



UNIVERSIDADE FEDERAL DE CAMPINA GRANDE – UFCG
CENTRO DE CIÊNCIAS E TECNOLOGIA AGROALIMENTAR – CCTA
UNIDADE ACADÊMICA DE CIÊNCIAS E TECNOLOGIA AMBIENTAL – UACTA
CURSO DE BACHARELADO EM ENGENHARIA CIVIL

VITÓRIA SILVA MARTINS DE OLIVEIRA

**DIMENSIONAMENTO DE CANAL UTILIZANDO COMO MODELO CHUVA-VAZÃO
O MÉTODO SANTA BÁRBARA**

POMBAL-PB

2021

VITÓRIA SILVA MARTINS DE OLIVEIRA

**DIMENSIONAMENTO DE CANAL UTILIZANDO COMO MODELO CHUVA-VAZÃO
O MÉTODO SANTA BÁRBARA**

Trabalho de Conclusão de Curso apresentado ao Curso de Engenharia Civil do Centro de Ciências e Tecnologia Agroalimentar, da Universidade Federal de Campina Grande, elaborado como requisito parcial para obtenção do grau de Bacharela em Engenharia Civil.

Orientador: Prof.^o Dr. Manoel Moisés Ferreira de Queiroz

POMBAL-PB

2021

O48d	Oliveira, Vitória Silva Martins de.
	<p>Dimensionamento de canal utilizando como modelo chuva-vazão o método Santa Bárbara. / Vitória Silva Martins de Oliveira. - Pombal, 2021.</p>
	<p>125 f. : il. color.</p>
	<p>Trabalho de Conclusão de Curso (Graduação em Engenharia Civil) - Universidade Federal de Campina Grande, Centro de Ciências e Tecnologia Agroalimentar, 2021.</p>
	<p>"Orientação: Prof. Dr. Manoel Moisés Ferreira de Queiroz."</p>
	<p>Referências.</p>
	<p>1. Drenagem urbana. 2. Macrodrenagem. 3. Canal - chuva-vazão. 4. Drenagem - método Santa Bárbara. 5. Cidades - planejamento. 6. Planejamento urbano - cidades - problemas. I. Queiroz, Manoel Moisés Ferreira de. II. Título.</p>
	<p>CDU 626.86(043)</p>

VITÓRIA SILVA MARTINS DE OLIVEIRA

**DIMENSIONAMENTO DE CANAL UTILIZANDO COMO MODELO CHUVA-VAZÃO
O MÉTODO SANTA BÁRBARA**

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

Trabalho de Conclusão de Curso defendido e aprovado em: 14/05/2021

COMISSÃO EXAMINADORA:



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



Prof.ª Dra. Rosinete Batista dos Santos Ribeiro
Examinadora Interna – UACTA/CCTA/UFCG



Eng.º Lucas Almeida de Queiroga
Examinador Externo – Prefeitura Municipal de Pombal-PB

POMBAL-PB

2021

Aos meus pais, Antonio e Josilene

À minha irmã Jéssica

Ao meu irmão Bernardo

Porque família é tudo.

AGRADECIMENTOS

Primeiramente, agradeço a Deus. Foi dEle que veio toda a força, coragem e determinação para concluir este trabalho. Sem a Tua mão sobre minha vida, nada seria possível.

Quero agradecer, especialmente, aos meus pais Antonio e Josilene e aos meus irmãos Jéssica e Bernardo. Agradeço por lidarem com o estresse de um estudante em fim de curso, sem nunca deixarem de me apoiar. Tudo isso é por vocês e para vocês.

Agradeço grandemente ao meu orientador Moisés, que sempre foi uma fonte de conhecimento e inspiração para mim. Admiro-o imensamente.

Tenho a sorte de ter me aproximado do Deividy, pessoa que sempre me ajudou demais neste trabalho, sendo sempre solícito. Gratidão eterna.

Sou grata por ter encontrado, ao longo do percurso da graduação, amigos que hoje são parte da minha família: Ana Caroline, Lara Mylena e George Hugo. Nem todos possuem a sorte e a bênção que é ter amigos que estão contigo em todos os momentos, sempre incentivando e aparando quando tudo desmorona. Quero compartilhar essa alegria com vocês.

Por fim, quero agradecer a todos os meus amigos que me apoiaram e acreditaram em mim, acompanhando a minha trajetória e contribuindo positivamente para o meu emocional e psicológico.

Gratidão.

*“Em nossas escolhas encontra-se o
nosso destino.”*

- O Labirinto do Fauno

RESUMO

Os problemas urbanos advindos do mau planejamento das cidades estão ligados aos impactos ambientais que são causados em decorrência desse processo. Muitos impactos estão associados ao lixo nas ruas, ao desmatamento, ao aumento da temperatura, à poluição, à impermeabilização do solo e às enchentes. Para evitar ou mitigar os impactos decorrentes dos episódios de inundações em áreas urbanizadas, diminuindo riscos e prejuízos, são elaboradas medidas e obras de infraestrutura de drenagem, que tem por objetivo compensar as modificações antrópicas feitas no ambiente e dar destinação adequada às águas pluviais. Este trabalho teve como objetivo proceder a um estudo hidrológico em uma bacia urbana na cidade de Pombal-PB e propor o dimensionamento de um canal de macrodrenagem através de um projeto de engenharia. Para os estudos hidrológicos foram utilizadas a Distribuição de Gumbel, o método de Huff e o método Santa Bárbara. O dimensionamento hidráulico foi realizado considerando a seção de mínimo perímetro molhado. O teste qui-quadrado aplicado à equação da chuva mostrou bons resultados. Apesar da bacia ter apresentado grande área permeável, as vazões de pico foram altas, provavelmente, porque a área da bacia é bem extensa. O dimensionamento pelo mínimo perímetro molhado conduziu a uma profundidade com dimensão considerável para a realidade local. Ao longo deste trabalho, percebeu-se a escassez de normas técnicas e planos diretores que envolvem a drenagem urbana.

Palavras-chave: Drenagem Urbana. Macrodrenagem. Vazão de Projeto.

ABSTRACT

The urban problems arising from the poor planning of cities are linked to the environmental impacts that are caused as a result of this process. Many impacts are associated with garbage on the streets, deforestation, rising temperatures, pollution, soil waterproofiness and flooding. In order to avoid or mitigate the impacts resulting from the flooding episodes in urbanized areas, reducing risks and losses, drainage infrastructure measures and works are designed, which aim to make up for the anthropic changes made to the environment and provide a proper disposal of rainwater. This work aimed to carry out a hydrological study in an urban basin in the city of Pombal-PB and to propose the design of a macrodrainage channel through an engineering project. For hydrological studies, the Gumbel Distribution, the Huff method and the Santa Barbara method were used. The hydraulic dimensioning was performed considering the section of minimum wetted perimeter. The chi-square test applied to the rain equation showed good results. Although the basin had a large permeable area, peak flows were high, probably because the area of the basin is quite extensive. The dimensioning by the minimum wetted perimeter led to a depth with a substantial dimension for the local reality. Throughout this work, it was noticed a lack of technical standards and master plans that involve urban drainage.

Keywords: Urban Drainage. Macrodrainage. Project Flow.

SUMÁRIO

1. INTRODUÇÃO	15
2. OBJETIVOS	17
2.1. GERAL.....	17
2.2. ESPECÍFICOS.....	17
3. REVISÃO BIBLIOGRÁFICA	17
3.1. A URBANIZAÇÃO E OS SEUS IMPACTOS.....	17
3.2. MICRODRENAGEM	21
3.3. MACRODRENAGEM.....	22
3.4. CHUVAS INTENSAS	25
3.4.1. Desagregação da Chuva	26
3.4.2. Teste qui-quadrado	27
3.5. BACIA HIDROGRÁFICA.....	27
3.5.1. Tempo de Concentração.....	28
3.6. DISTRIBUIÇÃO TEMPORAL DAS CHUVAS.....	29
3.7. ESCOAMENTO SUPERFICIAL	31
3.8. MÉTODO SANTA BÁRBARA	32
3.9. DIMENSIONAMENTO DE CANAIS	32
3.9.1. Observações sobre Projeto e Construção de Canais	34
4. METODOLOGIA.....	35
4.1. CARACTERIZAÇÃO DA ÁREA	35
4.2. DELIMITAÇÃO DA ÁREA DA BACIA	36
4.3. ESTUDO TOPOGRÁFICO	36
4.4. ESTUDO GEOLÓGICO E GEOTÉCNICO.....	37
4.5. ESTUDO DA VEGETAÇÃO.....	39
4.6. USO E OCUPAÇÃO DO SOLO	39
4.7. ESTUDO HIDROLÓGICO	40

4.7.1. Equação da Chuva.....	41
4.7.2. Distribuição Temporal pelo Método de Huff	46
4.7.3. Cálculo da Declividade Média do Talvegue Principal.....	47
4.7.4. Determinação do CN	47
4.7.5. Tempo de Concentração.....	49
4.7.6. Vazão de Projeto através do Método Santa Bárbara	50
4.8. DIMENSIONAMENTO HIDRÁULICO	53
4.8.1. Verificação da Velocidade Média	56
5. RESULTADOS E DISCUSSÃO	57
5.1. DELIMITAÇÃO DA BACIA HIDROGRÁFICA.....	57
5.2. USO E TIPO DO SOLO	57
5.3. EQUAÇÃO DA CHUVA	58
5.4. DISTRIBUIÇÃO TEMPORAL.....	68
5.5. DECLIVIDADE DO TALVEGUE PRINCIPAL.....	73
5.6. CÁLCULO DO CN	74
5.7. TEMPO DE CONCENTRAÇÃO DA BACIA	75
5.8. HIDROGRAMA E VAZÃO DE PROJETO.....	75
5.9. DIMENSIONAMENTO DO CANAL	80
6. CONSIDERAÇÕES FINAIS	83
REFERÊNCIAS.....	85
APÊNDICE A – Memória de Cálculo da Distribuição de Gumbel	90
APÊNDICE B – Memória de Cálculo da Distribuição Temporal da Chuva pelo Método de Huff	92
APÊNDICE C – Memória de Cálculo do Método Santa Bárbara	98

ÍNDICE DE FIGURAS

Figura 1 - Precipitação Máxima dos Municípios da Paraíba no dia 24/04/2020	19
Figura 2 – Chuva de 107,8 mm no Município de Pombal-PB	20
Figura 3 - Alagamentos e Prejuízos	20
Figura 4 - Esgoto em Canal de Drenagem	24
Figura 5 - Curvas de Probabilidade por Huff	30
Figura 6 - Localização da Área de Estudo	36
Figura 7 - Características Geomorfológicas de Pombal-PB	37
Figura 8 - Tipo de Solo de Pombal-PB segundo o OneGeology	38
Figura 9 - Mapa Geológico de Pombal-PB	38
Figura 10 - Bacias Hidrográficas da Paraíba	40
Figura 11 - Delimitação da Bacia de Contribuição	57
Figura 12 - Ocupação do Solo da Bacia de Contribuição	58
Figura 13 - Seção Transversal do Canal	82

ÍNDICE DE GRÁFICOS

Gráfico 1 - Precipitação Anual Média Histórica	41
Gráfico 2 - Chuva Máxima Diária Anual	59
Gráfico 3 - Verificação da Distribuição de Gumbel.....	60
Gráfico 4 - Curvas IDF.....	63
Gráfico 5 - IDF Linearizadas.....	64
Gráfico 6 - Log (T) x Log (C)	65
Gráfico 7 - Curvas IDF pela Equação da Chuva	68
Gráfico 8 - Hietograma para t = 60 min e T = 30 anos	69
Gráfico 9 - Hietograma para t = 120 min e T = 30 anos	69
Gráfico 10 - Hietograma para t = 180 min e T = 30 anos	70
Gráfico 11 - Hietograma para t = 60 min e T = 50 anos	70
Gráfico 12 - Hietograma para t = 120 min e T = 50 anos	71
Gráfico 13 - Hietograma para t = 180 min e T = 50 anos	71
Gráfico 14 - Hietograma para t = 60 min e T = 70 anos	72
Gráfico 15 - Hietograma para t = 120 min e T = 70 anos	72
Gráfico 16 - Hietograma para t = 180 min e T = 70 anos	73
Gráfico 17 - Hidrograma para t = 60 min e T = 30 anos	76
Gráfico 18 - Hidrograma para t = 120 min e T = 30 anos	76
Gráfico 19 - Hidrograma para t = 180 min e T = 30 anos	77
Gráfico 20 - Hidrograma para t = 60 min e T = 50 anos	77
Gráfico 21 - Hidrograma para t = 120 min e T = 50 anos	78
Gráfico 22 - Hidrograma para t = 180 min e T = 50 anos	78
Gráfico 23 - Hidrograma para t = 60 min e T = 70 anos	79
Gráfico 24 - Hidrograma para t = 120 min e T = 70 anos	79
Gráfico 25 - Hidrograma para t = 180 min e T = 70 anos	80

ÍNDICE DE QUADROS

Quadro 1 - Comparação entre os Coeficientes de Desagregação	26
Quadro 2 - Grupos Hidrológicos de Solo	48
Quadro 3 - Equações das Retas	64

ÍNDICE DE TABELAS

Tabela 1 - Fórmulas de Tempo de Concentração.....	28
Tabela 2 - Fórmulas Recomendadas.....	29
Tabela 3 - CN para Bacias Urbanas	31
Tabela 4 - CN para Áreas Rurais e Urbanas	48
Tabela 5 - CN para Bacia Hidrográfica do Córrego Caçula	49
Tabela 6 - Valores do Coeficiente de Rugosidade da Fórmula de Manning	54
Tabela 7 - Valores do Coeficiente de Forma K	55
Tabela 8 - Velocidades Médias Recomendadas.....	56
Tabela 9 - Precipitações Máximas.....	60
Tabela 10 - Desagregação das Chuvas.....	61
Tabela 11 - Intensidades	62
Tabela 12 - Log (T) x Log (C).....	65
Tabela 13 - Parâmetros da Equação da Chuva	66
Tabela 14 - Intensidades pela Equação da Chuva	66
Tabela 15 - Qui-quadrado Calculado	67
Tabela 16 - Declividade Média.....	74
Tabela 17 - Curve Number.....	74
Tabela 18 - Tempos de Concentração.....	75
Tabela 19 - Análise das Precipitações.....	81
Tabela 20 - Análise das Vazões	81
Tabela 21 - Dimensionamento do Canal.....	81
Tabela 22 - Verificação das Velocidades	82
Tabela 23 - Distribuição de Gumbel.....	90
Tabela 24 - Huff para as Durações de 1, 2 e 3h e T = 30 anos	92
Tabela 25 - Huff para as Durações de 1, 2 e 3h e T = 50 anos	94
Tabela 26 - Huff para as Durações de 1, 2 e 3h e T = 70 anos	96
Tabela 27 - Santa Bárbara para t = 60 min e T = 30 anos.....	98
Tabela 28 - Santa Bárbara para t = 120 min e t = 30 anos	101
Tabela 29 - Santa Bárbara para t = 180 min e T = 30 anos	104
Tabela 30 - Santa Bárbara para t = 60 min e T = 50 anos.....	107
Tabela 31 - Santa Bárbara para t = 120 min e T = 50 anos	110
Tabela 32 - Santa Bárbara para t = 180 min e T = 50 anos	113
Tabela 33 - Santa Bárbara para t = 60 min e T = 70 anos.....	116

Tabela 34 - Santa Bárbara para $t = 120$ min e $T = 70$ anos	119
Tabela 35 - Santa Bárbara para $t = 180$ min e $T = 70$ anos	122

1. INTRODUÇÃO

O capitalismo no século XX fez com que as cidades no mundo todo passassem por um crescimento em demasia acelerado, inclusive aquelas que pertenciam às nações menos desenvolvidas, que não tinham a industrialização bem acentuada.

Nos países desenvolvidos, esse processo se deu através de mudanças que ocorreram devido a industrialização acontecer de forma gradativa. Assim, as cidades tiveram condições de se estruturar com planejamento, abrindo espaço para as melhorias na infraestrutura. Isso fez com que esses países não passassem por tantos problemas sobre aspectos estruturais.

A urbanização nos países subdesenvolvidos tem ocorrido de forma rápida, com as cidades crescendo sem planejamento e de forma tumultuada, acarretando diversos problemas urbanos de caráter estrutural.

Segundo Moraes (2005), as desigualdades sociais ficam mais evidentes com a urbanização dos países mais pobres, criando ambientes caóticos, pois a alta velocidade de crescimento e a falta de planejamento acabam gerando paisagens urbanas fétidas, com baixa qualidade de vida e de difícil administração.

Silva *et al.* (2014) relata que os problemas urbanos advindos do mau planejamento das cidades estão ligados aos impactos ambientais que são causados em decorrência desse processo. Muitos impactos estão associados ao lixo nas ruas, ao desmatamento, ao aumento da temperatura, à poluição, à impermeabilização do solo e às enchentes.

O crescimento urbano das cidades brasileiras tem provocado impactos significativos na população e no meio ambiente, devido ao aumento da frequência e da magnitude das inundações, prejudicando a qualidade da água e da vida da população. Estes problemas são decorrentes da forma precária da expansão urbana, da falta de planejamento e controle do uso do solo, ocasionando elevada impermeabilização, ocupação de áreas de risco e a falta de sistemas de drenagem urbana.

Sendo assim, segundo Pinheiro e Santos (2019), as políticas públicas de controle sanitário devem envolver, especialmente, a implantação de distribuição de água tratada, coleta e tratamento de esgoto e de resíduos sólidos, bem como de sistemas de drenagem de águas pluviais.

Nestas perspectivas, encontra-se a cidade de Pombal, no estado da Paraíba, localizada próximo ao Rio Piancó, na bacia hidrográfica dos rios Piancó-Piranhas-Açu, na Região Hidrográfica Atlântico Nordeste Oriental. O sistema de drenagem da cidade é constituído, basicamente, de sarjetas sem bocas coletoras, em pavimentação com paralelepípedos, com exceção do trecho da BR 230 que talha a cidade, no qual o sistema inicial de drenagem é em concreto asfáltico. Este sistema está interligado a um conjunto de canais trapezoidais, construído em concreto, que desaguam no Rio Piancó. No período de chuvas, ocorre a inundação de várias ruas ocasionando transtornos para a população e afetando a qualidade da água do Rio Piancó.

O sistema de drenagem é parte de um sistema urbano visto de uma forma mais ampla. Pode ser encarado simplesmente como parte da infraestrutura urbana ou como um meio para alcançar metas e objetivos em termos mais abrangentes.

Para evitar ou mitigar os impactos decorrentes dos episódios de inundações em áreas urbanizadas, diminuindo riscos e prejuízos, são elaboradas medidas e obras de infraestrutura de drenagem, que tem por objetivo compensar as modificações antrópicas feitas no ambiente e dar destinação adequada às águas pluviais. As atividades relacionadas à Drenagem Urbana são de responsabilidade do município, devendo ser executadas pela administração pública, com o objetivo de alcançar adequado desenvolvimento urbano e o bem-estar e segurança da população.

De acordo com Vaz (2004), antigamente, a drenagem servia apenas para conduzir as águas pluviais para jusante, executando projetos e obras com predominância das análises econômicas. Hoje em dia, o entendimento da drenagem é diferente, pois é sabido que se deve fazer a análise integrada dos meios sociais, legais, institucionais e tecnológicos que visam resolver os problemas.

A situação atual dos sistemas tradicionais de drenagem já implantados, não está cumprindo o seu papel com eficiência, tendo em vista a quantidade de inundações que vem ocorrendo. A defasagem dos sistemas de drenagem urbana está relacionada à ocupação indevida de áreas de risco, resíduos não coletados, desmatamento, impermeabilização dos solos, entre outros. Com isto, mostra-se clara a necessidade de reformulação dos sistemas de drenagem pluvial, passando por técnicas compensatórias, que evitem o surgimento de problemas, em vez de consertá-los constantemente ou transferi-los para jusante.

Embora seja clara a necessidade de utilização de novos métodos de drenagem, no Brasil, a experiência na área ainda é bastante limitada, mantendo-se através dos métodos convencionais.

2. OBJETIVOS

2.1. GERAL

Proceder a um estudo hidrológico em uma bacia periurbana na cidade de Pombal-PB e propor o dimensionamento de um canal de macrodrenagem através de um projeto de engenharia.

2.2. ESPECÍFICOS

- Identificar a forma de uso e ocupação do solo da bacia em estudo;
- Obter a equação de chuva a partir de dados pluviométricos obtidos até 2019;
- Estimar a vazão do escoamento superficial através de modelo chuva-vazão;
- Dimensionar um canal de macrodrenagem adequado à situação atual e futura.

3. REVISÃO BIBLIOGRÁFICA

3.1. A URBANIZAÇÃO E OS SEUS IMPACTOS

O sistema de drenagem urbana é feito por conjuntos de operações e de instalações que visam remover o excesso de água na superfície e no subsolo. Segundo Jabôr (2013), a drenagem é um sistema que tenta reduzir o excesso das águas profundas e superficiais, evitando causar danos àquilo que possa sofrer sob sua influência. A drenagem é um sistema que deve ser bem planejado para que possa atender à necessidade do meio em que será inserido, e para isso, deve-se utilizar de diferentes métodos que drenem a água da superfície e a água profunda, evitando enchentes e outros problemas relacionados.

Tucci (2005) diz que o crescimento urbano dos países em desenvolvimento vem ocorrendo de forma não sustentável, deteriorando a qualidade de vida e meio ambiente, acarretando problemas relacionados à infraestrutura, como a concentração populacional em pequenas áreas e o aumento da periferia de forma descontrolada, com bairros sem segurança, infraestrutura de água, esgoto, drenagem, transporte e coleta de lixo. Tucci diz ainda que, o planejamento urbano é feito para atender à cidade

formal, enquanto na cidade informal são analisadas as tendências de ocupação, gerando problemas de falta de esgotamento sanitário, de drenagem urbana, de ocupação do leito de inundação ribeirinha, de impermeabilização e canalização dos rios urbanos e de deterioração da qualidade da água.

Segundo Bezerra *et al.* (2016), a urbanização traz consigo a necessidade de investimentos na infraestrutura para que as cidades possam ter um crescimento igualitário, com empregos, qualidade nas moradias, saneamento e drenagem contra alagamentos e enchentes, merecendo maior atenção nestes últimos, pois são os maiores causadores de problemas sociais e ambientais.

Se houver um investimento justo na infraestrutura, haverá mais igualdade entre a população e todos poderão desfrutar dos serviços de saneamento, evitando os transtornos causados por sua falta.

Pode-se dizer que Tucci e Bezerra têm opiniões semelhantes em relação ao desenvolvimento urbano. Ambos acreditam que o bom planejamento urbano faz com que os problemas de infraestrutura das cidades sejam solucionados, pelo menos em parte. Suas opiniões convergem, mostrando que, adequando da forma correta os sistemas de água, esgoto e drenagem, os danos causados pela falta deles possam ser diminuídos.

Segundo Montes e Leite (2008), quando a urbanização não é planejada nem é sustentável, gera problemas de enchentes, inundações e enxurradas que vão poluir os corpos hídricos e ocasionar danos ao meio ambiente e sociedade, podendo afetar a saúde pública e o trânsito de veículos. Isto é, a falta de planejamento do sistema de drenagem causa grandes complicações socioambientais futuras. Alguns impactos que estão relacionados ao processo de urbanização são as doenças de veiculação hídrica, impactos no meio ambiente e social e a alteração do ciclo hidrológico.

Se não houver a drenagem urbana, possivelmente existirão inundações que causam os deslizamentos de terra e erosões. O trânsito e mobilidade também serão prejudicados. Esses alagamentos também poderão ocasionar perdas materiais e até vitais. As águas superficiais terão sua qualidade inferiorizada, podendo trazer danos à saúde por meio das doenças que são transmitidas através delas, como a leptospirose e a dengue, já que, com as enchentes, poderão existir muitos pontos com água parada. As consequências para o ciclo hidrológico estão relacionadas ao aumento do escoamento superficial devido à redução da capacidade de infiltração do solo. Com isso, a velocidade do escoamento e as vazões também aumentam. O nível

do lençol freático é reduzido, diminuindo o escoamento subterrâneo, e a evapotranspiração é prejudicada pela falta da cobertura vegetal.

De acordo com Tucci (2005), os telhados, as ruas, calçadas e pátios causam a impermeabilização do solo que antes permitia que a água infiltrasse, mas agora passa a escoar através de outros condutos que fazem aumentar o escoamento superficial. O volume de água que escoava de forma lenta e ficava contida nas plantas, agora atravessa superfícies que são impermeáveis, exigindo maior capacidade dos condutos e canais. Observa-se que essas alterações causam efeitos anormais no ciclo hidrológico.

Tem-se que o processo de urbanização ocasionou e ainda ocasiona diversos problemas de infraestrutura que geram vários outros contratempos e que cabe aos gestores e profissionais fazer um melhor planejamento para o desenvolvimento urbano.

Relacionando com o problema, a cidade de Pombal-PB passa pelos mesmos problemas citados anteriormente, sendo o principal deles o alagamento das ruas e a degradação delas.

No dia 24 de abril do ano de 2020, segundo a Agência Executiva de Gestão das Águas (AESAs), ocorreu uma chuva de 107,8 mm em Pombal-PB (Figuras 1 e 2).

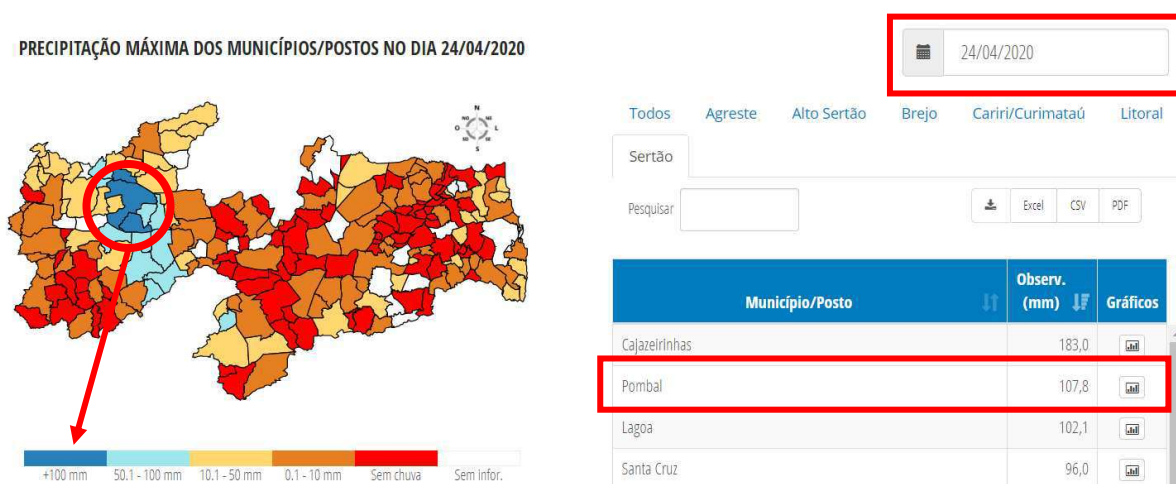


Figura 1 - Precipitação Máxima dos Municípios da Paraíba no dia 24/04/2020
Fonte: AESA (2020).

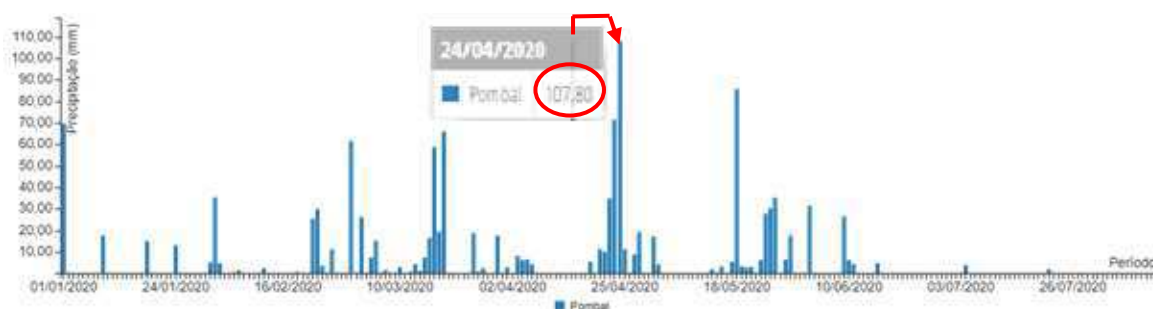


Figura 2 – Chuva de 107,8 mm no Município de Pombal-PB
Fonte: AESA (2020).

Essa chuva causou grandes alagamentos, transbordamento de canais e inundação de casas, trazendo prejuízos como perda dos móveis das residências e morte de animais, como pode ser observado na Figura 3. Além de todo o transtorno, trouxe perigos como possíveis vetores de contaminação, afetando a saúde da população.



Figura 3 - Alagamentos e Prejuízos
Fonte: Arquivo pessoal (2020).

O Manual de Drenagem Urbana (2002) cita que a separação entre o urbanismo e a drenagem já fez com que muitas cidades tivessem problemas críticos de inundações e altos níveis de poluição dos corpos hídricos, e que a drenagem deve ser parte essencial de um projeto arquitetônico ou urbanístico, porque condiciona o funcionamento urbano.

O processo urbanístico bem planejado inclui a existência da drenagem pluvial. Tendo o plano bem feito, deve-se ser igualmente bem executado, seguindo o projeto de drenagem urbana que poderá conter elementos como a micro e macrodrenagem.

3.2. MICRODRENAGEM

A microdrenagem é um tipo de sistema que retira a água da chuva dos pavimentos, evitando os alagamentos e trazendo mais segurança para a população. Segundo Tucci (2005), a microdrenagem é formada por condutos e canais em nível de loteamento, sendo projetada para atender aos riscos moderados de precipitação. Nela são inseridos elementos que sejam feitos de forma a atender a rede primária urbana, com a drenagem conseguindo suprir as necessidades medianamente mais graves.

De acordo com o Manual de Drenagem Urbana (2002), a microdrenagem é feita para drenar a água através de condutos até um coletor principal ou riacho urbano. Isso faz com que o escoamento superficial aumente em um menor tempo, fazendo com que possam ocorrer inundações nos troncos principais, sendo necessário dar uma maior atenção para esse tipo de projeto, para que este problema não ocorra. Para Pinho e Zampieri (2019), a microdrenagem é um conjunto de elementos como ruas, bocas de lobo, poços de visita, sarjetas e galerias de águas pluviais.

Tanto o Manual de Drenagem Urbana quanto Pinho e Zampieri explicam que a microdrenagem faz com que o escoamento superficial ocorra com uma maior velocidade, portanto, se todo o sistema de drenagem não for projetado corretamente, poderá haver danos ao longo do sistema, como as inundações em alguns pontos do trajeto e que essa parte do sistema é composta por componentes específicos, tais como as sarjetas e as bocas de lobo.

Além de coletar a água em nível de loteamento, a microdrenagem faz parte das chamadas medidas estruturais extensivas e pode ser adequada às medidas de controle. Existem obras na engenharia hidráulica que são chamadas de medidas estruturais e entre elas existem as medidas extensivas, que são aquelas que vão agir na bacia. De acordo com Tucci (1997), as medidas estruturais são obras que servem para reduzir o risco das enchentes e medidas extensivas irão agir na bacia, modificando as relações entre vazão e precipitação, como por exemplo, a mudança da cobertura vegetal. Ou seja, se houver um controle da cobertura vegetal do solo, as enchentes poderão ser reduzidas. O Manual de Drenagem Urbana (2002) cita que as medidas de controle estruturais modificam o sistema, visando à diminuição do risco das enchentes com a implantação de obras que melhorem o escoamento.

Para Tucci (2005), entre os princípios de controle do escoamento pluvial, podem-se citar as medidas de controle no conjunto da bacia:

O controle de enchentes envolve medidas estruturais e não-estruturais, que dificilmente estão desassociadas. As medidas estruturais implicam custos inexequíveis para a maioria das cidades, sem recursos para orçá-los. A política de controle de enchentes certamente poderá chegar a soluções estruturais para alguns locais, mas sempre conforme a visão de conjunto de toda a bacia, ou seja, em que ela esteja racionalmente integrada a outras medidas preventivas (não-estruturais) e compatibilizadas com o desenvolvimento urbano. (TUCCI, 2005, p. 105)

As medidas estruturais devem ser bem aplicadas, pois podem ser bastante onerosas. Sempre se deve buscar, inicialmente, pelas medidas de prevenção e estas não sendo possíveis buscam-se pelas estruturais.

Geralmente, adota-se em projeto vazões de eventos com 2 a 10 anos de período de retorno (intervalo estimado entre eventos de magnitude igual ou superior). As áreas envolvidas são trechos de ruas e quarteirões com menos de 1 km² ou 100 ha. O traçado é a malha resultante dos condutos dispostos respeitando a arquitetura urbana. Segundo Miranda (2010), as vazões serão dirigidas de acordo com as ruas, obedecendo ao alinhamento das fachadas e criando pequenos cursos artificiais.

O Manual de Drenagem Urbana (2002) mostra que as normas técnicas brasileiras sugerem que as redes devem ser a do tipo separador absoluto, ou seja, a coleta de esgoto e a drenagem devem ocorrer de forma individual. Porém, ainda existem diversos países com o sistema unitário. Isso porque as limitações financeiras restringem os investimentos necessários para esta ação. Facilmente encontram-se áreas em que o esgoto é lançado no sistema de drenagem sem qualquer tipo de tratamento, como no caso do Brasil.

É importante que os sistemas, além de serem feitos da forma correta, também sejam respeitados e trabalhem de acordo com suas finalidades. Uma microdrenagem bem realizada proporcionará um ambiente mais limpo e com menos transtornos aos usuários, mas para uma drenagem completa, a macrodrenagem não pode deixar de ser planejada, pois é nela que as águas captadas pela microdrenagem deságuam.

3.3. MACRODRENAGEM

A macrodrenagem é a parte do sistema de drenagem que é destinada ao escoamento final da água superficial, recebendo, inclusive, o líquido do sistema da microdrenagem. O Manual de Drenagem Urbana (2002) diz que a macrodrenagem é

composta por córregos urbanos, sendo eles naturais ou artificiais, drenando áreas superiores a 4 km², no qual o escoamento vem de regiões tanto urbanizadas quanto não urbanizadas. Fazem parte da macrodrenagem os principais rios, córregos e canais naturais, assim como outras estruturas, como os canais artificiais, que conduzem um volume muito grande de água.

A macrodrenagem destina-se ao escoamento final das águas escoadas superficialmente, inclusive as captadas pelas estruturas de microdrenagem. Sendo assim, a macrodrenagem compreende a rede de drenagem natural, existente antes da ocupação. São obras de retificação ou de embutimento dos corpos aquáticos, são de grande vulto, dimensionadas para grandes vazões e com maiores velocidades de escoamento. (MIRANDA, 2010, p. 5)

Segundo Miranda (2010), a urbanização fez com que houvesse a impermeabilização do solo e, por isso, teve um aumento no escoamento superficial a ser drenado. A macrodrenagem corrige os cursos naturais e deve ser planejada de forma a diminuir o percurso feito pela água.

Para Silva (2018), as obras de macrodrenagem são feitas em fundos de vales, sendo ligadas ou não ao sistema de microdrenagem, com o intuito de que não haja enchentes, podendo envolver aperfeiçoamento dos caminhos naturais ou a construção de canais. Com a impermeabilização do solo, as águas passaram a não ter seus caminhos bem definidos, provocando transtornos ao meio urbano, então foram desenvolvidos os sistemas de microdrenagem, porém, este pode provocar pontos de alagamentos se não for um sistema bem projetado, e, portanto, têm-se os sistemas de macrodrenagem, para evitar as inundações maiores, já que por ele passará um grande volume de água. Ambos os autores apresentam a macrodrenagem como um melhoramento dos recursos naturais existentes, utilizando-se o meio artificial apenas quando necessário.

A grande maioria das cidades possui um sistema misto de esgoto e drenagem, e o custo para separá-los são bastante elevados. Tucci (2005) diz que, se para a separação dos sistemas sanitários e pluviais utilizarem-se, inicialmente, os sistemas da macrodrenagem, ao longo do tempo será possível separar os sistemas sem gastar em demasia em pouco tempo. Isso faz com que as cidades desenvolvam seus sistemas, avançando e modificando as ligações entre as redes, levando um pouco mais de tempo, porém sendo bastante eficaz.

Segundo Miranda (2010), as obras desse tipo devem ser traçadas de acordo com o caminhamento natural dos corpos aquáticos já existentes e que a área

envolvida, geralmente são maiores do que 3 km², abrangendo grandes bairros e bacias. Com relação à vazão de projeto, esta deve vir de eventos com 20, 50 ou 100 anos de período de retorno.

É notável que os dispositivos desse sistema auxiliam consideravelmente na drenagem urbana, conduzindo as águas por caminhos estabelecidos, evitando grandes inundações, além de captar, também, as águas de escoamento superficial que escoam livremente pelo solo.

Em diversos trechos da cidade de Pombal-PB, existem canais artificiais para a drenagem pluvial, mas que tem sua capacidade comprometida, pois nele também transitam parcelas de esgoto das residências (Figura 4), e todo esse material é carregado para o principal rio da cidade, o Rio Piancó.



Figura 4 - Esgoto em Canal de Drenagem

Fonte: Arquivo pessoal (2021).

Segundo o Manual de Drenagem Urbana (2002), um dos principais impactos causados pela urbanização é a deterioração da qualidade da água tanto superficial quanto a subterrânea, pois, pelos canais, existe o transporte de materiais sólidos e ligações clandestinas de esgoto sanitário.

Os projetos de micro e macrodrenagem devem respeitar as leis, decretos, resoluções e manuais disponíveis na nação, estado e cidade, além das normas brasileiras. É importante respeitá-las para que não haja complicações futuras, como o

caso em que esgoto e drenagem se misturam, ocasionando diversos problemas ao meio ambiente e social.

3.4. CHUVAS INTENSAS

As chuvas intensas são chuvas advindas da mesma perturbação meteorológica, na qual a sua intensidade está acima do valor de chuva mínima. Segundo Cordero (2013), o estudo das chuvas intensas relaciona-se também com as estimativas de vazões extremas para os cursos d'água que não possuem medidores de vazão. Seu estudo é relevante, pois com ele é possível dimensionar as obras hidráulicas, tanto as obras grandes, como as de drenagem urbana, quanto as obras menores, como as calhas das residências.

Existem várias formas probabilísticas de se obter os valores extremos hidrológicos, entre elas estão a distribuição Log Pearson Tipo III (mais utilizada nos Estados Unidos da América) e a distribuição Tipo I de Fisher-Tippett (ou Distribuição de Gumbel), que é a mais utilizada no Brasil.

As relações de intensidade, duração e frequência são obtidas através de uma equação da chuva que relaciona esses três fatores. A intensidade é o valor da precipitação por unidade de tempo. Geralmente, ela é expressa em milímetros por minuto ou em milímetros por hora. A duração da chuva é o tempo em que está havendo a precipitação. Ela pode ser expressa em anos, meses, dias, horas, minutos, etc. Quando se faz o estudo das intensidades, o período de retorno representa o valor médio de anos nos quais será esperado que a precipitação estudada seja igual ou superior. Já a frequência (probabilidade), é o fenômeno de valor igual ou superior ao analisado.

De acordo com Cordero (2013), existem três séries que podem ser adotadas para o cálculo das chuvas intensas. São elas:

- Séries Anuais: nesse critério utiliza-se apenas os valores máximos observados em cada ano, e os demais valores são desprezados. Este é o método mais utilizado.
- Séries Parciais: essa série é formada pelos maiores valores observados ao longo dos anos. Utiliza-se este critério quando o número de dados (anos) é menor do que 12 anos.
- Séries Completas: para utilizar este critério, deve-se selecionar todos os valores.

A Distribuição de Gumbel é utilizada não só no Brasil, mas no Canadá também, por exemplo, quando se quer determinar o valor máximo, como a precipitação máxima. Esse método utiliza a estatística dos extremos.

Segundo Tomaz (2016), a Distribuição de Gumbel é utilizada em regiões que não têm uma equação da chuva, mas têm muitos dados de precipitação. Como é o caso da cidade de Pombal-PB.

Com essa distribuição, pode-se obter diversas precipitações de acordo com o período de retorno desejado. Esse procedimento encontra-se explicado na metodologia deste trabalho.

3.4.1. Desagregação da Chuva

Os dados das precipitações são coletados nos postos pluviométricos. Estes fornecem uma *leitura diária*. É daí que vem o termo “chuva diária”, porque não importa a *duração* da chuva, pois o termo *24 horas* significa uma duração de chuva de 24 horas e a leitura diária significa uma medida no *intervalo* de 24 horas. Para transformar a chuva diária em durações diferentes, utiliza-se os coeficientes de desagregação da chuva. Existem vários estudos sobre esses coeficientes, como pode ser observado no Quadro 1.

Quadro 1 - Comparação entre os Coeficientes de Desagregação

t2 (min)	t1 (min)	Média				Cidade São Paulo
		Nelson Luiz Goi Magni (1984)	(DNOS)	Estados Unidos US W. Bureau	Denver	Nelson Luiz Goi Magni (1984)
30	5		0,34	0,37	0,42	
30	10	0,51	0,54	0,57	0,63	0,532
	15	0,67	0,70	0,72	0,75	0,693
	20	0,80	0,81		0,84	0,817
	25	0,91	0,91		0,92	0,918
60	10	0,38	0,40	0,45		0,408
	15	0,50	0,52	0,57		0,532
	30	0,74	0,74	0,79		0,768
	120	1,22	1,27	1,25		1,119
1440 (24 h)	60	0,51	0,42			0,573
	360 (6h)	0,78	0,72			0,780
	480(8 h)	0,82	0,78			0,821
	600 (10h)	0,85	0,82			0,855
	720 (12h)	0,88	0,85			0,883
24h	1 dia	1,14 São Paulo				
		1,10 Taborga(1974)				
		0,961 São Paulo Magni (1984)				
		1,13 USWB				

Fonte: TOMAZ (2002).

Silveira (2000), propôs em seu estudo uma nova técnica para se obter os coeficientes de desagregação da chuva. A partir dos coeficientes médios já existentes para o Brasil, o autor desenvolveu uma equação que fornece o coeficiente de desagregação para durações de chuva inferiores a 24 horas, em função da chuva máxima de 24 horas. A equação vem de um ajuste bi-logarítmico, que é um ajuste logarítmico aplicado em logaritmos dos coeficientes e das durações, apresentando erros menores do que 6%. Ela pode ser utilizada para qualquer duração entre 5 minutos e 1440 minutos, diferentemente dos valores dos coeficientes de desagregação já tabelados, que só podem ser utilizados para durações pré-estabelecidas.

3.4.2. Teste qui-quadrado

O qui-quadrado é um teste de hipótese que faz comparação entre dados observados e dados esperados. Ele analisa a qualidade do ajuste de uma amostra, avaliando quantitativamente a semelhança entre os resultados obtidos e os resultados esperados para determinado fenômeno, ou seja, através desse teste, ficará determinada a certeza de que os valores observados podem ser aceitos ou não.

3.5. BACIA HIDROGRÁFICA

A bacia hidrográfica é a área que coleta as águas pluviais que escoam pela superfície do solo e atingem uma seção considerada, sendo limitada pelos divisores topográficos. De acordo com Gomes (2017), o estudo da bacia é importante para que se possa obter alguns dados que irão possibilitar o dimensionamento de obras como barragens, bueiros e galerias de águas pluviais.

A delimitação da área da bacia leva em consideração o exutório, que é um ponto de um curso d'água no qual se dará todo o escoamento superficial, gerando uma bacia banhada por este curso. Segundo Porto *et al.* (1999), para determinar a área, deve-se utilizar plantas topográficas para traçar as linhas divisórias que passam pelos pontos de maior cota. Ressalta-se que as áreas podem ser determinadas usando plantas digitalizadas com recursos de Sistemas de Informação Geográfica (SIG).

Para Porto *et al.* (1999), estudar o controle da terra é um dos principais fatores fisiográficos, pois afeta o escoamento. É importante estudar o uso do solo, pois o mesmo tem influência sobre a infiltração e a velocidade do escoamento. Por exemplo, as áreas de florestas causarão maior interceptação por causa das folhas e dos galhos,

retardando o escoamento. Já nas áreas urbanas, a impermeabilização é maior, ocorrendo pouca infiltração, gerando uma maior velocidade de escoamento, que por sua vez irá proporcionar grandes picos de cheias.

Nas bacias, o tipo do solo influencia na capacidade de infiltração, que por sua vez, influencia no escoamento superficial. É interessante saber o tipo do solo, se ele é mais arenoso ou mais argiloso e também se é um solo raso ou profundo. Essas características irão dizer se haverá um escoamento superficial maior ou não.

De acordo com Porto *et al.* (1999), a declividade da bacia tem muita importância, pois relaciona-se com o escoamento superficial e com a infiltração. A declividade influi diretamente na magnitude das enchentes. Portanto, grandes declividades ocasionarão maior variabilidade das vazões instantâneas.

3.5.1. Tempo de Concentração

O tempo de concentração é o tempo gasto para que toda a bacia hidrográfica esteja contribuindo para a seção de saída. De acordo com Silveira (2005), o tempo de concentração leva em consideração a suposição de que a bacia responde como um sistema linear para o escoamento superficial direto. Existem diversas fórmulas para se calcular o tempo de concentração, como pode ser observado na Tabela 1.

Tabela 1 - Fórmulas de Tempo de Concentração

Nome	Equação (1)
Izzard (2)	$T_c = 85,5(i/36286+C_p)^{-0,667}L^{0,33}S^{-0,333}$
Kerby-Hathaway (3)	$T_c = 0,619N^{0,47}L^{0,47}S^{-0,235}$
Onda Cinem. (2)	$T_c = 7,35n^{0,6}i^{-0,4}L^{0,6}S^{-0,3}$
FAA (2)	$T_c = 0,37(1,1-C)L^{0,5}S^{-0,333}$
Kirpich (2)	$T_c = 0,0663L^{0,77}S^{-0,385}$
SCS Lag (2)	$T_c = 0,057(1000/CN-9)^{0,7}L^{0,8}S^{-0,5}$
Simas-Hawkins (4)	$T_c = 0,322A^{0,594}L^{-0,594}S^{-0,150}S_{ses}^{0,313}$
Ven te Chow (5)	$T_c = 0,160L^{0,64}S^{-0,32}$
Dooge (6)	$T_c = 0,365A^{0,41}S^{-0,17}$
Johnstone (7)	$T_c = 0,462L^{0,5}S^{-0,25}$
Corps Engineers (8)	$T_c = 0,191L^{0,76}S^{-0,19}$
Giandotti (9)	$T_c = 0,0559(4,0A^{0,5}+1,5L)L^{-0,5}S^{-0,5}$
Pasini (10)	$T_c = 0,107A^{0,333}L^{0,333}S^{-0,5}$
Ventura (10)	$T_c = 0,127A^{0,3}S^{-0,5}$
Picking (11)	$T_c = 0,0883L^{0,667}S^{-0,333}$
DNOS (12)	$T_c = 0,419k^{-1}A^{0,3}L^{0,2}S^{-0,4}$
George Ribeiro (13)	$T_c = 0,222(1,05-0,2p)^{-1}LS^{-0,04}$
Schaake et al (14)	$T_c = 0,0828L^{0,24}S^{-0,16}A_{imp}^{-0,26}$
McCuen et al (15)	$T_c = 2,25i^{-0,7164}L^{0,5552}S^{-0,2070}$
Carter (15)	$T_c = 0,0977L^{0,6}S^{-0,3}$
Eagleson (15)	$T_c = 0,274nR^{-0,67}LS^{-0,5}$
Desbordes (16)	$T_c = 0,0869A^{0,3039}S^{-0,3832}A_{imp}^{-0,4523}$
Espey-Winslow (15)	$T_c = 0,343 \phi L^{0,29} S^{-0,145} A_{imp}^{-0,6}$

Fonte: SILVEIRA (2005).

Na Tabela 1, as unidades foram adaptadas para fornecer o tempo de concentração em horas. Para a maioria das equações, são utilizados, basicamente, os mesmos parâmetros, tais como o comprimento do curso d'água, declividade e área da bacia. Com relação à declividade, Silveira (2005) cita que existe uma imprecisão quanto à sua obtenção.

Silveira (2005) também traz em seu estudo, recomendações sobre as equações que apresentaram os melhores desempenhos em bacias rurais e urbanas (Tabela 2), em que a preferência é indicada pela letra "R" para bacias rurais e pela letra "U" para bacias urbanas. O autor justifica as recomendações de acordo com a abrangência de bacias com bons resultados, pela representatividade original da equação e pela porcentagem dos erros avaliados.

Tabela 2 - Fórmulas Recomendadas

Fórmulas	Ordem	Bacias rurais			Bacias urbanas		
		Áreas (km ²)	EM%	EP %	Áreas (ha)	EM %	EP %
Corps E.	1R	<12000	9	21			
V. Chow	2R	<12000	-7	19			
Onda Cin.	3R	<12000	2	20			
Kirpich	4R, 3U	<12000	-9	19	<2700	1	39
Carter	1U				<1100	1	40
Schaake	2U				<62	-9	30
Desbordes	4U				<5100	11	49

Fonte: SILVEIRA (2005).

Esse parâmetro é de extrema importância para a prevenção e minimização de acidentes que têm relação com os recursos hídricos, podendo ser utilizado em drenagem urbana e alertas de inundações, por exemplo.

3.6. DISTRIBUIÇÃO TEMPORAL DAS CHUVAS

Nos países em desenvolvimento, como o Brasil, é comum que pequenas bacias urbanas não tenham dados hidrometeorológicos para fazer análises das chuvas de projeto para cada localidade. E, portanto, faz-se o uso das relações IDF e equações das chuvas. Segundo Abreu *et al.* (2017), com o valor dado pela equação da chuva encontrada, é necessário definir um hietograma, que será o dado de entrada para um modelo chuva-vazão. Sendo assim, é preciso distribuir os dados de chuva ao longo da duração de cada intervalo de tempo. Essa distribuição temporal da chuva é

importante, já que ela irá influenciar no pico do hidrograma. É comum adotar-se distribuições empíricas para representar as situações mais críticas da desagregação temporal da chuva.

O método de Huff é uma metodologia de distribuição temporal da chuva desenvolvida por Huff, em 1967, e é caracterizada por classificar as chuvas em quartis. Seu estudo compreendeu em observar eventos de chuva em bacias com áreas menores do que 1000 km² durante o período de 1955 a 1966, classificando-as de acordo com seu quartil de duração, nos quais se verificavam as maiores intensidades ocorridas.

Após as diversas análises estatísticas em que se obteve curvas associadas a probabilidades de ocorrência, Huff verificou que as distribuições apresentavam grande variabilidade em um mesmo quartil. Assim, ele obteve padrões de distribuição para probabilidades de ocorrência de 10% a 90% para as chuvas de maior intensidade no primeiro, segundo, terceiro e quarto quartil (Figura 5).

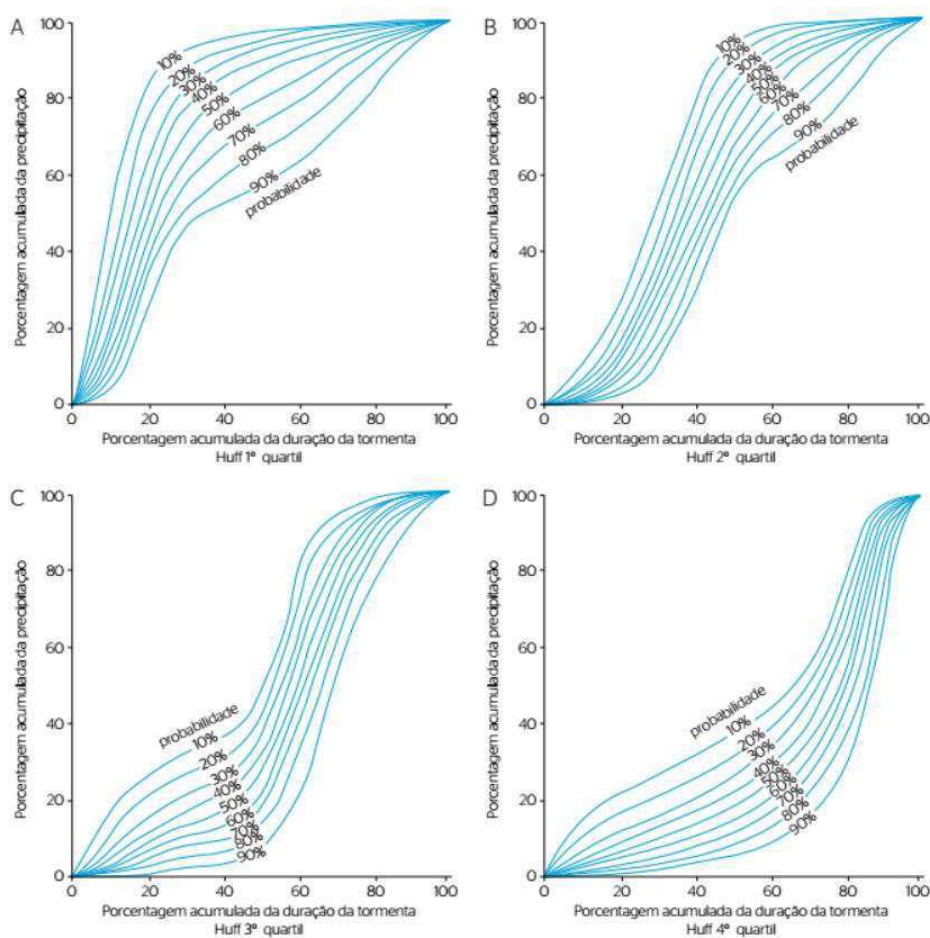


Figura 5 - Curvas de Probabilidade por Huff

Fonte: HUFF (1967).

Com esse método, é possível definir, para cada porcentagem da duração, um percentual de precipitação acumulada total e a acumulada em um intervalo de tempo.

3.7. ESCOAMENTO SUPERFICIAL

A precipitação efetiva, também dita como escoamento superficial, é um evento que, quando ocorre uma chuva intensa e parte dessa precipitação é infiltrada e absorvida, resulta na água que escoar pela superfície terrestre.

Segundo Leal *et. al.* (2017), o escoamento superficial é uma das etapas que possuem maior importância dentro do ciclo hidrológico, pois está diretamente relacionado com o movimento das cheias e com as enchentes, assim como está ligado aos estudos sobre aproveitamento da água superficial e amparo contra fenômenos que possam vir a ser provocados por seu deslocamento.

Existem diversos métodos para estimar a precipitação efetiva, entre eles, está o método *Curve Number* (Curva Número), apresentado pelo *Soil Conservation Service* (Serviço de Conservação do Solo).

O método *Curve Number* desenvolvido pelo *U.S. Department of Agriculture - Soil Conservation Service* (USDA-SCS) é o mais empregado para a obtenção do escoamento superficial. De acordo com Ponce e Hawkins (1996), esse método apresenta um modelo abundantemente aceito. Isso se dá pelo fato de que é um método muito simples de ser aplicado, possuindo poucos parâmetros. Um desses parâmetros é a curva número (CN), que nada mais é do que um valor que varia de 0 a 100, representando grupo, cobertura e umidade do solo. Esse valor pode ser encontrado em tabelas, tanto para bacias rurais quanto para bacias urbanas, como pode ser observado na Tabela 3.

Tabela 3 - CN para Bacias Urbanas

Descrição do uso do solo	Tipo de solo			
	A	B	C	D
Espaços abertos: matos ou gramas cobrem 75% ou mais da área	39	61	74	80
Matos cobrem 50 a 75% da área	49	69	79	77
Áreas comerciais (85% impermeáveis)	89	92	94	95
Distritos industriais (72% impermeáveis)	81	88	91	93

Fonte: SANTOS E LOLLO (2016).

A curva número permite analisar o potencial de precipitação efetiva em diversas superfícies.

3.8. MÉTODO SANTA BÁRBARA

O hidrograma é um tipo de gráfico que representa a relação entre vazão e tempo. Ele é importante para determinar qual será a vazão de projeto utilizada no dimensionamento hidráulico. Existem diversos métodos para se obter o hidrograma de projeto, entre eles, o *Santa Barbara Urban Hydrograph Method* (SBUH), que será apresentado a seguir.

Esse método foi desenvolvido por Stubchaer, em 1975, um funcionário da entidade responsável por realizar o controle das inundações e a conservação da água do distrito de Santa Bárbara, na Califórnia. Segundo Tomaz (2012), esse é um método simples e de fácil aplicação quando comparado a outros métodos e possui resultados aparentemente precisos. Esse método divide a bacia em áreas permeáveis e impermeáveis, e admite que, 100% da chuva que cai na área impermeável gera escoamento superficial, enquanto que, nas áreas permeáveis, a chuva está sujeita a perdas. O escoamento superficial é transformado em uma taxa de fluxo e o hidrograma instantâneo é gerado com a suposição de um reservatório linear imaginário que possui uma constante de roteamento (*routing*) equivalente ao tempo de concentração da bacia. Então, é obtido o hidrograma de projeto final.

3.9. DIMENSIONAMENTO DE CANAIS

As principais características para o escoamento da água em condutos forçados são o fato da pressão que atua sobre ela ser diferente da pressão atmosférica, a tubulação ser fechada e atuar com sua seção plena, assim como, o escoamento podendo ocorrer por bombeamento, ou, simplesmente, por gravidade. Já no caso dos canais, que são condutos livres, têm como principal característica o fato de que a pressão atmosférica atua sobre a água, com uma seção aberta, como no caso dos canais de drenagem, podendo também ocorrer em seções fechadas, como as tubulações de esgoto, e seu escoamento ocorre por gravidade.

Para Porto (2006), é mais difícil trabalhar com condutos livres do que com condutos forçados. Entre uma das maiores dificuldades, ele cita a definição dos parâmetros geométricos, pois para os condutos forçados, existe, basicamente, apenas o diâmetro da seção, enquanto que, os condutos livres podem apresentar

diversas formas geométricas, com mais parâmetros a serem estabelecidos. Os principais parâmetros a serem determinados são:

- Área molhada: área da seção do escoamento;
- Perímetro molhado: comprimento do fundo e paredes em contato com o líquido;
- Raio hidráulico: razão entre área molhada e perímetro molhado;
- Altura d'água: distância vertical do ponto mais baixo da seção até a superfície livre;
- Declividade de fundo: declividade longitudinal do canal.

Existem dois tipos de escoamento. Se tratando de tempo, podem acontecer o permanente e o não permanente. O regime permanente é caracterizado por ter uma velocidade constante, e, portanto, os outros parâmetros são constantes, existindo uma continuidade da vazão. Já no regime não permanente, a velocidade varia ao longo do tempo, não havendo uma continuidade da vazão. Com relação ao espaço, o escoamento pode ser uniforme ou variado. O regime de escoamento uniforme considera que a velocidade é constante, com trajetória retilínea. Desse modo, a linha d'água é paralela ao fundo do canal, tornando a altura da água constante. Se a linha d'água não é paralela ao fundo, com características que variam de um ponto a outro, o regime é dito como variado. Segundo Porto (2006), dificilmente o escoamento permanente e uniforme irá ocorrer na prática, mas é ele quem dá o embasamento para os cálculos de escoamento em canais.

A fórmula de Chézy é a equação fundamental do escoamento permanente uniforme em canais. A equação apresenta um coeficiente de rugosidade de Chézy, o qual foram trabalhadas diversas fórmulas para o cálculo deste coeficiente, sendo a relação mais utilizada proposta por Manning, em 1889, que resultou na famosa equação de Manning. Essa equação é a base para os cálculos que envolvem escoamento livre.

Não existe uma única solução para resolver o problema do dimensionamento de canais. Na verdade, várias formas podem satisfazer as condições impostas. Mas existem outros fatores que interferem e limitam o projetista, como a natureza do terreno, limitação da profundidade por questões de escavação, lençol freático, etc. Portanto, mesmo que seu dimensionamento hidráulico seja simples e rápido, ele possui fatores construtivos, técnicos e econômicos deveras importantes.

Porto (2006) observou a fórmula de Manning e verificou que para declividades e rugosidades fixas, a vazão máxima se dá quando o raio hidráulico adquire seu maior valor possível, que é quando o perímetro molhado é o mínimo compatível com a área. Assim, o mínimo perímetro molhado, além de eficiente para as questões hidráulicas, é também econômico, já que irá necessitar de menos revestimento, parte muito onerosa da obra. Porém, na prática, nem sempre será possível projetar na condição de mínimo perímetro molhado, pois o dimensionamento pode resultar em uma seção muito profunda, por exemplo, com o custo de escavação superior ao custo do revestimento.

3.9.1. Observações sobre Projeto e Construção de Canais

O planejamento, o projeto e a construção de canais estão restritos a diversas condições de natureza das mais variadas. O projeto pode depender de fatores como as condições topográficas e geotécnicas, construtivas, interferência do sistema viário, entre outras. Com base nisso, Porto (2006) sugere algumas observações quanto ao dimensionamento de canais:

- As obras devem ser feitas, quando possível, de jusante para montante, pois se a obra for executada de montante para jusante, melhorando as condições da parte alta da bacia, quando ocorrer uma chuva, o volume de água será maior e chegará à jusante em menor tempo, agravando as condições de escoamento na parte baixa da bacia;
- Deve-se prever o “envelhecimento” do canal adotando-se um aumento da rugosidade pelo uso e má manutenção. É recomendado adotar valores para o coeficiente de rugosidade cerca de 15% a 20% maiores do que aquele escolhido através das tabelas;
- Deve-se deixar uma folga de 20% a 30% da altura da água, acima do nível máximo de água do projeto. Assim, o canal possuirá uma folga caso a sua capacidade de vazão seja reduzida, seja por causa de uma sobrelevação do nível em uma curva ou por uma diminuição da seção por assoreamento do canal;
- Em canais urbanos, deve-se evitar profundidades maiores do que 4 metros, por causa dos custos de escavação e segurança dos transeuntes e veículos.

4. METODOLOGIA

Inicialmente, utilizou-se de documentos como artigos, trabalhos de conclusão de curso, dissertações, manuais, livros, capítulos, cursos e portais de governos para adquirir informações técnicas sobre os estudos necessários que serão apresentados a seguir. Para a confecção dos mapas, utilizou-se ferramentas como o *Google Maps*, *Google Earth Pro* e o *Quantum GIS 3.10.14 with GRASS 7.8.5*. Para auxiliar nos cálculos e criar tabelas e gráficos, fez-se uso do *Microsoft Excel*. A seção do canal de drenagem foi representada através do *software Macra Studio* da *Maccaferri*. As equações utilizadas serão apresentadas ao longo desta metodologia.

4.1. CARACTERIZAÇÃO DA ÁREA

A cidade de Pombal está localizada no alto sertão da Paraíba e foi o primeiro núcleo populacional da região, dando origem a outros núcleos habitacionais. De acordo com o Instituto Brasileiro de Geografia e Estatística (IBGE), em 2019, a população total residente estimada era de 32.801 habitantes.

O município encontra-se localizado na região oeste da Paraíba, denominada como Mesorregião do Sertão Paraibano. Limita-se ao norte com os municípios de Santa Cruz, Lagoa e Paulista, ao leste com Condado, ao sul com São Bentinho, Cajazeirinhas, Coremas, São Domingos e São José da Lagoa Tapada e ao oeste, com Aparecida e São Francisco. Possui uma área de 889,5 km² com a sede municipal situada à uma altitude de 184 metros e possui coordenadas de 6°46'13" S (latitude) e 37°48'06" W (longitude).

No mapa da Figura 6 é mostrada a localização geográfica do município de Pombal-PB e de sua área urbana.

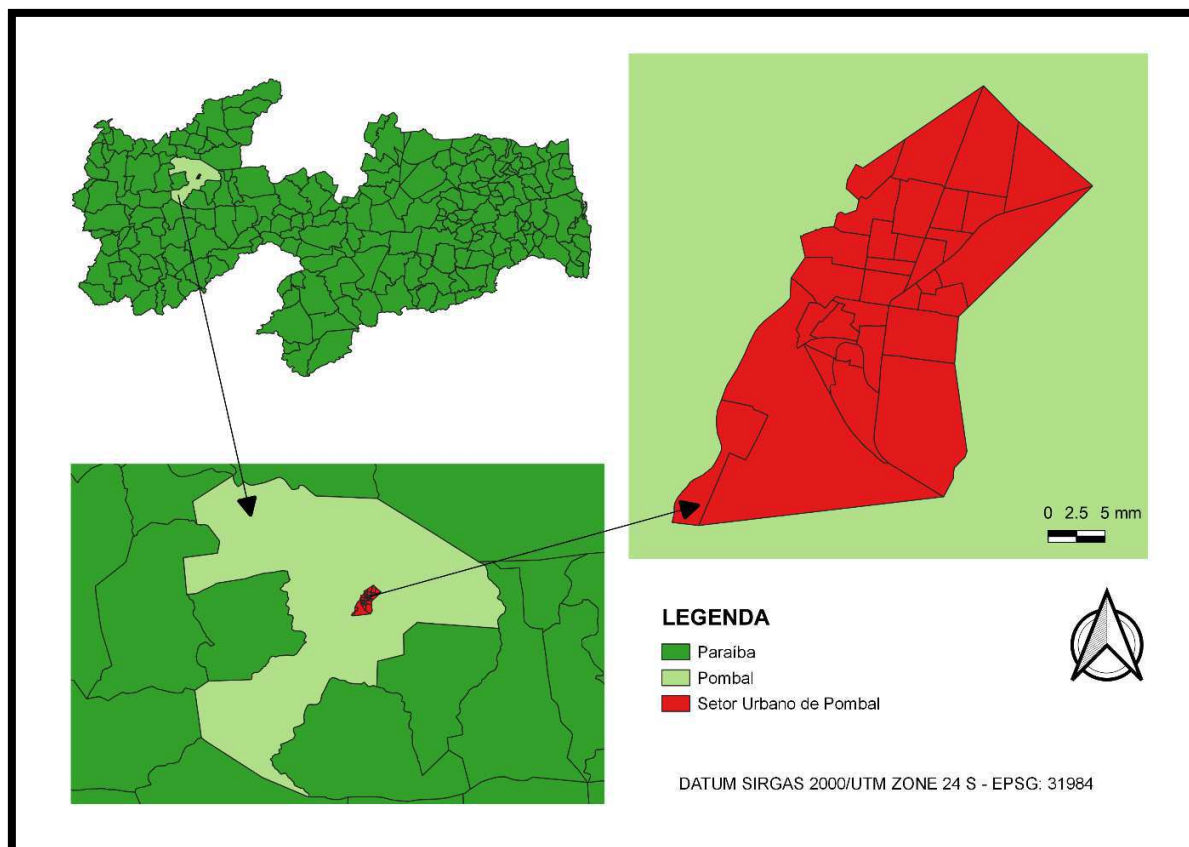


Figura 6 - Localização da Área de Estudo

Fonte: Autoria própria (2021).

4.2. DELIMITAÇÃO DA ÁREA DA BACIA

Para fazer a delimitação da área da bacia de contribuição, utilizou-se das ferramentas disponíveis no *software QGIS*. Essas ferramentas são os algoritmos *r.watershed* e *r.water.outlet*. O ponto de exutório encontra-se nas coordenadas de 6°45'56.2" S e 37°48'23.7" W, ponto no qual o Riacho do Bode (um dos principais riachos urbanos da cidade) desagua no Rio Piancó.

4.3. ESTUDO TOPOGRÁFICO

Segundo Ramalho (2018), as terras da Paraíba apresentam diferentes formas de relevo. Este é módico em altitude, mas não muito, pois 66% do território está entre 300 e 900 metros de altitude. A maior parte do território é constituída por rochas resistentes e muito antigas, que datam a era pré-cambriana com mais de 2,5 bilhões de anos, formando um complexo cristalino que favorecem a ocorrência de minerais metálicos, não metálicos e gemas.

O município está inserido na unidade geoambiental da Depressão Sertaneja, que representa tipicamente o semiárido nordestino, caracterizada por uma superfície

de pediplanação muito monótona, relevo com predominância suave-ondulado, cortada por vales estreitos, com vertentes dissecadas. Esses relevos isolados testemunham os ciclos intensos de erosão que atingiram grande parte do sertão nordestino. (CPRM, 2005)

O mapa da Figura 7, disponível no Portal da AESA, mostra que o município de Pombal-PB possui a característica de Depressão Sertaneja com formas convexas.

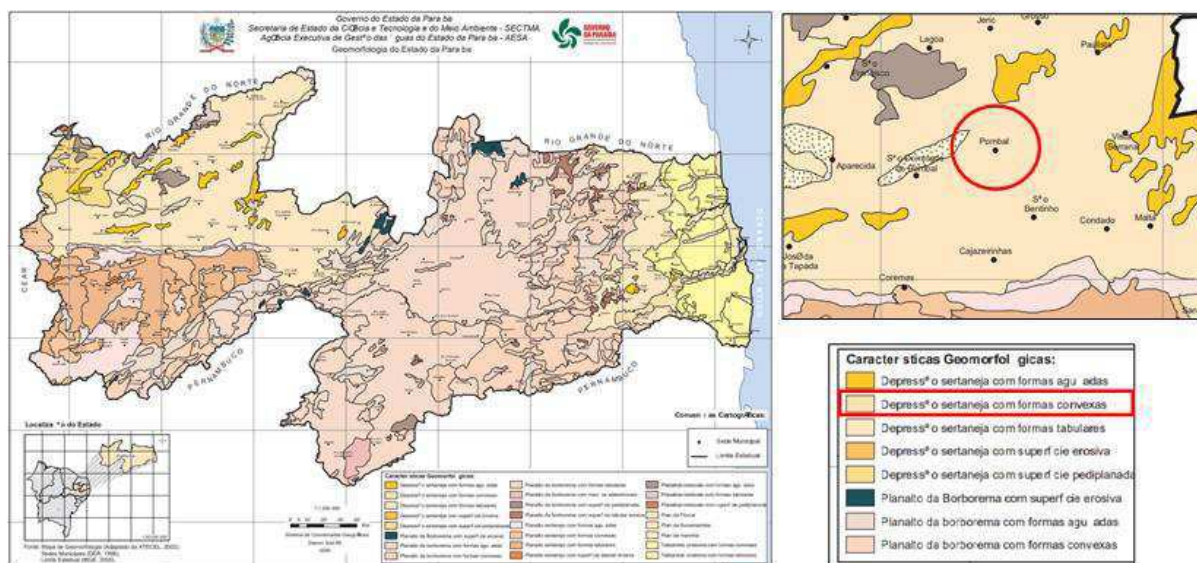


Figura 7 - Características Geomorfológicas de Pombal-PB

Fonte: AESA (2020).

4.4. ESTUDO GEOLÓGICO E GEOTÉCNICO

Para este estudo, utilizou-se como uma das fontes de pesquisa, o portal *OneGeology*, que oferece informações mundiais a respeito das pesquisas geológicas, possibilitando conhecer o tipo de solo da cidade de Pombal-PB.

O portal apresenta uma faixa na cor rosa e amarela no município em estudo, como mostra a Figura 8. No entanto, a cor rosa prevalece e de acordo com o portal *OneGeology* (2019) o solo na cor rosa é formado por granito e granodiorito grosso e porfírico associados a diorito e a fases intermediárias de mistura, com ou sem epidoto magmático, calcialcalinos de alto K.



Figura 8 - Tipo de Solo de Pombal-PB segundo o OneGeology
Fonte: OneGeology (2019).

Já por meio do mapa da Figura 9, disponibilizado pelo CPRM em parceria com Ministério de Minas e Energia, através do “Projeto cadastro de fontes de abastecimento por água subterrânea” é possível notar que parte do território de Pombal-PB (onde está localizada a área urbana) é constituída pelo litotipo Suíte Calcialcalina de Médio a Alto Potássio Itaporanga: granito e granodiorito porfirítico associado a diorito.

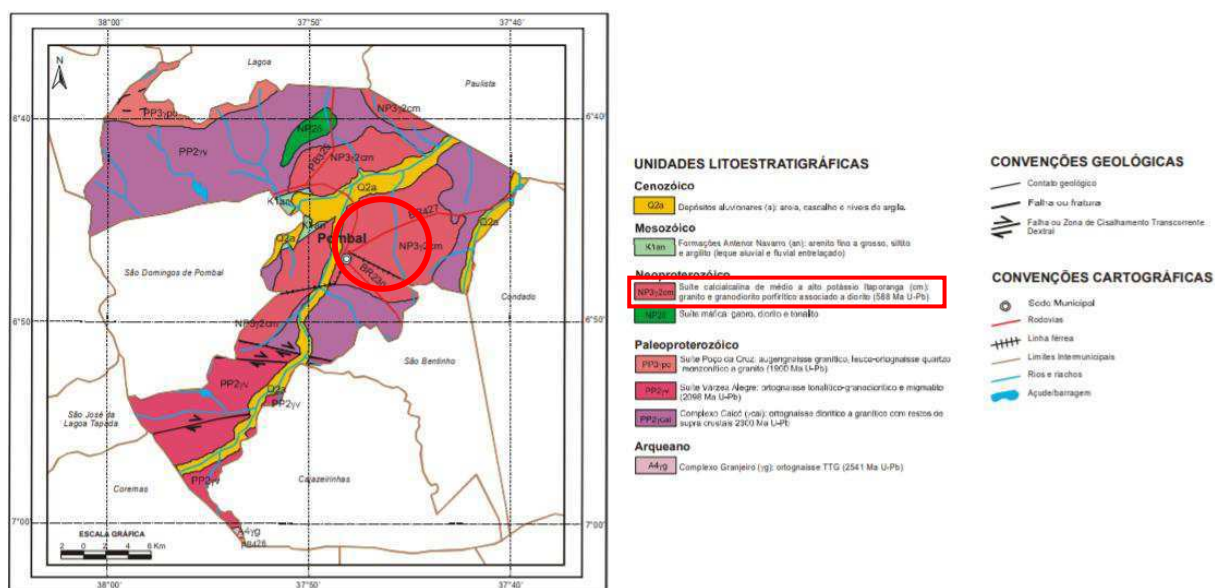


Figura 9 - Mapa Geológico de Pombal-PB
Fonte: CPRM (2005).

A CPRM também informa que o solo é Bruno não Cálcico, rasos e de fertilidade natural alta. Esta classe compreende solos com horizonte B textural, não hidromórficos e com argila de atividade alta. São de alta fertilidade natural, com alta saturação e soma de bases, reação moderadamente ácida, praticamente, neutra, ou mesmo moderadamente alcalina, bem como conteúdo mineralógico que encerra quantidade significativa de minerais primários facilmente decomponíveis, os quais constituem fontes de nutrientes para as plantas. (FUNCEME, 2008)

Segundo a FUNCEME (2014), os solos brunos não cálcicos são de moderadamente profundos a rasos, tendo horizontes entre 30 cm e 90 cm, com textura arenosa.

4.5. ESTUDO DA VEGETAÇÃO

Segundo Seixas (2004), a cobertura vegetal dominante na área é a do tipo caatinga, hiperxerófila, com trechos de Floresta Caducifólia. É de uma formação vegetal com parte arbustiva de densidade variável, caducifólia, rica em cactáceas e bromeliáceas, e que apresenta adaptação natural a carência d'água.

4.6. USO E OCUPAÇÃO DO SOLO

Para o cálculo da taxa de ocupação do solo, foi feito um estudo das áreas permeáveis e impermeáveis da bacia de contribuição. Os setores impermeáveis (ocupados) são as áreas de telhados das residências, comércios e indústrias, ruas pavimentadas e calçadas. As áreas permeáveis são aquelas não ocupadas, ou seja, vegetação, solo exposto, córregos e açudes. Após a confecção do mapa, extraiu-se as áreas em km² equivalentes aos setores permeáveis e impermeáveis. Depois, aplicou-se os dados na Equação 1.

$$tx. ocupação = \frac{\text{área impermeável}}{\text{área total}} \times 100 \quad \text{Eq. (1)}$$

Em que,

tx. ocupação é a taxa de ocupação, em porcentagem (%);

Área impermeável é porção da área impermeável dentro da bacia, em km²;

Área total é a área total da bacia, em km².

4.7. ESTUDO HIDROLÓGICO

O município de Pombal-PB está inserido nos domínios da bacia hidrográfica do Rio Piranhas (Figura 10), entre a sub-bacia do Rio Piancó e a região do Alto Piranhas.

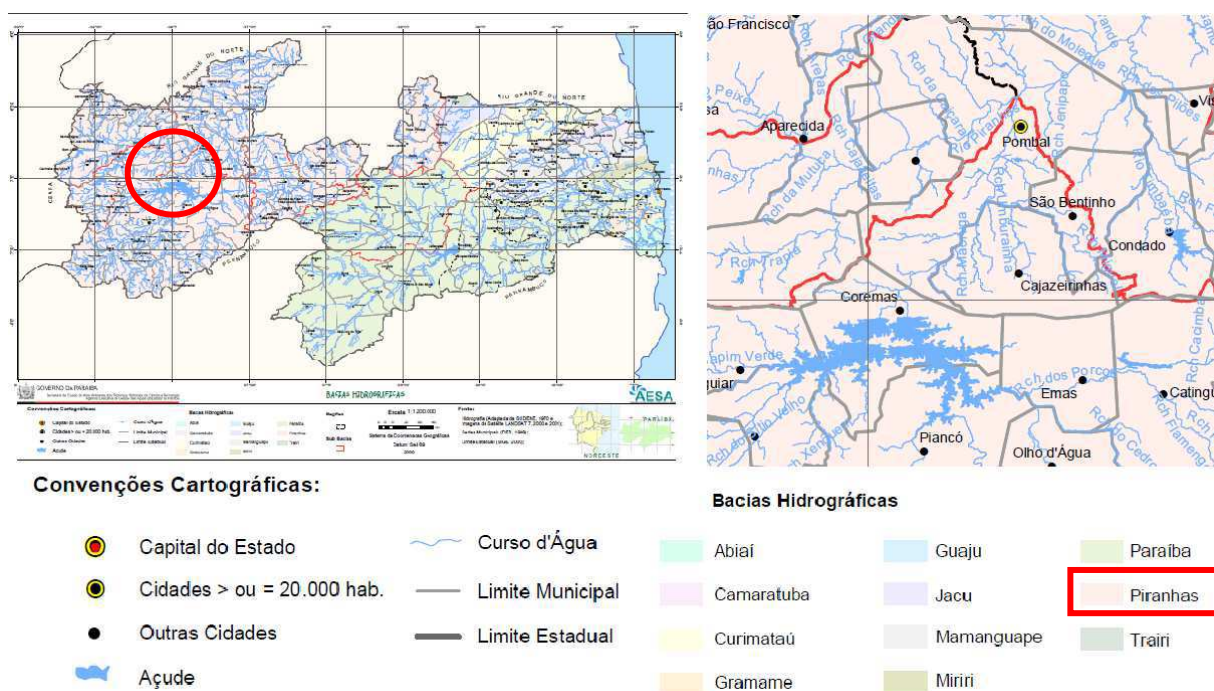


Figura 10 - Bacias Hidrográficas da Paraíba
Fonte: AESA (2020).

Segundo Becker *et al.* (2013), um regime pluviométrico baixo e irregular caracteriza o semiárido da Paraíba, sendo a ocorrência de chuvas um dos principais fatores para o desenvolvimento econômico da região. Existem estudos sobre o comportamento da precipitação, assim como a sua variabilidade temporal e espacial. As chuvas intensas comprometem os sistemas hidráulicos e de drenagem, enquanto a estiagem traz prejuízos agrícolas e de baixo armazenamento hídrico.

O regime de escoamento é intermitente e o padrão de drenagem é o dendrítico, típico de regiões onde predomina rocha de resistência uniforme. O clima da cidade é do tipo Tropical Semiárido, com chuvas de verão.

O estudo de Pereira *et al.* (2015) mostra que a precipitação média anual histórica é de 749 mm, para o período de 1910-2014, e que a cidade de Pombal-PB apresenta grande variabilidade nos totais anuais de chuva (Gráfico 1).

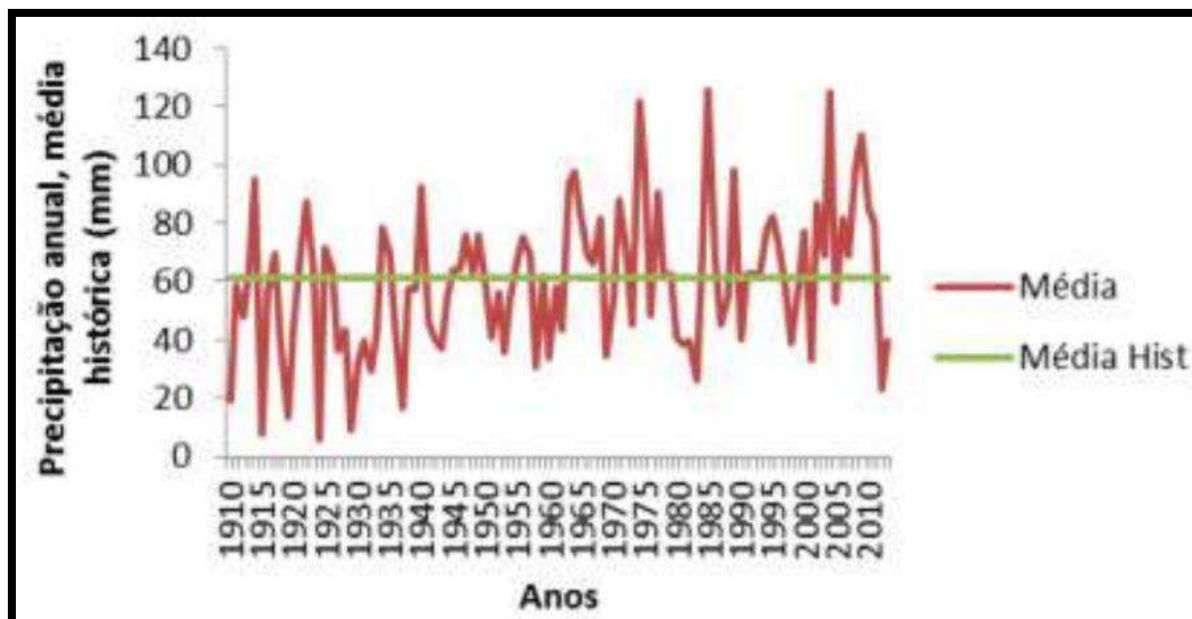


Gráfico 1 - Precipitação Anual Média Histórica
Fonte: PEREIRA *et al.* (2015).

As chuvas intensas e os longos períodos de seca são problemas causados pela irregularidade e má distribuição das precipitações, acarretando na instabilidade do abastecimento de água, prejuízos no desenvolvimento econômico e deslizamento de terras, por exemplo. Sendo assim, a análise de séries de chuvas é uma importante abordagem no manejo dos recursos hídricos, visando reduzir os problemas advindos da escassez e como auxílio no desenvolvimento de políticas públicas.

O desenvolvimento urbano da cidade de Pombal-PB ocorreu em áreas planas às margens do Rio Piancó, e por isso muitas áreas da cidade estão passíveis a sofrer alagamentos e inundações. No período chuvoso, o volume de água que chega ao rio pode ser superior à sua capacidade de drenagem.

4.7.1. Equação da Chuva

Para se obter a equação da chuva, primeiro buscou-se os dados de precipitação para Pombal-PB. Para isso, foi utilizado o portal *HidroWeb* (2020). Os dados de chuva existentes são dos anos de 1910 até o ano de 2020, totalizando em 110 anos. Porém, os dados foram tratados (desprezando os anos em que os dados estavam incompletos), o que resultou em uma série de 92 anos (considerando até o ano de 2019, pois o estudo da equação da chuva foi realizado ainda no ano de 2020). Após o tratamento desses dados, foi feita a série máxima anual, na qual foi retirado o maior valor de chuva de cada ano e em seguida, foi feito um gráfico para representar

visualmente esses valores. Dessa forma, pode-se iniciar a análise estatística dos dados.

Primeiramente, fez-se o cálculo da média e do desvio padrão da amostra, com o auxílio das funções *MÉDIA* e *DESVPAD.A* disponíveis no *Microsoft Excel*. Depois, fez-se a classificação das precipitações em ordem decrescente, calculando, em seguida, a frequência teórica para cada uma, dada pela Equação 2:

$$F = \frac{m}{n+1} \quad \text{Eq. (2)}$$

Em que,

F é a frequência com que um evento de ordem “m” é igualado ou superado (adimensional);

m é a ordem, variando de 1 a “n” valores (adimensional);

n é o número de anos observados (adimensional).

Com a frequência, foi possível calcular o período de retorno (Equação 3) para cada precipitação, que neste caso é o tempo que um determinado evento possa ser igualado ou superado.

$$T = \frac{1}{F} \quad \text{Eq. (3)}$$

Em que,

T é o período de retorno, em anos e F é a frequência (adimensional).

Por fim, foi calculada a variável de Gumbel observada (Equação 4) e a teórica (Equação 5), ambas para cada valor de precipitação, gerando um gráfico no qual é possível analisar se a distribuição está bem ajustada.

$$Y_{obs} = -\ln \left(-\ln \left(1 - \frac{1}{T} \right) \right) \quad \text{Eq. (4)}$$

$$Y_{teo} = (H - \mu) + \frac{0,45 \times s}{0,7797 \times s} \quad \text{Eq. (5)}$$

Em que,

Y_{obs} é a variável de Gumbel observada (adimensional);

T é o período de retorno, em anos;

Y_{teo} é a variável de Gumbel teórica (adimensional);

H é a precipitação, em mm;

μ é a média, em mm;

s é o desvio padrão, em mm.

Calculou-se a precipitação teórica através da Equação 6, para em seguida aplicar o teste qui-quadrado, que também verifica a qualidade do ajuste dos dados.

$$H_{teo} = Y_{obs} \times 0,7797 \times s + \mu - 0,45 \times s \quad \text{Eq. (6)}$$

Onde,

H_{teo} é a precipitação teórica, em mm;

Y_{obs} é a variável de Gumbel observada (adimensional);

s é o desvio padrão, em mm;

μ é a média, em mm.

O teste qui-quadrado faz a comparação entre o qui-quadrado calculado (Equação 7) e o qui-quadrado teórico (função *INV.QUIQUAD* no *Microsoft Excel*).

$$\chi^2_{cal} = \frac{(H - H_{teo})^2}{H_{teo}} \quad \text{Eq. (7)}$$

No qual,

χ^2_{cal} é o qui-quadrado calculado (adimensional);

H é a precipitação observada, em mm;

H_{teo} é a precipitação teórica, em mm.

Para aplicar a função do qui-quadrado teórico, é necessário determinar o nível de significância, que neste caso utilizou-se 0,05, comumente utilizado em análises deste tipo, e é necessário determinar os graus de liberdade (Equação 8).

$$gl = n - (k - 1) - 1 \quad \text{Eq. (8)}$$

Em que,

gl são os graus de liberdade (adimensional);

n é o número da amostra (adimensional);

k é a quantidade de variáveis dependentes (adimensional).

O qui-quadrado calculado é aplicado em todos os valores da amostra e no fim, faz-se a soma deles. Para um bom ajuste, a soma do qui-quadrado calculado deve ser menor do que o valor encontrado para o qui-quadrado teórico.

A distribuição de Gumbel pode ser expressa da seguinte maneira:

$$P(X \geq x) = 1 - e^{-e^y} \quad \text{Eq. (9)}$$

Sendo $P(X \geq x)$ a probabilidade de um evento X ser maior ou igual a x , e y é a variável reduzida de Gumbel, dada conforme a Equação 10.

$$y = \left(X - \mu + s_x \times \frac{y_n}{s_n} \right) \times \frac{s_n}{s_x} \quad \text{Eq. (10)}$$

Que também pode ser descrita como:

$$X = \mu + \left(\frac{y - y_n}{s_n} \right) \times s_x \quad \text{Eq. (11)}$$

Onde,

s_n – desvio padrão da variável reduzida y ;

s_x – desvio padrão da variável X ;

μ - média da variável X ;

y_n – média da variável reduzida y .

A maioria das funções de frequência teórica podem ser resolvidas pela Equação 12:

$$X = \mu + k \times s \quad \text{Eq. (12)}$$

No qual,

X é a magnitude do evento;

μ é a média da amostra;

k é um fator de frequência;

s é o desvio padrão da amostra.

O fator de frequência é dado por:

$$k = 0,7797 \times y - 0,45 \quad \text{Eq. (13)}$$

Em que y é dado conforme a Equação 4.

A magnitude do evento foi calculada para os períodos de retorno de 2, 5, 10, 15, 20, 30, 40, 50, 75 e 100 anos.

O coeficiente de desagregação da chuva utilizado para a desagregação da chuva de 24h foi o da Companhia de Tecnologia de Saneamento Ambiental (CETESB, 1986), de valor igual a 1,14. Os demais coeficientes de desagregação foram calculados pela Equação 14 recomendada por Silveira (2000).

$$C_{24}(d) = e^{1,5 \ln\left(\frac{\ln(d)}{7,3}\right)} \quad \text{Eq. (14)}$$

Onde,

$C_{24}(d)$ é o coeficiente de desagregação em função da duração escolhida (adimensional);

d é a duração escolhida, em minutos.

O processo de desagregação ocorreu da seguinte maneira:

As precipitações máximas obtidas pela Equação 12 foram desagregadas em durações menores de 5, 10, 15, 20, 25, 30, 60, 90, 120, 150, 180, 210, 240, 300, 360, 420, 480, 540, 600, 720, 900, 1200 e 1440 minutos.

Inicialmente, multiplicou-se o valor da precipitação pelo coeficiente que transforma a chuva diária em uma chuva de duração de 24 horas. A partir dessa precipitação, determina-se as demais precipitações, multiplicando cada uma delas pelo valor do coeficiente referente a tal duração. Isso foi feito para todas as durações e períodos de retorno.

Em seguida, foram calculadas as intensidades, fazendo a divisão entre a precipitação pela duração, podendo assim produzir o gráfico com as curvas de intensidade, duração e frequência.

Aplicando o logaritmo na tabela de intensidade, pode-se obter o gráfico IDF linearizado. Isso foi feito a fim de se extrair as equações da reta de cada uma das curvas, nas quais seus valores de coeficiente linear e coeficiente angular foram utilizados para se obter os parâmetros da equação da chuva.

A equação da chuva é representada pela seguinte Equação 15:

$$i = \frac{C}{(t+t_0)^n} = \frac{K \times T^m}{(t+t_0)^n} \quad \text{Eq. (15)}$$

Onde,

i – intensidade (mm/h);

T – período de retorno (anos);

t – duração da chuva (minutos);

K , m , t_0 e n – parâmetros que descrevem as características locais.

Aplicou-se a anamorfose logarítmica:

$$\log(i) = \log(C) - n \times \log(t + t_0) \quad \text{Eq. (16)}$$

t_0 é obtido através de tentativa e erro, o qual somado a t , dará uma equação da reta com $R^2 = 0,999$.

n será o valor do coeficiente angular da equação da reta, em módulo, obtido no gráfico linearizado das curvas IDF.

$\log(C)$ será os coeficientes lineares das equações da reta obtidas no gráfico linearizado das curvas IDF.

Assim,

$$\log(C) = \log(k) + m \times \log(T) \quad \text{Eq. (17)}$$

Fez-se o gráfico $\log(C) \times \log(T)$ para se obter a equação da reta, na qual o m é o coeficiente angular dessa equação e K será a operação inversa do log aplicado ao valor do coeficiente linear dessa equação da reta, obtendo assim todos os parâmetros da equação da chuva.

Em seguida, fez-se os cálculos das intensidades para os mesmos períodos de retorno e durações, agora utilizando a equação da chuva encontrada. Por fim, aplicou-se novamente o teste qui-quadrado para fazer a análise entre os valores observados (intensidade através dos coeficientes de desagregação) e os valores calculados (intensidade através da equação da chuva).

4.7.2. Distribuição Temporal pelo Método de Huff

Após encontrar a equação da chuva, foi feita a distribuição temporal da mesma, utilizando o método de Huff, com o intervalo de cinco minutos e análises para chuvas

de durações de 60, 120 e 180 minutos e períodos de retorno iguais a 30, 50 e 70 anos, além disso, fez-se as análises para 1º e 2º quartil.

Primeiro, calculou-se a porcentagem da duração em relação à duração total, extraindo, em seguida, as porcentagens acumuladas da precipitação, que foram desacumuladas e transformadas em fração (deixando o valor sem ser em porcentagem). Essas porcentagens foram extraídas através dos gráficos de 1º e 2º quartil do método de Huff (Figura 5), com a interceptação feita com a curva de probabilidade 50%, que é a mais usual. Com a equação da chuva, calculou-se as intensidades, transformando-as em precipitações para que, por fim, realizasse a multiplicação das frações das probabilidades das precipitações entre as precipitações determinadas pela equação da chuva. O procedimento foi realizado para todas as durações e períodos de retorno citados anteriormente, gerando diversas tabelas e hietogramas da chuva total, tendo assim, uma maior diversidade de dados para se analisar e escolher o melhor cenário para o dimensionamento hidráulico.

4.7.3. Cálculo da Declividade Média do Talvegue Principal

Para o cálculo da declividade, dividiu-se o talvegue principal em cinco trechos, extraindo as cotas montante e jusante de cada trecho, assim como o comprimento deles. Calculou-se a declividade de cada trecho através da Equação 18 e, posteriormente, fez-se a média aritmética entre as declividades obtidas.

$$s_i = \frac{CM_i - CJ_i}{C_i} \quad \text{Eq. (18)}$$

Em que,

s_i é a declividade do trecho em m/m;

CM_i é a cota montante do trecho, em m;

CJ_i é a cota jusante do trecho, em m;

C_i é o comprimento do trecho, em m.

4.7.4. Determinação do CN

Com o mapa de uso e ocupação do solo, foi possível classificar as áreas de acordo com as classes A, B, C e D (Quadro 2), em que a classe B foi a dominante, sendo caracterizada como solos arenosos menos profundos que os da classe A (1,5 m) e com menos teor de argila total, porém ainda inferior a 15%. Não podendo haver

pedras nem camadas argilosas até 1,5 m, mas quase sempre com presença de camada mais densificada que a camada superficial.

Quadro 2 - Grupos Hidrológicos de Solo

Grupo	Tipos de solo e condições de uso
A	Solos arenosos com baixo teor de argila total, inferior a 8%, sem rocha nem camadas argilosas, ou mesmo densificadas, até a profundidade de 1,5 m. O teor de húmus é muito baixo, não atingindo 1%.
B	Solos arenosos menos profundos que os do grupo A e com menos teor de argila total, porém ainda inferior a 15%. Não pode haver pedras nem camadas argilosas até 1,5 m, mas é quase sempre presente camada mais densificada que a camada superficial.
C	Solos barrentos com teor total de argila de 20 a 30%, mas sem camadas argilosas impermeáveis ou contendo pedras até profundidade de 1,2 m. No caso de terras roxas, esses dois limites máximos podem ser de 40% e 1,5 m. Nota-se a cerca de 60 cm de profundidade camada mais densificada que nos solos do grupo B, no entanto ainda longe de condições de impermeabilidade.
D	Solos argilosos (30 a 40% de argila total) e ainda com camada densificada a uns 50 cm de profundidade. Ou solos arenosos como os do grupo B, mas com a camada argilosa quase impermeável, ou horizontes de seixos rolados.

Fonte: SANTOS E LOLLO (2016).

Com a classificação das áreas no mapa de uso e ocupação do solo, pode-se determinar os valores de CN para cada uma dessas áreas, através de tabelas que estimam os valores para a curva número (Tabelas 4 e 5) e por fim, realizar uma média ponderada e indicar o valor do CN médio para a bacia.

Tabela 4 - CN para Áreas Rurais e Urbanas

Uso do solo	Superfície	A	B	C	D
Solo lavrado	Com sulcos retilíneos	77	86	91	94
	Em fileiras retas	70	80	87	90
Plantações regulares	Em curvas de níveis	67	77	83	87
	Terraceamento em nível	64	76	84	88
Plantações de cereais	Em fileiras retas	64	76	84	88
	Em curvas de níveis	62	74	82	85
	Terraceamento em nível	60	71	79	82
Plantações de legumes ou cultivados	Em fileiras retas	62	75	83	87
	Em curvas de níveis	60	72	81	84
	Terraceamento em nível	57	70	78	81
	Pobre	68	79	86	89
Pastagem em curvas de nível	Normal	49	69	79	94
	Boa	39	61	74	80
	Pobre	47	67	81	88
Campos permanentes	Normal	25	59	75	83
	Boa	6	35	70	79
	Normal	30	58	71	78
Chácaras/estradas de terra	Esparsa, de baixa transpiração	45	66	77	83
	Normal	36	60	73	79
	Densa, de alta transpiração	25	55	70	77
Floresta	Normal	56	75	86	91
	Ruim	72	82	87	89
	De superfície dura	74	84	90	92
Parques e estacionamentos, telhados, viadutos	Muito esparsa, baixa transpiração	56	75	86	91
	Esparsa	46	68	78	84
	Densa, alta transpiração	26	52	62	69
	Normal	36	60	70	76

Descrição do uso do solo	Tipo de solo			
	A	B	C	D
Espaços abertos: matos ou gramas cobrem 75% ou mais da área	39	61	74	80
Matos cobrem 50 a 75% da área	49	69	79	77
Áreas comerciais (85% impermeáveis)	89	92	94	95
Distritos industriais (72% impermeáveis)	81	88	91	93

Áreas residenciais		Tipo de solo			
Tamanho do lote (m²)	Área impermeável (%)	A	B	C	D
< 500	65	77	85	90	92
1.000	38	61	75	83	87
1.300	30	57	72	81	86
2.000	25	54	70	80	85
4.000	20	51	68	79	84
Arruamentos e estradas: asfaltadas e com drenagem pluvial		98	98	98	98
Paralelepípedos		76	85	89	91
Terra		72	82	87	89

Fonte: SANTOS E LOLLO (2016).

Tabela 5 - CN para Bacia Hidrográfica do Córrego Caçula

Classe	CN		S (mm/mês)		Escoamento superficial (mm/mês)	
	Solo B - PVA	Solo C - LV	Solo B - PVA	Solo C - LV	Solo B - PVA	Solo C - LV
Agricultura	76	84	76	52	104,72	121,32
Água	100	100	0	0	171	171
Asfalto	98	98	5	5	165,14	165,14
Mata e vegetação natural	68	78	119	72	81,4	107,28
Pastagem	67	75	125	60	78,66	115,44
Preparo para o plantio e solo exposto	67	81	63	38	113,33	132,57
Telhado	98	98	5	5	165,14	165,14

CN: curva número; S: capacidade máxima de armazenamento no solo; PVA: argissolo vermelho amarelo; LV: latossolo vermelho amarelo.

Fonte: SANTOS E LOLLO (2016).

4.7.5. Tempo de Concentração

Para esta análise, utilizou-se quatro equações recomendadas por Silveira (2005) como sendo as que apresentam melhores resultados. São elas:

- Equação de Kirpich

$$tc = 0,0663 \times L^{0,77} \times S^{-0,385} \quad \text{Eq. (19)}$$

Em que,

tc é o tempo de concentração (horas);

L é o comprimento do talvegue (km);

S é a declividade (m/m).

- Equação de Shakee *et. al.*:

$$tc = 0,0828 \times L^{0,24} \times S^{-0,16} \times A_{imp}^{-0,26} \quad \text{Eq. (20)}$$

Em que,

tc é o tempo de concentração (horas);

L é o comprimento do talvegue (km);

S é a declividade (m/m);

A_{imp} é a área impermeável (km²).

- Equação de Carter

$$tc = 0,0977 \times L^{0,6} \times S^{-0,3} \quad \text{Eq. (21)}$$

Em que,

t_c é o tempo de concentração (horas);

L é o comprimento do talvegue (km);

S é a declividade (m/m).

- Equação de Desbordes

$$t_c = 0,0869 \times A^{0,3039} \times S^{-0,3832} \times A_{imp}^{-0,4523} \quad \text{Eq. (22)}$$

Em que,

t_c é o tempo de concentração (horas);

A é a área da bacia (km²);

S é a declividade (m/m);

A_{imp} é a área impermeável (km²).

Em seguida, fez-se a média aritmética entre elas para se obter o tempo de concentração médio.

4.7.6. Vazão de Projeto através do Método Santa Bárbara

Antes de iniciar o método, foi necessário ter alguns dados em mãos. Estes dados são as durações, os períodos de retorno e os intervalos definidos, as frações das porcentagens desacomuladas do método de Huff, as precipitações calculadas através da equação da chuva, a capacidade de armazenamento do solo e as perdas iniciais (para o cálculo do escoamento superficial), a taxa de impermeabilização do solo, o tempo de concentração e o coeficiente de retardo. As durações, os períodos de retorno e os intervalos foram os mesmos utilizados no método de Huff, ou seja, durações de 60, 120 e 180 minutos para períodos de retorno de 30, 50 e 70 anos, com intervalos de 5 minutos. As frações do método de Huff utilizadas foram referentes ao 1º quartil, pois segundo o método, são as que devem ser utilizadas para chuvas de duração menores do que 6h. A taxa de impermeabilização do solo é a fração da taxa de ocupação calculada para a bacia.

Inicialmente, calculou-se a capacidade de armazenamento do solo conforme a Equação 23:

$$S = \frac{25400}{CN} - 254 \quad \text{Eq. (23)}$$

Onde,

S é a capacidade de armazenamento do solo, em mm;

CN é o *curve number* (adimensional).

Em seguida, fez-se o cálculo das perdas iniciais, considerando como 20% da capacidade de armazenamento do solo. O coeficiente de retardo é determinado pela Equação 24:

$$K_r = \frac{\Delta t}{2 \times t_c + \Delta t} \quad \text{Eq. (24)}$$

Em que,

K_r é o coeficiente de retardo (adimensional);

Δt é o intervalo, em segundos;

t_c é o tempo de concentração, em segundos.

O método se concretizou da seguinte maneira:

- Coluna 1:

A primeira coluna das tabelas do APÊNDICE C – Memória de Cálculo do Método Santa Bárbara é composta pela duração, em minutos, discretizada de acordo com o intervalo, que foi de 5 minutos.

- Coluna 2:

Na segunda coluna são colocados os valores das frações das porcentagens desacomuladas obtidas em Huff para o 1º quartil. A soma dessa coluna deve ser igual a 1, por se tratar de probabilidade.

- Coluna 3:

A terceira coluna é a multiplicação entre a coluna 2 e o valor de precipitação obtido pela equação da chuva. A soma dessa coluna deve ser igual ao valor de precipitação encontrado pela equação da chuva.

- Coluna 4:

A quarta coluna será a precipitação acumulada. Seu último valor deve ser igual ao valor de precipitação encontrado pela equação da chuva.

- Coluna 5:

Na quinta coluna, aplica-se o método SCS para o escoamento superficial. A partir dos valores da coluna 4, aplicou-se a Equação 25 para determinar a precipitação excedente acumulada.

$$P_{efe} = \frac{(P - I_a)^2}{(P + (0,8 \times S))} \quad \text{Eq. (25)}$$

Em que,

P_{efe} é a precipitação efetiva, em mm;

P é a precipitação acumulada, em mm;

I_a são as perdas iniciais, em mm;

S é a capacidade de armazenamento do solo, em mm.

A equação é válida para a condição:

$$P \geq I_a$$

Caso contrário, P_{efe} é zero.

- Coluna 6:

A sexta coluna é o hietograma de projeto. É obtida com o desacumulo da chuva excedente acumulada da coluna 5.

- Coluna 7:

A coluna 7 se trata das infiltrações, calculada apenas com o intuito de conhecimento. Estes valores foram obtidos através da subtração entre a precipitação da coluna 3 e o hietograma da coluna 6.

- Coluna 8:

A oitava coluna é o cálculo da velocidade de escoamento da região impermeabilizada, em que se faz a divisão da precipitação da coluna 3 pelo intervalo de tempo (5 minutos). A unidade de medida deve ser em mm/h.

- Coluna 9:

A coluna 9 é calculada de forma semelhante à coluna 8, porém, esta coluna realiza os cálculos para a área permeável. Portanto, é feita a divisão entre os valores da coluna 6 pelo intervalo de tempo, também dada em mm/h.

- Coluna 10:

Agora, calcula-se os valores das coordenadas da hidrograma do reservatório imaginário através da seguinte Equação 26:

$$I = (i \times d + i_e \times (1 - d) \times A) \quad \text{Eq. (26)}$$

Onde,

I é a ordenada da hidrograma, em m^3/s ;

i é a velocidade na área impermeabilizada, em m/s ;

i_e é a velocidade na área permeável, em m/s ;

d é a fração da área impermeável (adimensional);

A é a área total da bacia, em m^2 .

Sendo assim, calcula-se todos os valores de I .

- Coluna 11:

A coluna 11 é a soma acumulada de duas linhas da coluna 10, ou seja, a primeira linha da coluna 11 é igual a primeira linha da coluna 10. A segunda linha da coluna 11 é igual a soma das linhas 1 e 2 da coluna 10, e assim por diante.

- Colunas 12 e 13:

As colunas 12 e 13 são calculadas simultaneamente. A coluna 13 representa a vazão calculada pela Equação 27, e a coluna 12 é a repetição dos valores obtidos na coluna 13, onde a segunda linha da coluna 12 é igual a primeira linha da coluna 13.

$$Q_j = Q_{j-1} + K_r \times (I_{j-1} + I_j - 2 \times Q_{j-j}) \quad \text{Eq. (27)}$$

Em que,

Q_j é a vazão de saída, em m^3/s ;

Q_{j-1} é a vazão de saída anterior, em m^3/s ;

K_r é o coeficiente de retardo (adimensional);

$I_{j-1} + I_j$ é o valor obtido na coluna 11, em m^3/s .

Esse é um processo iterativo e deve ser repetido até que Q_j seja igual a zero, obtendo-se então, o hidrograma de projeto. A vazão de projeto será igual a vazão de pico somada à vazão de base. A vazão de pico é o maior valor de Q_j entre os valores para a duração de chuva determinada e a vazão de base é a vazão subterrânea, advinda do lençol freático.

4.8. DIMENSIONAMENTO HIDRÁULICO

Optou-se por dimensionar um canal retangular, pois já é o padrão dos canais existentes na cidade. Para os materiais de revestimento de taludes e fundo, foi escolhido alvenaria de pedra argamassada em condições regulares. A declividade de fundo é igual a declividade média já calculada anteriormente e a vazão de projeto foi

a determinada através do método Santa Bárbara. Um dado importante para os cálculos é a razão de aspecto, que Porto (2006) indica sendo igual a 2 para canais retangulares, que geralmente, proporciona um melhor custo x benefício.

Primeiramente, calculou-se o valor do coeficiente dinâmico através da Equação 28:

$$M = \left(\frac{n \times Q}{\sqrt{I}} \right)^{3/8} \quad \text{Eq. (28)}$$

Em que,

M é o coeficiente dinâmico (adimensional);

n é o coeficiente de rugosidade de Manning (adimensional);

Q é a vazão de projeto, em m³/s;

I é a declividade, em m/m.

Para determinar o valor do coeficiente de rugosidade, fez-se uso da Tabela 6.

Tabela 6 - Valores do Coeficiente de Rugosidade da Fórmula de Manning

Natureza das Paredes	Condições			
	Muito Boas	Boas	Regulares	Más
Tubos de ferro fundido sem revestimento.....	0,012	0,013	0,014	0,015
Idem, com revestimento de alcatrão.....	0,011	0,012*	0,013*	---
Tubos de ferro galvanizado.....	0,013	0,014	0,015	0,017
Tubos de bronze ou de vidro.....	0,009	0,010	0,011	0,013
Condutos de barro vitrificado, de esgotos.....	0,011	0,013*	0,015	0,017
Condutos de barro, de drenagem.....	0,011	0,012*	0,014*	0,017
Alvenaria de tijolos com argamassa de cimento: condutos de esgoto, de tijolos.....	0,012	0,013	0,015*	0,017
Superfícies de cimento alisado.....	0,010	0,011	0,012	0,013
Superfícies de argamassa de cimento.....	0,011	0,012	0,013*	0,015
Tubos de concreto.....	0,012	0,013	0,015	0,016
Condutos e aduelas de madeira.....	0,010	0,011	0,012	0,013
Calhas de prancha de madeira aplainada.....	0,010	0,012*	0,013	0,014
Idem, não aplainada.....	0,011	0,013*	0,014	0,015
Idem, com pranchões.....	0,012	0,015*	0,016	---
Canais com revestimento de concreto.....	0,012	0,014*	0,016	0,018
Alvenaria de pedra argamassa.....	0,017	0,020	0,025	0,030
Alvenaria de pedra seca.....	0,025	0,033	0,033	0,035
Alvenaria de pedra aparelhada.....	0,013	0,014	0,015	0,017
Calhas metálicas lisas (semicirculares).....	0,011	0,012	0,013	0,015
Idem, corrugadas.....	0,023	0,025	0,028	0,030
Canais de terra, retilíneos e uniformes.....	0,017	0,020	0,023	0,025
Canais abertos em rocha, lisos e uniformes.....	0,025	0,030	0,033*	0,035
Canais abertos em rocha, irregulares, ou de paredes de pedra irregulares e mal-arrumadas.....	0,035	0,040	0,045	---
Canais dragados.....	0,025	0,028	0,030	0,033
Canais curvilíneos e lamosos.....	0,023	0,025*	0,028	0,030
Canais com leito pedregoso e vegetação aos taludes.....	0,025	0,030	0,035*	0,040
Canais com fundo de terra e taludes empedrados.....	0,028	0,030	0,033	0,035

Fonte: PORTO (2006).

Acrescenta-se 15% em relação a esse valor, pois deve-se considerar o envelhecimento do canal e provável má manutenção do mesmo.

Em seguida, fez-se o cálculo da altura d'água, pela Equação 29 que é uma variação da fórmula de Manning, porém, mais compacta.

$$y_0 = \frac{M}{K} \quad \text{Eq. (29)}$$

Onde,

y_0 é a altura d'água, em metros;

M é o coeficiente dinâmico (adimensional);

K é coeficiente de forma (adimensional).

Sendo o coeficiente de forma determinado pela Tabela 7, em que a razão de aspecto (b/y_0) é igual a 2 e o Z é igual a zero (por se tratar de um canal retangular).

Tabela 7 - Valores do Coeficiente de Forma K

$m = b/y_0$	Z = 0,0	Z = 0,50	Z = 1,0	Z = 1,25	Z = 1,5	Z = 1,75	Z = 2,0
0	0,000	0,530	0,771	0,859	0,935	1,001	1,061
0,2	0,300	0,640	0,850	0,929	0,998	1,058	1,113
0,4	0,453	0,735	0,921	0,993	1,056	1,112	1,163
0,6	0,572	0,818	0,986	1,052	1,110	1,163	1,211
0,8	0,672	0,893	1,046	1,107	1,162	1,211	1,256
1	0,760	0,961	1,103	1,159	1,210	1,257	1,299
1,2	0,838	1,023	1,155	1,209	1,257	1,300	1,341
1,4	0,909	1,082	1,205	1,255	1,301	1,342	1,380
1,6	0,974	1,136	1,253	1,300	1,343	1,382	1,419
1,8	1,034	1,187	1,298	1,342	1,383	1,421	1,455
2	1,091	1,236	1,340	1,383	1,422	1,458	1,491
2,2	1,143	1,282	1,382	1,422	1,459	1,494	1,526
2,4	1,193	1,326	1,421	1,460	1,495	1,528	1,559
2,6	1,241	1,368	1,459	1,496	1,530	1,562	1,592
2,8	1,286	1,408	1,495	1,531	1,564	1,595	1,623
3	1,329	1,446	1,531	1,565	1,597	1,626	1,654
3,2	1,370	1,484	1,565	1,598	1,629	1,657	1,684
3,4	1,410	1,519	1,598	1,630	1,660	1,687	1,713
3,6	1,448	1,554	1,630	1,661	1,690	1,716	1,741
3,8	1,484	1,588	1,661	1,691	1,719	1,745	1,769
4	1,520	1,620	1,692	1,721	1,748	1,773	1,796
4,2	1,554	1,652	1,721	1,750	1,776	1,800	1,823
4,4	1,587	1,682	1,750	1,777	1,803	1,826	1,849
4,6	1,619	1,712	1,778	1,805	1,829	1,852	1,874
4,8	1,651	1,741	1,805	1,831	1,855	1,878	1,899
5	1,681	1,770	1,832	1,858	1,881	1,903	1,923

Fonte: PORTO (2006).

Por fim, substituindo os valores de m e y_0 na Equação 30 da razão de aspecto, pode-se determinar a dimensão da largura de fundo.

$$m = \frac{b}{y_0} \quad \text{Eq. (30)}$$

Em que,

m é a razão de aspecto (adimensional);

b é a largura de fundo, em metros;

y_0 é a altura d'água, em metros.

Para estabelecer a altura da parede do canal, acrescentou-se 20% de y_0 . Obtendo assim, todas dimensões necessárias para o canal.

4.8.1. Verificação da Velocidade Média

Aplicou-se os dados na Equação 31, a fim de verificar se a velocidade é aceitável. A velocidade média deve ficar entre a velocidade mínima e a máxima. Para esse o tipo de material de revestimento utilizado, a velocidade não deve ser superior a 4 m/s, como recomendado (Tabela 8), nem inferior a 0,6 m/s (recomendado por Guedes, 2018).

$$V = \frac{Q}{A} \quad \text{Eq. (31)}$$

Onde,

V é a velocidade em m/s;

Q é a vazão de projeto em m³/s;

A é a área da seção do canal, em m².

Tabela 8 - Velocidades Médias Recomendadas

Material das Paredes do Canal	Velocidade Média (m/s)
Areia muito fina	0,23 a 0,30
Areia solta-média	0,30 a 0,46
Areia grossa	0,46 a 0,61
Terreno arenoso comum	0,61 a 0,76
Terreno silte-argiloso	0,76 a 0,84
Terreno de aluvião	0,84 a 0,91
Terreno argiloso-compacto	0,91 a 1,14
Terreno argiloso duro	1,14 a 1,22
Solo cascalhado	1,22 a 1,52
Cascalho grosso, pedregulho, piçarra	1,52 a 1,83
Rochas sedimentares moles-xistos	1,83 a 2,44
Alvenaria	2,44 a 3,05
Rochas compactas	3,05 a 4,00
Concreto	4,00 a 6,00

Fonte: Curso de Canais, EBUFG, Dep. Engenharia Hidráulica, Edições Engenharia 58/72.

Fonte: PORTO (2006).

5. RESULTADOS E DISCUSSÃO

5.1. DELIMITAÇÃO DA BACIA HIDROGRÁFICA

A Figura 11 mostra a localização da área delimitada e suas curvas de nível. Nota-se que a área abrange boa parte da cidade de Pombal-PB, com um relevo suave, variando entre 164 a 230 metros de altitude.

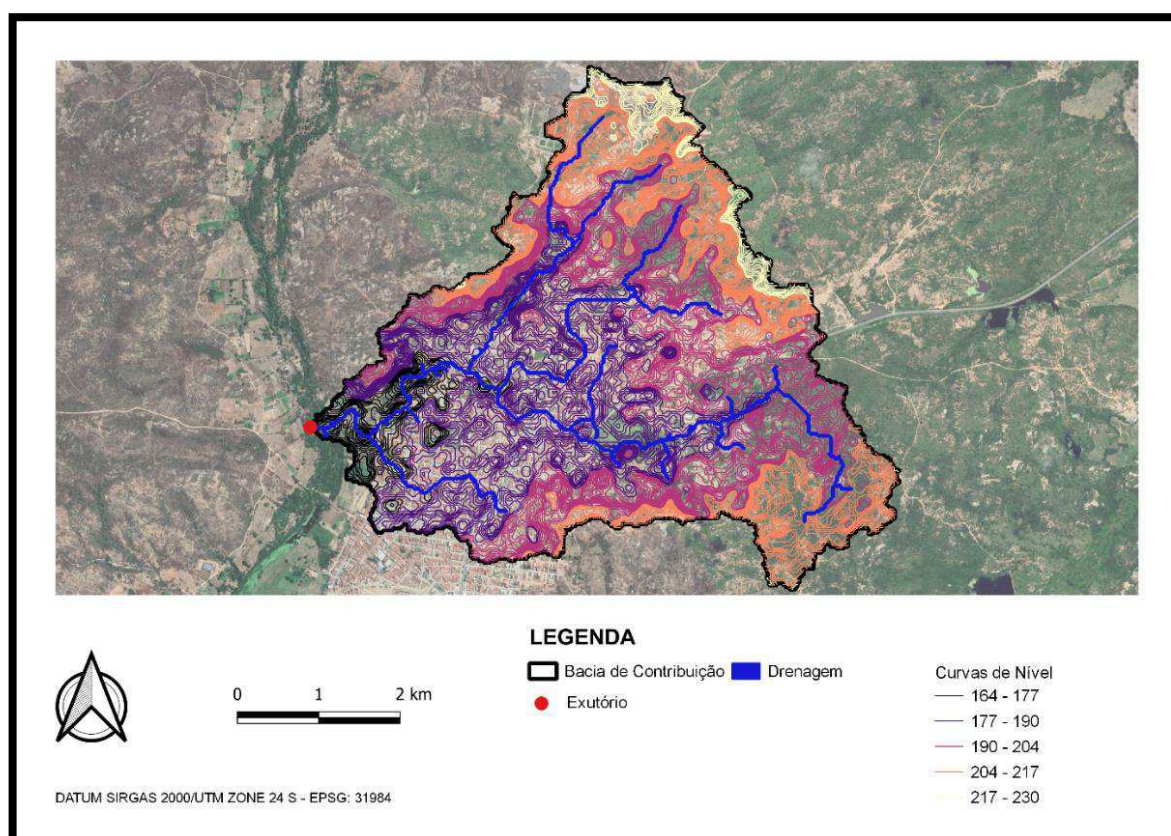


Figura 11 - Delimitação da Bacia de Contribuição
Fonte: Autoria própria (2021).

A bacia possui uma área total de 6,14 km² e 17,52 km de perímetro.

5.2. USO E TIPO DO SOLO

Como já observado na metodologia, Pombal-PB apresenta um solo arenoso e raso. Com relação à ocupação, a bacia apresentou uma área impermeável de 2,36 km², conduzindo a uma taxa de ocupação de 38,44%. Esses dados podem ser observados mais claramente na Figura 12.

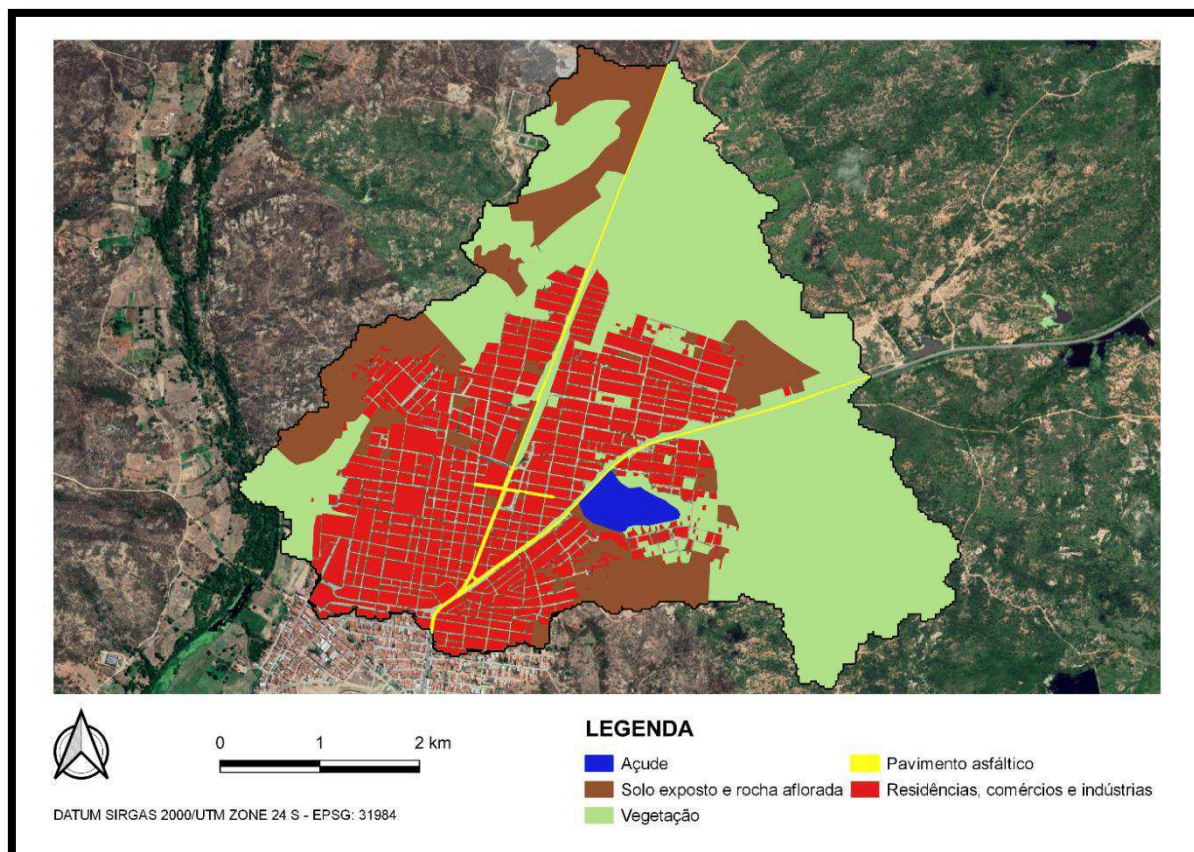


Figura 12 - Ocupação do Solo da Bacia de Contribuição
Fonte: Autoria própria (2021).

Pode-se observar que as áreas permeáveis se sobressaem às áreas impermeáveis.

5.3. EQUAÇÃO DA CHUVA

Os dados de chuva coletados e tratados estão dispostos no Gráfico 2, que representa a série de chuva diária máxima anual.

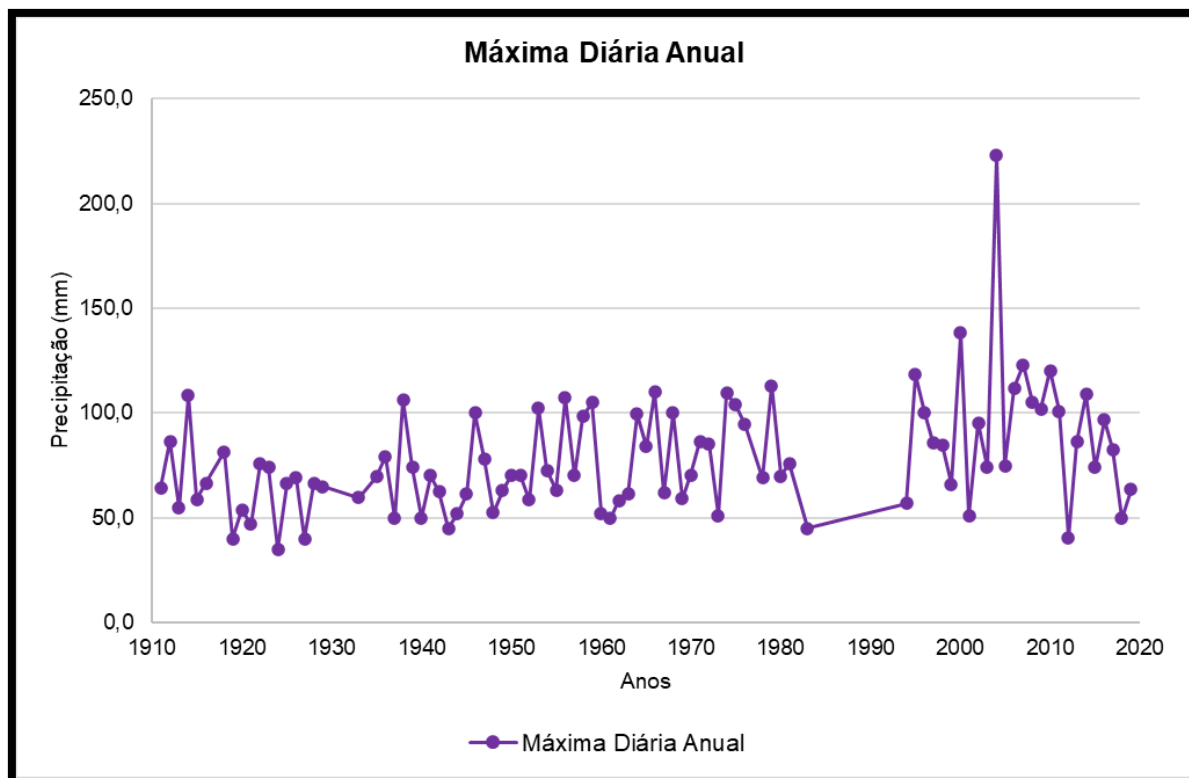


Gráfico 2 - Chuva Máxima Diária Anual
Fonte: Autoria própria (2020).

Pode-se notar que houve um período que não apresentou dados, entre os anos 80 e os anos 90. Também pode-se notar um valor muito acima da média, no ano de 2004, com mais de 200 mm precipitados. Esse foi um ano atípico, muito chuvoso.

Esses dados resultaram na Tabela 23 do APÊNCICE A – Memória de Cálculo da Distribuição de Gumbel e no Gráfico 3 que mostra o ajuste da Distribuição de Gumbel. A média para a amostra foi igual a 78,2 e o desvio padrão igual a 27,37.

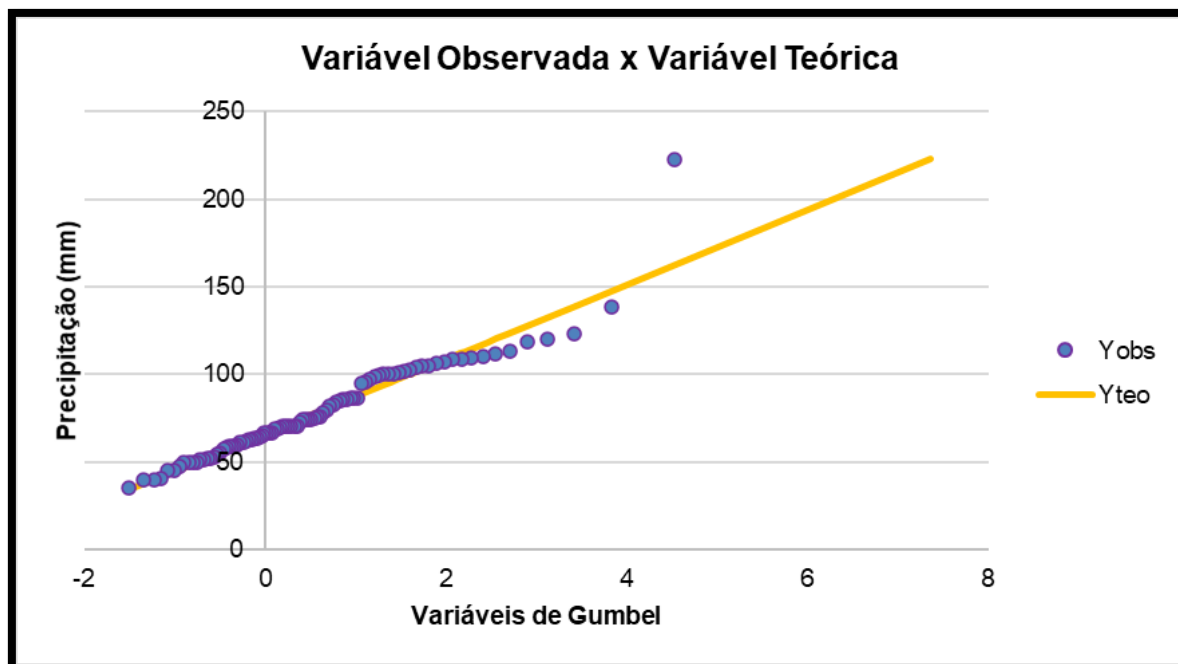


Gráfico 3 - Verificação da Distribuição de Gumbel
Fonte: Autoria própria (2020).

Pode-se observar através deste gráfico que os valores estão bem ajustados, com os dados observados seguindo a tendência dos valores teóricos.

Para o teste qui-quadrado, a soma do qui-quadrado calculado foi igual a 34,26. Considerou-se um nível de significância igual a 0,05, com 90 graus de liberdade, resultando em um qui-quadrado teórico igual a 113,14. Isso significa que a hipótese nula de que os valores teóricos e observados são iguais foi aceita, ou seja, os dados estão bem ajustados.

As Tabelas 9, 10 e 11 são referentes aos eventos máximos obtidos pela Distribuição de Gumbel, Desagregação da Chuva e Intensidades, respectivamente.

Tabela 9 - Precipitações Máximas

T (anos)	y	Kt	Xt
2	0,37	-0,2	73,70
5	1,50	0,72	97,89
10	2,25	1,3	113,91
15	2,67	1,63	122,94
20	2,97	1,87	129,27
30	3,38	2,19	138,11
40	3,68	2,42	144,34
50	3,90	2,59	149,16
75	4,31	2,91	157,88
100	4,60	3,14	164,06

Fonte: Autoria própria (2020).

Com estes dados, pode-se concluir que quanto maior o período de retorno, maior será o valor do evento.

Tabela 10 - Desagregação das Chuvas

Duração (min)	Precipitação (mm) / Período de Retorno (anos)										Coeficiente de Desagregação
	2	5	10	15	20	30	40	50	75	100	
5	8,70	11,55	13,44	14,51	15,26	16,30	17,03	17,60	18,63	19,36	0,10
10	14,88	19,77	23,00	24,83	26,11	27,89	29,15	30,12	31,88	33,13	0,18
15	18,98	25,21	29,34	31,67	33,30	35,57	37,18	38,42	40,67	42,26	0,23
20	22,09	29,34	34,14	36,84	38,74	41,39	43,26	44,70	47,32	49,17	0,26
25	24,60	32,67	38,02	41,04	43,15	46,10	48,18	49,79	52,70	54,76	0,29
30	26,72	35,49	41,30	44,57	46,87	50,07	52,33	54,08	57,24	59,48	0,32
60	35,29	46,87	54,54	58,87	61,90	66,13	69,12	71,42	75,60	78,56	0,42
90	40,66	54,01	62,84	67,83	71,32	76,20	79,63	82,29	87,11	90,51	0,48
120	44,62	59,27	68,97	74,44	78,27	83,62	87,39	90,31	95,59	99,33	0,53
150	47,78	63,46	73,84	79,70	83,80	89,53	93,57	96,69	102,35	106,36	0,57
180	50,41	66,95	77,91	84,09	88,42	94,46	98,73	102,02	107,99	112,21	0,60
210	52,67	69,96	81,40	87,86	92,38	98,70	103,15	106,60	112,83	117,25	0,63
240	54,65	72,59	84,47	91,17	95,87	102,42	107,04	110,61	117,09	121,67	0,65
300	58,03	77,07	89,68	96,80	101,78	108,74	113,65	117,44	124,31	129,17	0,69
360	60,83	80,80	94,02	101,48	106,70	113,99	119,14	123,11	130,32	135,41	0,72
420	63,24	83,99	97,74	105,49	110,92	118,50	123,85	127,98	135,47	140,77	0,75
480	65,34	86,79	100,99	109,01	114,62	122,45	127,98	132,25	139,99	145,46	0,78
540	67,22	89,29	103,90	112,14	117,91	125,97	131,66	136,05	144,01	149,64	0,80
600	68,92	91,54	106,52	114,97	120,89	129,15	134,98	139,48	147,64	153,42	0,82
720	71,89	95,48	111,10	119,92	126,09	134,71	140,79	145,49	154,00	160,02	0,86
900	75,57	100,38	116,80	126,07	132,56	141,62	148,01	152,95	161,90	168,23	0,90
1200	80,42	106,81	124,29	134,15	141,06	150,70	157,50	162,76	172,28	179,02	0,96
1440	84,02	111,59	129,85	140,15	147,37	157,44	164,55	170,04	179,99	187,03	1,14
1 dia/24hrs	73,70	97,89	113,91	122,94	129,27	138,11	144,34	149,16	157,88	164,06	

Fonte: Autoria própria (2020).

Aqui é possível analisar que quanto maior a duração, maior será o valor da lâmina de água precipitada.

Tabela 11 - Intensidades

Duração (min)	Intensidade (mm/h) / Período de Retorno (anos)									
	2	5	10	15	20	30	40	50	75	100
5	104,37	138,63	161,31	174,11	183,07	195,58	204,41	211,23	223,59	232,33
10	89,30	118,61	138,02	148,97	156,64	167,35	174,90	180,73	191,31	198,79
15	75,93	100,86	117,36	126,67	133,19	142,29	148,71	153,68	162,67	169,03
20	66,26	88,01	102,41	110,53	116,22	124,17	129,77	134,10	141,95	147,50
25	59,04	78,42	91,25	98,49	103,56	110,64	115,63	119,49	126,48	131,43
30	53,44	70,98	82,59	89,15	93,73	100,14	104,66	108,15	114,48	118,96
60	35,29	46,87	54,54	58,87	61,90	66,13	69,12	71,42	75,60	78,56
90	27,11	36,00	41,90	45,22	47,55	50,80	53,09	54,86	58,07	60,34
120	22,31	29,63	34,48	37,22	39,13	41,81	43,70	45,15	47,80	49,67
150	19,11	25,38	29,54	31,88	33,52	35,81	37,43	38,68	40,94	42,54
180	16,80	22,32	25,97	28,03	29,47	31,49	32,91	34,01	36,00	37,40
210	15,05	19,99	23,26	25,10	26,40	28,20	29,47	30,46	32,24	33,50
240	13,66	18,15	21,12	22,79	23,97	25,61	26,76	27,65	29,27	30,42
300	11,61	15,41	17,94	19,36	20,36	21,75	22,73	23,49	24,86	25,83
360	10,14	13,47	15,67	16,91	17,78	19,00	19,86	20,52	21,72	22,57
420	9,03	12,00	13,96	15,07	15,85	16,93	17,69	18,28	19,35	20,11
480	8,17	10,85	12,62	13,63	14,33	15,31	16,00	16,53	17,50	18,18
540	7,47	9,92	11,54	12,46	13,10	14,00	14,63	15,12	16,00	16,63
600	6,89	9,15	10,65	11,50	12,09	12,92	13,50	13,95	14,76	15,34
720	5,99	7,96	9,26	9,99	10,51	11,23	11,73	12,12	12,83	13,34
900	5,60	7,44	8,66	9,34	9,82	10,50	10,97	11,34	12,00	12,47
1200	3,78	5,02	5,84	6,30	6,63	7,08	7,40	7,65	8,10	8,41
1440	3,50	4,65	5,41	5,84	6,14	6,56	6,86	7,08	7,50	7,79

Fonte: Autoria própria (2020).

Já no caso da intensidade da chuva, quanto maior a duração, menor será a intensidade dela. A tabela das intensidades gerou o gráfico das curvas de intensidade, duração e frequência (Gráfico 4).

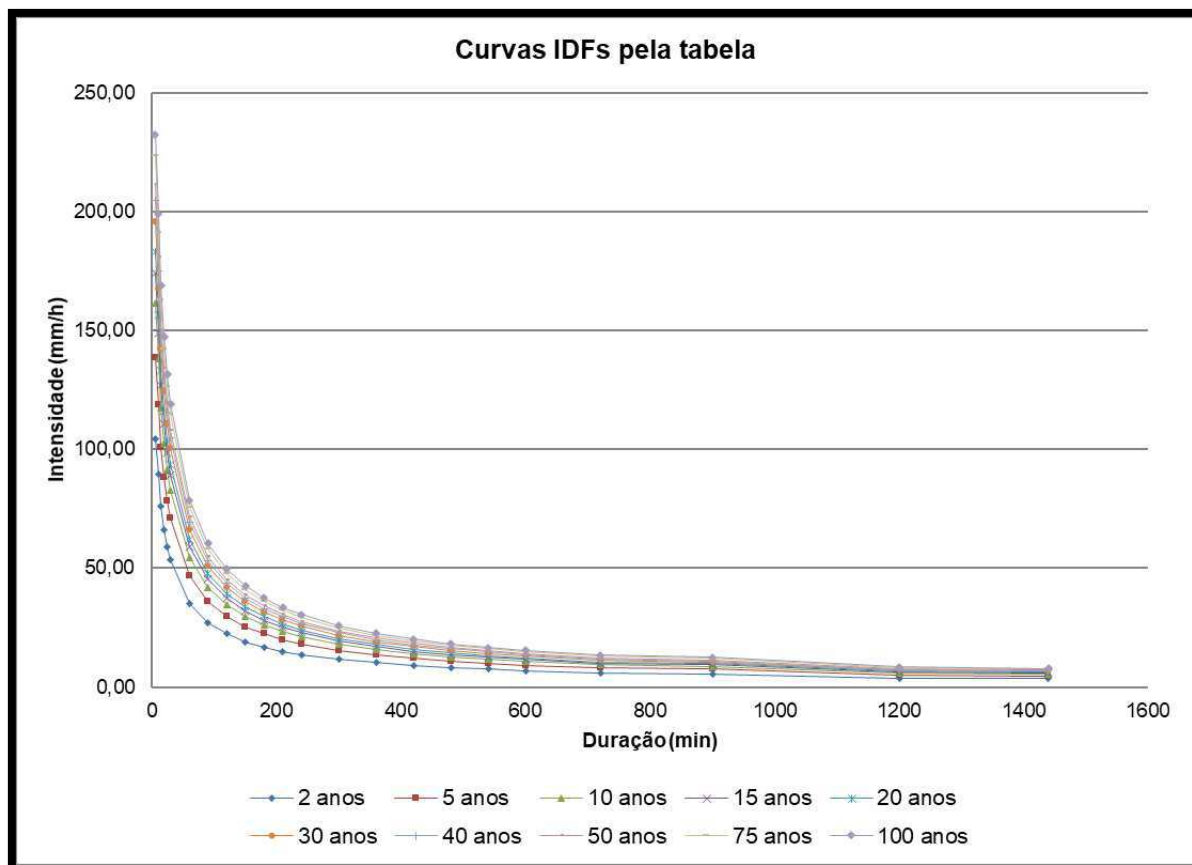


Gráfico 4 - Curvas IDF's
Fonte: Autoria própria (2020).

Com a tabela da intensidade, aplicou-se o logaritmo nos dados para produzir o Gráfico 5. Ressalta-se que, o parâmetro t_0 que melhor se adequou foi igual a 12 minutos, produzindo equações da reta com $R^2 = 0,999$ (Quadro 3).

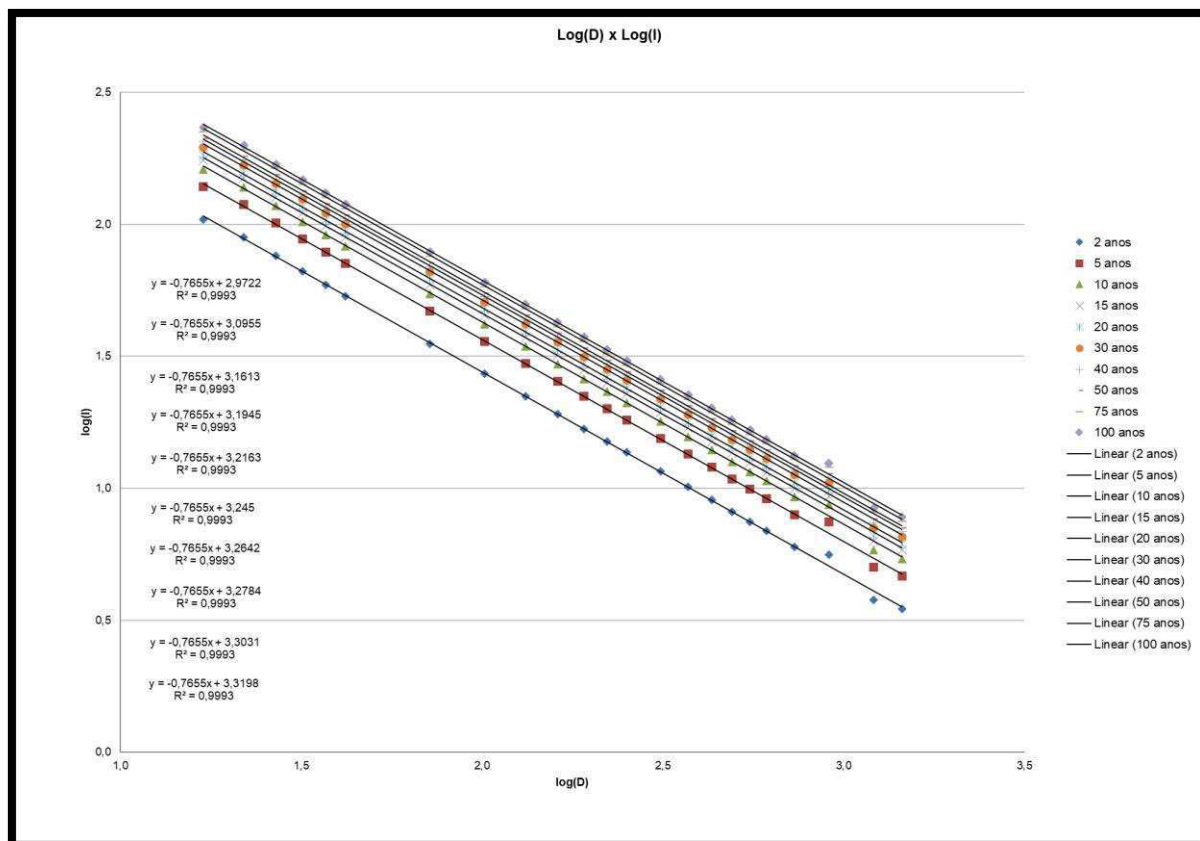


Gráfico 5 - IDF Linearizadas
Fonte: Autoria própria (2020).

Quadro 3 - Equações das Retas

2 anos $y = -0,7655x + 2,9722$ $R^2 = 0,9993$	5 anos $y = -0,7655x + 3,0955$ $R^2 = 0,9993$	10 anos $y = -0,7655x + 3,1613$ $R^2 = 0,9993$	15 anos $y = -0,7655x + 3,1945$ $R^2 = 0,9993$	20 anos $y = -0,7655x + 3,2163$ $R^2 = 0,9993$
30 anos $y = -0,7655x + 3,245$ $R^2 = 0,9993$	40 anos $y = -0,7655x + 3,2642$ $R^2 = 0,9993$	50 anos $y = -0,7655x + 3,2784$ $R^2 = 0,9993$	75 anos $y = -0,7655x + 3,3031$ $R^2 = 0,9993$	100 anos $y = -0,7655x + 3,3198$ $R^2 = 0,9993$

Fonte: Autoria própria (2020).

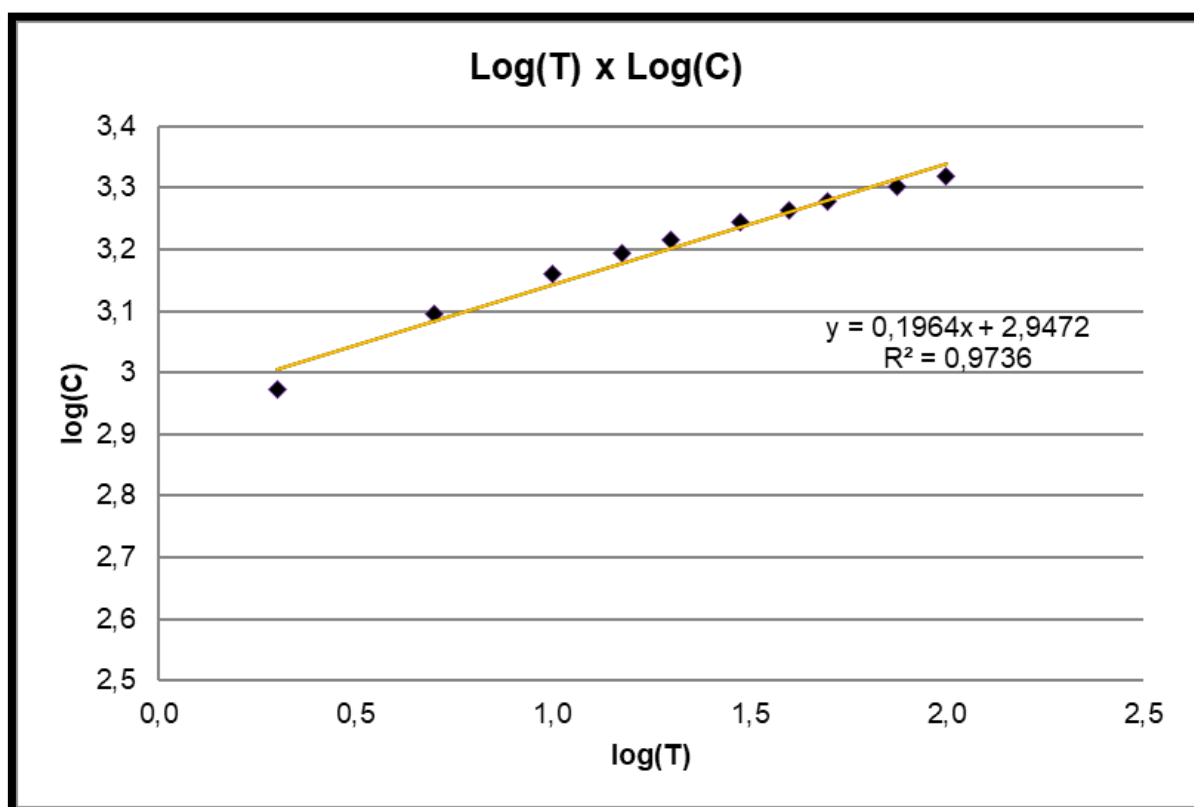
Com os coeficientes lineares das equações da reta do Quadro 3, obteve-se a seguinte Tabela 12:

Tabela 12 - Log (T) x Log (C)

T (anos)	Log(T)	Log[C]
2	0,3010	2,9722
5	0,6990	3,0955
10	1,0000	3,1613
15	1,1761	3,1945
20	1,3010	3,2163
30	1,4771	3,245
40	1,6021	3,2642
50	1,6990	3,2784
75	1,8751	3,3031
100	2,0000	3,3198

Fonte: Autoria própria (2020).

Que gerou o Gráfico 6 abaixo.

**Gráfico 6 - Log (T) x Log (C)**

Fonte: Autoria própria (2020).

Com a equação da reta do Gráfico 6, obtém-se todos os parâmetros (Tabela 13) da equação da chuva para o município de Pombal-PB (Equação 32).

Tabela 13 - Parâmetros da Equação da Chuva

Parâmetros obtidos			
t0	n	K	m
12	0,7655	885,523	0,1964

Fonte: Autoria própria (2020).

$$i = \frac{885,523 \times T^{0,1964}}{(t+12)^{0,7655}} \quad \text{Eq. (32)}$$

Em posse da equação da chuva, calculou-se novamente as intensidades, obtendo os dados da Tabela 14.

Tabela 14 - Intensidades pela Equação da Chuva

Duração (min)	Intensidade (mm/h) / Período de Retorno (anos)									
	2	5	10	15	20	30	40	50	75	100
5	115,99	138,86	159,11	172,30	182,31	197,42	208,90	218,26	236,35	250,09
10	95,21	113,99	130,61	141,44	149,66	162,06	171,48	179,16	194,02	205,29
15	81,40	97,45	111,66	120,91	127,94	138,55	146,60	153,17	165,86	175,51
20	71,47	85,56	98,04	106,17	112,34	121,65	128,72	134,49	145,64	154,10
25	63,95	76,56	87,73	95,00	100,52	108,85	115,18	120,34	130,32	137,89
30	58,04	69,48	79,62	86,22	91,23	98,79	104,53	109,21	118,27	125,14
60	38,42	45,99	52,70	57,07	60,39	65,39	69,19	72,29	78,28	82,83
90	29,43	35,23	40,37	43,71	46,25	50,09	53,00	55,37	59,96	63,45
120	24,16	28,92	33,14	35,88	37,97	41,12	43,51	45,45	49,22	52,08
150	20,65	24,72	28,33	30,68	32,46	35,15	37,19	38,86	42,08	44,53
180	18,13	21,71	24,87	26,94	28,50	30,86	32,66	34,12	36,95	39,10
210	16,23	19,42	22,26	24,10	25,50	27,62	29,22	30,53	33,06	34,98
240	14,72	17,63	20,20	21,87	23,14	25,06	26,52	27,71	30,00	31,75
300	12,50	14,97	17,15	18,57	19,65	21,28	22,52	23,53	25,48	26,96
360	10,93	13,08	14,99	16,23	17,18	18,60	19,68	20,56	22,27	23,56
420	9,75	11,67	13,37	14,48	15,32	16,59	17,55	18,34	19,86	21,02
480	8,82	10,56	12,10	13,11	13,87	15,02	15,89	16,60	17,98	19,02
540	8,08	9,67	11,08	12,00	12,70	13,75	14,55	15,20	16,46	17,42
600	7,47	8,94	10,24	11,09	11,73	12,71	13,45	14,05	15,21	16,10
720	6,51	7,79	8,93	9,67	10,23	11,08	11,72	12,25	13,26	14,04
900	5,50	6,59	7,55	8,17	8,65	9,36	9,91	10,35	11,21	11,86
1200	4,42	5,30	6,07	6,57	6,96	7,53	7,97	8,33	9,02	9,54
1440	3,85	4,61	5,29	5,72	6,06	6,56	6,94	7,25	7,85	8,31

Fonte: Autoria própria (2020).

Em seguida, fez-se o cálculo do qui-quadrado calculado para cada período de retorno, resultando da Tabela 15. Observa-se a última linha em que se encontram o somatório dos valores para cada período de retorno.

Tabela 15 - Qui-quadrado Calculado

chi ² cal										
2	5	10	15	20	30	40	50	75	100	
1,1641	0,0004	0,0305	0,0190	0,0031	0,0171	0,0965	0,2263	0,6890	1,2602	
0,3673	0,1877	0,4205	0,4013	0,3255	0,1723	0,0680	0,0137	0,0378	0,2060	
0,3671	0,1192	0,2910	0,2739	0,2150	0,1013	0,0305	0,0017	0,0616	0,2389	
0,3800	0,0700	0,1947	0,1796	0,1343	0,0522	0,0086	0,0011	0,0934	0,2827	
0,3776	0,0450	0,1414	0,1282	0,0917	0,0292	0,0017	0,0060	0,1130	0,3031	
0,3648	0,0322	0,1113	0,0996	0,0689	0,0185	0,0002	0,0103	0,1212	0,3054	
0,2547	0,0169	0,0645	0,0569	0,0380	0,0084	0,0001	0,0104	0,0919	0,2207	
0,1829	0,0171	0,0580	0,0520	0,0362	0,0101	0,0002	0,0047	0,0597	0,1520	
0,1410	0,0177	0,0547	0,0497	0,0358	0,0117	0,0008	0,0020	0,0414	0,1123	
0,1149	0,0177	0,0516	0,0473	0,0347	0,0125	0,0015	0,0008	0,0309	0,0884	
0,0975	0,0172	0,0483	0,0445	0,0331	0,0126	0,0019	0,0004	0,0245	0,0732	
0,0854	0,0164	0,0450	0,0416	0,0312	0,0123	0,0021	0,0002	0,0205	0,0630	
0,0765	0,0154	0,0418	0,0387	0,0292	0,0117	0,0022	0,0001	0,0179	0,0559	
0,0646	0,0132	0,0359	0,0332	0,0251	0,0102	0,0019	0,0001	0,0150	0,0470	
0,0572	0,0112	0,0307	0,0284	0,0213	0,0085	0,0015	0,0001	0,0136	0,0420	
0,0522	0,0094	0,0262	0,0242	0,0180	0,0069	0,0011	0,0002	0,0130	0,0390	
0,0487	0,0078	0,0224	0,0206	0,0152	0,0056	0,0007	0,0003	0,0129	0,0372	
0,0461	0,0064	0,0192	0,0175	0,0127	0,0044	0,0004	0,0005	0,0130	0,0361	
0,0441	0,0052	0,0165	0,0149	0,0107	0,0034	0,0002	0,0007	0,0132	0,0354	
0,0414	0,0035	0,0122	0,0108	0,0074	0,0019	0,0000	0,0013	0,0140	0,0349	
0,0018	0,1107	0,1635	0,1681	0,1605	0,1371	0,1139	0,0936	0,0556	0,0311	
0,0944	0,0146	0,0087	0,0110	0,0154	0,0269	0,0406	0,0553	0,0942	0,1336	
0,0323	0,0003	0,0029	0,0023	0,0012	0,0000	0,0010	0,0038	0,0158	0,0320	
Σchi²cal	4,4563	0,7551	1,8914	1,7635	1,3642	0,6749	0,3756	0,4337	1,6630	3,8301

Fonte: Autoria própria (2020).

Para o qui-quadrado teórico, também se utilizou um nível de significância de 0,05 com 19 graus de liberdade, resultando em um X^2_{teo} igual a 30,14. Comparando com a Tabela 15, nota-se que a hipótese nula é aceita, pois todos os valores de X^2_{cal} são menores que o valor de X^2_{teo} , ou seja, pode-se considerar que os valores teóricos e os valores observados são iguais.

Por fim, foi gerado o Gráfico 7 das novas curvas IDF.

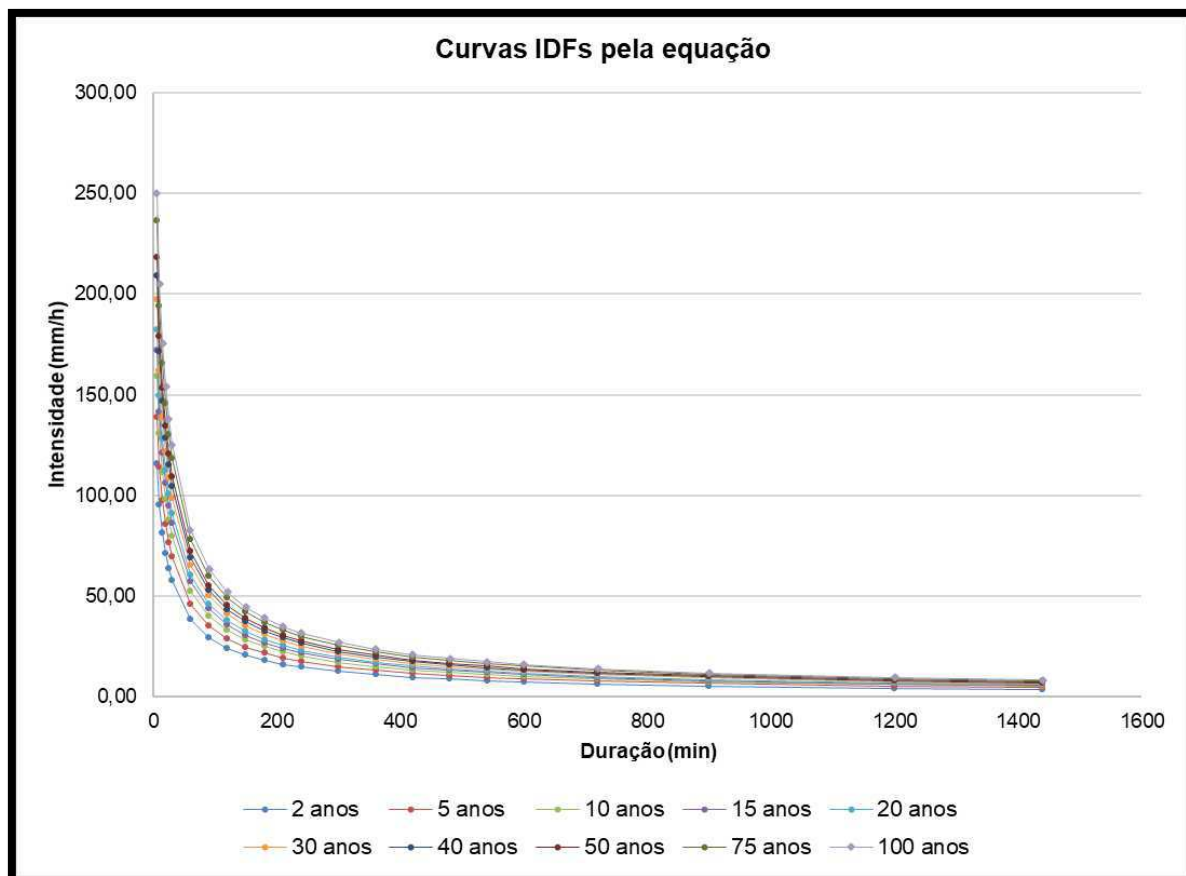


Gráfico 7 - Curvas IDF pela Equação da Chuva
Fonte: Autoria própria (2020).

Se comparar minuciosamente os Gráficos 4 e 7, pode-se perceber que o gráfico elaborado pela equação da chuva traz curvas mais semelhantes, especialmente para as curvas com períodos de retorno de 2 e 5 anos que no Gráfico 4 apresentam um certo distanciamento das demais curvas.

5.4. DISTRIBUIÇÃO TEMPORAL

Foram geradas as Tabelas 24, 25 e 26 do APÊNDICE B – Memória de Cálculo da Distribuição Temporal da Chuva pelo Método de Huff para a distribuição temporal da chuva pelo método de Huff, com o intuito de apresentar diversos cenários para que pudesse ser escolhido o mais adequado. Com as tabelas, foi possível gerar os hietogramas correspondentes para melhor visualização dos dados (Gráficos 8 a 16).

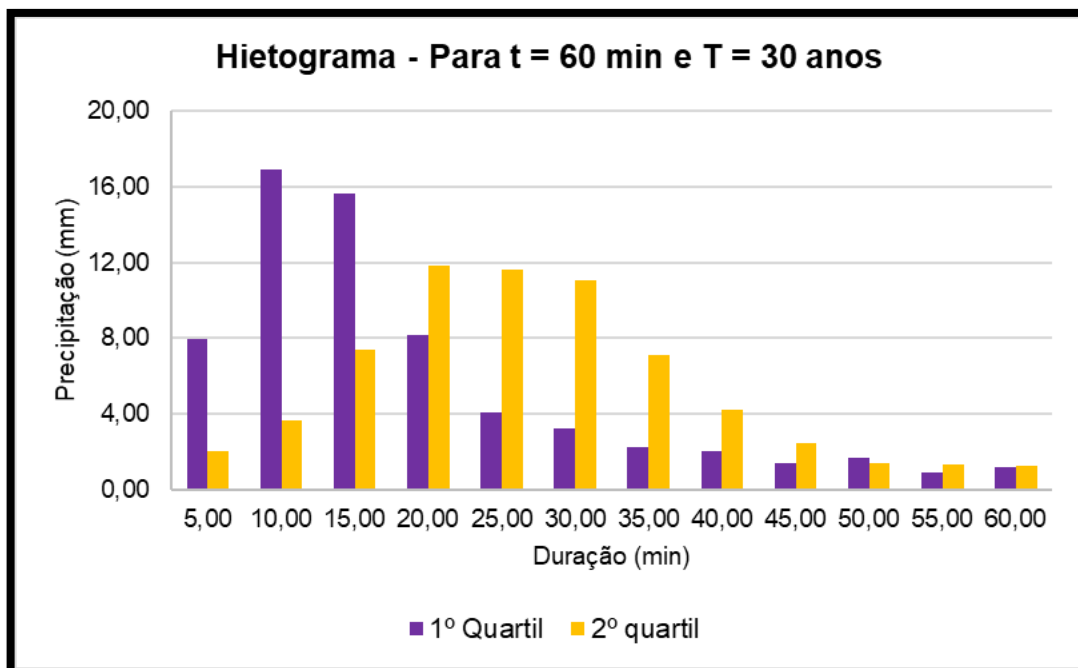


Gráfico 8 - Hietograma para t = 60 min e T = 30 anos
Fonte: Autoria própria (2021).

Este hietograma apresentou o pico, para o 1º quartil, de 16,93 mm aos 10 minutos de duração e para o 2º quartil, 11,83 mm aos 20 minutos de duração.

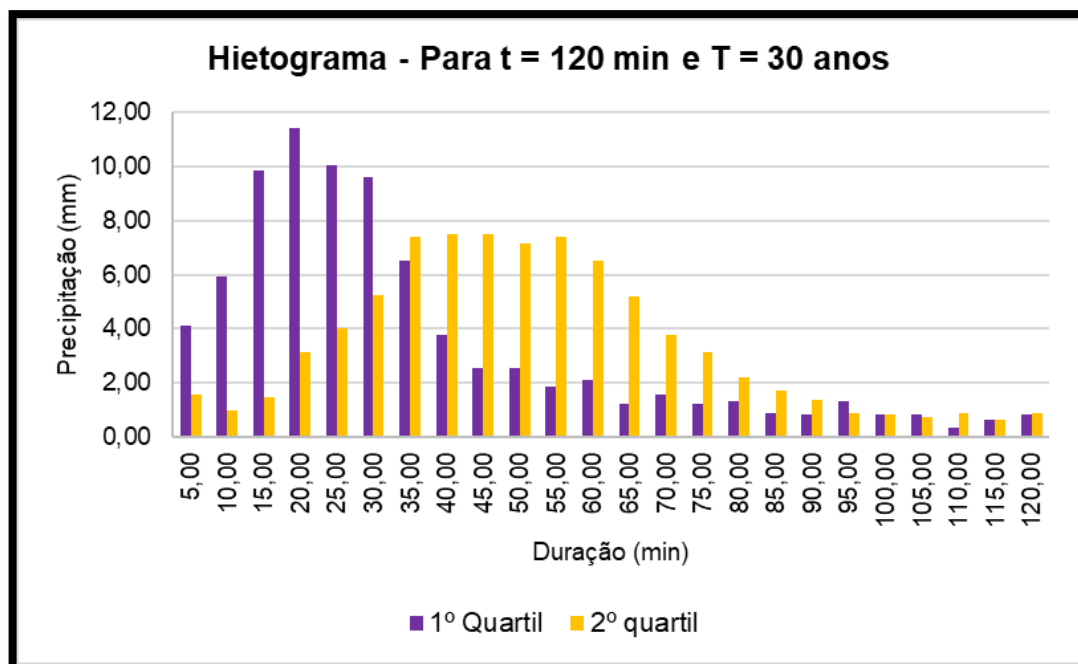


Gráfico 9 – Hietograma para t = 120 min e T = 30 anos
Fonte: Autoria própria (2021).

Este hietograma apresentou o pico, para o 1º quartil, de 11,43 mm aos 20 minutos de duração e para o 2º quartil, 7,48 mm aos 40 minutos de duração.

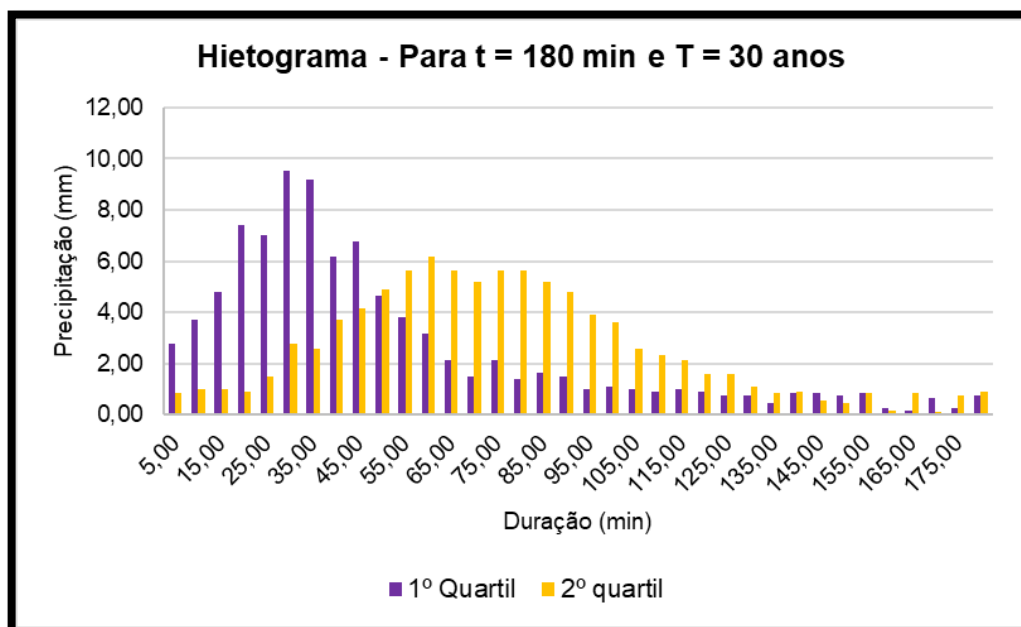


Gráfico 10 - Hietograma para t = 180 min e T = 30 anos
Fonte: Autoria própria (2021).

Este hietograma apresentou o pico, para o 1º quartil, de 9,53 mm aos 30 minutos de duração e para o 2º quartil, 6,20 mm aos 60 minutos de duração.

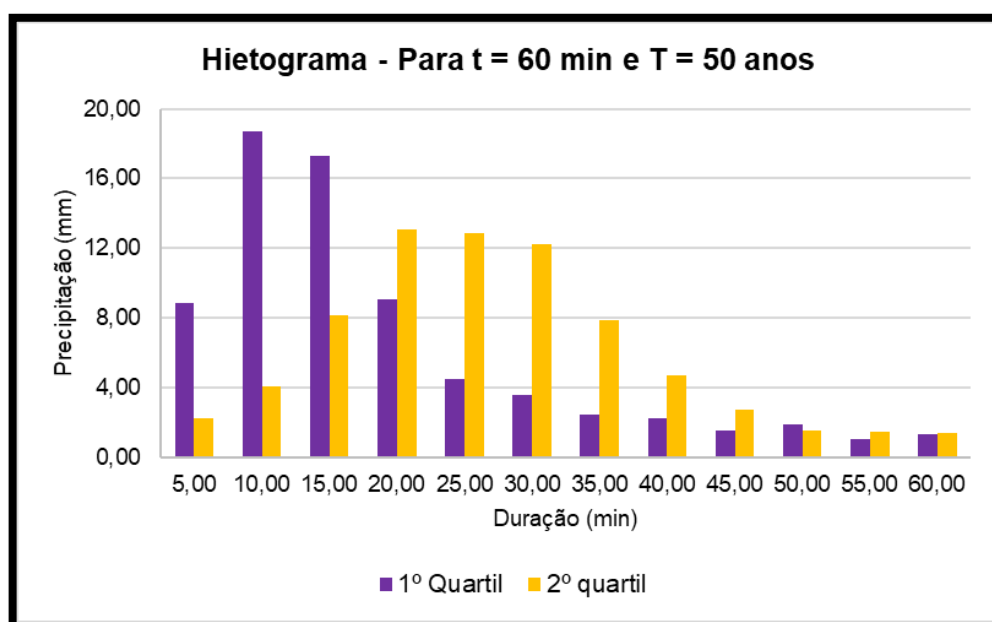


Gráfico 11 - Hietograma para t = 60 min e T = 50 anos
Fonte: Autoria própria (2021).

Este hietograma apresentou o pico, para o 1º quartil, de 18,72 mm aos 10 minutos de duração e para o 2º quartil, 13,08 mm aos 20 minutos de duração.

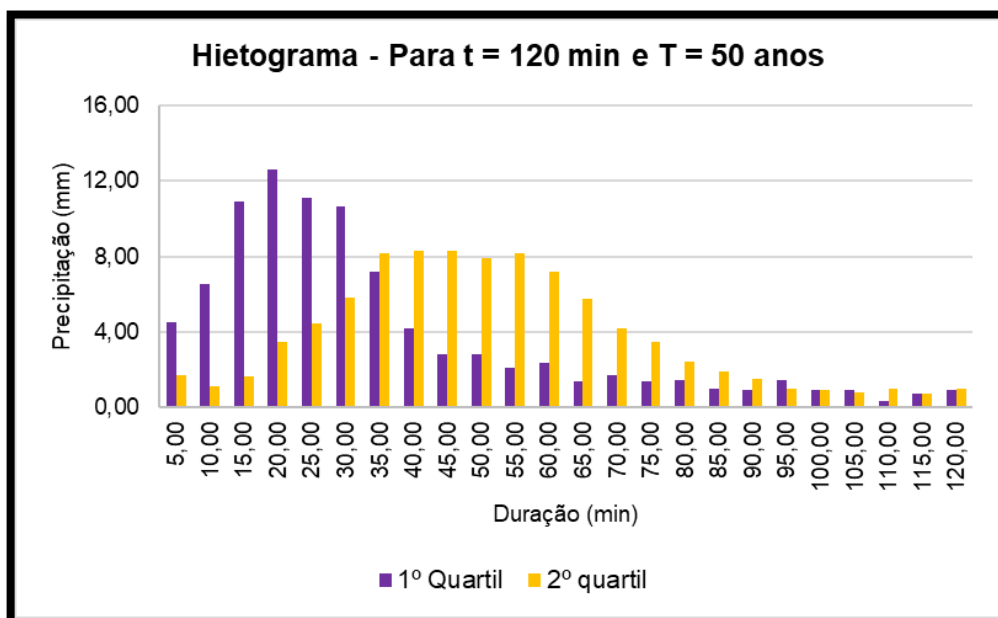


Gráfico 12 - Hietograma para t = 120 min e T = 50 anos
Fonte: Autoria própria (2021).

Este hietograma apresentou o pico, para o 1º quartil, de 12,63 mm aos 20 minutos de duração e para o 2º quartil, 8,27 mm aos 40 minutos de duração.

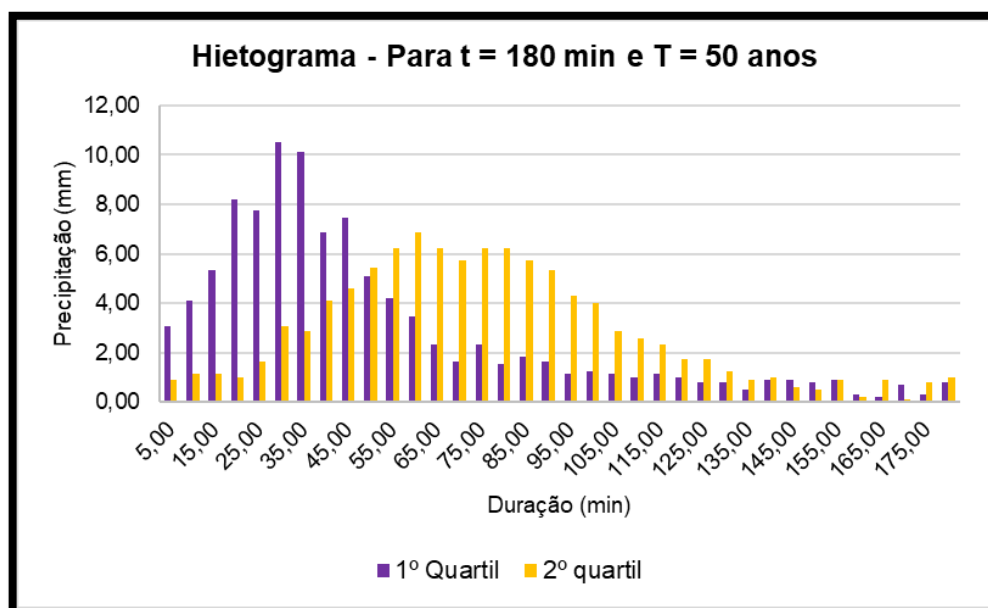


Gráfico 13 - Hietograma para t = 180 min e T = 50 anos
Fonte: Autoria própria (2021).

Este hietograma apresentou o pico, para o 1º quartil, de 10,54 mm aos 30 minutos de duração e para o 2º quartil, 6,86 mm aos 60 minutos de duração.

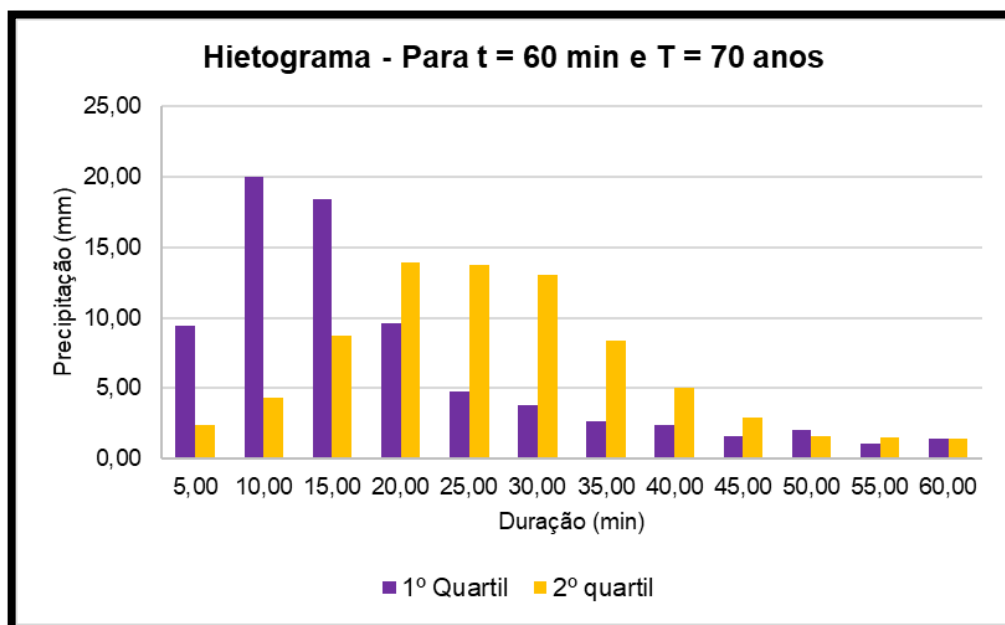


Gráfico 14 - Hietograma para t = 60 min e T = 70 anos
Fonte: Autoria própria (2021).

Este hietograma apresentou o pico, para o 1º quartil, de 19,99 mm aos 10 minutos de duração e para o 2º quartil, 13,97 mm aos 20 minutos de duração.

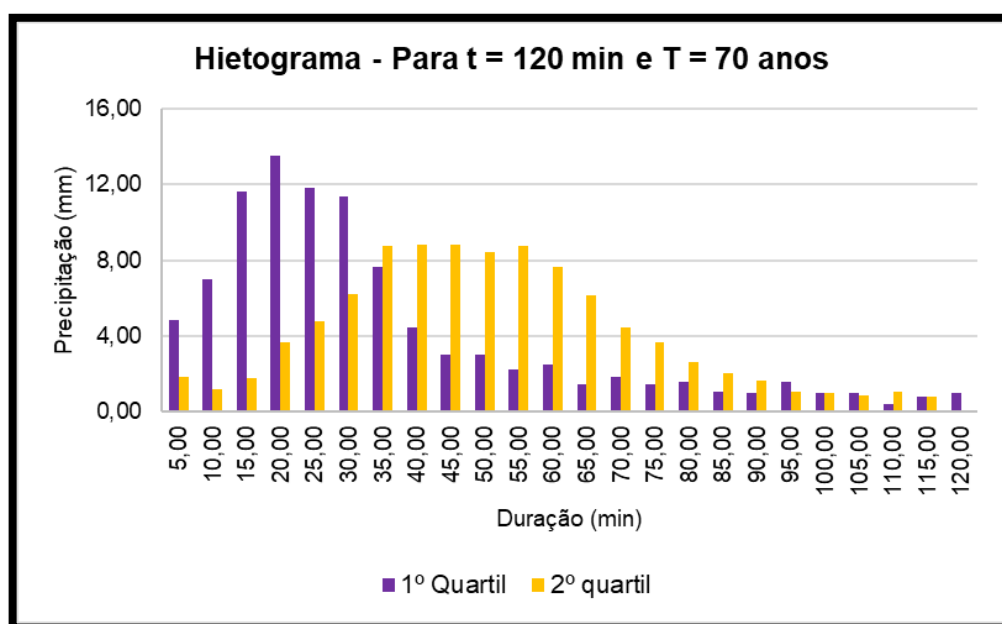


Gráfico 15 - Hietograma para t = 120 min e T = 70 anos
Fonte: Autoria própria (2021).

Este hietograma apresentou o pico, para o 1º quartil, de 13,49 mm aos 20 minutos de duração e para o 2º quartil, 8,83 mm aos 40 minutos de duração.

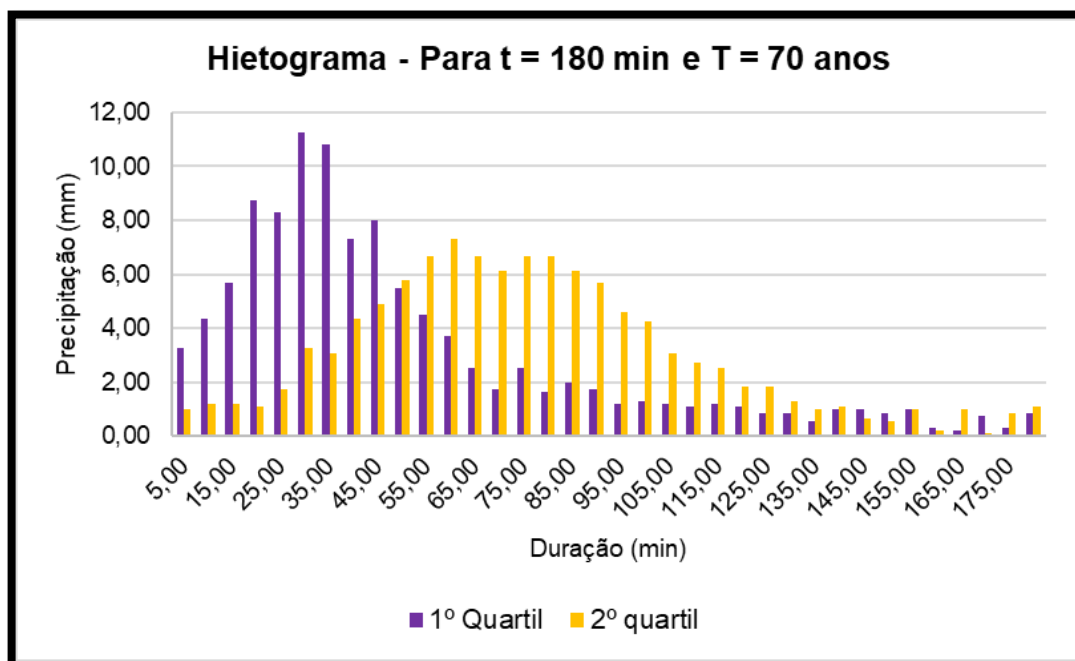


Gráfico 16 - Hietograma para t = 180 min e T = 70 anos
Fonte: Autoria própria (2021).

Este hietograma apresentou o pico, para o 1º quartil, de 11,26 mm aos 30 minutos de duração e para o 2º quartil, 7,32 mm aos 60 minutos de duração.

Analisando todos os gráficos, é possível fazer as seguintes observações:

- As chuvas distribuídas utilizando o 1º quartil faz com que o pico da chuva seja, realmente, no primeiro quartil da duração. Já as chuvas distribuídas utilizando o 2º quartil apresentam seu pico no segundo quartil da duração.
- As chuvas do 2º quartil são mais bem distribuídas.
- As chuvas do 1º quartil apresentam maior intensidade no início da chuva;
- Para um mesmo período de retorno, o valor do pico da chuva diminui conforme a duração aumenta.
- O pico de uma chuva de mesma duração aumenta quando o período de retorno é maior.

5.5. DECLIVIDADE DO TALVEGUE PRINCIPAL

Após extrair os dados de cotas e comprimentos dos trechos das subdivisões do talvegue principal, elaborou-se a Tabela 16.

Tabela 16 - Declividade Média

Declividade (m/m)				
Trecho	Cota Montante (m)	Cota Jusante (m)	Comprimento do Trecho (m)	Declividade do Trecho (m/m)
1	209	191	1184,94	0,0152
2	191	183	1015,09	0,0079
3	183	176	1121,67	0,0062
4	176	173	842,30	0,0036
5	173	166	858,74	0,0082
		Soma:	5022,75	
Comprimento do Talvegue (km)		5,0227	Declividade Média (m/m)	0,0082

Fonte: Autoria própria (2021).

Em que a declividade média do curso principal resultou em 0,0082 m/m ou 0,82%.

5.6. CÁLCULO DO CN

Com o mapa de uso e ocupação do solo, fez-se a classificação do tipo de solo de acordo com as áreas e através das tabelas de curva número, obteve-se um CN para cada região. Logo após, fez-se o cálculo da média ponderada, arredondando o valor para o inteiro mais próximo e determinando o CN médio da bacia, que foi igual a 78 (Tabela 17). Isso significa que a bacia tem alto potencial para gerar escoamento superficial.

Tabela 17 - Curve Number

Item	Área (km ²)	Perímetro (km)	CN médio	
			Tipo de Solo	CN
Bacia	6,14	17,52	-	-
Telhado	1,66	-	B	98,00
Asfalto	0,05	-	B	98,00
Vegetação	2,86	-	B	69,00
Solo	0,84	-	B	60,00
Açude	0,08	-	C	100,00
Ruas	0,65	-	B	85,00
Impermeável	2,36	-	CN médio	77,98
				78,00

Fonte: Autoria própria (2021).

5.7. TEMPO DE CONCENTRAÇÃO DA BACIA

Inicialmente, extraiu-se os parâmetros necessários a serem utilizados nas fórmulas de tempo de concentração:

- Comprimento do talvegue principal: 5,0227 km;
- Declividade do talvegue principal: 0,0082 m/m;
- Área da bacia: 6,14 km²;
- Área impermeável: 2,36 km²

Aplicando nas equações, obteve-se os seguintes resultados (Tabela 18):

Tabela 18 - Tempos de Concentração

Tempo de Concentração (min)	
Kirpich	Schaake <i>et al.</i>
87,59	12,62
Carter	Desbordes
65,22	38,64
tc médio	51,02

Fonte: Autoria própria (2021).

Uma possível justificativa para os valores serem tão diferentes uns dos outros são as considerações feitas por cada autor para se chegar nas equações, como a área da bacia, em que é indicado um valor limite de área para se aplicar cada fórmula.

Por fim, realizou-se a média entre os quatro valores, arredondando para o inteiro superior, que resultou em um tempo de concentração de 52 min.

5.8. HIDROGRAMA E VAZÃO DE PROJETO

Para o método Santa Bárbara, inicialmente fez-se o cálculo da capacidade de armazenamento e as perdas iniciais, que foram, respectivamente, 71,64 mm e 14,33 mm. O valor da taxa de impermeabilização é de 0,385 e o coeficiente de retardo foi igual a 0,0459. Com estes dados, pode-se prosseguir com o método, que resultou nas tabelas 27 a 35 do APÊNDICE C – Memória de Cálculo do Método Santa Bárbara.

Assim, foi possível gerar os hidrogramas (Gráficos 17 a 25) para cada situação, indicando o valor da vazão de projeto, que neste caso, será igual a vazão de pico, pois como trata-se de um canal impermeabilizado, a vazão de base é zero.

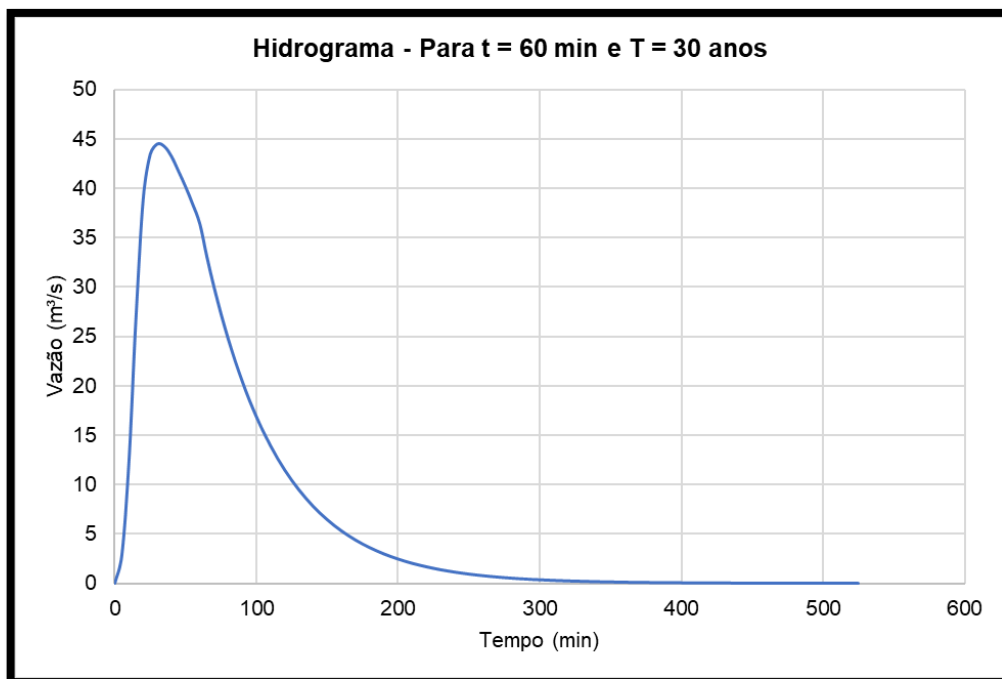


Gráfico 17 - Hidrograma para $t = 60$ min e $T = 30$ anos
Fonte: Autoria própria (2021).

Com vazão de pico de $44,44 m^3/s$.

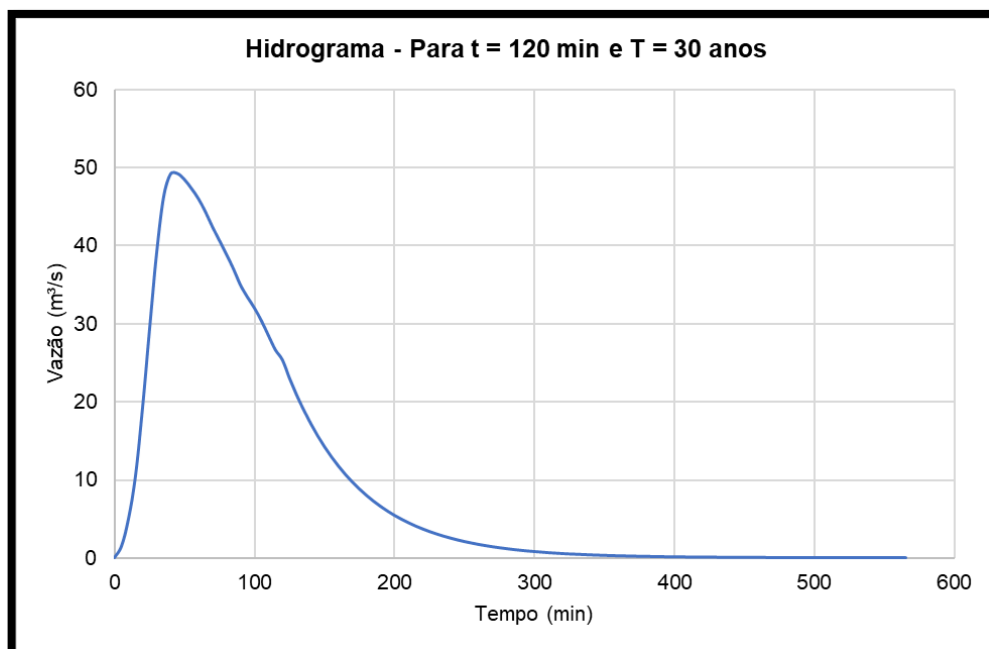


Gráfico 18 - Hidrograma para $t = 120$ min e $T = 30$ anos
Fonte: Autoria própria (2021).

Com vazão de pico de $49,29 m^3/s$.

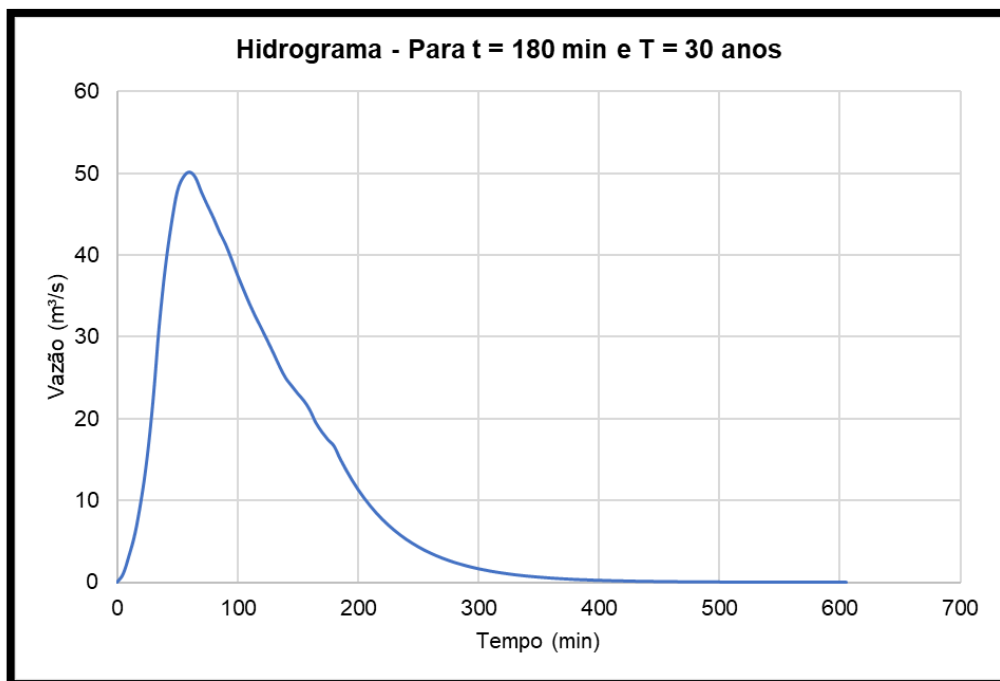


Gráfico 19 - Hidrograma para $t = 180$ min e $T = 30$ anos
Fonte: Autoria própria (2021).

Com vazão de pico de $50,13 m^3/s$.

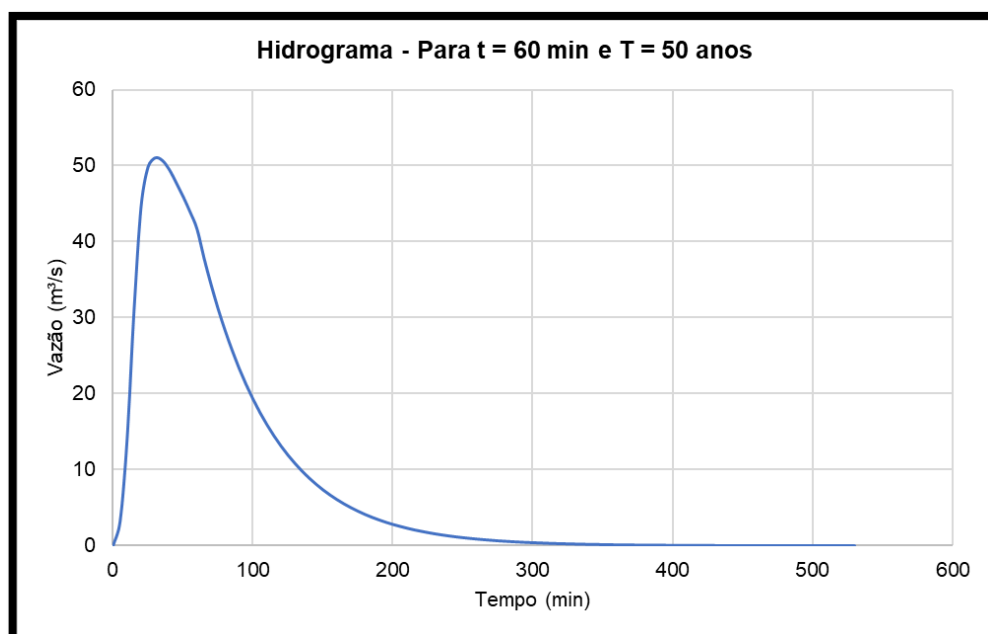


Gráfico 20 - Hidrograma para $t = 60$ min e $T = 50$ anos
Fonte: Autoria própria (2021).

Com vazão de pico de $50,96 m^3/s$.

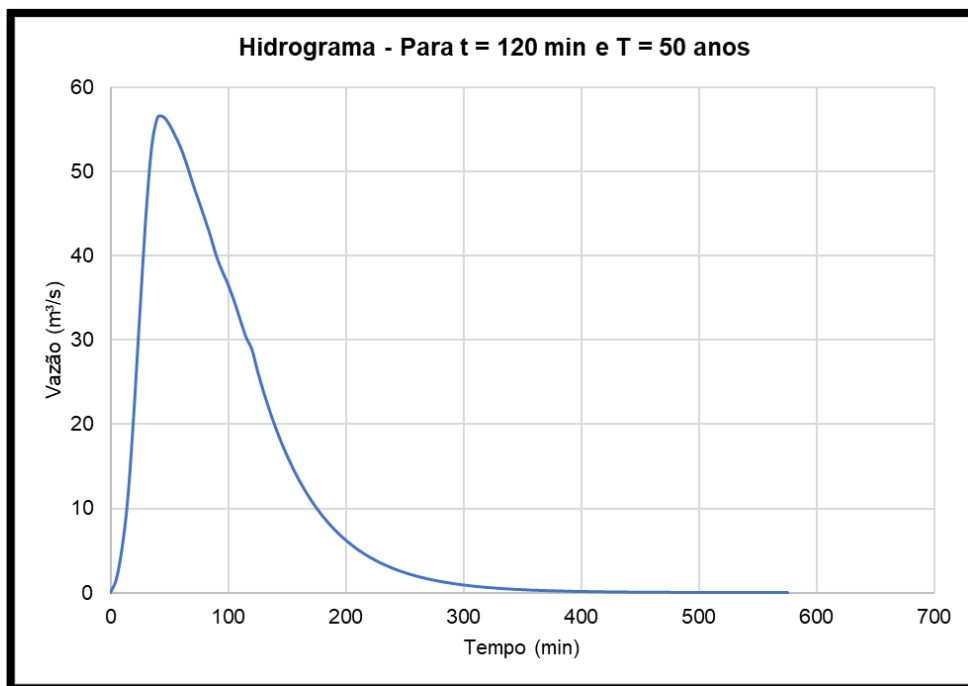


Gráfico 21 - Hidrograma para $t = 120$ min e $T = 50$ anos
Fonte: Autoria própria (2021).

Com vazão de pico de $56,46 \text{ m}^3/\text{s}$.

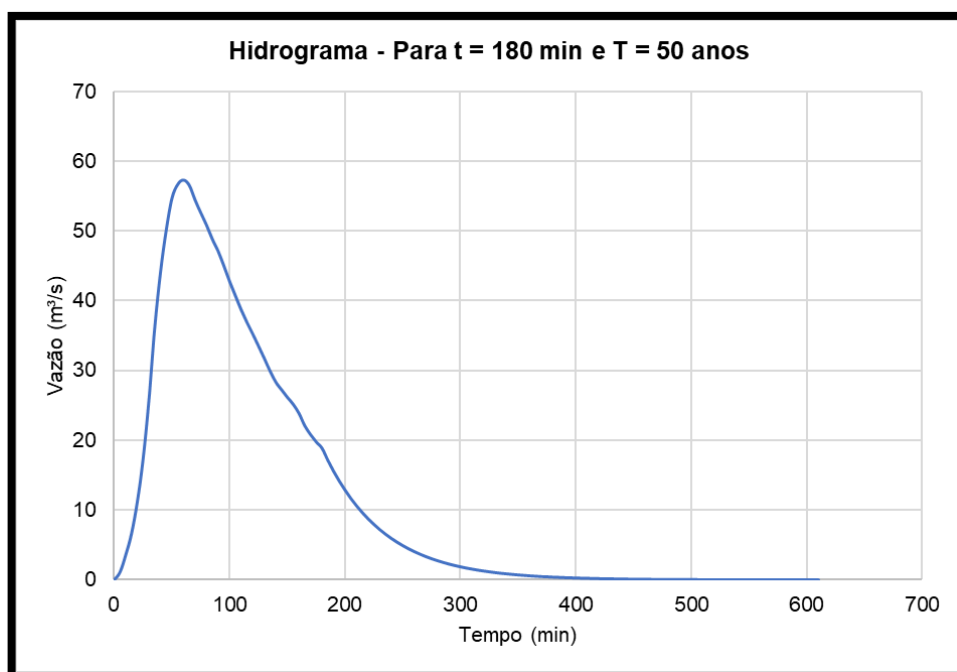


Gráfico 22 - Hidrograma para $t = 180$ min e $T = 50$ anos
Fonte: Autoria própria (2021).

Com vazão de pico de $57,37 \text{ m}^3/\text{s}$.

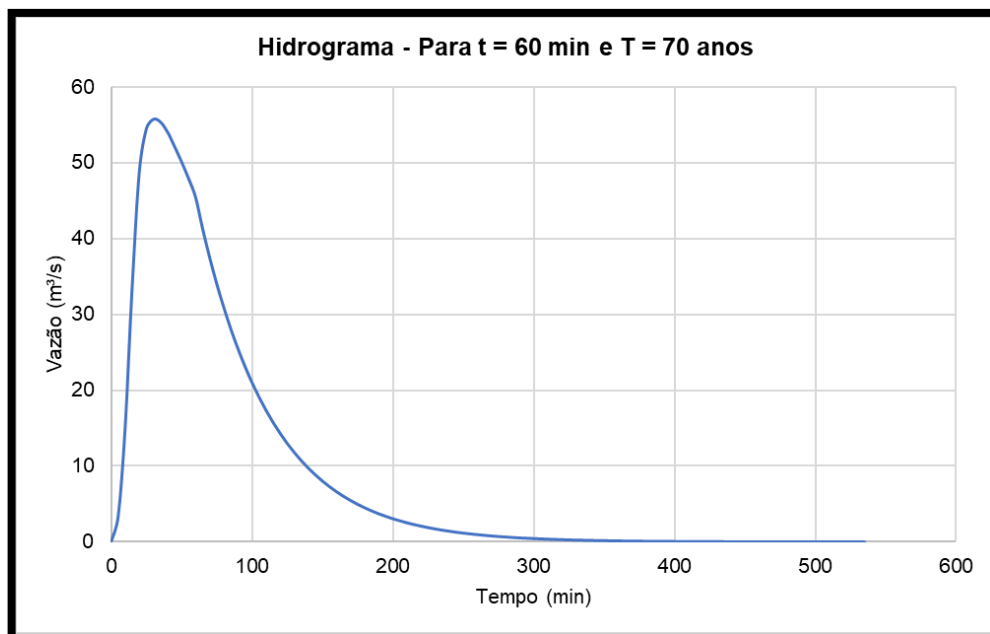


Gráfico 23 - Hidrograma para $t = 60$ min e $T = 70$ anos
Fonte: Autoria própria (2021).

Com vazão de pico de $55,74 m^3/s$.

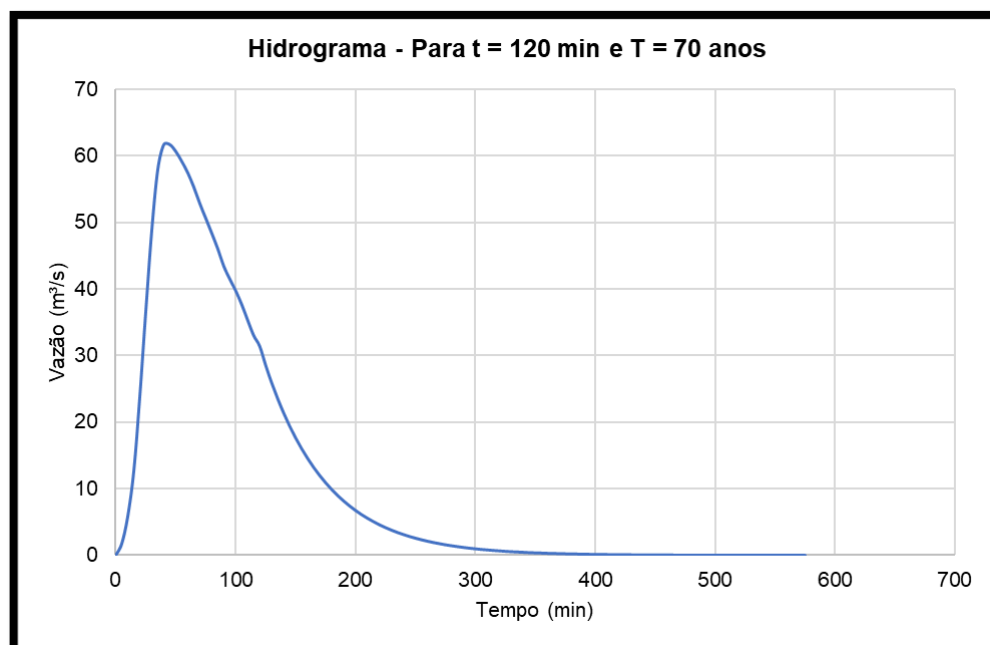


Gráfico 24 - Hidrograma para $t = 120$ min e $T = 70$ anos
Fonte: Autoria própria (2021).

Com vazão de pico de $61,70 m^3/s$.

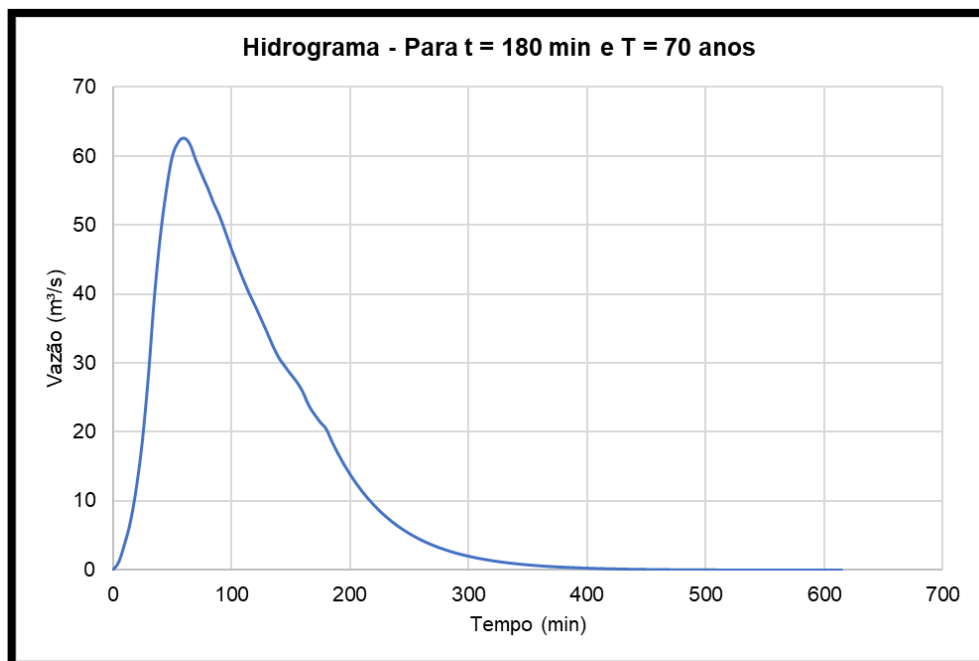


Gráfico 25 - Hidrograma para $t = 180$ min e $T = 70$ anos
Fonte: Autoria própria (2021).

Com vazão de pico de $62,64 \text{ m}^3/\text{s}$.

Nota-se que, para uma mesma duração, a vazão de pico aumenta conforme o período de retorno aumenta, e para um mesmo período de retorno, a vazão de pico aumenta conforme a duração da chuva aumenta.

5.9. DIMENSIONAMENTO DO CANAL

Os valores das vazões de duração de 60 minutos para os três períodos de retorno analisados foram descartados, pois, as precipitações que geraram eles estavam abaixo da média da série histórica. A vazão gerada com o valor de precipitação mais próximo da média histórica foi a de duração de 120 minutos para o período de retorno de 30 anos (Tabela 19). Porém, sabendo-se que, ao longo dos anos houveram chuvas maiores do que 100 mm, optou-se por dimensionar o canal para uma vazão gerada por uma precipitação maior do que 100 mm. Assim, tendo-se duas possibilidades: a vazão para uma chuva de duração de 180 minutos para o período de retorno de 50 anos e a vazão para uma chuva de duração de 180 minutos para o período de retorno de 70 anos, optando-se pela mais crítica entre elas (Tabelas 19 e 20).

Tabela 19 - Análise das Precipitações

Análise das Precipitações			
Duração/Período de Retorno	30	50	70
60	65,37	72,26	77,2
120	82,2	90,87	97,08
180	92,56	102,32	109,3

Fonte: Autoria própria (2021).

Em que os dados em vermelho foram os descartados por estarem abaixo da média (78,2 mm), os dados em preto podendo ou não ser utilizados (a critério do projetista) e os dados em verde apresentando o cenário mais próximo da média, seguido dos mais críticos.

Tabela 20 - Análise das Vazões

Análise das Vazões			
Duração/Período de Retorno	30	50	70
60	44,44	50,96	55,74
120	49,29	56,46	61,7
180	50,13	57,37	62,64

Fonte: Autoria própria (2021).

Em que a coloração dos dados segue a mesma lógica da Tabela 19.

Com os seguintes dados em mãos:

- Vazão de projeto: 62,64 m³/s;
- Material de revestimento: alvenaria de pedra argamassada (com rugosidade igual a 0,025;
- Declividade: 0,0082 m/m;
- Forma geométrica: retangular;
- Z = 0;
- Razão de aspecto (m) = 2;

pode-se iniciar o dimensionamento (Tabela 21).

Tabela 21 - Dimensionamento do Canal

Dimensionamento								
n	Q (m ³ /s)	I (m/m)	M	K	y0 (m)	m	b (m)	y (m)
0,029	62,64	0,0082	3,08	1,091	2,82	2	5,64	3,39

Fonte: Autoria própria (2021).

Em que foi acrescentado a “n” 15% da rugosidade, visando a segurança e 20% de y_0 a y , em que esses 20% correspondem à borda livre do canal, que também visa a segurança. Para fins construtivos, adotou-se a largura como 5,70 m e a profundidade igual a 3,40 m. Verificando, em seguida, se as dimensões atendem aos limites máximo e mínimo para a velocidade (Tabela 22).

Tabela 22 - Verificação das Velocidades

Verificação			
A (m ²)	V (m/s)	V _{máx}	V _{mín}
19,38	3,23	OK	OK

Fonte: Autoria própria (2021).

A velocidade máxima admitida é de 4 m/s, enquanto que a mínima sendo igual a 0,6 m/s. Além disso, a profundidade máxima para canais urbanos não deve ultrapassar 4 m. Portanto, as dimensões para a largura de fundo e profundidade obtidas são aceitas. Com as novas medidas aceitas, a altura da lâmina de água fica de 2,71 m e a borda livre com 69 cm (Figura 13).

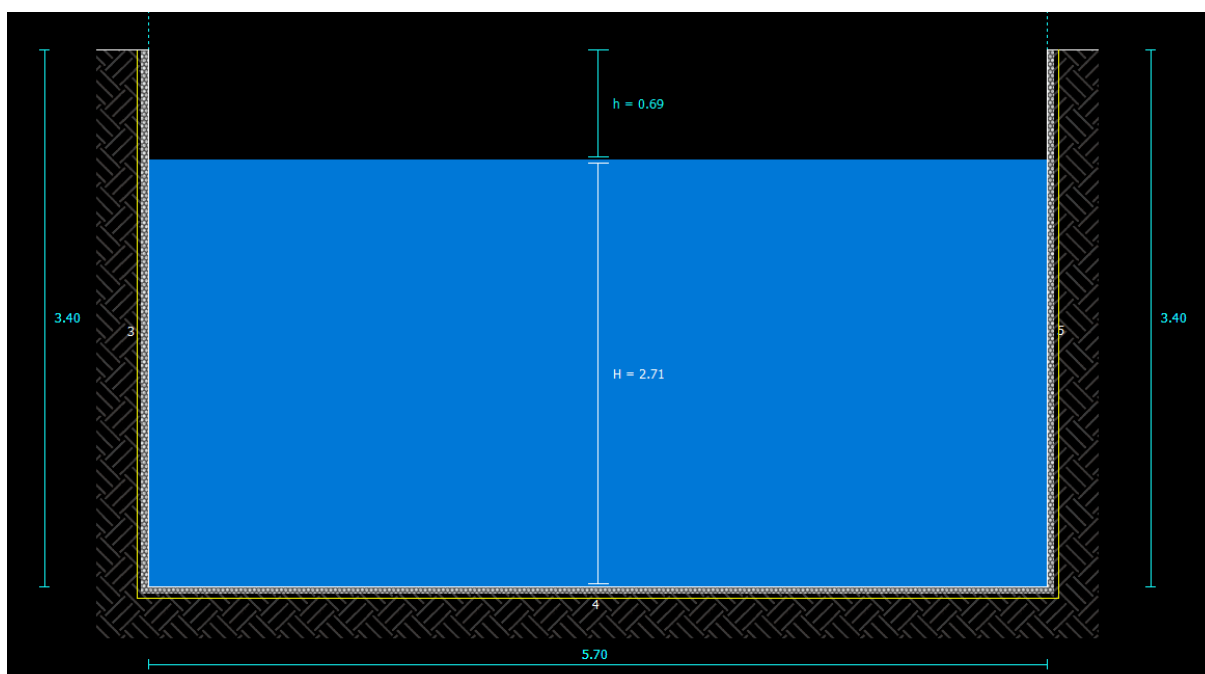


Figura 13 - Seção Transversal do Canal

Fonte: Autoria própria (2021).

Ressalta-se que, o dimensionamento foi realizado para o ponto mais crítico da bacia, o que não significa que toda a extensão do canal terá essas dimensões.

Também não significa que neste trecho o canal possuirá única e exclusivamente esta seção. Podem existir diversas outras configurações que atendam às exigências pré-estabelecidas. Esta é apenas a seção que atende à condição de mínimo perímetro molhado, visando a diminuição do custo com revestimento.

6. CONSIDERAÇÕES FINAIS

A bacia em estudo apresentou uma área considerável de contribuição para a seção de controle, porém, com a maior parte do solo sendo permeável. A fração impermeável, composta pelas residências, comércios, indústrias e pavimentação apresentou ser menos que a metade da área total da bacia.

Isto tem impacto direto sobre o comportamento do escoamento superficial e as vazões geradas, pois, existe uma grande área que tornará possível a infiltração da precipitação antes que esta gere o escoamento superficial.

Existe um longo processo para se obter a equação da chuva de uma determinada região com base nos dados de pluviômetros. O método da Distribuição de Gumbel traz resultados satisfatórios, o que não significa que seja 100% eficaz, uma vez que os dados dos pluviômetros são de responsabilidade de um observador que está passível a erros. Por isso, é importante o investimento em pluviógrafos, que traz dados iniciais mais precisos. A equação da chuva é satisfatória e representa a realidade local. Isso se confirmou com a estatística do teste qui-quadrado, que apresentou ótimos resultados. Com isso, pode-se fazer uso das relações IDF estabelecidas para a cidade.

Assim como para a equação da chuva, o processo para se obter a vazão do escoamento superficial é longo. A distribuição temporal da chuva pelo método de Huff apresentou-se coerente e seus resultados para o primeiro quartil são satisfatórios, pois representam bem as chuvas da região, que possuem a maior intensidade em seu início, como as chuvas de verão. O estudo feito com o segundo quartil teve o intuito apenas de comparação, pois, o próprio método não recomenda a utilização deste quartil para chuvas de durações menores do que 6h.

Pode-se verificar que o método Santa Bárbara é simples de ser aplicado. Ele considera o começo da precipitação gerando uma vazão nula, que vai aumentando até chegar em seu valor de pico, para então começar a diminuir até a vazão chegar em zero novamente. O método considera o momento em que a chuva para, mas reconhece que a vazão de escoamento permanece diminuindo, até chegar em zero.

Ele também considera o efeito do armazenamento. Esse feito representa que, parte da precipitação efetiva fica, temporariamente, retida na bacia. Ou seja, chegará no exutório com atraso. Apesar da bacia ter apresentado grande área permeável, as vazões de pico foram altas. Isso se deu, provavelmente, porque a área da bacia é bem extensa, coletando grandes volumes de água e quanto maior a área da bacia, maior será o pico do hidrograma, e o CN médio da bacia demonstrou também que a mesma possui alto potencial em gerar vazão de escoamento superficial.

Assim como em diversos outros tipos de dimensionamentos nas áreas da engenharia, o dimensionamento hidráulico de canais tem considerações iniciais em condições “perfeitas”, que não representam a realidade, mas que tem servido e são usadas no mundo todo, tornando os cálculos bem simples de se realizarem. O dimensionamento pelo mínimo perímetro molhado conduziu a uma profundidade com dimensão considerável para a realidade local, que possui seus canais com profundidade média de 1,5 m.

É necessária a realização de mais estudos na bacia de contribuição, como análises em demais trechos do talvegue principal, para definir a vazão e a dimensão da seção de cada trecho, conduzindo a menores gastos, pois, a vazão nos trechos mais altos da bacia será menor do que a vazão da seção de controle.

Ao longo deste trabalho, percebeu-se a escassez de normas técnicas e planos diretores que envolvem a drenagem urbana. É de suma importância que os órgãos técnicos e de gestão criem normas a serem seguidas, visando a diminuição do impacto causado pela urbanização e principalmente com medidas que não sejam estruturais, pois são as menos onerosas. Por exemplo, indicar que as calçadas sejam feitas com materiais permeáveis e não permitir que áreas de inundação sejam povoadas, pois, se um bairro começa a ser desenvolvido próximo ao leito de inundação de um curso d'água, a gestão pública terá que tomar as devidas medidas para proteger àquela população.

Por fim, com o exposto neste trabalho, foi possível analisar o passo a passo de um estudo hidrológico e hidráulico para a realização de obras de engenharia que necessitam deste tipo de estudo, como o caso da construção de canais.

REFERÊNCIAS

ABREU, F. G.; ANGELINI SOBRINHA, L.; BRANDÃO, J. L. B. **Análise da distribuição temporal das chuvas em eventos hidrológicos extremos**. Artigo Técnico. Engenharia Sanitária e Ambiental, v. 22, n. 2, mar./abr. 2017.

AESA. **Bacias Hidrográficas do Estado da Paraíba**. GEO PORTAL – MAPAS. Disponível em: < <http://geoserver.aesa.pb.gov.br/geoprocessamento/geoportal/mapas.html> > Acesso em 21/04/2020.

AESA. **Geomorfologia do Estado da Paraíba**. GEO PORTAL – MAPAS. Disponível em: < <http://geoserver.aesa.pb.gov.br/geoprocessamento/geoportal/mapas.html> > Acesso em 21/04/2020.

AESA. **Meteorologia - Chuvas**. Disponível em: < <http://www.aesa.pb.gov.br/aesa-website/meteorologia-chuvas/> > Acesso em 13/08/2020.

BECKER, C. T.; MELO, M. M. M. S.; COSTA, M. N. M. **Desempenho temporal de séries pluviométricas no estado da Paraíba**: uma análise comparativa. Revista Água no Semiárido Brasileiro. Editora Realize. out. 2013.

BEZERRA, A. M.; QUEIROZ NETO, M. L.; FLORÊNCIO, F. D. C.; OLIVEIRA, A. S.; SOUZA JUNIOR, P. L. **Drenagem Urbana de Águas Pluviais**: Cenário Atual do Sistema da Cidade de Assú/RN. VII Congresso Brasileiro de Gestão Ambiental. Campina Grande. nov. 2016.

CETESB. **Drenagem urbana: manual de projeto**. Companhia de Tecnologia de Saneamento Ambiental. 1. ed. São Paulo. 1986.

CORDERO, A. **Apostila de Hidrologia**. Universidade Regional de Blumenau. Centro de Ciências Tecnológicas. Departamento de Engenharia Civil. Blumenau/SC, 2013.

CPRM. **Projeto Cadastro de Fontes de Abastecimento por Água Subterrânea: Diagnóstico do Município de Pombal**. Ministério de Minas e Energia. Secretaria de Geologia, Mineração e Transformação Mineral. Serviço Geológico do Brasil. Programa de Desenvolvimento Energético dos Estados e Municípios. Recife, out. 2005.

FUNCEME. **Brunos Não Cálcidos**. Fundação Cearense de Meteorologia e Recursos Hídricos. Disponível em: < <http://msg.funceme.br:8082/funceme/categoria1/meio-ambiente-1/solos-1/brunos-nao-calcicos> > Acesso em: 21/04/2020.

FUNCEME. **Brunos Não Cálcidos**. Fundação Cearense de Meteorologia e Recursos Hídricos. Disponível em: < <http://www.funceme.br/?p=1012#:~:text=S%C3%A3o%20solos%20moderadamente%20profundos%20a,textural%20de%201%C5%20a> > Acesso em: 15/08/2020.

GOMES, O. S. **Drenagem Urbana**. Grupo HCT. Rio de Janeiro. 2017.

GUEDES, H. A. S. **Condutos Livres em Regime Uniforme (Canais)**. Curso de Engenharia Civil da Universidade Federal de Pelotas. Pelotas, Rio Grande do Sul. dez. 2018.

HIDROWEB. **Séries Históricas de Estações**. Sistema Nacional de Informação de Recursos Hídricos. Agência Nacional de Águas. Disponível em: < <https://www.snirh.gov.br/hidroweb/serieshistoricas> > Acesso em: 09/10/2020.

HUFF, F. A. **Time Distribution of Rainfall in Heavy Storms**. Water Resources Research. v. 3. n. 4. p. 1007-1019. 1967.

IBGE. **Cidades e Estados**. Instituto Brasileiro de Geografia e Estatística. Disponível em: < <https://www.ibge.gov.br/cidades-e-estados/pb/pombal.html> > Acesso em: 21/04/2020.

JABÔR, M. A. **Drenagem de Rodovias: Estudos Hidrológicos e Projetos de Drenagem**. 2013.

LEAL, D. A.; MARTINS, L. C.; MATIAS, F. J. N.; MENDES, L. S.; CARVALHO, H. P. **DETERMINAÇÃO DA PRECIPITAÇÃO EFETIVA EM UMA BACIA HIDROGRÁFICA EXPERIMENTAL**. VIII Congresso Brasileiro de Gestão Ambiental. Campo Grande. nov. 2017.

MIRANDA, H. K. **Aula 2 – Definição de Micro e Macrodrenagem Urbana**: notas de aula de Engenharia Civil. Centro Universitário Luterano de Palmas. dez, 2010.

MONTES, R. M.; LEITE, J. F. **A Drenagem Urbana de Águas Pluviais e seus Impactos**: cenário atual da Bacia do Córrego Vaca-Brava Goiânia-GO. Trabalho de Conclusão de Curso. Curso de Engenharia Ambiental, Departamento de Engenharia Ambiental, Universidade Católica de Goiás. Goiânia, 2008.

MORAES, P. R. **Geografia Geral e do Brasil**. 3. ed. São Paulo: HARBRA, 2005.

ONEGEOLOGY. **Mapa Geológico do Mundo**. Disponível em: < <http://portal.onegeology.org/OnegeologyGlobal/> > Acesso em: 21/04/2020.

PEREIRA, F. M.; DUARTE, J. V. N.; DIAS, J. S.; ARAÚJO FILHO, G. C. **Climatologia Pluviométrica para o município de Pombal-PB**. II Workshop Internacional sobre Água no Semiárido Brasileiro. Revista Água no Semiárido Brasileiro. Editora Realize. out. 2015.

PINHEIRO, C. B.; SANTOS, R. E. **Trajetória da drenagem urbana no Brasil: uma perspectiva a partir da análise de políticas públicas recentes de Belo Horizonte**. Anais XVIII ENANPUR 2019, Natal, mai. 2019.

PINHO, P. A. B.; ZAMPIERI, J. N. F. **GESTÃO DE ÁGUAS PLUVIAIS**: um diagnóstico dos dispositivos de microdrenagem da Avenida Ministro João Alberto na cidade de Aragarças – GO. Revista Interfaces do Conhecimento. v. 1, n. 2, p. 111 -125, Barra do Graças – MT. out/jan, 2019.

PONCE, V. M.; HAWKINS, R. H. **Runoff curve number: Has it reached maturity?** Journal of Hydrologic Engineering, s. 1, p. 11-19. jan. 1996.

PORTO, R. L.; ZAHED FILHO, K.; SILVA, R. M. **Bacias Hidrográficas**. Escola Politécnica da USP. Departamento de Engenharia Hidráulica e Sanitária. PHD 307 – Hidrologia Aplicada. São Paulo 1999.

PORTO, R. M. **HIDRÁULICA BÁSICA**. Departamento de Hidráulica e Saneamento. Escola de Engenharia de São Carlos. Universidade de São Paulo. 4 ed. Cap. 7, 8, 9. São Carlos. 2006.

RAMALHO, R. R. C. **Conflitos pelo uso de água no baixo curso do rio Paraíba, no trecho desde a jusante da barragem de Acauã até a montante da barragem da CAGEPA em Itabaiana**: uma análise à luz do instrumento outorga. Trabalho de Conclusão de Curso. Curso de Geografia. Universidade Federal da Paraíba. João Pessoa, 2018.

SANTOS, F. M.; LOLLO, J. A. **Cartografia digital para estimativa de escoamento superficial visando ao planejamento urbano**. Artigo Técnico. Engenharia Sanitária e Ambiental. v. 21. n. 4. out/dez. 2016.

SEIXAS, W. N. **O Velho Arraial de Piranhas (Pombal) no Centenário de sua Evolução a Cidade, 1962**. Edição ampliada e definitiva por Jerdivan Nóbrega e Werneck Abrantes. Editora Grafset, João Pessoa – PB, 2004.

SILVA, J. A. L. **TECNOLOGIAS ALTERNATIVAS EM DRENAGEM URBANA PARA OS PONTOS CRÍTICOS DE ALAGAMENTO DO MUNICÍPIO DE GOIÂNIA/GO**. Trabalho de Conclusão de Curso, título de especialista em Gestão Pública com ênfase em governo local. Brasília. ago, 2018.

SILVA, J. B. *et al.* A urbanização no mundo contemporâneo e os problemas ambientais. **Caderno de Graduação - Ciências Humanas e Sociais Unit**, Aracaju, v. 2, n. 2, p. 197-207, out. 2014.

SILVEIRA, A. L. L. **Desempenho de Fórmulas de Tempo de Concentração em Bacias Urbanas e Rurais**. Revista Brasileira de Recursos Hídricos. vol. 10. n. 1. jan/mar. 2005.

SILVEIRA, A. L. L. **EQUAÇÃO PARA OS COEFICIENTES DE DESAGREGAÇÃO DE CHUVA**. Revista Brasileira de Recursos Hídricos. vol. 5. n. 4. Rio Grande do Sul. out./dez. 2000.

STUBCHAER, J. M. **THE SANTA BARBARA URBAN HYDROGRAPH METHOD**. National Symposium on Urban Hydrology and Sediment Control. University of Kentucky. Lexington. jul. 1975.

SUDERSHA. **Manual de Drenagem Urbana: Região Metropolitana de Curitiba-PR**. Versão 1.0, dez, 2002.

TOMAZ, P. **Cálculos hidrológicos e hidráulicos para obras municipais**. cap. 1 mai. 2002.

TOMAZ, P. **Curso de Manejo de Águas Pluviais. Distribuição de Gumbel e Log-Pearson Tipo III**. cap. 151. jun. 2016.

TOMAZ, P. **Método Santa Bárbara**. Curso de Manejo de Águas Pluviais. cap. 24. nov. 2012.

TUCCI, C. E. M. **ÁGUA NO MEIO URBANO**. Instituto de Pesquisas Hidráulicas, Universidade Federal do Rio Grande do Sul. Cap.14, dez, 1997.

TUCCI, C. E. M. **Gestão de Águas Pluviais Urbanas**. Ministério das Cidades – Global Water Partnership – World Bank – UNESCO 2005.

VAZ, V. B. **Drenagem urbana**. Comitê de Gerenciamento da Bacia Hidrográfica do Rio Pardo - Comitê Pardo. Boletim Informativo N.º 05/ Ano VI, mai. 2004.

APÊNDICE A – MEMÓRIA DE CÁLCULO DA DISTRIBUIÇÃO DE GUMBEL

Tabela 23 - Distribuição de Gumbel

H (mm)	m (ordem)	F	T	yobs	yteo	Hteo	chi ² cal
223	1	0,0108	93,0000	4,5272	7,3617	162,5021	22,5228
138,4	2	0,0215	46,5000	3,8286	3,3980	147,5915	0,5724
123	3	0,0323	31,0000	3,4176	2,6764	138,8200	1,8029
120,4	4	0,0430	23,2500	3,1244	2,5546	132,5613	1,1157
118,4	5	0,0538	18,6000	2,8957	2,4609	127,6790	0,6743
113	6	0,0645	15,5000	2,7077	2,2079	123,6669	0,9201
112	7	0,0753	13,2857	2,5478	2,1611	120,2549	0,5667
110	8	0,0860	11,6250	2,4085	2,0674	117,2817	0,4521
109,4	9	0,0968	10,3333	2,2849	2,0392	114,6435	0,2398
109	10	0,1075	9,3000	2,1737	2,0205	112,2693	0,0952
108,5	11	0,1183	8,4545	2,0724	1,9971	110,1082	0,0235
107,3	12	0,1290	7,7500	1,9794	1,9409	108,1230	0,0063
106,6	13	0,1398	7,1538	1,8933	1,9081	106,2852	0,0009
105,1	14	0,1505	6,6429	1,8131	1,8378	104,5728	0,0027
105	15	0,1613	6,2000	1,7379	1,8331	102,9681	0,0401
104	16	0,1720	5,8125	1,6671	1,7862	101,4571	0,0637
102,4	17	0,1828	5,4706	1,6002	1,7113	100,0282	0,0562
102	18	0,1935	5,1667	1,5366	1,6925	98,6717	0,1123
100,8	19	0,2043	4,8947	1,4761	1,6363	97,3798	0,1201
100,2	20	0,2151	4,6500	1,4182	1,6082	96,1455	0,1710
100,2	21	0,2258	4,4286	1,3628	1,6082	94,9630	0,2888
100	22	0,2366	4,2273	1,3096	1,5988	93,8274	0,4061
99,6	23	0,2473	4,0435	1,2584	1,5801	92,7343	0,5083
98,4	24	0,2581	3,8750	1,2090	1,5239	91,6798	0,4926
96,8	25	0,2688	3,7200	1,1613	1,4489	90,6606	0,4158
95,4	26	0,2796	3,5769	1,1150	1,3833	89,6738	0,3656
94,6	27	0,2903	3,4444	1,0702	1,3458	88,7168	0,3901
86,6	28	0,3011	3,3214	1,0266	0,9710	87,7871	0,0161
86,5	29	0,3118	3,2069	0,9843	0,9663	86,8828	0,0017
86,3	30	0,3226	3,1000	0,9430	0,9570	86,0018	0,0010
86	31	0,3333	3,0000	0,9027	0,9429	85,1424	0,0086
85,3	32	0,3441	2,9063	0,8634	0,9101	84,3032	0,0118
85	33	0,3548	2,8182	0,8250	0,8960	83,4826	0,0276
84	34	0,3656	2,7353	0,7873	0,8492	82,6794	0,0211
82,7	35	0,3763	2,6571	0,7504	0,7883	81,8923	0,0080
81,6	36	0,3871	2,5833	0,7143	0,7367	81,1203	0,0028
79,4	37	0,3978	2,5135	0,6788	0,6337	80,3622	0,0115
78,3	38	0,4086	2,4474	0,6438	0,5821	79,6172	0,0218
76	39	0,4194	2,3846	0,6095	0,4744	78,8843	0,1055
76	40	0,4301	2,3250	0,5757	0,4744	78,1628	0,0598
74,8	41	0,4409	2,2683	0,5424	0,4182	77,4517	0,0908
74,1	42	0,4516	2,2143	0,5095	0,3854	76,7505	0,0915
74,1	43	0,4624	2,1628	0,4771	0,3854	76,0583	0,0504
74	44	0,4731	2,1136	0,4451	0,3807	75,3745	0,0251
74	45	0,4839	2,0667	0,4134	0,3807	74,6985	0,0065
72,6	46	0,4946	2,0217	0,3821	0,3151	74,0297	0,0276

70,6	47	0,5054	1,9787	0,3510	0,2214	73,3675	0,1044
70,6	48	0,5161	1,9375	0,3203	0,2214	72,7113	0,0613
70,3	49	0,5269	1,8980	0,2898	0,2073	72,0606	0,0430
70,2	50	0,5376	1,8600	0,2595	0,2026	71,4148	0,0207
70,2	51	0,5484	1,8235	0,2295	0,2026	70,7735	0,0046
70	52	0,5591	1,7885	0,1996	0,1933	70,1361	0,0003
69,7	53	0,5699	1,7547	0,1699	0,1792	69,5021	0,0006
69,1	54	0,5806	1,7222	0,1404	0,1511	68,8711	0,0008
69	55	0,5914	1,6909	0,1109	0,1464	68,2425	0,0084
66,5	56	0,6022	1,6607	0,0816	0,0293	67,6158	0,0184
66,3	57	0,6129	1,6316	0,0523	0,0199	66,9905	0,0071
66,3	58	0,6237	1,6034	0,0230	0,0199	66,3662	0,0001
66,2	59	0,6344	1,5763	-0,0062	0,0152	65,7423	0,0032
65	60	0,6452	1,5500	-0,0355	-0,0410	65,1183	0,0002
64,5	61	0,6559	1,5246	-0,0647	-0,0644	64,4937	0,0000
63,7	62	0,6667	1,5000	-0,0940	-0,1019	63,8678	0,0004
63,3	63	0,6774	1,4762	-0,1235	-0,1206	63,2400	0,0001
63	64	0,6882	1,4531	-0,1530	-0,1347	62,6099	0,0024
62,4	65	0,6989	1,4308	-0,1827	-0,1628	61,9767	0,0029
62	66	0,7097	1,4091	-0,2125	-0,1816	61,3396	0,0071
61,3	67	0,7204	1,3881	-0,2426	-0,2144	60,6980	0,0060
61,3	68	0,7312	1,3676	-0,2729	-0,2144	60,0511	0,0260
59,6	69	0,7419	1,3478	-0,3035	-0,2940	59,3980	0,0007
59,2	70	0,7527	1,3286	-0,3344	-0,3127	58,7377	0,0036
59	71	0,7634	1,3099	-0,3657	-0,3221	58,0692	0,0149
58,5	72	0,7742	1,2917	-0,3975	-0,3455	57,3913	0,0214
58,3	73	0,7849	1,2740	-0,4297	-0,3549	56,7027	0,0450
57	74	0,7957	1,2568	-0,4626	-0,4158	56,0020	0,0178
54,8	75	0,8065	1,2400	-0,4961	-0,5189	55,2875	0,0043
54	76	0,8172	1,2237	-0,5303	-0,5564	54,5572	0,0057
52,6	77	0,8280	1,2078	-0,5653	-0,6220	53,8091	0,0272
52,3	78	0,8387	1,1923	-0,6013	-0,6360	53,0404	0,0103
52	79	0,8495	1,1772	-0,6384	-0,6501	52,2482	0,0012
51,2	80	0,8602	1,1625	-0,6768	-0,6876	51,4288	0,0010
51	81	0,8710	1,1481	-0,7167	-0,6969	50,5778	0,0035
49,9	82	0,8817	1,1341	-0,7583	-0,7485	49,6896	0,0009
49,8	83	0,8925	1,1205	-0,8020	-0,7532	48,7573	0,0223
49,8	84	0,9032	1,1071	-0,8482	-0,7532	47,7720	0,0861
49,7	85	0,9140	1,0941	-0,8974	-0,7578	46,7218	0,1898
47,1	86	0,9247	1,0814	-0,9504	-0,8797	45,5905	0,0500
45	87	0,9355	1,0690	-1,0083	-0,9780	44,3550	0,0094
45	88	0,9462	1,0568	-1,0727	-0,9780	42,9805	0,0949
40,5	89	0,9570	1,0449	-1,1462	-1,1889	41,4104	0,0200
40	90	0,9677	1,0333	-1,2337	-1,2123	39,5429	0,0053
40	91	0,9785	1,0220	-1,3453	-1,2123	37,1608	0,2169
35,2	92	0,9892	1,0109	-1,5113	-1,4372	33,6185	0,0744

Fonte: Autoria própria (2020).

**APÊNDICE B – MEMÓRIA DE CÁLCULO DA DISTRIBUIÇÃO TEMPORAL DA
CHUVA PELO MÉTODO DE HUFF**

Tabela 24 - Huff para as Durações de 1, 2 e 3h e T = 30 anos

t (min)	60,00	Δt (min)	5,00	T (anos)	30,00	Pt (mm)	65,37
t (min)	120,00	Δt (min)	5,00	T (anos)	30,00	Pt (mm)	82,20
t (min)	180,00	Δt (min)	5,00	T (anos)	30,00	Pt (mm)	92,56
1h							
t (min)	%t	1º Q - 50%		2º Q - 50%		P (mm)	
		%P	DP	%P	DP	1º Q	2º Q
5,00	8,33	12,20	0,122	3,10	0,031	7,97	2,03
10,00	16,67	38,10	0,259	8,70	0,056	16,93	3,66
15,00	25,00	62,00	0,239	20,00	0,113	15,62	7,39
20,00	33,33	74,50	0,125	38,10	0,181	8,17	11,83
25,00	41,67	80,70	0,062	55,90	0,178	4,05	11,64
30,00	50,00	85,60	0,049	72,80	0,169	3,20	11,05
35,00	58,33	89,00	0,034	83,70	0,109	2,22	7,13
40,00	66,67	92,10	0,031	90,20	0,065	2,03	4,25
45,00	75,00	94,20	0,021	94,00	0,038	1,37	2,48
50,00	83,33	96,80	0,026	96,10	0,021	1,70	1,37
55,00	91,67	98,20	0,014	98,10	0,020	0,92	1,31
60,00	100,00	100,00	0,018	100,00	0,019	1,18	1,24
2h							
t (min)	%t	1º Q - 50%		2º Q - 50%		P (mm)	
		%P	DP	%P	DP	1º Q	2º Q
5,00	4,17	5,00	0,050	1,90	0,019	4,11	1,56
10,00	8,33	12,20	0,072	3,10	0,012	5,92	0,99
15,00	12,50	24,20	0,120	4,90	0,018	9,86	1,48
20,00	16,67	38,10	0,139	8,70	0,038	11,43	3,12
25,00	20,83	50,30	0,122	13,60	0,049	10,03	4,03
30,00	25,00	62,00	0,117	20,00	0,064	9,62	5,26
35,00	29,17	69,90	0,079	29,00	0,090	6,49	7,40
40,00	33,33	74,50	0,046	38,10	0,091	3,78	7,48
45,00	37,50	77,60	0,031	47,20	0,091	2,55	7,48
50,00	41,67	80,70	0,031	55,90	0,087	2,55	7,15
55,00	45,83	83,00	0,023	64,90	0,090	1,89	7,40
60,00	50,00	85,60	0,026	72,80	0,079	2,14	6,49
65,00	54,17	87,10	0,015	79,10	0,063	1,23	5,18
70,00	58,33	89,00	0,019	83,70	0,046	1,56	3,78
75,00	62,50	90,50	0,015	87,50	0,038	1,23	3,12
80,00	66,67	92,10	0,016	90,20	0,027	1,32	2,22
85,00	70,83	93,20	0,011	92,30	0,021	0,90	1,73
90,00	75,00	94,20	0,010	94,00	0,017	0,82	1,40
95,00	79,17	95,80	0,016	95,10	0,011	1,32	0,90
100,00	83,33	96,80	0,010	96,10	0,010	0,82	0,82

105,00	87,50	97,80	0,010	97,00	0,009	0,82	0,74
110,00	91,67	98,20	0,004	98,10	0,011	0,33	0,90
115,00	95,83	99,00	0,008	98,90	0,008	0,66	0,66
120,00	100,00	100,00	0,010	100,00	0,011	0,82	0,90
3h							
t (min)	%t	1º Q - 50%		2º Q - 50%		P (mm)	
		%P	DP	%P	DP	1º Q	2º Q
5,00	2,78	3,00	0,030	0,90	0,009	2,78	0,83
10,00	5,56	7,00	0,040	2,00	0,011	3,70	1,02
15,00	8,33	12,20	0,052	3,10	0,011	4,81	1,02
20,00	11,11	20,20	0,080	4,10	0,010	7,40	0,93
25,00	13,89	27,80	0,076	5,70	0,016	7,03	1,48
30,00	16,67	38,10	0,103	8,70	0,030	9,53	2,78
35,00	19,44	48,00	0,099	11,50	0,028	9,16	2,59
40,00	22,22	54,70	0,067	15,50	0,040	6,20	3,70
45,00	25,00	62,00	0,073	20,00	0,045	6,76	4,17
50,00	27,78	67,00	0,050	25,30	0,053	4,63	4,91
55,00	30,56	71,10	0,041	31,40	0,061	3,79	5,65
60,00	33,33	74,50	0,034	38,10	0,067	3,15	6,20
65,00	36,11	76,80	0,023	44,20	0,061	2,13	5,65
70,00	38,89	78,40	0,016	49,80	0,056	1,48	5,18
75,00	41,67	80,70	0,023	55,90	0,061	2,13	5,65
80,00	44,44	82,20	0,015	62,00	0,061	1,39	5,65
85,00	47,22	84,00	0,018	67,60	0,056	1,67	5,18
90,00	50,00	85,60	0,016	72,80	0,052	1,48	4,81
95,00	52,78	86,70	0,011	77,00	0,042	1,02	3,89
100,00	55,56	87,90	0,012	80,90	0,039	1,11	3,61
105,00	58,33	89,00	0,011	83,70	0,028	1,02	2,59
110,00	61,11	90,00	0,010	86,20	0,025	0,93	2,31
115,00	63,89	91,10	0,011	88,50	0,023	1,02	2,13
120,00	66,67	92,10	0,010	90,20	0,017	0,93	1,57
125,00	69,44	92,90	0,008	91,90	0,017	0,74	1,57
130,00	72,22	93,70	0,008	93,10	0,012	0,74	1,11
135,00	75,00	94,20	0,005	94,00	0,009	0,46	0,83
140,00	77,78	95,10	0,009	95,00	0,010	0,83	0,93
145,00	80,56	96,00	0,009	95,60	0,006	0,83	0,56
150,00	83,33	96,80	0,008	96,10	0,005	0,74	0,46
155,00	86,11	97,70	0,009	97,00	0,009	0,83	0,83
160,00	88,89	98,00	0,003	97,20	0,002	0,28	0,19
165,00	91,67	98,20	0,002	98,10	0,009	0,19	0,83
170,00	94,44	98,90	0,007	98,20	0,001	0,65	0,09
175,00	97,22	99,20	0,003	99,00	0,008	0,28	0,74
180,00	100,00	100,00	0,008	100,00	0,010	0,74	0,93

Fonte: Autoria própria (2021).

Tabela 25 - Huff para as Durações de 1, 2 e 3h e T = 50 anos

t (min)	60,00	Δt (min)	5,00	T (anos)	50,00	Pt (mm)	72,26
t (min)	120,00	Δt (min)	5,00	T (anos)	50,00	Pt (mm)	90,87
t (min)	180,00	Δt (min)	5,00	T (anos)	50,00	Pt (mm)	102,32
1h							
t (min)	%t	1º Q - 50%		2º Q - 50%		P (mm)	
		%P	DP	%P	DP	1º Q	2º Q
5,00	8,33	12,20	0,122	3,10	0,031	8,82	2,24
10,00	16,67	38,10	0,259	8,70	0,056	18,72	4,05
15,00	25,00	62,00	0,239	20,00	0,113	17,27	8,17
20,00	33,33	74,50	0,125	38,10	0,181	9,03	13,08
25,00	41,67	80,70	0,062	55,90	0,178	4,48	12,86
30,00	50,00	85,60	0,049	72,80	0,169	3,54	12,21
35,00	58,33	89,00	0,034	83,70	0,109	2,46	7,88
40,00	66,67	92,10	0,031	90,20	0,065	2,24	4,70
45,00	75,00	94,20	0,021	94,00	0,038	1,52	2,75
50,00	83,33	96,80	0,026	96,10	0,021	1,88	1,52
55,00	91,67	98,20	0,014	98,10	0,020	1,01	1,45
60,00	100,00	100,00	0,018	100,00	0,019	1,30	1,37
2h							
t (min)	%t	1º Q - 50%		2º Q - 50%		P (mm)	
		%P	DP	%P	DP	1º Q	2º Q
5,00	4,17	5,00	0,050	1,90	0,019	4,54	1,73
10,00	8,33	12,20	0,072	3,10	0,012	6,54	1,09
15,00	12,50	24,20	0,120	4,90	0,018	10,90	1,64
20,00	16,67	38,10	0,139	8,70	0,038	12,63	3,45
25,00	20,83	50,30	0,122	13,60	0,049	11,09	4,45
30,00	25,00	62,00	0,117	20,00	0,064	10,63	5,82
35,00	29,17	69,90	0,079	29,00	0,090	7,18	8,18
40,00	33,33	74,50	0,046	38,10	0,091	4,18	8,27
45,00	37,50	77,60	0,031	47,20	0,091	2,82	8,27
50,00	41,67	80,70	0,031	55,90	0,087	2,82	7,91
55,00	45,83	83,00	0,023	64,90	0,090	2,09	8,18
60,00	50,00	85,60	0,026	72,80	0,079	2,36	7,18
65,00	54,17	87,10	0,015	79,10	0,063	1,36	5,73
70,00	58,33	89,00	0,019	83,70	0,046	1,73	4,18
75,00	62,50	90,50	0,015	87,50	0,038	1,36	3,45
80,00	66,67	92,10	0,016	90,20	0,027	1,45	2,45
85,00	70,83	93,20	0,011	92,30	0,021	1,00	1,91
90,00	75,00	94,20	0,010	94,00	0,017	0,91	1,54
95,00	79,17	95,80	0,016	95,10	0,011	1,45	1,00
100,00	83,33	96,80	0,010	96,10	0,010	0,91	0,91
105,00	87,50	97,80	0,010	97,00	0,009	0,91	0,82
110,00	91,67	98,20	0,004	98,10	0,011	0,36	1,00

115,00	95,83	99,00	0,008	98,90	0,008	0,73	0,73
120,00	100,00	100,00	0,010	100,00	0,011	0,91	1,00
3h							
t (min)	%t	1º Q - 50%		2º Q - 50%		P (mm)	
		%P	DP	%P	DP	1º Q	2º Q
5,00	2,78	3,00	0,030	0,90	0,009	3,07	0,92
10,00	5,56	7,00	0,040	2,00	0,011	4,09	1,13
15,00	8,33	12,20	0,052	3,10	0,011	5,32	1,13
20,00	11,11	20,20	0,080	4,10	0,010	8,19	1,02
25,00	13,89	27,80	0,076	5,70	0,016	7,78	1,64
30,00	16,67	38,10	0,103	8,70	0,030	10,54	3,07
35,00	19,44	48,00	0,099	11,50	0,028	10,13	2,86
40,00	22,22	54,70	0,067	15,50	0,040	6,86	4,09
45,00	25,00	62,00	0,073	20,00	0,045	7,47	4,60
50,00	27,78	67,00	0,050	25,30	0,053	5,12	5,42
55,00	30,56	71,10	0,041	31,40	0,061	4,20	6,24
60,00	33,33	74,50	0,034	38,10	0,067	3,48	6,86
65,00	36,11	76,80	0,023	44,20	0,061	2,35	6,24
70,00	38,89	78,40	0,016	49,80	0,056	1,64	5,73
75,00	41,67	80,70	0,023	55,90	0,061	2,35	6,24
80,00	44,44	82,20	0,015	62,00	0,061	1,53	6,24
85,00	47,22	84,00	0,018	67,60	0,056	1,84	5,73
90,00	50,00	85,60	0,016	72,80	0,052	1,64	5,32
95,00	52,78	86,70	0,011	77,00	0,042	1,13	4,30
100,00	55,56	87,90	0,012	80,90	0,039	1,23	3,99
105,00	58,33	89,00	0,011	83,70	0,028	1,13	2,86
110,00	61,11	90,00	0,010	86,20	0,025	1,02	2,56
115,00	63,89	91,10	0,011	88,50	0,023	1,13	2,35
120,00	66,67	92,10	0,010	90,20	0,017	1,02	1,74
125,00	69,44	92,90	0,008	91,90	0,017	0,82	1,74
130,00	72,22	93,70	0,008	93,10	0,012	0,82	1,23
135,00	75,00	94,20	0,005	94,00	0,009	0,51	0,92
140,00	77,78	95,10	0,009	95,00	0,010	0,92	1,02
145,00	80,56	96,00	0,009	95,60	0,006	0,92	0,61
150,00	83,33	96,80	0,008	96,10	0,005	0,82	0,51
155,00	86,11	97,70	0,009	97,00	0,009	0,92	0,92
160,00	88,89	98,00	0,003	97,20	0,002	0,31	0,20
165,00	91,67	98,20	0,002	98,10	0,009	0,20	0,92
170,00	94,44	98,90	0,007	98,20	0,001	0,72	0,10
175,00	97,22	99,20	0,003	99,00	0,008	0,31	0,82
180,00	100,00	100,00	0,008	100,00	0,010	0,82	1,02

Fonte: Autoria própria (2021).

Tabela 26 - Huff para as Durações de 1, 2 e 3h e T = 70 anos

t (min)	60,00	Δt (min)	5,00	T (anos)	70,00	Pt (mm)	77,20
t (min)	120,00	Δt (min)	5,00	T (anos)	70,00	Pt (mm)	97,08
t (min)	180,00	Δt (min)	5,00	T (anos)	70,00	Pt (mm)	109,31
1h							
t (min)	%t	1º Q - 50%		2º Q - 50%		P (mm)	
		%P	DP	%P	DP	1º Q	2º Q
5,00	8,33	12,20	0,122	3,10	0,031	9,42	2,39
10,00	16,67	38,10	0,259	8,70	0,056	19,99	4,32
15,00	25,00	62,00	0,239	20,00	0,113	18,45	8,72
20,00	33,33	74,50	0,125	38,10	0,181	9,65	13,97
25,00	41,67	80,70	0,062	55,90	0,178	4,79	13,74
30,00	50,00	85,60	0,049	72,80	0,169	3,78	13,05
35,00	58,33	89,00	0,034	83,70	0,109	2,62	8,41
40,00	66,67	92,10	0,031	90,20	0,065	2,39	5,02
45,00	75,00	94,20	0,021	94,00	0,038	1,62	2,93
50,00	83,33	96,80	0,026	96,10	0,021	2,01	1,62
55,00	91,67	98,20	0,014	98,10	0,020	1,08	1,54
60,00	100,00	100,00	0,018	100,00	0,019	1,39	1,47
2h							
t (min)	%t	1º Q - 50%		2º Q - 50%		P (mm)	
		%P	DP	%P	DP	1º Q	2º Q
5,00	4,17	5,00	0,050	1,90	0,019	4,85	1,84
10,00	8,33	12,20	0,072	3,10	0,012	6,99	1,16
15,00	12,50	24,20	0,120	4,90	0,018	11,65	1,75
20,00	16,67	38,10	0,139	8,70	0,038	13,49	3,69
25,00	20,83	50,30	0,122	13,60	0,049	11,84	4,76
30,00	25,00	62,00	0,117	20,00	0,064	11,36	6,21
35,00	29,17	69,90	0,079	29,00	0,090	7,67	8,74
40,00	33,33	74,50	0,046	38,10	0,091	4,47	8,83
45,00	37,50	77,60	0,031	47,20	0,091	3,01	8,83
50,00	41,67	80,70	0,031	55,90	0,087	3,01	8,45
55,00	45,83	83,00	0,023	64,90	0,090	2,23	8,74
60,00	50,00	85,60	0,026	72,80	0,079	2,52	7,67
65,00	54,17	87,10	0,015	79,10	0,063	1,46	6,12
70,00	58,33	89,00	0,019	83,70	0,046	1,84	4,47
75,00	62,50	90,50	0,015	87,50	0,038	1,46	3,69
80,00	66,67	92,10	0,016	90,20	0,027	1,55	2,62
85,00	70,83	93,20	0,011	92,30	0,021	1,07	2,04
90,00	75,00	94,20	0,010	94,00	0,017	0,97	1,65
95,00	79,17	95,80	0,016	95,10	0,011	1,55	1,07
100,00	83,33	96,80	0,010	96,10	0,010	0,97	0,97
105,00	87,50	97,80	0,010	97,00	0,009	0,97	0,87
110,00	91,67	98,20	0,004	98,10	0,011	0,39	1,07

115,00	95,83	99,00	0,008	98,90	0,008	0,78	0,78
120,00	100,00	100,00	0,010	100,00	0,011	0,97	1,07
3h							
t (min)	%t	1º Q - 50%		2º Q - 50%		P (mm)	
		%P	DP	%P	DP	1º Q	2º Q
5,00	2,78	3,00	0,030	0,90	0,009	3,28	0,98
10,00	5,56	7,00	0,040	2,00	0,011	4,37	1,20
15,00	8,33	12,20	0,052	3,10	0,011	5,68	1,20
20,00	11,11	20,20	0,080	4,10	0,010	8,74	1,09
25,00	13,89	27,80	0,076	5,70	0,016	8,31	1,75
30,00	16,67	38,10	0,103	8,70	0,030	11,26	3,28
35,00	19,44	48,00	0,099	11,50	0,028	10,82	3,06
40,00	22,22	54,70	0,067	15,50	0,040	7,32	4,37
45,00	25,00	62,00	0,073	20,00	0,045	7,98	4,92
50,00	27,78	67,00	0,050	25,30	0,053	5,47	5,79
55,00	30,56	71,10	0,041	31,40	0,061	4,48	6,67
60,00	33,33	74,50	0,034	38,10	0,067	3,72	7,32
65,00	36,11	76,80	0,023	44,20	0,061	2,51	6,67
70,00	38,89	78,40	0,016	49,80	0,056	1,75	6,12
75,00	41,67	80,70	0,023	55,90	0,061	2,51	6,67
80,00	44,44	82,20	0,015	62,00	0,061	1,64	6,67
85,00	47,22	84,00	0,018	67,60	0,056	1,97	6,12
90,00	50,00	85,60	0,016	72,80	0,052	1,75	5,68
95,00	52,78	86,70	0,011	77,00	0,042	1,20	4,59
100,00	55,56	87,90	0,012	80,90	0,039	1,31	4,26
105,00	58,33	89,00	0,011	83,70	0,028	1,20	3,06
110,00	61,11	90,00	0,010	86,20	0,025	1,09	2,73
115,00	63,89	91,10	0,011	88,50	0,023	1,20	2,51
120,00	66,67	92,10	0,010	90,20	0,017	1,09	1,86
125,00	69,44	92,90	0,008	91,90	0,017	0,87	1,86
130,00	72,22	93,70	0,008	93,10	0,012	0,87	1,31
135,00	75,00	94,20	0,005	94,00	0,009	0,55	0,98
140,00	77,78	95,10	0,009	95,00	0,010	0,98	1,09
145,00	80,56	96,00	0,009	95,60	0,006	0,98	0,66
150,00	83,33	96,80	0,008	96,10	0,005	0,87	0,55
155,00	86,11	97,70	0,009	97,00	0,009	0,98	0,98
160,00	88,89	98,00	0,003	97,20	0,002	0,33	0,22
165,00	91,67	98,20	0,002	98,10	0,009	0,22	0,98
170,00	94,44	98,90	0,007	98,20	0,001	0,77	0,11
175,00	97,22	99,20	0,003	99,00	0,008	0,33	0,87
180,00	100,00	100,00	0,008	100,00	0,010	0,87	1,09

Fonte: Autoria própria (2021).

APÊNDICE C – MEMÓRIA DE CÁLCULO DO MÉTODO SANTA BÁRBARA

Tabela 27 - Santa Bárbara para t = 60 min e T = 30 anos

Método Santa Bárbara - Para t = 60 min e T = 30 anos												
t (min)	Huff 1º Q - 50% P	H (mm)	Hacu (mm)	Hexc (mm)	Hiet (mm)	f (mm)	i (mm/h)	ie (mm/h)	I (m³/s)	I1+I2 (m³/s)	Qj-1 (m³/s)	Qj (m³/s)
1	2	3	4	5	6	7	8	9	10	11	12	13
0												0
5	0,122	7,97	7,97	0,00	0,00	7,97	95,70	0,00	62,84	62,84	0,00	2,88
10	0,259	16,93	24,91	1,36	1,36	15,57	203,17	16,33	150,53	213,37	2,88	12,41
15	0,239	15,62	40,53	7,02	5,66	9,97	187,48	67,86	194,29	344,82	12,41	27,08
20	0,125	8,17	48,70	11,14	4,13	4,04	98,05	49,54	116,34	310,63	27,08	38,85
25	0,062	4,05	52,75	13,41	2,27	1,78	48,63	27,24	60,51	176,86	38,85	43,40
30	0,049	3,20	55,96	15,30	1,88	1,32	38,44	22,61	48,96	109,47	43,40	44,44
35	0,034	2,22	58,18	16,65	1,35	0,87	26,67	16,21	34,51	83,47	44,44	44,19
40	0,031	2,03	60,20	17,91	1,26	0,77	24,32	15,12	31,83	66,34	44,19	43,18
45	0,021	1,37	61,58	18,78	0,87	0,50	16,47	10,42	21,75	53,58	43,18	41,68
50	0,026	1,70	63,28	19,87	1,09	0,61	20,40	13,09	27,13	48,88	41,68	40,09
55	0,014	0,92	64,19	20,46	0,59	0,32	10,98	7,14	14,70	41,82	40,09	38,33
60	0,018	1,18	65,37	21,24	0,77	0,41	14,12	9,26	18,98	33,68	38,33	36,36
65											36,36	33,03
70											33,03	30,00
75											30,00	27,24
80											27,24	24,74
85											24,74	22,47
90											22,47	20,41
95											20,41	18,54
100											18,54	16,84
105											16,84	15,29
110											15,29	13,89
115											13,89	12,62
120											12,62	11,46
125											11,46	10,41
130											10,41	9,45
135											9,45	8,59
140											8,59	7,80
145											7,80	7,08
150											7,08	6,43
155											6,43	5,84
160											5,84	5,31
165											5,31	4,82
170											4,82	4,38
175											4,38	3,98
180											3,98	3,61
185											3,61	3,28
190											3,28	2,98

425											0,04	0,03
430											0,03	0,03
435											0,03	0,03
440											0,03	0,02
445											0,02	0,02
450											0,02	0,02
455											0,02	0,02
460											0,02	0,02
465											0,02	0,01
470											0,01	0,01
475											0,01	0,01
480											0,01	0,01
485											0,01	0,01
490											0,01	0,01
495											0,01	0,01
500											0,01	0,01
505											0,01	0,01
510											0,01	0,01
515											0,01	0,01
520											0,01	0,01
525											0,01	0,00

Fonte: Autoria própria (2021).

Tabela 28 - Santa Bárbara para t = 120 min e t = 30 anos

Método Santa Bárbara - Para t = 120 min e T = 30 anos												
t (min)	Huff 1º Q - 50% P	H (mm)	Hacu (mm)	Hexc (mm)	Hiet (mm)	f (mm)	i (mm/h)	ie (mm/h)	I (m³/s)	I1+I2 (m³/s)	Qj-1 (m³/s)	Qj (m³/s)
1	2	3	4	5	6	7	8	9	10	11	12	13
0												0
5	0,05	4,11	4,11	0,00	0,00	4,11	49,32	0,00	32,39	32,39	0,00	1,49
10	0,072	5,92	10,03	0,00	0,00	5,92	71,02	0,00	46,63	79,02	1,49	4,97
15	0,12	9,86	19,89	0,40	0,40	9,46	118,37	4,81	82,77	129,41	4,97	10,45
20	0,139	11,43	31,32	3,26	2,86	8,57	137,12	34,27	125,98	208,76	10,45	19,07
25	0,122	10,03	41,35	7,40	4,14	5,89	120,35	49,71	131,17	257,15	19,07	29,12
30	0,117	9,62	50,97	12,40	5,00	4,62	115,41	59,96	138,68	269,85	29,12	38,82
35	0,079	6,49	57,46	16,21	3,81	2,68	77,93	45,74	99,16	237,84	38,82	46,17
40	0,046	3,78	61,24	18,56	2,36	1,43	45,38	28,26	59,44	158,59	46,17	49,21
45	0,031	2,55	63,79	20,20	1,64	0,91	30,58	19,65	40,69	100,13	49,21	49,29
50	0,031	2,55	66,34	21,88	1,67	0,87	30,58	20,10	41,16	81,85	49,29	48,52
55	0,023	1,89	68,23	23,14	1,27	0,63	22,69	15,19	30,83	71,99	48,52	47,37
60	0,026	2,14	70,37	24,59	1,45	0,68	25,65	17,44	35,13	65,96	47,37	46,05
65	0,015	1,23	71,60	25,44	0,85	0,38	14,80	10,18	20,40	55,53	46,05	44,37
70	0,019	1,56	73,16	26,53	1,09	0,48	18,74	13,02	25,97	46,36	44,37	42,43
75	0,015	1,23	74,39	27,39	0,86	0,37	14,80	10,38	20,60	46,57	42,43	40,67
80	0,016	1,32	75,71	28,32	0,93	0,39	15,78	11,16	22,07	42,67	40,67	38,90
85	0,011	0,90	76,61	28,97	0,64	0,26	10,85	7,72	15,23	37,30	38,90	37,04
90	0,01	0,82	77,44	29,56	0,59	0,23	9,86	7,06	13,88	29,11	37,04	34,98
95	0,016	1,32	78,75	30,50	0,95	0,37	15,78	11,36	22,28	36,17	34,98	33,43
100	0,01	0,82	79,57	31,10	0,60	0,23	9,86	7,15	13,97	36,26	33,43	32,03
105	0,01	0,82	80,39	31,70	0,60	0,22	9,86	7,18	14,01	27,98	32,03	30,37
110	0,004	0,33	80,72	31,94	0,24	0,09	3,95	2,88	5,61	19,62	30,37	28,48
115	0,008	0,66	81,38	32,42	0,48	0,18	7,89	5,78	11,24	16,85	28,48	26,64
120	0,01	0,82	82,20	33,02	0,60	0,22	9,86	7,25	14,08	25,32	26,64	25,36
125											25,36	23,03
130											23,03	20,92
135											20,92	19,00
140											19,00	17,26
145											17,26	15,68
150											15,68	14,24
155											14,24	12,93
160											12,93	11,74
165											11,74	10,67
170											10,67	9,69
175											9,69	8,80
180											8,80	7,99
185											7,99	7,26
190											7,26	6,59
195											6,59	5,99
200											5,99	5,44

435											0,07	0,06
440											0,06	0,05
445											0,05	0,05
450											0,05	0,04
455											0,04	0,04
460											0,04	0,04
465											0,04	0,03
470											0,03	0,03
475											0,03	0,03
480											0,03	0,02
485											0,02	0,02
490											0,02	0,02
495											0,02	0,02
500											0,02	0,02
505											0,02	0,02
510											0,02	0,01
515											0,01	0,01
520											0,01	0,01
525											0,01	0,01
530											0,01	0,01
535											0,01	0,01
540											0,01	0,01
545											0,01	0,01
550											0,01	0,01
555											0,01	0,01
560											0,01	0,01
565											0,01	0,00

Fonte: Autoria própria (2021).

Tabela 29 - Santa Bárbara para t = 180 min e T = 30 anos

Método Santa Bárbara - Para t = 180 min e T = 30 anos												
t (min)	Huff 1º Q - 50% P	H (mm)	Hacu (mm)	Hexc (mm)	Hiet (mm)	f (mm)	i (mm/h)	ie (mm/h)	I (m³/s)	I1+I2 (m³/s)	Qj-1 (m³/s)	Qj (m³/s)
1	2	3	4	5	6	7	8	9	10	11	12	13
0												0
5	0,03	2,78	2,78	0,00	0,00	2,78	33,32	0,00	21,88	21,88	0,00	1,00
10	0,04	3,70	6,48	0,00	0,00	3,70	44,43	0,00	29,17	51,05	1,00	3,25
15	0,052	4,81	11,29	0,00	0,00	4,81	57,76	0,00	37,92	67,09	3,25	6,03
20	0,08	7,40	18,70	0,25	0,25	7,15	88,86	3,01	61,50	99,43	6,03	10,04
25	0,076	7,03	25,73	1,57	1,31	5,72	84,41	15,78	71,98	133,48	10,04	15,24
30	0,103	9,53	35,26	4,73	3,17	6,36	114,40	38,03	115,01	186,98	15,24	22,42
35	0,099	9,16	44,43	8,90	4,17	4,99	109,96	50,04	124,69	239,70	22,42	31,36
40	0,067	6,20	50,63	12,21	3,30	2,90	74,42	39,64	90,44	215,14	31,36	38,35
45	0,073	6,76	57,39	16,16	3,96	2,80	81,08	47,47	103,03	193,48	38,35	43,71
50	0,05	4,63	62,01	19,06	2,89	1,74	55,53	34,71	72,87	175,91	43,71	47,77
55	0,041	3,79	65,81	21,53	2,47	1,33	45,54	29,63	60,98	133,86	47,77	49,52
60	0,034	3,15	68,96	23,63	2,11	1,04	37,76	25,30	51,33	112,31	49,52	50,13
65	0,023	2,13	71,08	25,09	1,45	0,67	25,55	17,46	35,09	86,42	50,13	49,50
70	0,016	1,48	72,57	26,11	1,03	0,46	17,77	12,30	24,57	59,66	49,50	47,69
75	0,023	2,13	74,69	27,60	1,49	0,64	25,55	17,90	35,55	60,12	47,69	46,08
80	0,015	1,39	76,08	28,59	0,98	0,40	16,66	11,80	23,32	58,87	46,08	44,55
85	0,018	1,67	77,75	29,78	1,19	0,47	19,99	14,30	28,12	51,45	44,55	42,82
90	0,016	1,48	79,23	30,85	1,07	0,41	17,77	12,83	25,12	53,25	42,82	41,34
95	0,011	1,02	80,25	31,59	0,74	0,28	12,22	8,88	17,34	42,46	41,34	39,49
100	0,012	1,11	81,36	32,40	0,81	0,30	13,33	9,74	18,97	36,31	39,49	37,53
105	0,011	1,02	82,38	33,15	0,75	0,27	12,22	8,98	17,44	36,41	37,53	35,76
110	0,01	0,93	83,30	33,83	0,68	0,24	11,11	8,20	15,90	33,34	35,76	34,01
115	0,011	1,02	84,32	34,59	0,76	0,26	12,22	9,07	17,54	33,44	34,01	32,42
120	0,01	0,93	85,25	35,28	0,69	0,24	11,11	8,28	15,98	33,52	32,42	30,99
125	0,008	0,74	85,99	35,83	0,55	0,19	8,89	6,65	12,81	28,80	30,99	29,46
130	0,008	0,74	86,73	36,39	0,56	0,18	8,89	6,68	12,84	25,65	29,46	27,94
135	0,005	0,46	87,19	36,74	0,35	0,11	5,55	4,18	8,04	20,87	27,94	26,33
140	0,009	0,83	88,02	37,37	0,63	0,20	10,00	7,55	14,49	22,52	26,33	24,95
145	0,009	0,83	88,86	38,00	0,63	0,20	10,00	7,58	14,52	29,00	24,95	23,99
150	0,008	0,74	89,60	38,56	0,56	0,18	8,89	6,76	12,93	27,44	23,99	23,05
155	0,009	0,83	90,43	39,20	0,64	0,20	10,00	7,63	14,57	27,50	23,05	22,20
160	0,003	0,28	90,71	39,41	0,21	0,07	3,33	2,55	4,86	19,43	22,20	21,05
165	0,002	0,19	90,89	39,55	0,14	0,04	2,22	1,70	3,24	8,11	21,05	19,49
170	0,007	0,65	91,54	40,05	0,50	0,15	7,77	5,97	11,36	14,61	19,49	18,37
175	0,003	0,28	91,82	40,26	0,21	0,06	3,33	2,56	4,88	16,24	18,37	17,43
180	0,008	0,74	92,56	40,83	0,57	0,17	8,89	6,85	13,01	17,89	17,43	16,65
185											16,65	15,13
190											15,13	13,74
195											13,74	12,48
200											12,48	11,33

435											0,14	0,12
440											0,12	0,11
445											0,11	0,10
450											0,10	0,09
455											0,09	0,08
460											0,08	0,08
465											0,08	0,07
470											0,07	0,06
475											0,06	0,06
480											0,06	0,05
485											0,05	0,05
490											0,05	0,04
495											0,04	0,04
500											0,04	0,04
505											0,04	0,03
510											0,03	0,03
515											0,03	0,03
520											0,03	0,02
525											0,02	0,02
530											0,02	0,02
535											0,02	0,02
540											0,02	0,02
545											0,02	0,01
550											0,01	0,01
555											0,01	0,01
560											0,01	0,01
565											0,01	0,01
570											0,01	0,01
575											0,01	0,01
580											0,01	0,01
585											0,01	0,01
590											0,01	0,01
595											0,01	0,01
600											0,01	0,01
605											0,01	0,00

Fonte: Autoria própria (2021).

Tabela 30 - Santa Bárbara para t = 60 min e T = 50 anos

Método Santa Bárbara - Para t = 60 min e T = 50 anos												
t (min)	Huff 1 ^o Q - 50% P	H (mm)	Hacu (mm)	Hexc (mm)	Hiet (mm)	f (mm)	i (mm/h)	ie (mm/h)	l (m ³ /s)	l1+l2 (m ³ /s)	Qj-1 (m ³ /s)	Qj (m ³ /s)
1	2	3	4	5	6	7	8	9	10	11	12	13
0												0
5	0,122	8,82	8,82	0,00	0,00	8,82	105,79	0,00	69,47	69,47	0,00	3,19
10	0,259	18,72	27,53	2,05	2,05	16,66	224,60	24,66	173,34	242,80	3,19	14,03
15	0,239	17,27	44,80	9,09	7,04	10,23	207,25	84,48	224,70	398,04	14,03	31,00
20	0,125	9,03	53,84	14,04	4,95	4,08	108,40	59,38	133,46	358,17	31,00	44,59
25	0,062	4,48	58,32	16,73	2,69	1,79	53,76	32,29	69,18	202,64	44,59	49,79
30	0,049	3,54	61,86	18,96	2,22	1,32	42,49	26,66	55,87	125,05	49,79	50,96
35	0,034	2,46	64,31	20,54	1,59	0,87	29,48	19,04	39,34	95,21	50,96	50,65
40	0,031	2,24	66,55	22,02	1,48	0,76	26,88	17,72	36,24	75,58	50,65	49,47
45	0,021	1,52	68,07	23,04	1,02	0,50	18,21	12,19	24,75	60,99	49,47	47,73
50	0,026	1,88	69,95	24,31	1,27	0,60	22,55	15,29	30,85	55,60	47,73	45,90
55	0,014	1,01	70,96	25,00	0,69	0,32	12,14	8,32	16,70	47,55	45,90	43,87
60	0,018	1,30	72,26	25,90	0,90	0,40	15,61	10,79	21,57	38,27	43,87	41,60
65											41,60	37,79
70											37,79	34,32
75											34,32	31,17
80											31,17	28,31
85											28,31	25,71
90											25,71	23,36
95											23,36	21,21
100											21,21	19,27
105											19,27	17,50
110											17,50	15,89
115											15,89	14,44
120											14,44	13,11
125											13,11	11,91
130											11,91	10,82
135											10,82	9,82
140											9,82	8,92
145											8,92	8,10
150											8,10	7,36
155											7,36	6,68
160											6,68	6,07
165											6,07	5,51
170											5,51	5,01
175											5,01	4,55
180											4,55	4,13
185											4,13	3,75
190											3,75	3,41
195											3,41	3,10

430											0,04	0,03
435											0,03	0,03
440											0,03	0,03
445											0,03	0,03
450											0,03	0,02
455											0,02	0,02
460											0,02	0,02
465											0,02	0,02
470											0,02	0,02
475											0,02	0,01
480											0,01	0,01
485											0,01	0,01
490											0,01	0,01
495											0,01	0,01
500											0,01	0,01
505											0,01	0,01
510											0,01	0,01
515											0,01	0,01
520											0,01	0,01
525											0,01	0,01
530											0,01	0,00

Fonte: Autoria própria (2021).

Tabela 31 - Santa Bárbara para t = 120 min e T = 50 anos

Método Santa Bárbara - Para t = 120 min e T = 50 anos												
t (min)	Huff 1º Q - 50% P	H (mm)	Hacu (mm)	Hexc (mm)	Hiet (mm)	f (mm)	i (mm/h)	ie (mm/h)	I (m³/s)	I1+I2 (m³/s)	Qj-1 (m³/s)	Qj (m³/s)
1	2	3	4	5	6	7	8	9	10	11	12	13
0												0
5	0,05	4,54	4,54	0,00	0,00	4,54	54,52	0,00	35,80	35,80	0,00	1,64
10	0,072	6,54	11,09	0,00	0,00	6,54	78,51	0,00	51,55	87,35	1,64	5,50
15	0,12	10,90	21,99	0,74	0,74	10,16	130,86	8,89	95,24	146,80	5,50	11,73
20	0,139	12,63	34,62	4,48	3,74	8,89	151,58	44,87	146,60	241,84	11,73	21,75
25	0,122	11,09	45,71	9,56	5,08	6,01	133,04	60,95	151,29	297,89	21,75	33,42
30	0,117	10,63	56,34	15,53	5,97	4,66	127,59	71,66	158,95	310,24	33,42	44,58
35	0,079	7,18	63,52	20,03	4,50	2,68	86,15	53,95	113,16	272,11	44,58	52,97
40	0,046	4,18	67,70	22,79	2,76	1,42	50,16	33,12	67,68	180,84	52,97	56,41
45	0,031	2,82	70,52	24,70	1,91	0,90	33,81	22,95	46,27	113,95	56,41	56,46
50	0,031	2,82	73,34	26,65	1,95	0,87	33,81	23,42	46,76	93,03	56,46	55,55
55	0,023	2,09	75,43	28,12	1,47	0,62	25,08	17,66	34,99	81,75	55,55	54,20
60	0,026	2,36	77,79	29,81	1,69	0,68	28,35	20,24	39,85	74,84	54,20	52,66
65	0,015	1,36	79,15	30,79	0,98	0,38	16,36	11,80	23,12	62,97	52,66	50,72
70	0,019	1,73	80,88	32,05	1,26	0,47	20,72	15,08	29,42	52,55	50,72	48,48
75	0,015	1,36	82,24	33,05	1,00	0,36	16,36	12,00	23,33	52,76	48,48	46,45
80	0,016	1,45	83,69	34,12	1,07	0,38	17,45	12,90	24,99	48,32	46,45	44,40
85	0,011	1,00	84,69	34,87	0,74	0,26	12,00	8,92	17,23	42,22	44,40	42,27
90	0,01	0,91	85,60	35,55	0,68	0,23	10,90	8,15	15,71	32,94	42,27	39,90
95	0,016	1,45	87,06	36,64	1,09	0,36	17,45	13,11	25,21	40,91	39,90	38,12
100	0,01	0,91	87,97	37,32	0,69	0,22	10,90	8,24	15,80	41,01	38,12	36,50
105	0,01	0,91	88,87	38,01	0,69	0,22	10,90	8,27	15,83	31,64	36,50	34,60
110	0,004	0,36	89,24	38,29	0,28	0,09	4,36	3,32	6,34	22,18	34,60	32,45
115	0,008	0,73	89,96	38,84	0,55	0,17	8,72	6,65	12,70	19,05	32,45	30,34
120	0,01	0,91	90,87	39,54	0,70	0,21	10,90	8,34	15,91	28,61	30,34	28,87
125											28,87	26,22
130											26,22	23,82
135											23,82	21,63
140											21,63	19,65
145											19,65	17,84
150											17,84	16,21
155											16,21	14,72
160											14,72	13,37
165											13,37	12,14
170											12,14	11,03
175											11,03	10,02
180											10,02	9,10
185											9,10	8,26
190											8,26	7,51
195											7,51	6,82
200											6,82	6,19

435											0,07	0,07
440											0,07	0,06
445											0,06	0,06
450											0,06	0,05
455											0,05	0,05
460											0,05	0,04
465											0,04	0,04
470											0,04	0,03
475											0,03	0,03
480											0,03	0,03
485											0,03	0,03
490											0,03	0,02
495											0,02	0,02
500											0,02	0,02
505											0,02	0,02
510											0,02	0,02
515											0,02	0,01
520											0,01	0,01
525											0,01	0,01
530											0,01	0,01
535											0,01	0,01
540											0,01	0,01
545											0,01	0,01
550											0,01	0,01
555											0,01	0,01
560											0,01	0,01
565											0,01	0,01
570											0,01	0,01
575											0,01	0,00

Fonte: Autoria própria (2021).

Tabela 32 - Santa Bárbara para t = 180 min e T = 50 anos

Método Santa Bárbara - Para t = 180 min e T = 50 anos												
t (min)	Huff 1º Q - 50% P	H (mm)	Hacu (mm)	Hexc (mm)	Hiet (mm)	f (mm)	i (mm/h)	ie (mm/h)	I (m³/s)	I1+I2 (m³/s)	Qj-1 (m³/s)	Qj (m³/s)
1	2	3	4	5	6	7	8	9	10	11	12	13
0												0
5	0,03	3,07	3,07	0,00	0,00	3,07	36,84	0,00	24,19	24,19	0,00	1,11
10	0,04	4,09	7,16	0,00	0,00	4,09	49,11	0,00	32,25	56,43	1,11	3,60
15	0,052	5,32	12,48	0,00	0,00	5,32	63,85	0,00	41,92	74,17	3,60	6,67
20	0,08	8,19	20,67	0,52	0,52	7,67	98,23	6,19	70,99	112,91	6,67	11,24
25	0,076	7,78	28,45	2,32	1,81	5,97	93,32	21,70	84,03	155,02	11,24	17,32
30	0,103	10,54	38,98	6,31	3,99	6,55	126,47	47,87	133,25	217,29	17,32	25,70
35	0,099	10,13	49,11	11,37	5,06	5,07	121,56	60,68	143,47	276,72	25,70	36,03
40	0,067	6,86	55,97	15,31	3,94	2,92	82,27	47,24	103,58	247,05	36,03	44,06
45	0,073	7,47	63,44	19,97	4,67	2,80	89,63	56,00	117,60	221,18	44,06	50,16
50	0,05	5,12	68,55	23,36	3,39	1,73	61,39	40,66	82,96	200,56	50,16	54,76
55	0,041	4,20	72,75	26,24	2,88	1,32	50,34	34,56	69,31	152,27	54,76	56,72
60	0,034	3,48	76,23	28,69	2,45	1,03	41,75	29,41	58,26	127,57	56,72	57,37
65	0,023	2,35	78,58	30,38	1,69	0,67	28,24	20,25	39,79	98,05	57,37	56,60
70	0,016	1,64	80,22	31,57	1,19	0,45	19,65	14,25	27,85	67,64	56,60	54,51
75	0,023	2,35	82,57	33,29	1,73	0,63	28,24	20,71	40,26	68,11	54,51	52,64
80	0,015	1,53	84,11	34,43	1,14	0,40	18,42	13,64	26,40	66,66	52,64	50,87
85	0,018	1,84	85,95	35,81	1,38	0,47	22,10	16,50	31,82	58,22	50,87	48,87
90	0,016	1,64	87,59	37,04	1,23	0,40	19,65	14,79	28,41	60,24	48,87	47,15
95	0,011	1,13	88,71	37,89	0,85	0,27	13,51	10,23	19,60	48,01	47,15	45,03
100	0,012	1,23	89,94	38,83	0,93	0,29	14,73	11,22	21,44	41,04	45,03	42,78
105	0,011	1,13	91,07	39,69	0,86	0,26	13,51	10,33	19,71	41,15	42,78	40,74
110	0,01	1,02	92,09	40,47	0,79	0,24	12,28	9,44	17,96	37,67	40,74	38,73
115	0,011	1,13	93,21	41,34	0,87	0,26	13,51	10,42	19,80	37,76	38,73	36,91
120	0,01	1,02	94,24	42,13	0,79	0,23	12,28	9,52	18,04	37,85	36,91	35,26
125	0,008	0,82	95,06	42,77	0,64	0,18	9,82	7,64	14,46	32,51	35,26	33,52
130	0,008	0,82	95,87	43,41	0,64	0,18	9,82	7,66	14,49	28,95	33,52	31,77
135	0,005	0,51	96,39	43,81	0,40	0,11	6,14	4,80	9,07	23,56	31,77	29,94
140	0,009	0,92	97,31	44,53	0,72	0,20	11,05	8,66	16,34	25,41	29,94	28,35
145	0,009	0,92	98,23	45,26	0,72	0,20	11,05	8,69	16,37	32,72	28,35	27,25
150	0,008	0,82	99,05	45,90	0,65	0,17	9,82	7,75	14,58	30,95	27,25	26,17
155	0,009	0,92	99,97	46,63	0,73	0,19	11,05	8,74	16,43	31,01	26,17	25,19
160	0,003	0,31	100,27	46,87	0,24	0,06	3,68	2,92	5,48	21,91	25,19	23,89
165	0,002	0,20	100,48	47,04	0,16	0,04	2,46	1,95	3,66	9,14	23,89	22,12
170	0,007	0,72	101,19	47,61	0,57	0,15	8,59	6,83	12,81	16,47	22,12	20,84
175	0,003	0,31	101,50	47,85	0,24	0,06	3,68	2,93	5,49	18,30	20,84	19,77
180	0,008	0,82	102,32	48,50	0,65	0,17	9,82	7,83	14,67	20,16	19,77	18,88
185											18,88	17,15
190											17,15	15,58
195											15,58	14,15
200											14,15	12,85

435											0,15	0,14
440											0,14	0,13
445											0,13	0,12
450											0,12	0,10
455											0,10	0,09
460											0,09	0,09
465											0,09	0,08
470											0,08	0,07
475											0,07	0,06
480											0,06	0,06
485											0,06	0,05
490											0,05	0,05
495											0,05	0,04
500											0,04	0,04
505											0,04	0,04
510											0,04	0,03
515											0,03	0,03
520											0,03	0,03
525											0,03	0,02
530											0,02	0,02
535											0,02	0,02
540											0,02	0,02
545											0,02	0,02
550											0,02	0,02
555											0,02	0,01
560											0,01	0,01
565											0,01	0,01
570											0,01	0,01
575											0,01	0,01
580											0,01	0,01
585											0,01	0,01
590											0,01	0,01
595											0,01	0,01
600											0,01	0,01
605											0,01	0,01
610											0,01	0,00

Fonte: Autoria própria (2021).

Tabela 33 - Santa Bárbara para t = 60 min e T = 70 anos

Método Santa Bárbara - Para t = 60 min e T = 70 anos												
t (min)	Huff 1 ^o Q - 50% P	H (mm)	Hacu (mm)	Hexc (mm)	Hiet (mm)	f (mm)	i (mm/h)	ie (mm/h)	l (m ³ /s)	l1+l2 (m ³ /s)	Qj-1 (m ³ /s)	Qj (m ³ /s)
1	2	3	4	5	6	7	8	9	10	11	12	13
0												0
5	0,122	9,42	9,42	0,00	0,00	9,42	113,02	0,00	74,21	74,21	0,00	3,40
10	0,259	19,99	29,41	2,62	2,62	17,37	239,93	31,48	190,57	264,77	3,40	15,24
15	0,239	18,45	47,86	10,69	8,07	10,38	221,40	96,82	246,94	437,51	15,24	33,91
20	0,125	9,65	57,51	16,24	5,55	4,10	115,80	66,58	145,88	392,82	33,91	48,82
25	0,062	4,79	62,30	19,24	3,00	1,79	57,44	35,97	75,45	221,33	48,82	54,49
30	0,049	3,78	66,08	21,71	2,47	1,32	45,39	29,61	60,86	136,31	54,49	55,74
35	0,034	2,62	68,71	23,46	1,76	0,87	31,50	21,10	42,82	103,68	55,74	55,39
40	0,031	2,39	71,10	25,10	1,63	0,76	28,72	19,61	39,43	82,24	55,39	54,08
45	0,021	1,62	72,72	26,22	1,12	0,50	19,45	13,47	26,91	66,33	54,08	52,16
50	0,026	2,01	74,73	27,63	1,41	0,60	24,09	16,89	33,53	60,44	52,16	50,15
55	0,014	1,08	75,81	28,39	0,77	0,32	12,97	9,18	18,15	51,68	50,15	47,92
60	0,018	1,39	77,20	29,38	0,99	0,40	16,67	11,90	23,43	41,57	47,92	45,43
65											45,43	41,26
70											41,26	37,47
75											37,47	34,04
80											34,04	30,91
85											30,91	28,08
90											28,08	25,50
95											25,50	23,16
100											23,16	21,04
105											21,04	19,11
110											19,11	17,35
115											17,35	15,76
120											15,76	14,32
125											14,32	13,00
130											13,00	11,81
135											11,81	10,73
140											10,73	9,74
145											9,74	8,85
150											8,85	8,04
155											8,04	7,30
160											7,30	6,63
165											6,63	6,02
170											6,02	5,47
175											5,47	4,97
180											4,97	4,51
185											4,51	4,10
190											4,10	3,72
195											3,72	3,38
200											3,38	3,07

435											0,04	0,03
440											0,03	0,03
445											0,03	0,03
450											0,03	0,02
455											0,02	0,02
460											0,02	0,02
465											0,02	0,02
470											0,02	0,02
475											0,02	0,02
480											0,02	0,01
485											0,01	0,01
490											0,01	0,01
495											0,01	0,01
500											0,01	0,01
505											0,01	0,01
510											0,01	0,01
515											0,01	0,01
520											0,01	0,01
525											0,01	0,01
530											0,01	0,01
535											0,01	0,00

Fonte: Autoria própria (2021).

Tabela 34 - Santa Bárbara para t = 120 min e T = 70 anos

Método Santa Bárbara - Para t = 120 min e T = 70 anos												
t (min)	Huff 1º Q - 50% P	H (mm)	Hacu (mm)	Hexc (mm)	Hiet (mm)	f (mm)	i (mm/h)	ie (mm/h)	I (m³/s)	I1+I2 (m³/s)	Qj-1 (m³/s)	Qj (m³/s)
1	2	3	4	5	6	7	8	9	10	11	12	13
0												0
5	0,05	4,85	4,85	0,00	0,00	4,85	58,25	0,00	38,25	38,25	0,00	1,75
10	0,072	6,99	11,84	0,00	0,00	6,99	83,88	0,00	55,07	93,32	1,75	5,87
15	0,12	11,65	23,49	1,04	1,04	10,61	139,79	12,47	104,87	159,95	5,87	12,67
20	0,139	13,49	36,99	5,44	4,41	9,09	161,93	52,86	161,77	266,65	12,67	23,74
25	0,122	11,84	48,83	11,22	5,77	6,07	142,12	69,25	165,96	327,73	23,74	36,60
30	0,117	11,36	60,19	17,90	6,68	4,67	136,30	80,21	173,63	339,59	36,60	48,82
35	0,079	7,67	67,86	22,89	4,99	2,68	92,03	59,92	123,28	296,91	48,82	57,96
40	0,046	4,47	72,32	25,95	3,05	1,41	53,59	36,64	73,62	196,90	57,96	61,67
45	0,031	3,01	75,33	28,06	2,11	0,90	36,11	25,33	50,29	123,91	61,67	61,70
50	0,031	3,01	78,34	30,21	2,15	0,86	36,11	25,81	50,79	101,08	61,70	60,67
55	0,023	2,23	80,58	31,83	1,62	0,61	26,79	19,44	37,99	88,78	60,67	59,18
60	0,026	2,52	83,10	33,68	1,85	0,67	30,29	22,26	43,24	81,23	59,18	57,48
65	0,015	1,46	84,56	34,76	1,08	0,38	17,47	12,97	25,08	68,32	57,48	55,34
70	0,019	1,84	86,40	36,14	1,38	0,46	22,13	16,56	31,91	56,99	55,34	52,88
75	0,015	1,46	87,86	37,24	1,10	0,36	17,47	13,18	25,29	57,20	52,88	50,65
80	0,016	1,55	89,41	38,42	1,18	0,37	18,64	14,15	27,08	52,37	50,65	48,40
85	0,011	1,07	90,48	39,24	0,82	0,25	12,81	9,78	18,67	45,75	48,40	46,06
90	0,01	0,97	91,45	39,98	0,74	0,23	11,65	8,93	17,02	35,69	46,06	43,47
95	0,016	1,55	93,00	41,18	1,20	0,36	18,64	14,36	27,30	44,32	43,47	41,52
100	0,01	0,97	93,97	41,93	0,75	0,22	11,65	9,02	17,11	44,41	41,52	39,75
105	0,01	0,97	94,94	42,68	0,75	0,22	11,65	9,05	17,15	34,26	39,75	37,67
110	0,004	0,39	95,33	42,99	0,30	0,09	4,66	3,63	6,87	24,01	37,67	35,32
115	0,008	0,78	96,11	43,59	0,61	0,17	9,32	7,28	13,75	20,62	35,32	33,02
120	0,01	0,97	97,08	44,35	0,76	0,21	11,65	9,13	17,22	30,97	33,02	31,41
125											31,41	28,53
130											28,53	25,91
135											25,91	23,54
140											23,54	21,38
145											21,38	19,42
150											19,42	17,64
155											17,64	16,02
160											16,02	14,55
165											14,55	13,21
170											13,21	12,00
175											12,00	10,90
180											10,90	9,90
185											9,90	8,99
190											8,99	8,17
195											8,17	7,42
200											7,42	6,74

435											0,08	0,07
440											0,07	0,07
445											0,07	0,06
450											0,06	0,05
455											0,05	0,05
460											0,05	0,05
465											0,05	0,04
470											0,04	0,04
475											0,04	0,03
480											0,03	0,03
485											0,03	0,03
490											0,03	0,03
495											0,03	0,02
500											0,02	0,02
505											0,02	0,02
510											0,02	0,02
515											0,02	0,02
520											0,02	0,01
525											0,01	0,01
530											0,01	0,01
535											0,01	0,01
540											0,01	0,01
545											0,01	0,01
550											0,01	0,01
555											0,01	0,01
560											0,01	0,01
565											0,01	0,01
570											0,01	0,01
575											0,01	0,00

Fonte: Autoria própria (2021).

Tabela 35 - Santa Bárbara para t = 180 min e T = 70 anos

Método Santa Bárbara - Para t = 180 min e T = 70 anos												
t (min)	Huff 1º Q - 50% P	H (mm)	Hacu (mm)	Hexc (mm)	Hiet (mm)	f (mm)	i (mm/h)	ie (mm/h)	I (m³/s)	I1+I2 (m³/s)	Qj-1 (m³/s)	Qj (m³/s)
1	2	3	4	5	6	7	8	9	10	11	12	13
0												0
5	0,03	3,28	3,28	0,00	0,00	3,28	39,35	0,00	25,84	25,84	0,00	1,19
10	0,04	4,37	7,65	0,00	0,00	4,37	52,47	0,00	34,45	60,29	1,19	3,84
15	0,052	5,68	13,34	0,00	0,00	5,68	68,21	0,00	44,79	79,24	3,84	7,12
20	0,08	8,74	22,08	0,76	0,76	7,99	104,93	9,08	78,43	123,21	7,12	12,12
25	0,076	8,31	30,39	2,94	2,18	6,12	99,69	26,21	92,95	171,37	12,12	18,87
30	0,103	11,26	41,65	7,54	4,60	6,66	135,10	55,21	146,62	239,57	18,87	28,13
35	0,099	10,82	52,47	13,25	5,71	5,11	129,86	68,51	157,13	303,75	28,13	39,48
40	0,067	7,32	59,79	17,65	4,40	2,92	87,88	52,80	113,09	270,22	39,48	48,26
45	0,073	7,98	67,77	22,83	5,18	2,80	95,75	62,20	128,12	241,21	48,26	54,89
50	0,05	5,47	73,24	26,58	3,75	1,72	65,58	44,97	90,24	218,36	54,89	59,87
55	0,041	4,48	77,72	29,76	3,18	1,30	53,78	38,12	75,30	165,54	59,87	61,97
60	0,034	3,72	81,43	32,46	2,70	1,02	44,60	32,38	63,25	138,55	61,97	62,64
65	0,023	2,51	83,95	34,31	1,86	0,66	30,17	22,27	43,17	106,42	62,64	61,78
70	0,016	1,75	85,70	35,62	1,30	0,44	20,99	15,65	30,20	73,37	61,78	59,48
75	0,023	2,51	88,21	37,51	1,89	0,62	30,17	22,73	43,65	73,85	59,48	57,41
80	0,015	1,64	89,85	38,76	1,25	0,39	19,68	14,96	28,61	72,26	57,41	55,46
85	0,018	1,97	91,82	40,26	1,51	0,46	23,61	18,09	34,48	63,09	55,46	53,26
90	0,016	1,75	93,57	41,61	1,35	0,40	20,99	16,20	30,77	65,25	53,26	51,37
95	0,011	1,20	94,77	42,55	0,93	0,27	14,43	11,20	21,22	52,00	51,37	49,04
100	0,012	1,31	96,08	43,57	1,02	0,29	15,74	12,28	23,21	44,44	49,04	46,58
105	0,011	1,20	97,28	44,51	0,94	0,26	14,43	11,31	21,33	44,55	46,58	44,35
110	0,01	1,09	98,38	45,37	0,86	0,23	13,12	10,32	19,44	40,77	44,35	42,15
115	0,011	1,20	99,58	46,32	0,95	0,25	14,43	11,40	21,43	40,87	42,15	40,16
120	0,01	1,09	100,67	47,19	0,87	0,23	13,12	10,40	19,52	40,95	40,16	38,35
125	0,008	0,87	101,55	47,88	0,70	0,18	10,49	8,35	15,65	35,17	38,35	36,45
130	0,008	0,87	102,42	48,58	0,70	0,18	10,49	8,37	15,67	31,32	36,45	34,54
135	0,005	0,55	102,97	49,02	0,44	0,11	6,56	5,24	9,81	25,48	34,54	32,54
140	0,009	0,98	103,95	49,81	0,79	0,20	11,81	9,46	17,68	27,48	32,54	30,82
145	0,009	0,98	104,93	50,60	0,79	0,19	11,81	9,49	17,71	35,38	30,82	29,61
150	0,008	0,87	105,81	51,30	0,70	0,17	10,49	8,46	15,76	33,47	29,61	28,43
155	0,009	0,98	106,79	52,10	0,80	0,19	11,81	9,54	17,76	33,52	28,43	27,36
160	0,003	0,33	107,12	52,36	0,27	0,06	3,94	3,19	5,93	23,69	27,36	25,94
165	0,002	0,22	107,34	52,54	0,18	0,04	2,62	2,13	3,95	9,88	25,94	24,01
170	0,007	0,77	108,10	53,16	0,62	0,14	9,18	7,45	13,85	17,80	24,01	22,62
175	0,003	0,33	108,43	53,43	0,27	0,06	3,94	3,20	5,94	19,78	22,62	21,46
180	0,008	0,87	109,31	54,14	0,71	0,16	10,49	8,54	15,85	21,79	21,46	20,49
185											20,49	18,61
190											18,61	16,90
195											16,90	15,35
200											15,35	13,94

435											0,17	0,15
440											0,15	0,14
445											0,14	0,12
450											0,12	0,11
455											0,11	0,10
460											0,10	0,09
465											0,09	0,08
470											0,08	0,08
475											0,08	0,07
480											0,07	0,06
485											0,06	0,06
490											0,06	0,05
495											0,05	0,05
500											0,05	0,04
505											0,04	0,04
510											0,04	0,04
515											0,04	0,03
520											0,03	0,03
525											0,03	0,03
530											0,03	0,02
535											0,02	0,02
540											0,02	0,02
545											0,02	0,02
550											0,02	0,02
555											0,02	0,02
560											0,02	0,01
565											0,01	0,01
570											0,01	0,01
575											0,01	0,01
580											0,01	0,01
585											0,01	0,01
590											0,01	0,01
595											0,01	0,01
600											0,01	0,01
605											0,01	0,01
610											0,01	0,01
615											0,01	0,00

Fonte: Autoria própria (2021).