127,75	0,80	80	0,56	2,61	2,60	0,93
P46	P14	S44	0,0722	0,0722	147,42	10	127,75	0,80	80	0,56	1,52	----	
P47	P13	S45	0,0694	0,0694	147,42	10	127,75	0,80	80	0,56	5,23	5,23	1,33
P13	P14	S13	0,0560	0,0560	147,42	10	127,75	0,80	80	0,56	1,78	1,78	0,38
P48	P12	S46	0,1086	0,1086	147,42	10	127,75	0,80	80	0,56	1,49	----	
P4	P5	S4	0,1612	0,1612	147,42	10	127,75	0,80	80	0,56	2,73	2,73	1,18
P5	P6	S5	0,1838	0,1838	147,42	10	127,75	0,80	80	0,56	3,27	3,27	1,46

Nó	Coordenada N (m)	Coordenada E (m)	Cota Terreno (m)	Nó Associado
P1	7571400,21	511769,13	967,500	
P2	7571424,24	511709,15	962,200	1
P3	7571451,92	511639,79	950,300	2
P7	7571528,60	511439,90	921,000	
P8	7571543,14	511401,99	917,500	5
P9	7571547,49	511390,61	917,500	
P10	7571582,75	511296,38	905,500	6
P11	7571586,63	511284,44	904,000	
P12	7571598,07	511243,46	899,000	7
P21	7571398,28	511755,14	967,000	
P22	7571418,64	511704,30	962,200	1
P23	7571445,27	511637,57	950,350	2
P26	7571483,84	511537,03	934,850	
P27	7571519,78	511443,36	922,000	4
P28	7571536,62	511399,45	917,500	5
P31	7571579,67	511282,33	904,800	
P32	7571591,57	511241,13	899,000	7
P33	7571594,91	511229,59	898,000	
P34	7571597,54	511194,43	894,000	8
P35	7571602,63	511126,45	885,000	9
P38	7571606,73	511063,08	878,400	
P39	7571611,42	510990,64	875,700	13
P40	7571669,48	511028,83	878,000	
P41	7571622,32	511013,73	876,500	11
P19	7571617,50	511005,16	876,000	
P20	7571618,42	510990,89	876,000	13
P24	7571449,90	511625,50	950,200	
P25	7571479,54	511548,24	934,900	3
P29	7571540,90	511388,23	917,500	
P30	7571576,34	511293,87	905,500	6
P36	7571603,40	511114,47	884,000	
P37	7571605,94	511075,32	879,500	10
P42	7571666,87	511036,43	878,000	
P18	7571618,87	511021,93	877,100	11
P43	7571701,28	511132,58	887,000	
P17	7571610,42	511114,45	884,000	9
P18	7571618,87	511021,93	877,100	11
P44	7571699,27	511138,62	888,000	
P16	7571609,57	511127,50	885,000	9
P45	7571690,42	511214,42	895,000	
P15	7571607,78	511192,67	894,000	8
P16	7571609,57	511127,50	885,000	9
P46	7571690,22	511223,56	895,000	
P14	7571604,58	511204,55	895,000	8
P47	7571682,27	511257,18	899,000	
P13	7571601,94	511230,83	898,000	7
P14	7571604,58	511204,55	895,000	8

P48	7571681,24	511264,48	899,000	
P12	7571598,07	511243,46	899,000	7
P4	7571458,08	511623,72	950,350	
P5	7571488,05	511545,60	934,850	3
P6	7571524,50	511450,58	922,000	4

Sarj.	Trecho	Compr. (m)	Decl. (m/m)	Área Parcel (ha)	Área Acumulada (ha)	Coe f. Esc.	tc (min)	i (mm/h)	Q mon/jus (m3/s)	Q Engolid a (m3/s)	nº Bocas de Lobo	Cap. por Bocas (m3/s)	V mon/jus (m/s)	y mon/jus (m)	Larg. mon/jus (m)	Cap. Sarj. (m3/s)
1	S1	64,61	0,082	0,103		0,56	10,00	127,75	0,0000				0,00	0,00	0,00	0,0000
					0,103				0,0000	0,0202	1	0,040	0,00	4,23	61,95	
	S2	74,68	0,159	0,086		0,56	10,00	127,75	0,0000				0,00	0,00	0,00	0,0000
					0,086				0,0000	0,0170	1	0,040	0,00	3,73	36,63	
2	S7	40,60	0,086	0,085		0,56	10,00	127,75	0,0000				0,00	0,00	0,00	0,0000
					0,085				0,0000	0,0167	1	0,040	0,00	3,98	49,44	
3	S9	100,61	0,119	0,205		0,56	10,00	127,75	0,0000				0,00	0,00	0,00	0,0000
					0,205				0,0000	0,0404	2	0,040	0,00	5,07	103,55	
4	S11	42,55	0,118	0,113		0,56	10,00	127,75	0,0000				0,00	0,00	0,00	0,0000
					0,113				0,0000	0,0222	1	0,040	0,00	4,12	56,53	
5	S20	54,77	0,088	0,071		0,56	10,00	127,75	0,0000				0,00	0,00	0,00	0,0000
					0,071				0,0000	0,0141	1	0,040	0,00	3,82	41,10	
	S21	71,85	0,165	0,072		0,56	10,00	127,75	0,0000				0,00	0,00	0,00	0,0000
					0,072				0,0000	0,0142	1	0,040	0,00	3,59	29,93	
6	S25	100,33	0,128	0,204		0,56	10,00	127,75	0,0000				0,00	0,00	0,00	0,0000
					0,204				0,0000	0,0401	2	0,040	0,00	4,98	99,16	
	S26	47,03	0,096	0,055		0,56	10,00	127,75	0,0000				0,00	0,00	0,00	0,0000
					0,055				0,0000	0,0109	1	0,040	0,00	3,60	30,10	
7	S30	42,88	0,135	0,054		0,56	10,00	127,75	0,0000				0,00	0,00	0,00	0,0000
					0,054				0,0000	0,0107	1	0,040	0,00	3,49	24,57	
8	S32	35,26	0,113	0,038		0,56	10,00	127,75	0,0000				0,00	0,00	0,00	0,0000
					0,038				0,0000	0,0076	1	0,040	0,00	3,37	18,69	
	S33	68,17	0,132	0,102		0,56	10,00	127,75	0,0000				0,00	0,00	0,00	0,0000
					0,102				0,0000	0,0201	1	0,040	0,00	3,96	48,08	
9	S37	72,59	0,037	0,129		0,56	10,00	127,75	0,0000				0,00	0,00	0,00	0,0000
					0,129				0,0000	0,0255	1	0,040	0,00	5,34	117,04	
10	S38	49,52	0,030	0,044		0,56	10,00	127,75	0,0000				0,00	0,00	0,00	0,0000
					0,044				0,0000	0,0087	1	0,040	0,00	3,86	43,44	
	S39	9,83	0,051	0,019		0,56	10,00	127,75	0,0000				0,00	0,00	0,00	0,0000
					0,019				0,0038				0,00	3,26	13,52	
	S19	14,30	0,001	0,034		1,36	1678,33	4,52	0,0038				0,00	5,11	105,77	0,0000
					0,053				0,0000	0,0009	1	0,060	0,00	3,48	24,17	
11	S23	82,75	0,185	0,101		0,56	10,00	127,75	0,0000				0,00	0,00	0,00	0,0000
					0,101				0,0000	0,0199	1	0,040	0,00	3,80	40,09	
12	S28	100,80	0,119	0,133		0,56	10,00	127,75	0,0000				0,00	0,00	0,00	0,0000

					0,133				0,000 0	0,026 2	1	0,04 0	0,00	4,33	66,75	
13	S35	39,23	0,11 5	0,06 2		0,56	10,00	127,7 5	0,000 0				0,00	0,00	0,00	0,000 0
					0,062				0,000 0	0,012 2	1	0,04 0	0,00	3,61	30,89	
14	S40	50,14	0,01 8	0,10 3		0,56	10,00	127,7 5	0,000 0				0,00	0,00	0,00	0,000 0
					0,103				0,000 0	0,020 3	1	0,04 0	0,00	5,68	134,4 6	
15	S41	92,65	0,03 2	0,18 4		0,56	10,00	127,7 5	0,000 0				0,00	0,00	0,00	0,000 0
					0,184				0,000 0	0,036 3	1	0,04 0	0,00	6,59	179,7 1	
	S17	92,91	0,07 4	0,16 1		0,56	10,00	127,7 5	0,000 0				0,00	0,00	0,00	0,000 0
					0,161				0,000 0	0,031 6	1	0,04 0	0,00	5,05	102,6 6	
16	S42	90,39	0,03 3	0,16 2		0,56	10,00	127,7 5	0,000 0				0,00	0,00	0,00	0,000 0
					0,162				0,000 0	0,031 9	1	0,04 0	0,00	6,11	155,6 4	
17	S43	85,45	0,01 2	0,17 9		0,56	10,00	127,7 5	0,000 0				0,00	0,00	0,00	0,000 0
					0,179				0,000 0	0,035 2	1	0,04 0	0,00	8,82	291,0 5	
	S15	65,19	0,13 8	0,15 5		0,56	10,00	127,7 5	0,000 0				0,00	0,00	0,00	0,000 0
					0,155				0,000 0	0,030 6	1	0,04 0	0,00	4,44	72,49	
18	S44	87,72	0,00 1	0,07 2		0,56	10,00	127,7 5	0,000 0				0,00	0,00	0,00	0,000 0
					0,072				0,000 0	0,014 2	1	0,06 0	0,00	11,04	402,3 0	
19	S45	84,54	0,01 2	0,06 9		0,56	10,00	127,7 5	0,000 0				0,00	0,00	0,00	0,000 0
					0,069				0,000 0	0,013 7	1	0,04 0	0,00	5,22	111,3 4	
	S13	26,41	0,11 4	0,05 6		0,56	10,00	127,7 5	0,000 0				0,00	0,00	0,00	0,000 0
					0,056				0,000 0	0,011 0	1	0,04 0	0,00	3,55	27,87	
20	S46	85,79	0,00 1	0,10 9		0,56	10,00	127,7 5	0,000 0				0,00	0,00	0,00	0,000 0
					0,109				0,000 0	0,021 4	1	0,06 0	0,00	15,11	605,9 1	
21	S4	83,67	0,18 5	0,16 1		0,56	10,00	127,7 5	0,000 0				0,00	0,00	0,00	0,000 0
					0,161				0,000 0	0,031 7	1	0,04 0	0,00	4,29	64,71	
	S5	101,7 7	0,12 6	0,18 4		0,56	10,00	127,7 5	0,000 0				0,00	0,00	0,00	0,000 0
					0,184				0,000 0	0,036 2	1	0,04 0	0,00	4,79	89,97	

TRECHO		Extensão (m)	Área (ha)	Escoamento Cm	Int .Pluv. (mm/h)	Vazão (L/s)	Diâmetro (mm)	Decliv. (m/m)	Y/D	Y (m)	Cota Montante Terreno (m)	Cota Jusante Terreno (m)	Cota Montante Tubo (m)	Cota Jusante Tubo (m)	Profundidade Inicial(m)	Profundidade Final (m)	Vd (m/s)	Escoamento (min)
PV1	PV2	79,92	0,62	0,50	149,6	128,80	1Ø600	0,14695	0,17	0,10	962,000	950,256	960,300	948,556	1,70	1,70	4,03	0,33
PV2	PV3	93,97	1,08	0,40	148,0	204,47	1Ø600	0,16417	0,21	0,12	950,256	934,829	948,556	933,129	1,70	1,70	4,80	0,33
PV3	PV4	107,04	1,52	0,50	146,5	294,03	1Ø600	0,12381	0,27	0,16	934,829	921,576	933,129	919,876	1,70	1,70	4,83	0,37
PV4	PV5	51,82	2,00	0,50	144,9	390,62	1Ø600	0,08194	0,35	0,21	921,576	917,330	919,876	915,630	1,70	1,70	4,51	0,19
PV5	PV6	113,15	2,44	0,40	144,1	461,05	1Ø600	0,11041	0,35	0,21	917,330	904,837	915,630	903,137	1,70	1,70	5,26	0,36
PV6	PV7	56,66	2,79	0,60	142,5	544,18	1Ø600	0,11834	0,37	0,22	904,837	898,132	903,137	896,432	1,70	1,70	5,65	0,17
PV7	PV8	40,00	3,09	0,60	141,8	615,08	1Ø600	0,10220	0,42	0,25	898,132	894,044	896,432	892,344	1,70	1,70	5,53	0,12
PV8	PV9	74,48	3,57	0,50	141,3	709,27	1Ø600	0,13326	0,42	0,25	894,044	884,119	892,344	882,419	1,70	1,70	6,33	0,20
PV9	PV10	51,54	3,79	0,50	140,5	752,20	1Ø600	0,09932	0,47	0,28	884,119	879,000	882,419	877,300	1,70	1,70	5,77	0,15
PV10	PV11	55,41	4,06	0,50	139,9	804,64	1Ø600	0,03775	0,66	0,40	879,000	876,908	877,300	875,208	1,70	1,70	4,04	0,23
PV11	PV12	23,84	4,24	0,60	138,9	846,32	1Ø600	0,03809	0,69	0,41	876,908	876,000	875,208	874,300	1,70	1,70	4,09	0,10
PV12	PV13	12,46	4,32	0,60	138,5	864,79	1Ø600	0,08026	0,54	0,33	876,000	875,000	874,300	873,300	1,70	1,70	5,51	0,04