

**UNIVERSIDADE DE BRASÍLIA
FACULDADE DE TECNOLOGIA
DEPARTAMENTO DE ENGENHARIA CIVIL E AMBIENTAL**

**MICRORRESERVATÓRIOS COMO ALTERNATIVA PARA
CONTROLE NA FONTE NO MANEJO SUSTENTÁVEL DE
ÁGUAS PLUVIAIS**

ARTUR BORGES BARROS

**ORIENTADOR: SÉRGIO KOIDE
COORIENTADORA: MARIA ELISA LEITE COSTA**

**DISSERTAÇÃO DE MESTRADO EM TECNOLOGIA AMBIENTAL E
RECURSOS HÍDRICOS**

**PUBLICAÇÃO: PPGTARH. DM – 278/2024
BRASÍLIA/DF: DEZEMBRO – 2024**

UNIVERSIDADE DE BRASÍLIA
FACULDADE DE TECNOLOGIA
DEPARTAMENTO DE ENGENHARIA CIVIL

**MICRORRESERVATÓRIOS COMO ALTERNATIVA PARA
CONTROLE NA FONTE NO MANEJO SUSTENTÁVEL DE ÁGUAS
PLUVIAIS**

ARTUR BORGES BARROS

**DISSERTAÇÃO SUBMETIDA AO DEPARTAMENTO DE
ENGENHARIA CIVIL E AMBIENTAL DA FACULDADE DE
TECNOLOGIA DA UNIVERSIDADE DE BRASÍLIA COMO PARTE
DOS REQUISITOS NECESSÁRIOS PARA A OBTENÇÃO DO GRAU
DE MESTRE EM TECNOLOGIA AMBIENTAL E RECURSOS
HÍDRICOS.**

APROVADA POR:

Prof. Sérgio Koide, PhD (UnB)
(Orientador)

Prof. Alexandre Kepler Soares, DSc (UnB)
(Examinador Interno)

Prof. Gustavo Barbosa Lima da Silva, DSc (UFPB)
(Examinador Externo)

BRASÍLIA/DF, 16 DE DEZEMBRO DE 2024

FICHA CATALOGRÁFICA

BARROS, ARTUR BORGES

Microrreservatórios como alternativa para controle na fonte no manejo sustentável de águas pluviais urbanas [Distrito Federal] 2024. xvii, 142p., 210 x 297 mm (ENC/FT/UnB, Mestre, Tecnologia Ambiental e Recursos Hídricos, 2024).

Dissertação de Mestrado – Universidade de Brasília. Faculdade de Tecnologia.

Departamento de Engenharia Civil e Ambiental.

1. Loteamento

2. Manejo de águas pluviais

3. Controle na fonte

4. Morfometria

I. ENC/FT/UnB

II. Título (série)

REFERÊNCIA BIBLIOGRÁFICA

BARROS, A. B. (2024). Microrreservatórios como alternativa para controle na fonte no manejo sustentável de águas pluviais urbanas. Dissertação de Mestrado em Tecnologia Ambiental e Recursos Hídricos, Publicação PPGTARH. DM – 278/2024, Departamento de Engenharia Civil e Ambiental, Universidade de Brasília, Brasília, DF, 142 p.

CESSÃO DE DIREITOS

AUTOR: Artur Borges Barros.

TÍTULO: Microrreservatórios como alternativa para controle na fonte no manejo sustentável de águas pluviais urbanas.

GRAU: Mestre

ANO: 2024

É concedida à Universidade de Brasília permissão para reproduzir cópias desta dissertação de mestrado e para emprestar ou vender tais cópias somente para propósitos acadêmicos e científicos. O autor reserva outros direitos de publicação e nenhuma parte dessa dissertação de mestrado pode ser reproduzida sem autorização por escrito do autor.

Artur Borges Barros
arturborgesbarros@gmail.com

“O correr da vida embrulha tudo, a vida é assim: esquenta e esfria, aperta e daí afrouxa, sossega e depois desinquieta. O que ela quer da gente é coragem. O que Deus quer é ver a gente aprendendo a ser capaz de ficar alegre a mais, no meio da alegria, e inda mais alegre ainda no meio da tristeza! Só assim de repente, na horinha em que se quer, de propósito — por coragem. Será? Era o que eu às vezes achava. Ao clarear do dia.”

João Guimarães Rosa. Grande Sertão: Veredas, página 293.

À Rosa, ao Marcos e ao Gustavo.

AGRADECIMENTOS

Aos meus pais e ao meu irmão, por acreditarem em mim, me apoiarem e me incentivarem a sempre ir atrás dos meus sonhos, sem medir esforços para que eu pudesse conseguir.

Ao meu orientador, Sérgio Koide, pela paciência de me guiar por esse caminho da pós-graduação, sempre disposto a sanar minhas dúvidas.

À minha coorientadora, Maria Elisa, pelas inúmeras vezes que não mediu esforços para tirar minhas dúvidas em relação a modelagem.

Ao Geliandro, Marília e Tracyanne, que me hospedaram quando cheguei para me aventurar por Brasília.

Aos meus amigos do PTARH: Sandro, Laura, Renata, Esdras, Jennifer. Em especial, Isabella e Josiane, que se tornaram muito próximas a mim.

À FAP-DF e à CAPES pelo apoio financeiro das bolsas.

À ChiWater pela licença concedida ao PCSWMM.

A Deus.

Obrigado, vocês mudaram o percurso da minha vida.

RESUMO

A urbanização e as mudanças no uso e ocupação do solo alteram o comportamento hidrológico durante eventos de chuva, resultando em menor infiltração de água e maior volume e velocidade de escoamento superficial. Este estudo avaliou a alocação de microrreservatórios na rede de drenagem urbana do Condomínio Alto da Boa Vista, no Distrito Federal, por meio de modelagem hidrológica e hidráulica no PCSWMM. Foram identificados pontos críticos na infraestrutura e áreas suscetíveis a alagamentos, sendo proposta a implementação de microrreservatórios, distribuídos com base em isócronas e cenários aleatórios, como medida mitigadora. Os resultados demonstraram que, o fator determinante para o amortecimento da vazão de pico no exutório final é a quantidade de microrreservatórios instalados na bacia, com pouca influência da distribuição espacial dos reservatórios e das características geomorfológicas da área de estudo, aferidas por meio dos parâmetros morfométricos usualmente utilizados em estudos hidrológicos. De modo geral, os resultados mostraram que, quando mais de 30% da área de uma bacia possui lotes com microrreservatórios implantados, observa-se uma redução de aproximadamente 5% na vazão de pico no exutório a jusante. A pequena correlação entre os parâmetros morfométricos e o efeito dos microrreservatórios sugere que o aspecto mais importante não são as características geomorfológicas da área de instalação, mas sim a quantidade e o adequado dimensionamento dos dispositivos. A modelagem 2D mostrou o impacto da urbanização no aumento do escoamento superficial indicando o provável impacto no agravamento dos problemas de erosão. O estudo indica que a implementação de microrreservatórios pode ser uma alternativa para a gestão de águas pluviais, sugerindo uma forte relação entre a quantidade de microrreservatórios e o amortecimento da vazão de pico em áreas com diferentes características geomorfológicas e com pouca influência da posição relativa dos microrreservatórios.

Palavras chaves: Loteamento, Manejo de águas pluviais, controle na fonte, morfometria.

ABSTRACT

Urbanization and changes in land use and occupation alter the hydrological behavior during rainfall events, resulting in reduced water infiltration and increased surface runoff volume and velocity. This study evaluated the allocation of residential detention tanks within the urban drainage network of the Alto da Boa Vista Condominium, in the Federal District, using hydrological and hydraulic modeling in PCSWMM. Critical points in the infrastructure and flood-prone areas were identified, and the implementation of residential detention tanks was proposed as a mitigation measure, distributed based on isochrones and random scenarios. The results demonstrated that the determining factor for peak flow attenuation at the final outlet is the number of residential detention tanks installed in the catchment area, with little influence from the spatial distribution of the tanks and the geomorphological characteristics of the study area, assessed through commonly used morphometric parameters in hydrological studies. Overall, the results showed that when more than 30% of the catchment area consists of lots with installed residential detention tanks, there is an approximate 5% reduction in peak flow at the downstream outlet. The weak correlation between morphometric parameters and the effect of residential detention tanks suggests that the most important aspect is not the geomorphological characteristics of the installation area but rather the number and proper sizing of the devices. The 2D modeling revealed the impact of urbanization on increased surface runoff, highlighting its potential contribution to exacerbating erosion problems. This study suggests that implementing residential detention tanks can be an effective alternative for stormwater management, highlighting a strong relationship between the number of tanks and peak flow attenuation in areas with varying geomorphological characteristics and minimal influence from their relative position.

Key words: Urban subdivision, stormwater management, source control, morphometry.

SUMÁRIO

1 - INTRODUÇÃO	1
2 - OBJETIVOS	5
2.1 – OBJETIVOS ESPECÍFICOS	5
3 – REVISÃO BIBLIOGRÁFICA	6
3.1 – TÉCNICAS COMPENSATÓRIAS DE DRENAGEM URBANA	6
3.2 – MICRORRESERVATÓRIOS	9
3.2.1 – Desempenho dos microrreservatórios	13
3.2.2 – Análise morfométrica	15
3.2.3 - Políticas públicas no uso de microrreservatórios.....	18
3.3 – MODELAGEM DE SISTEMAS DE DRENAGEM URBANA	20
4 - METODOLOGIA	26
4.1 – ÁREA DE ESTUDO.....	29
4.1.1 - Características físicas da bacia do Condomínio Alto da Boa vista.....	32
4.1.1.1 - Clima.....	32
4.1.1.2 - Geomorfologia	34
4.1.1.3 - Vegetação.....	35
4.1.1.4 - Pedologia.....	36
4.1.1.5 - Rede de drenagem.....	37
4.2 – MODELAGEM HIDROLÓGICA NO PCSWMM	38
4.2.1 - Detalhamento dos microrreservatórios	43
4.2.2 – Amortecimento de vazão.....	45
4.3 – ANÁLISE MORFOMÉTRICA.....	47
5 - RESULTADOS E DISCUSSÕES	50
5.1 - SIMULAÇÃO DE ONDAS DE CHEIA E IDENTIFICAÇÃO DE PONTOS ALAGÁVEIS E CRÍTICOS NA INFRAESTRUTURA.....	50
5.1.1 – Modelagem 2D.....	50
5.1.2 – Infraestrutura da rede de drenagem.....	51
5.2 – COMPORTAMENTO DE ENCHIMENTO DO MICRORRESERVATÓRIO NO LOTE.....	53
5.3 – ANÁLISE DOS CENÁRIOS FORMADOS POR DIFERENTES ARRANJOS ESPACIAIS.....	56
5.3.1 – Sub-bacia 1 e 3	56
5.3.1.1 – Isócronas.....	56
5.3.1.2 – Análise do amortecimento de vazão no exutório por isócronas.....	57
5.3.2 - Sub-bacia 2.....	59
5.3.2.1 – Isócrona	59

5.3.2.2 – Análise do amortecimento de vazão no exutório por isócronas.....	60
5.3.3 – Sub-bacia 4 e 5	62
5.3.3.1 – Isócronas.....	62
5.3.3.2 – Análise do amortecimento de vazão no exutório por isócronas.....	64
5.3.4 – Sub-bacia 6.....	66
5.3.4.1 – Isócronas.....	66
5.3.4.2 – Análise do amortecimento de vazão no exutório por isócronas.....	66
5.3.5 – Análise do amortecimento de vazão no exutório por escolha aleatória na bacia.	68
5.3.6 Vazão específica das sub-bacia	71
5.3 – CONSIDERAÇÕES FINAIS SOBRE OS RESULTADOS DA IMPLANTAÇÃO DOS MICRORRESERVATÓRIOS	73
5.4 - ANÁLISE MORFOMÉTRICA DA BACIA	75
5.4.1 – Parâmetros de área	75
5.4.2 – Análise entre vazão específica, Fator de forma e Índice de compacidade	77
5.4.3 – Parâmetros de relevo	81
5.4.3.1 – Sub-bacia 1	81
5.4.3.2 – Sub-bacia 2.....	82
5.4.3.3 – Sub-bacia 3.....	83
5.4.3.4 – Sub-bacia 4.....	84
5.4.3.5 – Sub-bacia 5.....	85
5.4.3.6 – Sub-bacia 6.....	86
5.4.4 Vazão específica x Declividade equivalente constante.....	87
5.4.5 Vazão específica x Declividade média constante	88
5.4.6 Vazão específica x Declividade transversal	89
5.4.7 Vazão específica x Declividade média.....	90
5.5 – CONSIDERAÇÕES FINAIS SOBRE OS RESULTADOS MORFOMÉTRICOS	91
6 – CONCLUSÕES E RECOMENDAÇÕES	92
REFERÊNCIAS BIBLIOGRÁFICAS	94
APÊNDICE A	102
APÊNDICE B.....	105

LISTA DE FIGURAS

Figura 1: Classificação dos reservatórios de detenção/retenção (Fonte: Adaptado de CANHOLI, 2014).	8
Figura 2: Microrreservatórios de detenção (Fonte: CRUZ et al., 1998).....	9
Figura 3: Curva envelope (Fonte: Adaptado de SILVEIRA E GOLDENFUM, 2007).	10
Figura 4: Fluxograma da metodologia de desenvolvimento da dissertação.	28
Figura 5: Mapa de localização do condomínio Alto da Boa Vista.	29
Figura 6: Linha histórica do processo de urbanização do Condomínio Alto da Boa Vista nos os anos de : 2004, 2013, 2017, 2020, 2022 e 2024.	31
Figura 7: Linha histórica no processo erosivo no Condomínio Alto da Boa Vista nos os anos de : 2004, 2013, 2017, 2020, 2022 e 2024.	31
Figura 8: Comparação entre as normais climatológicas dos períodos de 1961-1990, 1981-2010 e 1991-2020 para a temperatura média em Brasília-DF. Fonte: INMET, 2022.	33
Figura 9: Temperaturas e precipitação no verão 2023/2024 em Brasília (DF) e Normal Climatológica (1991 a 2020). Fonte: INMET, 2024.	34
Figura 10: Declividade do Condomínio Alto da Boa Vista.....	35
Figura 11: Pedologia do Condomínio Alto da Boa Vista.	37
Figura 12: Rede de drenagem existente no Condomínio Alto da Boa Vista.	38
Figura 13: Delimitação das sub-bacias.	39
Figura 14: Sub-bacia 1.....	40
Figura 15: Sub-bacia 2.....	40
Figura 16: Sub-bacia 3.....	40
Figura 17: Sub-bacia 4.....	40
Figura 18: Sub-bacia 5.....	40
Figura 19: Sub-bacia 6.....	40
Figura 20: Chuva de projeto para um TR de 10 anos e duração de 1440 minutos (24 horas).	43
Figura 21: Modelo e dimensões do microrreservatório adotado.	45
Figura 22: Modelagem 2D do CABV.	50
Figura 23: Vetores de velocidade.	50
Figura 24: Análise da velocidade para um TR de 10 anos sem microrreservatórios na bacia.	51
Figura 25: Análise da velocidade para um TR de 10 anos com microrreservatórios em toda bacia.....	51
Figura 26: Relação entre precipitação e volume de enchimento do microrreservatório para duração de 24 horas e TR de 10 anos.	54
Figura 27: Relação entre precipitação e volume de enchimento do microrreservatório para duração de 1 hora e TR de 10 anos.....	54
Figura 28: Análise do microrreservatório em escala de lote.	55
Figura 29: Tempo de concentração da sub-bacia 1.	56
Figura 30: Tempo de concentração da sub-bacia 3.	57
Figura 31: Resultado da aplicação de isócronas no amortecimento de vazão nas sub-bacias 1 e 3.	58
Figura 32: Tempo de concentração da sub-bacia 2.	60
Figura 33: Resultado da aplicação de isócronas no amortecimento de vazão na sub-bacia 2.	61
Figura 34: Tempo de concentração da sub-bacia 4.	63
Figura 35: Tempo de concentração da sub-bacia 5.	64

Figura 36: Resultado da aplicação de isócronas no amortecimento de vazão nas sub-bacias 4 e 5.	64
Figura 37: Tempo de concentração da sub-bacia 6.	66
Figura 38: Resultado da aplicação de isócronas no amortecimento de vazão na sub-bacia 6.	67
Figura 39: Resultado da vazão de pico das 3 simulações de redistribuição dos lotes do cenário "ISO 1+2" no exutório da sub-bacia 1 e sub-bacia 3.	69
Figura 40: Resultado da vazão de pico das 3 simulações de redistribuição dos lotes do cenário "ISO 1+2" no exutório da sub-bacia 2.	69
Figura 41: Resultado da vazão de pico das 3 simulações de redistribuição dos lotes do cenário "ISO 1+2" no exutório da sub-bacia 4 e sub-bacia 5.	69
Figura 42: Resultado da vazão de pico das 3 simulações de redistribuição dos lotes do cenário "ISO 1+2" no exutório da sub-bacia 6.	70
Figura 43: Vazão específica no exutório da sub-bacia 1 e sub-bacia 3.	72
Figura 44: Vazão específica no exutório da sub-bacia 2.	72
Figura 45: Vazão específica no exutório da sub-bacia 4 e sub-bacia 5.	73
Figura 46: Vazão específica no exutório da sub-bacia 6.	73
Figura 47: Vazão específica no cenário sem microrreservatório nas sub-bacias x Fator de forma.	78
Figura 48: Vazão específica no cenário com microrreservatório nas sub-bacias x Fator de forma.	79
Figura 49: Vazão específica no cenário sem microrreservatório nas sub-bacias x Índice de compacidade.	79
Figura 50: Vazão específica no cenário com microrreservatório nas sub-bacias x Índice de compacidade.	79
Figura 51: Corte transversal da sub-bacia 1.	81
Figura 52: Corte longitudinal da sub-bacia 1.	81
Figura 53: Corte transversal da sub-bacia 2.	82
Figura 54: Corte longitudinal da sub-bacia 2.	82
Figura 55: Corte transversal da sub-bacia 3.	83
Figura 56: Corte longitudinal da sub-bacia 3.	83
Figura 57: Corte transversal da sub-bacia 4.	84
Figura 58: Corte longitudinal da sub-bacia 4.	84
Figura 59: Corte transversal da sub-bacia 5.	85
Figura 60: Corte longitudinal da sub-bacia 5.	85
Figura 61: Corte transversal da sub-bacia 6.	86
Figura 62: Corte longitudinal da sub-bacia 6.	86
Figura 63: Vazão específica do cenário sem microrreservatório em todos os lotes x Declividade equivalente constante.	87
Figura 64: Vazão específica do cenário com microrreservatório em todos os lotes x Declividade equivalente constante.	87
Figura 65: Vazão específica do cenário sem microrreservatório em todos os lotes x Declividade média constante.	88
Figura 66: Vazão específica do cenário com microrreservatório em todos os lotes x Declividade média constante.	88
Figura 67: Vazão específica do cenário sem microrreservatório em todos os lotes x Declividade transversal.	89
Figura 68: Vazão específica do cenário com microrreservatório em todos os lotes x Declividade transversal.	89

Figura 69: Vazão específica do cenário sem microrreservatório em todos os lotes x Declividade média.	90
Figura 70: Vazão específica do cenário com microrreservatório em todos os lotes x Declividade média.	90

LISTA DE TABELAS E QUADROS

Tabela 1: Fórmulas adotadas para cálculo dos critérios morfométricos. Fonte: (Adaptado de ODIJI <i>et al.</i> , 2021).	16
Tabela 2: Valores de CN adotados para os usos do solo do Condomínio Alto da Boa Vista (adaptado de Tucci, 1993).	42
Tabela 3: Análise dos volumes das sub-bacias.	52
Tabela 4: Relação de lotes e vazão das sub-bacias 1 e 3.	58
Tabela 5: Relação de lotes e vazão da sub-bacia 2.	61
Tabela 6: Relação de lotes e vazão das sub-bacias 4 e 5.	65
Tabela 7: Relação de lotes e vazão da sub-bacia 6.	67
Tabela 8: Vazão no exutório de cada sub-bacia conforme redistribuição dos lotes da isócrona ISO3+4.	70
Tabela 9: Vazão no exutório de cada sub-bacia conforme redistribuição dos lotes da isócrona ISO5+6.	71
Tabela 10: Resumo da relação de porcentagem de lotes nas sub-bacias e o amortecimento de vazão de pico.	74
Tabela 11: Análise dos critérios de Fator de forma.	75
Tabela 12: Análise dos critérios de Índice de compacidade.	76
Tabela 13: Resumo das análises dos critérios morfométricos de área.	76

LISTA DE ABREVIACÕES E SIGLAS

ADASA	Agência Reguladora de Águas, Energia e Saneamento Básico do DF
APA	Área de Proteção Ambiental
BMP	<i>Best Management Practices</i>
CABV	Condomínio Alto da Boa Vista
CHIWater	<i>Computational Hydraulics International Water</i>
CN	Coefficiente Curva Número
Embrapa	Empresa Brasileira de Pesquisa Agropecuária Embrapa Cerrados
Fc	Fator de conformação
Ff	Fator de forma
GI	Green Infrastructure
IDF	Intensidade-Duração-Frequência
Kc	Índice de compacidade
LID	<i>Low Impact Development</i>
MDT	Modelo Digital de Terreno
PCSWMM	<i>Personal Computer Storm Water Management Model</i>
PDDU	Plano Diretor de Desenvolvimento Urbano
PTARH	Programa de Pós-Graduação em Tecnologia Ambiental e Recursos Hídricos

SC	<i>Source control</i>
SCM	<i>Stormwater Control Measures</i>
SQID	<i>Stormwater quality improvement devices</i>
SUDS	<i>Sustainable Urban Drainage Systems</i>
SWMM	<i>Storm Water Management Model</i>
TC	Técnicas Compensatórias
Tref	Termo de referencia
Tr	Tempo de retorno
UnB	Universidade de Brasília
WSUD	<i>Water Sensitive Urban Design</i>

1 - INTRODUÇÃO

A urbanização e a impermeabilização dos terrenos em geral aumentam o escoamento superficial, levando a problemas como alagamentos e erosões. Para mitigar esses efeitos, as técnicas compensatórias e seus efeitos têm sido cada vez mais utilizadas em áreas urbanas complementando os sistemas tradicionais de drenagem urbana.

Entre essas técnicas, pode-se citar os microrreservatórios. Eles são projetados para capturar e reter água da chuva diretamente no lote da residência ajudando a minimizar o escoamento superficial, se não impermeabilizados podem promover a infiltração da água restaurando parte da dinâmica natural do escoamento e aliviando os sistemas de drenagem.

Os microrreservatórios são versáteis e podem ser adaptados a diferentes configurações do sistema de drenagem pluvial urbana. Podem ser construídos com concreto, alvenaria e fibrocimento, e projetados para serem abertos, fechados, superficiais ou enterrados, dependendo da disponibilidade de espaço. Essa flexibilidade permite que os microrreservatórios se ajustem a diferentes condições e necessidades, maximizando seu potencial de aplicação.

Pesquisas sobre Técnicas Compensatórias têm analisado a influência da distribuição espacial dessas técnicas em áreas urbanas. Essa abordagem visa entender como a distribuição dentro da bacia hidrográfica pode afetar o desempenho das técnicas compensatórias e, conseqüentemente, melhorar o desempenho do sistema de manejo de águas pluviais.

Nesse contexto, destaca-se o estudo de Tansar et al. (2022), que revelou que, entre as quatro estratégias de alocação de Técnicas Compensatórias avaliadas, a estratégia uniforme (distribuída) foi a mais eficaz na redução do escoamento superficial. As outras três estratégias concentradas (a montante, central e a jusante) apresentaram um desempenho inferior, com diferenças mínimas entre elas. Por outro lado, Liang et al. (2019) recomendam que as alocações das Técnicas Compensatórias sejam concentradas na porção intermediária da sub-bacia, cobrindo aproximadamente 30% da área. As instalações a jusante devem ser limitadas a cerca de 20% da área da sub-bacia, e outras áreas devem cobrir pelo menos 5% da área da sub-bacia para terem algum efeito. Para tais análises, os autores utilizaram o software SWMM para modelagem hidráulico-hidrológica utilizando dados reais.

Outros autores, como Wang *et al.*, (2017) e Wang *et al.*, (2023) analisaram o desempenho dos microrreservatórios, na redução da vazão de pico. Eles observaram que, para períodos de retorno inferiores a 10 anos, os microrreservatórios analisados não atingiram sua capacidade máxima de armazenamento. Com o aumento do período de retorno, o desempenho na redução do pico de vazão também aumentou, atingindo uma taxa de redução de 71% para um tempo de retorno de 10 anos.

Entre os estudos nacionais, destacam-se Helfer (2019), Ponciano (2019) e Da Silva (2024), que investigaram a eficácia das práticas de Técnicas Compensatórias na redução do escoamento superficial direto em bacias hidrográficas urbanas (Tubarão- SC, Curitiba-PR e Lavras-MG). Por meio da análise da distribuição espacial dessas técnicas dentro da bacia, utilizando simulações com o software SWMM para avaliar sua eficiência.

Helfer (2019) constatou que a implantação de microrreservatórios de 25 m³ em todos os lotes de em uma bacia com uma taxa de 80% de impermeabilização, resultou em uma redução de 38% no volume alagado e de 47% na vazão de pico no exutório. Além disso, os resultados indicaram que o desempenho desses reservatórios na rede de drenagem não depende de sua distribuição espacial. A instalação de microrreservatórios nas zonas média e baixa da bacia proporcionou resultados semelhantes aos obtidos quando esses reservatórios foram distribuídos por toda a bacia.

Ponciano (2019) buscou determinar a alocação ideal dos microrreservatórios de retenção, com o objetivo de minimizar tanto os volumes de armazenamento necessários quanto os volumes de inundação nas bacias a montante e a jusante. Os resultados mostraram que não houve uma hierarquização dos reservatórios na rede de drenagem, indicando que soluções distribuídas são mais eficientes na redução dos volumes de inundação e na melhoria do controle de vazões em diferentes pontos da bacia.

Da Silva (2024) concluiu em seu estudo que, para precipitações com baixo tempo de retorno, as técnicas compensatórias não apresentaram variações significativas na redução da vazão, vazão de pico e volume de inundação. Além disso, aumentar a área ocupada de 10, 15, 20 e 25% por essas técnicas não levou a reduções proporcionais nas variáveis analisadas. O estudo também revelou que técnicas compensatórias distribuídas espacialmente apresentaram melhor desempenho na redução da vazão, vazão de pico e volume de

inundação. No entanto, apesar da redução significativa no volume de inundação, essas técnicas não conseguiram eliminar completamente as inundações.

A integração de estratégias de alocação com simulação hidrológica e hidráulica tem demonstrado ser uma abordagem interessante para a implementação de técnicas compensatórias em sistemas de drenagem urbana. Essas metodologias não apenas permitem determinar de forma precisa o dimensionamento e a otimização da localização das TC's, como também possibilitam a avaliação de diversos cenários de soluções mitigadoras.

É possível que o tempo de trânsito da água dos microrreservatórios até o exutório na bacia seja um fator importante. Nesse contexto, um mapeamento de linhas isócronas desse tempo de trânsito pode permitir identificar as áreas que possuem o mesmo tempo de concentração da água através da rede de drenagem urbana, proporcionando uma análise detalhada do comportamento hidrológico da bacia e facilitando a implementação de cenários.

Outros fatores podem ter influência no desempenho dos microrreservatórios são as características geomorfológicas da área urbanizada, dessa forma, a análise morfométrica da bacia hidrográfica pode ser empregada como a forma de verificar sua relação com a posição relativa dos microrreservatórios. A análise morfométrica tem sido historicamente utilizada na hidrologia para indicar a relação das características geométricas e topográficas da bacia com as vazões de enchentes geradas.

Portanto, o propósito deste trabalho é, por meio do programa *PCSWMM*, simular o comportamento hidráulico-hidrológico da rede de drenagem urbana e avaliar o impacto da alocação de microrreservatórios em uma área urbanizada e a possível influência das características geomorfológicas avaliadas por meio de indicadores morfométrico nas vazões de enchentes geradas pela área. O Condomínio Alto da Boa Vista, localizado no Distrito Federal, será utilizado como estudo de caso, uma vez que essa área já foi objeto de diversos estudos experimentais que analisaram a eficácia de diferentes tipos de superfícies permeáveis no controle da geração de escoamento superficial (MOURA, 2005; SILVA, 2006).

Esta dissertação está dividida em seis capítulos, cada um abordando uma etapa específica do desenvolvimento da pesquisa. No Capítulo 2, são apresentados os objetivos do estudo. O Capítulo 3, Revisão Bibliográfica. O Capítulo 4 descreve a metodologia empregada na

pesquisa, enquanto o Capítulo 5 apresenta os resultados obtidos. Finalmente, o Capítulo 6 reúne as principais conclusões e recomendações decorrentes deste estudo.

2 - OBJETIVOS

Avaliar o efeito do uso de microrreservatórios em diferentes arranjos espaciais, e em áreas com diferentes características geomorfológicas sobre o escoamento superficial em uma área urbanizada, utilizando o Condomínio Alto da Boa Vista -DF como estudo de caso.

2.1 – OBJETIVOS ESPECÍFICOS

- Simular a propagação do escoamento superficial utilizando a rede de drenagem existente com o uso de chuvas de projeto para a identificação dos pontos de alagamento da área de estudo e os pontos críticos na infraestrutura de drenagem urbana;
- Analisar o comportamento dos microrreservatórios no amortecimento da vazão de pico a jusante da rede, utilizando cenários formados por diferentes arranjos espaciais.
- Relacionar os resultados obtidos através do modelo hidrológico-hidráulico do SWMM com uma análise morfométrica da bacia.

3 – REVISÃO BIBLIOGRÁFICA

3.1 – TÉCNICAS COMPENSATÓRIAS DE DRENAGEM URBANA

O crescimento das áreas urbanizadas, associado com o desequilíbrio na expansão das infraestruturas de drenagem urbana, evidenciam problemas nos sistemas convencionais de gestão de águas pluviais em lidar com o escoamento superficial. Essa realidade, aliada à frequência de enchentes, alagamentos e deslizamentos, alertam a necessidade de urgência na reestruturação dos modelos de desenvolvimento urbano, integrando o manejo sustentável das águas pluviais urbanas (MENDES e SANTOS, 2022).

Os impactos negativos da drenagem urbana têm início com a urbanização e a modificação do padrão natural de escoamento do solo. Na área urbanizada, a inadequada gestão das águas pluviais resulta em uma série de consequências, como: (i) diminuição da recarga subterrânea; (ii) redução da qualidade da água pluvial; (iii) erosão e sedimentação; e (iv) aumento da vazão de pico do escoamento superficial e da incidência de inundações (SILVA *et al.*, 2024).

A proposta de distanciamento dos sistemas de drenagem convencionais, em favor da adoção de técnicas de drenagem sustentável, surge como uma alternativa que busca reduzir o pico de vazão e retardar o escoamento, consequentemente diminuindo os riscos de inundação e poluição, possibilitando o desenvolvimento de áreas urbanas sem que as águas pluviais gerem impactos indesejáveis nas cidades e nos corpos hídricos receptores (BUTLER e DAVIS, 2011). Essas técnicas compensatórias de drenagem urbana se diferenciam da abordagem tradicional de remoção rápida das águas pluviais, priorizando a infiltração e retenção das águas, diminuindo o volume de água escoada e alterando o tempo de fluxo (MOURA, 2004).

Podem ser implementadas em diversas escalas, desde áreas pequenas até sistemas que abrangem cidades inteiras, podem ser instaladas em propriedades privadas para compensar a impermeabilização causada por novas construções, e podem ser integradas ao ambiente urbano para diversos fins em espaços públicos, como edifícios (escolas, hospitais, escritórios governamentais, entre outros), áreas de recreação ao ar livre, como praças e pátios, e vias públicas (ADASA, 2023).

Diversas abordagens de engenharia são utilizadas para lidar com o manejo sustentável das águas pluviais, incluindo dispositivos de armazenamento, como as bacias de retenção.

Enquanto as Técnicas Compensatórias visam uma integração mais natural na paisagem urbana, um grande tanque de armazenamento de concreto na extremidade a jusante de um sistema de drenagem representa uma abordagem oposta, considerada extrema. Pequenos dispositivos de armazenamento (microrreservatórios) podem ser distribuídos como controle na fonte dentro de uma bacia hidrográfica, com controles de fluxo que atendam aos volumes ideais de armazenamento, estudos afirmam que o armazenamento distribuído pode levar a economias significativas de custo ao reduzir a capacidade necessária a jusante em um sistema de drenagem (ANDOH e DECLERK, 1999; BUTLER e DAVIS, 2011).

Segundo Agência Reguladora de Águas, Energia e Saneamento Básico do Distrito Federal (ADASA, 2023) o controle na fonte é realizado por dispositivos que, instalados no sistema de drenagem, têm como função abater vazões de pico e volumes de escoamento superficial, por meio da infiltração, reutilização e/ou armazenamento temporário das águas pluviais. Assim, os dispositivos apresentados devem ser avaliados quanto às suas restrições de uso levando em consideração características das edificações, dos lotes, dos solos, além das questões ambientais, tudo isso buscando desenvolver a melhor estratégia para a área.

Existem diversas formas de desenvolver uma estratégia de controle na fonte. Uma abordagem inicial é a de tentativa e erro, seja como alternativa ou complemento. Ao definir uma estratégia inicial de controle, como a estratégia padrão de ponto de ajuste fixo, é necessário realizar várias simulações, a fim de se aprimorar essa estratégia inicial. As estratégias gerais são: (i) Armazenamento preferencialmente a montante: a água pluvial é retida primeiramente nas partes superiores da rede para reduzir os impactos de inundação a jusante; (ii) Armazenamento preferencialmente a jusante: a água pluvial é retida nas partes inferiores da rede para minimizar os impactos do extravasamento combinado a montante; (iii) Armazenamento equilibrado: os vários elementos de armazenamento são preenchidos de maneira uniforme em toda a bacia hidrográfica (BUTLER e DAVIS, 2011).

Conforme Cunha *et al.* (2016), a otimização da localização e o dimensionamento dos dispositivos de detenção e seus elementos de controle de fluxo nos sistemas de drenagem requerem abordagens integradas. Isso inclui modelos de otimização para determinar o número mínimo, localização e tamanho dos microrreservatórios, bem como o tamanho dos orifícios. Essas decisões são cruciais para os sistemas de drenagem de águas pluviais e exigem uma abordagem eficiente e criteriosa.

Um dos tipos de Técnicas Compensatórias de drenagem urbana com controle na fonte que vem sendo estudado no Brasil é o uso de microrreservatórios. Essa estratégia visa armazenar o excesso de água resultante da impermeabilização do solo em lotes, mantendo a taxa de escoamento no ponto de saída próxima às condições pré-urbanização (DRUMOND *et al.*, 2014).

Canholi (2014) apresenta uma classificação para os reservatórios podendo ser aplicada também para os microrreservatórios, de acordo com o seu posicionamento e função nos sistemas de drenagem, em *on-line*, ou seja, na linha principal do sistema ou a ele conectado em série, e *off-line*, quando implantados em paralelo, para desvio dos escoamentos, ou um arranjo dos dois (Figura 1).

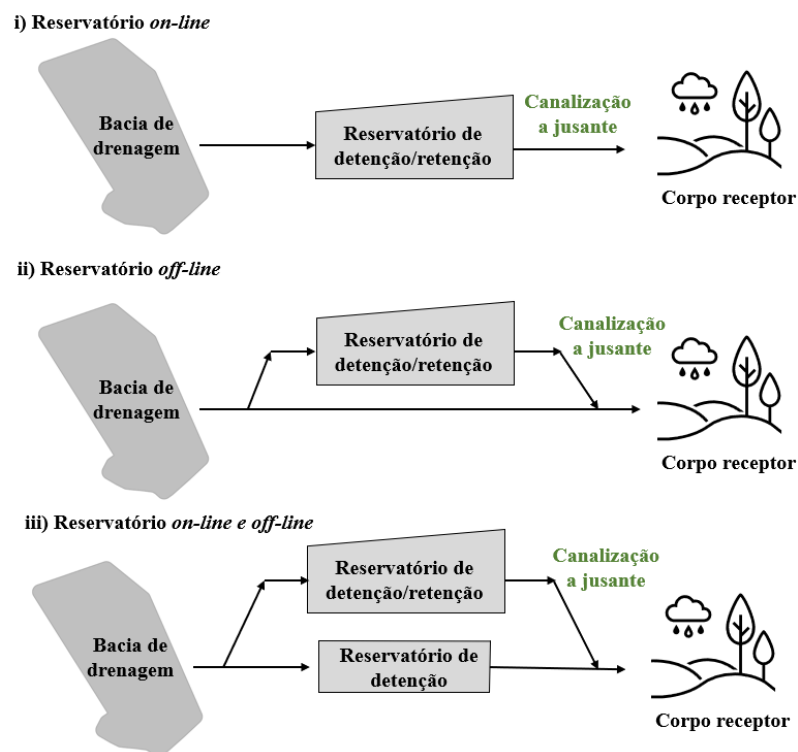


Figura 1: Classificação dos reservatórios de retenção (Fonte: Adaptado de CANHOLI, 2014).

No cenário internacional, os microrreservatórios são geralmente conhecidos como *On-site Stormwater Detention* (Detenção de Águas Pluviais no Local - OSD), *Detention Tank* (tanque de retenção) e *Rain Barrel* (Barris de chuva). Os sistemas de armazenamento ainda se dividem em: (i) acima do solo: acomodação do volume do reservatório no terreno para atingir o armazenamento necessário, retenção de poluentes através de elementos paisagísticos na infiltração quando usado como suporte para jardins de chuva, baixo custo

de construção e manutenção simplificada; (ii) subterrâneo armazenamento de grandes volumes de água de forma discreta, mantendo a estética do local; (iii) ou uma combinação de ambos. É fundamental selecionar um tipo de armazenamento adequado considerando o local a ser implantado, os custos e eficácia do microrreservatório (AUSTRALIAN RAINFALL AND RUNOFF, 2019).

Conforme autores como Baptista *et al.*, (2005) e Righetto *et al.*, (2009), antes de projetar estruturas de armazenamento e/ou infiltração para o sistema de drenagem, é essencial realizar um diagnóstico do sistema existente. Esse diagnóstico fornece as informações e dados relevantes para orientar a escolha das soluções mais adequadas e indicações sobre sua implementação. Cada uma das diferentes técnicas deve ser confrontada com os vários requisitos e implicações pertinentes que podem ou não limitar seu emprego, possibilitando a identificação das técnicas efetivamente viáveis para uma dada situação.

3.2 – MICRORRESERVATÓRIOS

Microrreservatórios, são dispositivos de controle na fonte de águas pluviais desenvolvidos para compensar a perda da capacidade de armazenamento de terrenos com solos impermeabilizados. São estruturas simples, na forma de caixas de concreto ou de alvenaria, superficiais ou subterrâneas (Figura 2) (ADASA, 2023).

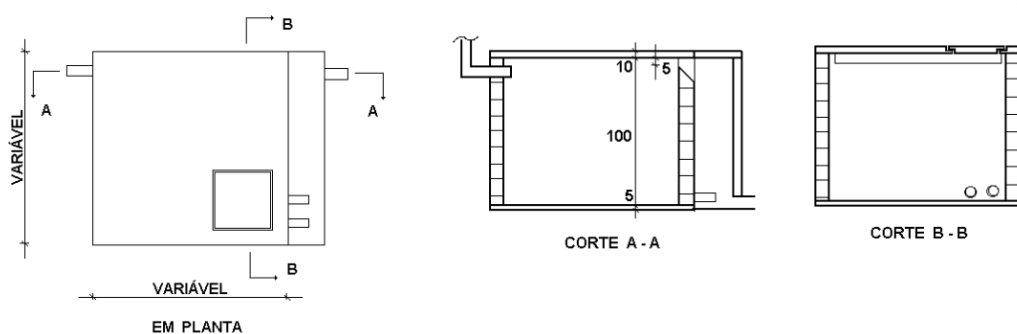


Figura 2: Microrreservatórios de detenção (Fonte: CRUZ et al., 1998).

Sua função é reservar temporariamente as precipitações, retardar a velocidade do escoamento superficial e proporcionar o amortecimento de picos de cheias, de maneira que a vazão máxima de saída após a impermeabilização seja próxima à das condições naturais.

No microrreservatório, a água é direcionada a uma tubulação de saída, que pode estar conectada ou não à rede pública de drenagem urbana, e deve possuir seção inferior à de entrada, restringindo a vazão de saída do escoamento. Quando a vazão de chegada é superior à de saída, as águas precipitadas começam a ser armazenadas, retardando e diminuindo o pico do hidrograma de saída. No projeto de um microrreservatório, é necessário prever a instalação de um extravasor ou de um vertedor de emergência, para prevenir o colapso do sistema em casos em que o volume de acumulação seja inferior ao necessário para amortecer um evento chuvoso superior ao de projeto (CRUZ *et al.*, 1998; DRUMOND, 2012; O'LOUGHLIN *et al.*, 1995).

Para avaliar o amortecimento da vazão de pico, existem métodos que possibilitam o cálculo do volume do microrreservatório de maneira mais simples. Um exemplo é o método da Curva Envelope proposto por Urbonas e Stahre (1993), que se baseia no balanço de massa em um reservatório de detenção. Esse método utiliza curvas de volume acumulado de escoamento e vazão em diferentes durações de chuvas, onde a maior diferença entre as duas curvas expressa o volume de armazenamento. O método não considera o tempo de concentração da bacia e utiliza o método racional para estimar a contribuição da vazão para a bacia de detenção (SANTOS *et al.*, 2021).

Para efeito de cálculo, os volumes podem ser expressos em lâminas de água equivalentes sobre a área em planta do dispositivo (Figura 3). A curva afluente é determinada pela curva HDF (altura-duração-frequência das chuvas), ajustada por coeficientes de escoamento e de relação das áreas. Por outro lado, a curva efluente geralmente é representada por uma reta, assumindo-se, por simplicidade, uma vazão de saída constante do dispositivo (SILVEIRA e GOLDENFUM, 2007).

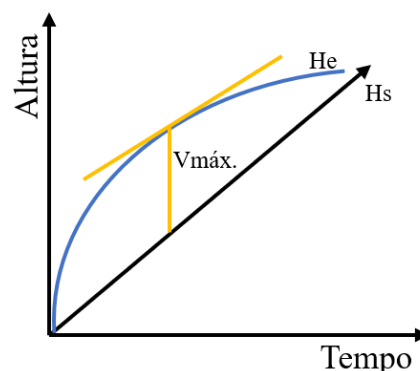


Figura 3: Curva envelope (Fonte: Adaptado de SILVEIRA E GOLDENFUM, 2007).

Define-se inicialmente, as seguintes variáveis de massa (função do tempo):

HE = lâmina d'água de entrada acumulada medida sobre a área em planta da Técnica Compensatória.

HS = lâmina d'água de saída acumulada, também medida sobre a área em planta da Técnica Compensatória;

A função HE é construída pela IDF multiplicada pelo tempo (o que vem a ser uma HDF) e por fatores de escoamento e relações de área.

Silveira e Goldenfum (2007) propõem um método que se baseia no método da Curva Envelope, denominado método generalizado de cálculo. Este método compara a curva de massa dos volumes afluentes ao dispositivo com a curva de massa dos volumes efluentes, determinando o volume de dimensionamento como a maior diferença entre essas curvas. A seguir, são apresentadas as Equações para o pré-dimensionamento do volume e altura de armazenamento de um microrreservatório estanque.

$$V_{m\acute{a}x} = \left(\sqrt{\frac{a}{60}} * \sqrt{\beta} * T^{\frac{b}{2}} - \sqrt{\frac{c}{60}} * \sqrt{\gamma} * \sqrt{H} \sqrt{q_s} \right)^2 \quad (1)$$

$$\beta = \frac{C * A}{B * L} \quad (2)$$

$$\gamma = \frac{2 * (L + B)}{L * B} \quad (3)$$

Para um microrreservatório estanque:

$$H = V_{m\acute{a}x} \quad (4)$$

$$\sqrt{\gamma} * \sqrt{H} = 1 \quad (5)$$

Sendo:

$V_{m\acute{a}x}$ = o volume de dimensionamento (mm);

H = a profundidade média do volume de acumulação do dispositivo (mm);

T = o período de retorno (anos);

a, b, c = os parâmetros da equação IDF de Talbot;

q_s = a vazão de saída do dispositivo (mm/h);

A = a área contribuinte ao dispositivo (m²);

C = o coeficiente de escoamento da área de contribuição;

L, B = as dimensões do dispositivo (m);

γ = a razão entre área de percolação e o volume do dispositivo (mm-1); e

β = o produto do coeficiente de escoamento pela razão entre a área contribuinte e a área do dispositivo.

De acordo com a Agência Reguladora de Águas, Energia e Saneamento Básico do Distrito Federal (ADASA, 2023), o volume do microrreservatório pode ser calculado com a equação geral de medidas de controle por armazenamento (Equação 6).

$$V_c = 4,705 * A * P_i \quad (6)$$

Onde:

V_c = volume de armazenamento (m³);

A = área de contribuição total (ha);

P_i = proporção de área impermeável (%).

Em geral, o amortecimento calculado dos microrreservatórios está relacionado à estrutura de descarga que regulará a vazão de saída. O descarregador de fundo restringe a vazão de saída do microrreservatório, que está em função da carga hidráulica e do diâmetro da tubulação. Isso é determinado pela equação geral dos orifícios, que regula o escoamento superficial, definindo as vazões de saída (Equação 7).

$$Q = C_d * A * \sqrt{2 * g * h} \quad (7)$$

onde:

Q = vazão (m³/s);

C_d = coeficiente de descarga. A bibliografia clássica recomenda em geral os valores médios de coeficientes de descarga de 0,61 para orifícios e de 0,82 para bocais (Azevedo Netto, 1998).

A = área da seção transversal do tubo (m²);

H = corresponde à carga total sobre o eixo do tubo (m).

Os microrreservatórios são uma alternativa interessante para áreas edificadas, onde os espaços destinados às Técnicas Compensatórias são limitadas. Ainda de acordo com Agência Reguladora de Águas, Energia e Saneamento Básico do Distrito Federal (ADASA, 2023) os projetos de microrreservatórios devem ser elaborados seguindo as seguintes orientações: (i) devem possuir estudos que indiquem o uso e a ocupação do imóvel, a máxima taxa de impermeabilidade da área de contribuição e a localização proposta do dispositivo; (ii) plano de manutenção, contendo estimativas de custos de limpeza e periodicidade da manutenção técnica, acrescido das tecnologias recomendadas para o seu correto funcionamento; (iii) e a definição dos responsáveis pela operação e manutenção.

De acordo com Drumond (2019) outra vantagem na adoção de microrreservatórios é incentivar a participação dos cidadãos na gestão da drenagem urbana, responsabilizando-os pela manutenção das vazões de pico de seus lotes próximos às condições naturais. No

entanto, mais pesquisas são necessárias para avaliar sua eficácia na redução da vazão em condições reais, os desafios da manutenção e operação, os custos de instalação e a disposição dos cidadãos em adotar essas técnicas.

Souza (2018) propôs um método de dimensionamento de microrreservatórios para a cidade de Curitiba-PR, estabelecendo critérios que relacionam as áreas impermeabilizadas dos lotes aos parâmetros dos reservatórios. Esses parâmetros garantem a função de controle dos reservatórios, considerando sua área de base, lâmina de água e diâmetro do orifício regulador de vazão. Com o objetivo de que os reservatórios permitam que a área impermeabilizada retorne à sua condição de pré-urbanização em termos de vazões de contribuição, Souza estimou que a redução necessária da vazão de pico é de 70,24%, baseando-se na relação entre os coeficientes de escoamento superficial e suas condições de impermeabilização. Ao comparar os resultados obtidos com os previstos na legislação municipal, além de considerar a possibilidade de melhoria na eficiência dos reservatórios, foi identificada um potencial redução de 24,14% do volume dos microrreservatórios em relação ao cálculo atual.

3.2.1 – Desempenho dos microrreservatórios

Helfer (2019) avaliou o efeito dos microrreservatórios na rede de drenagem por meio de simulações de uma chuva com tempo de retorno de 10 anos e duração de 24 horas, utilizando o modelo SWMM (*Storm Water Management Model*), variando a distribuição espacial dos reservatórios na bacia. As zonas de distribuição foram definidas com base na altimetria da bacia, classificadas em três zonas: Alta, Média e Baixa. A implantação de microrreservatórios em todos os lotes da bacia reduziu o volume alagado em 38% e a vazão de pico no exutório em 47%. Os resultados indicaram que a instalação de microrreservatórios nas zonas Média e Baixa proporcionam efeitos na macrodrenagem semelhantes aos obtidos com a implantação de microrreservatórios em toda a bacia.

Ponciano (2019) desenvolveu um método para determinar a distribuição ótima de volumes de reservatórios em redes de drenagem, utilizando critérios estabelecidos pelo tomador de decisão. Combinando um algoritmo com o modelo hidrológico SWMM, o estudo visou alocar otimamente os microrreservatórios de retenção, minimizando os volumes dos reservatórios e das inundações nas bacias atual e à jusante, nas áreas de estudo. Os resultados indicaram a falta de hierarquização dos reservatórios na rede de drenagem, sugerindo soluções distribuídas. O autor ainda ressalta que um resultado importante foi a percepção de

que a eficácia da rede de microrreservatórios como um todo é mais significativa do que a contribuição de reservatórios individuais.

Wang *et al.* (2023) destacam que a taxa de captura de volume de precipitação anual em Técnicas Compensatórias é significativamente influenciada por suas características operacionais, especialmente no caso de tanques residenciais de retenção de águas pluviais (microrreservatórios). Diversas estratégias operacionais multiobjetivo desses microrreservatórios foram comparadas em um estudo de caso em Pequim, utilizando um modelo de gestão de águas pluviais. Os autores concluíram que o esquema operacional e os períodos de retorno influenciam significativamente a eficácia da taxa de redução do pico de vazão. Quando o período de retorno foi inferior a 10 anos, os microrreservatórios não atingiram sua capacidade máxima de armazenamento, e a taxa de redução do pico de fluxo aumentou com o período de retorno: a taxa de redução do pico de fluxo foi de 71,47% para um período de retorno de 10 anos. Portanto, a operação dos microrreservatórios pode ser integrada com controle em tempo real para otimizar a taxa de captura de volume de precipitação anual, promovendo a reutilização de águas pluviais e a mitigação de inundações, aumentando a eficiência do uso do volume desses microrreservatórios.

Além disso, as pesquisas estão buscando compreender como a localização dos reservatórios em uma bacia hidrográfica pode gerar resultados diferentes. Wang *et al.*, (2017) e Ravazzani *et al.*, (2014) sugerem que diferentes localizações de tanques de retenção em uma bacia hidrográfica causam impactos variados a jusante. Portanto, a eficiência dos tanques de retenção pode variar conforme suas posições. Tanques de retenção isolados tendem a reduzir o pico de vazão em suas áreas contribuintes. No entanto, os hidrogramas de saída dessas áreas podem se combinar com o fluxo de outras sub-bacias, resultando em picos mais elevados do que nas condições anteriores. Dessa forma, tanques de retenção isolados em algumas sub-bacias podem potencialmente agravar o alagamento em vez de aliviá-lo.

Righetto *et al.*, (2009) ressaltam que a localização dos reservatórios dentro da sub-bacia pode ter um impacto significativo na retenção de águas pluviais, uma vez que a eficácia dessas estruturas está intrinsecamente ligada à sua posição estratégica para otimizar a captação e a retenção de água. Os critérios de análise que determinam a viabilidade das diferentes técnicas abrangem aspectos físicos, urbanísticos, de infraestrutura, sanitários, ambientais e socioeconômicos. Entre os aspectos físicos, destacam-se as características morfométricas das bacias e sub-bacias, incluindo declividade, tipo de solo, nível do lençol freático e

capacidade de infiltração. Baumgardner (1987) trata que as análises morfométricas têm sido úteis na compreensão de processos como inundações, erosão e movimentação de massa.

3.2.2 – Análise morfométrica

A análise morfométrica envolve descrição matemática e características das feições naturais que compreendem o relevo dentro de uma bacia hidrográfica (FENTA et al., 2017).

Uma análise morfométrica completa de uma bacia de drenagem é essencial para compreender a abrangência dos efeitos da morfologia de drenagem sobre os acidentes geográficos e suas características. Isso se deve ao fato de que as características fisiográficas de uma bacia de drenagem, como escala, forma, textura, padrão, gradiente e densidade de drenagem, podem estar relacionadas a uma variedade de fenômenos hidrológicos. Ao desenvolver e empregar técnicas para medir a topografia do terreno, a análise morfométrica ajuda a visualizar a bacia de drenagem, revelando os processos hidrológicos e geomorfológicos associados que ocorrem na bacia (ALBAROOT *et al.*, 2018).

Os parâmetros morfométricos representam abordagens relativamente simples que podem ser utilizadas para investigar uma bacia hidrológica (STRAHLER, 1964; HORTON, 1945).

Os parâmetros morfométricos envolvem características lineares, de área e de relevo, podendo ser empregados em investigações de avaliação e proteção de recursos naturais e avaliação de risco hidrológicos (CHARIZOPOULOS *et al.*, 2019; OBEIDAT *et al.*, 2021). Segundo Strahler (1964), as características lineares de uma bacia hidrográfica são atributos que descrevem a rede de drenagem e os cursos de água em termos de sua extensão e conectividade. Elas medem aspectos relacionados ao comprimento e à interconexão dos cursos d'água dentro de uma sub-bacia, fornecendo informações sobre a resistência à erosão e a estabilidade da rede de drenagem.

Para produzir uma representação numérica da divisão da paisagem e do potencial de escoamento, a densidade de drenagem é frequentemente determinada através de pesquisas sobre características aéreas. Nesse contexto, são interpretados parâmetros como fatores de extensão da bacia, comprimento do fluxo superficial, densidade e frequência de drenagem, razão de alongamento e de circularidade, coeficiente de compacidade, e tempo de concentração e recessão (OYEDOTUN, 2020).

Para investigar os aspectos do relevo, os critérios comuns incluem relevo total da bacia, índice de relevo e relevo relativo, fator de forma, índice de rugosidade, razão de gradiente e análise de taludes (ODIJI *et al.*, 2021).

A Tabela 1 apresenta as principais características morfométricas, incluindo parâmetros lineares, de área e de relevo, juntamente com suas respectivas fórmulas de cálculo. Cada critério morfométrico é detalhado para fornecer uma compreensão abrangente dos métodos utilizados na análise da bacia hidrográfica.

Tabela 1: Fórmulas adotadas para cálculo dos critérios morfométricos. Fonte: (Adaptado de ODIJI *et al.*, 2021).

Características	Crítérios morfométricos	Fórmulas
Lineares	Área (A)	Área da bacia hidrográfica
	Perímetro (P)	O comprimento total do limite da bacia hidrográfica
	Comprimento (C)	O comprimento máximo da bacia hidrográfica
Área	Fator de forma (Ff)	$Ff = \frac{C}{Comp.axial}$
	Índice de Compacidade (Kc)	$Kc = \frac{0,282 * p}{\sqrt{A}}$
Relevo	Relevo da bacia (R)	$R = H - h$
	Inclinação (I)	$I = \frac{H - h}{C}$
	Smc (Declividade média constante)	$Smc = \frac{2 * \sum A}{L^2}$
	Sec (Declividade equivalente constante)	$Sec = \left[\frac{L}{\sum_{i=1}^n \frac{Li}{\sqrt{Si}}} \right]^2$

A seguir, são apresentados os principais fatores utilizados na caracterização geomorfológica das bacias hidrográficas. Os índices referentes às características das áreas de uma bacia hidrográfica, como o Fator de Forma (Ff) e Índice de compacidade (Kc), essenciais para entender a forma da bacia e prever seu comportamento durante eventos de chuva. Esses índices ajudam a determinar a propensão da bacia a enchentes, a rapidez da resposta hidrológica e a concentração do escoamento, proporcionando uma análise do impacto das chuvas.

O fator de forma é um índice matemático frequentemente utilizado para caracterizar as diversas formas das bacias hidrográficas. Esse fator é definido pela relação entre a largura média da bacia e seu comprimento axial, medido ao longo de toda a extensão da bacia. O valor do fator de forma (Ff) varia de 0,1 a 1. Quanto menor o valor do Ff, mais alongada será a bacia hidrográfica e menor será a frequência de enchentes; valores de Ff próximos a 1 ou maiores indicam que a bacia tem uma forma arredondada ou circular, apresentando maiores tendências a enchentes. Este parâmetro é semelhante em interpretação à razão de alongamento e razão de circularidade, fornecendo uma ideia sobre o caráter circular da bacia. Quanto maior o caráter circular da bacia, mais rápida é a resposta da bacia após um evento de tempestade, aumentando a probabilidade de ocorrência de picos de escoamento (HORTON, 1932; ODIJI *et al.*, 2021).

O Índice de Compacidade classifica as sub-bacias de acordo com sua propensão a grandes enchentes. Sub-bacias com Kc entre 1 e 1,25 têm alta propensão a enchentes, devido à sua forma mais compacta, que favorece o rápido escoamento superficial. Já sub-bacias com Kc entre 1,25 e 1,5 possuem uma tendência moderada a enchentes, equilibrando a geometria e o tempo de concentração. Sub-bacias com Kc superior a 1,5, por sua forma mais radial e ramificada apresentam menor risco de enchentes, pois o escoamento ocorre de forma mais lenta e gradual, variando de acordo com a velocidade do escoamento em cada sub-bacia (ODIJI *et al.*, 2021).

A declividade média constante (Smc) é obtida traçando-se uma linha no gráfico do perfil longitudinal, de modo que a área entre essa linha e o eixo das abscissas seja equivalente à área compreendida pelo perfil longitudinal da rede e o eixo das abscissas. Esse valor é considerado mais realista quando comparado a declividade normal e é amplamente utilizado para representar a declividade ao longo de um perfil.

Por outro lado, a declividade equivalente constante (Sec), proposta por Taylor e Schwartz em 1952, é uma abordagem que leva em conta o tempo que a água leva para percorrer o perfil longitudinal. Com base na Equação de Chézy, que relaciona a velocidade do fluxo com a raiz quadrada da declividade, a Sec é definida de modo que o tempo necessário para a água atravessar toda a extensão da rede seria o mesmo que o tempo necessário para percorrer cada trecho com diferentes declividades. Isso reduz a influência das altas

declividades, proporcionando uma avaliação mais equilibrada do comportamento do escoamento.

A inclusão e a facilidade das fórmulas de cálculo associadas a cada parâmetro facilitam a replicação dos métodos em diferentes estudos. Além disso, a integração da análise morfométrica com processos hidrológicos fornecem uma ferramenta valiosa para compreender as características das sub-bacias hidrográficas, especialmente no contexto da gestão de inundações e erosões, reforçando a importância e a eficácia dessa abordagem integrada na prática de planejamento e gestão dos recursos hídricos (OGAREKPE *et al.*, 2020; OBEIDAT *et al.*, 2021; VIECELI *et al.*, 2015).

3.2.3 - Políticas públicas no uso de microrreservatórios

Na drenagem urbana, as medidas de controle estruturais são planejadas por bacias hidrográficas urbanas e incluem ações na infraestrutura da rede de drenagem que modificam as relações entre precipitação e vazão, reduzindo e retardando os picos de enchentes e controlando a erosão da bacia (TUCCI, 1997). Por outro lado, as medidas de controle não-estruturais visam mitigar o impacto das novas construções, evitando que o volume do escoamento superficial e a vazão máxima causem danos em áreas públicas. Isso é feito por meio da regulamentação do uso e ocupação do solo e da implementação de políticas que incentivem o uso sustentável e seguro do território (ADASA, 2023; TUCCI, 2001).

Em geral, as legislações, manuais de drenagem e planos diretores propõem o controle da vazão de saída das novas construções. Portanto, todo novo empreendimento, deve compensar o acréscimo de vazão com a implantação de dispositivos de controle na fonte, e esses dispositivos devem ser parte integrante do próprio empreendimento. Este controle deve assegurar o amortecimento ou infiltração dos volumes produzindo (ADASA, 2023).

A Lei Nº 11445/2007 (BRASIL, 2007) estabelece as diretrizes nacionais para o saneamento básico, atualizada pela Lei Nº 14.026/2020 (BRASIL, 2020) conhecida como Lei do Novo Marco Legal do Saneamento. Ela regulamenta os serviços de drenagem urbana, constituídos pelas atividades, pelas infraestruturas e pelas instalações operacionais de drenagem de águas pluviais, transporte, detenção ou retenção para o amortecimento de vazões de cheias, tratamento e disposição final das águas pluviais drenadas.

Drumond (2019) retrata que no Brasil não há diretrizes nacionais ou regulações federais sobre gerenciamento de águas pluviais que recomendem a aplicação de técnicas de controle de drenagem urbana na fonte. As principais regulações relacionadas à drenagem urbana e, principalmente, que tratam sobre o controle de águas pluviais na fonte encontram-se nas esferas municipais.

Campo *et al.*, (2023) propuseram realizar uma análise de conteúdo a respeito de legislações municipais brasileiras que tratam do uso de microrreservatórios de águas pluviais, principalmente os voltados à retenção para amortecimento de cheias, foram selecionados 30 municípios, sendo todas as capitais de Estado (incluindo o Distrito Federal) e demais cidades com população maior que 1 (um) milhão de habitantes. A busca se deu por palavras-chaves a partir de uma base de dados construída através da revisão das legislações.

Foram encontradas 35 legislações que obrigam a instalação de microrreservatórios para amortecimento de cheias, sendo 2 de abrangência estadual, 2 distritais e 31 municipais, entre elas 4 revogadas. Das 35, foram identificadas 18 legislações municipais que possuem parâmetros de dimensionamento, entre as quais 14 apresentam exigências quanto ao volume armazenado.

O estudo confirmou que as legislações sobre o dimensionamento de microrreservatórios para amortecimento de cheias não estão presentes em todos os municípios brasileiros, especialmente os do Norte e Nordeste do país. A análise qualitativa revelou que esses instrumentos legais frequentemente se baseiam em experiências de outros locais e são implementados sem avaliação crítica adequada, além de não especificarem claramente os usos pretendidos e os parâmetros de dimensionamento (CAMPOI, *et al.*, 2023).

De acordo com a ADASA (2023), recomenda-se que os projetos de obras de drenagem no Distrito Federal utilizem intensidades de chuvas com períodos de retorno iguais ou superiores a 10 ou 25 anos, dependendo do nível de complexidade do projeto. Para projetos de baixa e média complexidade e áreas de contribuição de até 300 hectares, adota-se um tempo de retorno de 10 anos.

Importante destacar que, conforme o Art. 5º da Resolução Adasa nº 26, de 17 de agosto de 2023 (ADASA, 2023), para uma área de contribuição, a vazão outorgada deve ser limitada à vazão de pré-desenvolvimento especificada de até 24,4 L/s.ha (vinte e quatro inteiros e quatro décimos de litro por segundo por hectare).

A resolução também destaca que, para efeitos de cálculos, a duração da chuva de projeto deve ser de, no mínimo, 24 horas, com distribuição temporal estabelecida para maximizar o pico, associada a um período de retorno de 10 anos. Os projetos devem especificar o volume e as dimensões do reservatório de quantidade, apresentando o cálculo de amortecimento de cheias e as vazões máximas dos dispositivos de saída (ADASA, 2023).

Além disso, os microrreservatórios de armazenamento devem ser dotados de um descarregador de fundo para controle da vazão efluente, dimensionado com capacidade máxima equivalente à vazão de restrição de pré-desenvolvimento. Para o controle da vazão efluente, utiliza-se, normalmente, um orifício de seção circular, seção retangular ou bocal de seção circular, que devem atender às seguintes condições: (i) A saída deve ser sempre livre, pois caso seja afogada, a capacidade de retenção da técnica compensatória será menor que a de projeto; (ii) A capacidade de descarga do orifício ou bocal deverá ser, para o nível d' água máximo na técnica compensatória (Nível d'água máximo), limitada à vazão de pré-desenvolvimento de 24,4 L/s.ha (ADASA, 2023).

3.3 – MODELAGEM DE SISTEMAS DE DRENAGEM URBANA

Um modelo é uma representação semelhante, porém mais simples, a um ou mais processos e sistemas do mundo real. A simulação de modelos permite o estudo do comportamento e do desempenho de sistemas do mundo real que, de outra forma, seriam muito complexos, caros, perigosos ou demorados para serem utilizados. A modelagem é usada para explorar cenários teoricamente possíveis dentro de um conjunto de estados do sistema e condições de contorno (MARIA, 1997; SUGUMARAN e DEGROOTE, 2010; PELORROSO, 2020).

Os modelos computacionais têm se mostrado como ferramentas importantes para a concepção e dimensionamento dos sistemas de manejo de águas pluviais, além de serem úteis no projeto de obras corretivas ou complementares (RIGHETTO, 2009). A modelagem é uma ferramenta que pode ajudar a prever condições diferentes das observadas e antecipar eventos, como a ocorrência de eventos extremos estatisticamente possíveis (TUCCI, 1993).

A modelagem é uma ferramenta importante no planejamento urbano. Com ela, profissionais qualificados podem entender o comportamento geral do sistema, permitindo decisões estratégicas sobre a alocação de técnicas compensatórias e a avaliação do desempenho dos processos envolvidos, promovendo um manejo eficiente das águas pluviais na região (BRITO, 2022).

As práticas de gestão de águas pluviais baseadas em técnicas compensatórias mudaram o foco dos sistemas urbanos de drenagem convencionais para soluções de armazenamento e infiltração. Avaliar a eficácia dessas técnicas em manter os estados hidrológicos naturais pré-desenvolvimento é um desafio. Por isso, várias agências governamentais, incluindo a Agência de Proteção Ambiental dos Estados Unidos (*US EPA*), desenvolveram diretrizes para a implementação eficaz dessas técnicas, utilizando diversas abordagens de modelagem numérica para avaliar seu desempenho na redução do escoamento, dos picos de fluxo e das cargas poluentes (ABDULJALEEL *et al.*, 2023), como o SWMM.

O *Storm Water Management Model* (SWMM) é um modelo dinâmico chuva-vazão amplamente utilizado na gestão de sistemas de drenagem urbana. Ele pode ser aplicado tanto para eventos específicos quanto de forma contínua, simulando quantitativamente variáveis em ambientes urbanos. O componente de escoamento do SWMM é responsável por coletar a água da chuva de cada sub-bacia e conduzi-la através de condutos, canais, reservatórios e outros reguladores. Durante a simulação, o modelo calcula as vazões, os níveis d'água e a qualidade da água nos condutos e canais em cada intervalo de tempo (ROSSMAN, 2015; LIMA, 2019).

No SWMM a área de estudo é dividida em sub-bacias e estas são subdivididas em áreas impermeáveis e permeáveis, cada sub-bacia é tratada como um reservatório não linear, no qual o escoamento superficial ocorre pela combinação da equação de Manning e da equação da Continuidade. A equação é resolvida pelo método numérico de Newton-Raphson (ROSSMAN e HUBER, 2016).

Admite-se que, inicialmente, a porção impermeável da sub-bacia se converte totalmente em escoamento superficial, com exceção de qualquer retenção inicial devida à altura de armazenamento em depressão especificada para esta área. Para as áreas permeáveis, o SWMM permite ao usuário selecionar o método de cálculo da infiltração a ser utilizado: Curva Número, Horton ou Green-Ampt.

A propagação do escoamento na rede de drenagem é modelada de duas maneiras: o escoamento em regime uniforme e o escoamento por onda cinemática, ambos utilizando simplificações das equações de Saint Venant. E o modelo de onda dinâmica (hidrodinâmico) através das equações completas de Saint Venant (RIGHETTO, 2009).

O fluxo de água na superfície ocorre quando a profundidade da água na sub-bacia excede a capacidade máxima de armazenamento das depressões. A profundidade da água é calculada equilibrando os fluxos de entrada e saída da sub-bacia, desconsiderando a evapotranspiração. O resultado é a quantidade de água escoada superficialmente e sua propagação até os elementos da rede de drenagem.

No SWMM, os dispositivos de técnicas compensatórias podem ser representados como parte de uma sub-bacia ou como uma sub-bacia ao todo, no caso de uma área verde ser usada como um jardim de chuva ou vala de infiltração. Podem ser dimensionados *off-line*, quando não possuem conexão com a rede de drenagem, ou *in-line (on-line)* quando conectados. Os dispositivos presentes no programa são: células de biorretenção, jardins de chuva, telhados verdes, trincheiras de infiltração, pavimentos permeáveis, reservatórios de chuva (barris de chuva), desconexão de telhado e valas vegetadas. O modelo requer parâmetros gerais, como área ocupada, e específicos para cada LID. As bacias de retenção e detenção de chuva são representadas por nós de armazenamento, com curvas de enchimento (ROSSMAN e HUBER, 2016; COSTA, 2022).

Como o foco deste trabalho é a utilização de microrreservatórios, é importante detalhar as equações utilizadas pelo SWMM para este fim. No SWMM, um microrreservatório é modelado como um barril de chuva, sendo representado por uma camada de armazenamento de um espaço vazio e uma válvula de drenagem acima de um fundo impermeável (ROSSMAN e HUBER, 2016), possuindo apenas uma Equação de continuidade (Equação 8):

$$\frac{\partial d_3}{\partial t} = f_1 - q_1 - q_3 \quad (8)$$

Onde:

d_3 = altura da água na camada de armazenamento;

f_1 = representa a quantidade de entrada superficial capturada pelo barril;

q_1 = taxa de escoamento; e

q_3 = escoamento do dreno.

Como o barril é assumido como coberto, não há entrada direta de precipitação nem fluxo de evaporação. Supõe-se que toda a precipitação será captada pelos telhados e escoada até o microrreservatório.

A Equação padrão do orifício, utilizada para calcular o escoamento de drenagem, é dada por:

$$q_3 = C_{3D} * (h_3)^{\eta_{3d}} \quad (9)$$

onde:

q_3 = vazão de saída do dreno inferior;
 C_{3D} = coeficiente de descarga do dreno inferior;
 h_3 = carga hidráulica percebida pelo dreno inferior; e
 η_{3d} = expoente de descarga do dreno inferior.

$$C_{3D} = 0,6 * \left(\frac{A_3}{A_1}\right) * \sqrt{2g} \quad (10)$$

onde:

C_{3D} = coeficiente de descarga do dreno inferior;
 A_1 = área superficial do barril;
 A_3 = área da abertura da válvula de drenagem; e
 g = aceleração da gravidade.

O escoamento ao longo de um intervalo de tempo Δt seria limitado pelo volume de água armazenado no barril, pela Equação 11:

$$q_3 = \min \left[q_3, \frac{d_3}{\Delta t} \right] \quad (11)$$

O *SWMM* permite que a válvula de drenagem seja fechada antes de um evento de chuva e aberta após um determinado período após o término da chuva. Se a válvula estiver fechada, o fluxo de drenagem (q_3) será zero. A entrada de água no barril é determinada pelo menor valor entre o escoamento externo (q_0) aplicado ao barril e a quantidade de armazenamento vazio disponível durante o intervalo de tempo.

$$f_1 = \min \left[q_0, \frac{(D_3 - d_3)}{\Delta t + q_3} \right] \quad (12)$$

E finalmente, o barril transborda a uma taxa q_1 quando o escoamento aplicado ao barril excede sua capacidade de entrada:

$$q_1 = \max [0, q_0 - f_1] \quad (13)$$

Embora o *PCSWMM* execute o cálculo de acordo com esse método, o presente estudo optou por dimensionar o microrreservatório sem que houvesse o transbordamento.

O *PCSWMM*, distribuído pela *CHIWater*, é uma ferramenta avançada que se destaca por apresentar os resultados da modelagem em 2D, potencializando o uso do modelo *SWMM*. Com uma interface gráfica e dinâmica, o programa facilita a interação do usuário e a análise dos dados. A integração com Sistemas de Informação Geográfica (SIG) permite a inclusão de dados georreferenciados, como declividade e uso do solo, aprimorando a precisão e os resultados da modelagem.

O grupo de pesquisa em manejo de águas pluviais do PTARH/UnB conduziu estudos em várias áreas urbanas do Distrito Federal, utilizando o modelo *SWMM* através do *PCSWMM* para simular dados hidrológicos e de qualidade da água. Os resultados permitiram uma análise quantitativa da eficácia das redes de drenagem urbana e das técnicas compensatórias em diferentes cenários, além de uma avaliação qualitativa da poluição difusa.

De Paula (2019) avaliou o desempenho da lagoa de retenção do Parque Ezequias Heringer, na cidade satélite do Guará, Distrito Federal, utilizando o programa *SWMM* por meio da interface do *PCSWMM*. Foram analisadas 259 amostras da galeria de entrada e 234 da saída, todas relacionadas a eventos chuvosos na região, para avaliar a eficiência da lagoa na atenuação dos picos de vazões e na melhoria da qualidade da água pluvial. A lagoa demonstrou uma eficiência média de 95,5% na redução dos picos de cheia e de 99,1% na remoção de sólidos suspensos.

Ceolin (2019), examinou a rede de contribuição das bacias em Vicente Pires, revelando a sobrecarga e o subdimensionamento. Bigonha (2021), avaliou o processo de ocupação da região do Assentamento 26 de Setembro e propôs infraestruturas de drenagem urbana para investigar os efeitos hidrológicos, identificando um aumento significativo nos hidrogramas de cheias e a necessidade de medidas de controle centralizado das vazões excedentes. Essas análises ressaltaram a urgência de implementar técnicas compensatórias, dado que os resultados já demonstram a necessidade de mitigação dos efeitos causados pela ocupação das regiões.

Recentemente, o grupo de pesquisa em manejo de águas pluviais do PTARH/UnB juntamente com seus parceiros, tem avançado nos estudos de integração de modelos de otimização na localização e dimensionamento de técnicas compensatórias de drenagem urbana. Nesse contexto, a utilização desses modelos de otimização tem se mostrado uma boa ferramenta, facilitando o planejamento e a gestão de sistemas de armazenamento e controle

de fluxo atendendo às necessidades específicas de cada sistema a partir de uma abordagem integrada equilibrando aspectos econômicos, técnicos, sociais e ambientais.

Silva (2020) abordou a questão da crescente vulnerabilidade das grandes cidades a inundações devido à urbanização e impermeabilização do solo, propondo a utilização de bacias de retenção para mitigar o problema. O estudo integrou um algoritmo genético ao modelo hidrológico SWMM para otimizar a localização e as dimensões das bacias, visando reduzir o volume total de inundação (VTI) e o volume total de retenção (VTD). Foram testados oito cenários diferentes, considerando diversas restrições e variáveis, em uma área urbana de Brasília. Os resultados destacaram que a inclusão da variável de localização das bacias apresentou melhores soluções quando comparada a outras e a restrição de vazão máxima de saída ajudou a identificar pontos críticos para a instalação das bacias.

Lopes (2020) explorou o uso do Algoritmo Genético NSGA-II em conjunto com o modelo hidrológico SWMM para otimizar o dimensionamento de técnicas de Desenvolvimento de Baixo Impacto (LID), como pavimentos permeáveis, telhados verdes e células de biorretenção. O objetivo foi reduzir o escoamento superficial e os custos de implantação e manutenção em diferentes cenários de tempo de retorno. O estudo encontrou várias soluções ótimas, destacando diferentes relações custo-eficiência e trade-offs. A autora ainda relata que apesar de algumas limitações, como a superestimação das espessuras das camadas e dificuldades em considerar áreas iguais a zero, o modelo se mostrou eficaz para identificar soluções eficientes.

Ambas as abordagens visam projetar infraestruturas de armazenamento que sejam suficientemente robustas para reter água, mitigar picos de vazão e prevenir inundações. Além disso, elas consideram a localidade específica das instalações, adaptando-se às características e demandas particulares dos sistemas de drenagem urbana.

4 - METODOLOGIA

Este trabalho foi desenvolvido com base no estudo de caso do Condomínio Alto da Boa Vista (CABV), situado na Região Administrativa de Sobradinho, no Distrito Federal. Inicialmente, foram realizadas análises para a caracterização da área de estudo, em relação a geomorfologia, vegetação, pedologia, além da rede de drenagem existente.

O programa *PCSWMM* foi utilizado para a modelagem hidráulico-hidrológica da rede de drenagem do CABV. A simulação foi realizada com base em uma chuva de projeto com tempo de retorno de 10 anos, determinada por meio do método dos blocos alternados.

Foi definido o uso de microrreservatórios sem infiltração como a técnica compensatória a ser analisada. Para o dimensionamento do microrreservatório e do orifício de descarga, considerou-se a vazão de pré-urbanização, de modo que os microrreservatórios foram projetados para evitar extravasamento durante o evento de chuva analisado. Além disso, suas dimensões e volumes foram calculados para viabilizar a execução nos lotes residenciais.

Em seguida, foi realizado um estudo sobre a aplicação dos microrreservatórios em diferentes arranjos espaciais. O arranjo baseado em isócronas considerou os dados de velocidade da água nos condutos, os quais foram convertidos em tempo de concentração nos poços de visita. A partir da análise desses dados, foi possível estabelecer uma faixa de tempo de escoamento contínuo até o exutorio final. O resultado gerou três cenários principais de isócronas: ISO1+2, representando o cenário mais a montante (formado pela isócrona 1 e isócrona 2); ISO3+4, o cenário central (formado pela isócrona 3 e isócrona 4); e ISO5+6, correspondendo ao cenário mais a jusante (formado pela isócrona 5 e isócrona 6). Por fim, foram simulados os cenários com a instalação dos microrreservatórios em cada uma dessas isócronas.

Também foi avaliado o desempenho dos microrreservatórios distribuídos aleatoriamente nas sub-bacias. A redistribuição dos lotes para a implantação dos microrreservatórios foi automatizada com o auxílio de um código desenvolvido em *Python*. Foram realizados 3 sorteios com a redistribuição dos microrreservatórios implantados em cada cenário de isócrona (ISO1+2, ISO3+4 e ISO5+6), ou seja, cada sub-bacia teve 9 configurações diferentes de redistribuição de lotes, respeitando a quantidade de microrreservatórios presente em cada isócrona. Esse procedimento resultou em 54 configurações de microrreservatórios redistribuídos na bacia.

Posteriormente, realizou-se a caracterização das sub-bacias a partir dos parâmetros morfométricos de área (fator de forma e índice de compacidade) e relevo (declividade equivalente constante, declividade média constante, declividade média e declividade transversal).

Por fim, buscou-se compreender o desempenho da aplicação de microrreservatórios em diferentes arranjos espaciais e sua relação com os parâmetros morfométricos.

O fluxograma a seguir (Figura 4) detalha as etapas de desenvolvimento desta dissertação.

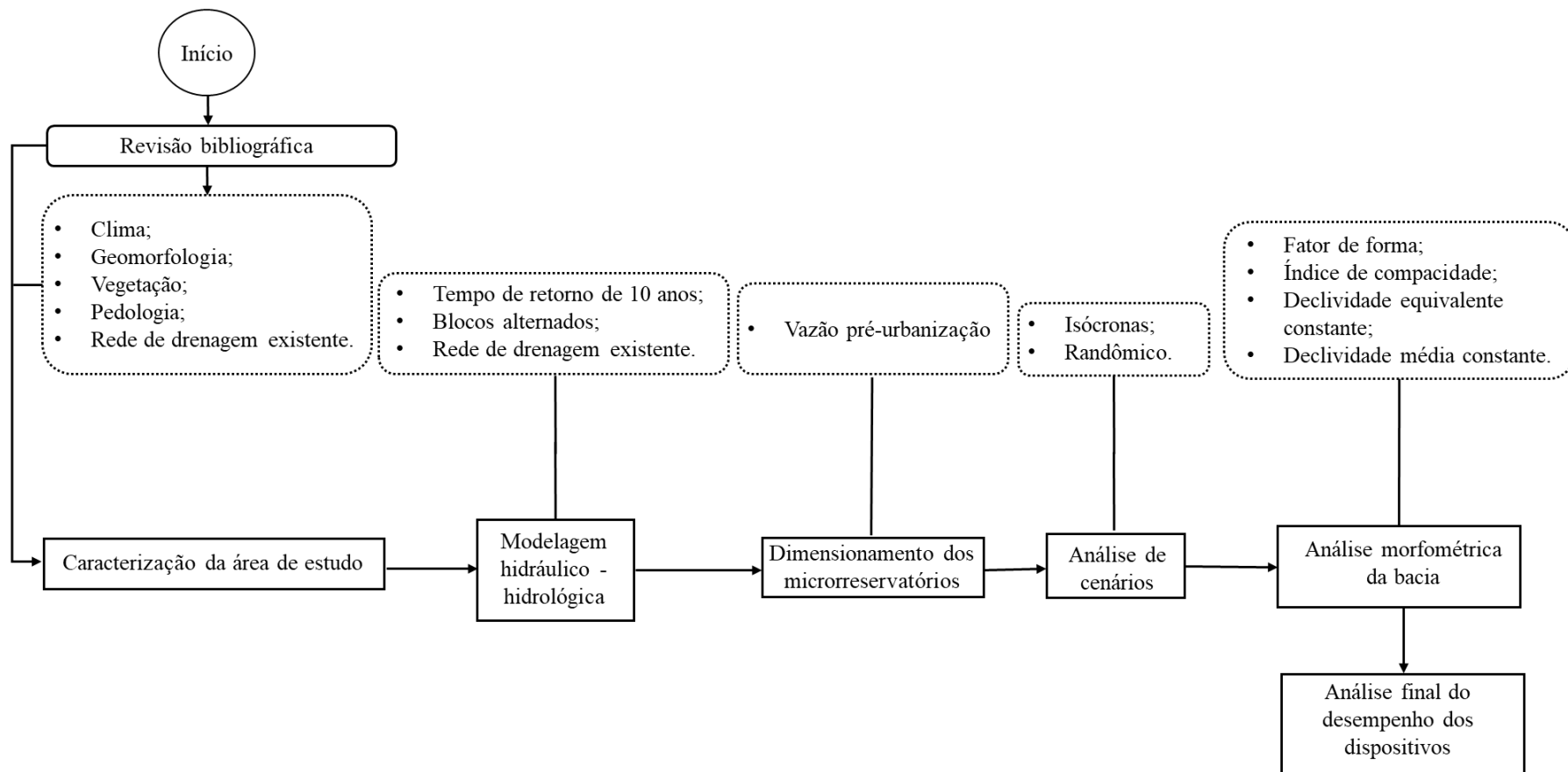


Figura 4: Fluxograma da metodologia de desenvolvimento da dissertação.

4.1 – ÁREA DE ESTUDO

O Condomínio Alto da Boa Vista (CABV) está localizado a noroeste da Região Administrativa de Sobradinho, na margem esquerda da BR-020, sentido Sobradinho – Planaltina, próximo ao Km 12,50 e pertence ao Setor Habitacional Alto da Boa Vista, conforme definido no Plano Diretor de Ordenamento Territorial do Distrito Federal.

A área total do condomínio é de 252,12 hectares, caracterizada por um relevo inclinado que direciona o escoamento das águas para as vertentes do Ribeirão Sobradinho. Este condomínio está situado dentro da Área de Proteção Ambiental (APA) do Planalto Central e faz parte da Bacia do Rio São Bartolomeu. A localização geográfica da área de estudo está ilustrada na Figura 5.

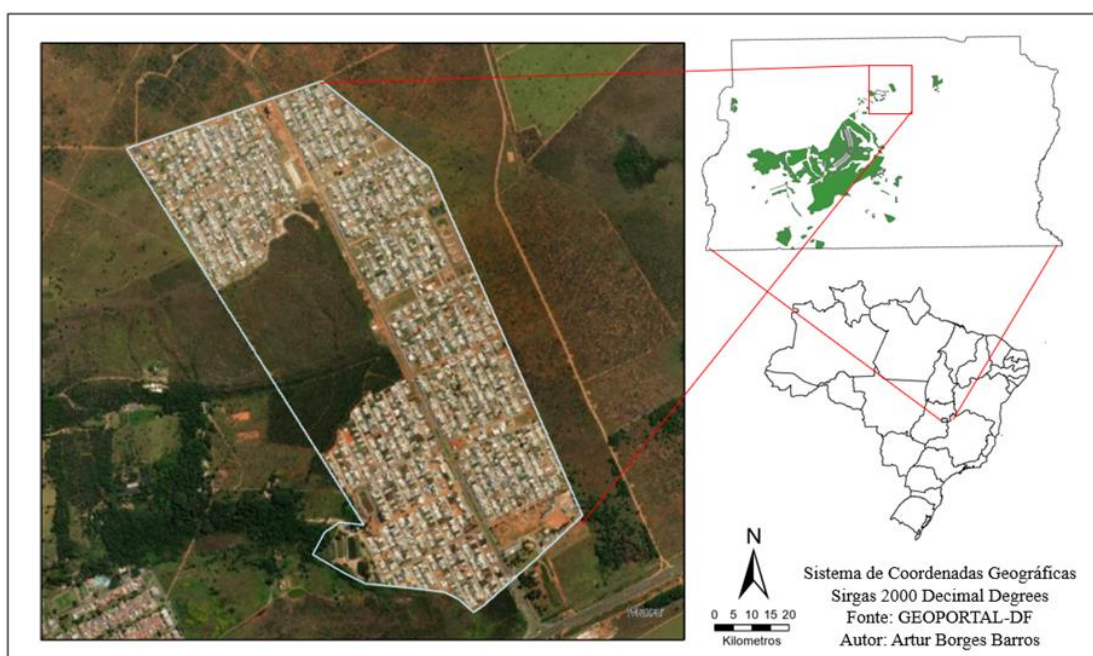


Figura 5: Mapa de localização do condomínio Alto da Boa Vista.

Em 2024, o Condomínio abriga aproximadamente 4 mil habitantes. A previsão é que, após a conclusão da infraestrutura, a população alcance 10.170,80 habitantes, com um total de 2.705 unidades residenciais planejadas (MEMORIAL DESCRITIVO DE REGULARIZAÇÃO DE PARCELAMENTO, CONDOMÍNIO ALTO DA BOA VISTA, 2009).

O Condomínio já foi submetido a uma série de estudos para avaliar os impactos ambientais e hidrológicos de suas infraestruturas.

Moura (2005) conduziu um estudo experimental focado no impacto de diferentes coberturas no escoamento superficial em uma área de estacionamento do Condomínio Alto da Boa Vista. Ele utilizou superfícies de grama, chão batido, blocos maciços, blocos vazados e asfalto, analisando a vazão máxima, o tempo de ascensão e o volume do hidrograma. Moura descobriu que superfícies como asfalto, chão batido e blocos maciços geraram volumes excedentes que precisaram ser controlados por um reservatório de detenção. O estudo concluiu que o chão batido aumentou o coeficiente de escoamento quase quatro vezes em relação à superfície gramada, enquanto os blocos maciços causaram um aumento quase seis vezes maior. Em contraste, os blocos vazados foram mais eficientes no controle do escoamento superficial, embora a colmatção por sedimentos e o tráfego de veículos reduzissem significativamente sua eficácia. Moura sugere a realização de estudos adicionais sobre a qualidade da água e a possível contaminação dos lençóis freáticos.

Em 2006, Silva realizou outro estudo experimental no mesmo condomínio, com o objetivo de avaliar a eficácia de diferentes superfícies permeáveis no controle do escoamento superficial através de simulações de chuvas. Silva examinou superfícies gramadas, solo exposto, revestimento com blocos de concreto maciços e blocos de concreto vazados. Os resultados indicaram que os blocos vazados mantiveram alta eficiência no controle do escoamento, mesmo com a compactação do substrato e aumento da declividade, enquanto os blocos maciços perderam eficiência com essas condições. A superfície gramada apresentou os melhores resultados, com baixos coeficientes de escoamento mesmo sob chuvas intensas, evidenciando a importância das áreas vegetadas na redução do escoamento superficial. Por outro lado, o solo exposto gerou escoamento consideravelmente maior, destacando os impactos negativos da remoção da vegetação natural e a necessidade de alternativas de revestimento que minimizem esses efeitos (SILVA, 2006).

O condomínio tem enfrentado uma série de ações judiciais devido ao descumprimento de normas ambientais, especialmente no que diz respeito à drenagem das águas pluviais. Imagens aéreas registradas ao longo dos anos mostram o uso e ocupação do solo, além de revelar o processo erosivo em andamento. A Figura 6 mostra a evolução da urbanização no condomínio nos anos de 2004, 2013, 2017, 2020, 2022 e 2024, a indicação em vermelho sinaliza o local do processo erosivo. A Figura 7 destaca o processo erosivo a jusante nos respectivos anos (indicado pela seta vermelha). As imagens foram retiradas do *Google Maps*, que disponibiliza um histórico de fotografias aéreas ao longo dos anos.



Figura 6: Linha histórica do processo de urbanização do Condomínio Alto da Boa Vista nos os anos de : 2004, 2013, 2017, 2020, 2022 e 2024.



Figura 7: Linha histórica no processo erosivo no Condomínio Alto da Boa Vista nos os anos de : 2004, 2013, 2017, 2020, 2022 e 2024.

4.1.1 - Características físicas da bacia do Condomínio Alto da Boa vista

A base de dados utilizada neste trabalho foi construída a partir das informações obtidas no site de dados espaciais do Distrito Federal, o Geoportal. O Geoportal reúne diversos dados como malha viária, lotes, setores e condomínios, áreas passíveis de regularização, obras públicas e redes de infraestrutura (GEOPORTAL, 2023).

A delimitação da área de estudo, e os mapas referentes às características do CABV em relação ao solo, declividade, uso e ocupação, foram extraídos e processados por meio de ferramentas de sistemas de informação geográfica (SIG) em formato *shapefile*. Neste trabalho, foram utilizados os softwares *ArcGIS PRO*, versão 3.0.0, da Esri Inc., e *QGIS* 3.32.3, de acesso livre.

As delimitações das sub-bacias de drenagem estudadas, o dimensionamento hidrológico e as características das medidas dos microrreservatórios foram obtidas da Agência Reguladora de Águas, Energia e Saneamento Básico do Distrito Federal (ADASA, 2023) e da Companhia Urbanizadora da Nova Capital do Brasil (NOVACAP, 2023).

4.1.1.1 - Clima

O Distrito Federal possui um clima tropical de altitude, mais especificamente classificado como clima tropical de savana (Aw na classificação de *Köppen*). Isso significa que a cidade apresenta duas estações bem definidas ao longo do ano: uma estação chuvosa no verão e uma estação seca no inverno.

Durante o verão (de novembro a abril), é caracterizado por temperaturas elevadas e chuvas frequentes, especialmente entre dezembro e fevereiro, quando ocorrem os maiores volumes pluviométricos. No inverno (de maio a outubro), o Distrito Federal experimenta uma estação seca, com baixos índices de precipitação. Em Brasília-DF, os dados começaram a ser medidos a partir da década de 1960.

A Figura 8 apresenta a comparação entre as normais de 1961-1990, 1981-2010 e 1991-2020 da temperatura média do ar para a capital do Brasil. Observa-se que as temperaturas médias elevaram-se em todos os meses do ano e, especificamente no mês de outubro, a elevação é de 1,5°C quando comparados com períodos de 1961-1990 e 1991-2020, passando de uma média de 21,6°C para 23,1°C.

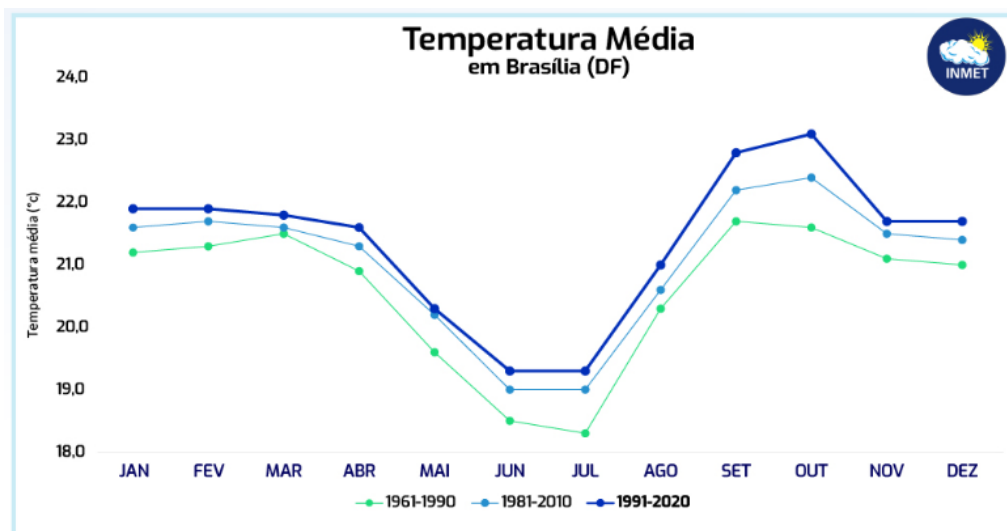


Figura 8: Comparação entre as normais climatológicas dos períodos de 1961-1990, 1981-2010 e 1991-2020 para a temperatura média em Brasília-DF. Fonte: INMET, 2022.

As temperaturas são amenas durante o dia, variando entre 15°C e 26°C, mas podem cair significativamente à noite, com mínimas podendo chegar a 10°C em alguns momentos, principalmente nos meses mais frios como junho e julho.

Entre dezembro de 2023 e março de 2024, a estação convencional de Brasília do INMET registrou 48 dias com precipitação (chuva) igual ou superior a 1,0 milímetro, totalizando 678,1 mm. Esse valor representa um excedente de 9% em relação à média histórica sazonal de 621,7 mm (1991-2020), resultando em um saldo positivo de 56,4 mm em termos de volume de chuva.

De acordo com a Figura 9 janeiro se destacou como o mês de maior contribuição para o volume total de chuvas, acumulando 389,7 mm, o que representa 62,7% do total registrado na estação. Além disso, neste mesmo mês, foi registrado o maior acumulado de chuva em 24 horas, ocorrido no dia 3, totalizando 69,7 mm.

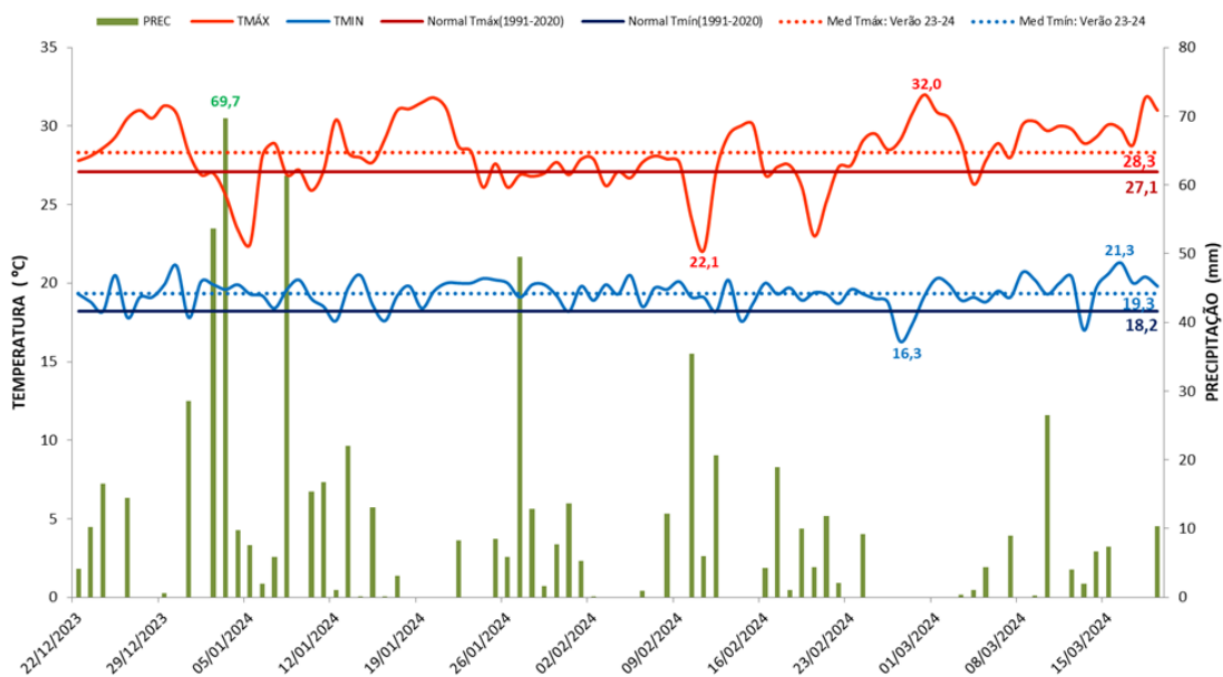


Figura 9: Temperaturas e precipitação no verão 2023/2024 em Brasília (DF) e Normal Climatológica (1991 a 2020). Fonte: INMET, 2024.

4.1.1.2 - Geomorfologia

O relevo do Distrito Federal apresenta um padrão predominantemente plano a suave ondulado, com variação altimétrica entre 750 m e 1.350 m. As altitudes predominantes variam de 1.000 m a 1.200 m, caracterizando extensas áreas com declives suaves. Predominam no Distrito Federal as declividades planas (0% a 3%) e suave-onduladas (3% a 8%), especialmente associadas às altitudes mais elevadas (ATLAS DO DISTRITO FEDERAL, 2020).

A declividade apresentada na Figura 10 foi gerada a partir das curvas de nível com intervalos de 1 metro levantadas no ano de 2016 e disponibilizadas pelo Geoportal (IDE/DF, 2023). O Modelo Digital de Terreno foi elaborado com a mesma resolução das curvas de nível pelo software de geoprocessamento, *ArcGIS-PRO*, a partir da ferramenta de interpolação (*Topogrid*).

Observa-se que o Condomínio possui áreas planas, especialmente nas regiões noroeste e sudeste, com um declive gradualmente mais pronunciado em direção à região oeste.

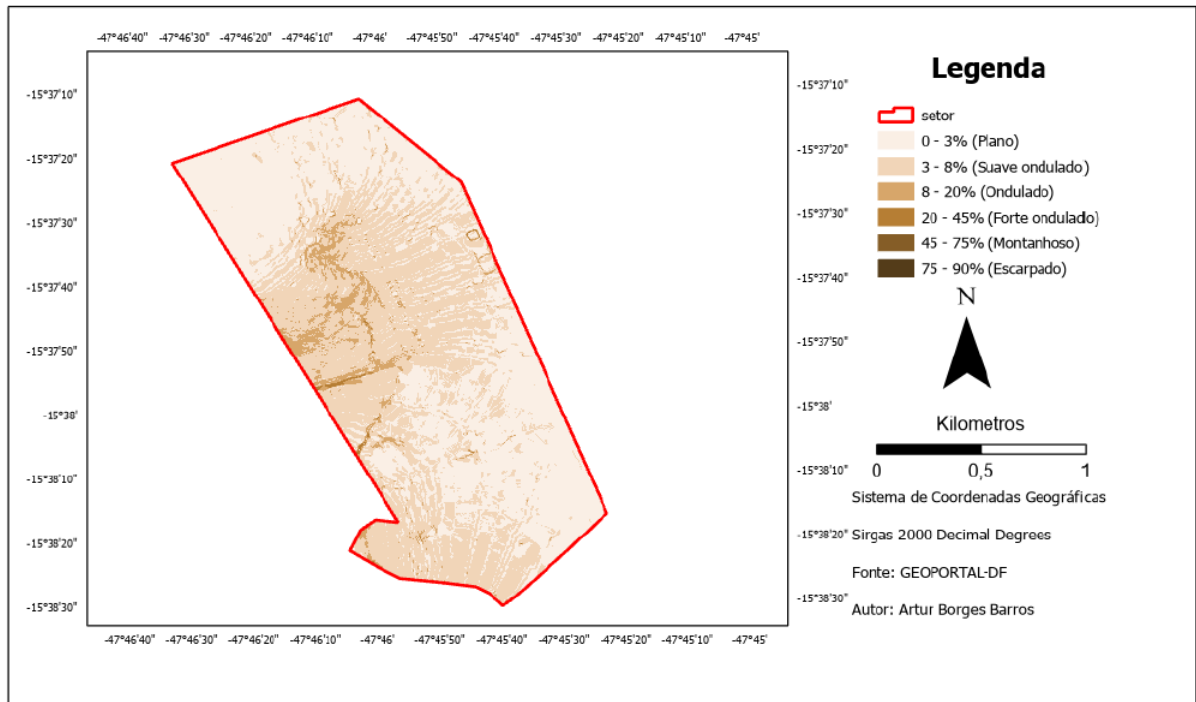


Figura 10: Declividade do Condomínio Alto da Boa Vista.

A topografia predominantemente plana da região do Distrito Federal resulta em declividades médias reduzidas, o que limita a geração de escoamentos com velocidades elevadas. Contudo, áreas que passaram por significativa movimentação de terra para o desenvolvimento urbano podem apresentar incidência de enxurradas durante períodos de chuvas intensas (LEITE, 2022).

4.1.1.3 - Vegetação

O Distrito Federal está completamente inserido no bioma Cerrado, conhecido como o "berço das águas do Brasil". Essa região, abriga diversas nascentes importantes para áreas de recargas hídricas, fundamentais para a manutenção de grande parte das bacias hidrográficas brasileiras. Contudo, a intensificação da ocupação urbana no Distrito Federal, especialmente após a construção de Brasília na década de 1960, resultou na significativa retirada da cobertura vegetal do Cerrado (ATLAS DO DISTRITO FEDERAL, 2020).

A remoção do Cerrado compromete a recarga dos aquíferos e a regulação dos fluxos hídricos. Conseqüentemente, há um aumento na erosão do solo e uma diminuição na qualidade de vida das populações locais, além de ameaçar a sustentabilidade das atividades econômicas e sociais da região.

De acordo com a Assembleia Geral Ordinária do Condomínio Alto da Boa Vista e consolidado pela Resolução de Assembleia Geral nº 1, de 8 de outubro de 2011, aprovada na 63ª Assembleia Geral Extraordinária. O condomínio implementou o Programa Lar Verde Lar, que busca alcançar o desenvolvimento sustentável do empreendimento por meio de projetos e atividades com responsabilidade socioambiental, disseminando conhecimentos e melhores práticas.

4.1.1.4 - Pedologia

Os solos no Distrito Federal são relativamente planos, com várias profundidades, texturas, porosidades e diferentes níveis de fertilidade. Apresentam cores distintas, que vão de matizes avermelhadas até cinza e preto. Predominam os Latossolos e os Cambissolos.

Segundo a Empresa Brasileira de Pesquisa Agropecuária Embrapa Cerrados (Embrapa, 2023), os Latossolos são solos altamente suscetíveis à erosão, necessitando de práticas conservacionistas e manejo cuidadoso, incluindo a manutenção da cobertura do solo durante a maior parte do tempo, especialmente no início das chuvas.

A erosão hídrica é a principal causa da deterioração do solo. Ela ocorre em três fases: desagregação dos agregados pelo impacto da chuva, transporte das partículas desagregadas e deposição em áreas mais baixas. A intensidade da chuva influencia diretamente na desagregação dos agregados e no início do transporte do solo, quando a água supera a capacidade de infiltração do solo (MANZATTO *et al.*, 2002).

O mapa pedológico do Condomínio Alto da Boa Vista (Figura 11) foi obtido através de dados extraídos do Mapa Pedológico Digital do Distrito Federal, disponibilizado pela Empresa Brasileira de Pesquisa Agropecuária Embrapa Cerrados (Embrapa, 2023), cuja classificação foi atualizada por Reatto *et al.* (2004).

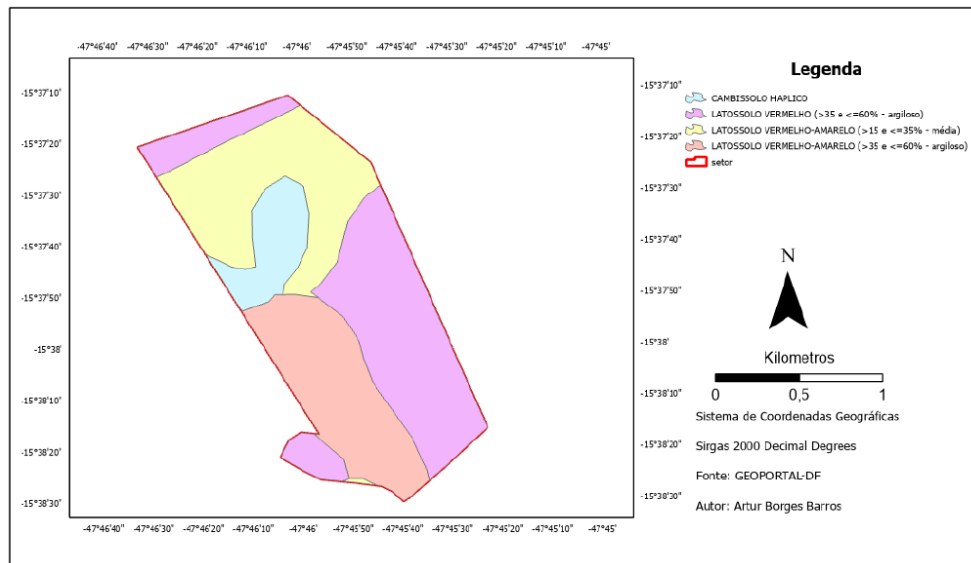


Figura 11: Pedologia do Condomínio Alto da Boa Vista.

Seguindo a predominância dos solos do Distrito Federal, a pedologia do Condomínio Alto da Boa Vista é composta por 90,5% de Latossolos e 9,5% de Cambissolos. De acordo com Reatto et al. (2004), os Latossolos possuem alta permeabilidade à água. Em contraste, os Cambissolos apresentam uma estrutura bastante variável, podendo conter cascalhos e material concrecionário, e exibem texturas que variam de muito argilosa a franco-arenosa, com ou sem cascalho. Em termos de potencial de uso, esses solos deveriam ser destinados à preservação permanente, pois geralmente se encontram em relevos mais íngremes ou são mais rasos.

4.1.1.5 - Rede de drenagem

A análise dos sistemas de drenagem pluvial no Distrito Federal é baseada no Termo de Referência – TRef da Novacap (2019), que define os critérios de dimensionamento para esses projetos. De acordo com o TRef, a velocidade mínima para tubos, canais e galerias deve ser de 1,0 m/s, enquanto a velocidade máxima para redes, canais e galerias é limitada a 6,0 m/s.

A rede de drenagem existente no Condomínio Alto da Boa Vista (CABV) é composta por 6 exutórios e 718 poços de visita, abrangendo um total de 28.575,089 metros de condutos. As construções previstas utilizam PVC, com diâmetros variando entre 0,4 e 1,5 metros (Figura 12)

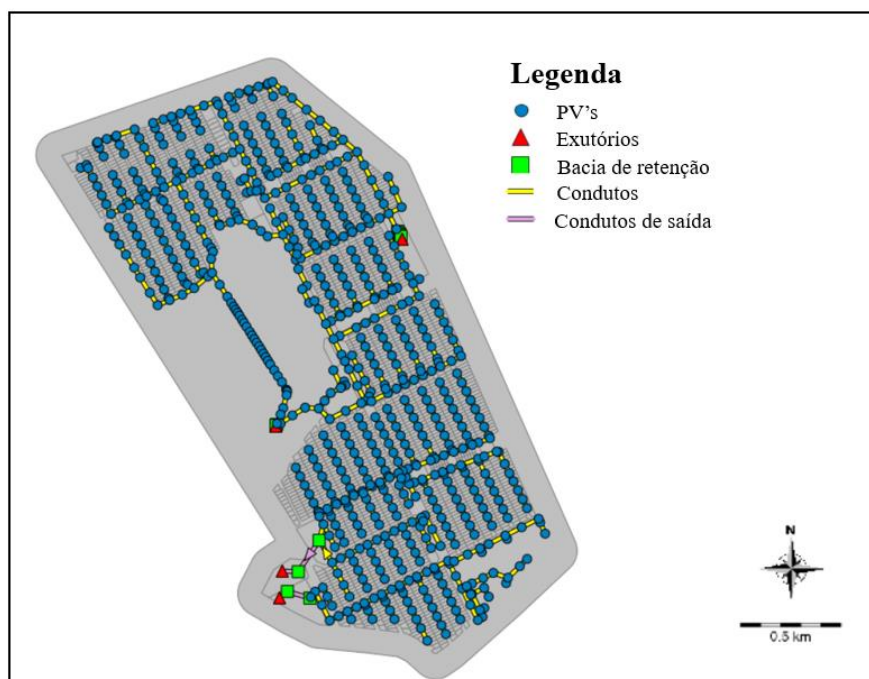


Figura 12: Rede de drenagem existente no Condomínio Alto da Boa Vista.

4.2 – MODELAGEM HIDROLÓGICA NO PCSWMM

A modelagem hidrológica do Condomínio Alto da Boa Vista foi realizada com o software *SWMM*, através da interface do *PCSWMM*. A licença estudantil foi fornecida pela *CHI Water*, desenvolvedora do software.

Para garantir uma representação precisa dos processos hidrológicos e hidráulicos na simulação, foi realizada a modelagem do sistema de drenagem "*as built*", ou seja, com as características que foram efetivamente implantadas, ou que estão em fase de execução ou pretensão de execução. O projeto detalhado, que descreve as características do sistema de drenagem de águas pluviais do Condomínio Alto da Boa Vista (CABV), está disponível no Portal da Transparência.

Em relação à implementação do sistema de drenagem de águas pluviais existente, utilizou-se como referência o projeto georreferenciado disponível, anteriormente citado. Através do *software* Autocad Civil 3D, foi possível delimitar a área do Condomínio Alto da Boa Vista (CABV) e localizar as cotas de todos os elementos de infraestrutura que compõem o projeto de drenagem.

A partir desse levantamento, foram delineadas as sub-bacias do sistema de drenagem do Condomínio Alto da Boa Vista (CABV). Na subdivisão, foram consideradas seis sub-bacias da rede de drenagem urbana existente, levando em conta características como dimensões e

diâmetros das tubulações, declividade, profundidade, além da localização de poços de visita, sarjetas e bocas-de-lobo. Também foram analisadas as variações topográficas, as características urbanas, o padrão de uso e ocupação do solo, além das bacias de amortecimento existentes, que funcionaram como pontos de exutório da rede.

O sistema de drenagem de águas pluviais do condomínio é composto por condutos de PEAD e concreto, com diâmetros variando entre 0,4 e 1,5 metros.

Na Figura 13 a seguir mostra a delimitação de cada uma das 6 sub-bacias na área do Condomínio Alto da Boa Vista.

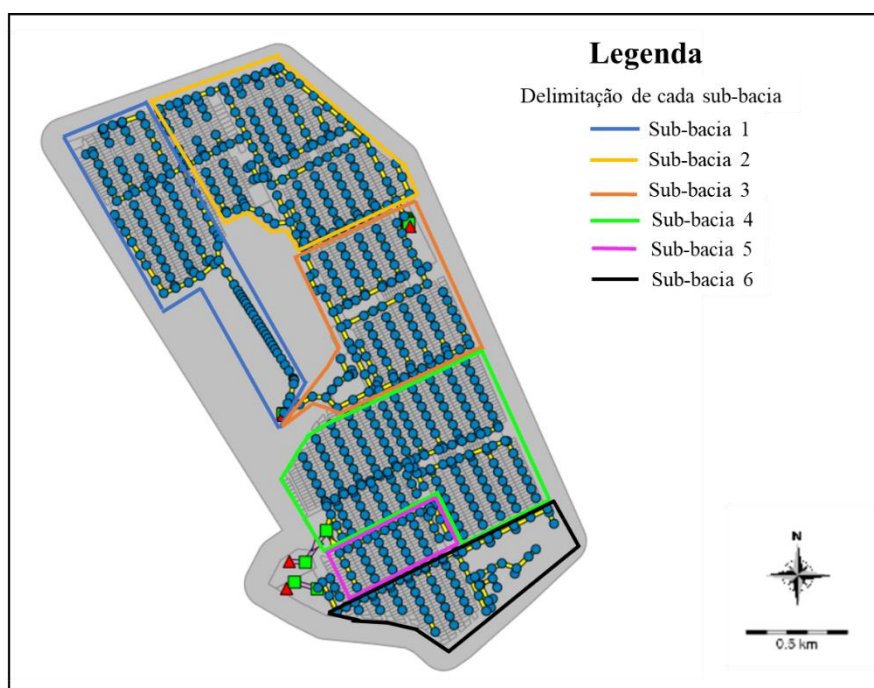


Figura 13: Delimitação das sub-bacias.

As sub-bacias 1 e 3 (Figura 14 e Figura 16) descarregam em duas bacias de amortecimento que operam em paralelo, com volumes respectivos de 8.027 m³ e 6.510,84 m³. A sub-bacia 2 (Figura 15) descarrega em um reservatório de qualidade com aproximadamente 6.000 m³, seguido por quatro reservatórios paralelos de cerca de 1.000 m³ cada um. As sub-bacias 4 e 5 (Figura 17 e Figura 18) descarregam nas mesmas bacias de amortecimento, com um volume total de aproximadamente 8.644,37 m³, que segue para um reservatório de amortecimento de 7.960,46 m³. Por sua vez, a sub-bacia 6 (Figura 19) descarrega em um reservatório de qualidade de 4.382,65 m³, que então segue para um reservatório de amortecimento de 4.657,42 m³.

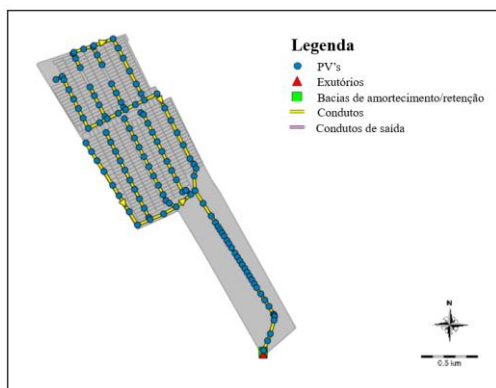


Figura 14: Sub-bacia 1.

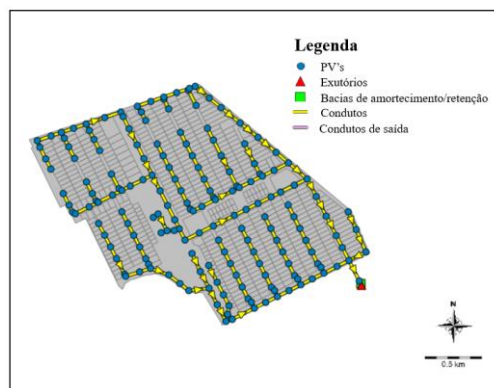


Figura 15: Sub-bacia 2.

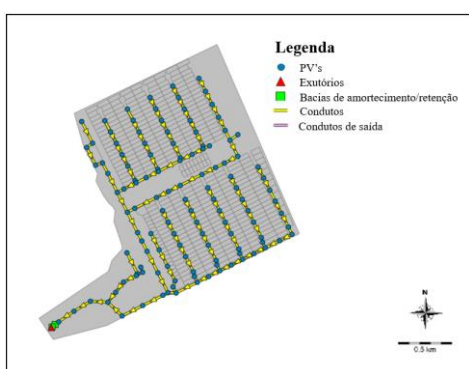


Figura 16: Sub-bacia 3.

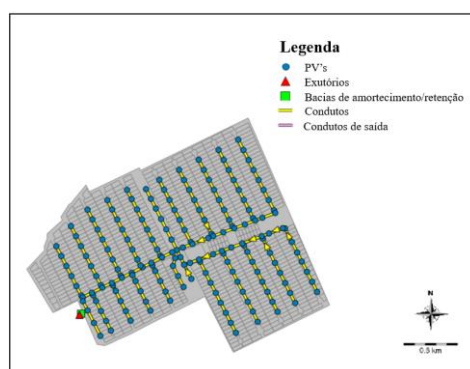


Figura 17: Sub-bacia 4.

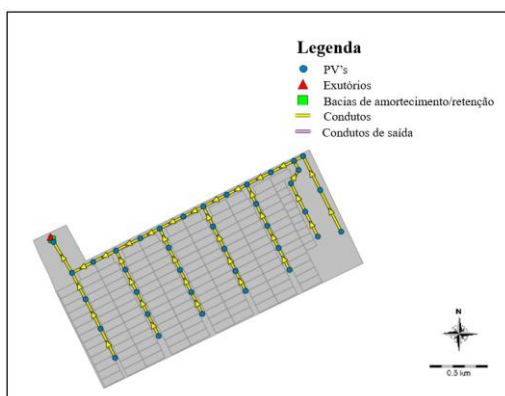


Figura 18: Sub-bacia 5.

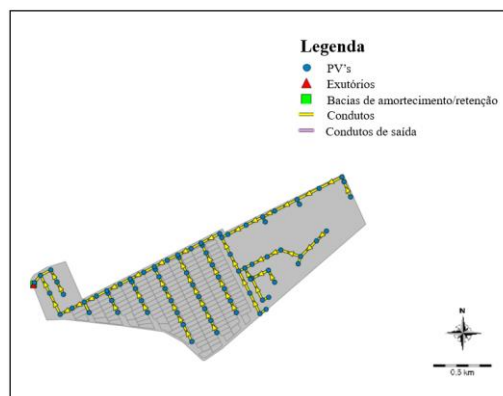


Figura 19: Sub-bacia 6.

Com os dados de projeto adquiridos e organizados, iniciou-se a modelagem no *PCSWMM*. Foram carregados os arquivos nos formatos *shapefiles* da área do CABV, de todo o projeto de drenagem de águas pluviais urbanas e seus componentes, além dos arquivos dos lotes residenciais e de toda a rede viária, também foi inserido o Modelo Digital de Terreno (MDT).

O primeiro passo no procedimento de modelagem foi a discretização da área de estudo em 6 sub-bacias, sem subdivisão adicional dentro de cada sub-bacia. Em seguida, cada sub-bacia foi detalhada em dois tipos de áreas: (i) áreas permeáveis e (ii) áreas impermeáveis. Para cada uma dessas áreas, foram quantificados os seguintes elementos necessários para o funcionamento adequado do programa: área total, largura, comprimento do fluxo, declividade, percentual de área impermeável, coeficiente de rugosidade de Manning para áreas permeáveis e impermeáveis, altura de armazenamento em depressões, propagação e seu percentual de subárea, além de parâmetros relacionados ao controle por Técnicas Compensatórias, métodos de infiltração e tempo de secagem.

Os lotes residenciais do CABV possuem um padrão de área de 504 metros quadrados (14 x 36 metros). A declividade do lote foi obtida a partir de uma média calculada através de uma ferramenta do *PCSWMM* utilizando o Modelo Digital do Terreno (MDT); considerou-se que cada lote possui uma taxa de ocupação de 70% da área, portanto, foi adotado um percentual de área impermeável de 70%. Para os coeficientes de rugosidade de Manning, foi considerado o valor de 0,011 para áreas impermeáveis conforme indica a ABNT NBR 10844 - Instalações Prediais de Águas Pluviais, este valor é adotado por levar em consideração os telhados que muitas vezes ocupam a maior parte do lote e servem para captar o volume de água que será usado no cálculo da vazão dos microrreservatórios. Para as áreas permeáveis foi usado um coeficiente de *Manning* de 0,1 extraído da tabela do Manual do *SWMM* (ROSSMAN, 2015), que corresponde a um valor de grama curta.

Com o objetivo de simular a infiltração de água no solo, foi utilizado o método de Curva Número (*USDA*, 1986), desenvolvido pelo *Soil Conservation Service* (SCS).

O modelo de número de curva (CN) é muito popular para prever o escoamento gerado pela chuva. É o modelo mais simples, testado globalmente, com vasta literatura e uso bem documentado, leva em consideração as características essenciais de geração de escoamento das bacias hidrográficas, sendo: (i) o uso/cobertura do solo, (ii) o tipo de solo de acordo com o grupo hidrológico e a (iii) condição de umidade antecedente do solo, é também um dos modelos mais empregados e recomendados no Brasil por Manuais e Agências Reguladoras (SARTORI *et al.*, 2011; AJMAL *et al.*, 2023).

De acordo com a ADASA (2023), Campos e Gonçalves (2015) e Sartori *et al.* (2005), as principais classes de solos no Distrito Federal são os Latossolos, que representam

aproximadamente 50% da área total. Esses solos são enquadrados nos grupos hidrológicos A ou B pelo método SCS (Serviço de Conservação do Solo). Os cambissolos, que ocupam cerca de 30%, pertencem ao grupo C e precisam ser avaliados com cautela em termos de infiltração, pois são considerados solos com reduzida taxa de infiltração e baixa resistência à erosão.

Portanto, para a classificação dos solos da área de estudo nos grupos hidrológicos propostos pelo método CN-SCS, foram utilizados os valores sugeridos por Tucci (1993), neste trabalho foram utilizados a classe B, para áreas residências um CN de 85, parques de estacionamento CN de 98 e pastagens ou terrenos um CN de 79. A classificação hidrológica dos solos foi realizada de acordo com Sartori et al. (2005), considerando as classes propostas por Reatto et al. (2004), conforme recomenda a ADASA (2023). A Tabela 2 traz os valores de CNs utilizados.

Tabela 2: Valores de CN adotados para os usos do solo do Condomínio Alto da Boa Vista (adaptado de Tucci, 1993).

Uso/cobertura do solo adotada de Tucci (1993)	CN por grupo hidrológico		
	A	B	C
Áreas residenciais lotes	77	85	90
Parques de estacionamento, telhados, viadutos etc.	98	98	98
Pastagens ou terrenos em más condições	68	79	86

A altura de armazenamento de água em áreas permeáveis foi calculada com a abstração inicial do método de Curva Número (CN) de acordo com o uso do solo e seu grupo hidrológico.

O escoamento superficial pode infiltrar-se na camada superior do solo na subárea permeável, mas não na subárea impermeável. O comportamento padrão é que o escoamento de cada uma dessas subáreas seja encaminhado de forma independente para a saída da sub-bacia. No entanto, parte ou todo o escoamento de uma subárea pode ser direcionado para a outra subárea.

Para realização das simulações, os dados de entrada relacionados à precipitação foram adquiridos usando o método de chuva dos blocos alternados. A chuva de projeto foi configurada para uma duração de 24 horas, com um período de retorno de 10 anos, conforme diretrizes da ADASA (2023). O evento foi discretizado em intervalos de 5 minutos, e a

distribuição da precipitação foi uniforme em toda a bacia. A quantificação da chuva de projeto baseou-se na curva IDF específica de Brasília, conforme estabelecido pelo Plano Diretor de Desenvolvimento Urbano (PDDU) de (CONCREMAT, 2009) (Equação 14).

$$I = \frac{1574,70 * Tr^{0,207}}{(d + 11)^{0,884}} \quad (14)$$

Onde:

I = intensidade (mm/h)
 d = duração, em minutos;
 Tr = tempo de retorno

O evento de chuva simulado, mostrado na Figura 20, registrou um pico de chuva de 18,221 mm em um período de 24 horas.

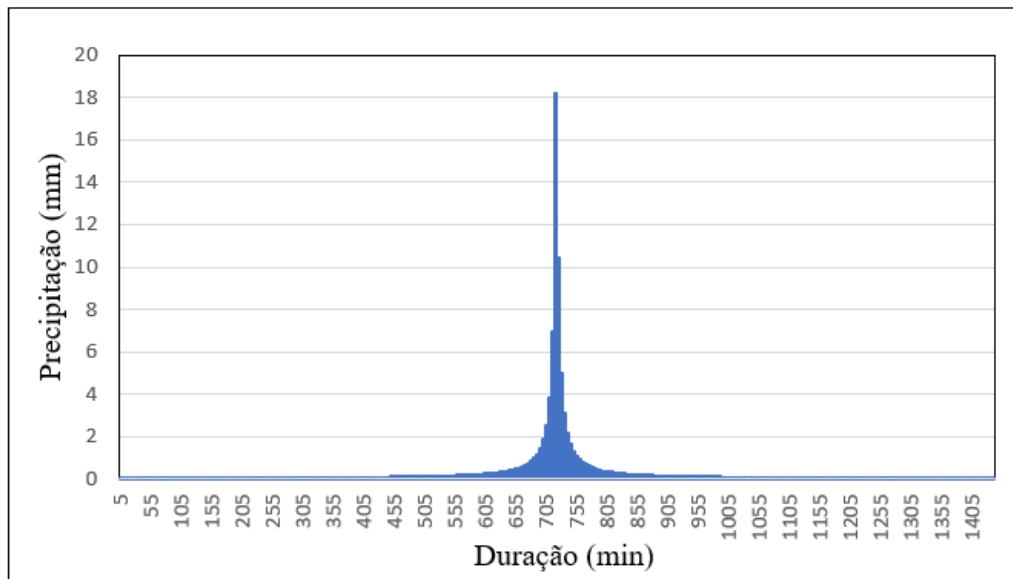


Figura 20: Chuva de projeto para um TR de 10 anos e duração de 1440 minutos (24 horas).

4.2.1 - Detalhamento dos microrreservatórios

O projeto hidráulico de um microrreservatório deve ser elaborado considerando dois aspectos principais: a vazão máxima a ser liberada na rede pública de drenagem e o volume de armazenamento necessário. A vazão máxima deve se aproximar da vazão de pico na condição de pré-urbanização, e o volume do microrreservatório deve ser capaz de armazenar temporariamente o excesso de água entre o hidrograma de entrada e o hidrograma de saída desejado (DRUMOND, 2019).

Conforme recomenda a ADASA (2023) as vazões efluentes dos microrreservatórios em lotes urbanos devem ser lançadas no sistema público de drenagem, da mesma maneira como é realizado o lançamento da drenagem predial convencional em uma boca de lobo ou poço de visita e não deverá ultrapassar a vazão de restrição de 24,4 L/s.ha.

A metodologia de cálculo adotada para o dimensionamento dos microrreservatórios integrou os seguintes métodos: Curva Envelope (URBONAS e STAHRÉ, 1993), adaptada pelo método generalizado de cálculo desenvolvido por Silveira e Goldenfum (2007), e o método proposto pela Agência Reguladora de Águas, Energia e Saneamento Básico do Distrito Federal (ADASA, 2023). Além disso, o dimensionamento do microrreservatório foi analisado utilizando o software *PCSWMM*, considerando a altura máxima antes do transbordamento, conforme equações descritas no item 3.2. A combinação dessas metodologias foi selecionada com o propósito de assegurar um dimensionamento eficiente e preciso dos microrreservatórios, adaptado às particularidades do projeto.

Para a metodologia da Curva Envelope os valores encontrados para a altura do microrreservatórios com as medidas propostas de largura (2 m) e comprimento (4 m) foi de 2,6 mm. O que gerou um volume de aproximadamente 21 m³.

Para dimensionar os microrreservatórios, a vazão de saída do dispositivo é fundamental. Neste estudo, optou-se por adotar a vazão de pré-urbanização definida pelo Manual de Drenagem e Manejo de Águas Pluviais Urbanas do Distrito Federal (ADASA, 2023), que é de 24,4 L/s.ha, como vazão de saída dos microrreservatórios.

Considerando a vazão de pré-urbanização e a área do lote padrão residencial, temos que a vazão será de: 1,23 l/s ou 0,00123 m³/s.

Adotou-se o menor diâmetro comercial de tubo PVC disponível para a saída do reservatório, de 20 mm, com o objetivo de aproximar a vazão de saída à condição de pré-urbanização estabelecida.

Portanto, considerando a área do lote padrão residencial do CABV, que é de 504 m² (14 x 36 metros), e uma área impermeável correspondente a 70% do lote, o volume de controle calculado é de 18,97 m³, segundo a fórmula proposta pela ADASA. Para simplificar a construção, esse valor será arredondado para 20 m³. Considerando as dimensões do lote e a

viabilidade da construção de um reservatório de 20 m³, adotou-se as seguintes medidas para um reservatório retangular:

- Altura útil = 2,5 m;
- Largura = 2 m;
- Comprimento = 4 m.

O dimensionamento do microrreservatório pelo PCSWMM, para uma largura de 2 metros, um comprimento de 4 metros e uma altura de 2,5 metros, está em conformidade com as duas metodologias propostas anteriormente. A Figura 21 esboça o modelo do microrreservatório utilizado para esta dissertação.

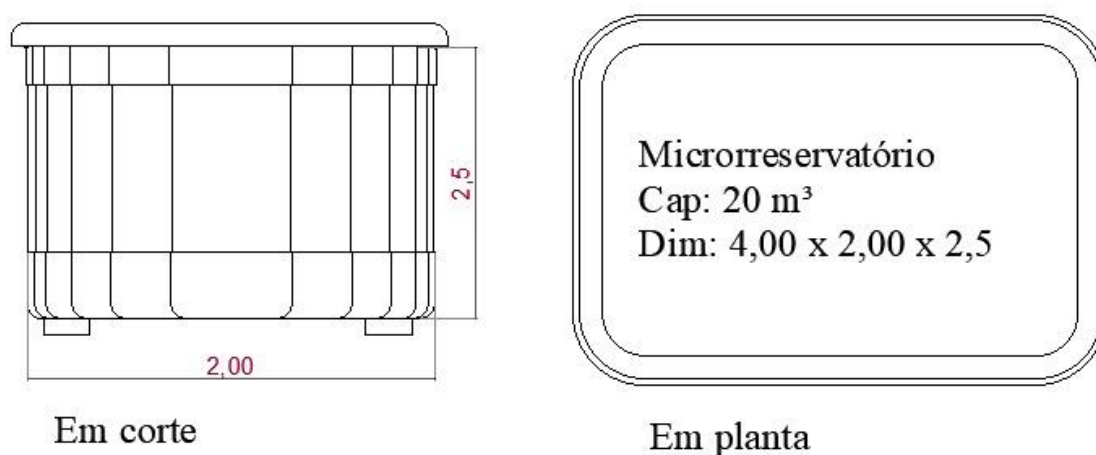


Figura 21: Modelo e dimensões do microrreservatório adotado.

4.2.2 – Amortecimento de vazão

Para avaliar a eficiência dos microrreservatórios nas sub-bacias, conduziu-se uma modelagem hidrológica-hidráulica. Inicialmente, exportou-se os dados de velocidade da água dos condutos, convertendo as velocidades médias em velocidades específicas para cada poço de visita das sub-bacias. A partir dessas velocidades, calculou-se a velocidade acumulada que passava por cada poço de visita até o exultório final de cada sub-bacia. Posteriormente, esses dados foram exportados para o *QGIS*, onde foi gerado o mapa das isócronas.

O mapa de isócronas foi uma representação gráfica que utilizou linhas de contorno para conectar pontos no espaço geográfico, indicando a igualdade de tempo de chegada da água em cada poço de visita a partir de uma origem específica. Essas linhas permitiram a

visualização das áreas onde o tempo de escoamento era semelhante em diferentes partes da bacia hidrográfica. Com base nessas informações, foi possível determinar o local mais estratégico para instalar o microrreservatório, seja posicionando-o a montante ou a jusante.

Para a análise do comportamento dos microrreservatórios nos diferentes arranjos espaciais baseados nas isócronas, primeiramente foi necessário exportar os dados da modelagem da rede de drenagem urbana de cada sub-bacia do software *PCSWMM*.

A velocidade média da água, medida em m^3/s , atribuída a cada conduto foi exportada para ser ajustada a cada poço de visita, permitindo o cálculo do tempo de trânsito acumulado. Para isso, dividiu-se a velocidade encontrada no conduto pelo seu comprimento, possibilitando calcular o tempo total de viagem acumulado da água de cada poço de visita até o exutório. Esses dados de tempo, em segundos, foram então exportados para o *ArcGIS Pro*, onde foram gerados mapas de isócronas detalhados de cada sub-bacia. Para melhor visualização do tempo, esses dados foram convertidos para minutos.

As cores que demarcam as isócronas representam diferentes tempos de trânsito da água. As cores em vermelho, laranja e amarelo indicam tempos maiores, ou seja, a água nesses pontos está mais afastada do exutório. Por outro lado, as cores em tons de verde indicam proximidade do exutório, significando que a água chega mais rapidamente à saída final.

Nos cenários que envolveram a utilização de isócronas, adotou-se a estratégia de combinação de isócronas para apresentar um desempenho otimizado. As combinações foram feitas da seguinte maneira: isócrona 1 somada à isócrona 2, isócrona 3 somada à isócrona 4, e isócrona 5 somada à isócrona 6. Para avaliar o desempenho dos microrreservatórios, foram conduzidas cinco simulações de cenários (ISO1+2, ISO3+4, ISO5+6), focando na redução da vazão de água a jusante, especificamente no exutório final de cada sub-bacia. Para tanto, foram elaborados dois cenários principais: um no qual os microrreservatórios foram posicionados em toda a extensão da bacia e outro em que não se utilizou nenhum microrreservatório.

Foi realizada também uma análise do amortecimento da vazão de pico no exutório das sub-bacias, utilizando uma abordagem aleatória para a implantação dos microrreservatórios. A seleção dos lotes para a implantação dos microrreservatórios foi realizada de forma aleatória, com o auxílio de um código desenvolvido em *Python* (APÊNDICE B), que automatizou o processo de redistribuição. O uso da linguagem em *Python* nesse contexto trouxe vantagens,

como a precisão na distribuição aleatória, e a possibilidade de replicar o processo múltiplas vezes para testar diferentes cenários de alocação. Além disso, a flexibilidade da linguagem *Python* permitiu a customização do algoritmo de seleção, garantindo que as variáveis relevantes para o estudo, como o número total de lotes da sub-bacia e a redistribuição dos microrreservatórios das isócronas, fossem corretamente consideradas.

Inicialmente, os microrreservatórios foram alocados nos lotes inseridos nas isócronas. Em seguida, para avaliar a eficácia e a flexibilidade dessa abordagem, foi solicitada a redistribuição desses microrreservatórios ao longo de toda a sub-bacia. Cada lote, identificado por um número único, teve sua posição recalculada pelo código, resultando em uma nova alocação dos microrreservatórios.

Essa estratégia permitiu investigar, de forma abrangente, como a quantidade e a localização dos microrreservatórios influenciam os diferentes cenários simulados. Para garantir a robustez dos resultados, foram desenvolvidos nove cenários distintos, cada um submetido a três rodadas de redistribuição dos microrreservatórios, assegurando a consistência e a confiabilidade das análises subsequentes.

4.3 – ANÁLISE MORFOMÉTRICA

A análise morfométrica da bacia hidrográfica foi realizada por sub-bacia de drenagem, com o levantamento das características topográficas e a determinação de índices morfométricos e fisiográficos das sub-bacias conforme estudos históricos de Horton (1945; 1932) e Strahler (1952).

Foram utilizados dois parâmetros morfométricos: o fator de forma (Ff) e o índice de compacidade (Kc). O fator de forma (Ff) é empregado para avaliar a tendência da bacia em concentrar ou distribuir o fluxo de escoamento ao longo de sua extensão, calculado pela relação entre a largura média da bacia e seu comprimento transversal. Bacias com valores elevados tendem a ter formas mais alongadas, o que geralmente resulta em menor concentração do fluxo e, conseqüentemente, em picos de vazão mais baixos.

O índice de compacidade (Kc) relaciona a área da bacia com o perímetro de um círculo de área equivalente, permitindo uma avaliação da eficiência da forma da bacia em termos de escoamento. Um valor de próximo de 1 indica que a bacia possui uma forma quase circular, o que favorece uma resposta hidrológica mais rápida, uma vez que a água escoar mais diretamente para o exutório.

O relevo da bacia e sua inclinação serão ilustrados por meio de cortes tanto longitudinais quanto transversais. Os cortes longitudinais mostraram a variação de elevação ao longo do eixo principal da bacia, evidenciando como o relevo muda ao longo do comprimento. Já as cortes transversais mostram a elevação em seções perpendiculares ao eixo principal, permitindo uma visão clara das variações altimétricas em diferentes pontos da bacia. Essas representações visuais podem proporcionar um entendimento completo e preciso da topografia da bacia, facilitando a análise das inclinações e suas implicações no escoamento das águas.

Para a análise da rede de drenagem principal, que abrange tubulações com diâmetro superior a 1 metro, foram utilizados dois métodos de avaliação baseados na declividade, como a declividade média constante (S_{mc}) e a declividade equivalente constante (S_{ec}) (APÊNDICE A).

A declividade média constante (S_{mc}) foi utilizada para determinar a inclinação média de um trecho da rede de drenagem, proporcionando uma análise do comportamento hidráulico em cenários onde a inclinação varia ao longo do perfil. Este parâmetro é calculado traçando uma linha no gráfico do perfil longitudinal que iguala as áreas entre ela e o eixo das abscissas, representando a área do perfil longitudinal da tubulação (Equação 15).

$$S_{mc} = \frac{2 * \sum A}{L^2} \quad (15)$$

Onde: $\sum A$ = área (km²); L = Comprimento (km)

Por outro lado, a declividade equivalente constante (S_{ec}), conforme proposta por Taylor e Schwartz (1952), fornece uma estimativa representativa da inclinação ao longo do perfil longitudinal. Este método considera que a velocidade de escoamento é proporcional à raiz quadrada da declividade, conforme a Equação de Chézy (Equação 16), o que reduz a influência de trechos com altas declividades no cálculo da velocidade média. Em termos práticos, quanto maior a declividade, maior será a velocidade de escoamento, resultando em um tempo de percurso mais curto para a água atingir a jusante.

$$S_{ec} = \left(\frac{\sum L}{\sum \frac{L_i}{\sqrt{D_i}}} \right)^2 \quad (16)$$

Onde: $\sum L$ = Comprimento total (km); L_i = Comprimento do trecho (km); D_i = Declividade do trecho (km);

Por fim, de acordo com estudos de Kourtis, Tsihrintzis e Baltas (2017; 2018; 2020), quando o objetivo é comparar diferentes cenários e não testar o desempenho do modelo, a ausência de calibração não representa uma limitação significativa. A utilização de um modelo hidrodinâmico 2D para simular a extensão da inundação permite a análise de combinações de medidas de técnicas compensatórias e soluções de drenagem convencionais, além de possibilitar a realização de um procedimento de otimização para identificar os locais ideais, a quantidade e a combinação de medidas de mitigação de cheias.

Conseqüentemente, a limitação mencionada não afeta as conclusões gerais nem o objetivo deste trabalho. A metodologia utilizada deve ser implementada e difundida em diferentes áreas, a fim de se compreender os impactos do uso de microrreservatórios no desempenho hidrológico-hidráulico dos sistemas de drenagem urbana.

5 - RESULTADOS E DISCUSSÕES

5.1 - SIMULAÇÃO DE ONDAS DE CHEIA E IDENTIFICAÇÃO DE PONTOS ALAGÁVEIS E CRÍTICOS NA INFRAESTRUTURA.

5.1.1 – Modelagem 2D

Por meio da simulação de ondas de cheia utilizando a modelagem 2D utilizando a rede de drenagem atual e considerando uma chuva de projeto para um TR de 10 anos em 24 horas, foi possível identificar os pontos de alagamento. A Figura 22 ilustra como a urbanização interfere e redireciona a água da chuva para os locais de erosão, evidenciando o impacto do desenvolvimento urbano no comportamento do escoamento superficial. Além disso, a Figura 23 apresenta os vetores de velocidades do escoamento superficial, indicados pela seta verde, permitindo visualizar claramente as direções e intensidades do fluxo de água nas áreas estudadas.



Figura 22: Modelagem 2D do CABV.

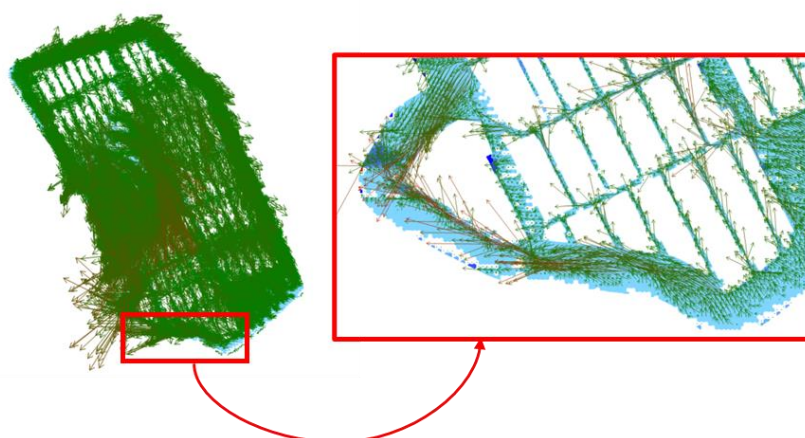


Figura 23: Vetores de velocidade.

Esses resultados corroboram o estudo de Cotrim (2022), que avaliou as proximidades do condomínio Alto da Boa Vista utilizando o fator "C", um parâmetro adimensional que expressa a indução de processos erosivos relacionados ao uso e cobertura do solo. A avaliação de Cotrim (2022) demonstrou que a implantação do condomínio foi um importante indutor de erosão. A grande quantidade de solo exposto devido às obras, associada à declividade entre 2% e 10%, contribuiu significativamente para a intensificação dos processos erosivos.

5.1.2 – Infraestrutura da rede de drenagem

Também foram analisadas as velocidades limites dos condutos através da modelagem para um Tempo de Retorno (TR) de 10 anos, conforme estipulado pelo Termo de Referência e Especificações para Elaboração de Projetos de Sistema de Drenagem Pluvial no Distrito Federal (TREF NOVACAP, 2019). Essa especificação estabelece uma velocidade mínima de 1 m/s e uma velocidade máxima de 6 m/s para os condutos, galeria e canais. A modelagem revelou que a utilização de microrreservatórios em toda a bacia contribui para a redução da velocidade em determinados pontos, conforme Figura 24 e Figura 25. Esse resultado é significativo, pois indica que os microrreservatórios auxiliam na gestão da vazão de água, controlando a velocidade de escoamento, garantindo que os valores permaneçam dentro dos limites recomendados.

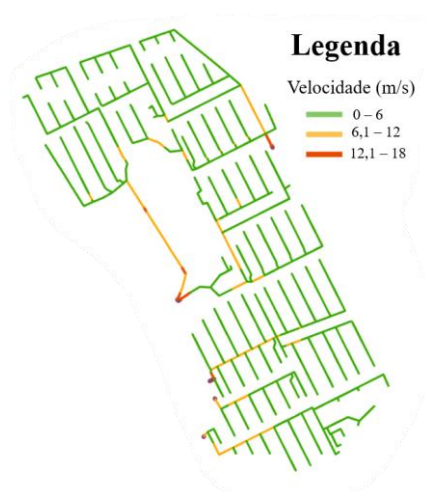


Figura 24: Análise da velocidade para um TR de 10 anos sem microrreservatórios na bacia.

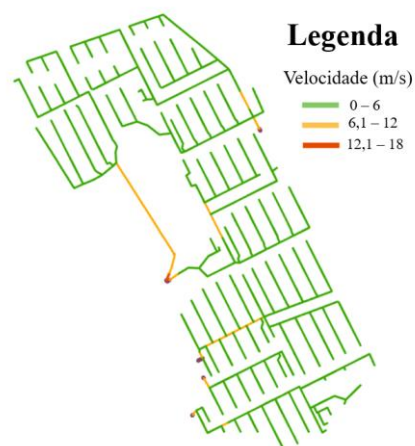


Figura 25: Análise da velocidade para um TR de 10 anos com microrreservatórios em toda bacia.

Ao analisar a rede de infraestrutura de drenagem existente, foi observado que as bacias de amortecimento estavam extravasando, o que indicava a necessidade de recalculando os volumes dessas bacias de amortecimento. Para isso, foi utilizado a equação de dimensionamento conforme recomenda a ADASA, onde foi utilizado o percentual de área impermeável de 70% para cada sub-bacia. Além dos resultados gerados pelo software *PCSWMM*.

Os volumes de todas as bacias de amortecimento foram somados, resultando no volume total das bacias. A Tabela 3 abaixo detalha os volumes atuais e os novos volumes recomendados para as bacias de detenção.

Tabela 3: Análise dos volumes das sub-bacias.

Sub-bacia	Atual (m³)	ADASA (m³)	Comparação entre o vo- lume atual e ADASA (%)	PCSWMM (m³)	Comparação en- tre o volume atual e o PCSWMM (%)
Sub-bacia 1 + 3	14.537,84	29.596,33	103,58%	36.509,86	151,14%
Sub-bacia 2	10.000,00	17.683,25	76,83%	17.366,14	73,66%
Sub-bacia 4 + 5	16.604,83	25.828,57	55,55%	25.960,49	56,34%
Sub-bacia 6	8.765,30	10.023,53	14,35%	9.038,45	3,12%

A comparação entre os volumes de armazenamento atuais e os volumes recalculados utilizando as metodologias da ADASA e do *PCSWMM* revela diferenças significativas. Para as sub-bacias 1 e 3, os volumes recalculados são substancialmente maiores, com a ADASA indicando um aumento de 103,58% e o *PCSWMM* mostrando um aumento ainda maior de 151,14%. Na sub-bacia 2, os volumes calculados pela ADASA e pelo *PCSWMM* são 76,83% e 73,66% maiores, respectivamente, do que o volume atual. As sub-bacias 4 e 5 também apresentam aumentos consideráveis, com a ADASA e o *PCSWMM* indicando aumentos de 55,55% e 56,34%, respectivamente. Por fim, na sub-bacia 6, a ADASA sugere um aumento de 14,35% e o *PCSWMM* mostra um aumento menor de 3,12%.

O CABV começou a ser ocupado antes dos anos 2000, como consta no Memorial Descritivo de Regularização de Parcelamento do Condomínio Alto da Boa Vista. Isso sugere que as

bacias de retenção podem ter sido projetadas para uma população menor do que a atual, o que pode ter resultado em seu subdimensionamento. Além disso, é importante destacar que, na época, não havia um Manual de Drenagem e Manejo de Águas Pluviais Urbanas do Distrito Federal, o que pode ter contribuído para a falta de diretrizes técnicas adequadas na elaboração do projeto.

Por fim, a análise dos volumes recalculados para as bacias de retenção revelou uma proximidade entre os valores obtidos utilizando a metodologia da ADASA e os resultados gerados pelo software *PCSWMM*. A consistência entre os dois métodos reforça a eficácia da abordagem recomendada pela ADASA para o dimensionamento de bacias de amortecimento, demonstrando um bom método em prever os volumes necessários para gerenciar adequadamente as águas pluviais nas sub-bacias analisadas.

5.2 – COMPORTAMENTO DE ENCHIMENTO DO MICRORRESERVATÓRIO NO LOTE.

A Figura 26 ilustra a relação entre a precipitação e a resposta do nível de água no microrreservatório ao longo de 24 horas. Nas primeiras horas, a precipitação apresenta valores baixos, devido ao método de blocos alternados, resultando em pequenos aumentos na altura da lâmina d'água no reservatório. Por volta das 12:00, ocorre o maior índice de precipitação, alcançando um pico de 18,221 mm, o que provoca uma resposta imediata no nível de água, que atinge sua elevação máxima de aproximadamente 2,2 m, sem ocorrência de extravasamento. Após o pico, observa-se uma redução gradual nos níveis de precipitação e, conseqüentemente, no volume armazenado no reservatório, que retorna progressivamente a condições mais baixas. Este comportamento evidencia a capacidade do microrreservatório em capturar e regular o escoamento superficial.

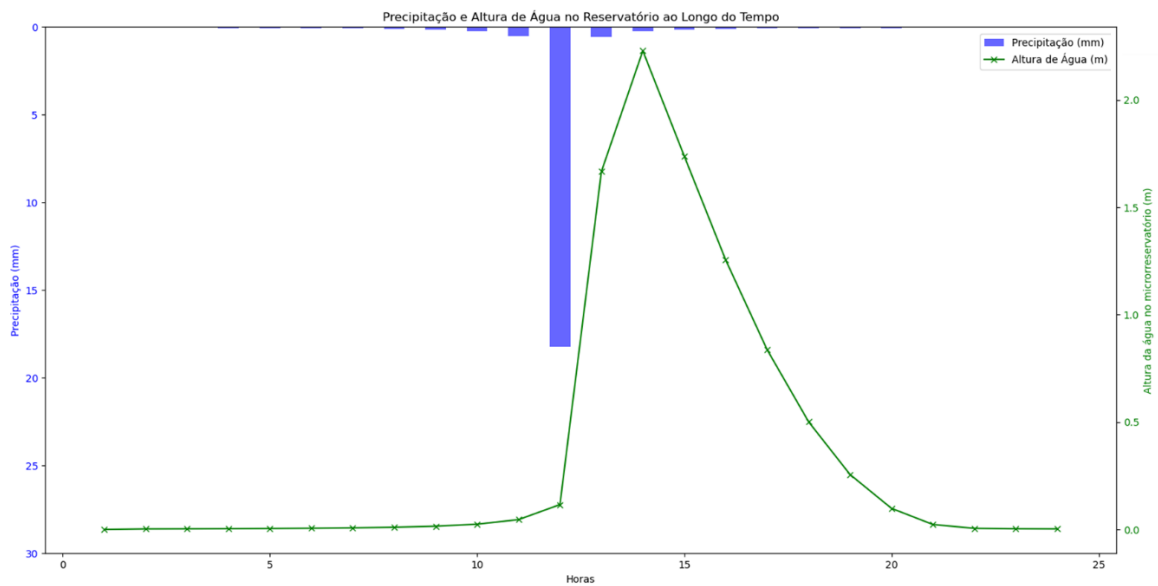


Figura 26: Relação entre precipitação e volume de enchimento do microrreservatório para duração de 24 horas e TR de 10 anos.

Já a Figura 27 mostra a relação entre a precipitação e a resposta do nível de água no microrreservatório durante uma chuva de 1 hora, com tempo de retorno de 10 anos. Observa-se que, ao final do evento, o reservatório ainda não atingiu sua capacidade máxima e não iniciou o processo de esvaziamento.

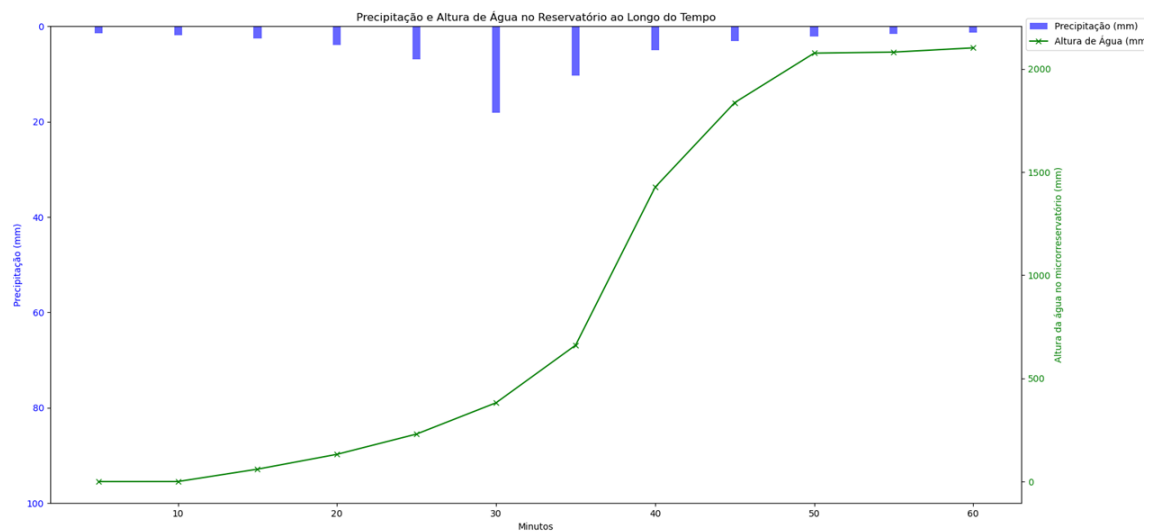


Figura 27: Relação entre precipitação e volume de enchimento do microrreservatório para duração de 1 hora e TR de 10 anos.

Um lote residencial padrão no condomínio Alto da Boa Vista possui uma área de 504 m². Considerando uma precipitação associada a um tempo de retorno de 10 anos para uma chuva

de 24 horas, estimada pelo método dos blocos alternados, obtemos uma lâmina de chuva total de aproximadamente 97,6 mm. Um reservatório com capacidade de 20 m³ instalado em um lote padrão residencial é capaz de captar um volume correspondente a aproximadamente 39,68 mm, representando cerca de 40,66% do volume total precipitado sobre o lote.

A Figura 28 compara a vazão de pico (em m³/s) ao longo do tempo em dois cenários: com microrreservatório no lote e sem microrreservatório no lote. No cenário sem microrreservatórios, a vazão de pico atinge aproximadamente 0,0040 m³/s por volta das 12:30, enquanto no cenário com microrreservatórios, o pico é reduzido para cerca de 0,0025 m³/s, representando uma redução de 37,5% no valor do pico. Após o pico, as vazões nos cenários decaem de forma gradual.

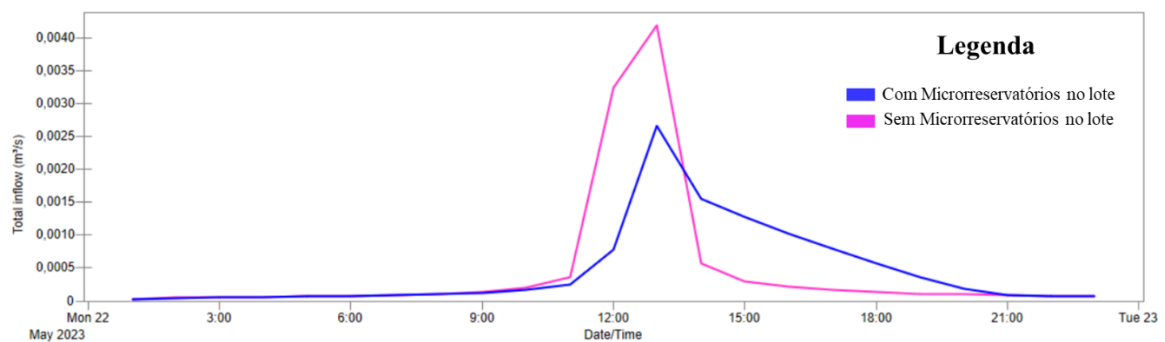


Figura 28: Análise do microrreservatório em escala de lote.

Em escala de lote, os microrreservatórios reduzem e retardam a vazão de pico, diminuindo a probabilidade de sobrecarga no sistema de drenagem durante eventos de precipitação e favorecendo a distribuição temporal do escoamento.

5.3 – ANÁLISE DOS CENÁRIOS FORMADOS POR DIFERENTES ARRANJOS ESPACIAIS.

5.3.1 – Sub-bacia 1 e 3

5.3.1.1 – Isócronas

A sub-bacia 1 possui uma área de 37,83 hectares é composta por aproximadamente 389 lotes residenciais no total. A área foi dividida em 6 isócronas, com o maior tempo de concentração sendo de 5,7 minutos. A Figura 29 detalha cada isócrona. Além disso, a distribuição dos lotes nas isócronas é a seguinte: 59 lotes na isócrona 1 (vermelha); 102 lotes na isócrona 2 (laranja); 130 lotes na isócrona 3 (amarela); 90 lotes na isócrona 4 (verde-claro); 8 lotes na isócrona 5 (verde) e 0 lotes na isócrona 5 (verde-escuro).

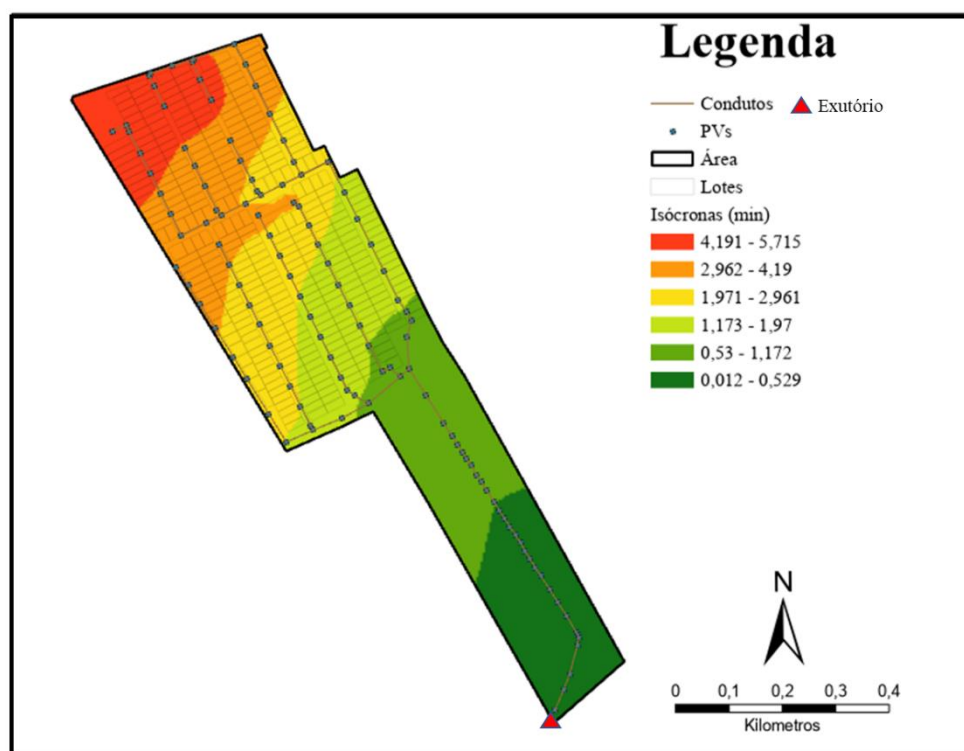


Figura 29: Tempo de concentração da sub-bacia 1.

A sub-bacia 3 tem uma área de 40,8 hectares e inclui 402 lotes aproximadamente. Foi segmentada em 5 isócronas, com o tempo máximo de concentração de 30,6 minutos. A Figura 30 mostra cada isócrona em detalhe. A distribuição dos lotes é a seguinte: 107 lotes na isócrona 1 (vermelha); 184 lotes na isócrona 2 (laranja); 111 lotes na isócrona 3 (amarela); 0 lotes na isócrona 4 (verde-claro) e 0 lotes na isócrona 5 (verde-escuro).

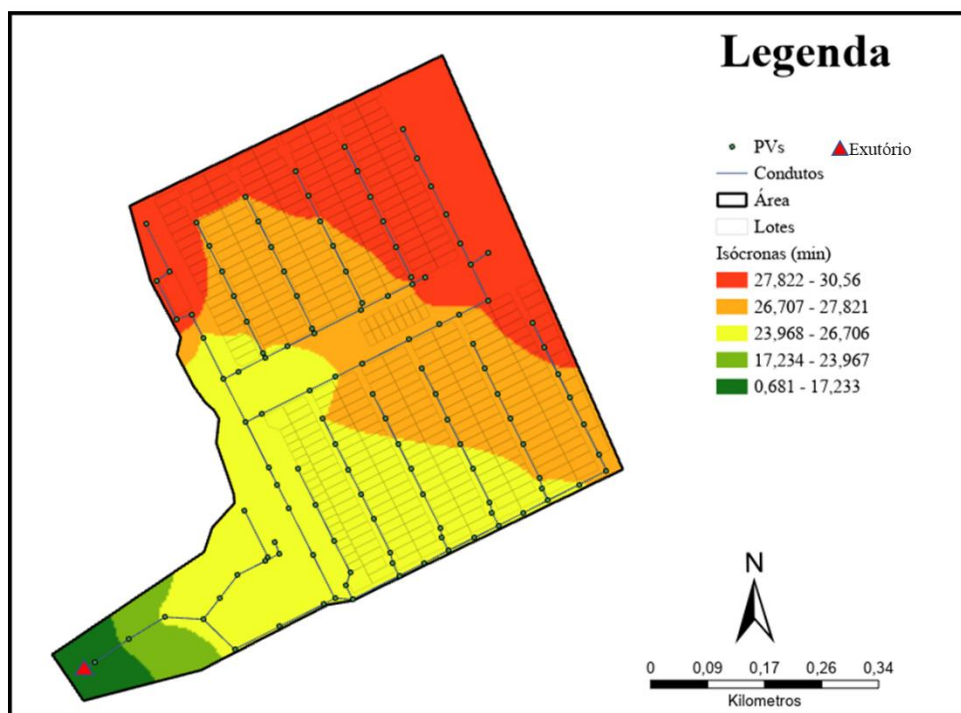


Figura 30: Tempo de concentração da sub-bacia 3.

5.3.1.2 – Análise do amortecimento de vazão no exutório por isócronas

A análise dos cenários formados pela aplicação das isócronas na alocação dos microrreservatórios tem como objetivo compreender o impacto do tempo de concentração na vazão de pico no exutório. A Figura 31 mostra o comportamento da vazão de pico no exutório ao longo de um evento de 24 horas, considerando diferentes cenários de implantação de microrreservatórios. Vale destacar que algumas sub-bacias, como as sub-bacias 1 e 3, compartilham o mesmo exutório. Os dados estão organizados em três cenários de isócronas: ISO 1+2, com 452 lotes; ISO 3+4, com 331 lotes; e ISO 5+6, com 8 lotes. Além disso, foram considerados cenários que avaliam o comportamento da vazão de pico com a aplicação de microrreservatórios em todos os 791 lotes e sem a aplicação de microrreservatórios.

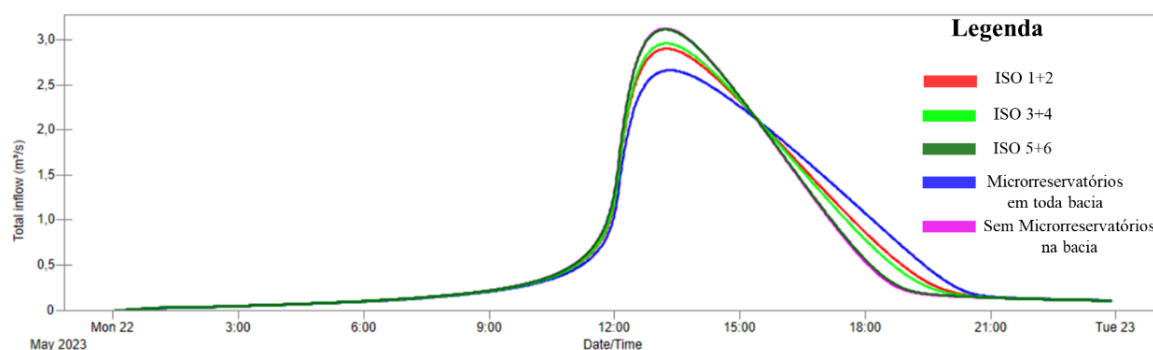


Figura 31: Resultado da aplicação de isócronas no amortecimento de vazão nas sub-bacias 1 e 3.

Observa-se que a implementação de microrreservatórios nas isócronas mais a montante, (ISO 1+2) resultou em uma vazão de pico de 2,903 m³/s (cor vermelha), enquanto nas isócronas intermediárias (ISO 3+4) a vazão de pico foi ligeiramente superior, atingindo 2,962 m³/s (cor verde-claro). Nas isócronas mais a jusante (ISO 5+6), a vazão de pico alcançou 3,119 m³/s (cor verde-escuro). Quando os microrreservatórios foram aplicados em toda a área das sub-bacias, a vazão total de pico foi reduzida para 2,664 m³/s, em contraste com o cenário sem microrreservatórios, que apresentou a maior vazão de 3,129 m³/s para este caso a linha ficou sobreposta ao cenário ISO 5+6.

A Tabela 4 abaixo apresenta a distribuição dos lotes em cada isócrona, juntamente com as respectivas vazões (m³/s) que atingem o exutório. O número total de lotes nas sub-bacias 1 e 3 é de 791. Ao correlacionar a quantidade de lotes em cada cenário com o amortecimento de vazão observado, é possível avaliar o impacto dos microrreservatórios nessas sub-bacias. As vazões e as reduções percentuais correspondentes, em comparação ao cenário sem microrreservatórios (3,129 m³/s), são as seguintes:

Tabela 4: Relação de lotes e vazão das sub-bacias 1 e 3.

Cenários	Lotes (und.)	Vazão (m ³ /s)	% Redução
Sem microrreservatórios	791	3,129	-
ISO 1+2	452	2,903	7,2%
ISO 3+4	331	2,962	5,3%
ISO 5+6	8	3,119	0,3%
Com microrreservatórios	791	2,664	15%

- No cenário “ISO 1+2”, que contém 57,14% dos lotes, em que os microrreservatórios foram implantados nas isócronas mais a montante, observou-se um amortecimento na vazão de pico de aproximadamente 7,22%.
- No cenário “ISO 3+4”, com 41,85 % dos lotes, em que os microrreservatórios foram implantados nas isócronas centrais, observou-se uma redução de aproximadamente 5,3% na vazão de pico.
- No cenário ‘ISO 5+6”, que apresentam apenas 1,01% dos lotes, em que os microrreservatórios foram implantados nas isócronas mais a jusante, observou-se um amortecimento na vazão de pico de aproximadamente 0,33%.
- Além disso, a implementação dos microrreservatórios em toda sub-bacia 1 e 3 (indicado como um cenário chamado: “Com microrreservatórios”) reduz a vazão de pico em aproximadamente 15 %.
- Os dados mostram que, à medida que a quantidade de implantação de microrreservatórios nos lotes aumentam, o amortecimento da vazão também cresce.

5.3.2 - Sub-bacia 2

5.3.2.1 – Isócrona

A sub-bacia 2 abrange uma área de 46,95 hectares e possui aproximadamente 630 lotes. A divisão da área em 6 isócronas revelou um tempo máximo de concentração de 19,5 minutos. A Figura 32 apresenta uma visualização detalhada das isócronas. Os lotes estão distribuídos da seguinte maneira: 105 lotes na isócrona 1 (vermelha); 100 lotes na isócrona 2 (laranja); 119 lotes na isócrona 3 (amarela); 86 lotes na isócrona 4 (verde-claro); 114 lotes na isócrona 5 (verde) e 106 lotes na isócrona 6 (verde-escuro).

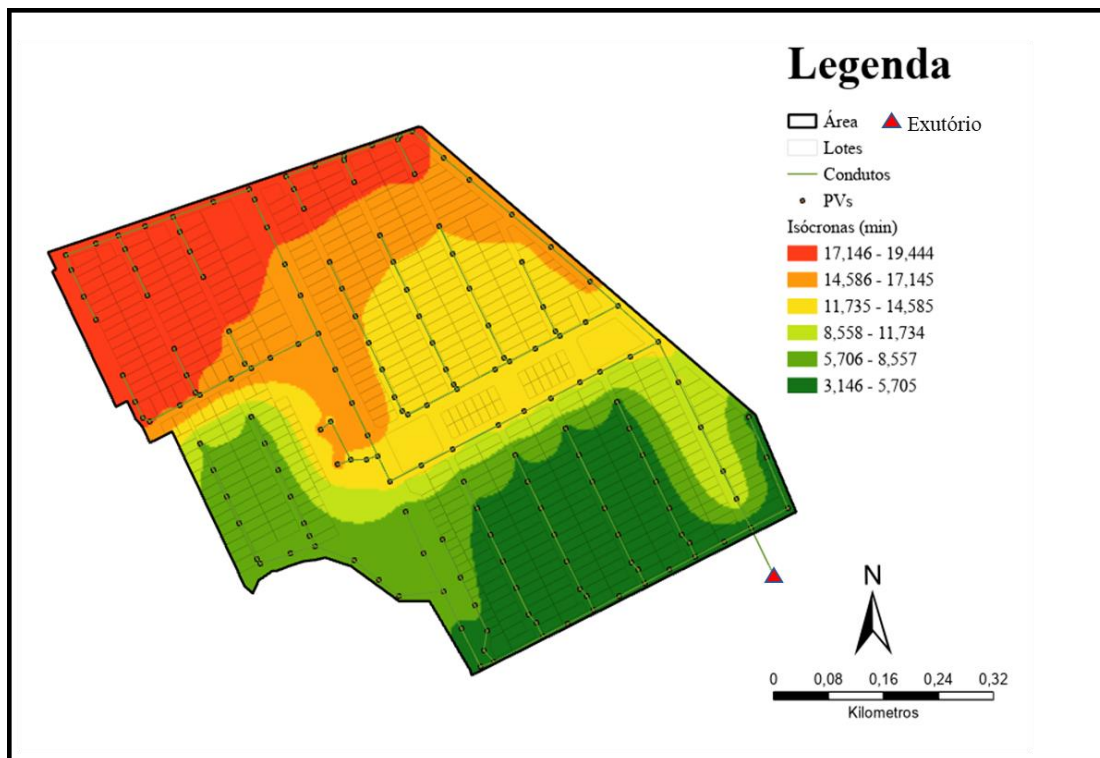


Figura 32: Tempo de concentração da sub-bacia 2.

5.3.2.2 – Análise do amortecimento de vazão no exutório por isócronas

Os dados da sub-bacia 2 estão organizados em três cenários de isócronas: ISO 1+2, com 205 lotes; ISO 3+4, com 205 lotes; e ISO 5+6, com 220 lotes. Além disso, foram considerados cenários que avaliam o comportamento da vazão de pico com a aplicação de microrreservatórios em todos os 630 lotes e sem a aplicação de microrreservatórios. A Figura 33 mostra o comportamento da vazão de pico no exutório ao longo de um evento de 24 horas, considerando os diferentes cenários de implantação de microrreservatórios.

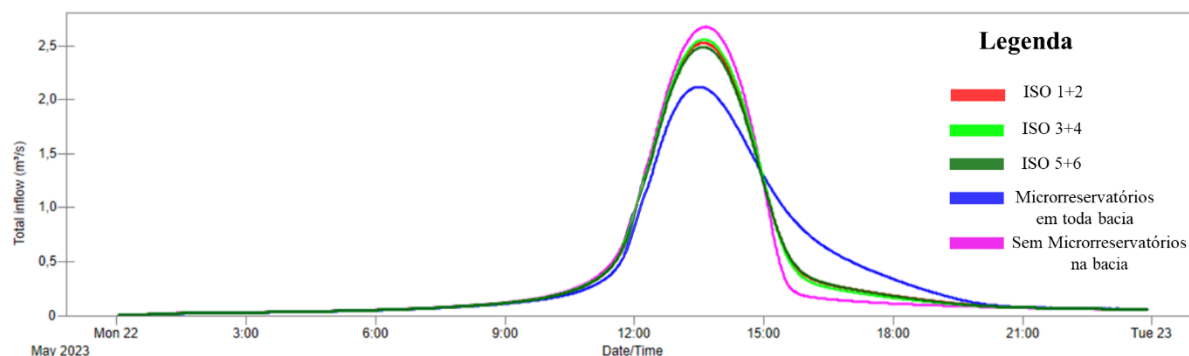


Figura 33: Resultado da aplicação de isócronas no amortecimento de vazão na sub-bacia 2.

Os resultados indicam que a implantação de microrreservatórios nas isócronas mais a montante (ISO 1+2) levou a uma vazão de pico de 2,557 m³/s, conforme indicado pela cor vermelha. Nas isócronas intermediárias (ISO 3+4), a vazão de pico foi ligeiramente inferior, alcançando 2,556 m³/s, representada pela cor verde-claro. Nas isócronas situadas mais a jusante (ISO 5+6), a vazão de pico foi de 2,488 m³/s, mostrada pela cor verde-escuro. Os valores observados anteriormente para os diferentes cenários foram muito próximos, portanto, houve uma sobreposição das linhas. A aplicação dos microrreservatórios em toda a extensão das sub-bacias resultou em uma redução da vazão total de pico, de 2,119 m³/s, comparado à vazão máxima de 2,675 m³/s observada no cenário sem microrreservatórios.

A Tabela 5 abaixo apresenta a distribuição dos lotes em cada isócrona, juntamente com as respectivas vazões (m³/s) que atingem o exutório. As vazões e as reduções percentuais correspondentes, em comparação ao cenário sem microrreservatórios, foram:

Tabela 5: Relação de lotes e vazão da sub-bacia 2.

Cenários	Lotes (und.)	Vazão (m ³ /s)	% Redução
Sem microrreservatórios	630	2,675	-
ISO 1+2	205	2,557	5,5%
ISO 3+4	205	2,556	5,4%
ISO 5+6	220	2,488	7%
Com microrreservatórios	630	2,119	21%

A correlação da quantidade de lotes em cada cenário com o amortecimento de vazão observado na sub-bacia 2, foram:

- No cenário “ISO 1+2”, que contém 32,54% dos lotes, em que os microrreservatórios foram implantados nas isócronas mais a montante, observou-se um amortecimento na vazão de pico de aproximadamente 5,5%.
- No cenário “ISO 3+4”, com 32,54% dos lotes, em que os microrreservatórios foram implantados nas isócronas centrais, observou-se uma redução de aproximadamente 5,4% na vazão de pico.
- No cenário “ISO 5+6”, que apresentam apenas 34,92% dos lotes, em que os microrreservatórios foram implantados nas isócronas mais a jusante, observou-se um amortecimento na vazão de pico de aproximadamente 7%.
- Além disso, a implementação dos microrreservatórios em toda sub-bacia amorteceu a vazão de pico em aproximadamente 21%.

5.3.3 – Sub-bacia 4 e 5

5.3.3.1 – Isócronas

A sub-bacia 4 cobre uma área de 57,83 hectares e contém aproximadamente 845 lotes. Ela foi dividida em 5 isócronas, com o maior tempo de concentração registrado em 19,7 minutos. A Figura 34 fornece uma visão detalhada das isócronas. A distribuição dos lotes por isócrona é a seguinte: 168 lotes na isócrona 1 (vermelha); 121 lotes na isócrona 2 (laranja); 174 lotes na isócrona 3 (amarela); 214 lotes na isócrona 4 (verde-claro) e 168 lotes na isócrona 5 (verde-escuro).

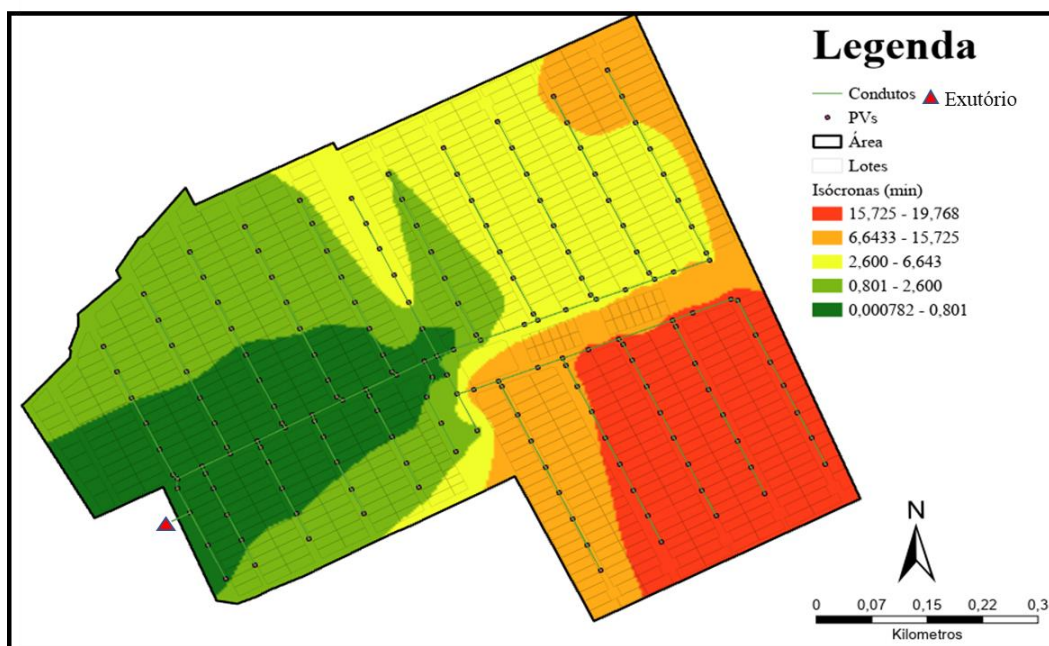


Figura 34: Tempo de concentração da sub-bacia 4.

A sub-bacia 5 possui uma área total de 10,8 hectares é composta por aproximadamente 162 lotes. Foi subdividida em 6 isócronas, sendo que o tempo máximo de concentração é de 7,37 minutos. A Figura 35 detalha as isócronas. A distribuição dos lotes é organizada da seguinte forma: 6 lotes na isócrona 1 (vermelha); 28 lotes na isócrona 2 (laranja); 16 lotes na isócrona 3 (amarela); 43 lotes na isócrona 4 (verde-claro); 21 lotes na isócrona 5 (verde) e 48 lotes na isócrona 6 (verde-escuro).

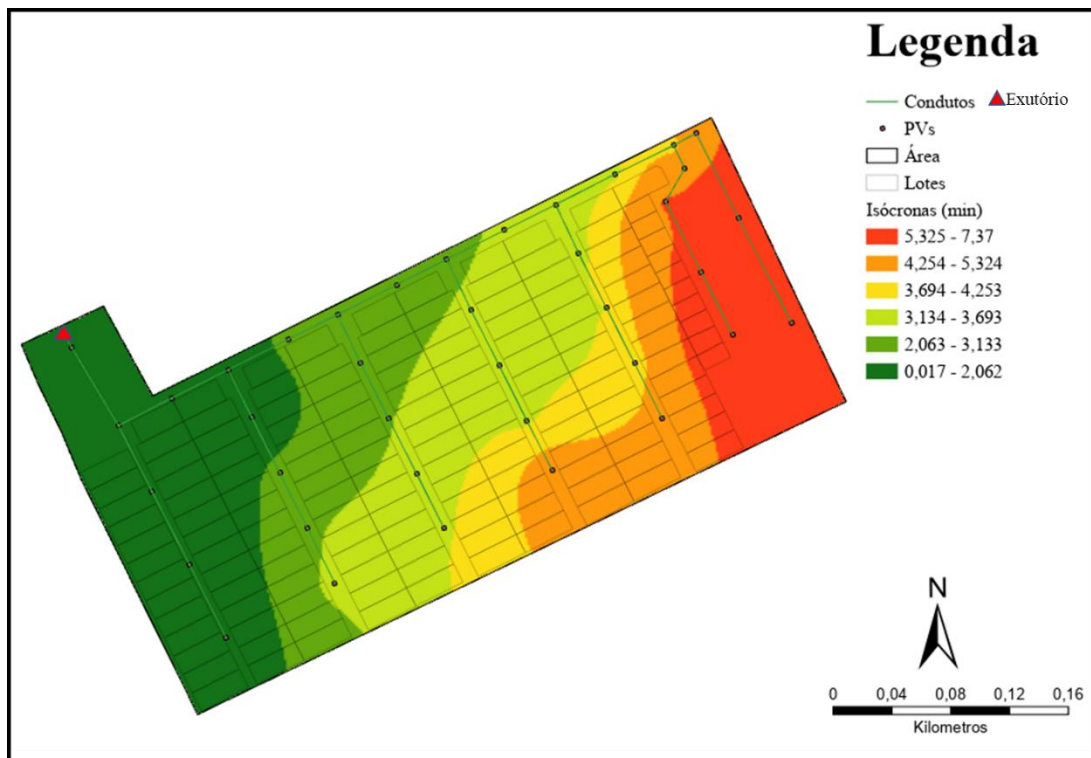


Figura 35: Tempo de concentração da sub-bacia 5.

5.3.3.2 – Análise do amortecimento de vazão no exutório por isócronas

Os dados da sub-bacia 4 e 5 estão organizados em três cenários de isócronas: ISO 1+2, com 323 lotes; ISO 3+4, com 447 lotes; e ISO 5+6, com 237 lotes. Além disso, foram considerados cenários que avaliam o comportamento da vazão de pico com a aplicação de microrreservatórios em todos os 1007 lotes e sem a aplicação de microrreservatórios. A Figura 36 apresenta a variação da vazão de pico no exutório ao longo de um evento de 24 horas, considerando diferentes cenários de implantação de microrreservatórios.

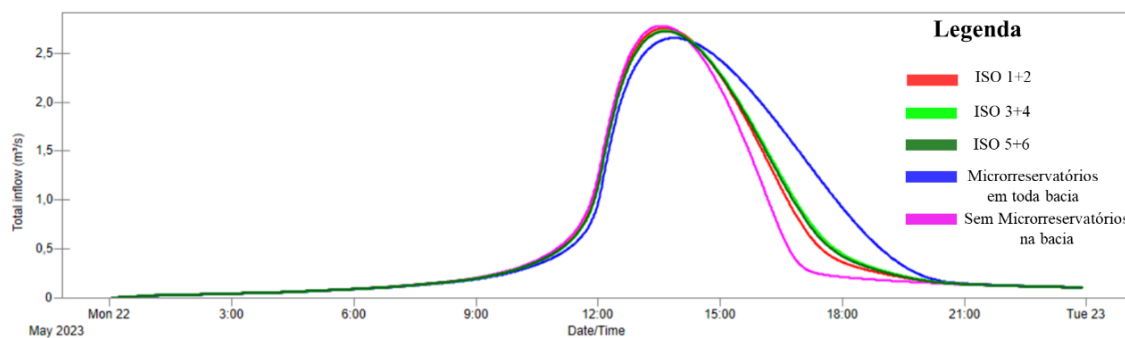


Figura 36: Resultado da aplicação de isócronas no amortecimento de vazão nas sub-bacias 4 e 5.

Nota-se que a instalação de microrreservatórios nas isócronas mais a montante (ISO 1+2) gerou uma vazão de pico de 2,738 m³/s (representada pela cor vermelha). Nas isócronas intermediárias (ISO 3+4), a vazão de pico foi ligeiramente inferior, alcançando 2,734 m³/s (cor verde-claro). Para as isócronas situadas mais a jusante (ISO 5+6), a vazão de pico foi de 2,748 m³/s (cor verde-escuro). Quando os microrreservatórios foram implementados em toda a área das sub-bacias, a vazão total de pico foi reduzida para 2,666 m³/s, em comparação com o cenário sem microrreservatórios, que registrou a maior vazão de 2,784 m³/s. Os valores observados anteriormente para os diferentes cenários foram muito próximos, portanto, houve uma sobreposição das linhas dos resultados.

A Tabela 6 abaixo apresenta a distribuição dos lotes em cada isócrona, juntamente com as respectivas vazões (m³/s) que atingem o exutório. As vazões e as reduções percentuais correspondentes, em comparação ao cenário sem microrreservatórios (2,784 m³/s), são as seguintes:

Tabela 6: Relação de lotes e vazão das sub-bacias 4 e 5.

Cenários	Lotes (und.)	Vazão (m ³ /s)	% Redução
Sem microrreservatórios	1007	2,784	-
ISO 1+2	323	2,738	1,6%
ISO 3+4	447	2,734	1,8%
ISO 5+6	237	2,748	1,3%
Com microrreservatórios	1007	2,666	4,25%

O número total de lotes nas sub-bacias 4 e 5 é de 1007. Ao correlacionar a quantidade de lotes em cada cenário com o amortecimento de vazão observado, é possível avaliar o impacto dos microrreservatórios nessas sub-bacias.

- No cenário “ISO 1+2”, que contém 32% dos lotes, em que os microrreservatórios foram implantados nas isócronas mais a montante, observou-se um amortecimento na vazão de pico de aproximadamente 1,6%.
- No cenário “ISO 3+4”, com 44,37 % dos lotes, em que os microrreservatórios foram implantados nas isócronas centrais, observou-se uma redução de aproximadamente 1,8% na vazão de pico.

- No cenário ‘ISO 5+6’, com 23,53% dos lotes, em que os microrreservatórios foram implantados nas isócronas mais a jusante, observou-se um amortecimento na vazão de pico de aproximadamente 1,3%.
- Quando todos os 1007 lotes têm microrreservatórios, o amortecimento percentual da vazão de pico é de 4,25%.

5.3.4 – Sub-bacia 6

5.3.4.1 – Isócronas

A sub-bacia 6 cobre uma área de 26,63 hectares, possui 167 lotes aproximadamente. A área foi dividida em 5 isócronas, com um tempo máximo de concentração de 15,2 minutos. A Figura 37 ilustra as isócronas em detalhe. Os lotes estão distribuídos conforme segue: 0 lotes na isócrona 1 (vermelha); 11 lotes na isócrona 2 (laranja); 58 lotes na isócrona 3 (amarela); 48 lotes na isócrona 4 (verde-claro) e 50 lotes na isócrona 5 (verde-escuro).

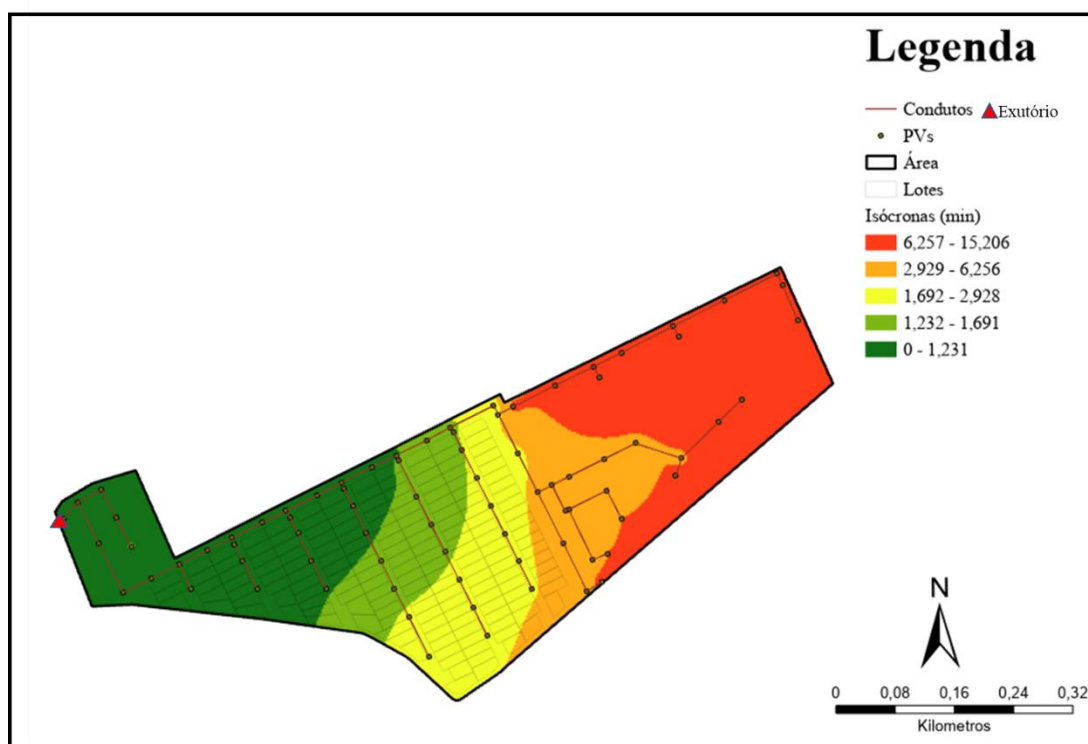


Figura 37: Tempo de concentração da sub-bacia 6.

5.3.4.2 – Análise do amortecimento de vazão no exutório por isócronas

Os dados da sub-bacia 6 também estão organizados em três cenários de isócronas: ISO 1+2, com 11 lotes; ISO 3+4, com 106 lotes; e ISO 5+6, com 50 lotes. Também foram considerados

cenários que avaliam o comportamento da vazão de pico com a aplicação de microrreservatórios em todos os 167 lotes e sem a aplicação de microrreservatórios. A Figura 38 a seguir mostra os resultados de acordo com cada cenário.

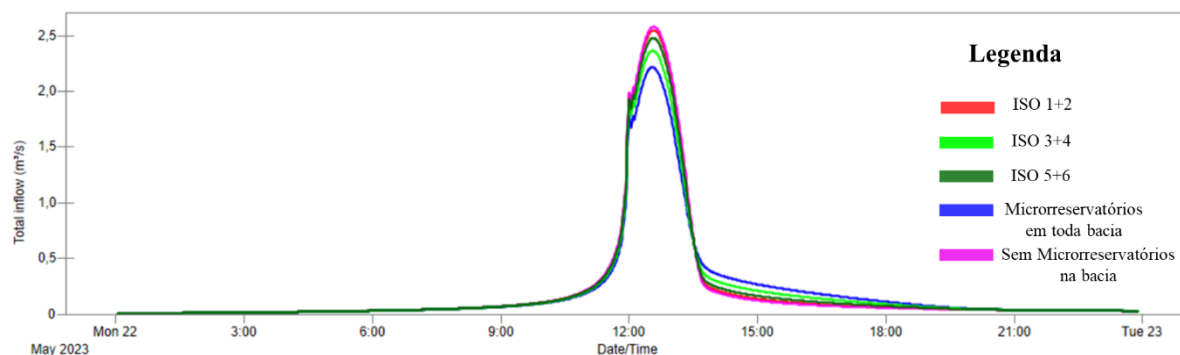


Figura 38: Resultado da aplicação de isócronas no amortecimento de vazão na sub-bacia 6.

Os resultados mostram que a instalação de microrreservatórios nas isócronas mais a montante (ISO 1+2) resultou em uma vazão de pico de 2,549 m³/s, conforme indicado pela cor vermelha. Nas isócronas intermediárias (ISO 3+4), a vazão de pico foi um pouco menor, com 2,364 m³/s, representada pela cor verde-claro. Já nas isócronas mais a jusante (ISO 5+6), a vazão de pico foi de 2,479 m³/s, indicada pela cor verde-escuro. Quando os microrreservatórios foram aplicados em toda a extensão das sub-bacias, a vazão total de pico foi reduzida para 2,216 m³/s, já à vazão máxima de 2,582 m³/s foi observada no cenário sem microrreservatórios.

A Tabela 7 abaixo apresenta a distribuição dos lotes em cada isócrona, juntamente com as respectivas vazões (m³/s) que atingem o exutório. As vazões e as reduções percentuais correspondentes, em comparação ao cenário sem microrreservatórios, são as seguintes:

Tabela 7: Relação de lotes e vazão da sub-bacia 6.

Cenários	Lotes (und.)	Vazão (m ³ /s)	% Redução
Sem microrreservatórios	167	2,582	-
ISO 1+2	11	2,549	1,3%
ISO 3+4	106	2,364	8,4%
ISO 5+6	50	2,479	4%
Com microrreservatórios	167	2,216	14%

A correlação entre a quantidade de lotes em cada cenário e o amortecimento de vazão observado na sub-bacia 6 foi a seguinte

- No cenário “ISO 1+2”, que contém 6,57% dos lotes, em que os microrreservatórios foram implantados nas isócronas mais a montante, observou-se um amortecimento na vazão de pico de aproximadamente 1,3%.
- No cenário “ISO 3+4”, com 63,47% dos lotes, em que os microrreservatórios foram implantados nas isócronas centrais, observou-se uma redução de aproximadamente 8,4% na vazão de pico.
- No cenário “ISO 5+6”, que apresentam apenas 29,94% dos lotes, em que os microrreservatórios foram implantados nas isócronas mais a jusante, observou-se um amortecimento na vazão de pico de aproximadamente 4%.
- Além disso, a implementação dos microrreservatórios em toda sub-bacia amorteceu a vazão de pico em aproximadamente 14%.

5.3.5 – Análise do amortecimento de vazão no exutório por escolha aleatória na bacia

Foi realizada uma análise do amortecimento da vazão de pico no exutório, aplicando uma distribuição aleatória dos microrreservatórios nos lotes. Cada cenário de isócrona (ISO1+2, ISO3+4 e ISO5+6) foi simulado 3 vezes para garantir a consistência dos resultados, portanto foram geradas 9 configurações distintas em cada sub-bacia, totalizando 54 configurações de microrreservatórios na bacia. Todos os resultados, incluindo a localização dos lotes utilizados em cada cenário, estão descritos no APÊNDICE B, onde também se encontra o código *Python* usado para as distribuições. Essa metodologia permitiu avaliar a influência da quantidade e da localização dos microrreservatórios em cada sub-bacia. A distribuição nos lotes foi realizada em três rodadas, conforme detalhado a seguir:

Primeira rodada - Cenário “ISO 1+2”: Nessa etapa, os 991 lotes localizados nas isócronas 1 e 2, todos equipados com microrreservatórios, foram distribuídos aleatoriamente entre os 2.595 lotes da bacia. A posição de cada lote foi determinada por sorteio aleatório, resultando em três configurações distintas de lotes. Esse procedimento foi repetido três vezes para avaliar a variabilidade dos resultados. A Figura 39, Figura 40, Figura 41 e Figura 42 compara o resultado da vazão de pico das 3 simulações no exutório de cada sub-bacia.

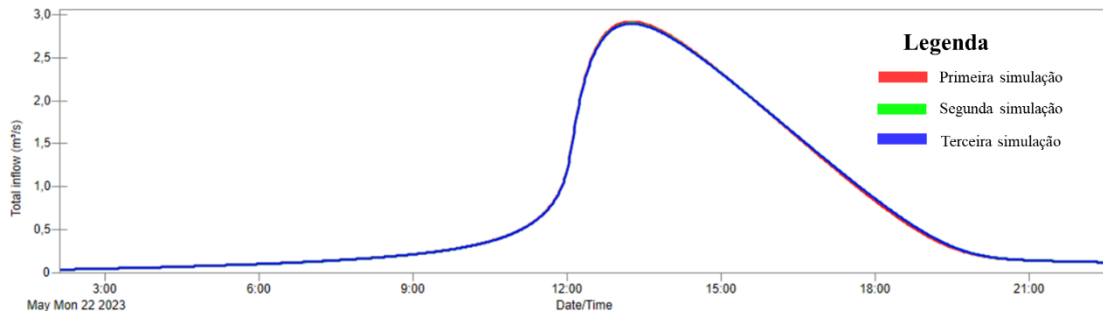


Figura 39: Resultado da vazão de pico das 3 simulações de redistribuição dos lotes do cenário "ISO 1+2" no exutório da sub-bacia 1 e sub-bacia 3.

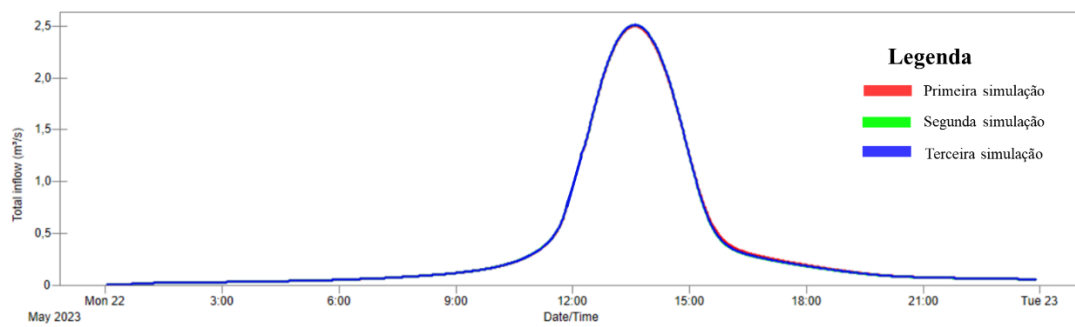


Figura 40: Resultado da vazão de pico das 3 simulações de redistribuição dos lotes do cenário "ISO 1+2" no exutório da sub-bacia 2.

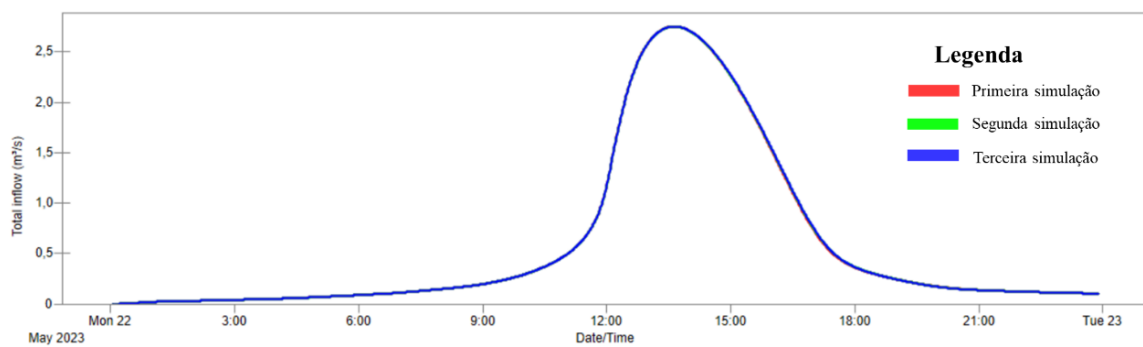


Figura 41: Resultado da vazão de pico das 3 simulações de redistribuição dos lotes do cenário "ISO 1+2" no exutório da sub-bacia 4 e sub-bacia 5.

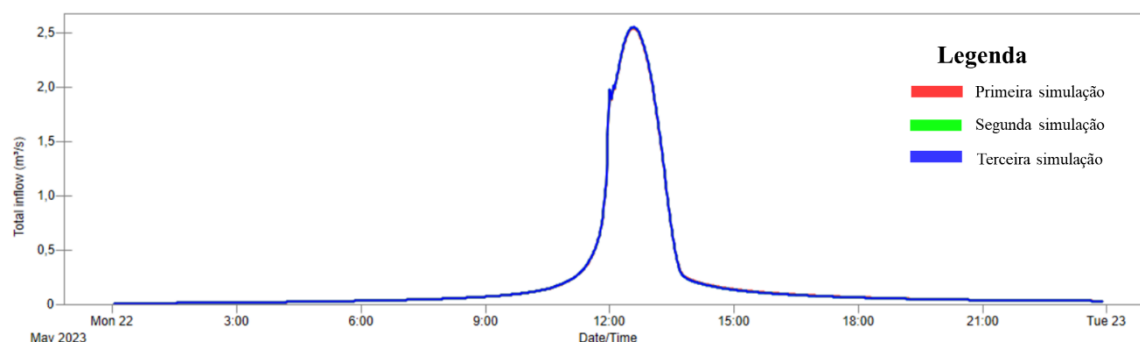


Figura 42: Resultado da vazão de pico das 3 simulações de redistribuição dos lotes do cenário "ISO 1+2" no exutório da sub-bacia 6.

Na segunda rodada, representada pelo Cenário “ISO 3+4”, os 1.089 lotes das isócronas 3 e 4, contendo microrreservatórios, foram redistribuídos entre os 2.595 lotes totais da bacia. Assim como na primeira rodada, essa distribuição foi realizada três vezes com o uso do mesmo código em *Python*, assegurando a consistência dos dados. A Tabela 8 compara os resultados da vazão.

Tabela 8: Vazão no exutório de cada sub-bacia conforme redistribuição dos lotes da isócrona ISO3+4.

Sub-bacias	Vazão (m³/s) da redistribuição dos lotes da ISO3+4		
	Primeira simulação	Segunda simulação	Terceira simulação
Sub-bacia 1 e 3	2,962	2,962	2,961
Sub-bacia 2	2,556	2,555	2,555
Sub-bacia 4 e 5	2,734	2,734	2,735
Sub-bacia 6	2,364	2,363	2,364

Na terceira e última rodada, correspondente ao Cenário “ISO 5+6”, os 515 lotes com microrreservatórios, localizados nas isócronas 5 e 6, foram distribuídos entre os 2.595 lotes da bacia, conforme exibido pela Tabela 9.

Tabela 9: Vazão no exutório de cada sub-bacia conforme redistribuição dos lotes da isócrona ISO5+6

Sub-bacias	Vazão (m ³ /s) da redistribuição dos lotes da ISO5+6		
	Primeira simulação	Segunda simulação	Terceira simulação
Sub-bacia 1 e 3	3,119	3,119	3,119
Sub-bacia 2	2,488	2,487	2,488
Sub-bacia 4 e 5	2,748	2,747	2,747
Sub-bacia 6	2,216	2,216	2,216

A pequena variação nos valores de vazão de pico faz com que as diferenças entre as linhas de resultados sejam quase imperceptíveis nos gráficos. Esse resultado sugere que a localização dos microrreservatórios dentro da bacia não altera significativamente a vazão de pico no exutório, reforçando a hipótese de que o impacto dos microrreservatórios sobre a vazão de pico é consistente, independentemente da sua distribuição espacial.

5.3.6 Vazão específica das sub-bacia

Foi realizada uma análise da vazão específica de cada sub-bacia. A vazão específica permitiu comparar o escoamento entre sub-bacias de diferentes tamanhos, considerando os cenários de instalação dos microrreservatórios em diferentes isócronas.

- A Figura 43 retrata a vazão específica no exutório da sub-bacia 1 e sub-bacia 3, observa-se um aumento progressivo da vazão específica entre os cenários analisados, as sub-bacias dividem o mesmo exutório. No cenário ISO1+2, a vazão específica está em torno de 3700,00 L/s/km², enquanto no cenário ISO5+6 ela se eleva para aproximadamente 3950,00 L/s/Km². Esse comportamento está diretamente relacionado à quantidade de microrreservatórios instalados em cada cenário. No cenário ISO5+6, apenas 1,01% dos lotes possuem microrreservatórios, o que resulta em um baixo desempenho. Em contraste, no cenário ISO1+2, onde 57,14% dos lotes têm microrreservatórios, o que contribui para uma maior retenção e redução das vazões específicas nesta sub-bacia.

- A sub-bacia 2 (Figura 44) apresenta um comportamento inverso ao observado nas sub-bacias 1 e 3. A vazão específica diminui progressivamente entre os cenários, passando de aproximadamente 5450,00 L/s/km² no ISO1+2 e ISO3+4 para cerca de 5300,00 L/s/km² no ISO5+6. Essa redução está diretamente relacionada ao aumento no número de lotes atendidos pelos microrreservatórios, que cresce de 205 em ISO1+2 e ISO3+4 para 220 em ISO5+6. Esses resultados indicam que o controle das vazões é mais eficaz quanto maior for a quantidade de microrreservatórios instalados, independentemente da posição dentro das isócronas
- Para a sub-bacia 4 e sub-bacia 5 (Figura 45), e sub-bacia 6, o gráfico (Figura 46) a tendência indica que a instalação dos microrreservatórios nas isócronas centrais (ISO3+4) resulta em um maior amortecimento de vazão, sendo a isócrona que possui a maior quantidade de microrreservatório.

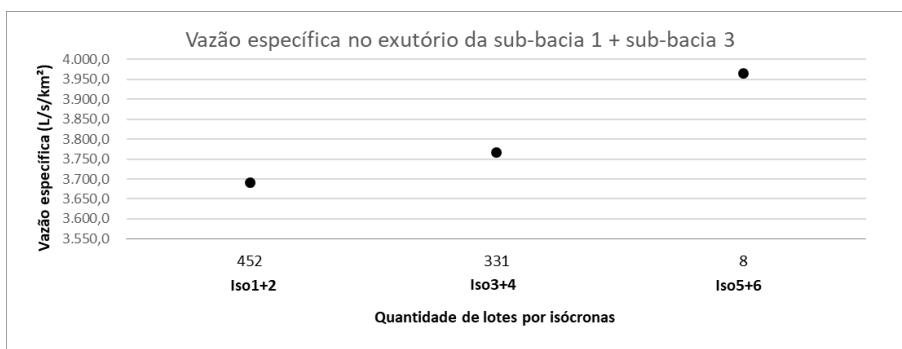


Figura 43: Vazão específica no exutório da sub-bacia 1 e sub-bacia 3.

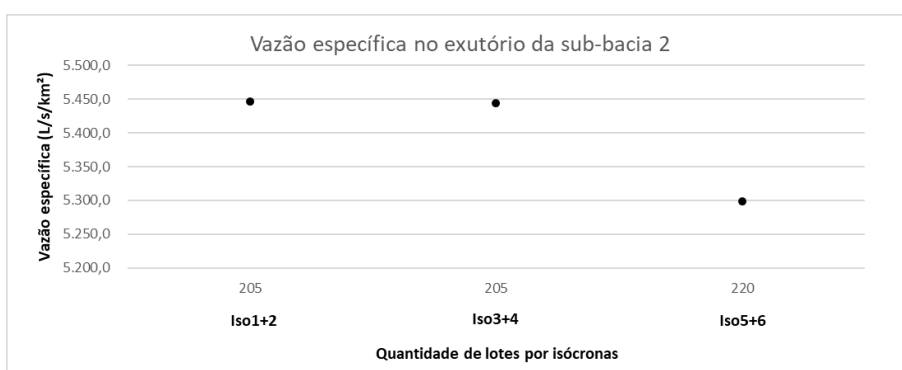


Figura 44: Vazão específica no exutório da sub-bacia 2.

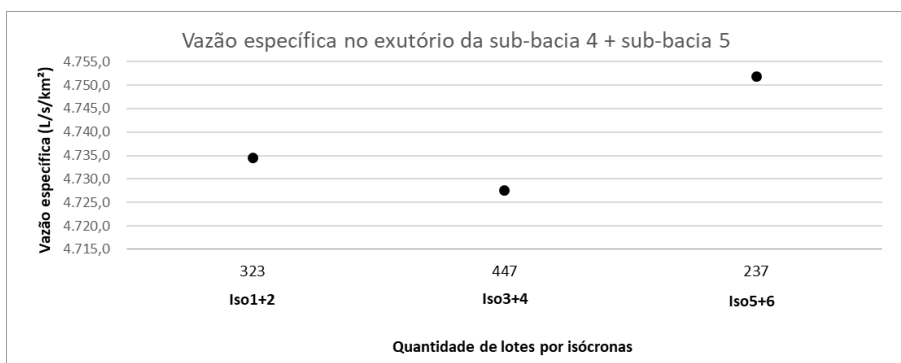


Figura 45: Vazão específica no exutório da sub-bacia 4 e sub-bacia 5.

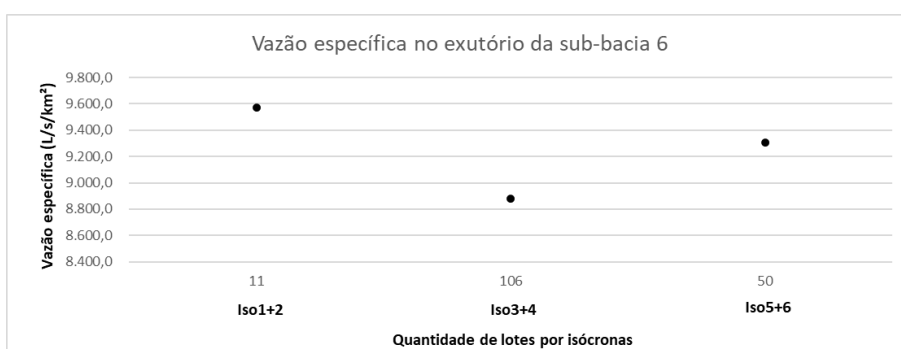


Figura 46: Vazão específica no exutório da sub-bacia 6.

Os resultados obtidos indicam que a localização dos microrreservatórios dentro da bacia não exerce influência significativa sobre a vazão de pico no exutório, contrariando a premissa que sugere um maior desempenho quando os microrreservatórios são instalados a montante. Este estudo, contudo, reforça que o fator determinante para o amortecimento da vazão de pico é a quantidade de microrreservatórios, independentemente de sua distribuição espacial na bacia.

5.3 – CONSIDERAÇÕES FINAIS SOBRE OS RESULTADOS DA IMPLANTAÇÃO DOS MICRORRESERVATÓRIOS

As análises indicam que a quantidade de microrreservatórios instalados em cada sub-bacia é o fator determinante para o controle da vazão de pico, enquanto a localização específica dos lotes apresenta impacto secundário. A Tabela 10 relaciona a porcentagem de lotes ocupados com microrreservatórios e a porcentagem de amortecimento da vazão de pico no exutório de cada sub-bacia.

Tabela 10: Resumo da relação de porcentagem de lotes nas sub-bacias e o amortecimento de vazão de pico.

Cenários	Sub-bacia 1+3		Sub-bacia 2		Sub-bacia 4+5		Sub-bacia 6	
	% lotes com micror.	% amort. vazão	% lotes com micror.	% amort. vazão	% lotes com micror.	% amort. vazão	% lotes com micror.	% amort. vazão
ISO1+2	57,14%	7,22%	32,54%	5,5%	32%	1,6%	6,57%	1,3%
ISO3+4	41,85%	5,3%	32,54%	5,4%	44,37%	1,8%	63,47%	8,4%
ISO5+6	1,01%	0,33%	34,92%	7%	23,53%	1,3%	29,94%	4%

Relacionando os resultados aqui apresentados aos estudos já publicados, Helfer (2019) verificou que a implantação de microrreservatórios nas zonas baixas (jusante) é mais eficiente do que nas zonas intermediárias (montante). A autora ainda cita que a combinação de medidas nas zonas intermediárias e baixas parece ser a melhor abordagem para a bacia em que estudou. No entanto, o estudo não comparou ou relacionou a quantidade de lotes com o desempenho das zonas. Os dados obtidos mostram que a Zona Baixa, que representa 39,96% do total de lotes (4.435 lotes), tem uma diferença significativa em comparação com a Zona Média, que corresponde a 32,60% (3.617 lotes), e a Zona Alta, que abrange apenas 27,44% (3.045 lotes). Essa diferença na distribuição de lotes, associada à instalação de microrreservatórios, reforça a ideia de que quanto mais microrreservatórios são instalados, maior o desempenho no amortecimento da vazão de pico a jusante.

Da Silva (2024) menciona que a baixa taxa de implantação das práticas de técnicas compensatórias nas sub-bacias contribuiu para a ausência de um impacto significativo no amortecimento da vazão de pico. Isso sugere que, apesar das TC's serem eficientes em alguns casos, a insuficiente quantidade de áreas onde essas práticas foram aplicadas comprometeram o resultado da pesquisa. Outro ponto levantado por Da Silva (2024) é a recomendação de levar em consideração aspectos técnicos e econômicos, pois as escolhas precisam estar adequadas entre o custo-benefício e o impacto ambiental. A baixa taxa de implantação observada pode ser um reflexo direto dessa falta de planejamento integrado, onde o potencial das técnicas compensatórias não foi totalmente aproveitado por não considerar o tamanho ideal do dispositivo de implantação para maximizar o impacto nos cenários com eventos de maiores tempos de retorno.

Tanto com Helfer (2019) quanto Da Silva (2024) demonstraram que, embora as práticas implantadas possam reduzir o impacto das águas pluviais, seu desempenho é limitado quando a cobertura das práticas é insuficiente ou mal distribuída.

Portanto, o estudo permite concluir que, embora a implantação de microrreservatórios nas isócronas centrais (ISO3+4) e nas isócronas mais a jusante (ISO5+6) apresente um desempenho superior no amortecimento da vazão de pico, esse resultado está diretamente relacionado à quantidade de microrreservatórios nesses cenários. Quando os microrreservatórios foram distribuídos de maneira aleatória, o amortecimento da vazão de pico foi semelhante ao observado na implantação baseada nas isócronas. Esses resultados sugerem que, quanto maior a capacidade de retenção sem que haja extravasamento do dispositivo, e considerando apenas a quantidade de microrreservatórios em cada sub-bacia sem levar em conta sua distribuição, mesmo em nível de lote, obtém-se uma maior redução da vazão de pico no exutório.

5.4 - ANÁLISE MORFOMÉTRICA DA BACIA

5.4.1 – Parâmetros de área

Para o cálculo do fator de forma, foi feita a média das larguras médias ao longo de toda a extensão das sub-bacias, dividindo-se esse valor pelo comprimento axial. A interpretação dos resultados segue a seguinte classificação: sub-bacias com fator de forma entre 1 e 0,75 estão sujeitas a enchentes; sub-bacias com valores entre 0,75 e 0,5 apresentam uma tendência mediana para enchentes; e sub-bacias com valores menores que 0,5 não estão sujeitas a enchentes. A Tabela 11 a seguir apresenta as características referentes ao Fator de forma de cada sub-bacia.

Tabela 11: Análise dos critérios de Fator de forma.

Bacia	Largura média (Km)	Comprimento axial (Km)	Fator de forma (Ff)
Sub-bacia 1	0,32	1,39	0,23
Sub-bacia 2	0,62	0,75	0,82
Sub-bacia 3	0,42	0,88	0,47
Sub-bacia 4	0,64	0,86	0,75
Sub-bacia 5	0,25	0,49	0,50
Sub-bacia 6	0,53	1,03	0,51



A Tabela 12 a seguir apresenta as características referentes ao Índice de Compacidade (Kc) de cada sub-bacia, fornecendo uma interpretação dos resultados conforme a seguinte classificação: sub-bacias com Índice de Compacidade (Kc) entre 1 e 1,25 têm alta propensão a grandes enchentes; sub-bacias com valores entre 1,25 e 1,5 apresentam uma tendência mediana a grandes enchentes; e sub-bacias com valores maiores que 1,5 não estão sujeitas a grandes enchentes.





Tabela 12: Análise dos critérios de Índice de compacidade.

Bacia	Área (Km ²)	Perímetro (Km)	Índice de compacidade (Kc)
Sub-bacia 1	0,3783	3,60	1,65
Sub-bacia 2	0,4695	2,92	1,20
Sub-bacia 3	0,408	3,00	1,32
Sub-bacia 4	0,5783	3,42	1,27
Sub-bacia 5	0,1079	1,54	1,32
Sub-bacia 6	0,2663	2,37	1,29

A Tabela 13 a seguir apresenta um resumo dos índices de Fator de Forma e Índice de Compacidade, comparando-os com a forma geométrica de cada sub-bacia. Essa comparação proporciona uma compreensão mais clara dos resultados de cada característica morfométrica, facilitando a interpretação do comportamento hidrológico das bacias estudadas.

Tabela 13: Resumo das análises dos critérios morfométricos de área.

Identificação	Forma da sub-bacia	Ff	Kc
Sub-bacia 1		0,23 - Bacia não sujeita a grandes enchentes	1,65 - Bacia não sujeita a grandes enchentes
Sub-bacia 2		0,82 - Bacia com alta propensão a grandes enchentes	1,20 - Bacia com alta propensão a grandes enchentes

Identificação	Forma da sub-bacia	Ff	Kc
Sub-bacia 3		0,47 - Bacia não sujeita a grandes enchentes	1,32 - Bacia com tendencia mediana a grandes enchentes
Sub-bacia 4		0,75- Bacia com tendencia mediana a grandes enchentes	1,27 - Bacia com tendencia mediana a grandes enchentes
Sub-bacia 5		0,5- Bacia com tendencia mediana a grandes enchentes	1,32- Bacia com tendencia mediana a grandes enchentes
Sub-bacia 6		0,51- Bacia com tendencia mediana a grandes enchentes	1,29- Bacia com tendencia mediana a grandes enchentes

5.4.2 – Análise entre vazão específica, Fator de forma e Índice de compacidade

- Na sub-bacia 1 e sub-bacia 3, a implementação dos microrreservatórios em toda sub-bacia 1 e 3 reduz a vazão de pico em aproximadamente 15 %. A sub-bacia 1, tem um fator de forma de 0,23, possui uma forma alongada, indicando uma menor suscetibilidade a enchentes rápidas. Seu índice de compacidade alto também indica que é uma bacia não sujeita a grandes enchentes. Já a sub-bacia 3 possui o fator de forma próximo de 0,5, o que indicaria uma tendência mediana a enchentes, o índice de compacidade de 1,32 aponta para uma forma mais elíptica, aumentando o risco de grandes enchentes.
- A sub-bacia 2 foi a sub-bacia com a implementação dos microrreservatórios em toda sub-bacia amorteceu a vazão de pico em aproximadamente 21%. Com um fator de

forma de 0,82, a sub-bacia 2 está dentro da faixa de bacias mais propensas a enchentes rápidas. Sua forma quase circular, refletida no baixo índice de compacidade (1,20), faz com que a água se concentre rapidamente no exutório. Assim, a combinação de um fator de forma alto e um índice de compacidade baixo, reforça a alta probabilidade de enchentes, especialmente em cenários de chuvas intensas.

- As sub-bacias 4 e 5 apresentaram um amortecimento percentual da vazão de pico de 4,25% quando foram instalados microrreservatórios em todos os lotes. A sub-bacia 4, com seu fator de forma no limite superior da faixa, indica um risco elevado de enchentes, e seu índice de compacidade (1,27) reforça essa susceptibilidade. Já a sub-bacia 5, embora tenha um fator de forma de 0,50, apontando para uma tendência intermediária de suscetibilidade, possui um índice de compacidade mais alto (1,32), o que geometricamente sugere uma predisposição maior a enchentes, constituindo um fator de risco relevante.
- A implementação dos microrreservatórios em toda sub-bacia sub-bacia 6 amorteceu em média a vazão de pico em aproximadamente 14%. Essa sub-bacia, no entanto, teve a maior proporção de lotes com microrreservatórios implantados na região central (63,47%) obtendo a maior taxa de amortecimento de vazão de pico (8,4%). Com um fator de forma de 0,51 e um índice de compacidade de 1,29, os indicadores sugerem uma propensão mediana a inundações.

A Figura 47 e Figura 48 a seguir retratam os gráficos que correlacionam as vazões específicas de cada sub-bacia quando possuem microrreservatórios em todos os lotes e quando não tem os dispositivos instalados, com o parâmetro morfométrico de fator de forma.

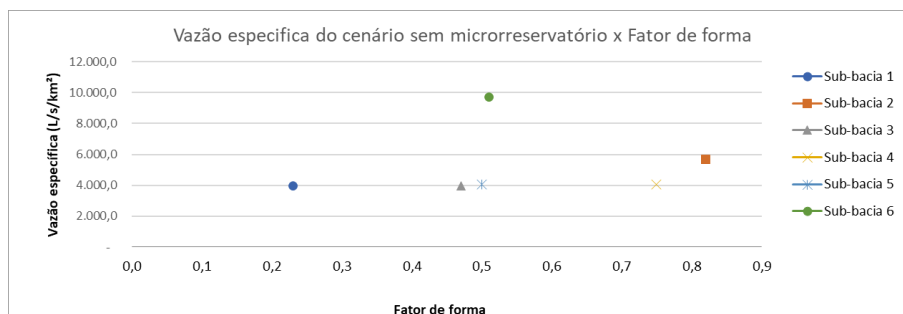


Figura 47: Vazão específica no cenário sem microrreservatório nas sub-bacias x Fator de forma

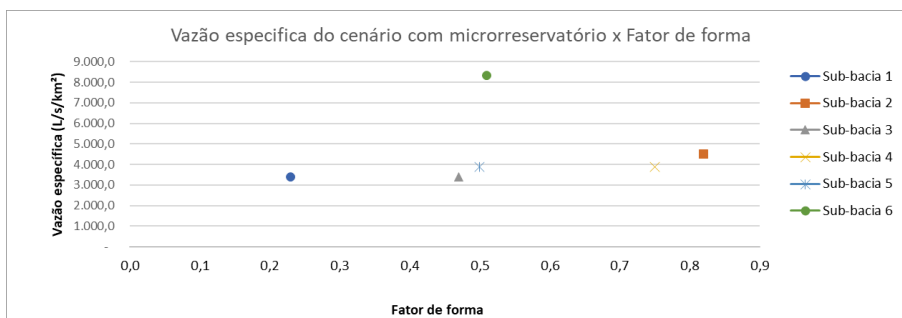


Figura 48: Vazão específica no cenário com microrreservatório nas sub-bacias x Fator de forma

A análise final sugere que, tanto em sub-bacias com alta propensão a enchentes quanto em bacias com tendência mediana a enchentes, o desempenho dos microrreservatórios foi semelhante. O amortecimento da vazão de pico mostrou-se diretamente relacionado à quantidade de microrreservatórios, sem ser influenciado pelo fator de forma das sub-bacias. A Figura 49 e Figura 50 comparam os gráficos que correlacionam as vazões específicas de cada sub-bacia quando possuem microrreservatórios em todos os lotes e quando não tem os dispositivos instalados, com o parâmetro morfométrico do índice de compactidade.

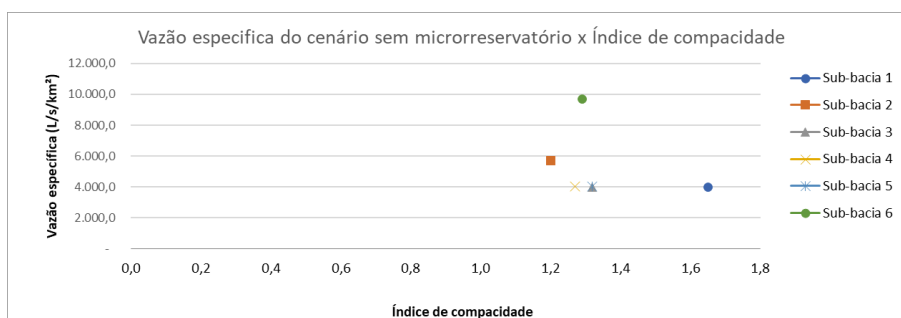


Figura 49: Vazão específica no cenário sem microrreservatório nas sub-bacias x Índice de compactidade

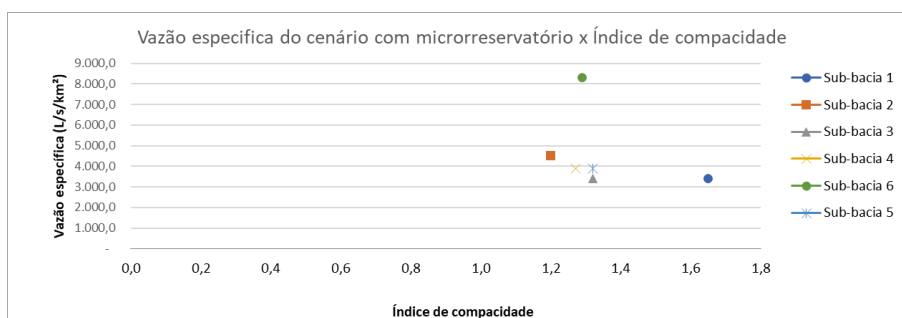


Figura 50: Vazão específica no cenário com microrreservatório nas sub-bacias x Índice de compactidade

A mesma análise realizada para o fator de forma pode ser aplicada ao índice de compacidade, indicando que o desempenho do microrreservatório foi similar tanto em sub-bacias com alta propensão a enchentes quanto em bacias com tendência média a enchentes. O amortecimento da vazão de pico está relacionado a quantidade de microrreservatórios instalados na sub-bacia, sofrendo pouca influência das características geométricas de cada sub-bacias.

5.4.3 – Parâmetros de relevo

5.4.3.1 – Sub-bacia 1

A declividade ao longo de cada sub-bacia foi calculada a partir dos cortes apresentados na Figura 51 e Figura 52. Essa análise teve como objetivo fornecer uma melhor compreensão dos parâmetros morfométricos e avaliar as variações topográficas na área de estudo. Nas figuras, o sinal verde indica o início e o sinal vermelho o fim das medições, permitindo observar o relevo de cada sub-bacia.

Para sub-bacia 1, foram analisadas as larguras, cotas e cortes ao longo de três medições distintas. A declividade registrada para o corte transversal na Figura 51 foi de 6,2%, enquanto os cortes longitudinais na Figura 52 apresentaram as seguintes declividades: (a) 1,66%, (b) 1,86%. Com base nesses dados, a inclinação média da sub-bacia 1 foi calculada em 1,76%.

A declividade equivalente constante (Sec) de 7% da tubulação principal sugere um escoamento superficial rápido, uma vez que valores elevados indicam maior velocidade do fluxo. A declividade média constante (Smc) de 5% reforça que, a declividade geral da rede é alta. A declividade menor nos cortes longitudinais indica uma tendência de alongamento do tempo de concentração. No entanto, o elevado Sec sugere que os eventos de chuvas mais intensas podem contribuir para uma resposta mais rápida do escoamento.

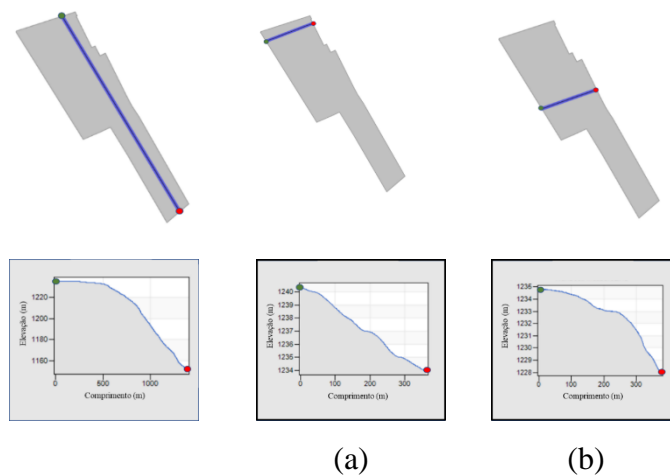


Figura 51: Corte transversal da sub-bacia 1.

Figura 52: Corte longitudinal da sub-bacia 1.

5.4.3.2 – Sub-bacia 2

Da mesma forma que nas figuras anteriores, o início e o término das medições na sub-bacia 2 são indicados pelas cores verde e vermelha, o que permite uma visualização das variações topográficas. As inclinações observadas foram de 2,47% na Figura 54 (a); 2,8% em (b). A inclinação média da sub-bacia 2 foi de 2,63%, enquanto a Figura 53 apresenta a declividade medida transversalmente, sendo de: 1,4%.

A declividade equivalente constante (Sec) de 5% indica um comportamento hidráulico da tubulação principal da rede mais alto, porém com escoamento menos veloz comparado à sub-bacia 1. A declividade média constante (Smc) de 2% evidencia que a tubulação principal da rede de drenagem tem uma inclinação média leve.

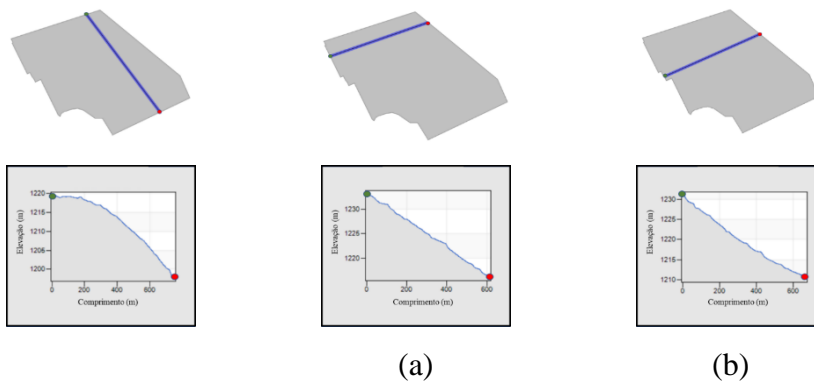


Figura 53: Corte transversal da sub-bacia 2.

Figura 54: Corte longitudinal da sub-bacia 2.

5.4.3.3 – Sub-bacia 3

A Figura 55 e Figura 56 apresentam as medidas da sub-bacia 3, acompanhada de suas respectivas cotas. Assim como nas representações anteriores, os marcadores verde e vermelho indicam o início e o término das medições. Duas medições de largura foram realizadas ao longo da sub-bacia para o corte longitudinal, resultando nas seguintes declividades: 4,0% na Figura 56 (a); 5,96% em (b). A declividade transversal da sub-bacia 3 foi registrada em 3,4% (Figura 55), enquanto a declividade média calculada foi de 4,98% a declividade média constante da tubulação principal da rede foi de 1%.

A declividade equivalente constante (Sec) de 5% da tubulação principal reflete uma alta propensão para fluxos rápidos, a elevada inclinação média longitudinal implica que o escoamento superficial será mais acelerado.

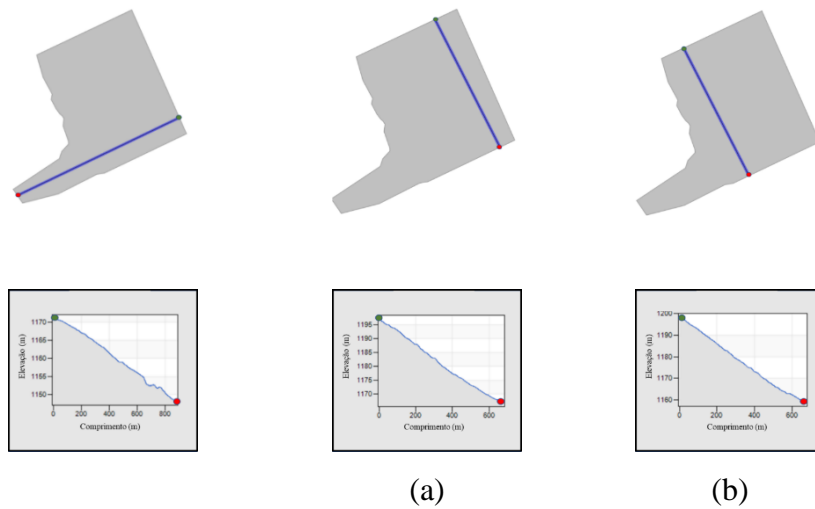


Figura 55: Corte transversal da sub-bacia 3.

Figura 56: Corte longitudinal da sub-bacia 3.

5.4.3.4 – Sub-bacia 4

A sub-bacia 4 apresenta um relevo distinto em comparação com as outras sub-bacias, pois possui um talvegue central. Para a análise do relevo, foram consideradas as cotas do lado esquerdo até a parte central do talvegue e as cotas do lado direito até a mesma região. Seguindo a convenção estabelecida nas figuras anteriores, os sinais verde e vermelho indicam, respectivamente, o início e o término das medições, enquanto um sinal amarelo foi adicionado para marcar a localização do centro do talvegue. A declividade transversal foi de 3,5% representada pela Figura 57. As declividades longitudinais observadas são: 2% para o lado esquerdo e 1,66% para o lado direito na Figura 58 (a); lado esquerdo 1,5% e lado direito 1,9% (b). A inclinação média calculada para a sub-bacia 4 é de 1,7 % do lado esquerdo para o talvegue central e 1,7% do lado direito para o talvegue central.

Apesar da declividade média constante (S_{mc}) de 2% indicando uma inclinação geral baixa, a declividade equivalente constante da tubulação principal da rede de 8% sugere que o fluxo será concentrado e rápido, especialmente nas áreas em torno do talvegue. Essa característica pode resultar em alta vulnerabilidade a inundações ou erosão localizada nas áreas de confluência do escoamento.

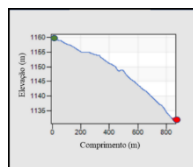
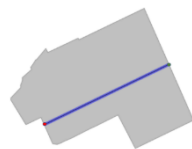
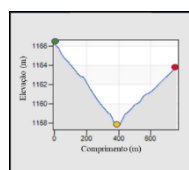
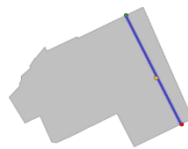
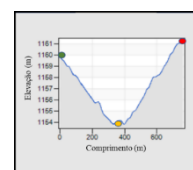
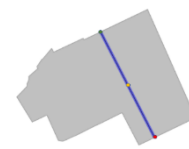


Figura 57: Corte transversal da sub-bacia 4.



(a)



(b)

Figura 58: Corte longitudinal da sub-bacia 4.

5.4.3.5 – Sub-bacia 5

A sub-bacia 5 é caracterizada por um relevo mais uniforme, o que influenciou o número de medições realizadas. Seguindo as convenções anteriores, o sinal verde indica o início e o sinal vermelho o término das medições. Foram efetuadas duas medições, resultando em declividades de 4,3% na Figura 60 (a) e 2,9% (b). A declividade transversal da sub-bacia 5 foi de 4,3% (Figura 59), enquanto a inclinação média calculada para a sub-bacia 5 é de 3,6%.

A declividade equivalente constante da tubulação principal de 3% sugere um escoamento moderado e menos propenso a picos de vazão intensos. A Declividade média constante de 2% reforça que a inclinação média da rede é baixa e estável, o que favorece um comportamento hidráulico mais previsível. A regularidade do relevo torna essa sub-bacia menos vulnerável a picos de vazão.

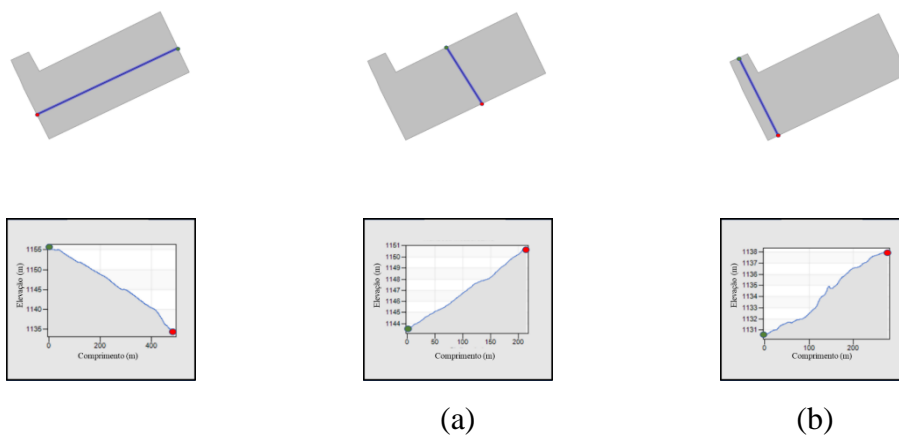


Figura 59: Corte transversal da sub-bacia 5.

Figura 60: Corte longitudinal da sub-bacia 5.

5.4.3.6 – Sub-bacia 6

As medições na sub-bacia 6 foram realizadas de acordo com a convenção anterior, onde o sinal verde marca o início e o sinal vermelho o término das medições. Ao longo da sub-bacia, foram efetuadas duas medições, resultando em declividades de 3% na Figura 62 (a), 3,3% (b). A inclinação média calculada para a sub-bacia 6 é de 3,8%, enquanto a declividade transversal apresentada na Figura 61 foi de 3,1%.

A declividade equivalente constante (Sec) da tubulação principal da rede de drenagem de 5% indica uma aceleração moderada no escoamento superficial, enquanto a declividade média constante de 2% sugere uma inclinação baixa ao longo da tubulação. Esta sub-bacia apresenta um comportamento intermediário, com um escoamento não tão acelerado quanto nas sub-bacias 1 e 3, mas também não tão suave quanto na sub-bacia 5. O Sec moderado combinado com uma Smc baixo proporciona um escoamento relativamente estável.

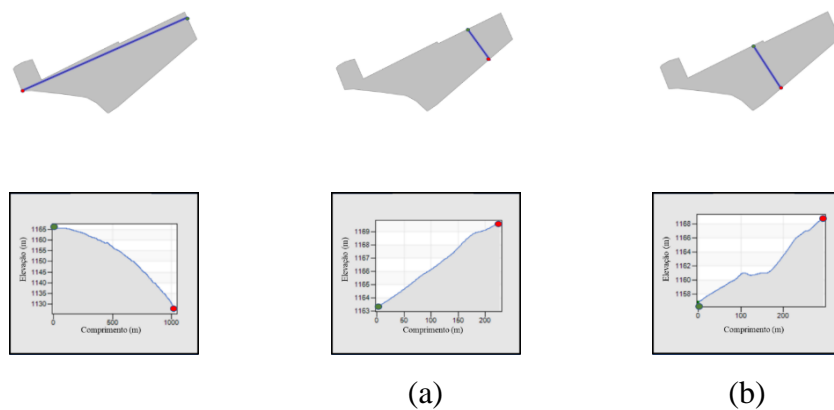


Figura 61: Corte transversal da sub-bacia 6.
Figura 62: Corte longitudinal da sub-bacia 6.

5.4.4 Vazão específica x Declividade equivalente constante

As análises dos gráficos (Figura 63 e Figura 64) comparam as vazões específicas nos exutórios de cada sub-bacia em relação à declividade equivalente constante, considerando dois cenários: um com microrreservatórios implantados em toda a bacia e outro sem a utilização de microrreservatórios.

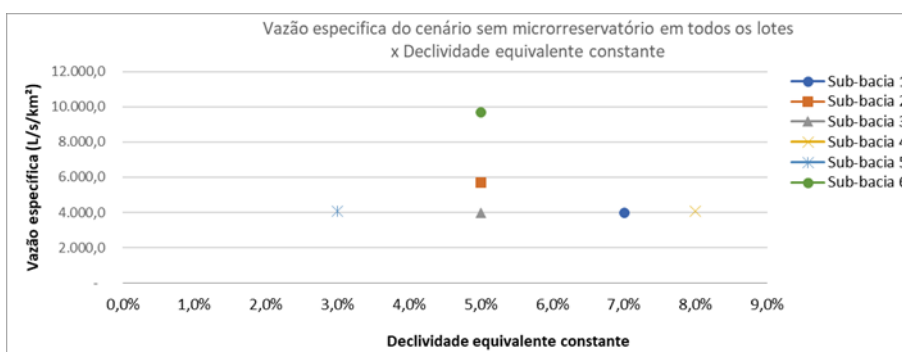


Figura 63: Vazão específica do cenário sem microrreservatório em todos os lotes x Declividade equivalente constante.

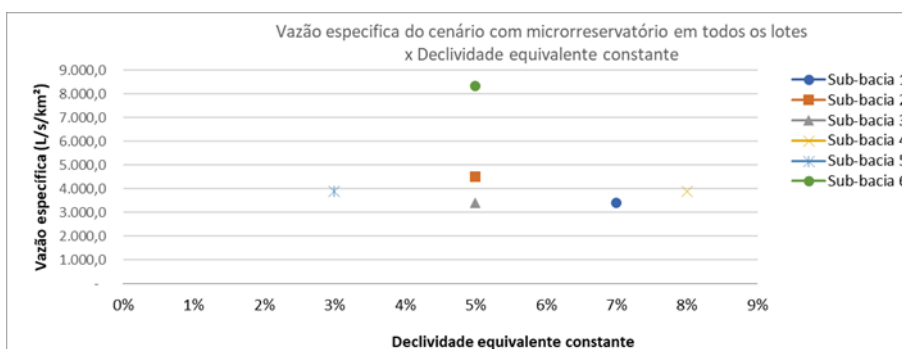


Figura 64: Vazão específica do cenário com microrreservatório em todos os lotes x Declividade equivalente constante.

A partir das análises descritas, não se observa uma relação direta e consistente entre a declividade equivalente constante e o amortecimento da vazão de pico. Embora sub-bacias com declividades equivalentes semelhantes, como as sub-bacias 1, 3 e 6 (5% a 7%), tenham apresentado uma redução na vazão de pico entre 14% e 15%, outras sub-bacias com declividades variadas, como a sub-bacia 2 (5%) e as sub-bacias 4 e 5 (8% e 3%, respectivamente), mostraram desempenhos bastante distintos no amortecimento de vazão, variando de 4,25% até 21%. Esse comportamento sugere que a declividade equivalente constante, não é um bom indicador no desempenho dos microrreservatórios em termos de redução da vazão de pico.

5.4.5 Vazão específica x Declividade média constante

As análises dos gráficos a seguir comparam a vazão específica do cenário sem microrreservatório em todos os lotes da bacia com a declividade média constante (Figura 65), e a vazão específica do cenário com microrreservatório em todos os lotes da bacia com a declividade média constante (Figura 66).

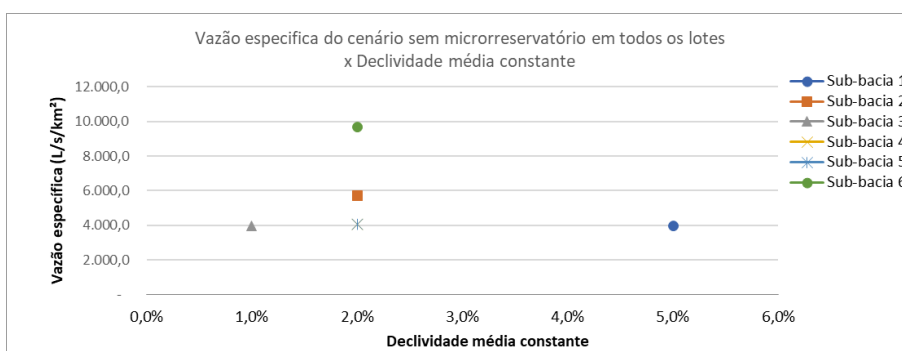


Figura 65: Vazão específica do cenário sem microrreservatório em todos os lotes x Declividade média constante.

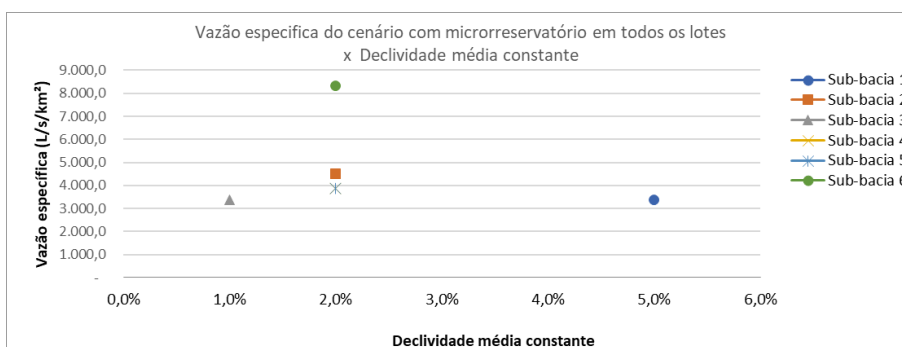


Figura 66: Vazão específica do cenário com microrreservatório em todos os lotes x Declividade média constante.

Com base nos dados apresentados, não há uma relação clara e consistente entre a declividade média constante e o amortecimento da vazão de pico. Embora as sub-bacias 1 e 3, com declividades médias de 1% e 5%, tenham registrado uma redução na vazão de pico (em torno de 15%) e compartilhem o mesmo exutório, outras sub-bacias com declividades médias constantes de 2% apresentaram um desempenho variado no amortecimento de vazão, entre 4% e 20%. Essas variações indicam que a declividade média constante, isoladamente, pode não ser um fator determinante para o amortecimento da vazão de pico, sugerindo que a quantidade dos microrreservatórios, influenciam mais diretamente esse comportamento.

5.4.6 Vazão específica x Declividade transversal

As análises dos gráficos da Figura 67 e Figura 68 correlacionam a vazão específica com a declividade transversal de cada sub-bacia.

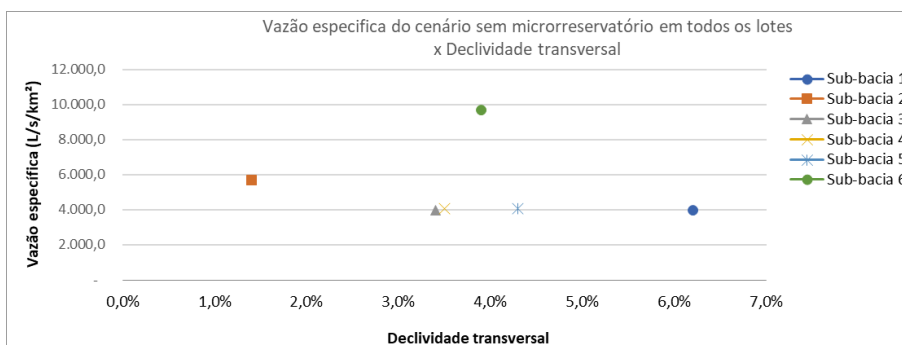


Figura 67: Vazão específica do cenário sem microrreservatório em todos os lotes x Declividade transversal.

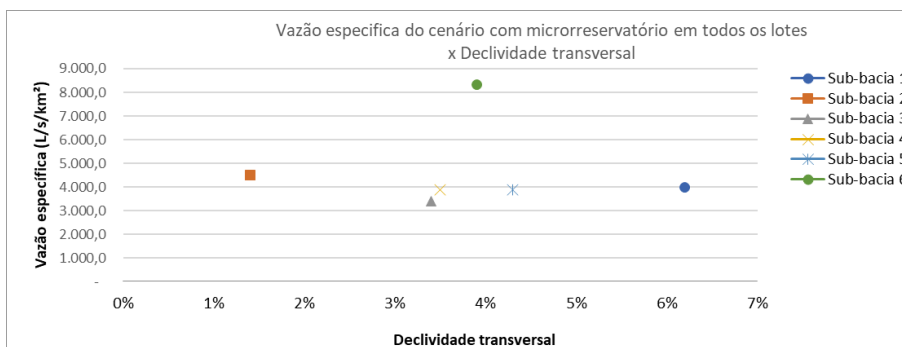


Figura 68: Vazão específica do cenário com microrreservatório em todos os lotes x Declividade transversal.

Os resultados indicam que a relação entre a declividade transversal e o amortecimento da vazão de pico é inconsistente, sugerindo que não há uma correlação direta entre esses fatores. A sub-bacia 2, com a menor declividade transversal (1,4%), apresentou o maior amortecimento da vazão de pico (21%), o que poderia sugerir uma possível influência da baixa declividade. No entanto, sub-bacias com declividades transversais também baixas, como as sub-bacias 4 e 5, apresentaram amortecimentos muito menores (4,25%). Além disso, a sub-bacia 6, com declividade transversal de 3,8%, obteve uma redução de vazão de pico de 14%.

5.4.7 Vazão específica x Declividade média

A Figura 69 e Figura 70 comparam a vazão específica de cada sub-bacia com a declividade média, em dois cenários distintos, quando foram instalados microrreservatórios em todos os lotes e quando não houve a implantação dos dispositivos em toda a bacia.

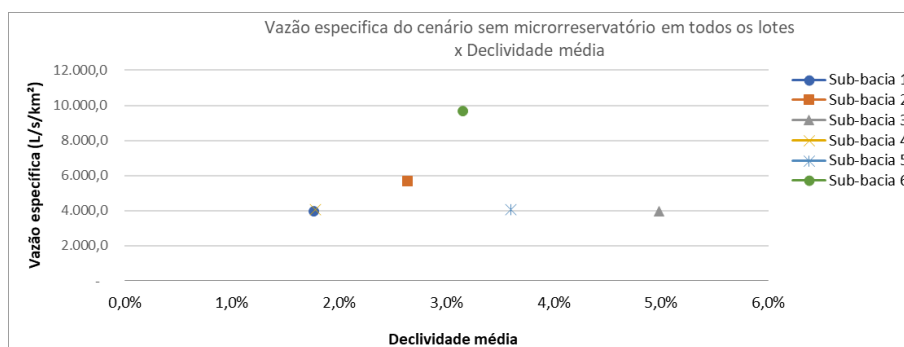


Figura 69: Vazão específica do cenário sem microrreservatório em todos os lotes x Declividade média.

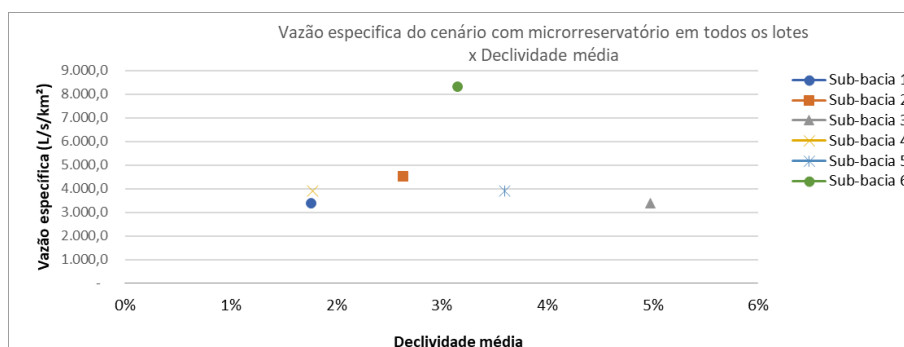


Figura 70: Vazão específica do cenário com microrreservatório em todos os lotes x Declividade média.

Nas sub-bacias 1 e 3, a implementação dos microrreservatórios resultou em uma redução da vazão de pico de aproximadamente 15%, com declividades médias de 1,7% e 4,98%, respectivamente. Por outro lado, as sub-bacias 4 e 5, apresentaram o menor amortecimento percentual da vazão de pico, em torno de 4,25%, mesmo com a instalação de microrreservatórios em todos os lotes. As declividades médias para as sub-bacias 4 e 5 são de 1,8% e 3,6%, respectivamente. Os resultados indicam que mesmo em sub-bacias com declividade semelhantes, não há uma correlação entre o amortecimento da vazão de pico no exutório e declividade média. Sugerindo que a rede de drenagem de águas pluviais altera o comportamento natural dos fluxos.

5.5 – CONSIDERAÇÕES FINAIS SOBRE OS RESULTADOS MORFOMÉTRICOS

Os resultados da análise morfométrica das sub-bacias evidenciam que embora as sub-bacias apresentem parâmetros morfométricos distintos quanto sua forma e declividades, isso não afetou fortemente o desempenho dos microrreservatórios em amortecer a vazão de pico no exutório. Reforçando a hipótese de que mais importante que a localização e as características morfométrica de uma bacia, é a quantidade de microrreservatórios implantados na área, quando se pretende reduzir a vazão de pico no exutório final.

Não houve uma correlação clara e direta entre as declividades estudadas e o amortecimento da vazão de pico. Em sub-bacias caracterizadas por declividades longitudinais e transversais moderadas e um formato mais alongado, como a sub-bacia 1, e a sub-bacia 3, houve um amortecimento na vazão de pico de aproximadamente 15% quando foram instalados microrreservatórios em toda área. Enquanto a sub-bacia 2 com declividade média mais baixa e à declividade equivalente constante moderada (5%) obteve uma redução de aproximadamente 21% no pico de vazão quando os microrreservatórios foram instalados em todos os lotes.

Os resultados indicaram que o desempenho dos microrreservatórios foi similar em sub-bacias com formas alongadas, as quais tendem a ser menos suscetíveis a inundações, em comparação com sub-bacias de formas mais circulares, que apresentam maior risco de enchentes rápidas. Além disso, tanto as declividades moderadas quanto as extremas não apresentaram impacto significativo no desempenho dos microrreservatórios, destacando que a principal variável influenciando o desempenho foi a quantidade de dispositivos instalados na bacia.

Dessa forma, o estudo conclui que, em princípio, os parâmetros morfométricos não exerceram grande influência sobre os resultados observados. Isso pode ser atribuído à presença da rede de drenagem de águas pluviais, que modifica o comportamento natural do escoamento. Como recomendação, sugere-se a realização de novos testes em condições hipotéticas mais críticas e extremas, considerando cenários com e sem rede pluvial urbana, com o objetivo de identificar possíveis correlações entre o desempenho das técnicas compensatórias e os parâmetros morfométricos.

6 – CONCLUSÕES E RECOMENDAÇÕES

O estudo teve como objetivo analisar o comportamento da rede de drenagem no Condomínio Alto da Boa Vista (CABV), DF, por meio da modelagem hidrológica e hidráulica no software *PCSWMM*, com o intuito de identificar pontos críticos na infraestrutura e áreas suscetíveis a alagamentos, visando mitigar a erosão que afeta o condomínio.

Como solução para esses problemas, foi proposta a alocação de microrreservatórios em diferentes cenários. As metodologias de dimensionamento utilizadas (Curva Envelope, ADASA e *PCSWMM*) demonstraram-se eficazes, apresentando resultados consistentes. Na análise do volume da bacia de retenção do condomínio, observou-se uma forte consistência entre a abordagem recomendada pela ADASA e os resultados obtidos no *PCSWMM*, comprovando a adequação desses métodos para prever os volumes necessários ao gerenciamento das águas pluviais nas sub-bacias estudadas.

A análise dos cenários de implantação dos microrreservatórios nas isócronas evidenciou que a quantidade de lotes com microrreservatórios em cada sub-bacia influencia diretamente o desempenho no controle da vazão de pico. Nos cenários aleatórios, observou-se que os valores de vazão de pico no exutório foram muito próximos daqueles obtidos com a alocação por isócronas. Em síntese, a quantidade de lotes com microrreservatórios influencia diretamente o desempenho do controle da vazão de pico, sugerindo que a quantidade de dispositivos de amortecimento é mais importante do que a distribuição estratégica no desempenho no amortecimento da vazão de pico.

Outro aspecto relevante observado foi a ausência de uma correlação direta entre os parâmetros morfométricos analisados e o desempenho dos microrreservatórios nas sub-bacias. A instalação dos microrreservatórios apresentou um desempenho consistente, independentemente das variações nas características morfométricas dessas sub-bacias. Essa ausência de interação entre a morfometria e o desempenho dos microrreservatórios sugere que o fator determinante não é a análise geomorfológica da área de implantação, mas sim a otimização do dimensionamento dos dispositivos e a quantidade de unidades instaladas na bacia. Um dimensionamento adequado é essencial para garantir que os microrreservatórios suportem eventos de chuva sem extravasamento, aumentando assim a capacidade de retenção das águas pluviais e contribuindo de forma mais eficaz para o controle das águas na fonte.

Em síntese, os microrreservatórios mostraram-se uma solução eficaz para a gestão de águas pluviais. O estudo revelou que o desempenho desses dispositivos está diretamente relacionado à sua quantidade, e não à localização específica na área de estudo. Além disso, os microrreservatórios contribuíram para o controle da vazão de pico no exutório, sem apresentar correlação com os parâmetros morfométricos. A modelagem 2D também indicou que a urbanização do Condomínio Alto da Boa Vista (CABV) pode ter intensificado o processo erosivo, devido ao aumento do escoamento superficial e à configuração das sub-bacias. Recomenda-se que estudos futuros aprimorem as metodologias de correlação entre parâmetros morfométricos e o desempenho dos microrreservatórios, especialmente em condições hipotéticas extremas. Além disso, sugere-se a análise da distribuição uniforme dos microrreservatórios entre as diferentes isócronas, de forma a minimizar possíveis interferências decorrentes de influências espaciais.

REFERÊNCIAS BIBLIOGRÁFICAS

- _____. Instalações prediais de águas pluviais. NBR 10844. Rio de Janeiro, 1989
- ADASA – Agência Reguladora de Águas, Energia e Saneamento Básico do Distrito Federal. (2023). Manual de Drenagem e Manejo de Águas Pluviais Urbanas do Distrito Federal, Brasília.
- ADASA-DF (Agência Reguladora de Águas, Energia e Saneamento Básico do Distrito Federal). Resolução nº 26, de 17 de agosto de 2023. Estabelece os procedimentos para requerimento e obtenção de outorga de lançamento de águas pluviais. Brasília: Adasa, 2023.
- Atlas do Distrito Federal- Organização Kássia Batista de Castro, Larissa Ane de Sousa Lima. - Brasília : Kássia Batista de Castro : Companhia de Planejamento do Distrito Federal (CODEPLAN), 2020.
- Australian Rainfall and Runoff: A Guide to Flood Estimation, Commonwealth of Australia (Geoscience Australia), 2019.
- Azevedo Netto, J. M.; Araújo, R.; Fernandez, M. F.; Ito, A. E.; (1998). Manual de Hidráulica. 8ª. Ed. São Paulo: Edgard Blücher, 669 p.
- BRASIL. Lei no 11.445, de 5 janeiro de 2007. Estabelece as diretrizes nacionais para o saneamento básico; cria o Comitê Interministerial de Saneamento Básico; altera as leis no 6.766, de 19 de dezembro de 1979, no 8.666, de 21 de junho de 1993, e no 8.987, de 13 de fevereiro de 1995; revoga a Lei no 6.528, de 11 de maio de 1978; e dá outras providências. Diário Oficial da União, Brasília, p. 3, 8 jan. 2007.
- Albaroo,t M.; Al-Areeq, N.; Aldharab, H.; Alshayef, M.; Ghareb, S.; (2018). Quantification of morphometric analysis using remote sensing and GIS techniques in the Qa' Jahran Basin, Thamar Province, Yemen. International Journal of New Technology and Research.
- Abduljaleel, Y.; Salem, A.; ul Haq, F.; (2023). Improving detention ponds for effective stormwater management and water quality improvement under future climate change: a simulation study using the PCSWMM model. Scientific Representative 13.
- Andoh, R.Y.G.; Declerk, C.; (1999). Source control and distributed storage: a cost-effective approach to urban drainage for the new millennium? Proceedings of the 8th International Conference on Urban Storm Drainage, Sydney, August/September, 1997–2005.
- Ajmal, M.; Waseem, M.; Jehanzaib, M.; . Kim, Tae-W.; (2023). Development and testing of updated curve number models for efficient runoff estimation in steep-slope watersheds, Journal of Hydrology.
- BRASIL, Lei no 14.026, de 15 de julho de 2020. Atualiza o marco legal do saneamento básico e altera a Lei no 9.984, de 17 de julho de 2000, para atribuir à Agência Nacional de Águas e Saneamento Básico (Ana) competência para editar normas de referência

sobre o serviço de saneamento, a Lei no 10.768, de 19 de novembro de 2003, para alterar o nome e as atribuições do cargo de Especialista em Recursos Hídricos, a Lei no 11.107, de 6 de abril de 2005, para vedar a prestação por contrato de programa dos serviços públicos de que trata o art. 175 da Constituição Federal, a Lei no 11.445, de 5 de janeiro de 2007, para aprimorar as condições estruturais do saneamento básico no país, a Lei no 12.305, de 2 de agosto de 2010, para tratar dos prazos para a disposição final ambientalmente adequada dos rejeitos, a Lei no 13.089, de 12 de janeiro de 2015 (Estatuto da Metrópole), para estender seu âmbito de aplicação às microrregiões, e a Lei no 13.529, de 4 de dezembro de 2017, para autorizar a União a participar de fundo com a finalidade exclusiva de financiar serviços técnicos especializados. Diário Oficial da União, Brasília, p. 1, 16 jul. 2020.

Distrito Federal (2009). Plano Diretor de Drenagem Urbana do Distrito Federal: Manual Técnico 2 e 3. Brasília: Concremat Engenharia; Secretaria de Estado de Obras do GDF.

Baptista, M. B.; Nascimento, N. O.; Barraud, S.; (2005). Técnicas Compensatórias em Drenagem Urbana. Porto Alegre: ABRH, 318 p.

Bigonha, M. B. (2021). Avaliação da drenagem no desenvolvimento da região do assentamento 26 de setembro. Monografia de Projeto Final, Departamento de Engenharia Civil e Ambiental, Universidade de Brasília, Brasília, DF, 83 p.

Baumgardner, R.; (1987). Morphometric studies of sub-humid and semiarid drainage basin. In: Texas Panhandle and Northeastern New Mexico. University of Texas Bureau of Economic Geology, Austin, Report of Investigations; p. 163.

Butler, D.; Davies, J. W. Urban Drainage. (2011). Third Edition. ed. New York, USA: Taylor & Francis Group.

Brito, L. K. S. (2020). Avaliação do Impacto das Características Geomorfológicas e Padrões de Uso e Ocupação do Solo Urbano no Distrito Federal no Manejo de Águas Pluviais. Dissertação de Mestrado em Tecnologia Ambiental e Recursos Hídricos, Publicação PTARH.DM, Departamento de Engenharia Civil e Ambiental, Universidade de Brasília, Brasília, DF, 200 p.

Campos, J. L. G.; Gonçalves, T. D. (2015) Diretrizes para o desenvolvimento de recarga artificial de aquíferos no Distrito Federal: Relatório de Consultoria Técnica. Brasília: Adasa.

Campoi, B. S.; Moura, P. M.; Macedo, M. B.; Fava, M. C.; (2023). Análise de legislações municipais a respeito do uso de microrreservatórios de águas pluviais. XXV SBRH - Simpósio Brasileiro de Recursos Hídricos. Aracaju - SE.

Ceolin, L.F.M. (2019). Análise Hidráulica-Hidrológica da Implantação de Bacias de Retenção e Detenção em Vicente Pires. Monografia de Projeto Final, Departamento de Engenharia Civil e Ambiental, Universidade de Brasília, Brasília, DF, 99 p.

Costa, M. E. L. (2022). Poluição Difusa na Bacia Do Lago Paranoá. Tese de Doutorado em Tecnologia Ambiental e Recursos Hídricos, Publicação PTARH.TD-026/2022, Departamento de Engenharia Civil e Ambiental, Universidade de Brasília, DF, 143 p.

- Cotrim, G. C. (2021). Análise da suscetibilidade à erosão laminar: estudo de caso da Bacia Do Ribeirão Sobradinho - DF. Monografia de Projeto Final, Departamento de Engenharia Civil e Ambiental, Universidade de Brasília, Brasília, DF, 75 p.
- Concremat Engenharia (2009). Plano Diretor de Drenagem Urbana do Distrito Federal – 2009. Secretaria de Estado de Obras, NOVACAP, Brasília – DF, 237 p.
- Charizopoulos, N.; Mourtziou, P.; Psilovikos, T.; Psilovikos, A.; Karamotsou, L.; (2019). Morphometric analysis of the drainage network of Samos Island (northern Aegean Sea): Insights into tectonic control and flood hazards. *Comptes Rendus-Geoscience*.
- Cruz, M. A. S.; Tucci, C. E. M.; Silveira, A. L. L.; (1998). Controle do Escoamento em Lotes Urbanos com Detenção. *RBRH - Revista Brasileira de Recursos Hídricos*, Porto Alegre, v. 3, n. 4, p. 19-31.
- Cunha, M. C.; Zeferino, J. A.; Simões, N. E.; Saldarriaga, J. G. (2016). Optimal location and sizing of storage units in a drainage system. *Environmental Modelling and Software*, v. 83, p.
- De Paula, A.C.V. (2019). Estudo experimental e modelagem da lagoa de retenção do guará – df: comportamento no amortecimento de cheias e na alteração da qualidade da água. Dissertação De Mestrado Em Tecnologia Ambiental E Recursos Hídricos da Universidade de Brasília.
- Da Silva, Mateus Alexandre. (2024). Avaliação de práticas de desenvolvimento de baixo impacto (LID) em sistema de drenagem sob simulação temporal contínua. Tese De Doutorado Em Recursos Hídricos. Universidade Federal de Lavras, 141 p.
- Dubey, S.K.; Sharma, D.; Mundetia, N.; (2015). Morphometric analysis of the banas river basin using the geographical information system Rajasthan India. *Hydrology*.
- Drumond, P. P. (2012). Estudo da influência da reservação de águas pluviais em lotes do município de Belo Horizonte, MG: Avaliação hidráulica e hidrológica. Dissertação – Programa de Pós-graduação em saneamento, meio ambiente e recursos hídricos. Universidade Federal de Minas Gerais.
- Drumond, P. P.; Coelho, M. M. L. P.; MOURA, P. M.; (2014). Valores de coeficiente de descarga em tubos de saída de microrreservatórios. *RBRH - Revista Brasileira de Recursos Hídricos*, Volume 19 n.2 p. 267-280, Abr/Jun 2014.
- Drumond, P. P. (2019). Avaliação dos aspectos das políticas públicas, socioeconômicos, hidrológicos-hidráulicos no uso de microrreservatórios. Tese de Doutorado – Programa de Pós-graduação em saneamento, meio ambiente e recursos hídricos. Universidade Federal de Minas Gerais.
- EMPRESA BRASILEIRA DE PESQUISA AGROPECUÁRIA (EMBRAPA). (n.d.). Infraestrutura de dados espaciais da Embrapa (Geoinfo). Disponível em: <http://geoinfo.cnps.embrapa.br/>

- Fletcher, T. D.; Shuster, W.; Hunt, W. F.; (2014). SUDS, LID, BMPs, WSUD and more – The evolution and application of terminology surrounding urban drainage. *Urban Water Journal*, Taylor & Francis.
- Fenta, A.A.; Yasuda, H.; Shimizu, K.; Haregeweyn, N.; Woldearegay, K.; (2017). Quantitative analysis and implications of drainage morphometry of the Agula watershed in the semi-arid northern Ethiopia. *Appl Water Sci*.
- Helfer, A. L. (2019). Investigação sobre a eficácia e o arranjo espacial de microrreservatórios em área urbana de Tubarão-SC. Dissertação de mestrado. Programa de Pós-Graduação em Recursos Hídricos e Saneamento Ambiental. Universidade Federal do Rio Grande do Sul, Porto Alegre, 97 p.
- Horton, R. (1932). Drainage basin characteristics. *Transactions, American Geophysical Union*, 13, 350–361.
- Horton, R. (1945). Erosional development of streams and their drainage basins; hydrophysical approach to quantitative morphology. *Bulletin of the Geological Society of America*, 56, 275–370.
- Kourtis, I.M.; Tsihrintzis, V.A.; Baltas, E.; (2017). Modelling of a combined sewer system and evaluation of mitigation measures using SWMM. *European Water 57*, Publications, 640.
- Kourtis, I.M.; Tsihrintzis, V.A.; Baltas, E.; (2018). Simulation of Low Impact Development (LID) Practices and Comparison with Conventional Drainage Solutions. *Proceedings*, 640.
- Kourtis, I. M.; Tsihrintzis, V. A.; Baltas, E.; (2020). A robust approach for comparing conventional and sustainable flood mitigation measures in urban basins. *Journal of Environmental Management*, v. 269.
- Lima, F. N. (2019). Dinâmica de precipitações extremas em eventos de inundações urbanas: aspectos espaciais e hidrológicos. Tese de Doutorado em Saneamento, Meio Ambiente e Recursos Hídricos, Escola de engenharia, Universidade de Minas Gerais, MG, 169 p.
- Liang, C. Y.; You, G. J. Y.; Lee, H. Y. (2019). Investigating the effectiveness and optimal spatial arrangement of low-impact development facilities. *Journal of Hydrology*.
- Lopes, M. D. (2020). Integração de algoritmos genéticos ao modelo hidrológico SWMM na otimização de sistemas de drenagem urbana sustentável. Dissertação de mestrado. Universidade Federal de João Pessoa. 140 f.
- Manzatto, C. V.; Freitas Júnior, E. de; Peres, J. R. R. (Ed.). *Uso agrícola dos solos brasileiros*. Rio de Janeiro: Embrapa Solos, 2002. cap. 5, p. 47-60.
- Maria, A. (1997) Introduction to modeling and simulation. *Proceedings of the 1997 winter simulation conference*.

- Mendes, A. T. Santos, G. R.; (2022). Drenagem e manejo sustentável de águas pluviais urbanas: o que falta para o Brasil adotar? Rio de Janeiro: Ipea. (Texto para Discussão, n. 2791).
- Memorial descritivo de regularização de parcelamento, Condomínio Alto da Boa Vista – Brasília -DF (2009). Disponível em: <https://www.cabv.com.br/>
- Moura, P. M. Avaliação Global de Sistemas de Drenagem Urbana, (2004). Dissertação (Mestrado em Saneamento, Meio Ambiente e Recursos Hídricos) – Escola de Engenharia. Universidade Federal de Minas Gerais.
- Moura, T. A. M. (2005). Estudo experimental de superfícies permeáveis para o controle do escoamento superficial em ambientes urbanos. Dissertação de Mestrado em Tecnologia Ambiental e Recursos Hídricos, Publicação PTARH.DM-078/05, Departamento de Engenharia Civil e Ambiental, Universidade de Brasília, Brasília, DF, 117p.
- Md. Ashikur R. J.; Sharfan U.; Kaniz F.; F. M. Rezvi A. (2023). Application of GIS and remote sensing in morphometric analysis of river basin at the south-western part of great Ganges delta, Bangladesh. Hydrology Research.
- NOVACAP - Companhia Urbanizadora da Nova Capital do Brasil. (2019). Termo de Referência e Especificações para elaboração de projetos de sistema de drenagem pluvial no Distrito Federal. NOVACAP.
- Obeidat, M.; Awawdeh, M.; Al-Hantouli, F.; (2021). Morphometric analysis and prioritization of watersheds for flood risk management in Wadi Easal Basin (WEB), Jordan, using geospatial technologies. J Flood Risk Management.
- Odiji, C.A.; Aderoju, O.M.; Eta, J.B.; (2021). Morphometric analysis and prioritization of upper Benue River watershed, Northern Nigeria. Appl Water Sci.
- O’loughlin, G.; Beecham, S.; Lees, S.; Rose, L.; Nicholas, D.; (1995). On-site stormwater detention systems in Sydney. Water Science and Technology.
- Oyedotun, T. D. T.; (2020). Quantitative assessment of the drainage morphometric characteristics of Chaohu Lake Basin from SRTM DEM data: a GIS-based approach. Geology, Ecology, and Landscapes.
- Ogarekpe, N. M.; Obio, E. A.; Tenebe, I. T.; Emenike, P. C.; Nnaji, C. C.; (2020). Flood vulnerability assessment of the upper Cross River basin using morphometric analysis. Geomatics, Natural Hazards and Risk.
- Pelorosso, R. (2020). Modeling and urban planning: A systematic review of performance-based approaches. In: Sustainable cities and society, 52, 101867.
- Ponciano, J. L. do C. (2019). Alocação de microrreservatórios de retenção em redes de drenagem urbana. Dissertação de mestrado. Programa de Pós-graduação em Engenharia de Recursos Hídricos e Ambiental. Universidade Federal do Paraná, Curitiba, 147 p.

- Ravazzani, G.; Gianoli, P.; Meucci, S.; Mancini, M.; (2014). Assessing Downstream Impacts of Detention Basins in Urbanized River Basins Using a Distributed Hydrological Model. *Water Resources Management*.
- Reatto, A.; Martins, E. S.; Farias, M. F. R.; Silva, A. V.; Carvalho Jr.; O. A. (2004). Mapa pedológico distrital - SIG atualizado do Distrito Federal Escala 1:100.000 e uma síntese do texto explicativo. In *Documentos - EMBRAPA Cerrados (Brazil)*.
- Righetto, A. M. (coord.) (2009). *Manejo de Águas Pluviais*. Projeto PROSAB, ABES, Rio de Janeiro – RJ, 398 p.
- Righetto, A. M.; Moreira, L. F. F.; Sales, T. E. A.; (2009). Manejo de águas pluviais urbanas. In: Righetto, A. M. (coord.). *Manejo de águas pluviais urbanas*. Rio de Janeiro: ABES, cap. 4, p. 1-398.
- Rosmann, L. (2015). *Storm water management model reference manual: volume I– hydrology*. US Environmental Protection Agency, Office of Research and Development, National Risk Management Laboratory, Cincinnati, OH 45268.
- Rossmann, L. A.; Huber, W. C.; (2016). *Storm Water Management Model Reference Manual Volume I – Hydrology*. Cincinnati (EUA): USEPA (United States Environment Protection Agency).
- Rossmann, L. A.; Huber, W. C.; (2016a) *Storm Water Management Model Reference Manual Volume III - Water Quality*. Cincinnati: USEPA (United States Environment Protection Agency).
- Sartori, A.; Neto, F. L.; Genovez, A. M.; (2005). Classificação Hidrológica de Solos Brasileiros para a Estimativa da Chuva Excedente com o Método do Serviço de Conservação do Solo dos Estados Unidos Parte 1: Classificação. *Revista Brasileira de Recursos Hídricos*, 10(4), 5–18.
- Sartori, A.; Hawkins, R. H.; Genovez, A. M.; (2011). Números de curvas de referência e comportamento da cana-de-açúcar em solos tropicais altamente intemperizados. *Revista de Engenharia de Irrigação e Drenagem-ASCE*.
- Santos, D. M.; Goldenfum, J. A.; Dornelles, F.; (2021). Outflow adjustment coefficient for the design of storage facilities using the rain envelope method applied to Brazilian state capitals. *Revista Ambiente & Água*, 16(6), e2707. <https://doi.org/10.4136/ambiente-agua>.
- Silva, C. de M. (2020). *Otimização multiobjetivo de bacias de retenção em sistemas de drenagem urbana utilizando algoritmos genéticos*. Dissertação de mestrado. Universidade Federal de João Pessoa, 2020. 137 f.
- Silva, D. F.; Tucci, C. E. M.; Marques, P. K.; Costa, M. E. L.; Correa, A. C. S.; Monteiro, M. P.; Araújo, L. M. N.; (2024). Drenagem e manejo de águas pluviais no Brasil: conceitos, gestão e estudos de caso. *Revista de Gestão de Água da América Latina*.

- Silva, G. B. L. (2006). Avaliação Experimental Sobre a Eficiência de Superfícies Permeáveis com Vistas ao Controle do Escoamento Superficial em Áreas Urbanas. Tese de Doutorado em Tecnologia Ambiental e Recursos Hídricos, Publicação PTARH.TD-01/06, Departamento de Engenharia Civil e Ambiental, Universidade de Brasília, Brasília, DF, 180p.
- Silveira, A. L. L. da.; Goldenfum, J. A. (2007). Metodologia generalizada para pré-dimensionamento de dispositivos de controle pluvial na fonte. *Revista Brasileira de Recursos Hídricos*, v. 12, n. 2, p. 157-168.
- Souza, R. C. C.; (2018). Método para dimensionamento eficiente de reservatórios de contenção de cheias para a cidade de Curitiba-PR. Dissertação de mestrado no Programa de Pós-Graduação em Engenharia Civil, Universidade Tecnológica Federal do Paraná, 154 p.
- Strahler, A.N.; (1964). Quantitative geomorphology of drainage basins and channel networks. In: Chow VT, editor. *Handbook of applied hydrology*. New York: McGraw-Hill; p. 4.39–4.76.
- Strahler, A.; (1952). Hypsometric (area-altitude) analysis of erosional topography. *Geological Society of America Bulletin*, 63, 1117–1142.
- Sugumaran, R.; Degroote, J.; (2010). *Spatial Decision Support Systems: Principles and Practices*.
- Taylor, A.B.; Schartz, H.E.; (1952). Unit-hydrograph lag and peak flow related to basin characteristics. *Transactions of the American Geophysical Union*, Washington, DC, v. 33, p. 235-246.
- Tansar, H.; Duan, H.-F.; Mark, O. (2022). Catchment-Scale and Local-Scale Based Evaluation of LID Effectiveness on Urban Drainage System Performance. *Water Resources Management*, v. 36.
- Tsuji, T. M. (2018). Monitoramento E Modelagem Das Águas De Drenagem Pluvial No Núcleo Urbano Da Bacia Do Ribeirão Riacho Fundo, Brasília – DF. Dissertação De Mestrado Em Tecnologia Ambiental E Recursos Hídricos da Universidade de Brasília.
- Tucci, C.; E.; M.; (1993). Escoamento superficial. In C. E. M. Tucci (Ed.), *Hidrologia: Ciência e Aplicação* (pp. 391–441). Porto Alegre: ABRH.
- Tucci, Carlos E. M. (1997). Água doce. Capítulo 14. Instituto de Pesquisas Hidráulicas – IPH/UFRGS.
- Tucci, C. E. M. (2001). *Controle de Enchentes em: Hidrologia - Ciência e Aplicação*. 2a edição. Editora UFRGS, ABRH, Porto Alegre - RS.
- Urbonas, B.; Stahre, P. (1993). *Stormwater – Best management practices and detention for water quality, drainage, and CSO management*. Prentice Hall.
- USDA. Technical Release. (1986). *Urban hydrology for small watersheds*, Washington, D. C.

- Vieceli, N.; Bortolin, T.A.; Mendes, L.A; (2015). Morphometric evaluation of watersheds in Caxias do Sul City, Brazil, using SRTM (DEM) data and GIS. *Environ Earth Sci*.
- Wang, M.; Sun, Y.; Sweetapple, C.; (2017). Optimization of storage tank locations in an urban stormwater drainage system using a two-stage approach. *Journal of Environmental Management*.
- Wang, S.; Wang, J.; Xue, C.; Qiu, R.; Sun, S.; Yang, Z.; Qiao, Y.; (2023). Assessing the effectiveness of a residential-scale detention tank operated in a multi-objective approach using SWMM. *Water Sci. Technol*.

APÊNDICE A

Tabela 1: Dados da tubulação principal da sub-bacia 1.

Cotas (m)		Distância (m)	Distância acum. (m)	Declividade por segmento	\sqrt{Di} (Si)	Li/Si	Velocidade (m/s)
1146	1148	4,13	4	0,508	0,713	5,792	16,29
1149	1151	45,6	50	0,053	0,229	198,766	13,11
1151	1153	29,66	79	0,084	0,290	102,161	11,75
1155	1157	56,4	136	0,042	0,204	276,302	12,23
1157	1160	14,826	151	0,182	0,427	34,742	13,6
1159	1161	5,572	156	0,395	0,628	8,868	19,41
1161	1163	5,2	161	0,481	0,693	7,500	25,83
1163	1166	39,995	201	0,066	0,257	155,377	16,12
1166	1169	30,5	232	0,092	0,303	100,663	13,17
1169	1171	29,383	261	0,088	0,297	98,777	13,45
1172	1174	29,8	291	0,081	0,284	105,007	13,6
1174	1176	18,15	309	0,121	0,348	52,132	14,51
1176	1178	18,4	328	0,109	0,330	55,810	15,43
1178	1181	17,91	346	0,134	0,366	48,926	15,49
1180	1183	17,8	363	0,149	0,386	46,133	15,51
1183	1185	17,9	381	0,131	0,362	49,402	15,58
1185	1187	18,314	400	0,115	0,339	54,084	15,62
1187	1189	18,042	418	0,116	0,341	52,883	15,6
1189	1193	18,15	436	0,174	0,417	43,567	15,62
1192	1194	18,3	454	0,148	0,384	47,643	15,57
1194	1197	24,82	479	0,109	0,330	75,252	14,85
1196	1199	19,65	499	0,137	0,371	53,011	14,69
1199	1201	15,93	514	0,169	0,412	38,694	15,64
1201	1204	20,52	535	0,132	0,363	56,570	15,56
1203	1206	15,062	550	0,179	0,423	35,575	15,64
1205	1208	14,691	565	0,184	0,429	34,269	16,38
1207	1210	15,4	580	0,182	0,426	36,116	16,26
1210	1213	19,9	600	0,191	0,437	45,539	8,65
1212	1215	30,4	630	0,090	0,301	101,075	14,14
1216	1219	60,1	691	0,047	0,216	278,441	12,25
1220	1223	60,05	751	0,043	0,208	288,591	11,51
1223	1225	59,1	810	0,034	0,184	321,267	7,42
1223	1225	31,1	841	0,064	0,254	122,638	6,81
1224	1227	15,6	856	0,147	0,384	40,628	7
1225	1228	27,24	884	0,077	0,278	98,107	9,07
1228	1230	61,1	945	0,038	0,194	314,918	8,51
1228	1231	55,03	1000	0,057	0,239	230,009	5,81
1229	1231	55,06	1055	0,043	0,207	266,514	4,88
1229	1232	55,57	1110	0,058	0,242	229,784	4,84

1230	1233	64,62	1175	0,050	0,223	289,933	4,81
1230	1234	57,012	1232	0,074	0,271	210,051	4,24

Tabela 2: Dados da tubulação principal da sub-bacia 2 .

Cotas (m)		Distância (m)	Distância acum. (m)	Declividade por segmento	\sqrt{Di} (Si)	Li/Si	Velocidade (m/s)
1192	1194	10,4	10	0,279	0,528	19,695	13,23
1193	1198	73,3	84	0,065	0,256	286,441	10,21
1197	1199	46,34	130	0,054	0,232	199,510	9,62
1199	1201	43,36	173	0,054	0,233	186,252	11,08
1202	1204	69,66	243	0,030	0,174	401,204	9,51
1204	1206	70,7	314	0,030	0,172	410,222	8,53
1206	1208	63,22	377	0,035	0,187	338,899	8,16
1207	1209	45,2	422	0,054	0,233	194,144	5,43
1208	1210	49,35	472	0,045	0,211	233,733	5,24
1209	1211	33,66	505	0,062	0,250	134,760	5,87
1210	1212	47,4	553	0,045	0,213	222,561	6,1
1211	1213	42,4	595	0,050	0,223	190,519	6,25
1212	1214	42,28	637	0,050	0,223	189,711	6,54
1213	1215	74,9	712	0,029	0,169	442,083	6,31
1214	1217	50,1	762	0,043	0,207	241,845	6,47
1217	1219	51,17	813	0,041	0,203	252,588	7,06
1219	1221	40,4	854	0,048	0,220	183,889	8,48
1220	1222	32,1	886	0,059	0,243	131,941	7,97
1220	1223	51,18	937	0,051	0,225	227,085	5,29
1221	1224	52,67	990	0,062	0,248	212,033	2,72
1221	1224	56,7	1046	0,060	0,245	231,545	3,63

Tabela 3: Dados da tubulação principal da sub-bacia 3.

Cotas (m)		Distância (m)	Distância acum. (m)	Declividade por segmento	\sqrt{Di} (Si)	Li/Si	Velocidade (m/s)
1146	1148	17,73	18	0,121	0,348	50,915	16,87
1148	1152	60,8	79	0,064	0,253	240,062	7,02
1149	1154	62,9	141	0,079	0,282	223,096	7,29
1149	1154	57,32	199	0,075	0,274	209,279	6,98
1150	1152	64,51	263	0,036	0,191	337,992	5,85
1152	1154	75,3	339	0,028	0,167	450,903	6,53
1153	1156	74,02	413	0,032	0,178	415,456	11,67
1154	1156	18,62	431	0,137	0,371	50,217	8,4
1156	1159	72,53	504	0,046	0,215	337,485	7,52
1160	1163	78,68	582	0,043	0,206	381,306	9,29
1163	1166	37,96	620	0,088	0,297	127,781	11,54
1165	1169	30,5	651	0,108	0,329	92,724	12,95
1170	1174	74,46	725	0,051	0,226	329,604	11,97

1172	1174	27,29	753	0,092	0,303	90,184	4,69
1173	1175	79,6	832	0,032	0,178	448,263	6,22
1174	1176	43,53	876	0,055	0,235	185,386	4,98
1174	1177	43,44	919	0,053	0,230	188,786	5
1176	1178	79,17	998	0,029	0,170	464,491	4,01
1176	1179	53,4	1052	0,043	0,208	257,305	4,2
1177	1179	32,3	1084	0,074	0,273	118,494	3,6
1175	1180	48,95	1133	0,088	0,296	165,166	3,84
1181	1183	58,35	1191	0,031	0,176	332,219	4,3

Tabela 4: Dados da tubulação principal da sub-bacia 4.

Cotas (m)		Distância (m)	Distância acum. (m)	Declividade por segmento	\sqrt{Di} (Si)	Li/Si	Velocidade (m/s)
1129	1132	69,65	70	0,042	0,204	341,336	9,56
1130	1133	39,02	109	0,078	0,280	139,566	6,45
1130	1133	14,3	123	0,220	0,469	30,468	11,85
1131	1135	38,2	161	0,088	0,296	128,995	11,51
1133	1136	43,4	205	0,076	0,276	157,390	11,04
1135	1138	40,2	245	0,080	0,282	142,483	10,7
1136	1140	42,4	287	0,080	0,283	149,730	18,8
1138	1141	41,2	328	0,078	0,279	147,833	10,99
1140	1143	45,6	374	0,075	0,273	166,997	11,31
1142	1145	36,6	411	0,082	0,286	127,838	11,39
1144	1147	45,13	456	0,075	0,274	164,421	10,6
1146	1149	43,2	499	0,086	0,293	147,613	11,12
1147	1150	18,71	518	0,166	0,407	45,965	10,6
1148	1150	24,6	542	0,106	0,325	75,669	10,2
1148	1151	38,4	581	0,079	0,282	136,253	9,6

Tabela 5: Dados da tubulação principal da sub-bacia 5.

Cotas (m)		Distância (m)	Distância acum. (m)	Declividade por segmento	\sqrt{Di} (Si)	Li/Si	Velocidade (m/s)
1133	1135	40,48	40	0,035	0,186	217,669	5,59
1136	1137	43,3	84	0,032	0,180	240,806	7,86
1139	1140	46,38	130	0,037	0,191	242,254	9,25
1140	1142	38,86	169	0,045	0,213	182,599	7,04
1142	1144	45	214	0,029	0,170	264,757	6,41
1144	1146	38,2	252	0,045	0,211	181,080	6,35
1146	1147	44,2	296	0,028	0,168	262,832	6,74
1148	1149	38,7	335	0,036	0,190	203,471	5,71
1149	1150	45,7	381	0,028	0,169	270,958	4,42
1150	1152	44	425	0,034	0,185	238,305	4,3
1151	1153	17,6	442	0,085	0,292	60,287	0,7

Tabela 6: Dados da tubulação principal da sub-bacia 6.

Cotas (m)		Distância (m)	Distância acum. (m)	Declividade por segmento	\sqrt{Di} (Si)	Li/Si	Velocidade (m/s)
1124	1126	29,6	30	0,091	0,302	98,007	8,19
1126	1129	62,84	92	0,056	0,236	266,269	9,72
1129	1131	74,14	167	0,032	0,180	412,114	9,78
1131	1134	42,1	209	0,076	0,276	152,703	10,17
1133	1136	42,52	251	0,081	0,285	149,273	12,47
1136	1139	42,26	293	0,072	0,269	157,306	11,73
1138	1144	37,06	331	0,162	0,402	92,109	10,94
1141	1144	45,96	376	0,058	0,240	191,402	10,68
1143	1146	36,07	413	0,078	0,279	129,499	10,18
1145	1148	46,95	460	0,054	0,233	201,457	10,25
1147	1150	37,5	497	0,067	0,258	145,237	9,5
1150	1152	45,15	542	0,047	0,216	209,352	5,75
1151	1153	38,9	581	0,054	0,232	167,423	7,34
1153	1155	46,4	627	0,047	0,218	213,091	8,23
1154	1156	36,1	664	0,058	0,241	149,676	7,15
1156	1158	65,27	729	0,034	0,184	355,516	6,85
1157	1159	13,32	742	0,158	0,397	33,546	3,93
1159	1161	59,05	801	0,027	0,165	358,732	5,89
1161	1163	58,92	860	0,036	0,189	312,093	1,7

APÊNDICE B

Sub-bacia 1 – Cenário isócronas 1+2	
import random	[2, 5, 11, 18, 21, 26, 31, 32, 33, 36, 39, 43, 44, 45, 46, 47, 50, 51, 52, 53, 56, 58, 60, 62, 65, 66, 67, 68, 70, 72, 76, 79, 81, 86, 89, 90, 91, 93, 96, 97, 98, 99, 100, 102, 104, 107, 108, 111, 114, 117, 119, 120, 122, 123, 124, 125, 127, 133, 134, 135, 137, 140, 144, 145, 148, 152, 153, 156, 162, 163, 167, 169, 171, 173, 174, 177, 178, 180, 183, 185, 186, 188, 189, 195, 201, 204, 205, 207, 208, 210, 216, 219, 222, 223, 226, 227, 228, 229, 231, 234, 235, 237, 242, 243, 245, 247, 248, 249, 250, 252, 253, 255, 257, 258, 260, 261, 267, 268, 271, 273, 274, 275, 286, 288, 290, 291, 292, 293, 295, 304, 305, 306, 308, 309, 310, 311, 315, 317, 319, 324, 328, 330, 331, 343, 345, 346, 352, 354, 356, 358, 359, 363, 364, 365, 366, 371, 374, 375, 378, 379, 380, 385]
# Lista de números de 1 a 389 numeros = list(range(1, 390))	
# Escolhendo aleatoriamente 161 números escolhas = random.sample(numeros, 161)	
# Organizando os números escolhidos em ordem crescente escolhas_ordenadas = sorted(escolhas)	
print(escolhas_ordenadas)	

Sub-bacia 3 – Cenário isócronas 1+2	
<pre>import random # Lista de números de 1 a 402 numeros = list(range(1, 403)) # Escolhendo aleatoriamente 291 números escolhas = random.sample(numeros, 291) # Organizando os números escolhidos em ordem crescente escolhas_ordenadas = sorted(escolhas) print(escolhas_ordenadas)</pre>	<pre>[1, 2, 3, 4, 8, 10, 13, 14, 15, 16, 17, 18, 19, 22, 23, 24, 25, 26, 28, 29, 30, 31, 32, 33, 34, 36, 38, 39, 40, 41, 42, 43, 44, 45, 49, 50, 52, 54, 55, 58, 59, 60, 61, 62, 63, 65, 66, 68, 71, 72, 73, 74, 75, 76, 78, 79, 80, 82, 83, 85, 86, 87, 88, 91, 93, 94, 95, 96, 97, 98, 99, 100, 102, 106, 107, 109, 110, 112, 113, 114, 116, 118, 120, 121, 123, 124, 126, 127, 129, 130, 132, 134, 135, 136, 137, 138, 139, 140, 141, 142, 143, 144, 148, 150, 151, 154, 155, 156, 157, 158, 159, 160, 162, 163, 164, 165, 166, 167, 168, 169, 170, 171, 172, 173, 174, 176, 177, 178, 179, 180, 181, 182, 183, 184, 185, 186, 189, 190, 191, 193, 194, 195, 196, 198, 199, 202, 203, 206, 208, 209, 210, 211, 212, 213, 214, 215, 216, 218, 219, 221, 222, 224, 226, 227, 229, 230, 231, 232, 233, 234, 235, 236, 237, 238, 239, 241, 242, 243, 244, 245, 246, 248, 249, 251, 252, 254, 256, 257, 258, 259, 260, 261, 265, 266, 267, 268, 270, 273, 274, 275, 276, 277, 279, 280, 281, 282, 284, 285, 286, 287, 288, 289, 290, 291, 292, 294, 295, 297, 298, 301, 302, 306, 307, 308, 309, 310, 313, 314, 316, 321, 322, 324, 326, 327, 328, 329, 331, 332, 333, 334, 335, 336, 338, 339, 340, 341, 342, 343, 345, 346, 349, 350, 351, 352, 354, 355, 356, 357, 358, 359, 360, 361, 362, 363, 364, 366, 367, 368, 369, 370, 372, 376, 377, 379, 383, 384, 385, 386, 387, 388, 390, 391, 392, 393, 394, 395, 397, 398, 399, 400, 401]</pre>
Sub-bacia 2 – Cenário isócronas 1+2	
<pre>import random # Lista de números de 1 a 630 numeros = list(range(1, 631)) # Escolhendo aleatoriamente 205 números escolhas = random.sample(numeros, 205) # Organizando os números escolhidos em ordem crescente escolhas_ordenadas = sorted(escolhas) print(escolhas_ordenadas)</pre>	<pre>[1, 2, 4, 5, 6, 7, 10, 13, 14, 16, 17, 18, 22, 23, 28, 32, 33, 36, 37, 38, 40, 42, 44, 45, 46, 48, 49, 50, 53, 62, 63, 67, 71, 72, 75, 80, 83, 89, 90, 94, 95, 98, 103, 107, 108, 110, 112, 113, 116, 117, 124, 125, 128, 131, 134, 141, 142, 143, 148, 150, 152, 153, 163, 165, 166, 168, 171, 176, 180, 181, 184, 186, 187, 192, 194, 197, 198, 203, 205, 208, 214, 216, 224, 229, 233, 237, 240, 244, 245, 246, 248, 249, 253, 255, 264, 267, 268, 272, 275, 276, 278, 279, 281, 282, 284, 293, 295, 299, 300, 304, 310, 311, 318, 319, 320, 321, 325, 327, 330, 331, 338, 340, 341, 342, 344,</pre>

	351, 355, 356, 363, 366, 370, 374, 375, 378, 380, 386, 387, 390, 392, 394, 395, 397, 398, 399, 401, 402, 403, 407, 410, 418, 420, 422, 425, 428, 431, 432, 433, 435, 446, 450, 454, 458, 461, 463, 471, 480, 483, 487, 493, 495, 498, 499, 506, 509, 512, 515, 517, 529, 531, 532, 533, 535, 538, 539, 540, 544, 545, 555, 558, 567, 569, 572, 575, 578, 580, 582, 586, 587, 588, 591, 594, 598, 599, 607, 624]
Sub-bacia 4 – Cenário isócronas 1+2	
import random # Lista de números de 1 a 845 numeros = list(range(1, 846)) # Escolhendo aleatoriamente 289 números escolhas = random.sample(numeros, 289) # Organizando os números escolhidos em ordem crescente escolhas_ordenadas = sorted(escolhas) print(escolhas_ordenadas)	[1, 4, 6, 10, 11, 13, 16, 17, 19, 21, 22, 23, 26, 28, 29, 40, 42, 50, 55, 58, 60, 62, 65, 67, 69, 76, 80, 81, 88, 91, 92, 96, 97, 98, 109, 110, 111, 112, 116, 117, 118, 126, 130, 139, 146, 150, 155, 159, 160, 163, 166, 167, 168, 169, 170, 174, 179, 182, 183, 189, 191, 195, 197, 198, 208, 209, 212, 213, 221, 234, 235, 240, 241, 243, 246, 248, 249, 254, 255, 256, 258, 259, 262, 263, 267, 277, 279, 280, 283, 287, 288, 290, 293, 296, 297, 298, 303, 304, 306, 307, 309, 313, 316, 317, 322, 327, 328, 329, 333, 334, 335, 338, 339, 340, 342, 343, 348, 349, 356, 362, 370, 372, 373, 374, 376, 380, 381, 382, 392, 394, 397, 406, 407, 409, 410, 412, 413, 414, 415, 416, 417, 426, 428, 433, 435, 438, 442, 448, 450, 452, 456, 466, 467, 470, 472, 474, 481, 486, 487, 489, 491, 493, 494, 498, 506, 509, 510, 512, 513, 517, 519, 521, 522, 523, 525, 526, 528, 530, 531, 532, 535, 544, 551, 554, 555, 560, 561, 562, 563, 565, 566, 573, 575, 576, 577, 578, 579, 586, 590, 591, 595, 603, 604, 608, 615, 616, 618, 621, 626, 631, 638, 639, 640, 644, 645, 647, 650, 651, 652, 657, 660, 662, 664, 665, 667, 668, 670, 671, 674, 676, 677, 678, 687, 690, 691, 692, 694, 698, 700, 702, 705, 706, 707, 708, 710, 711, 714, 718, 721, 725, 729, 731, 734, 738, 739, 741, 743, 746, 747, 750, 766, 768, 769, 770, 781, 785, 786, 793, 797, 799, 806, 808, 809, 813, 814, 820, 824, 825, 826, 827, 828, 830, 831, 834, 835, 836, 837, 840, 842]
Sub-bacia 5 – Cenário isócronas 1+2	
import random # Lista de números de 1 a 162	[10, 17, 19, 20, 23, 26, 27, 36, 50, 59, 65, 70, 71, 72, 82, 83, 88, 93, 97, 105, 110,

<pre> numeros = list(range(1, 163)) # Escolhendo aleatoriamente 34 números escolhas = random.sample(numeros, 34) # Organizando os números escolhidos em ordem crescente escolhas_ordenadas = sorted(escolhas) print(escolhas_ordenadas) </pre>	<pre> 111, 113, 121, 127, 130, 131, 140, 141, 142, 145, 147, 148, 158] </pre>
<p>Sub-bacia 6 – Cenário isócronas 1+2</p>	
<pre> import random # Lista de números de 1 a 167 numeros = list(range(1, 168)) # Escolhendo aleatoriamente 11 números escolhas = random.sample(numeros, 11) # Organizando os números escolhidos em ordem crescente escolhas_ordenadas = sorted(escolhas) print(escolhas_ordenadas) </pre>	<pre> [13, 17, 21, 30, 46, 81, 105, 125, 134, 144, 155] </pre>
<p>Sub-bacia 1 – Cenário isócronas 3+4</p>	
<pre> import random # Lista de números de 1 a 389 numeros = list(range(1, 390)) # Escolhendo aleatoriamente 220 números escolhas = random.sample(numeros, 220) # Organizando os números escolhidos em ordem crescente escolhas_ordenadas = sorted(escolhas) print(escolhas_ordenadas) </pre>	<pre> [1, 2, 6, 7, 8, 12, 15, 16, 17, 19, 21, 24, 26, 27, 30, 38, 39, 42, 44, 45, 49, 53, 54, 57, 58, 59, 60, 61, 63, 66, 68, 70, 72, 73, 74, 75, 76, 79, 82, 83, 84, 85, 87, 91, 92, 94, 95, 96, 97, 98, 99, 100, 101, 102, 104, 105, 107, 108, 109, 110, 111, 112, 113, 115, 116, 117, 121, 123, 124, 129, 131, 135, 137, 138, 139, 140, 141, 142, 143, 144, 146, 148, 150, 151, 152, 154, 155, 157, 159, 162, 165, 166, 168, 170, 171, 173, 174, 175, 176, 177, 179, 180, 183, 184, 186, 187, 188, 189, 191, 192, 194, 195, 198, 199, 200, 201, 205, 209, 210, 212, 214, 215, 217, 218, 221, 222, 223, 224, 225, 228, 229, 230, 232, 233, 234, 235, 236, 237, 239, 240, 242, 244, 245, 247, 248, 252, 254, 258, 259, 261, 265, 267, 268, 270, 271, 272, 276, 277, 278, 280, 281, 282, 285, 289, 291, 294, 295, 296, 297, 300, 302, 303, 304, 311, 314, 315, 316, 317, 319, 320, 321, 323, 326, 327, 330, 331, 332, 333, 336, 341, 342, 343, 345, 346, 348, 349, 352, 353, 354, 356, 357, 358, 359, 360, 363, 365, 366, 367, </pre>

	369, 370, 371, 374, 375, 376, 378, 379, 380, 381, 383, 386]
Sub-bacia 3 – Cenário isócronas 3+4	
import random # Lista de números de 1 a 402 numeros = list(range(1, 403)) # Escolhendo aleatoriamente 111 números escolhas = random.sample(numeros, 111) # Organizando os números escolhidos em ordem crescente escolhas_ordenadas = sorted(escolhas) print(escolhas_ordenadas)	[3, 9, 10, 11, 12, 16, 17, 19, 24, 32, 36, 42, 44, 49, 50, 51, 53, 54, 59, 61, 64, 70, 77, 83, 92, 100, 102, 105, 110, 120, 122, 123, 129, 131, 132, 136, 143, 144, 146, 151, 154, 158, 163, 176, 183, 189, 193, 195, 197, 199, 202, 206, 209, 212, 214, 215, 217, 220, 224, 228, 238, 239, 243, 249, 250, 254, 258, 260, 262, 263, 267, 273, 274, 277, 279, 288, 289, 300, 302, 306, 308, 317, 321, 323, 327, 328, 329, 331, 332, 336, 337, 339, 343, 346, 353, 354, 361, 365, 366, 367, 376, 377, 380, 384, 385, 387, 392, 393, 398, 399, 401]
Sub-bacia 2 – Cenário isócronas 3+4	
import random # Lista de números de 1 a 630 numeros = list(range(1, 631)) # Escolhendo aleatoriamente 205 números escolhas = random.sample(numeros, 205) # Organizando os números escolhidos em ordem crescente escolhas_ordenadas = sorted(escolhas) print(escolhas_ordenadas)	[2, 4, 12, 13, 16, 18, 19, 22, 27, 29, 32, 33, 36, 41, 43, 47, 50, 51, 60, 61, 62, 67, 69, 70, 72, 75, 81, 83, 87, 89, 91, 97, 98, 102, 104, 105, 107, 108, 112, 114, 119, 122, 124, 125, 135, 137, 141, 144, 145, 146, 147, 149, 150, 155, 156, 158, 159, 160, 162, 164, 167, 179, 184, 188, 195, 196, 206, 207, 214, 215, 216, 217, 220, 221, 224, 228, 229, 231, 232, 233, 236, 244, 245, 246, 248, 250, 254, 262, 264, 267, 275, 276, 280, 282, 285, 286, 287, 290, 292, 298, 299, 306, 311, 312, 313, 316, 320, 323, 327, 328, 329, 333, 335, 340, 344, 345, 346, 349, 350, 351, 358, 362, 367, 369, 370, 371, 379, 384, 388, 393, 395, 403, 409, 414, 416, 417, 419, 425, 428, 429, 430, 433, 437, 441, 442, 444, 446, 448, 451, 455, 462, 475, 477, 481, 482, 484, 486, 488, 491, 494, 499, 500, 502, 504, 506, 507, 510, 512, 518, 521, 522, 523, 524, 529, 534, 535, 537, 539, 545, 551, 552, 553, 555, 557, 564, 567, 568, 581, 586, 591, 592, 593, 595, 597, 601, 602, 605, 607, 612, 618, 620, 627, 628, 629, 630]
Sub-bacia 4 – Cenário isócronas 3+4	
import random # Lista de números de 1 a 845 numeros = list(range(1, 846)) # Escolhendo aleatoriamente 388 números escolhas = random.sample(numeros, 388)	[1, 4, 5, 6, 7, 16, 19, 22, 23, 24, 26, 27, 28, 29, 30, 33, 35, 36, 37, 41, 42, 45, 46, 47, 48, 50, 51, 56, 57, 58, 59, 60, 61, 64, 66, 70, 72, 75, 77, 79, 85, 86, 91, 95, 97, 100, 101, 103, 108, 109, 112, 113, 117, 118, 119, 121, 130, 138, 139, 140, 141, 145, 146, 147, 152, 158, 161, 162, 164, 165,

<pre># Organizando os números escolhidos em ordem crescente escolhas_ordenadas = sorted(escolhas) print(escolhas_ordenadas)</pre>	<p>170, 176, 177, 178, 180, 181, 183, 186, 187, 189, 190, 191, 192, 193, 196, 197, 198, 199, 200, 201, 202, 205, 207, 208, 216, 217, 218, 219, 220, 221, 222, 223, 225, 226, 229, 232, 233, 236, 239, 240, 244, 245, 246, 248, 249, 251, 252, 253, 254, 255, 259, 265, 266, 268, 269, 274, 275, 277, 278, 280, 281, 283, 285, 287, 289, 291, 292, 293, 296, 298, 299, 302, 303, 304, 314, 316, 317, 320, 321, 322, 325, 337, 340, 342, 344, 348, 355, 356, 358, 359, 360, 361, 363, 365, 366, 367, 369, 370, 371, 372, 374, 375, 376, 380, 381, 383, 384, 388, 389, 390, 392, 393, 394, 396, 400, 401, 402, 403, 405, 409, 410, 411, 412, 413, 416, 417, 419, 420, 424, 426, 442, 446, 447, 449, 452, 453, 458, 460, 465, 466, 467, 471, 472, 475, 480, 481, 482, 483, 484, 487, 488, 489, 490, 493, 494, 496, 497, 499, 502, 503, 505, 506, 508, 510, 513, 514, 515, 516, 517, 519, 520, 521, 523, 525, 526, 527, 532, 533, 539, 540, 542, 546, 548, 551, 552, 556, 557, 559, 560, 561, 563, 565, 566, 568, 570, 571, 572, 574, 581, 582, 586, 589, 596, 597, 598, 601, 603, 605, 609, 612, 617, 618, 620, 624, 625, 626, 628, 632, 634, 638, 639, 643, 645, 646, 647, 649, 652, 655, 657, 658, 667, 669, 670, 672, 676, 679, 680, 682, 683, 684, 685, 687, 692, 694, 695, 696, 698, 701, 708, 709, 711, 712, 713, 718, 720, 724, 726, 727, 728, 729, 732, 734, 737, 738, 741, 742, 743, 744, 751, 754, 755, 756, 758, 761, 764, 767, 768, 769, 770, 771, 774, 778, 779, 781, 782, 784, 785, 786, 787, 788, 789, 793, 794, 796, 797, 798, 800, 801, 803, 805, 807, 811, 818, 819, 821, 824, 825, 826, 827, 828, 830, 835, 836, 837, 840, 842, 844, 845]</p>
<p>Sub-bacia 5 – Cenário isócronas 3+4</p>	
<pre>import random # Lista de números de 1 a 162 numeros = list(range(1, 163)) # Escolhendo aleatoriamente 59 números escolhas = random.sample(numeros, 59)</pre>	<p>[3, 5, 7, 16, 17, 26, 29, 30, 33, 39, 42, 52, 57, 58, 63, 69, 70, 76, 77, 82, 84, 85, 89, 90, 96, 98, 99, 105, 106, 107, 109, 113, 121, 123, 124, 126, 127, 128, 129, 131, 132, 133, 135, 137, 138, 140, 142, 143, 145, 146, 147, 148, 150, 151, 153, 156, 157, 161, 162]</p>

<pre># Organizando os números escolhidos em ordem crescente escolhas_ordenadas = sorted(escolhas) print(escolhas_ordenadas)</pre>	
Sub-bacia 6 – Cenário isócronas 3+4	
<pre>import random # Lista de números de 1 a 167 numeros = list(range(1, 168)) # Escolhendo aleatoriamente 106 números escolhas = random.sample(numeros, 106) # Organizando os números escolhidos em ordem crescente escolhas_ordenadas = sorted(escolhas) print(escolhas_ordenadas)</pre>	<pre>[1, 2, 3, 4, 5, 6, 8, 9, 11, 12, 14, 16, 18, 19, 20, 21, 23, 25, 26, 27, 28, 29, 31, 32, 33, 34, 37, 40, 42, 44, 45, 48, 49, 50, 51, 54, 55, 56, 58, 60, 61, 62, 63, 64, 65, 67, 70, 74, 75, 76, 77, 78, 79, 80, 81, 82, 83, 86, 88, 90, 93, 95, 96, 97, 98, 100, 101, 103, 104, 105, 106, 107, 108, 110, 112, 113, 115, 117, 118, 121, 122, 125, 126, 127, 129, 131, 133, 134, 135, 137, 139, 140, 142, 143, 144, 148, 151, 152, 153, 155, 158, 159, 160, 163, 164, 165]</pre>
Sub-bacia 1 – Cenário isócronas 5+6	
<pre>import random # Lista de números de 1 a 389 numeros = list(range(1, 390)) # Escolhendo aleatoriamente 8 números escolhas = random.sample(numeros, 8) # Organizando os números escolhidos em ordem crescente escolhas_ordenadas = sorted(escolhas) print(escolhas_ordenadas)</pre>	<pre>[63, 78, 245, 275, 312, 355, 366, 368]</pre>
Sub-bacia 3 – Cenário isócronas 5+6	
-	-
Sub-bacia 2 – Cenário isócronas 5+6	
<pre>import random # Lista de números de 1 a 630 numeros = list(range(1, 631)) # Escolhendo aleatoriamente 220 números escolhas = random.sample(numeros, 220) # Organizando os números escolhidos em ordem crescente escolhas_ordenadas = sorted(escolhas) print(escolhas_ordenadas)</pre>	<pre>[6, 7, 9, 10, 16, 17, 24, 27, 33, 34, 44, 45, 47, 50, 56, 59, 60, 67, 70, 72, 78, 80, 84, 89, 93, 94, 96, 97, 98, 105, 107, 109, 113, 114, 121, 124, 125, 129, 132, 134, 141, 142, 148, 149, 150, 155, 156, 157, 159, 163, 164, 167, 168, 172, 176, 178, 181, 184, 186, 194, 196, 197, 198, 199, 203, 206, 208, 209, 211, 214, 215, 218, 219, 220, 223, 230, 234, 238, 240, 242, 243, 245, 246, 247, 248, 250, 253, 259, 262, 263, 266, 268, 274, 277, 279, 282, 283, 285, 287, 288, 290, 291, 292, 295, 299, 300, 301, 307, 310, 316, 319, 320, 325, 330, 332, 334, 335, 336, 343, 346, 347,</pre>

	349, 357, 365, 366, 372, 375, 376, 381, 386, 387, 388, 395, 396, 399, 409, 410, 411, 412, 414, 416, 418, 419, 422, 435, 444, 449, 451, 455, 457, 461, 464, 473, 475, 476, 478, 480, 481, 482, 483, 485, 486, 487, 490, 494, 496, 501, 502, 503, 504, 506, 508, 510, 512, 514, 515, 517, 521, 522, 523, 525, 527, 528, 531, 532, 533, 539, 541, 542, 549, 550, 552, 554, 556, 557, 563, 564, 567, 568, 571, 581, 582, 586, 588, 589, 591, 595, 598, 606, 612, 613, 615, 619, 620, 622, 623, 624, 625, 628, 629]
Sub-bacia 4 – Cenário isócronas 5+6	
<pre>import random # Lista de números de 1 a 845 numeros = list(range(1, 846)) # Escolhendo aleatoriamente 168 números escolhas = random.sample(numeros, 168) # Organizando os números escolhidos em ordem crescente escolhas_ordenadas = sorted(escolhas) print(escolhas_ordenadas)</pre>	[4, 7, 9, 11, 12, 18, 22, 23, 35, 41, 46, 57, 63, 74, 76, 82, 83, 86, 87, 89, 90, 91, 97, 98, 100, 103, 105, 111, 122, 125, 128, 129, 130, 136, 139, 143, 148, 153, 159, 160, 166, 168, 169, 177, 180, 181, 182, 190, 192, 193, 197, 208, 212, 216, 220, 221, 224, 243, 244, 248, 255, 262, 264, 269, 285, 286, 289, 295, 299, 310, 337, 338, 340, 343, 347, 351, 364, 367, 369, 375, 382, 384, 387, 394, 400, 407, 408, 411, 414, 418, 428, 431, 434, 438, 443, 451, 453, 454, 456, 458, 464, 492, 495, 506, 511, 515, 521, 522, 523, 532, 534, 535, 538, 541, 550, 561, 564, 582, 585, 589, 594, 595, 599, 616, 617, 623, 625, 626, 634, 636, 637, 640, 641, 645, 647, 651, 656, 667, 672, 675, 686, 689, 693, 696, 698, 700, 702, 723, 728, 731, 733, 735, 736, 737, 747, 751, 755, 762, 765, 772, 774, 795, 805, 807, 813, 815, 820, 841]
Sub-bacia 5 – Cenário isócronas 5+6	
<pre>import random # Lista de números de 1 a 162 numeros = list(range(1, 163)) # Escolhendo aleatoriamente 69 números escolhas = random.sample(numeros, 69) # Organizando os números escolhidos em ordem crescente escolhas_ordenadas = sorted(escolhas) print(escolhas_ordenadas)</pre>	[1, 3, 5, 6, 9, 10, 12, 13, 16, 18, 20, 21, 27, 31, 38, 40, 42, 43, 44, 45, 46, 49, 53, 56, 57, 58, 59, 63, 65, 67, 68, 70, 71, 72, 78, 79, 84, 86, 89, 95, 96, 99, 101, 105, 107, 108, 109, 110, 113, 114, 115, 117, 121, 122, 123, 127, 128, 129, 131, 135, 136, 147, 148, 153, 154, 157, 160, 161, 162]
Sub-bacia 6 – Cenário isócronas 5+6	

<pre>import random # Lista de números de 1 a 167 numeros = list(range(1, 168)) # Escolhendo aleatoriamente 50 números escolhas = random.sample(numeros, 50) # Organizando os números escolhidos em ordem crescente escolhas_ordenadas = sorted(escolhas) print(escolhas_ordenadas)</pre>	<p>[4, 7, 9, 13, 19, 23, 24, 26, 29, 34, 37, 38, 41, 43, 46, 49, 52, 53, 55, 64, 68, 73, 79, 82, 84, 86, 88, 96, 97, 99, 101, 103, 112, 114, 117, 125, 128, 134, 135, 141, 142, 143, 147, 150, 151, 153, 157, 158, 162, 164]</p>
--	--

RODADA 2

Sub-bacia 1 – Cenário isócronas 1+2	
<pre>import random # Lista de números de 1 a 389 numeros = list(range(1, 390)) # Escolhendo aleatoriamente 161 números escolhas = random.sample(numeros, 161) # Organizando os números escolhidos em ordem crescente escolhas_ordenadas = sorted(escolhas) print(escolhas_ordenadas)</pre>	<p>[1, 2, 3, 4, 8, 11, 15, 16, 17, 18, 19, 23, 25, 29, 30, 34, 35, 36, 38, 40, 47, 52, 55, 56, 58, 61, 65, 66, 67, 68, 74, 78, 79, 80, 82, 83, 88, 89, 92, 94, 95, 96, 97, 98, 101, 102, 103, 105, 106, 107, 111, 112, 114, 115, 116, 117, 121, 122, 126, 127, 133, 134, 135, 137, 138, 139, 155, 156, 157, 159, 160, 161, 162, 169, 172, 173, 174, 175, 178, 179, 180, 182, 183, 187, 189, 190, 191, 196, 198, 211, 213, 214, 215, 219, 221, 222, 230, 232, 233, 235, 239, 241, 242, 245, 250, 252, 256, 257, 259, 261, 264, 270, 272, 274, 275, 277, 278, 280, 286, 287, 288, 289, 293, 295, 300, 304, 306, 307, 309, 312, 314, 315, 317, 318, 321, 322, 323, 334, 335, 337, 342, 345, 348, 349, 352, 357, 358, 360, 364, 370, 374, 376, 380, 381, 382, 383, 385, 386, 387, 388, 389]</p>
Sub-bacia 3 – Cenário isócronas 1+2	
<pre>import random # Lista de números de 1 a 402 numeros = list(range(1, 403)) # Escolhendo aleatoriamente 291 números escolhas = random.sample(numeros, 291) # Organizando os números escolhidos em ordem crescente escolhas_ordenadas = sorted(escolhas) print(escolhas_ordenadas)</pre>	<p>[1, 2, 3, 5, 6, 11, 12, 13, 14, 15, 17, 18, 19, 20, 23, 24, 25, 26, 30, 31, 32, 33, 34, 35, 36, 37, 38, 40, 41, 42, 43, 44, 45, 47, 48, 50, 51, 52, 55, 56, 57, 58, 60, 62, 63, 64, 65, 66, 67, 68, 69, 70, 71, 74, 75, 76, 77, 79, 80, 81, 83, 84, 85, 86, 87, 88, 89, 90, 91, 92, 93, 95, 97, 98, 100, 101, 102, 104, 106, 109, 110, 112, 113, 116, 118, 119, 120, 121, 122, 123, 124, 125, 126, 127, 128, 129, 130, 131, 132, 133, 134, 135, 137, 138, 140, 141, 142, 143, 144, 145, 146, 148, 151, 152, 153, 154, 155, 157, 159, 161, 163, 166, 167, 168, 169, 171,</p>

	172, 173, 174, 175, 177, 178, 181, 182, 184, 186, 188, 189, 190, 191, 192, 193, 195, 196, 197, 199, 202, 203, 204, 206, 208, 209, 210, 212, 214, 215, 217, 218, 219, 221, 222, 223, 226, 227, 228, 233, 236, 237, 238, 239, 240, 242, 244, 245, 246, 249, 250, 251, 252, 253, 254, 256, 257, 258, 259, 260, 264, 265, 267, 268, 269, 270, 271, 274, 275, 276, 277, 279, 280, 281, 284, 285, 286, 287, 288, 289, 290, 291, 292, 293, 294, 295, 296, 300, 301, 303, 304, 305, 307, 308, 309, 310, 311, 312, 315, 316, 317, 319, 320, 321, 322, 323, 326, 327, 328, 330, 331, 332, 334, 336, 338, 339, 340, 341, 343, 344, 345, 346, 347, 348, 351, 352, 353, 354, 355, 357, 358, 361, 362, 363, 365, 366, 367, 368, 369, 370, 371, 372, 375, 376, 377, 379, 380, 381, 382, 384, 385, 386, 387, 388, 389, 390, 392, 393, 394, 395, 397, 398, 400, 401, 402]
Sub-bacia 2 – Cenário isócronas 1+2	
import random # Lista de números de 1 a 630 numeros = list(range(1, 631)) # Escolhendo aleatoriamente 205 números escolhas = random.sample(numeros, 205) # Organizando os números escolhidos em ordem crescente escolhas_ordenadas = sorted(escolhas) print(escolhas_ordenadas)	[3, 4, 5, 6, 8, 14, 16, 17, 20, 22, 26, 29, 31, 36, 39, 41, 45, 56, 59, 64, 65, 67, 70, 71, 72, 73, 75, 78, 79, 83, 86, 88, 92, 93, 101, 105, 106, 111, 113, 120, 123, 125, 126, 127, 130, 139, 141, 142, 146, 148, 149, 152, 158, 160, 164, 166, 169, 171, 172, 178, 181, 191, 192, 194, 195, 197, 198, 204, 206, 218, 219, 221, 223, 224, 228, 231, 232, 238, 239, 248, 251, 255, 261, 263, 264, 269, 270, 272, 273, 274, 282, 286, 294, 299, 306, 307, 308, 310, 312, 317, 320, 322, 324, 329, 330, 331, 339, 340, 344, 352, 353, 359, 367, 370, 373, 375, 379, 381, 382, 384, 386, 389, 395, 399, 407, 409, 411, 412, 420, 421, 425, 427, 428, 435, 438, 441, 442, 447, 453, 455, 457, 458, 462, 463, 465, 466, 468, 470, 471, 472, 481, 485, 486, 488, 492, 494, 497, 498, 499, 503, 504, 506, 509, 516, 518, 519, 521, 524, 527, 536, 537, 538, 539, 540, 541, 543, 547, 548, 552, 553, 557, 558, 559, 561, 567, 568, 571, 573, 578, 580, 583, 585, 586, 595, 602, 603, 605, 606, 609, 611, 612, 613, 615, 620, 630]]
Sub-bacia 4 – Cenário isócronas 1+2	
import random	[1, 2, 6, 10, 11, 14, 16, 18, 23, 24, 28, 29, 30, 34, 36, 41, 43, 47, 51, 52, 54, 58, 59,

<pre># Lista de números de 1 a 845 numeros = list(range(1, 846)) # Escolhendo aleatoriamente 289 números escolhas = random.sample(numeros, 289) # Organizando os números escolhidos em ordem crescente escolhas_ordenadas = sorted(escolhas) print(escolhas_ordenadas)</pre>	<pre>69, 71, 73, 74, 82, 86, 89, 95, 103, 105, 109, 112, 114, 116, 122, 125, 126, 128, 132, 137, 142, 144, 147, 148, 150, 151, 155, 157, 159, 160, 165, 174, 178, 182, 185, 186, 187, 203, 205, 206, 211, 214, 215, 217, 220, 221, 224, 231, 233, 240, 243, 250, 252, 254, 256, 257, 261, 262, 265, 275, 280, 281, 283, 285, 286, 287, 296, 297, 300, 301, 302, 307, 308, 311, 313, 315, 318, 319, 320, 323, 325, 333, 334, 336, 339, 343, 349, 353, 354, 357, 358, 360, 367, 368, 372, 373, 376, 378, 380, 381, 386, 387, 389, 391, 396, 401, 404, 405, 407, 412, 414, 416, 417, 418, 420, 422, 427, 431, 434, 439, 441, 442, 443, 453, 455, 461, 462, 465, 467, 471, 474, 478, 480, 482, 484, 486, 488, 489, 490, 493, 494, 495, 497, 500, 501, 503, 505, 506, 512, 513, 517, 520, 525, 533, 534, 539, 541, 545, 546, 549, 552, 553, 562, 563, 566, 570, 577, 578, 580, 585, 586, 587, 591, 592, 593, 595, 596, 598, 600, 601, 603, 606, 608, 610, 612, 613, 615, 616, 618, 619, 620, 621, 629, 631, 633, 634, 637, 639, 648, 650, 660, 661, 663, 669, 670, 671, 672, 673, 680, 681, 683, 684, 685, 688, 690, 691, 692, 695, 696, 698, 700, 702, 714, 715, 716, 718, 720, 725, 727, 730, 736, 738, 740, 751, 752, 757, 758, 761, 767, 769, 771, 773, 774, 780, 782, 784, 785, 790, 791, 792, 794, 803, 805, 806, 808, 809, 818, 821, 822, 828, 829, 835, 836, 839, 840, 843]</pre>
Sub-bacia 5 – Cenário isócronas 1+2	
<pre>import random # Lista de números de 1 a 162 numeros = list(range(1, 163)) # Escolhendo aleatoriamente 34 números escolhas = random.sample(numeros, 34) # Organizando os números escolhidos em ordem crescente escolhas_ordenadas = sorted(escolhas) print(escolhas_ordenadas)</pre>	<pre>[6, 11, 13, 19, 20, 23, 29, 32, 33, 40, 59, 72, 76, 85, 90, 93, 95, 97, 98, 100, 109, 111, 113, 114, 119, 120, 124, 130, 135, 145, 146, 148, 151, 159]</pre>
Sub-bacia 6 – Cenário isócronas 1+2	
<pre>import random</pre>	<pre>[2, 10, 12, 22, 28, 75, 103, 132, 152, 156, 167]</pre>

<pre># Lista de números de 1 a 167 numeros = list(range(1, 168)) # Escolhendo aleatoriamente 11 números escolhas = random.sample(numeros, 11) # Organizando os números escolhidos em ordem crescente escolhas_ordenadas = sorted(escolhas) print(escolhas_ordenadas)</pre>	
Sub-bacia 1 – Cenário isócronas 3+4	
<pre>import random # Lista de números de 1 a 389 numeros = list(range(1, 390)) # Escolhendo aleatoriamente 220 números escolhas = random.sample(numeros, 220) # Organizando os números escolhidos em ordem crescente escolhas_ordenadas = sorted(escolhas) print(escolhas_ordenadas)</pre>	<pre>[2, 3, 5, 6, 7, 8, 9, 10, 11, 12, 13, 17, 20, 21, 23, 27, 28, 31, 33, 34, 35, 36, 37, 38, 39, 40, 41, 42, 43, 44, 50, 51, 53, 54, 55, 56, 57, 60, 62, 65, 67, 68, 69, 72, 73, 74, 75, 76, 77, 79, 83, 84, 86, 88, 90, 91, 92, 93, 95, 96, 99, 100, 101, 103, 106, 108, 109, 110, 114, 115, 116, 117, 118, 121, 122, 123, 124, 126, 128, 130, 131, 133, 134, 135, 138, 139, 141, 143, 145, 147, 149, 150, 152, 155, 158, 159, 162, 163, 164, 167, 169, 170, 172, 174, 178, 179, 180, 181, 186, 189, 190, 191, 200, 201, 202, 203, 205, 206, 207, 208, 209, 211, 212, 213, 215, 216, 218, 219, 221, 223, 224, 226, 229, 230, 231, 235, 236, 237, 239, 244, 245, 246, 254, 255, 256, 258, 259, 260, 264, 265, 266, 267, 269, 271, 274, 275, 276, 278, 279, 281, 282, 285, 286, 287, 288, 289, 291, 292, 295, 296, 298, 301, 302, 305, 307, 309, 310, 313, 314, 316, 317, 320, 321, 322, 324, 325, 329, 330, 333, 335, 337, 341, 342, 343, 344, 348, 349, 350, 351, 352, 353, 355, 358, 359, 360, 361, 362, 364, 365, 366, 367, 368, 369, 371, 379, 381, 383, 385, 387, 389]</pre>
Sub-bacia 3 – Cenário isócronas 3+4	
<pre>import random # Lista de números de 1 a 402 numeros = list(range(1, 403)) # Escolhendo aleatoriamente 111 números escolhas = random.sample(numeros, 111) # Organizando os números escolhidos em ordem crescente escolhas_ordenadas = sorted(escolhas)</pre>	<pre>[2, 3, 4, 7, 14, 16, 17, 18, 20, 22, 23, 29, 37, 39, 42, 45, 52, 55, 57, 58, 61, 62, 63, 64, 68, 78, 80, 81, 82, 86, 93, 96, 100, 101, 102, 104, 111, 112, 113, 118, 119, 122, 124, 134, 138, 148, 149, 150, 152, 157, 159, 165, 166, 169, 170, 177, 184, 186, 192, 204, 212, 213, 214, 220, 221, 222, 233, 243, 245, 247, 248, 254, 255, 263, 266, 271, 274, 275, 277, 283, 286, 288, 290, 292, 295, 296, 298, 302, 307, 308, 311, 313, 324, 331, 333, 334, 336, 342,</pre>

<code>print(escolhas_ordenadas)</code>	349, 351, 361, 365, 369, 378, 380, 381, 383, 386, 387, 388, 399]
Sub-bacia 2 – Cenário isócronas 3+4	
<pre>import random # Lista de números de 1 a 630 numeros = list(range(1, 631)) # Escolhendo aleatoriamente 205 números escolhas = random.sample(numeros, 205) # Organizando os números escolhidos em ordem crescente escolhas_ordenadas = sorted(escolhas) print(escolhas_ordenadas)</pre>	<p>[3, 7, 13, 14, 16, 17, 20, 23, 32, 33, 34, 36, 38, 40, 42, 45, 46, 52, 56, 60, 61, 67, 68, 69, 70, 73, 74, 80, 81, 83, 87, 95, 98, 99, 103, 104, 105, 106, 110, 111, 112, 113, 115, 117, 120, 121, 123, 125, 129, 132, 133, 135, 140, 141, 142, 146, 151, 154, 155, 157, 159, 167, 175, 181, 186, 187, 191, 195, 196, 200, 203, 207, 211, 212, 214, 215, 216, 219, 220, 222, 223, 225, 231, 232, 234, 237, 245, 251, 252, 253, 259, 261, 266, 269, 270, 278, 282, 283, 284, 285, 286, 288, 289, 290, 295, 296, 297, 299, 302, 304, 308, 313, 321, 325, 329, 335, 338, 339, 340, 348, 351, 352, 355, 357, 359, 361, 364, 374, 377, 382, 386, 387, 390, 398, 400, 403, 404, 410, 411, 414, 415, 416, 417, 420, 422, 428, 434, 438, 442, 443, 448, 450, 452, 461, 468, 477, 478, 480, 481, 482, 490, 492, 494, 504, 505, 510, 514, 517, 518, 522, 523, 524, 529, 530, 531, 539, 544, 549, 550, 551, 552, 555, 557, 560, 561, 567, 569, 570, 578, 581, 582, 583, 585, 593, 608, 611, 612, 613, 616, 619, 621, 622, 624, 625, 626]</p>
Sub-bacia 4 – Cenário isócronas 3+4	
<pre>import random # Lista de números de 1 a 845 numeros = list(range(1, 846)) # Escolhendo aleatoriamente 388 números escolhas = random.sample(numeros, 388) # Organizando os números escolhidos em ordem crescente escolhas_ordenadas = sorted(escolhas) print(escolhas_ordenadas)</pre>	<p>[1, 3, 4, 5, 6, 7, 8, 10, 13, 14, 15, 16, 19, 21, 22, 24, 25, 28, 30, 31, 33, 34, 40, 41, 44, 46, 47, 51, 53, 55, 56, 59, 61, 64, 66, 67, 68, 69, 70, 71, 72, 75, 76, 78, 81, 84, 85, 90, 92, 93, 94, 95, 97, 98, 99, 100, 102, 104, 105, 107, 109, 110, 111, 116, 118, 120, 121, 122, 125, 126, 127, 129, 131, 137, 139, 140, 143, 144, 145, 147, 148, 149, 151, 153, 156, 160, 161, 162, 163, 165, 168, 170, 171, 172, 174, 175, 176, 178, 180, 182, 185, 187, 188, 192, 194, 197, 199, 202, 203, 204, 206, 207, 209, 210, 213, 217, 223, 224, 227, 231, 233, 234, 235, 237, 238, 239, 240, 246, 248, 249, 250, 252, 254, 256, 258, 259, 260, 269, 270, 271, 273, 275, 277, 278, 282, 284, 285, 287, 288, 289, 291, 292, 293, 294, 296, 298, 300, 302, 303, 305, 308, 311, 319, 321, 326, 329, 330, 333, 334, 335, 336, 337, 341, 342, 343, 346, 348, 349, 352, 353, 357, 361, 363, 364, 365,</p>

	369, 370, 371, 372, 375, 376, 381, 382, 383, 387, 389, 390, 391, 398, 399, 401, 402, 403, 408, 412, 414, 420, 426, 427, 430, 432, 434, 435, 439, 442, 443, 444, 445, 450, 451, 454, 455, 457, 458, 459, 460, 461, 462, 463, 466, 467, 468, 471, 474, 476, 477, 478, 479, 480, 487, 488, 489, 494, 495, 496, 500, 506, 507, 510, 512, 513, 514, 515, 516, 521, 523, 526, 527, 531, 532, 534, 535, 537, 540, 541, 543, 544, 545, 548, 549, 550, 551, 552, 554, 555, 556, 558, 559, 563, 568, 570, 572, 576, 578, 580, 586, 590, 591, 592, 597, 600, 605, 609, 613, 615, 616, 617, 618, 619, 624, 627, 631, 634, 637, 639, 641, 642, 645, 646, 647, 648, 652, 654, 656, 658, 661, 665, 666, 667, 668, 669, 673, 682, 683, 686, 689, 693, 694, 697, 700, 701, 708, 709, 711, 712, 713, 715, 717, 718, 721, 722, 724, 727, 733, 739, 740, 741, 744, 745, 746, 747, 753, 754, 764, 768, 769, 775, 778, 782, 785, 786, 790, 794, 795, 798, 804, 806, 807, 809, 812, 814, 817, 818, 819, 822, 825, 828, 829, 831, 834, 835, 836, 838, 840, 842, 843, 844, 845]
Sub-bacia 5 – Cenário isócronas 3+4	
<pre>import random # Lista de números de 1 a 162 numeros = list(range(1, 163)) # Escolhendo aleatoriamente 59 números escolhas = random.sample(numeros, 59) # Organizando os números escolhidos em ordem crescente escolhas_ordenadas = sorted(escolhas) print(escolhas_ordenadas)</pre>	[3, 4, 7, 16, 17, 18, 25, 29, 31, 35, 36, 37, 39, 42, 50, 51, 56, 57, 58, 61, 63, 64, 71, 78, 79, 82, 85, 90, 92, 94, 96, 97, 98, 100, 102, 103, 104, 109, 110, 114, 119, 120, 122, 123, 124, 125, 126, 128, 132, 136, 139, 140, 141, 144, 145, 157, 159, 160, 162]
Sub-bacia 6 – Cenário isócronas 3+4	
<pre>import random # Lista de números de 1 a 167 numeros = list(range(1, 168)) # Escolhendo aleatoriamente 106 números escolhas = random.sample(numeros, 106)</pre>	[1, 5, 6, 8, 10, 11, 12, 16, 20, 21, 24, 25, 26, 28, 29, 32, 33, 35, 39, 40, 41, 42, 44, 45, 48, 50, 51, 52, 53, 54, 55, 56, 57, 59, 61, 62, 63, 64, 65, 66, 67, 68, 69, 70, 72, 74, 75, 77, 79, 81, 82, 84, 85, 88, 89, 90, 95, 96, 97, 98, 99, 100, 101, 102, 105, 110, 111, 112, 113, 114, 115, 116, 119, 120, 122, 124, 126, 127, 128, 129, 130, 132, 133, 135, 136, 139, 140, 141, 142, 143,

# Organizando os números escolhidos em ordem crescente escolhas_ordenadas = sorted(escolhas) print(escolhas_ordenadas)	144, 145, 146, 147, 148, 150, 152, 153, 155, 157, 158, 160, 161, 162, 165, 166]
Sub-bacia 1 – Cenário isócronas 5+6	
import random # Lista de números de 1 a 389 numeros = list(range(1, 390)) # Escolhendo aleatoriamente 8 números escolhas = random.sample(numeros, 8) # Organizando os números escolhidos em ordem crescente escolhas_ordenadas = sorted(escolhas) print(escolhas_ordenadas)	[64, 102, 162, 194, 283, 316, 321, 354]
Sub-bacia 3 – Cenário isócronas 5+6	
-	-
Sub-bacia 2 – Cenário isócronas 5+6	
import random # Lista de números de 1 a 630 numeros = list(range(1, 631)) # Escolhendo aleatoriamente 220 números escolhas = random.sample(numeros, 220) # Organizando os números escolhidos em ordem crescente escolhas_ordenadas = sorted(escolhas) print(escolhas_ordenadas)	[1, 3, 4, 5, 16, 27, 30, 33, 36, 37, 45, 49, 50, 51, 53, 54, 57, 58, 59, 60, 61, 64, 66, 70, 77, 82, 84, 88, 90, 92, 95, 96, 98, 100, 101, 106, 108, 109, 111, 113, 114, 116, 120, 121, 125, 126, 129, 137, 141, 143, 148, 152, 170, 173, 174, 176, 177, 181, 182, 183, 186, 188, 192, 195, 196, 199, 205, 208, 210, 212, 213, 214, 215, 216, 218, 221, 224, 227, 229, 231, 235, 237, 240, 242, 244, 245, 246, 249, 250, 252, 255, 256, 257, 259, 267, 268, 270, 272, 273, 278, 279, 281, 282, 287, 292, 294, 302, 303, 308, 314, 316, 318, 320, 325, 328, 334, 337, 339, 342, 345, 348, 349, 351, 354, 355, 357, 358, 359, 362, 364, 366, 371, 372, 374, 375, 377, 379, 380, 386, 389, 390, 392, 394, 396, 398, 399, 404, 406, 407, 413, 416, 419, 420, 424, 429, 432, 440, 444, 446, 452, 458, 460, 461, 464, 467, 474, 480, 481, 485, 487, 489, 492, 497, 500, 503, 512, 513, 521, 530, 531, 532, 534, 535, 543, 545, 551, 552, 554, 556, 557, 561, 562, 566, 567, 568, 572, 575, 576, 585, 586, 587, 589, 590, 594, 598, 600, 602, 604, 610, 612, 614, 616, 618, 620, 621, 623, 624, 626, 628, 629]
Sub-bacia 4 – Cenário isócronas 5+6	

<pre>import random # Lista de números de 1 a 845 numeros = list(range(1, 846)) # Escolhendo aleatoriamente 168 números escolhas = random.sample(numeros, 168) # Organizando os números escolhidos em ordem crescente escolhas_ordenadas = sorted(escolhas) print(escolhas_ordenadas)</pre>	<p>[9, 10, 12, 15, 17, 42, 47, 51, 67, 69, 70, 73, 77, 84, 88, 93, 94, 97, 98, 101, 106, 115, 117, 123, 124, 127, 128, 147, 148, 156, 158, 164, 169, 186, 187, 201, 210, 211, 214, 223, 224, 225, 226, 233, 237, 245, 248, 249, 259, 266, 267, 268, 269, 270, 276, 279, 281, 284, 288, 309, 313, 314, 317, 318, 326, 338, 340, 345, 347, 349, 351, 353, 356, 358, 367, 378, 392, 394, 395, 397, 400, 401, 402, 404, 405, 406, 424, 427, 429, 437, 452, 458, 461, 462, 476, 489, 493, 494, 502, 506, 509, 511, 516, 520, 522, 526, 531, 537, 544, 568, 570, 572, 575, 581, 588, 594, 598, 602, 620, 627, 628, 631, 634, 637, 643, 644, 648, 655, 657, 660, 661, 693, 700, 702, 709, 714, 722, 727, 729, 731, 740, 743, 744, 745, 748, 749, 766, 771, 773, 774, 782, 785, 789, 792, 794, 795, 799, 801, 803, 810, 812, 818, 821, 827, 830, 837, 840, 845]</p>
<p>Sub-bacia 5 – Cenário isócronas 5+6</p>	
<pre>import random # Lista de números de 1 a 162 numeros = list(range(1, 163)) # Escolhendo aleatoriamente 69 números escolhas = random.sample(numeros, 69) # Organizando os números escolhidos em ordem crescente escolhas_ordenadas = sorted(escolhas) print(escolhas_ordenadas)</pre>	<p>[2, 4, 5, 6, 7, 13, 14, 19, 24, 25, 26, 27, 29, 37, 38, 41, 45, 49, 51, 52, 58, 60, 61, 62, 63, 65, 66, 67, 70, 71, 73, 77, 79, 82, 86, 87, 90, 93, 94, 96, 98, 99, 101, 102, 103, 104, 108, 109, 110, 112, 116, 119, 120, 121, 122, 123, 124, 128, 130, 135, 145, 146, 148, 151, 154, 155, 157, 159, 162]</p>
<p>Sub-bacia 6 – Cenário isócronas 5+6</p>	
<pre>import random # Lista de números de 1 a 167 numeros = list(range(1, 168)) # Escolhendo aleatoriamente 50 números escolhas = random.sample(numeros, 50) # Organizando os números escolhidos em ordem crescente escolhas_ordenadas = sorted(escolhas) print(escolhas_ordenadas)</pre>	<p>[2, 8, 10, 17, 20, 23, 24, 25, 26, 30, 39, 42, 55, 58, 59, 61, 64, 66, 73, 74, 77, 80, 83, 89, 92, 93, 94, 98, 102, 104, 107, 113, 114, 120, 121, 124, 125, 126, 135, 138, 140, 141, 147, 148, 157, 162, 163, 164, 165, 166]</p>

RODADA 3

Sub-bacia 1 – Cenário isócronas 1+2	
<pre>import random # Lista de números de 1 a 389 numeros = list(range(1, 390)) # Escolhendo aleatoriamente 161 números escolhas = random.sample(numeros, 161) # Organizando os números escolhidos em ordem crescente escolhas_ordenadas = sorted(escolhas) print(escolhas_ordenadas)</pre>	<p>[3, 4, 5, 7, 9, 13, 16, 18, 19, 22, 25, 27, 28, 29, 30, 35, 36, 38, 40, 43, 44, 46, 47, 49, 52, 53, 59, 60, 62, 66, 68, 69, 73, 76, 79, 80, 83, 85, 86, 87, 88, 89, 94, 98, 101, 103, 108, 110, 114, 115, 118, 119, 122, 123, 125, 127, 129, 130, 131, 132, 137, 138, 140, 141, 142, 143, 148, 149, 150, 151, 153, 158, 161, 166, 169, 170, 172, 173, 174, 176, 177, 178, 180, 182, 189, 191, 196, 201, 204, 205, 206, 207, 208, 210, 213, 215, 216, 219, 222, 223, 225, 227, 233, 238, 239, 240, 245, 246, 249, 250, 251, 252, 254, 259, 261, 268, 270, 271, 272, 274, 276, 278, 279, 280, 281, 284, 287, 291, 295, 300, 301, 305, 307, 310, 319, 320, 321, 322, 323, 324, 329, 331, 335, 337, 342, 344, 345, 347, 348, 356, 360, 362, 364, 369, 370, 371, 372, 378, 379, 381, 387]</p>
Sub-bacia 3 – Cenário isócronas 1+2	
<pre>import random # Lista de números de 1 a 402 numeros = list(range(1, 403)) # Escolhendo aleatoriamente 291 números escolhas = random.sample(numeros, 291) # Organizando os números escolhidos em ordem crescente escolhas_ordenadas = sorted(escolhas) print(escolhas_ordenadas)</pre>	<p>[2, 4, 5, 6, 7, 8, 9, 10, 11, 14, 16, 17, 22, 23, 25, 26, 27, 31, 34, 36, 37, 38, 39, 42, 44, 46, 49, 51, 53, 54, 55, 56, 57, 59, 60, 61, 63, 64, 66, 67, 68, 69, 71, 72, 73, 74, 75, 77, 78, 79, 80, 83, 84, 85, 86, 88, 89, 90, 91, 92, 93, 94, 95, 96, 97, 98, 100, 101, 103, 105, 106, 107, 109, 110, 111, 112, 113, 114, 115, 116, 118, 119, 120, 122, 123, 125, 126, 127, 128, 130, 131, 132, 133, 134, 138, 140, 141, 142, 143, 144, 145, 146, 148, 149, 151, 153, 154, 155, 156, 157, 158, 159, 160, 161, 162, 163, 164, 167, 168, 172, 173, 175, 176, 177, 178, 179, 181, 182, 183, 187, 191, 192, 194, 197, 198, 199, 200, 202, 203, 204, 205, 206, 207, 208, 209, 211, 215, 216, 217, 218, 221, 222, 223, 224, 225, 227, 229, 230, 231, 232, 234, 235, 236, 238, 239, 241, 243, 244, 249, 251, 252, 253, 255, 256, 257, 258, 260, 263, 264, 265, 267, 268, 269, 270, 271, 272, 273, 274, 275, 276, 279, 280, 281, 283, 284, 285, 286, 287, 290, 291, 292, 293, 294, 296, 297, 298, 299, 302, 303, 304, 305, 306, 307, 308, 309, 310, 311, 312, 313, 314, 315, 316, 317, 318, 319, 320, 321, 322, 323, 324, 326, 327, 328, 329, 331, 332,</p>

	333, 334, 335, 337, 339, 340, 341, 343, 344, 345, 346, 347, 349, 351, 352, 354, 355, 356, 357, 358, 359, 360, 361, 362, 363, 365, 366, 367, 368, 369, 371, 373, 375, 376, 377, 379, 380, 381, 382, 383, 384, 385, 388, 389, 390, 392, 394, 395, 396, 397, 398, 399, 400, 401, 402]
Sub-bacia 2 – Cenário isócronas 1+2	
<pre>import random # Lista de números de 1 a 630 numeros = list(range(1, 631)) # Escolhendo aleatoriamente 205 números escolhas = random.sample(numeros, 205) # Organizando os números escolhidos em ordem crescente escolhas_ordenadas = sorted(escolhas) print(escolhas_ordenadas)</pre>	<p>[1, 2, 3, 6, 7, 8, 14, 20, 21, 23, 25, 26, 27, 30, 31, 42, 48, 50, 57, 58, 60, 63, 73, 76, 79, 80, 86, 87, 89, 92, 94, 100, 102, 103, 108, 109, 115, 121, 125, 127, 129, 130, 132, 141, 145, 146, 147, 158, 159, 163, 165, 169, 172, 174, 175, 177, 179, 180, 188, 190, 192, 202, 205, 207, 208, 212, 215, 217, 225, 227, 230, 232, 237, 241, 242, 244, 249, 252, 253, 258, 259, 260, 263, 267, 268, 270, 271, 274, 279, 280, 285, 286, 287, 288, 290, 294, 296, 300, 301, 302, 304, 309, 314, 316, 318, 319, 320, 330, 331, 339, 343, 344, 345, 352, 356, 357, 359, 361, 362, 365, 366, 369, 371, 372, 374, 378, 379, 381, 387, 392, 400, 404, 406, 412, 414, 418, 420, 423, 425, 427, 429, 430, 431, 435, 439, 441, 443, 450, 453, 461, 463, 464, 470, 471, 474, 476, 478, 484, 491, 492, 493, 495, 499, 501, 502, 508, 509, 512, 513, 516, 521, 529, 531, 535, 537, 538, 539, 541, 544, 545, 546, 552, 555, 556, 560, 561, 562, 571, 572, 574, 577, 580, 581, 582, 587, 588, 592, 593, 596, 604, 610, 616, 617, 619, 625]</p>
Sub-bacia 4 – Cenário isócronas 1+2	
<pre>import random # Lista de números de 1 a 845 numeros = list(range(1, 846)) # Escolhendo aleatoriamente 289 números escolhas = random.sample(numeros, 289) # Organizando os números escolhidos em ordem crescente escolhas_ordenadas = sorted(escolhas) print(escolhas_ordenadas)</pre>	<p>[2, 3, 8, 12, 20, 21, 26, 27, 29, 31, 35, 36, 40, 43, 46, 49, 52, 55, 58, 61, 63, 65, 68, 70, 76, 78, 79, 81, 82, 83, 84, 87, 88, 89, 90, 94, 100, 102, 110, 112, 113, 114, 119, 120, 124, 126, 128, 129, 130, 131, 133, 134, 137, 138, 139, 142, 145, 146, 148, 151, 153, 161, 162, 163, 164, 168, 171, 175, 177, 178, 179, 182, 183, 192, 195, 202, 204, 205, 206, 217, 226, 227, 229, 230, 231, 233, 237, 241, 245, 246, 252, 259, 260, 261, 268, 269, 273, 277, 280, 281, 283, 285, 289, 290, 291, 302, 305, 308, 310, 318, 320, 324, 327, 335, 342, 343, 345, 347, 348, 356, 357, 359, 360, 362, 367, 371, 375, 377, 378, 387, 388, 390, 393, 394, 399, 400, 405, 407, 409,</p>

	412, 414, 415, 418, 419, 424, 428, 430, 433, 434, 435, 436, 437, 438, 442, 445, 446, 449, 450, 453, 454, 458, 460, 461, 462, 467, 469, 472, 474, 476, 480, 484, 486, 487, 491, 494, 495, 496, 497, 498, 511, 513, 515, 524, 525, 526, 527, 528, 530, 534, 536, 538, 543, 544, 545, 547, 554, 555, 557, 559, 568, 569, 570, 572, 573, 575, 578, 590, 595, 601, 610, 611, 615, 616, 628, 635, 646, 647, 648, 649, 650, 651, 655, 657, 666, 670, 671, 673, 674, 675, 676, 680, 682, 684, 686, 687, 691, 695, 697, 699, 700, 703, 704, 707, 710, 715, 716, 718, 724, 731, 733, 735, 736, 738, 739, 741, 745, 746, 748, 749, 754, 755, 757, 760, 767, 769, 773, 776, 777, 779, 780, 781, 787, 788, 789, 792, 793, 797, 798, 803, 805, 813, 816, 820, 822, 825, 827, 834, 837, 845]
Sub-bacia 5 – Cenário isócronas 1+2	
<pre>import random # Lista de números de 1 a 162 numeros = list(range(1, 163)) # Escolhendo aleatoriamente 34 números escolhas = random.sample(numeros, 34) # Organizando os números escolhidos em ordem crescente escolhas_ordenadas = sorted(escolhas) print(escolhas_ordenadas)</pre>	[6, 7, 25, 33, 37, 39, 40, 44, 49, 54, 57, 60, 62, 65, 72, 74, 77, 78, 91, 93, 95, 104, 106, 107, 123, 127, 132, 133, 139, 149, 153, 156, 158, 161]
Sub-bacia 6 – Cenário isócronas 1+2	
<pre>import random # Lista de números de 1 a 167 numeros = list(range(1, 168)) # Escolhendo aleatoriamente 11 números escolhas = random.sample(numeros, 11) # Organizando os números escolhidos em ordem crescente escolhas_ordenadas = sorted(escolhas) print(escolhas_ordenadas)</pre>	[26, 40, 53, 55, 59, 96, 112, 120, 129, 149, 163]
Sub-bacia 1 – Cenário isócronas 3+4	
<pre>import random</pre>	[1, 3, 4, 6, 8, 9, 10, 11, 12, 13, 15, 17, 18, 19, 21, 23, 26, 27, 28, 29, 30, 31, 32, 33,

<pre># Lista de números de 1 a 389 numeros = list(range(1, 390)) # Escolhendo aleatoriamente 220 números escolhas = random.sample(numeros, 220) # Organizando os números escolhidos em ordem crescente escolhas_ordenadas = sorted(escolhas) print(escolhas_ordenadas)</pre>	<pre>35, 38, 39, 40, 41, 42, 44, 50, 51, 53, 55, 57, 59, 60, 61, 65, 66, 67, 68, 69, 72, 73, 74, 75, 78, 84, 86, 88, 89, 90, 92, 93, 95, 97, 98, 105, 107, 109, 110, 111, 114, 121, 122, 128, 129, 130, 137, 138, 139, 141, 143, 144, 147, 148, 152, 155, 156, 158, 159, 161, 162, 163, 164, 166, 167, 168, 170, 172, 174, 178, 179, 180, 184, 188, 190, 191, 192, 193, 194, 195, 198, 199, 200, 201, 202, 204, 206, 207, 208, 209, 211, 213, 214, 219, 223, 224, 225, 226, 229, 232, 233, 235, 236, 240, 244, 246, 247, 248, 249, 252, 253, 255, 256, 260, 261, 262, 264, 266, 270, 271, 273, 274, 275, 276, 277, 278, 279, 280, 281, 284, 285, 286, 289, 291, 292, 294, 295, 296, 298, 299, 301, 302, 303, 305, 306, 308, 309, 310, 311, 312, 313, 314, 317, 319, 321, 322, 323, 324, 326, 327, 330, 331, 335, 337, 338, 339, 340, 344, 347, 348, 350, 352, 354, 355, 357, 360, 361, 362, 365, 369, 370, 371, 372, 375, 376, 377, 378, 379, 381, 382, 383, 384, 385, 386, 388, 389]</pre>
Sub-bacia 3 – Cenário isócronas 3+4	
<pre>import random # Lista de números de 1 a 402 numeros = list(range(1, 403)) # Escolhendo aleatoriamente 111 números escolhas = random.sample(numeros, 111) # Organizando os números escolhidos em ordem crescente escolhas_ordenadas = sorted(escolhas) print(escolhas_ordenadas)</pre>	<pre>[2, 3, 4, 8, 9, 11, 15, 23, 24, 27, 35, 39, 40, 48, 54, 56, 58, 60, 70, 76, 78, 81, 82, 95, 101, 102, 104, 111, 112, 117, 126, 128, 130, 131, 132, 146, 151, 154, 160, 172, 176, 178, 179, 190, 191, 192, 194, 201, 202, 206, 207, 212, 213, 214, 221, 224, 226, 231, 234, 236, 237, 239, 244, 245, 250, 252, 253, 258, 263, 264, 265, 266, 269, 278, 281, 282, 284, 290, 294, 298, 303, 313, 320, 321, 322, 323, 324, 327, 328, 329, 334, 339, 347, 348, 350, 351, 353, 358, 361, 362, 363, 364, 365, 370, 375, 377, 379, 388, 391, 400, 401]</pre>
Sub-bacia 2 – Cenário isócronas 3+4	
<pre>import random # Lista de números de 1 a 630 numeros = list(range(1, 631)) # Escolhendo aleatoriamente 205 números escolhas = random.sample(numeros, 205) # Organizando os números escolhidos em ordem crescente escolhas_ordenadas = sorted(escolhas)</pre>	<pre>[11, 13, 14, 18, 21, 26, 28, 30, 33, 41, 42, 45, 46, 50, 56, 57, 60, 61, 63, 67, 68, 72, 78, 79, 82, 83, 89, 94, 96, 117, 118, 120, 121, 122, 126, 127, 130, 133, 134, 137, 141, 146, 147, 150, 152, 154, 158, 161, 162, 163, 165, 166, 168, 169, 171, 175, 176, 179, 184, 188, 190, 192, 195, 198, 205, 208, 209, 213, 214, 215, 216, 220, 232, 235, 238, 240, 245, 247, 253, 259, 267, 271, 289, 290, 291, 294, 295, 298, 299, 300, 304, 307, 308, 313, 318, 321,</pre>

<pre>print(escolhas_ordenadas)</pre>	<pre>326, 327, 330, 332, 335, 338, 347, 352, 353, 354, 371, 377, 378, 380, 381, 386, 390, 391, 393, 399, 404, 406, 407, 411, 412, 414, 415, 417, 424, 425, 430, 432, 434, 435, 445, 446, 447, 448, 449, 451, 455, 456, 458, 465, 470, 471, 473, 483, 489, 493, 495, 497, 499, 502, 505, 506, 512, 516, 520, 522, 524, 527, 528, 529, 530, 532, 533, 534, 536, 541, 542, 544, 545, 548, 549, 550, 555, 556, 560, 567, 569, 570, 571, 572, 574, 576, 577, 580, 581, 582, 584, 585, 587, 589, 590, 591, 592, 594, 597, 600, 606, 613, 615, 618, 621, 622, 624, 628, 629]</pre>
<p>Sub-bacia 4 – Cenário isócronas 3+4</p>	
<pre>import random # Lista de números de 1 a 845 numeros = list(range(1, 846)) # Escolhendo aleatoriamente 388 números escolhas = random.sample(numeros, 388) # Organizando os números escolhidos em ordem crescente escolhas_ordenadas = sorted(escolhas) print(escolhas_ordenadas)</pre>	<pre>[2, 4, 6, 7, 8, 9, 10, 11, 13, 15, 16, 17, 21, 23, 24, 25, 27, 30, 34, 35, 37, 38, 39, 40, 41, 44, 51, 55, 56, 58, 60, 61, 63, 65, 68, 69, 71, 73, 74, 76, 77, 80, 81, 88, 89, 90, 92, 93, 96, 97, 98, 100, 101, 103, 104, 105, 109, 110, 112, 113, 114, 118, 121, 122, 124, 125, 129, 130, 131, 133, 137, 141, 144, 147, 149, 150, 155, 162, 164, 168, 171, 173, 174, 180, 181, 185, 186, 187, 194, 196, 199, 204, 206, 207, 208, 211, 214, 215, 218, 221, 222, 225, 227, 228, 229, 231, 232, 233, 236, 237, 240, 244, 245, 247, 257, 258, 259, 262, 267, 269, 272, 273, 276, 277, 278, 279, 280, 285, 287, 288, 289, 294, 295, 298, 300, 301, 306, 307, 309, 313, 314, 315, 316, 317, 334, 339, 340, 343, 344, 346, 347, 348, 349, 351, 353, 355, 356, 360, 362, 364, 366, 372, 373, 375, 376, 382, 385, 386, 393, 394, 400, 401, 404, 407, 408, 410, 411, 412, 413, 414, 416, 417, 418, 423, 425, 426, 428, 431, 432, 434, 435, 437, 438, 441, 445, 450, 453, 454, 455, 458, 459, 464, 465, 471, 473, 475, 476, 480, 483, 486, 495, 496, 498, 499, 501, 502, 503, 504, 505, 511, 512, 514, 515, 517, 518, 520, 523, 524, 526, 527, 529, 532, 533, 539, 540, 544, 546, 548, 549, 556, 558, 559, 562, 564, 565, 568, 571, 572, 573, 574, 575, 576, 579, 580, 582, 585, 591, 592, 593, 594, 595, 599, 600, 602, 604, 607, 608, 612, 615, 618, 619, 620, 621, 624, 625, 626, 629, 630, 632, 634, 639, 640, 642, 646, 647, 650, 651, 654, 655, 658, 659, 661, 662, 663, 665, 666,</pre>

	668, 669, 672, 673, 680, 685, 686, 687, 688, 690, 692, 695, 696, 699, 700, 701, 702, 703, 704, 705, 706, 711, 712, 713, 714, 716, 717, 723, 724, 726, 728, 731, 734, 735, 737, 738, 739, 741, 742, 743, 744, 745, 749, 750, 752, 753, 754, 758, 759, 760, 762, 763, 767, 771, 773, 775, 776, 777, 779, 780, 781, 782, 784, 785, 786, 790, 791, 792, 793, 798, 808, 810, 814, 815, 817, 818, 819, 820, 821, 822, 824, 825, 826, 827, 829, 833, 836, 837, 840, 841, 842, 844]
Sub-bacia 5 – Cenário isócronas 3+4	
<pre>import random # Lista de números de 1 a 162 numeros = list(range(1, 163)) # Escolhendo aleatoriamente 59 números escolhas = random.sample(numeros, 59) # Organizando os números escolhidos em ordem crescente escolhas_ordenadas = sorted(escolhas) print(escolhas_ordenadas)</pre>	[1, 2, 5, 7, 9, 12, 14, 16, 20, 23, 26, 31, 39, 40, 43, 44, 46, 47, 48, 54, 55, 56, 57, 58, 62, 63, 70, 72, 73, 76, 77, 79, 81, 84, 87, 90, 101, 103, 111, 113, 116, 124, 126, 127, 128, 129, 131, 132, 133, 140, 142, 146, 147, 149, 153, 156, 158, 159, 161]
Sub-bacia 6 – Cenário isócronas 3+4	
<pre>import random # Lista de números de 1 a 167 numeros = list(range(1, 168)) # Escolhendo aleatoriamente 106 números escolhas = random.sample(numeros, 106) # Organizando os números escolhidos em ordem crescente escolhas_ordenadas = sorted(escolhas) print(escolhas_ordenadas)</pre>	[1, 2, 5, 6, 8, 9, 11, 12, 14, 16, 18, 19, 21, 22, 23, 25, 27, 29, 31, 32, 34, 36, 37, 38, 40, 41, 42, 44, 47, 50, 51, 52, 53, 54, 56, 57, 58, 59, 60, 61, 65, 68, 69, 70, 72, 74, 75, 76, 77, 78, 79, 80, 83, 84, 85, 86, 88, 89, 91, 92, 94, 96, 97, 98, 99, 100, 101, 103, 104, 105, 108, 109, 111, 114, 115, 117, 119, 120, 122, 124, 125, 126, 127, 128, 130, 131, 134, 135, 136, 137, 140, 143, 144, 146, 148, 149, 152, 154, 155, 156, 158, 162, 163, 164, 165, 167]
Sub-bacia 1 – Cenário isócronas 5+6	
<pre>import random # Lista de números de 1 a 389 numeros = list(range(1, 390)) # Escolhendo aleatoriamente 8 números escolhas = random.sample(numeros, 8)</pre>	[47, 61, 135, 251, 289, 298, 350, 351]

<pre># Organizando os números escolhidos em ordem crescente escolhas_ordenadas = sorted(escolhas) print(escolhas_ordenadas)</pre>	
Sub-bacia 3 – Cenário isócronas 5+6	
-	-
Sub-bacia 2 – Cenário isócronas 5+6	
<pre>import random # Lista de números de 1 a 630 numeros = list(range(1, 631)) # Escolhendo aleatoriamente 220 números escolhas = random.sample(numeros, 220) # Organizando os números escolhidos em ordem crescente escolhas_ordenadas = sorted(escolhas) print(escolhas_ordenadas)</pre>	<pre>[2, 3, 6, 7, 11, 13, 16, 20, 22, 25, 30, 32, 34, 35, 36, 39, 40, 42, 48, 51, 54, 61, 62, 63, 64, 66, 67, 68, 69, 74, 75, 78, 86, 90, 95, 98, 102, 105, 107, 109, 117, 119, 120, 121, 122, 127, 128, 129, 131, 135, 136, 138, 144, 145, 146, 153, 154, 155, 158, 159, 164, 170, 172, 175, 176, 179, 184, 186, 187, 189, 190, 192, 196, 200, 201, 202, 203, 206, 207, 210, 213, 217, 218, 222, 223, 225, 226, 229, 230, 241, 242, 244, 245, 246, 249, 250, 255, 257, 258, 260, 261, 262, 264, 272, 273, 275, 280, 284, 286, 288, 289, 291, 293, 302, 303, 309, 311, 313, 314, 316, 318, 320, 321, 326, 333, 334, 338, 346, 347, 348, 352, 355, 359, 360, 361, 362, 364, 365, 366, 367, 369, 373, 377, 378, 380, 385, 395, 398, 400, 401, 407, 413, 414, 415, 418, 420, 427, 429, 436, 440, 442, 446, 447, 450, 453, 457, 459, 460, 461, 463, 464, 467, 468, 470, 472, 475, 479, 482, 484, 489, 494, 495, 497, 504, 505, 506, 507, 508, 510, 513, 516, 520, 524, 527, 529, 530, 538, 540, 542, 550, 557, 560, 562, 568, 570, 571, 574, 577, 578, 579, 580, 584, 588, 591, 593, 605, 617, 621, 622, 624]</pre>
Sub-bacia 4 – Cenário isócronas 5+6	
<pre>import random # Lista de números de 1 a 845 numeros = list(range(1, 846)) # Escolhendo aleatoriamente 168 números escolhas = random.sample(numeros, 168) # Organizando os números escolhidos em ordem crescente escolhas_ordenadas = sorted(escolhas) print(escolhas_ordenadas)</pre>	<pre>[5, 7, 8, 21, 22, 34, 36, 39, 45, 61, 68, 74, 75, 76, 80, 83, 86, 91, 102, 111, 112, 138, 150, 156, 157, 181, 185, 190, 193, 194, 199, 201, 202, 209, 221, 223, 228, 229, 230, 245, 260, 264, 266, 268, 271, 273, 274, 276, 281, 284, 288, 292, 301, 306, 310, 314, 317, 319, 321, 323, 334, 344, 347, 349, 354, 361, 366, 368, 375, 381, 391, 392, 394, 396, 405, 421, 424, 425, 426, 427, 433, 435, 436, 453, 458, 462, 467, 469, 471, 474, 475, 480, 485, 487, 492, 494, 496, 512, 519, 521, 525, 532, 533, 540, 547, 550, 551, 552, 555, 556, 559, 560, 561, 568, 570, 574, 581, 585,</pre>

	591, 594, 598, 611, 621, 627, 630, 631, 632, 638, 641, 644, 647, 666, 669, 672, 676, 684, 687, 695, 705, 706, 707, 711, 714, 720, 721, 735, 738, 740, 741, 743, 744, 746, 748, 753, 760, 772, 774, 775, 788, 791, 806, 809, 816, 819, 829, 833, 842, 843]
Sub-bacia 5 – Cenário isócronas 5+6	
<pre>import random # Lista de números de 1 a 162 numeros = list(range(1, 163)) # Escolhendo aleatoriamente 69 números escolhas = random.sample(numeros, 69) # Organizando os números escolhidos em ordem crescente escolhas_ordenadas = sorted(escolhas) print(escolhas_ordenadas)</pre>	<pre>[1, 2, 5, 6, 9, 10, 13, 14, 17, 18, 22, 27, 28, 29, 30, 32, 34, 35, 39, 40, 43, 44, 46, 48, 50, 53, 58, 61, 64, 68, 70, 80, 82, 86, 88, 97, 98, 100, 102, 105, 107, 108, 111, 112, 113, 115, 117, 118, 129, 131, 133, 134, 135, 136, 137, 140, 141, 142, 145, 148, 149, 151, 153, 154, 156, 157, 159, 161, 162]</pre>
Sub-bacia 6 – Cenário isócronas 5+6	
<pre>import random # Lista de números de 1 a 167 numeros = list(range(1, 168)) # Escolhendo aleatoriamente 50 números escolhas = random.sample(numeros, 50) # Organizando os números escolhidos em ordem crescente escolhas_ordenadas = sorted(escolhas) print(escolhas_ordenadas)</pre>	<pre>[2, 9, 12, 13, 15, 16, 18, 25, 27, 32, 37, 38, 39, 52, 53, 58, 61, 67, 70, 71, 89, 93, 94, 95, 96, 99, 105, 108, 110, 112, 115, 116, 120, 123, 126, 128, 130, 133, 136, 137, 140, 143, 145, 146, 151, 154, 155, 158, 161, 163]</pre>