

UNIVERSIDADE FEDERAL DE CAMPINA GRANDE
CENTRO DE CIÊNCIAS E TECNOLOGIA AGROALIMENTAR
UNIDADE ACADÊMICA DE CIÊNCIAS E TECNOLOGIA AMBIENTAL
CURSO DE GRADUAÇÃO EM ENGENHARIA CIVIL

**PROPOSTA DE IMPLANTAÇÃO DE MICRODRENAGEM URBANA PARA A
CIDADE DE IGUATU-CE**

THALES ANDRADE DA COSTA

ACOPIARA – CE

2022

THALES ANDRADE DA COSTA

**PROPOSTA DE IMPLANTAÇÃO DE MICRODRENAGEM URBANA PARA A
CIDADE DE IGUATU-CE**

Trabalho de Conclusão de Curso apresentado à Universidade Federal de Campina Grande, Centro de Ciências e Tecnologia Agroalimentar, como requisito básico para a conclusão do curso de Engenharia Civil.

Orientador: Prof.Dr. Manoel Moisés Ferreira de Queiroz

ACOPIARA – CE

2022


THALES ANDRADE DA COSTA

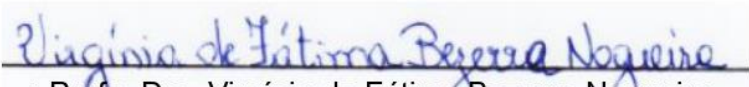
**PROPOSTA DE IMPLANTAÇÃO DE MICRODRENAGEM
URBANA PARA A CIDADE DE IGUATU-CE**

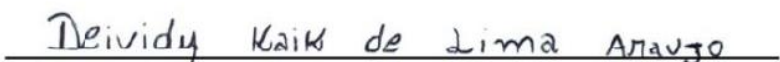
Este Trabalho de Conclusão de Curso foi julgado adequado pelos examinadores para obtenção do grau de Bacharel em Engenharia Civil e aprovado por unanimidade pelos professores participantes da banca examinadora.

Aprovado em 14 de março de 2022.

COMISSÃO EXAMINADORA


Prof. Dr. Manoel Moisés Ferreira de Queiroz
(Orientador – UACTA/CCTA/UFCG)


: Profa. Dra. Virgínia de Fátima Bezerra Nogueira
Examinadora Interna - Instituição/Órgão: UACTA/CCTA/UFCG.


Eng. Deividu Kaik de Lima Araujo
Examinador Externo Instituição/Órgão: Prefeitura Municipal de Patos

POMBAL - PB

2022

AGRADECIMENTOS

Agradeço a Deus por ter me guiado até aqui, pela força, coragem e disciplina adquirida ao longo do caminho.

A minha mãe, Antonia Marciana de Andrade, sem a qual jamais teria chegado a esse ponto, me apoiou em todos os momentos e ao longo deste último ano estive sempre ao meu lado.

Também aos meus amigos de curso e vida, Victor Alves e Matheus Guilherme pela amizade, parceria, todos os momentos de apoio mútuo ao longo dessa jornada e ajuda no percurso desse trabalho.

E claro ao querido professor, Manoel Moises Ferreira de Queiroz pela atenção e determinação diária em transmitir conhecimentos.

COSTA, T, A. PROPOSTA DE IMPLANTAÇÃO DE SISTEMA DE MICRODRENAGEM URBANA DO BAIRRO CENTRO, SITUADA NA CIDADE DE IGUATU CEARÁ. 2021. 51 fls. Trabalho de Conclusão de Curso (Graduação em Engenharia Civil) - Universidade Federal de Campina Grande, Acopiara-CE. 2022

RESUMO

A formação das cidades é uma característica típica da sociedade humana, o processo de urbanização refere-se à modernização e crescimento dos centros urbanos, assim transformando o espaço e gerando desafios a serem resolvidos pela engenharia. A problemática estudada encontra origem no processo acelerado de urbanização e na falta de gestão urbana, trazendo ano após ano prejuízos e transtornos à população residente. Observando essa questão, o presente trabalho apresenta uma solução técnica, tomando como base parâmetros e procedimentos comumente empregados, aliados aos melhores processos científicos foi desenvolvida a equação de chuva para a cidade utilizando o método de Gumbel e a proposta de uma rede pluvial pelo método racional, a fim de amenizar os transtornos que a população vem enfrentando com inundações. Ao término ficaram projetadas 111 sarjetas com 5374,4 m de comprimento triangulares de 10cm de altura, 12 bocas de lobo tipo guia sem depressão e 1140m contínuos de coletores.

Palavras-chave: Drenagem Urbana, Equação de Chuva, Urbanização.

ABSTRACT

The formation of cities is a characteristic feature of human society, the urbanization process refers to the modernization and growth of urban centers and generating challenges to be developed by engineering. The concern with urban management and the origin of the accelerated process for urban management, including another after the operation and the disturbed origin of urban management. Observing this issue, the present work presents a technical solution, based on the procedures and methods commonly used, combined with the best scientific ones, a method of pluvial procedures for the city was developed, using the rain method for the city, the Gumbel method. and the proposal of a developed city to alleviate the inconveniences that the end of the population comes with the floods. At the end of the type of lobe considered standard 111 gutter with 534.4 m long triangular 10 cm high, 12 guide mouths without depression and 1140 m of collectors.

Keywords: Urban Drainage, Rain Equation, Urbanization.

LISTA DE FIGURAS

Figura 1: Hidrograma de Área Urbanizada e não urbanizada.	16
Figura 2: Balanço Hídrico numa Bacia Urbana	16
Figura 3: Localização do município de Iguatu no estado do Ceará.	18
Figura 4: Topografia municipal	18
Figura 5: lagoa telha	20
Figura 6: açude trussu.	20
Figura 7: Rua Eduardo Lavor	21
Figura 8: Rua Deocleciano Bezerra.	22
Figura 9: Curvas de nível para a área em tudo	26
Figura 10: Áreas de Contribuição	27
Figura 11: Água escoando por toda a calha da rua.	28
Figura 12: Água escoando só pela sarjeta.	28
Figura 13: Coeficiente De Rugosidade De Manning.	29
Figura 14: Bocas-de-lobo.	31
Figura 15 : Ajuste à Distribuição Gumbel.	34
Figura 16: Comportamento das Curvas IDF.	37
Figura 17: Valores do logarítmicos da intensidade máxima.	38
Figura 18: Parâmetro Independente K	38
Figura 19: Variável K.	39

LISTA DE TABELAS

Tabela 1: Método de Gumbel Aplicado	22
Tabela 2: Fatores de conversão da Precipitação de um dia..	23
Tabela 3: Coeficiente de Escoamento Superficial.	29
Tabela 4 :Fatores de redução de escoamento das sarjetas	29
Tabela 5: Distribuição de Gumbel.	32
Tabela 6 : Chuva teórica.	33
Tabela 7 :Qui Quadrado Gumbel	34
Tabela 8: Resultado do Qui Quadrado	34
Tabela 9 :Chuva de Projeto “z”.	35
Tabela 10: Valores de Intensidade Máximos em mm/h.	35
Tabela 11: Variável Independente	37
Tabela 12: Parâmetros da Equação de Chuva	38
Tabela 13:Parâmetros para dimensionamento das Sarjetas (Manning).	39
Tabela 14: Método Racional	41
Tabela 15: Número Necessário de BLs	43
Tabela 16: Galerias	43

Sumário

1. INTRODUÇÃO	12
2 OBJETIVOS	13
2.1 Geral	13
2.2 Específicos	13
3 REVISÃO BIBLIOGRÁFICA	14
3.1 Chuvas Intensas	14
3.2 Inundações	14
3.3 Planejamento Urbano	15
4 METODOLOGIA	16
4.1 Área de estudo	17
4.2 Bairro Centro	20
4.3 Parâmetros Pluviométricos	20
4.4 Distribuição de Gumbel	21
4.5 Equação de Chuva	22
4.6 Caracterização da área – Projeto de Microdrenagem	23
4.7 Vazão Máxima	25
4.8 Sarjetas	27
4.9 Bocas de lobo	29
4.9.1 Galerias	31
5. RESULTADOS E DISCUSSÕES	32
5.1. Equação de Chuva	32
5.2. Curvas de nível	33
5.3. Área de Contribuição	38
5.4. Dimensionamento do Sistema (Sarjetas)	39
5.3 Dimensionamento (Método Racional)	41
5.4 Dimensionamento Bocas de lobo.	43
5.5 Mapa da Área em Estudo	44
6. Conclusão	45
REFERÊNCIAS	46

1. INTRODUÇÃO

O Brasil teve sua urbanização iniciada a partir do século XVIII, porém apenas um século depois as cidades atingiram a intensificação típica de centros urbanos modernos e demoraria mais um século para se tornarem como as conhecemos na atualidade. (MILTON, 1993).

A cidade é a maior transformação sobre a superfície terrestre provocada pela ação humana, impactando em diversos níveis o meio ambiente. O tamanho e a maneira como se organiza uma cidade determina o nível de infraestrutura necessário à realização das diversas atividades desenvolvidas nos centros urbanos, essas cidades estão se formando mais rapidamente, assim contribuído para aumentar os riscos de desastres (HIDALGO,2015).

Danos causados aos ambientes urbanos por eventos climáticos extremos (excesso ou deficiência de chuvas, vendavais ou movimento de terra etc.) estão em sua maioria atrelados a inadequada ocupação e utilização dos recursos naturais pela sociedade humana (HIDALGO,2015).

Pesquisas realizadas em 2018 pelo Sistema Nacional de Informações sobre Saneamento (SNIS), revelam que 83,6% dos brasileiros recebem água tratada em casa. Porém no que diz respeito ao esgotamento sanitário os percentuais caem consideravelmente, pois 53,2% da população era atendida com coleta de esgoto, enquanto 46,3% possuía tratamento de esgoto, essa mesma pesquisa também revela números preocupantes com relação ao manejo de águas pluviais, onde apenas 24,6% dos municípios brasileiros possuem sistemas de drenagem unitários.

Enchentes são eventos já recorrentes no Brasil, as enchentes e inundações são causadas também pela ocupação da margem maior dos rios, que em períodos de seca se encontra vazia. Chuvas intensas somadas a falta de escoamento superficial suficiente, dificulta a locomoção, gera prejuízos e podem causar até doenças, deixando de ser um problema de engenharia como também de saúde (SOARES, 2014).

O centro da cidade de Iguatu-CE é um bairro intensamente urbanizado localizado em área com cotas próximas às de corpos hídricos existentes no local. Em que em períodos chuvosos enfrenta problemas com inundações. Além disso bairro associa o sistema de esgoto ao de drenagem, que além de incorreto, tem se mostrado ineficiente na retirada do volume de água precipitado, não evitando a recorrência frequente de inundações, indicando a necessidade de implantação de um sistema de microdrenagem conforme proposto neste trabalho.

2 OBJETIVOS

2.1 Geral

O objetivo deste trabalho é propor um sistema de microdrenagem urbana, desenvolvido na forma de um projeto técnico, com coletores e condutores dimensionados de acordo com as características hidrológicas e topográficas do bairro, buscando minimizar os problemas de alagamentos enfrentados pela população do bairro centro de Iguaçu-CE.

2.2 Específicos

- Obter a série histórica de chuvas máximas diárias anuais da região;
- Obter a equação de chuvas intensas a partir da desagregação de chuvas máximas diárias de projetos obtidas da distribuição de probabilidade Gumbel;
- Obter informações topográficas da área a partir de imagens de satélite;
- Identificar e caracterizar a forma uso e ocupação do solo do local;
- Dimensionar o sistema de microdrenagem;

3 REVISÃO BIBLIOGRÁFICA

3.1 Chuvas Intensas

Grandes volumes de água precipitados em um curto intervalo de tempo é o que define esse tipo de evento, então uma precipitação de 50mm em 24 horas é fraca, enquanto essa mesma precipitação em poucos minutos é intensa, o conhecimento da precipitação e como ocorre em cada região brasileira, é variável importante para a meteorologia, tal importância pode ser pontuada quanto às consequências que o excesso de precipitação, pode gerar.

É impossível dimensionar corretamente um sistema de drenagem urbana sem o conhecimento profundo das relações de intensidade, duração e frequência, avaliando um determinado período de tempo, são coletados e relacionados os valores de máximas e médias precipitações para posterior avaliação de altura pluviométrica observada em um intervalo de tempo desejado.

Em sua maioria a distribuição de frequência de valores extremos de grandezas hidrológicas, segue perfeitamente as proposições do tipo I de Fisher-Tippet (VILLELA & MATTOS, 1975), também conhecida como distribuição de Gumbel. Esse método estatístico permite prever a frequência de ocorrência das chuvas máximas em localidade específica (VIEIRA ET AL., 1994) .

3.2 Inundações

De acordo com a Pesquisa Nacional por amostra de domicílio (PNAD) 2015 do IBGE, mais de 84% da população brasileira vive em áreas urbanas, durante esse processo de concentração populacional não houve legítima preocupação com relação às normas legais vigentes, se tornando acelerado e desordenado, dando margem para a ocorrência de eventos prejudiciais à vida humana.

Para o professor de Geografia Wagner Cerqueira, são diversos os fatores influenciadores para a ocorrência de inundações urbanas, podendo se descartar a ineficácia do sistema de drenagem urbana e habitação em áreas ribeirinhas.

Para TUCCI, 2003, os impactos no espaço urbano, estão diretamente relacionados ao grau em que se encontram as ocupações de áreas chaves, como várzeas (inundações ribeirinhas) e da incorreta manutenção de canais do sistema de drenagem (drenagem urbana). Ambas têm caminhado juntas e têm sido registradas junto com a história do desenvolvimento urbano. O aumento da frequência de ocorrências de inundações tem se tornado mais comum neste século com relação ao anterior e está relacionada diretamente à urbanização, devido ao aumento expressivo de habitantes nas cidades e a inclinação dos engenheiros atuais de projetarem um sistema com uma visão pontual do problema, ou seja, drenagem o escoamento pluvial o mais rápido possível das áreas urbanizadas e transferindo o problema para outra área.

Existem dois tipos básicos de soluções para casos de inundações, o tipo estrutural que será desenvolvido, são construções de engenharia que tem o objetivo de reduzir a ocorrência de enchentes, essas podem ocorrer em toda a bacia (medidas extensivas), que tem como premissa fundamental modificar a relação precipitação - vazão da área, como por exemplo a cobertura vegetal natural do solo, que retarda os picos de enchentes e controla a erosão superficial da bacia. Já as medidas intensivas atuam preponderantemente sobre o rio, e podem ocorrer de três maneiras diferentes. (a) Acelerando o escoamento: Com a construção de diques e polders, aumento da capacidade de descarga dos rio, através da construção de canais, cortes e meandros. (b) Retardar o escoamento: Construção de reservatórios e bacias de amortecimento. (c) Facilitando o desvio de escoamento: Canais e barreiras de desvios (Tucci, 2005).

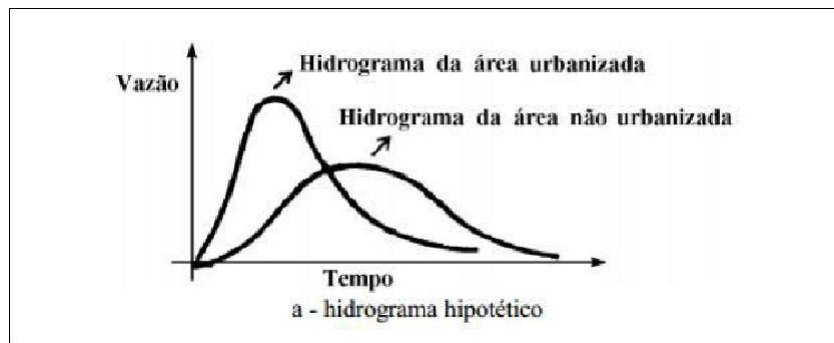
3.3 Planejamento Urbano

A drenagem urbana é parte sensível, de todo um trabalho de planejamento urbano, pois instalada em determinada área o que ocorre é a transferência de todo o montante de água para outra área à jusante, quem produz o impacto pode acabar por não sofrer as consequências. Diante dessa situação o poder público deve interferir, demonstrando a necessidade de um plano abrangente a todos os membros interessados no assunto, para que os mais abastados de poder aquisitivo não levem vantagem (TEIXEIRA et al., 2005).

Em uma bacia sem impermeabilização, a distribuição de escoamento

superficial, infiltração e de evaporação ocorre de maneira bem mais equilibrada, mas com a substituição da cobertura natural por construções como pavimentações asfálticas e edificações que promovem a compactação do solo e o desmatamento, afetam diretamente o escoamento superficial e deve ser equilibrado pelos projetos de micro e macro drenagem urbana. A Figura 1 apresenta uma comparação entre os hidrogramas de uma área antes e depois da urbanização.

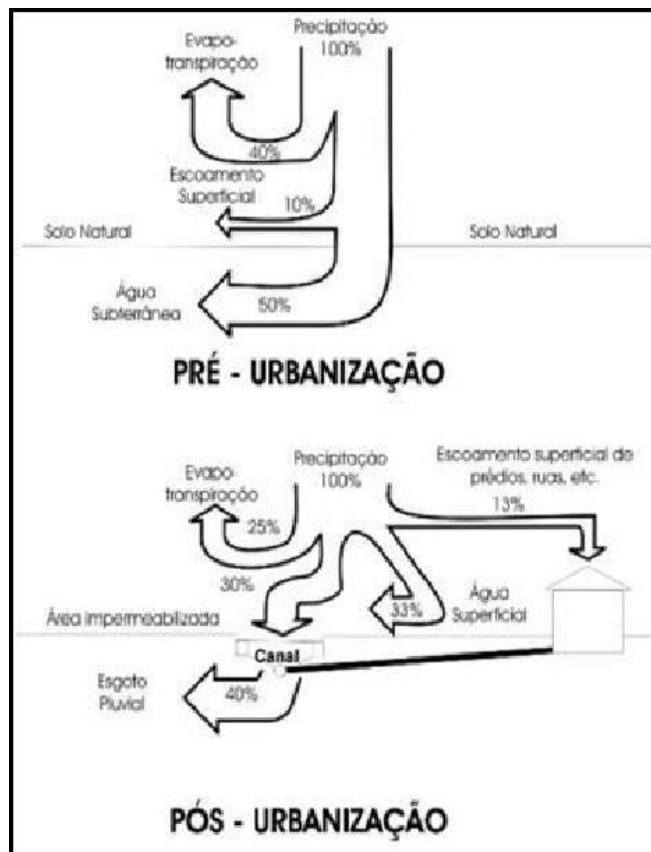
Figura 1: Hidrograma de Área Urbanizada e não urbanizada



Fonte: TUCCI (2008).

Na figura 2 é mostrado o balanço hídrico, com as diferentes porcentagens e destino da precipitação pré e pós urbanização.

Figura 2: Balanço Hídrico numa Bacia Urbana



Fonte: BARBOSA 2006, apud, TUCCI E BETONI (2003).

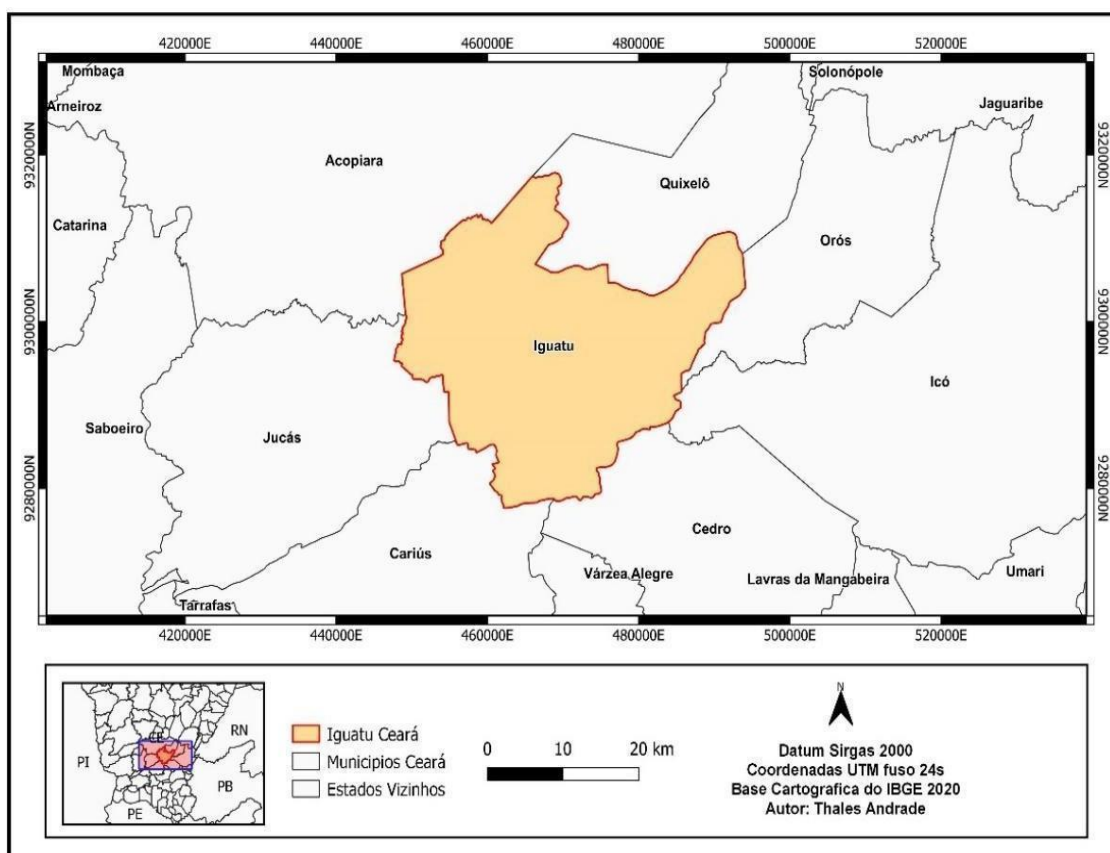
4 METODOLOGIA

4.1 Área de estudo

O bairro centro está dentro da jurisdição do município de Iguatu, do estado do Ceará, com uma população estimada, para o ano de 2020, em 103.074 mil pessoas, segundo estimativas do IBGE, ainda segundo a base de dados do IBGE, o município se encontra na mesorregião do centro sul cearense (Figura 3), com uma área total de 992.208 km², completamente coberto pelo bioma da caatinga. Estando a 380km da capital do estado, está entre as 300 cidades mais populosas do Brasil e ocupa a 9ª posição no estado, sendo assim a mais importante cidade da microrregião.

O município foi um dos maiores produtores de algodão do estado, durante as décadas de 60,70 e 80 época em que consolidou sua posição de referência econômica, após a construção da linha férrea até cidade de Crato, a expansão urbana se intensificou aos arredores da estação ferroviária, que faz parte do bairro estudado, e como um todo no município.

Figura 2: Localização do município de Iguatu no estado do Ceará.

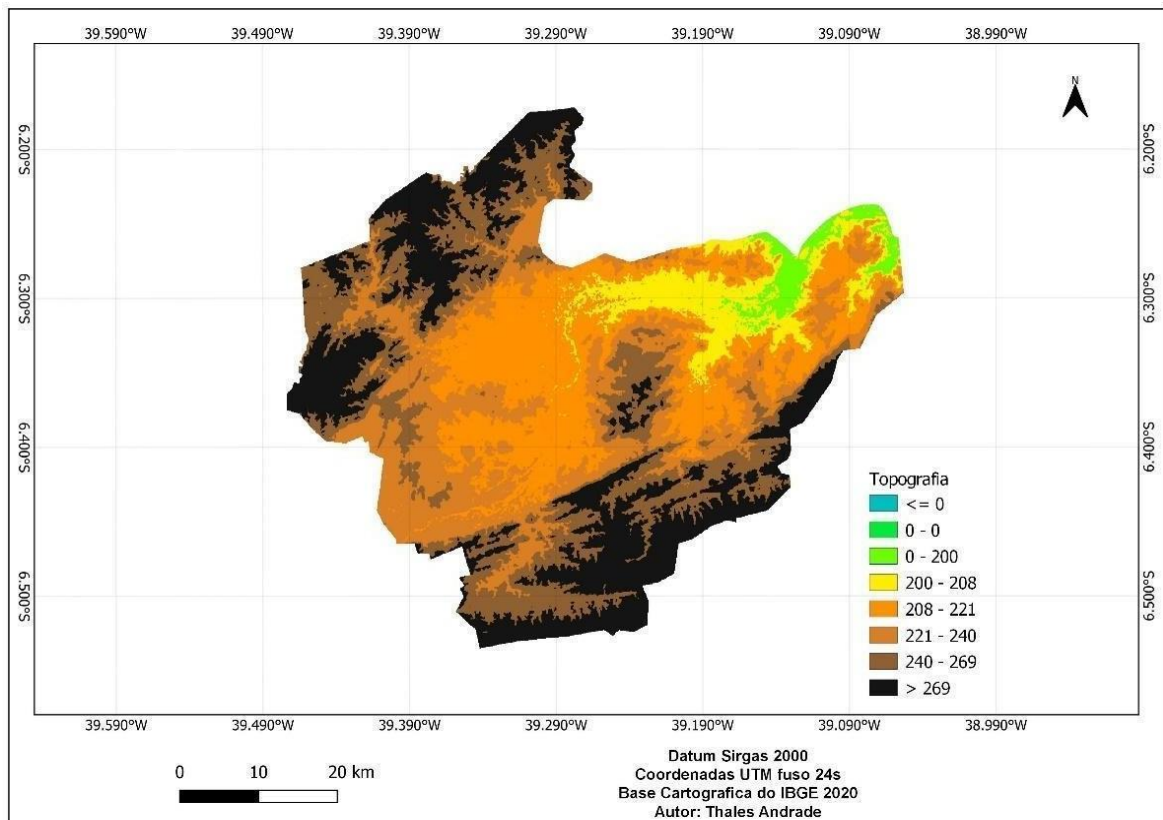


Fonte: Autor/2021.

O município faz parte das depressões sedimentares em meio à superfície

sertaneja cearense, com uma altitude média de 217 m, devido a topografia suave(Figura 4), apresenta poucas variações, sendo praticamente plano em todo o perímetro urbano, com mudanças entre 200 e 500 m, nos limites do município, os solos comumente encontrados são podzólicos, litólicos, solos aluviais e vertissolos.

Figura 3:Topografia municipal



Fonte: Autor/2021.

O município é banhado pelos rios Truçú e Jaguaribe ambos de caráter intermitente, inseridos na sub bacia do alto Jaguaribe, cobrindo uma área de drenagem de 24.639km², representa 16,32% do territorial estadual, cobrindo 24 municípios cearenses, podendo atingir uma acumulação de 2.8km³ de água, o nome da cidade vem do tupi e significa “água boa” ou “grande água”, conhecido também como a terra das lagoas, por abranger mais de 11 lagoas, o bairro centro assim como outras partes da cidade, era até 1970, uma grande lagoa denominada telha(Figura 5), sendo aterrada durante o processo de urbanização, tornando-se um pequeno lago

aterro esse que não seguiu qualquer orientação infra estrutural.

Figura 4: Lagoa telha



Fonte: Reprodução/Internet.

A cidade ainda conta com a segurança hídrica do maior reservatório da região, o açude popularmente conhecido como Trussu (Figura 6), que abastece também a cidade de Acopiara, com capacidade de 1.940.000.000 m³.

Figura 5: Açude Trussu.



Fonte: Reprodução/Internet.

4.2 Bairro Centro

O processo de urbanização do bairro se intensificou quando foi instalada a estação ferroviária já citada, é a área que apresenta maior urbanização no município, com todas as ruas asfaltadas ou calçadas. O bairro conta com sistema de coleta de esgoto em todo o perímetro, mas é quase inexistente estruturas de drenagem, em alguns pontos como é comum no Brasil as águas pluviais acabam sendo direcionadas ao sistema de coleta de esgoto.

São vários os pontos críticos na área em estudo, porém se destacam as ruas Eduardo Lavor (Figura 7) e rua Deocleciano (Rocha Figura 8), pois a se encontram em zona de convergência de várias áreas de contribuição, produzindo assim uma vazão que inunda as ruas e prejudica o trânsito, nessas imagens fica explicitada a atual situação do braiuro.

Figura 6: Rua Eduardo Lavor



Fonte: Diário do Nordeste/ fevereiro de 2021.

Figura 7: Rua Deocleciano Bezerra.



Fonte: Reprodução/Internet/2021.

4.3 Dados Pluviométricos.

A produção deste trabalho, exigiu o levantamento de dados e parâmetros necessários à sua conclusão, como a base de dados HIDROWEB, coordenada pela Agência Nacional de Águas (ANA) necessária para a obtenção da série histórica de precipitação Para obter a série histórica de chuvas máximas diária anual, optou-se pela estação de código 639044, posicionada na latitude $6^{\circ}22'29.2''S$ e Longitude $39^{\circ}17'37.4''W$, devido sua localização nas imediações do bairro em estudo, operada pelo Serviço Geológico do Brasil – CPRM, sob responsabilidade da Agência Nacional de Águas.

Entre o período de 1974 e 2020 foram coletados os dados das precipitações máximas diárias, através da base de dados da agência Nacional de Águas (ANA), os quais foram organizados em máximas anuais, em ordem decrescente, para aplicação do método de Gumbel (Tabela 2), sendo assim possível formar uma série com 47 anos analisados.

4.4 A distribuição de Gumbel

A Distribuição Assimptótica de Extremos, ou distribuição de Gumbel, é utilizada quando desejamos encontrar máximos, por exemplo o evento de precipitação máximo anual, sendo dessa maneira utilizada neste trabalho, a qual se mostrou eficiente devido ao ajuste observado.

Tabela 1: Método de Gumbel Aplicado

h(mm)	m	p=m/(n+1)	T=1/p	Variação de Gumbel Y.	
				Yobservado -ln(-ln(1-1/T))	yteórico h(mm)*M(0,47*s)/(0,7797*S)
210	1	0,0208333 3	48	3,860692775	5,389386741
174	2	0,0416666 7	24	3,156849494	3,979535663
126	3	0,0625	16	2,740493007	2,099734225

Fonte: Autor/2021.

Na qual:

- h(mm): são as precipitações máximas diárias de cada ano;
- m: é a ordem numérica crescente do tamanho da série;
- p(m/n+1): Probabilidade de ocorrência de cada evento observado;
- n: Tamanho da Série;
- T: Período de retorno;
- M: Média das precipitações observadas;
- S: desvio padrão das precipitações observadas;

4.5 Equação de Chuva

Obtidos os valores e constatado que os valores Y observados e teóricos, através do teste de hipótese e estatística Qui Quadrado, seguem uma distribuição Gumbel, é determinado os valores dos fatores de frequência para os períodos de retorno que foram 5; 10; 15; 20; 25; 50;75; 100; pela fórmula a seguir:

$$K_t = 0,779Y - 0,45 \quad (1)$$

Na qual:

- Y logaritmo períodos de retorno de interesse;
- kt ajuste dos períodos de retorno a distribuição de Gumbel

Feito isso foram aplicadas as equações de Chow(1983), para obtenção das chuvas de projeto pela fórmula:

$$Z = média + K_t * DP \quad (2)$$

Na qual:

- Média da Série histórica em estudo;
- Dp Desvio padrão da série histórica.

Ao final desse processo foi obtida a chuva de projeto “z” para os períodos de retorno 2, 5, 10, 20, 25, 50, 75 e 100.

Para obtenção das curvas de intensidade, duração e frequência(I-D-F) faz-se necessário transformar as alturas precipitadas em intensidade de precipitação, para isso, empregou-se a equação desenvolvida por André Silveira (2) em função dos coeficientes de desagregação que são mostrados na tabela 2, que se refere ao Modelo de Gumbel ajustado às precipitações observadas, considerando os períodos de duração (T).

$$C24 = e^{1,5 \ln\left(\frac{Int}{7,3}\right)} \quad (3)$$

Na qual:

- C24 = Coeficiente de desagregação
- T= Durações escolhidas.

Tabela 2: Fatores de desagregação de chuvas de 24h de duração para diferentes durações.

Tempo	Coef.desa	Tempo	Coef.desa	Tempo	Coef.desa
5	0,103520664	90	0,483957168	600	0,820300681
10	0,177149219	120	0,531101792	720	0,855618987
15	0,225943981	180	0,599981391	900	0,899515098
20	0,262887664	240	0,65052276	1080	0,935920302
25	0,292800655	300	0,69065338	1260	0,967073864
30	0,318026613	360	0,724031748	1440	0,994333801
45	0,376558338	480	0,777755477	1 dia	1,14
60	0,420041588				

Fonte: Autor/2021.

Com os valores da chuva de projeto determinados, e as durações escolhidas, será construído a tabela de precipitação para cada duração desagregada, mostrado nas conclusões, então se construiu o gráfico de *Intensidade X duração* afim de averiguar, se os valores seguiam uma mesma tendência.

Após a análise dos dados, foi estabelecida uma relação matemática entre as três variáveis que regem a equação de precipitação: intensidade, duração e o período de retorno. O formato geral de uma equação I-D-F é representado pela equação.

$$I = \frac{KT^m}{(t + t_0)^n} \quad (4)$$

Na qual:

- I = Precipitação máxima;
- T= Tempo de retorno;
- T = Duração da chuva;
- K, n, m, t₀ = Parâmetros locais.

Constatado que as curvas do gráfico *Intensidade X duração*, atende os requisitos de projeto foi construído o gráfico bilogarítmico, *Intensidade X duração*, para determinação do parâmetro “n” da equação de chuva, encontrado através do coeficiente angular, das retas presente no gráfico.

Foi construído mais um gráfico bilogarítmico, porém diferente do caso anterior, aplicamos o log para os períodos de retorno de interesse, e anotamos os valores das variáveis independente nas equações do gráfico bilogarítmico.

Outro gráfico bilogarítmico foi construído com o objetivo de identificarmos as variáveis m e Log k, aplicamos o log para os períodos de retorno de interesse, e anotamos os valores das variáveis independente do gráfico bilogarítmico.

Com os valores, foi construído um gráfico de dispersão e representados sua equação característica, sendo o coeficiente angular e a variável independente de interesse, respectivamente representando os valores das constantes m e Log k. Por fim, pode-se determinar a equação de precipitação para a área de estudo.

4.6 Caracterização da área – Projeto de Microdrenagem

Finalizado a construção da equação de chuva, é necessário o levantamento e tratamento dos dados topográficos, a base dados TOPODATA que oferece o Modelo Digital de Elevação (MDE) de todo o território nacional, produtos Google como Google Maps, Google Earth, Google Street View, várias bases de dados do Instituto Brasileiro de geografia e Estatística (IBGE), são essenciais para o correto procedimento de dimensionamento.

Para o tratamento e extração dessas informações foram utilizados softwares como Quantum QGIS usado para geração dos mapas, o procedimento consiste em dispondo do MDE sobre a área de interesse, usar dentro da aba *Raster* a ferramenta *Extrair Contorno*, escolher a opção *ELEV* e o distanciamento entre cada curva

O Segundo procedimento é delimitar dentro do qgis com a ferramenta *nova camada do tipo polígono*, cada área separadamente, seguindo para isso o formato das quadras, foi construído um mapa de sobreposição entre as curvas e a área de interesse.

Em posse dos contornos das quadras, o arquivo é convertido em editável para o programa Civil 3D, onde para definição da área de contribuição foi adotado o procedimento de TUCCI, dividindo cada área em lotes com base na bissetriz apresentada nos resultados deste documento, como também a confecção do traçado bem como integração das cotas do terreno às ruas.

4.7 Vazão Máxima

Para TUCCI 2005, a microdrenagem é o conjunto de sistemas condutores que atendem a lotes individuais ou de rede primária urbana. O método racional é mais indicado para áreas menores de 2 km² e tem como princípios gerais a duração da precipitação máxima de projeto como igual ao tempo de concentração da bacia.

A equação do método racional

$$Q = 2,78 C i a \quad (5)$$

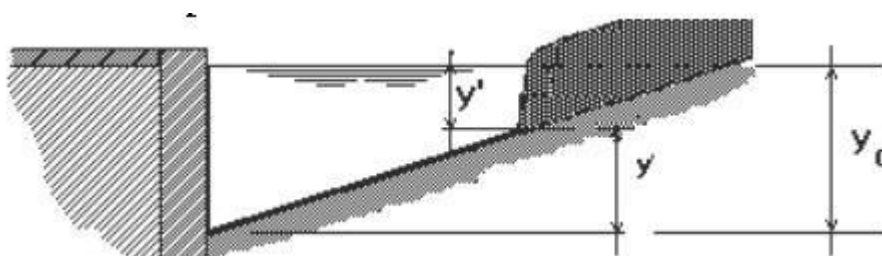
Onde:

- Q = Vazão máxima(m³/s);
- C = Coeficiente de Escoamento;
- I = Intensidade da Precipitação. (Equação de chuva);
- A = Área da Bacia (ha)

4.8 Sarjetas

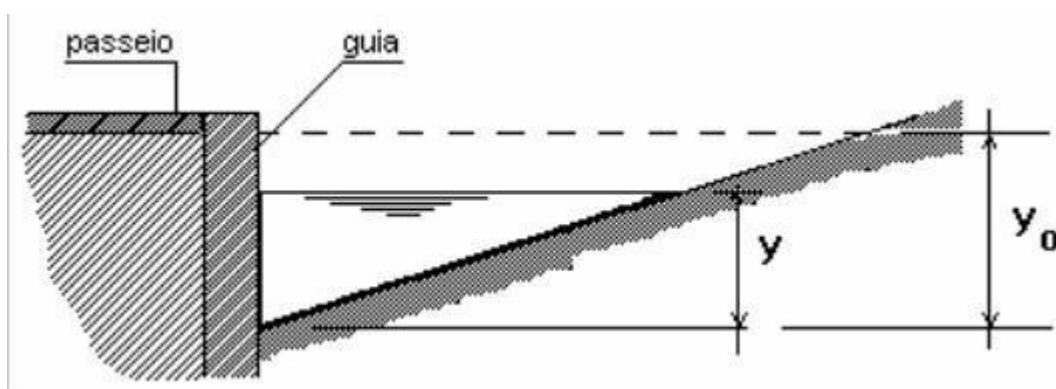
Com a função de captar e conduzir a água da chuva até um corpo receptor, é um elemento de microdrenagem essencial para o escoamento de águas pluviais urbanas, são geralmente triangulares. Alguns dados são necessários para o correto dimensionamento desses elementos, o coeficiente de Manning e o valor do coeficiente de escoamento superficial, ambos valores que dependem das características do local de interesse, Segundo TUCCI (2005), O volume máximo que pode ser conduzido pela sarjeta acontece de duas formas distintas, por toda a calha da rua figura 8, e apenas pela sarjeta figura 9.

Figura 8: Água escoando por toda a calha da rua.



Fonte: Dieter Wartchow e Gino Gehling.

Figura 9: Água escoando só pela sarjeta.



Fonte: Dieter Wartchow e Gino Gehling.

Na primeira situação (figura 11), admite-se:

- Declividade do leito transversal da rua: $IT=3\%$.
- Altura d'água: $Y_0 = 0,15m$.
No segundo caso admite-se: $IT=3\%$.
 $Y = 0,10m$.

O dimensionamento pode ser feito através da equação transformada de Manning:

$$Q = \frac{A * R^{2/3} * S^{1/2}}{n} \quad (6)$$

Na qual:

- A é a área de drenagem;
- R é o raio hidráulico;
- S é a declividade do fundo.
- n é o coeficiente de rugosidade.

Para determinar o valor do variável n é necessário consultar a tabela de rugosidade de Manning (tabela 3), que varia de acordo com as características do local de implementação do projeto, ficou definido o valor de 0,014, pois a construção será em concreto com pavimento asfáltico.

Tabela 3: Coeficiente De Rugosidade De Manning.

Características	n
Canais retilíneos com grama de até 15 cm de altura	0,3 – 0,40
Canais retilíneos com grama de até 30 cm de altura	0,3 – 0,06
Galeria de concreto:	0,011 – 0,014
pré-moldado com bom acabamento	0,012 – 0,014
moldado no local com fôrmas metálicas simples moldado no local com formas de madeira	0,015 – 0,02
Sarjetas	
asfalto suave	0,013
asfalto rugoso	0,016
concreto suave com pavimento de asfalto	0,014
concreto rugoso com pavimento de asfalto	0,015
pavimento de concreto	0,014 – 0,016
pedras	0,016

Fonte: TUCCI, 2005.

O coeficiente de escoamento (tabela 4) é outro parâmetro necessário, este também pode ser encontrado através do uso de valores já determinados, os quais de

acordo com as características da área, seu uso e ocupação, foi definido para 0.7, pois se trata de central, além de outras características que podem ser consultadas.

Tabela 4: Coeficiente de Escoamento Superficial.

Característica da Superfície	C
Área Comercial	
-Central	0,70 a 0,95
-Bairros	0,50 a 0,70
Área Residencial	
-Residências Isoladas	0,30 a 0,50
-Unidades Múltiplas (Separadas)	0,40 a 0,60
-Unidades Múltiplas (Conjugadas)	0,60 a 0,75
-Subúrbio	0,25 a 0,40
-Área com prédios de apartamentos	0,50 a 0,70
Área Industrial	
-Indústrias leves	0,50 a 0,80
-Indústrias pesadas	0,60 a 0,90
Parques, Cemitérios	0,10 a 0,25
“Playground”	0,20 a 0,35
Pátios de estradas de ferro	0,20 a 0,40
Áreas sem melhoramentos	0,10 a 0,30
Ruas	
-Pavimentação asfáltica	0,70 a 0,95
-Pavimentação de concreto	0,80 a 0,95
-Blocos	0,70 a 0,85
Passeios	0,75 a 0,85
Telhados	0,75 a 0,95
Terrenos relvados (solos arenosos)	
-Pequena declividade (2%)	0,05 a 0,10
-Declividade média (2% a 7%)	0,10 a 0,15
-Forte declividade (>7%)	0,15 a 0,20
Terrenos relvados (Solos Argilosos)	
-Pequena declividade (2%)	0,15 a 0,20
-Declividade média (2% a 7%)	0,20 a 0,25
-Forte declividade (>7%)	0,25 a 0,30

Fonte: Chow, 1962.

Os aparelhos de drenagem urbana mesmo após serem dimensionados devem ser majorados, com as sarjetas devido à situações como trânsito intenso, dejetos nas vias entre outros, recebe coeficientes de redução (Tabela 5) que mudam de acordo com a declividade adotada.

Tabela 5: Fatores de redução de escoamento das sarjetas

Declividade das sarjetas (%)	Fator de redução
0,4	0,5
1 a 3	0,8
5,0	0,5
6,0	0,4
8,0	0,27
10	0,2

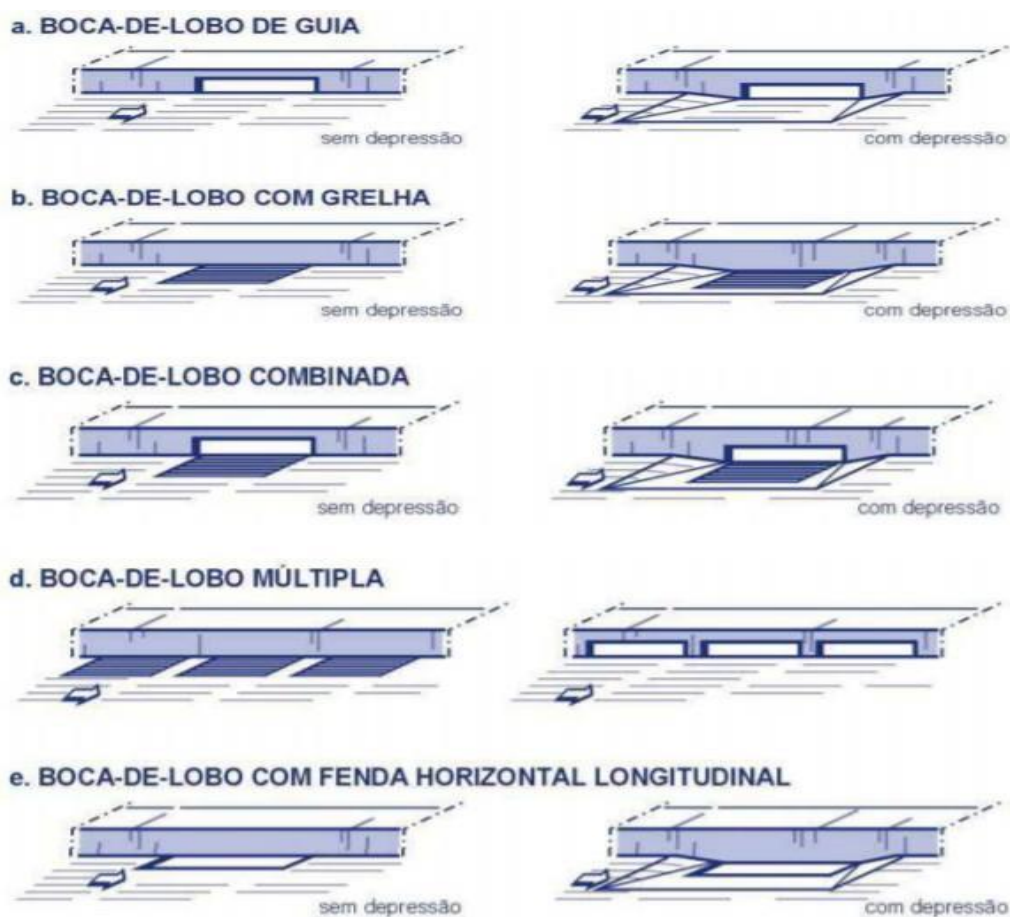
Fonte - DAEE/ CETESB, 1980. Bocas coletoras

4.9 Bocas de lobo

Dispostas em cruzamentos, pontos intermediários e pontos baixos, distantes entre si não mais que 60 m, são elementos importantes da rede de microdrenagem, pois recebem o escoamento captado nas sarjetas.

Bocas coletoras (bocas-de-lobo) possuem 3 subdivisões principais, as bocas ou ralos de guias; ralos e sarjetas (grelhas); ralos combinados, com cada subdivisão possuindo variações como depressões (desnível), perímetro e ao número (simples ou múltipla) (figura 14).

Figura 14: Bocas-de-lobo.



Fonte: Tipos de bocas-de-lobo (DAEE/CETESB, 1980).

Para que as bocas de lobo possam atender a captação das sarjetas, é necessário calcular sua capacidade de engolimento, que deve ser maior que as vazões recebidas das sarjetas, para o dimensionamento será utilizado a equação a seguir:

$$Q = 1,7 * L * Y^{2/3} \quad (7)$$

Na qual:

- Q é a vazão de engolimento m³/s;
- L é o comprimento da soleira em m;
- Y é a altura de água;

4.9.1 Galerias

São estruturas ligadas às bocas coletoras, servindo para conduzir as águas pluviais até o corpo d'água. Geralmente, são canalizações fechadas em seção circular e concreto armado, podendo ter os seguintes diâmetros: 600, 800, 1.000, 1.200 e 1.500 mm. Para o dimensionamento é necessário utilizar vários parâmetros hidráulicos anteriormente apresentados, como o coeficiente de rugosidade e o tipo de boca de lobo usada.

Para o procedimento de cálculo o tempo de concentração inicial será de 5 minutos o mínimo permitido por norma, seguindo a progressão descrito pela equação:

$$D = 1,55 \left(\frac{Q}{S^{0,5}} \right)^{\frac{3}{9}} \quad (7)$$

Na qua:

- D é o diâmetro
- Q = vazão obtida na equação 6;
- N = coeficiente de rugosidade da tabela de Manning;
- Declividade.

E também é importante descrever o tempo de escoamento obtido pela fórmula:

$$TE = \frac{Di}{V} \quad (8)$$

Na qual:

- TE = Tempo de escoamento;
- DI = Distância;
- V = Velocidade.

5. RESULTADOS E DISCUSSÕES

Seguindo o procedimento descrito na metodologia, foram obtidos os valores Y_{obs} e $Y_{teorico}$ para toda a série histórica (Tabela 6), dando fundamento inicial e consistente aos passos futuros, bem como para os gráficos demonstrando os ajustes dos dados teóricos e observados.

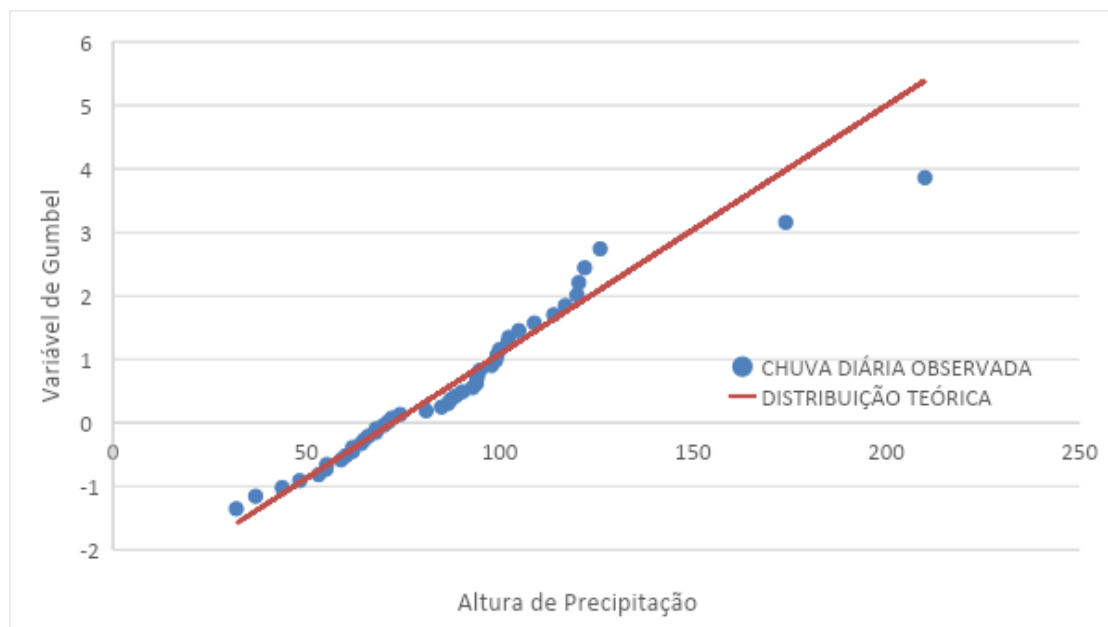
Tabela 6: Distribuição de Gumbel.

P(mm)	y_{Obs}	$y_{teorico}$	P(mm)	y_{Obs}	$y_{teorico}$
210,00	3,86	5,39	86,70	0,31	0,56
174,00	3,16	3,98	85,00	0,25	0,49
126,00	2,74	2,10	81,00	0,19	0,34
122,00	2,44	1,94	74,30	0,13	0,08
120,50	2,21	1,88	72,20	0,08	-0,01
120,00	2,01	1,86	71,30	0,02	-0,04
117,00	1,85	1,75	70,10	-0,04	-0,09
114,00	1,70	1,63	68,10	-0,09	-0,17
109,00	1,57	1,43	68,00	-0,15	-0,17
105,00	1,45	1,28	66,10	-0,21	-0,25
102,40	1,35	1,18	65,00	-0,27	-0,29
102,00	1,25	1,16	64,20	-0,33	-0,32
100,00	1,15	1,08	62,00	-0,39	-0,41
99,30	1,06	1,05	62,00	-0,45	-0,41
99,00	0,98	1,04	60,30	-0,52	-0,47
97,90	0,90	1,00	59,00	-0,58	-0,52
94,90	0,83	0,88	55,30	-0,66	-0,67
94,30	0,76	0,86	55,10	-0,73	-0,68
94,10	0,69	0,85	53,20	-0,82	-0,75
94,00	0,62	0,85	48,30	-0,91	-0,94
93,00	0,55	0,81	43,80	-1,02	-1,12
90,40	0,49	0,71	36,90	-1,16	-1,39
88,70	0,43	0,64	31,90	-1,35	-1,59
87,40	0,37	0,59			

Fonte: Autor

Para analisar o comportamento dos valores de chuvas máximas diárias anuais à distribuição teórica de Gumbel foi construído o gráfico (Figura 15) onde se observa satisfatório ajuste.

Figura 15 : Ajuste à Distribuição Gumbel.



Fonte: Autor.

Antes de dar continuação ao desenvolvimento do trabalho, fez-se necessário observar se os dados até então encontrados satisfaziam satisfatoriamente aos objetivos propostos, diante disso foi aplicado o teste de probabilidades Qui-Quadrado, para assim determinar se existe diferença probabilística significativa entre Y_{obs} e $Y_{teórico}$. Na tabela 7 são apresentados o resultado do Qui Quadrado a precipitação observada e a precipitação calculada., na tabela 8 o resultado do teste Qui Quadrado

Tabela 7 : Chuva teórica.

P(mm)	Chuva esperada	Qui,quadrada	P(mm)	Chuva Esperada	Qui,quadrado
210	210,009	3,70838E-07	87	86,701	9,721E-09
174	174,007	2,4403E-07	85	85,001	7,7E-09
126	126,003	9,38188E-08	81	81,001	3,769E-09
122	122,003	8,29766E-08	74	74,300	2,032E-10
121	120,503	7,90067E-08	72	72,200	1,93E-12
120	120,003	7,76956E-08	71	71,300	6,779E-11
117	117,003	6,99629E-08	70	70,100	3,061E-10
114	114,003	6,24724E-08	68	68,100	1,108E-09
109	109,002	5,05811E-08	68	68,000	1,162E-09

105	105,002	4,16625E-08	66	66,100	2,457E-09
102	102,402	3,61809E-08	65	65,000	3,45E-09
102	102,002	3,53612E-08	64	64,199	4,29E-09
100	100,002	3,13614E-08	62	61,999	7,152E-09
99	99,302	3,00017E-08	62	61,999	7,152E-09
99	99,002	2,94255E-08	60	60,299	9,959E-09
98	97,902	2,73474E-08	59	58,999	1,249E-08
95	94,901	2,1968E-08	55	55,299	2,17E-08
94	94,301	2,09452E-08	55	55,099	2,23E-08
94	94,101	2,06084E-08	53	53,199	2,845E-08
94	94,001	2,04408E-08	48	48,298	4,939E-08
93	93,001	1,87932E-08	44	43,798	7,671E-08
90	90,401	1,47646E-08	37	36,898	1,403E-07
89	88,701	1,23418E-08	32	31,897	2,113E-07
87	87,401	1,06089E-08			

Fonte: Autor.

Tabela 8 :Qui Quadrado Gumbel

Qi² calc =	2,12436E-06
alfa=	0,05
liberdade	47
Qi ² , teórico =	64,00111197

Fonte: Autor, 2021.

Constatado graficamente e pelo teste qui quadrado que os dados obedecem satisfatoriamente, fez-se o ajuste de acordo com as equações 1,2 e 3, de cada período de retorno para encontrarmos a chuva de projeto “z” (tabela 9).

Tabela 9 :Chuva de Projeto “z”.

T anos	y	kt	Z
2	0,366513	-0,16423	81,74287
5	1,49994	0,719503	110,6845
10	2,250367	1,304611	129,8464
15	2,673752	1,634725	140,6573
20	2,970195	1,865861	148,2269
25	3,198534	2,043897	154,0574
50	3,901939	2,592342	172,0186
75	4,310784	2,911118	182,4583
100	4,600149	3,136736	189,8471

Fonte: Autor. 2021.

Dispondo da chuva de projeto diária, e dos coeficientes de desagregação já determinados, é construído a tabela 10 de valores para as máximas intensidades associadas ao período de retorno e duração.

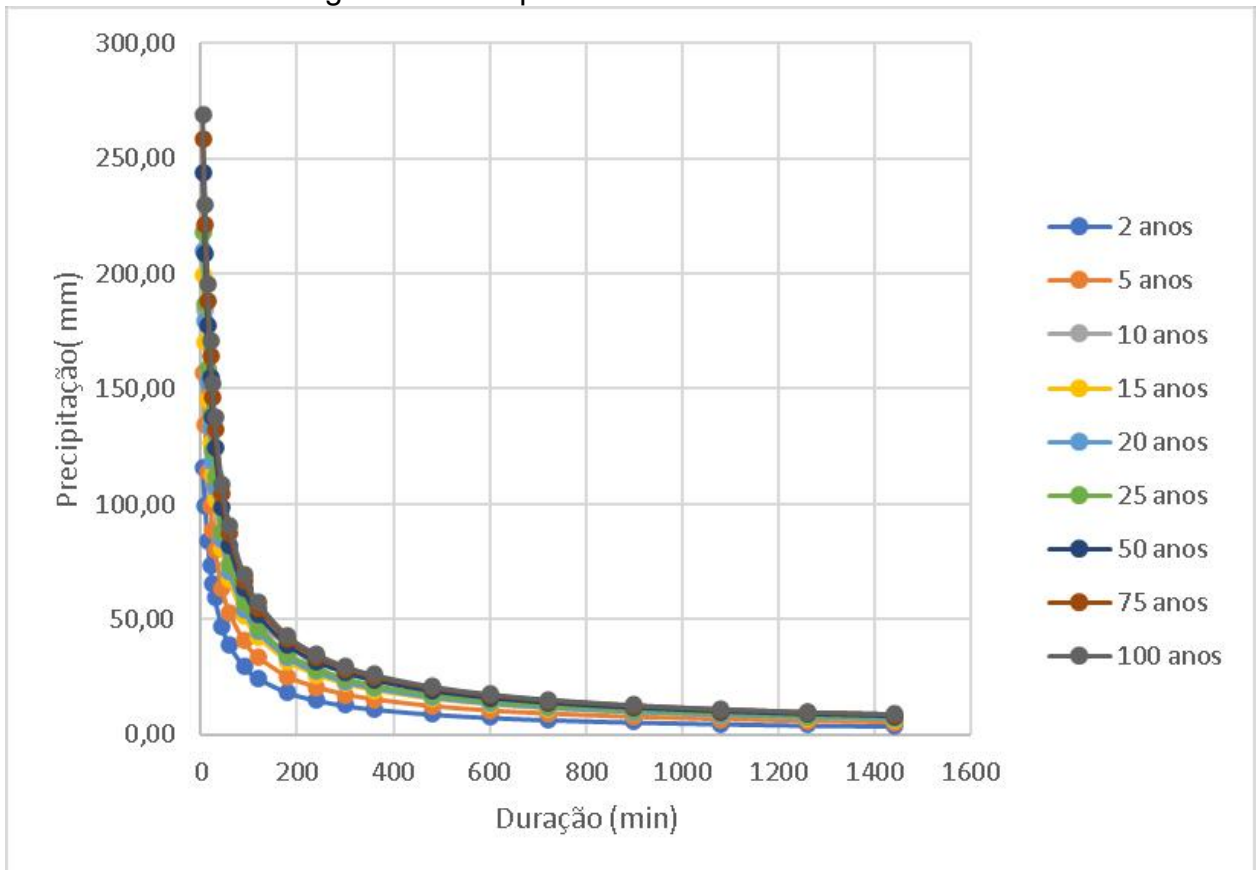
Tabela 10: Valores de Intensidade Máximos em mm/h.

Tempo (min)	2 anos	5 anos	10 anos	15 anos	20 anos	25 anos	50 anos	75 anos	100 anos
5	115,7	156,7	183,88	199,19	209,91	218,17	243,61	258,39	268,85
10	99,05	134,1	157,33	170,43	179,61	186,67	208,44	221,08	230,04
15	84,22	114,0	133,78	144,92	152,72	158,73	177,23	187,99	195,60
20	73,49	99,51	116,74	126,46	133,27	138,51	154,66	164,04	170,69
25	65,48	88,67	104,02	112,68	118,74	123,42	137,80	146,17	152,09
30	59,27	80,26	94,15	101,99	107,48	111,71	124,73	132,30	137,66
45	46,79	63,35	74,32	80,51	84,84	88,18	98,46	104,43	108,66
60	39,14	53,00	62,18	67,35	70,98	73,77	82,37	87,37	90,91
90	30,07	40,71	47,76	51,73	54,52	56,66	63,27	67,11	69,83
120	24,75	33,51	39,31	42,58	44,87	46,64	52,07	55,24	57,47
180	18,64	25,24	29,60	32,07	33,79	35,12	39,22	41,60	43,28
240	15,16	20,52	24,07	26,08	27,48	28,56	31,89	33,83	35,20
300	12,87	17,43	20,45	22,15	23,34	24,26	27,09	28,73	29,90
360	11,25	15,23	17,86	19,35	20,39	21,19	23,66	25,10	26,12
480	9,06	12,27	14,39	15,59	16,43	17,07	19,06	20,22	21,04
600	7,64	10,35	12,14	13,15	13,86	14,41	16,09	17,06	17,75
720	6,64	9,00	10,55	11,43	12,05	12,52	13,98	14,83	15,43
900	5,59	7,57	8,88	9,62	10,13	10,53	11,76	12,47	12,98
1080	4,85	6,56	7,70	8,34	8,79	9,13	10,20	10,82	11,25
1260	4,29	5,81	6,82	7,38	7,78	8,09	9,03	9,58	9,97
1440	3,88	5,26	6,17	6,68	7,04	7,32	8,17	8,67	9,02
1 dia	81,74	110,6	129,85	140,66	148,23	154,06	172,02	182,46	189,85

Fonte: Autor, 2021.

A fim de observar-se os comportamentos das curvas de duração de cada período de retorno se construiu o gráfico(figura 16) a seguir.

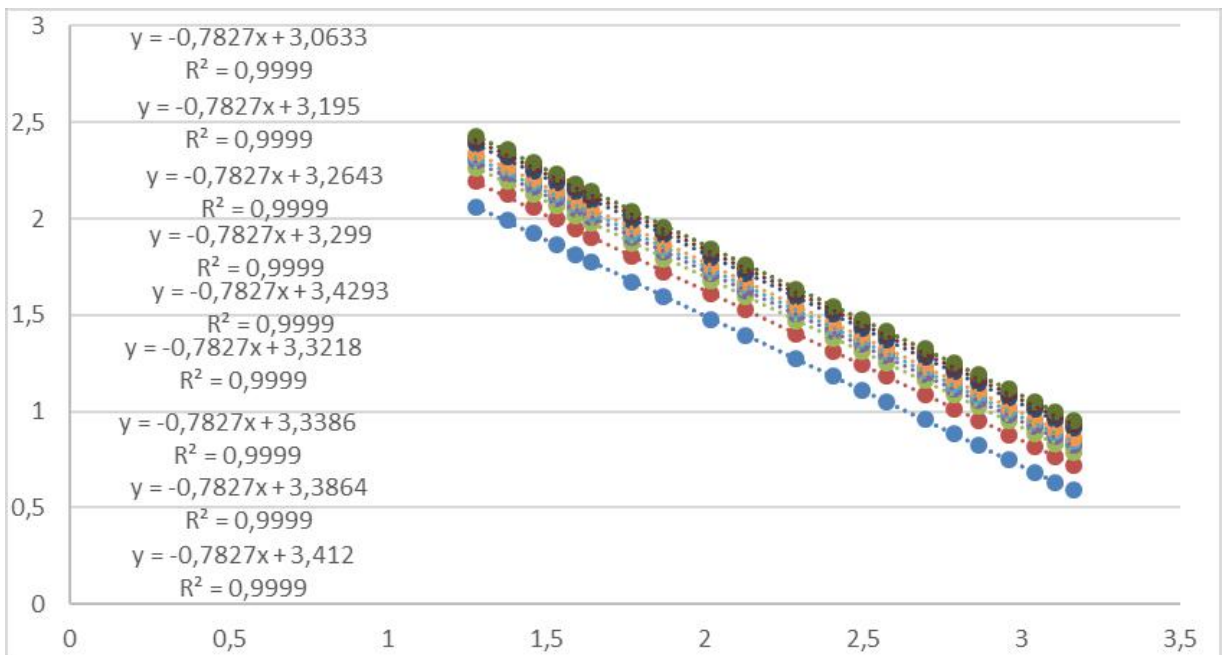
Figura 16: Comportamento das Curvas IDF.



Fonte: Autor, 2021.

Dando prosseguimento o gráfico de comportamento das IDF será transformado em logarítmico (Figura 17) somando o tempo inicial t_0 que mais se aproximar da linha de regressão ajustada R Quadrado (ele também é conhecido como o coeficiente de determinação ou o coeficiente de determinação múltipla para a regressão múltipla), nesse caso foi obtido um valor 14 minutos.

Figura 17: Valores do logarítmicos da intensidade máxima.



Fonte: Autor/2021.

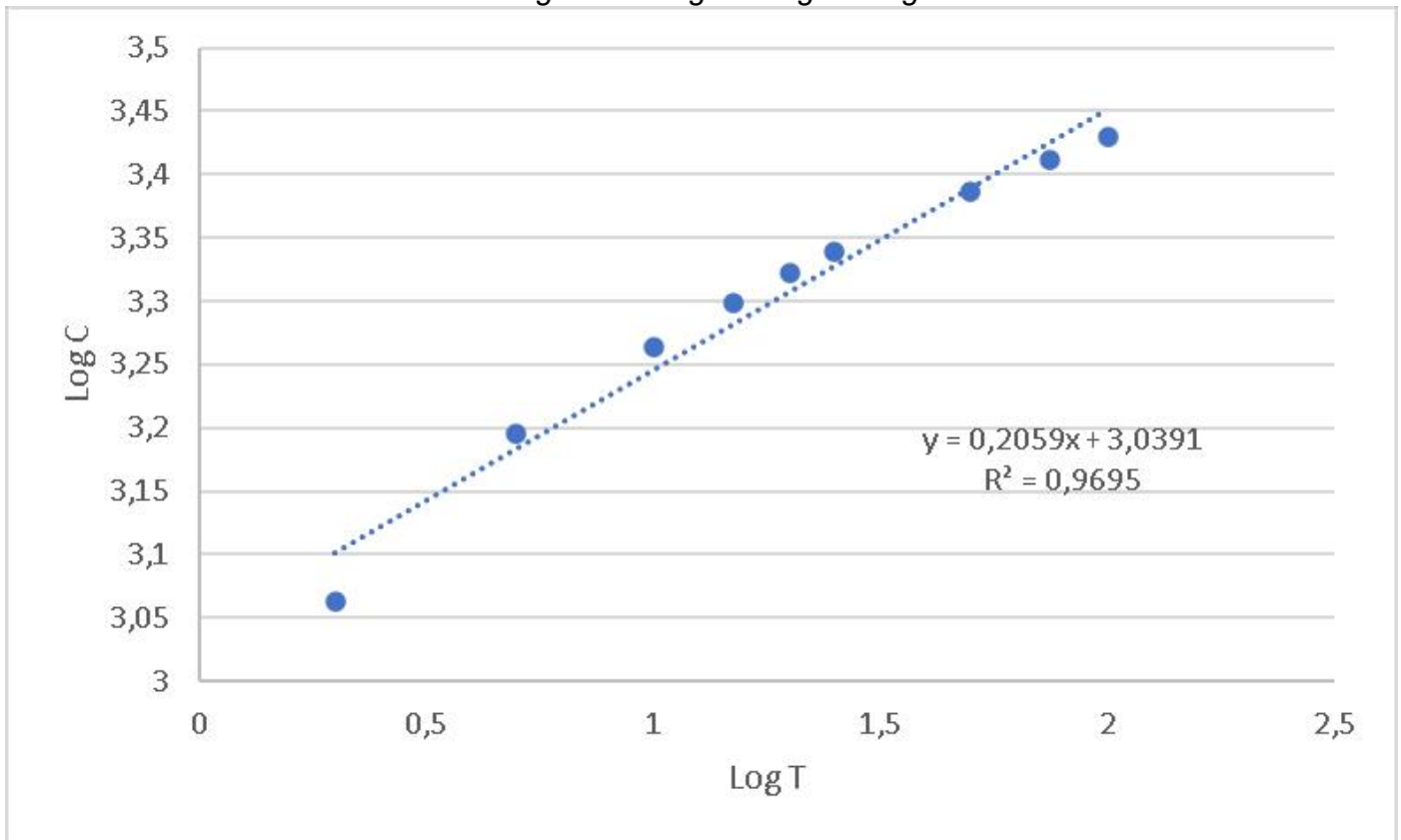
A partir das variáveis independentes foi construído a tabela 11 e gráfico (figura 19, para definição da nossa equação de chuva:

Tabela 11: Parâmetro Independente K

T (Período de retorno)	Log T	Log C
2	0,30103	3,0633
5	0,69897	3,195
10	1	3,2643
15	1,176091	3,299
20	1,30103	3,3218
25	1,39794	3,3386
50	1,69897	3,3864
75	1,875061	3,412
100	2	3,4293

Fonte: Autor, 2021.

Figura 19: Figura Log T x log C.



Fonte: Autor 2021.

5.1 Equação de Chuva

A relação de IDF para o município de Iguatu foi obtida seguindo os procedimentos anteriormente apresentados, cada parâmetro é mostrado na tabela 12 a seguir

Tabela 12: Parâmetros da Equação de Chuva

m	0,2059
n	0,7827
t0	14
k	1094,208
LOG k	3,0391

Fonte: Autor /2021.

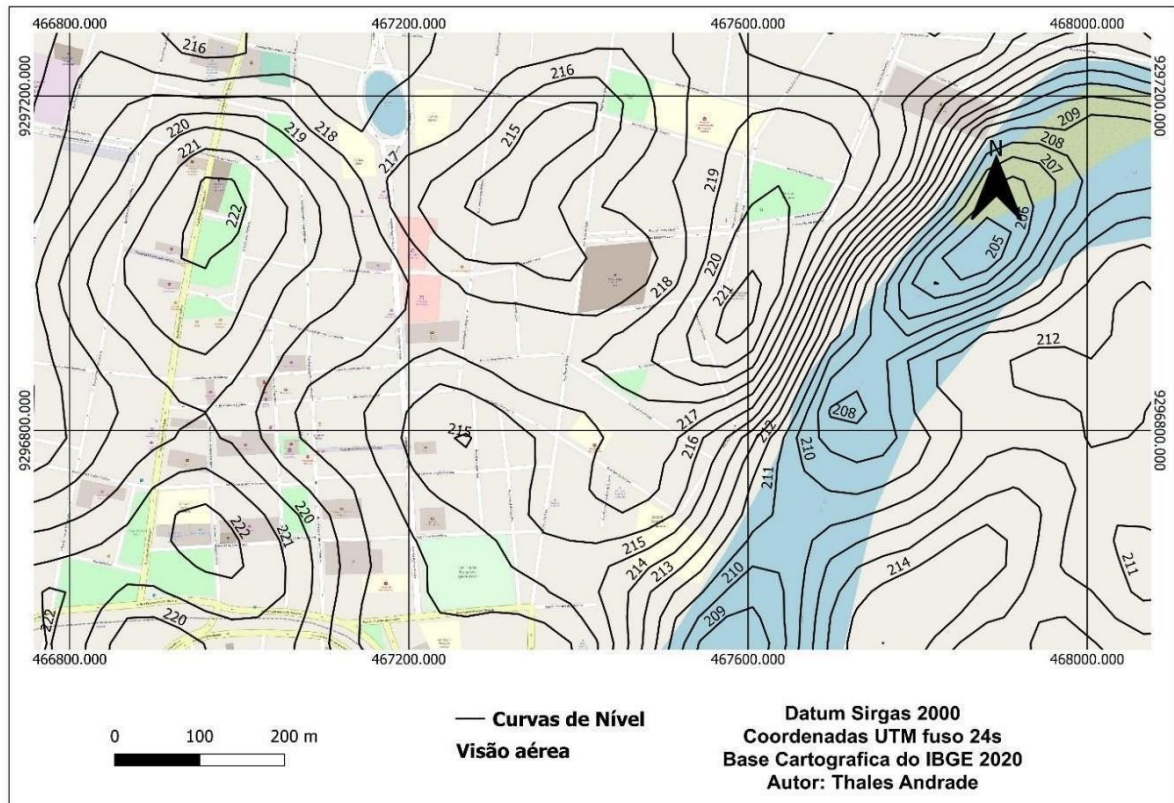
Equação de Precipitação:

$$i = \frac{1094,21T^{0,2059}}{(t + 14)^{0,7827}}$$

5.2 Curvas de Nível

Na figura 9 a seguir é mostrado a sobreposição das curvas de nível extraídas dos modelos digitais de elevação como descrito na metodologia.

Figura 9: Curvas de nível para a área em Estudo

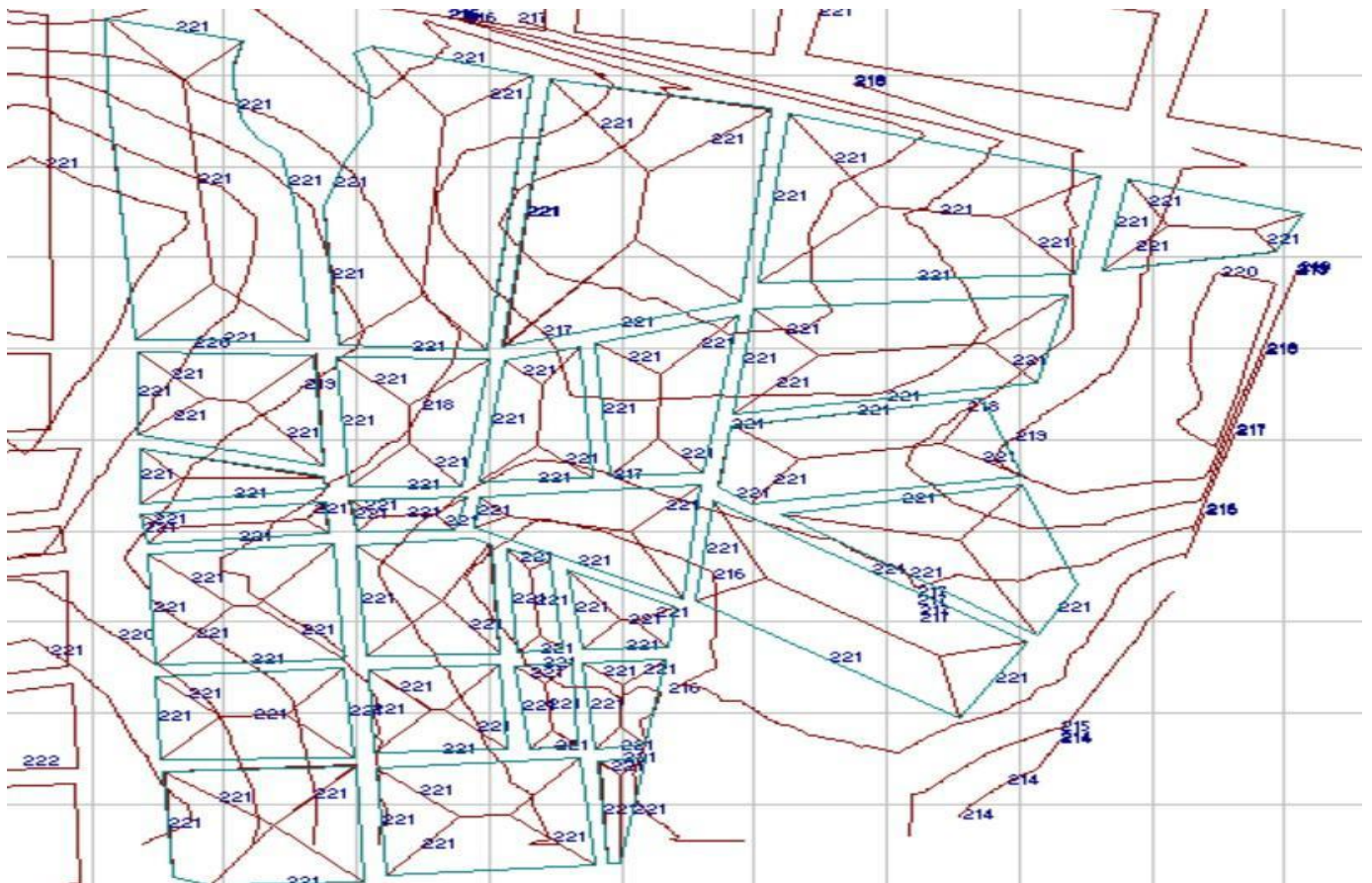


Fonte: Autor/2021.

5.3 Áreas de Contribuição

Em posse do procedimento feito no Civil 3d, utilizando o método da bissetriz, foi criada o mapa (Figura 10) com as áreas de contribuição para trecho de interesse.

Figura 10: Áreas de Contribuição



Fonte: Autor/2021.

Com posse da equação de chuva, curvas de nível e áreas de contribuição foi construída a tabela de dimensionamento das sarjetas na tabela 13 é apresentado as informações extraídas bem como a escolha de sarjeta preterida e o cálculo da capacidade total para cada sarjeta (manning).

Dimensionamento do Sistema (Sarjetas)

Tabela 13: Parâmetros para dimensionamento das Sarjetas (Manning).

Rua	Inclinação transversal da sarjeta	Nível d'água hmáx (m)	Largura da sarjeta Ls (m)	Largura inclinada (m)	Área do escoamento (m ²)	Perímetro molhado (m)	Raio hidráulico (m)	Cotas do terreno (m)		Comprimento da via (m)	Declividade longitudinal da via (m/m)	Coeficiente de Manning	Vazão teórica da sarjeta (m ³ /s)	Velocidade (m/s)	Fator de redução (tabela)	Capacidade real da sarjeta (m ³ /s)
								Montante	Jusante							
1	3%	0,10	3,3	3,33	0,167	3,435	0,0485	220,11	216,43	247,26	0,015	0,014	0,19	1,1583	0,8	0,15
2	3%	0,10	3,3	3,33	0,167	3,435	0,0485	216,43	216,21	74,30	0,003	0,014	0,09	0,5194	0,8	0,07
3	3%	0,10	3,3	3,33	0,167	3,435	0,0485	216,21	215,03	67,08	0,018	0,014	0,21	1,2614	0,8	0,17
4	3%	0,10	3,3	3,33	0,167	3,435	0,0485	215,03	214,95	88,79	0,001	0,014	0,05	0,2816	0,8	0,04
5	3%	0,10	3,3	3,33	0,167	3,435	0,0485	214,95	214,34	119,12	0,005	0,014	0,11	0,6800	0,8	0,09
6	3%	0,10	3,3	3,33	0,167	3,435	0,0485	214,34	213,72	171,81	0,004	0,014	0,10	0,5704	0,8	0,08
7	3%	0,10	3,3	3,33	0,167	3,435	0,0485	218,47	216,21	242,00	0,009	0,014	0,15	0,9177	0,8	0,12
8	3%	0,10	3,3	3,33	0,167	3,435	0,0485	216,86	215,03	212,89	0,009	0,014	0,15	0,8810	0,8	0,12
9	3%	0,10	3,3	3,33	0,167	3,435	0,0485	216,50	214,95	145,76	0,011	0,014	0,16	0,9786	0,8	0,13
10	3%	0,10	3,3	3,33	0,167	3,435	0,0485	219,72	214,34	77,10	0,070	0,014	0,42	2,5097	0,8	0,33
11	3%	0,10	3,3	3,33	0,167	3,435	0,0485	218,95	213,00	32,06	0,186	0,014	0,68	4,0937	0,8	0,55
12	3%	0,10	3,3	3,33	0,167	3,435	0,0485	220,11	218,47	92,28	0,018	0,014	0,21	1,2664	0,8	0,17
13	3%	0,10	3,3	3,33	0,167	3,435	0,0485	218,47	216,86	79,42	0,020	0,014	0,23	1,3521	0,8	0,18
14	3%	0,10	3,3	3,33	0,167	3,435	0,0485	216,86	216,09	41,46	0,019	0,014	0,22	1,2983	0,8	0,17
15	3%	0,10	3,3	3,33	0,167	3,435	0,0485	219,73	216,49	167,00	0,019	0,014	0,22	1,3234	0,8	0,18
16	3%	0,10	3,3	3,33	0,167	3,435	0,0485	219,73	218,95	93,32	0,008	0,014	0,14	0,8682	0,8	0,12
17	3%	0,10	3,3	3,33	0,167	3,435	0,0485	220,11	218,81	64,06	0,020	0,014	0,23	1,3553	0,8	0,18
18	3%	0,10	3,3	3,33	0,167	3,435	0,0485	218,46	216,95	100,14	0,015	0,014	0,19	1,1665	0,8	0,16
19	3%	0,10	3,3	3,33	0,167	3,435	0,0485	217,00	216,86	98,35	0,001	0,014	0,06	0,3572	0,8	0,05
20	3%	0,10	3,3	3,33	0,167	3,435	0,0485	217,77	215,90	102,38	0,018	0,014	0,21	1,2839	0,8	0,17
21	3%	0,10	3,3	3,33	0,167	3,435	0,0485	217,92	216,50	81,70	0,017	0,014	0,21	1,2536	0,8	0,17
22	3%	0,10	3,3	3,33	0,167	3,435	0,0485	221,12	219,72	69,27	0,020	0,014	0,23	1,3509	0,8	0,18
23	3%	0,10	3,3	3,33	0,167	3,435	0,0485	218,81	216,95	100,33	0,018	0,014	0,22	1,2921	0,8	0,17
24	3%	0,10	3,3	3,33	0,167	3,435	0,0485	216,97	216,90	59,93	0,0012	0,014	0,06	0,3339	0,8	0,04
25	3%	0,10	3,3	3,33	0,167	3,435	0,0485	217,92	216,97	116,18	0,008	0,014	0,14	0,8606	0,8	0,11
26	3%	0,10	3,3	3,33	0,167	3,435	0,0485	221,12	216,85	162,11	0,026	0,014	0,26	1,5422	0,8	0,21
7	3%	0,10	3,3	3,33	0,167	3,435	0,0485	218,85	217,97	42,30	0,021	0,014	0,23	1,3706	0,8	0,18

28	3%	0,10	3,3	3,33	0,167	3,435	0,0485	217,97	216,95	92,30	0,011	0,014	0,17	0,9989	0,8	0,13
29	3%	0,10	3,3	3,33	0,167	3,435	0,0485	221,00	220,40	63,20	0,009	0,014	0,15	0,9259	0,8	0,12
30	3%	0,10	3,3	3,33	0,167	3,435	0,0485	220,40	217,68	145,00	0,019	0,014	0,22	1,3017	0,8	0,17
31	3%	0,10	3,3	3,33	0,167	3,435	0,0485	217,97	217,75	22,60	0,010	0,014	0,16	0,9375	0,8	0,13
32	3%	0,10	3,3	3,33	0,167	3,435	0,0485	216,95	216,33	23,47	0,026	0,014	0,26	1,5444	0,8	0,21
33	3%	0,10	3,3	3,33	0,167	3,435	0,0485	216,33	216,13	50,57	0,004	0,014	0,10	0,5976	0,8	0,08
34	3%	0,10	3,3	3,33	0,167	3,435	0,0485	216,97	216,13	23,26	0,036	0,014	0,30	1,8101	0,8	0,24
35	3%	0,10	3,3	3,33	0,167	3,435	0,0485	217,23	216,58	88,00	0,007	0,014	0,14	0,8167	0,8	0,11
36	3%	0,10	3,3	3,33	0,167	3,435	0,0485	220,42	216,00	81,50	0,054	0,014	0,37	2,2124	0,8	0,29
37	3%	0,10	3,3	3,33	0,167	3,435	0,0485	216,00	214,09	44,18	0,043	0,014	0,33	1,9742	0,8	0,26
38	3%	0,10	3,3	3,33	0,167	3,435	0,0485	218,96	215,89	99,25	0,031	0,014	0,28	1,6704	0,8	0,22
39	3%	0,10	3,3	3,33	0,167	3,435	0,0485	216,36	215,89	88,36	0,005	0,014	0,12	0,6945	0,8	0,09
40	3%	0,10	3,3	3,33	0,167	3,435	0,0485	215,33	215,20	84,69	0,002	0,014	0,06	0,3751	0,8	0,05
41	3%	0,10	3,3	3,33	0,167	3,435	0,0485	215,74	215,68	67,99	0,001	0,014	0,05	0,2799	0,8	0,04
42	3%	0,10	3,3	3,33	0,167	3,435	0,0485	215,89	215,29	70,35	0,009	0,014	0,15	0,8776	0,8	0,12
43	3%	0,10	3,3	3,33	0,167	3,435	0,0485	216,16	215,68	44,80	0,011	0,014	0,16	0,9867	0,8	0,13
44	3%	0,10	3,3	3,33	0,167	3,435	0,0485	216,58	216,16	29,87	0,014	0,014	0,19	1,1254	0,8	0,15
45	3%	0,10	3,3	3,33	0,167	3,435	0,0485	215,95	214,09	68,14	0,027	0,014	0,26	1,5687	0,8	0,21
46	3%	0,10	3,3	3,33	0,167	3,435	0,0485	216,58	215,95	164,94	0,004	0,014	0,10	0,5882	0,8	0,08
47	3%	0,10	3,3	3,33	0,167	3,435	0,0485	219,99	218,96	64,95	0,016	0,014	0,20	1,1978	0,8	0,16
48	3%	0,10	3,3	3,33	0,167	3,435	0,0485	219,99	217,10	101,93	0,028	0,014	0,27	1,6017	0,8	0,21
49	3%	0,10	3,3	3,33	0,167	3,435	0,0485	217,03	215,98	68,24	0,015	0,014	0,20	1,1748	0,8	0,16
50	3%	0,10	3,3	3,33	0,167	3,435	0,0485	217,03	216,03	71,32	0,014	0,014	0,19	1,1246	0,8	0,15
51	3%	0,10	3,3	3,33	0,167	3,435	0,0485	216,03	215,30	64,56	0,011	0,014	0,17	1,0098	0,8	0,13
52	3%	0,10	3,3	3,33	0,167	3,435	0,0485	215,86	215,68	63,00	0,003	0,014	0,08	0,5008	0,8	0,07
53	3%	0,10	3,3	3,33	0,167	3,435	0,0485	216,16	215,91	66,71	0,004	0,014	0,10	0,5875	0,8	0,08
54	3%	0,10	3,3	3,33	0,167	3,435	0,0485	215,91	215,86	26,04	0,002	0,014	0,07	0,4164	0,8	0,06
55	3%	0,10	3,3	3,33	0,167	3,435	0,0485	219,99	218,86	81,47	0,014	0,014	0,19	1,1181	0,8	0,15
56	3%	0,10	3,3	3,33	0,167	3,435	0,0485	218,86	217,70	102,00	0,011	0,014	0,17	1,0147	0,8	0,14
57	3%	0,10	3,3	3,33	0,167	3,435	0,0485	217,07	217,03	88,73	0,001	0,014	0,04	0,2140	0,8	0,03
58	3%	0,10	3,3	3,33	0,167	3,435	0,0485	217,90	217,00	110,86	0,008	0,014	0,14	0,8562	0,8	0,11
59	3%	0,10	3,3	3,33	0,167	3,435	0,0485	217,90	215,86	81,72	0,025	0,014	0,25	1,5021	0,8	0,20
60	3%	0,10	3,3	3,33	0,167	3,435	0,0485	216,07	215,91	82,00	0,002	0,014	0,07	0,4237	0,8	0,06

Fonte: Autor/2021

6.3. Dimensionamento (Método Racional)


Após o dimensionamento das sarjetas, foi calculada a vazão solicitante(tabela 14), os pontos onde a capacidade total da sarjeta é insuficiente para a atender a demanda está destacado como indica a figura. .

Tabela 14: Método Racional

Ruas	Coefficiente de escoamento	Período de Retorno	Tempo de concentração adotado(min)	Intensidade de precipitação (mm/h)	Área de drenagem (km ²)	Vazão (m ³ /s)	Vazão real (m ³ /s)	
1	Direita	0,7	2	10	104,9	0,009	0,17	0,02
2	abaixo	0,7	2	10	104,9	0,001	0,03	-0,04
3	Abaixo	0,7	2	10	104,9	0,002	0,04	-0,13
4	Abaixo	0,7	2	10	104,9	0,004	0,07	0,03
5	Abaixo	0,7	2	10	104,9	0,006	0,12	0,03
6	Abaixo	0,7	2	10	104,9	0,002	0,03	-0,04
7	Esquerda	0,7	2	10	104,9	0,008	0,17	0,04
	Direita	0,7	2	10	104,9	0,009	0,18	0,06
8	Esquerda	0,7	2	10	104,9	0,007	0,15	0,03
	Direita	0,7	2	10	104,9	0,008	0,16	0,04
9	Esquerda	0,7	2	10	104,9	0,006	0,12	-0,01
	Direita	0,7	2	10	104,9	0,004	0,07	-0,06
10	Esquerda	0,7	2	10	104,9	0,002	0,04	-0,3
	Direita	0,7	2	10	104,9	0,001	0,02	-0,31
11	Esquerda	0,7	2	10	104,9	0,0003	0,01	-0,54
12	Direita	0,7	2	10	104,9	0,002	0,04	-0,13
	Esquerda	0,7	2	10	104,9	0,0021	0,04	-0,13
13	Direita	0,7	2	10	104,9	0,0016	0,03	-0,15
	Esquerda	0,7	2	10	104,9	0,0015	0,03	-0,15
14	Direita	0,7	2	10	104,9	0,0039	0,08	-0,09
	Esquerda	0,7	2	10	104,9	0,0047	0,1	-0,08
15	Direita	0,7	2	10	104,9	0,0054	0,11	-0,07
	Esquerda	0,7	2	10	104,9	0,0046	0,09	-0,08
16	Acima	0,7	2	10	104,9	0,0017	0,03	-0,08
17	Direita	0,7	2	10	104,9	0,0011	0,02	-0,16
18	Esquerda	0,7	2	10	104,9	0,0016	0,03	-0,12
	Direita	0,7	2	10	104,9	0,0023	0,05	-0,11
19	Esquerda	0,7	2	10	104,9	0,0022	0,05	0,08
	Direita	0,7	2	10	104,9	0,0017	0,04	-0,01
20	Esquerda	0,7	2	10	104,9	0,0018	0,04	-0,13
	Direita	0,7	2	10	104,9	0,0023	0,05	-0,12
21	Esquerda	0,7	2	10	104,9	0,0026	0,05	-0,11
	Direita	0,7	2	10	104,9	0,003	0,06	-0,11
22	Esquerda	0,7	2	10	104,9	0,0012	0,02	-0,16
23	Acima	0,7	2	10	104,9	0,0022	0,05	-0,13
	Abaixo	0,7	2	10	104,9	0,0009	0,02	-0,15
24	Acima	0,7	2	10	104,9	0,001	0,02	-0,02
	Abaixo	0,7	2	10	104,9	0,0006	0,01	-0,03
25	Esquerda	0,7	2	10	104,9	0,0015	0,03	-0,08
	Direita	0,7	2	10	104,9	0,0023	0,05	-0,07
26	Esquerda	0,7	2	10	104,9	0,0045	0,09	-0,11
	Direita	0,7	2	10	104,9	0,0032	0,07	-0,14
27	Esquerda	0,7	2	10	104,9	0,0005	0,01	-0,17
28	Acima	0,7	2	10	104,9	0,0011	0,02	-0,11
	Abaixo	0,7	2	10	104,9	0,001	0,02	-0,11
29	Esquerda	0,7	2	10	104,9	0,001	0,02	-0,1
30	Acima	0,7	2	10	104,9	0,0034	0,07	-0,1
	Abaixo	0,7	2	10	104,9	0,0023	0,05	-0,13
31	Acima	0,7	2	10	104,9	0,001	0,02	-0,1

	Abaixo	0,7	2	10	104,9	0,0024	0,05	-0,08
32	Esquerda	0,7	2	10	104,9	0,0001	0	-0,2
	Direta	0,7	2	10	104,9	0,0002	0	-0,2
33	Acima	0,7	2	10	104,9	0,0005	0,01	-0,07
	Abaixo	0,7	2	10	104,9	0,0017	0,03	-0,04
34	Esquerda	0,7	2	10	104,9	0,0002	0	-0,24
	Direita	0,7	2	10	104,9	0,0002	0	-0,24
35	Esquerda	0,7	2	10	104,9	0,0015	0,03	-0,08
	Direita	0,7	2	10	104,9	0,0014	0,03	-0,08
36	Esquerda	0,7	2	10	104,9	0,0026	0,05	-0,24
37	Esquerda	0,7	2	10	104,9	0,0009	0,02	-0,24
38	Acima	0,7	2	10	104,9	0,0024	0,05	-0,17
	Abaixo	0,7	2	10	104,9	0,0022	0,05	-0,18
39	Esquerda	0,7	2	10	104,9	0,002	0,04	-0,05
	Direita	0,7	2	10	104,9	0,0018	0,04	-0,06
40	Esquerda	0,7	2	10	104,9	0,0012	0,02	-0,03
	Direita	0,7	2	10	104,9	0,0008	0,02	-0,03
41	Esquerda	0,7	2	10	104,9	0,0006	0,01	-0,02
	Direita	0,7	2	10	104,9	0,0007	0,01	-0,02
42	Acima	0,7	2	10	104,9	0,0015	0,03	-0,09
	Abaixo	0,7	2	10	104,9	0,0012	0,03	-0,11
43	Acima	0,7	2	10	104,9	0,0007	0,01	-0,12
	Abaixo	0,7	2	10	104,9	0,0006	0,01	-0,12
44	Esquerda	0,7	2	10	104,9	0,0003	0,01	-0,14
45	Esquerda	0,7	2	10	104,9	0,0012	0,02	-0,19
46	Abaixo	0,7	2	10	104,9	0,0018	0,04	-0,04
47	Direito	0,7	2	10	104,9	0,0011	0,02	-0,14
48	Acima	0,7	2	10	104,9	0,0023	0,05	-0,17
	Abaixo	0,7	2	10	104,9	0,0023	0,05	-0,17
49	Esquerda	0,7	2	10	104,9	0,0011	0,02	-0,13
	Direita	0,7	2	10	104,9	0,001	0,02	-0,14
50	Acima	0,7	2	10	104,9	0,0013	0,03	-0,12
	Abaixo	0,7	2	10	104,9	0,0027	0,06	-0,09
51	Abaixo	0,7	2	10	104,9	0,0002	0	-0,13
52	Esquerda	0,7	2	10	104,9	0,0007	0,01	-0,05
	Direita	0,7	2	10	104,9	0,0008	0,02	-0,05
53	Esquerda	0,7	2	10	104,9	0,0008	0,02	-0,06
54	Acima	0,7	2	10	104,9	0,0002	0	-0,05
	Abaixo	0,7	2	10	104,9	0,0001	0	-0,05
55	Esquerda	0,7	2	10	104,9	0,0028	0,06	-0,09
56	Abaixo	0,7	2	10	104,9	0,0018	0,04	-0,1
57	Esquerda	0,7	2	10	104,9	0,002	0,04	0,01
	Direita	0,7	2	10	104,9	0,0017	0,03	0,01
58	Acima	0,7	2	10	104,9	0,0029	0,06	-0,06
59	Esquerda	0,7	2	10	104,9	0,0017	0,03	-0,17
	Direita	0,7	2	10	104,9	0,0007	0,01	-0,19
60	Esquerda	0,7	2	10	104,9	0,0005	0,01	-0,05

Fonte: Autor/2021.

6.4 Dimensionamento Bocas de lobo.

O dimensionamento das bocas coletoras (tabela 15) é o mais simples. Para se garantir que as mesmas suprissem as vazões foi adotado um Bl de 1m X 0,1 m de dimensões.

Tabela 15: Número Necessário de BLs

Rua		Comprimento de abertura(m)	Altura máxima da guia(Ym)	Capacidade de Engolimento Teórico(Qbl)	Fator de Redução	Capacidade real de engolimento	Quantidade de bocas de lobo
1	Acima	1	0,1	0,05376	0,8	0,043007	0,5
4	Abaixo	1	0,1	0,05376	0,8	0,043007	2,0
6	Abaixo	1	0,1	0,05376	0,8	0,043007	2,3
7	Esquerda	1	0,1	0,05376	0,8	0,043007	1,0
	Direita	1	0,1	0,05376	0,8	0,043007	1,4
8	Esquerda	1	0,1	0,05376	0,8	0,043007	0,7
	Direita	1	0,1	0,05376	0,8	0,043007	0,9
19	Esquerda	1	0,1	0,05376	0,8	0,043007	1,9
55	Esquerda	1	0,1	0,05376	0,8	0,043007	7,4
57	Esquerda	1	0,1	0,05376	0,8	0,043007	0,3
	Direita	1	0,1	0,05376	0,8	0,043007	0,1

Fonte: Autor/2021.

6.5 Dimensionamento Galerias.

Para o dimensionamento das galerias (tabela 16) utilizou-se a metodologia usada para o município de Toledo no estado do Paraná, O coeficiente de escoamento C é de 0,7 e o coeficiente de Manning 0,013 para tubos de concreto.

Tabela 16: Galerias

Tabela 15: Galerias.

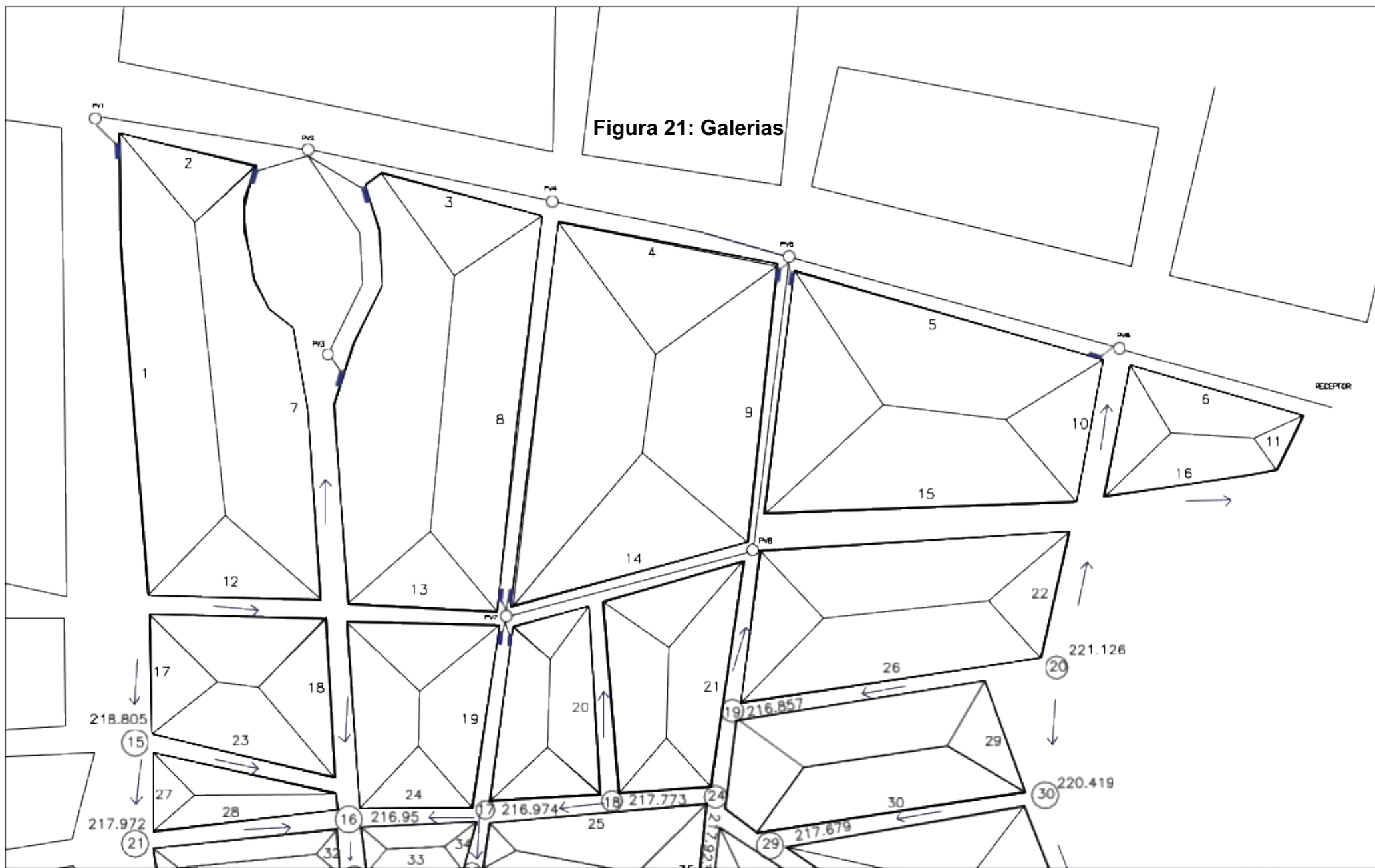
Trecho PV	L(m)	Áreas (ha)	Área Acumulada (m²)	TC(min)	Q(l/s)	D(m)	S(m/m)	Y/D(%)	V(m/s)	te(min)	Cotas do Terreno(m)		Cotas greide(m)		Profundidade(m)	
											Mont	Jus	Mont	jus	Mont	Jus
1--2	114,8	0,853	0,8533	10,00	174,19	0,5	0,004	80%	2,87	0,67	216,42	216	215,42	215	1,00	1,00
3--2	115,3	0,903	1,7559	10,67	180,35	0,5	0,005	80%	2,98	0,65	217	216,42	216	215,42	1,00	1,00
2--4	133,4	0,191	1,9468	11,31	37,38	0,3	0,007	73%	0,67	3,30	216	215,03	215	214,03	1,00	1,00
4--5	129,7	0,354	2,3003	14,62	62,88	0,3	0,008	73%	1,13	1,91	215,03	214	214,03	213	1,00	1,00
7--8	133,3	1,892	4,1922	16,53	319,94	0,5	0,010	80%	5,28	0,42	216,86	215,5	215,86	214,5	1,00	1,00
8--5	157,0	0,971	5,1629	16,95	162,40	0,4	0,010	75%	2,86	0,92	216,49	214,95	215,49	213,95	1,00	1,00
5--6	183,1	0,605	5,7678	17,86	98,92	0,4	0,003	75%	1,74	1,75	214,95	214,34	213,95	213,34	1,00	1,00
6--saida	173,2	0,167	5,9346	19,62	26,16	0,3	0,008	73%	0,47	6,13	214,34	213	213,34	212	1,00	1,00

Fonte: autor

6.6 Projeto de Microdrenagem.

Nas figuras 20 e 21 são apresentados o projeto geral de drenagem a ser executado, com informações de direção de fluxo, cotas topográficas, posições das BIs e trajetos a serem seguidos pelas galerias.

Figura 21: Galerias



	ESCALA:	1/2500	PROJETISTA: THALES ANDRADE	DATA:	08/11/21
			ORIENTADOR: MANOEL MÓISES		
			PROPRIETÁRIO: THALES ANDRADE	PRANCA:	01/01
			CONTATO: THALESUFCA@GMAIL.COM		

6 Conclusão

O Microdrenagem urbana é tema fundamental para todas as cidades, o que tem se observado é a falta de interesse público no tema, recorrendo sempre a medidas corretivas quando a situação se encontra insustentável, o trabalho desenvolvido analisou a série histórica ao longo de 47 anos de máximas diárias anuais, com média 87,121 e desvio padrão de 32,74, sendo possível ajuste satisfatório a distribuição de Gumbel, através do teste Qui Quadrado e da observação dos gráficos, pôde-se obter resultados mais confiáveis, validando assim os resultados obtidos pela distribuição de Gumbel, dando homogeneidade aos parâmetros observados. A Partir desse ponto obtiveram se os valores para a chuva de projeto que pôde ser desagregada, para obtenção dos parâmetros da equação de chuva. De maneira geral, a produção de uma equação de chuva obtida através da metodologia apresentada, é informação importante para o município, podendo ser aplicada para diversas finalidades.

O dimensionamento dos aparelhos de microdrenagem sarjetas, bocas de lobo e galerias, foram dimensionados segundo o método racional, todo foram dimensionados 5374 metros de sarjetas, 12 bls e 1139 metros de galerias coletoras

No trabalho as ruas 1,4,5,7 e 8 por terem grandes áreas de contribuições somente as sarjetas não foram suficientes para atender a vazão demandada, então se prosseguiu para o traçado e dimensionamento das bls e coletores como ficou explicitado no trabalho.

REFERÊNCIAS

IBGE – Instituto Brasileiro de Geografia e Estatística. Disponível em:

<<https://cidades.ibge.gov.br/brasil/ce/iguatu/panorama>>. Acesso em 20/08/2021.

Diário do Nordeste – Iguatu conta apenas com 14% de cobertura no saneamento básico. Disponível em:

<<https://diariodonordeste.verdesmares.com.br/regiao/iguatu-conta-apenas-com-14-d-e-cobertura-no-saneamento-basico-1.2058943>>. Acesso em 13/07/2021.

Diário do Nordeste – Diário do Nordeste Lagoas fazem parte da história de Iguatu.

Disponível em:

<<https://diariodonordeste.verdesmares.com.br/regiao/lagoas-fazem-parte-da-historia-de-iguatu-1.633286>>. Acesso em 14/07/2021.

MELLER, G. DRESCH, F; DARONCO, G. **A necessidade de uma drenagem urbana sustentável.** Relatório técnico in: XXII Seminário de Iniciação Científica, Injuí, Santa Rosa, Panambi e Três Passos, 2014

BOTELHO, M. H. C. **CHUVAS DE ÁGUA - ENGENHARIA DAS ÁGUAS PLUVIAIS NAS CIDADES.** 2 Ed, 1998.

BEMFICA, D; CRUZ, M. A. S. **Plano diretor de drenagem: Manual de Drenagem Urbana.** Vol. VI., 2005.

Banco de Dados Geomorfométricos do Brasil – TOPODATA. Disponível em:

<<http://www.dsr.inpe.br/topodata/acesso.php>>. Acesso em 20/08/2021.

GOERGEN, R. A. **AJUSTE DE EQUAÇÕES DE CHUVAS INTENSAS DA REGIÃO OESTE DO PARANÁ USANDO MÉTODOS NÃO LINEARES.** 2006. 46

MIGUEZ, M. G; VERÓL, A. P; REZENDE, O. M. **DRENAGEM URBANA:** Do projeto nacional à sustentabilidade. 1 ed. – Rio de Janeiro: Elsevier, 2015.

PORTO, R. L. (2012). **Fundamentos para a Gestão da Água**. São Paulo: Universidade de São Paulo.

MANUAL DE DRENAGEM URBANA - Instituto de Pesquisas Hidráulicas (Universidade Federal do Rio Grande do Sul). Volume VI, 2005.

TEIXEIRA, E. C; ZIMMERMANN, S. L. DUARTE; PINTO, F. J. F; CARMONA, M. V; BEMFICA, D; CRUZ, M. A. S. **Plano diretor de drenagem: Manual de Drenagem Urbana**. Vol. VI., 2005.

RAMOS, C. L; CÂMARA, F. A; MARTINS, J. R. S; IKELDA, L. E. S; GÓI, M. L. C; PORTO, M. F. A; MAGNI, N. L. GÓI; PORTO, R. L; ASSAE, S; FUSHIQURO, Y. **Diretrizes básicas para projetos de drenagem urbana no município de São Paulo**. Reedição eletrônica, 1999.

INMET - **Instituto Nacional de Meteorologia** – 2016. Disponível em: <<http://www.inmet.gov.br/portal/index.php?r=bdmep/bdmep>>. Acessado em: 11/08/2017.

POMPEO et al. (Orgs.) **Ecologia de reservatórios e interfaces**, São Paulo; Instituto de Biociências da Universidade de São Paulo, 2015.

TUCCI, E. M. **Inundações Urbanas na América do Sul. Comissão Econômica para a América Latina e o Caribe, 2003**. Disponível em: <<http://www.cepal.org/samtac/noticias/documentosdetrabajo/5/23335/inbr02803.pdf>>. Acesso em: 23 dezembro 2016.

TUCCI, C. E. M; PORTO, R. L; BARROS, M. T. **Drenagem Urbana: 5ª Coleção ABRH de cursos hídricos**, 2005.

TUCCI, C.E.M.; GENZ, F. **Controle do Impacto da Urbanização**. In: TUCCI, C.E.M.; PORTO, R.L.L.; BARROS, M.T. (Eds.). *Drenagem Urbana*. Porto Alegre: ABRH; Editora da Universidade; UFRGS, cap. 7, 1995.

AMARAL, R; RIBEIRO, R.R. 2009. **Enchentes e Inundações. In: Desastres Naturais, conhecer para prevenir.** Tominaga, L.K; Santoro, J; Amaral, R. (Organizadores). Instituto Geológico, São Paulo.

SMDU. **Manual de Drenagem e Manejo de Águas Pluviais: Gerenciamento do sistema de drenagem urbana. Secretaria Municipal de Desenvolvimento Urbano, 2012.** Disponível em:

<http://www.prefeitura.sp.gov.br/cidade/secretarias/upload/desenvolvimento_urbano/arquivos/manual-drenagem_v1.pdf>. Acesso em: 23 maio 2017.

SOUZA, Vladimir Caramori Borges. “**Gestão da Drenagem Urbana no Brasil: Desafios para a Sustentabilidade**”. GESTA, Alagoas, v. 1, n. 1.2013. Disponível em:

<<https://portalseer.ufba.br/index.php/gesta/article/view/7105/4877>>. Acesso em 14 de Abril de 2019.