

UNIVERSIDADE FEDERAL DE SÃO CARLOS
CENTRO DE CIÊNCIAS EXATAS E DE TECNOLOGIA
PROGRAMA DE PÓS-GRADUAÇÃO EM ENGENHARIA URBANA

MÉTODO SIMPLIFICADO PARA CÁLCULO E AVALIAÇÃO DO
USO COMBINADO DE TÉCNICAS COMPENSATÓRIAS NO
MANEJO DE ÁGUAS PLUVIAIS EM ESCALA DE
LOTEAMENTOS

CAROLINA SULZBACH LIMA PERONI

São Carlos
2023

UNIVERSIDADE FEDERAL DE SÃO CARLOS
CENTRO DE CIÊNCIAS EXATAS E DE TECNOLOGIA
PROGRAMA DE PÓS-GRADUAÇÃO EM ENGENHARIA URBANA

**MÉTODO SIMPLIFICADO PARA CÁLCULO E AVALIAÇÃO
DO USO COMBINADO DE TÉCNICAS COMPENSATÓRIAS
NO MANEJO DE ÁGUAS PLUVIAIS EM ESCALA DE
LOTEAMENTOS**

CAROLINA SULZBACH LIMA PERONI

Tese apresentada ao Programa de Pós-Graduação em Engenharia Urbana da Universidade Federal de São Carlos, como parte dos requisitos para a obtenção do título de Doutor em Engenharia Urbana.

Orientação: Prof. Dr. Bernardo Arantes do Nascimento Teixeira

Coorientação: Profa. Dra. Anáí Floriano Vasconcelos

São Carlos
2023



UNIVERSIDADE FEDERAL DE SÃO CARLOS

Centro de Ciências Exatas e de Tecnologia
Programa de Pós-Graduação em Engenharia Urbana

Folha de Aprovação

Defesa de Tese de Doutorado da candidata Carolina Sulzbach Lima Peroni, realizada em 20/09/2023.

Comissão Julgadora:

Prof. Dr. Bernardo Arantes do Nascimento Teixeira (UFSCar)

Profa. Dra. Eliane Aparecida Justino (UFG)

Profa. Dra. Valeria Lopes Rodrigues (UFSCar)

Profa. Dra. Maria Fernanda Nóbrega dos Santos (UNESP)

Prof. Dr. Daniel Jadyr Leite Costa (UFSCar)

O Relatório de Defesa assinado pelos membros da Comissão Julgadora encontra-se arquivado junto ao Programa de Pós-Graduação em Engenharia Urbana.

AGRADECIMENTOS

Agradeço, inicialmente, à Deus por todas as oportunidades que me foram confiadas, em todos os campos da minha vida. E por todas as pessoas que cruzaram meu caminho, tornando mais leve e alegre a minha experiência física.

A meu orientador, Dr. Bernardo Arantes do Nascimento Teixeira, que tem e terá meus mais profundos agradecimentos por todo seu conhecimento, sua paciência, sua amizade e seu tempo. Com palavras é provável que eu não consiga expressar toda a gentileza e compreensão que ele me ofereceu. Não é possível pensar nesta pesquisa sem mencionar sua presença e atitude otimista e efetiva para superar as dificuldades decorrentes dos últimos anos. Muito obrigada por tudo! Que a vida lhe retribua em dobro toda sua dedicação.

À minha coorientadora, Dra Anaí Floriano Vasconcelos, por compartilhar seu conhecimento e seu tempo comigo, mesmo com a distância e após longos períodos da minha ausência. Espero ter a oportunidade, em breve, de compartilharmos outras experiências profissionais. Muito obrigada!

A meu parceiro de vida, Sidinei Magri, por todo seu amor, seu companheirismo e seu entusiasmo com as minhas ideias sobre a pesquisa e sobre a vida! Pelas várias horas que filosofou comigo sobre a pesquisa e meus objetivos. Tudo que conquistei teve sua participação, seu auxílio e seu apoio. Portanto, são conquistas nossas. Obrigada por tudo, te amo!

Aos meus amigos, a Dra Poliana Arruda Fajardo e o Dr. Cláudio Robert Pierini, especialmente, no início desta trajetória, com seus conselhos e orientações sobre pesquisa, bolsa de estudo e muitos outros assuntos sobre o cotidiano. Além dos vários momentos divertidos que compartilhei com vocês. Sempre terei boas recordações e muita gratidão!

À Dra. Thais Helena Prado e a Dra. Geovana Geloni Parra, pelo companheirismo e força durante tantos momentos difíceis que passamos nos últimos anos. Foram muitas trocas de experiências e fortalecimento das nossas esperanças. Ah, pelas reuniões online que fazíamos para compensar o distanciamento social; sem deixar de colocar as novidades em dia, além de desabafar e rir muito. Obrigada FlorLindas!

Aos meus amigos Silvana e Carlos, Carina, Ademilson e as lindinhas Maitê e Agnes por compreenderem a minha ausência por várias vezes. Pela preocupação com o desenvolvimento do meu trabalho, estando sempre a disposição para me auxiliar a me sentir melhor e confiante para prosseguir a caminhada.

Aos meus amigos do GHidro, Isa, Bruna, Jô, Luan e Tassia pela parceria, troca de conhecimentos, de auxílios e de muito apoio. Muito sucesso e felicidades para vocês!

A toda a minha família, inclusive aos que não estão mais presentes neste plano. Cada

um teve sua participação para que eu fosse quem sou. Confesso que estou em constante metamorfose, mas sem esquecer daquilo que é importante e motivador para mim: nossas raízes, nossos sonhos e nossa família (e incluo aqui meus queridos amigos e pets).

À Faculdades Integradas de Araraquara pela oportunidade de ministrar aulas e de trocar conhecimentos com os vários alunos que tive contato. Obrigada aos Professores Ms. Paulo Vaz, Dra Katia Ventura e Ms. Marcelo Alcântara, pela confiança e oportunidades para experienciar a docência em ambiente universitário.

Ao Programa de Pós-Graduação em Engenharia Urbana – PPGEU, aos professores do Departamento de Engenharia Civil - DECiv e à Universidade Federal de São Carlos – UFSCar pelo apoio e confiança no cumprimento das minhas solicitações. Tenho muito orgulho de fazer parte desse grupo.

Por fim, à Coordenação de Aperfeiçoamento de Pessoal de Nível Superior – CAPES, pelo apoio financeiro com a bolsa de estudo. Sem essa ajuda, não seria possível manter minha dedicação à pesquisa.

RESUMO

O aumento dos impactos decorrentes da impermeabilização do solo e da ineficiência dos sistemas convencionais de drenagem urbana reforçam a necessidade de repensar o planejamento urbano convencional implementado em grande parte do Brasil. Várias abordagens alternativas ao manejo convencional das águas pluviais são conhecidas e aplicadas com êxito a nível internacional; e, a nível nacional, estão em processo lento de incorporação no meio técnico. O emprego de Bacias de Detenção – BD para controlar e/ou evitar novos pontos de inundação, em cidades brasileiras de porte diferentes, é uma prática cada dia mais comum que demonstra esforços para minimizar tais problemas, como também reforçam sobre a ineficiência dos sistemas de drenagem convencionais para as condições climáticas e urbanas atuais. No contexto de avanço crescente da adoção de técnicas compensatórias em drenagem urbana – TC, o presente estudo propôs um Método Simplificado de Cálculo e Avaliação do uso combinado de TC (disponível no link: https://drive.google.com/drive/folders/18zHMObhFsCdC8Y6rbsf7RxWcP6lzP0c0?usp=drive_link), em que o armazenamento temporário e/ou infiltração das águas pluviais seja avaliado desde a escala lote, com o aproveitamento de áreas privadas e públicas existentes no loteamento, denominadas de Áreas Verdes Rebaixadas – AVR. Para isso, o método foi aplicado em um loteamento urbano no Município de Araraquara/SP, onde foram definidos quatro diferentes arranjos de simulação, a saber: (1) sem AVR; (2) com AVR nos lotes; (3) com AVR em áreas públicas; e (4) com AVR nos lotes e áreas públicas. Esse conjunto de arranjos foram simulados em três áreas de estudo, com uso e ocupação do solo distintas, mas todos com Bacias de Detenção. O parâmetro de comparação adotado foi a redução das dimensões da BD, decorrente da distribuição de AVR a montante. As simulações foram realizadas e como esperado, houve redução nos volumes de detenção, sendo possível inclusive o descarte desta unidade, em alguns casos. A defasagem dos tempos de pico dependia das dimensões da AVR (passíveis de alteração pelo usuário), variando em função da chuva adotada. Estes resultados demonstraram a viabilidade, em termos hidrológicos, da implementação de estruturas de armazenamento e infiltração em diferentes escalas, mas enfatizando que todas estas combinações influenciaram na redução do volume de escoamento superficial e no retardamento da vazão de pico; tendo pouca influência no valor absoluto deste último para a condição de pós-ocupação. A análise do comportamento hidrológico, por meio de hidrogramas de entrada e saída da BD, possibilitou identificar que além dos benefícios hidrológicos, é primordial definir outros possíveis aspectos não hidrológicos (tamanho do lote, manutenção periódica, facilidade de vistoria) para a escolha do melhor arranjo. Por fim, demonstrou-se que o desenvolvimento de um método simplificado de cálculo e avaliação das técnicas compensatórias constitui-se num instrumento que pode facilitar bastante o estudo do emprego destas técnicas, de forma isolada ou combinada, ampliando as suas possibilidades, mas também identificando suas limitações.

Palavras-chave: Manejo de Águas Pluviais, Técnicas Compensatórias Combinadas, Desempenho Hidrológico, Dimensionamento de Técnicas Compensatórias, Áreas Verdes Rebaixadas.

ABSTRACT

The increase in impacts resulting from soil sealing and the inefficiency of conventional urban drainage systems has been emphasizing with greater magnitude, the need to rethink the conventional urban planning implemented in a large part of Brazil. Several alternative approaches to conventional stormwater management are known and successfully applied internationally; and, at a national level, they are in the (slow) process of being incorporated into the technical environment. The use of Detention Basins - BD to control and/or avoid new flooding points, in Brazilian cities of different sizes, is an increasingly common practice that demonstrates efforts to minimize such impacts, as well as reinforce the inefficiency of the existing infrastructure for current climatic and urban conditions. In view of this context of increasing advances in the adoption of these measures, the present study seeks to demonstrate, based on the proposition and application of a Simplified Method of Calculation and Evaluation of the combined use of CT (available at the link: https://drive.google.com/drive/folders/18zHMObhFsCdC8Y6rbsf7RxWcP6lzP0c0?usp=drive_link), that the temporary storage and/or infiltration must be studied/planned from the lot scale, with the use of existing public areas in the allotment, called Lowered Green Areas - AVR. For this, four simulation arrangements were defined, namely: (1) without AVR; (2) with AVR in lots; (3) with AVR in public areas; and (4) with AVR on lots and public areas. This set of arrangements were simulated in three study areas, with different land use and occupation, but all with Detention Basins. The adopted parameter of comparison was the reduction of the dimensions of the BD, due to the distribution of AVR upstream. The simulations were carried out and, as expected, there was a reduction in the volumes of detention, and it was even possible to discard this unit, in some cases. The lag of peak times depended on the dimensions of the AVR (subject to change by the user), varying according to the rainfall adopted. These results proved to be positive for the implementation of storage and infiltration structures at different scales, but emphasizing that all these combinations influenced the reduction of the surface runoff volume and the delay of the peak flow; having little influence on the absolute value of the latter for the post-occupancy condition. The analysis of the hydrological behavior, through the entry and exit hydrographs of the BD, made it possible to identify that in addition to the hydrological benefits, it is essential to define other possible non-hydrological aspects for choosing the best arrangement. Finally, it was demonstrated that the development of a simplified method of calculating and evaluating compensatory techniques constitutes an instrument that can greatly facilitate the study of the use of these techniques, in an isolated or combined way, expanding their possibilities, but also identifying its limitations.

Keywords: Stormwater Management, Combined Compensatory Techniques. Hydrological Performance; Green Areas.

SUMÁRIO

| | |
|-----------------------------------------------------------------------------|-----------|
| 1. INTRODUÇÃO | 11 |
| 1.1. Contextualização | 11 |
| 1.2. Objetivos | 14 |
| 2. ASPECTOS CONCEITUAIS | 15 |
| 2.1. Urbanização e o Manejo de Águas Pluviais Urbana no Brasil | 15 |
| 2.2. Manejos Alternativos à Drenagem Urbana | 19 |
| 2.3. Técnicas Compensatórias em Drenagem Urbana | 23 |
| 2.3.1. Tipologias de TC | 23 |
| 2.3.2. Seleção e Concepção de TC (Sistema Compensatórios) | 34 |
| 2.3.3. Desempenho Hidrológico TC Isoladas e Combinadas | 41 |
| 2.4. Métodos de Cálculo e de Avaliação Hidrológicos | 43 |
| 3. PROCEDIMENTO METODOLÓGICOS | 46 |
| 4. CARACTERIZAÇÃO DA ÁREA DE ESTUDO | 54 |
| 4.1. O Município de Araraquara | 54 |
| 4.1.1. Hidrografia Urbana: Sub-bacia do Ribeirão das Cruzes | 55 |
| 4.2. Área de Estudo: Loteamento Jardim Boa Vista II | 57 |
| 4.2.1. Caracterização Geral | 57 |
| 4.2.2. Drenagem Urbana Existente e Nova Concepção de Bacias de Contribuição | 62 |
| 5. RESULTADOS E DISCUSSÃO | 63 |
| 5.1. Estruturação do Método | 63 |
| 5.2. Aplicação do Método na Área de Estudo | 68 |
| 5.2.1. Nova Concepção de Bacias de Contribuição na Área de Estudo | 68 |
| 5.2.2. Definição das Escalas de Análise | 69 |
| 5.2.3. Arranjos de Simulação e Parâmetros Hidrológicos | 72 |
| 5.3. Avaliação Hidrológica com Aplicação do Método Simplificado | 75 |
| 5.4. Expansões para outras tipologias de TC | 87 |
| 6. CONCLUSÕES E RECOMENDAÇÕES | 89 |
| 7. REFERÊNCIAS | 92 |

APÊNDICE: Planilhas do Método de Cálculo e Avaliação para as áreas de Estudo

LISTA DE FIGURAS

| | |
|--------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------|----|
| Figura 1 – Classificação da terminologia de drenagem urbana..... | 20 |
| Figura 2 – Tipologias de Técnicas Compensatórias..... | 24 |
| Figura 3 – Exemplos de Bacias de Detenção em Araraquara/SP..... | 26 |
| Figura 4 – Exemplos de Bacias de Detenção em São Carlos/SP..... | 26 |
| Figura 5 – Exemplo 1 de Combinação de Bacias de Detenção e de Infiltração..... | 27 |
| Figura 6 – Exemplo 2 de Combinação de Bacias de Detenção e de Infiltração..... | 27 |
| Figura 7 – Trincheira de infiltração..... | 28 |
| Figura 8 – Trincheira ao longo da edificação..... | 28 |
| Figura 9 – Sistema Filtro–Vala–Trincheira de infiltração construído no campus da Universidade Federal de São Carlos - UFSCar..... | 30 |
| Figura 10 – Jardim de Chuva em Nova York (EUA)..... | 31 |
| Figura 11 – Jardim de Chuva em Columbia Britânica (Canadá)..... | 31 |
| Figura 12 – Telhado verde em Portland..... | 32 |
| Figura 13 – Telhado verde em ponto de ônibus, Salvador/BA..... | 32 |
| Figura 14 – Poço de infiltração construído no campus da UFSCar..... | 33 |
| Figura 15 – Esquema do processo de concepção de TC..... | 35 |
| Figura 16 – Triagem para seleção de GI viáveis..... | 38 |
| Figura 17 - (a) Critérios considerados para a triagem de medidas, (b) Hierarquização dos critérios de desempenho para a classificação das medidas..... | 39 |
| Figura 18 – Critérios a considerar na escolha do modelo computacional..... | 44 |
| Figura 19 – Como usar símbolos na construção de fluxogramas..... | 49 |
| Figura 20 – Sub-bacias Hidrográficas na Área Urbana de Araraquara/SP..... | 56 |
| Figura 21 – Localização da Área de Estudo: Loteamento Jardim Boa Vista II..... | 58 |
| Figura 22 – Projeto Urbanístico do Jardim Boa Vista II..... | 59 |
| Figura 23 – Tipologia e Dimensões das Vias Públicas: Tipo 1..... | 60 |
| Figura 24 – Tipologia e Dimensões das Vias Públicas: Tipo 2..... | 60 |

| | |
|---------------------------------------------------------------------------------------|----|
| Figura 25 – Tipologia e Dimensões das Vias Públicas: Tipo 3..... | 60 |
| Figura 26 – Vista do Canteiro Central na Av. Edson Bacarin (AC 4) | 61 |
| Figura 27 – Vista Geral de uma das Áreas Institucionais (AC 3) | 61 |
| Figura 28 – Vista Geral de via pública na AC 8..... | 61 |
| Figura 29 – Vista Geral de outra Área Institucional (AC 7) | 61 |
| Figura 30 – Fluxograma da Estrutura do Método Simplificado Proposto..... | 64 |
| Figura 31 – Setores de Drenagem definidos para o Loteamento Jardim Boa Vista II | 69 |
| Figura 32 – Escala Lote: Unidade de Dimensionamento Lote do Jardim Boa Vista II | 70 |
| Figura 33 – Escala Quadra: Áreas de Contribuição – AC no Jardim Boa Vista II | 71 |
| Figura 34 – Escala Quadra: Áreas de Contribuição – AC no Jardim Boa Vista II | 72 |
| Figura 35 – Trajeto do escoamento superficial no Setor A | 75 |
| Figura 36 – Hidrograma BD A – Arranjo 1 (A-1)..... | 77 |
| Figura 37 – Hidrograma BD A – Arranjo 2 (A-2)..... | 78 |
| Figura 38 – Hidrograma BD A – Arranjo 3 (A-3)..... | 79 |
| Figura 39 – Hidrograma BD A – Arranjo 4 (A-4)..... | 79 |
| Figura 40 – Fluxo d’água no Setor B | 80 |
| Figura 41 – Hidrograma BD B – Arranjo 1 (B-1) | 83 |
| Figura 42 – Hidrograma BD B – Arranjo 2 (B-2) | 83 |
| Figura 43 – Hidrograma BD B – Arranjo 3 (B-3) | 84 |
| Figura 44 – Hidrograma BD B – Arranjo 4 (B-4) | 84 |
| Figura 45 – Fluxo d’água no Setor C | 85 |
| Figura 46 – Hidrograma BD C – Arranjo 1 (C-1) | 86 |
| Figura 45 – Hidrograma BD C – Arranjo 2 (C-2) | 87 |

LISTA DE TABELAS

| | |
|----------------------------------------------------------------------------------|----|
| Tabela 1 – Áreas do Projeto Urbanístico do Jardim Boa Vista II | 59 |
| Tabela 2 – Vazões (Q) e Volumes (V) de pré e pós-ocupação para Lote Padrão | 74 |
| Tabela 3 – AVR Lote e AVR Públicas no Setor A..... | 76 |
| Tabela 4 – Vazões (Q) e Volumes (V) dos Arranjos 1 a 4 para o Setor A..... | 77 |
| Tabela 5 – AVR Lote e AVR Públicas no Setor B..... | 81 |
| Tabela 6 – Vazões (Q) e Volumes (V) dos Arranjos 1 a 4 para o Setor B | 81 |
| Tabela 7 – Vazões (Q) e Volumes (V) dos Arranjos 1 e 2 para o Setor C | 86 |

LISTA DE QUADROS

| | |
|------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------|----|
| Quadro 1 – Registro de desastres naturais no Brasil | 16 |
| Quadro 2 – Comparação entre Drenagem Urbana Tradicional e Soluções Alternativas | 18 |
| Quadro 3 – Importância relativa de restrições à implantação e operação de Técnicas Compensatórias | 36 |
| Quadro 4 – Vocação e possibilidades das Técnicas Compensatórias | 36 |
| Quadro 5 – Métodos e ferramentas para a seleção de medidas | 40 |
| Quadro 6 – Síntese das Etapas Metodológicas | 46 |
| Quadro 7 – Descrição dos símbolos comuns usados para a construção de fluxogramas | 49 |
| Quadro 8 – Etapas Gerais do Método de Cálculo e Avaliação das TC | 50 |
| Quadro 9 –  ndices Morfométricos Quantitativos da Sub-bacia Hidrográfica do Ribeirão das Cruzes, em Araraquara/SP..... | 57 |
| Quadro 10: Características de cada Arranjo de Simulação Aplicado..... | 73 |
| Quadro 11: Parâmetros Hidrológicos aplicados para os Setores A, B e C..... | 74 |

LISTA DE SIGLAS E ABREVIATURAS

AVR – Áreas Verdes Rebaixadas

BD – Bacias de Detenção

BI – Bacia de Infiltração

DAAE – Departamento Autônomo de Água e Esgoto de Araraquara

DAEE – Departamento de Água e Energia Elétrica do Estado de São Paulo

IDF – Intensidade-Duração-Frequência

GBI – Green and Blue Infrastructure

GI – Green Infrastructure

LID – Low Impact Development / Urbanização de Baixo Impacto

NBS – Nature Based Solution

SAP – Sistema de Águas Pluviais

SIG – Sistema de Informação Geográfica

SUDS – Sustainable Urban Design Systems

SWMM – Stormwater Management Model

TC – Técnica(s) Compensatória(s)

t_c – tempo de concentração (min)

d – duração da chuva (min)

TR – Tempo de Recorrência ou Tempo de Retorno

US EPA – United States Environmental Protection Agency

WSUD – Water Sensitive Urban Design

1. INTRODUÇÃO

1.1. Contextualização

De acordo com o Relatório Mundial das Cidades, publicado pela Organização das Nações Unidas – ONU Habitat em junho de 2022, até 2050 a população urbana representará 68% da população mundial. Apesar do período da pandemia ter ocorrido uma desaceleração da urbanização, estima-se que a população urbana aumente 2,2 bilhões de pessoas por ano até 2050 (ONU/BRASIL, 2022). Isso significa que o crescimento futuro global ocorrerá nas cidades, onde já se fazem necessárias ações e medidas de prevenção e enfrentamento de desastres naturais. Portanto, os centros urbanos devem estar preparados para as pressões de demanda sob infraestruturas e serviços, que tendem a se intensificar nas próximas décadas.

Dentre os vários impactos da urbanização, a impermeabilização do solo revela sua importância por conta de sua interferência direta no ciclo hidrológico urbano e, por conseguinte, no manejo das águas urbanas (manancial superficial e subterrâneo, águas pluviais e esgotamento e tratamento sanitário). A redução na infiltração das águas no solo (revestimento impermeável) e na evapotranspiração da cobertura vegetal (desmatamento) provoca um acréscimo de volume e de velocidade do escoamento superficial.

Esse contexto associado com ocupações de áreas frágeis e de sistemas convencionais de drenagem urbana ineficientes, criam um cenário favorável para a ocorrência de inundações e alagamentos urbanos. Estes causam perdas financeiras e humanas imensuráveis que tendem a se tornar mais intensas e impactantes à população, em decorrência das alterações ambientais e mudanças climáticas.

No entanto, os sistemas alternativos ao manejo de águas pluviais surgem como um caminho para compensar a impermeabilização do solo por meio de novas concepções de design urbano, tendo a água como elemento de planejamento. Estas alternativas têm como premissa estabelecer condições para que os processos de infiltração e escoamento superficial possam ser os mais próximos ao estado anterior da urbanização.

A implementação destes sistemas em nível internacional demonstra-se mais consolidada do que no cenário brasileiro, quanto à incorporação destas técnicas no meio urbano de forma multifuncional e integrada. Enquanto no primeiro busca-se aprimorar o design e a operação de técnicas implantadas, o Brasil reúne esforços para demonstrar os benefícios hidrológicos e econômicos destas práticas no contexto urbano brasileiro. Nascimento; Baptista; Von Sperling (1999) já destacavam a importância de monitorar técnicas pós-implantação, com o intuito de compreender o desempenho hidrológico destas estruturas em condições reais, possibilitando

futuras melhorias nestas técnicas em território nacional.

Em estudo mais recente, Vasconcelos (2020) aborda sobre a importância de pesquisas que demonstrem a eficiência do desempenho das TC em diferentes aspectos e para as condições brasileiras. Destaca ainda que, é essencial avançar quanto à obtenção de dados de campo que possibilitem avaliar o comportamento das TC, o mais próximo possível da realidade, incorporando modelagens a longo prazo e na escala de bacia hidrográfica.

Outra abordagem desafiadora para os cenários nacional e internacional é a combinação destas técnicas e avaliação do seu desempenho hidrológico e não-hidrológico. Na literatura há uma predominância em estudos de avaliação de TC implantadas de forma isolada, como enfatizou Villareal; Semadeni-Davies; Bengtsson (2004). Para os autores estas técnicas não devem ser vistas como estruturas autônomas, pois elas são parte interconectada de um sistema mais amplo e complexo que é a gestão das águas pluviais no meio urbano. Portanto, para eles a combinação de TC é a alternativa mais plausível de solucionar esse quebra-cabeça.

Para Wen; Weiping; Chi (2015) essa combinação pode resultar em custos reduzidos para a implantação destas técnicas. Os autores afirmam que a elaboração de estudos relacionando a combinação de TC com a definição das dimensões destas técnicas, para a redução do escoamento superficial, é essencial para alcançar níveis desejados no controle das águas pluviais com investimento mínimo. Em outro estudo Wen; Weiping; Chi (2014) destacam sobre a relevância de avaliar e comparar a eficiência entre as TC isoladas com as TC combinadas, para diferentes cenários hidrológicos, ou seja, para tempos de retorno distintos. Relato mais recente e condizente com o exposto por Villareal; Semadeni-Davies; Bengtsson (2004) sobre as análises comparativas.

Alves et al (2018) alertam ainda sobre a relutância por parte dos tomadores de decisão em aceitar com confiança essa abordagem alternativa, ainda que comprovadas suas vantagens no manejo de águas pluviais. Os autores reforçam que uma visão holística e conjugada da sustentabilidade e da resiliência urbana, diante dos cenários das mudanças climáticas e de seus impactos variados na dinâmica urbana, podem trazer uma perspectiva positiva e alavancadora à aceitação e ao incentivo do emprego de TC.

Para Tucci (2005) há uma visão limitada da gestão integrada do solo urbano e, em específico, das infraestruturas relacionadas com a água. Dentre os problemas apontados pelo autor estão a falta de conhecimento sobre a dinâmica da água no meio urbano, por parte dos profissionais de diferentes áreas; a desatualização destes profissionais quanto a dimensão ambiental nas cidades e a visão setORIZADA do planejamento das infraestruturas hídricas.

Diante o exposto observa-se uma oportunidade a ser discutida sobre o emprego da combinação de TC em áreas verdes no meio urbano, agregando uma visão mais integrada e holística sobre as águas urbanas, com o aproveitamento de espaços previstos para empreendimentos imobiliários e/ou centros urbanos brasileiros. Associado a isso, soma-se as observações e questionamentos que foram levantados durante o desenvolvimento da dissertação de mestrado, intitulada: “Avaliação de Bacias de Detenção na Gestão das Águas Pluviais em Araraquara” (PERONI, 2018).

Na ocasião, as Bacias de Detenção (BD), foco do referido estudo, despertaram indagações sobre suas dimensões que variavam significativamente, mesmo havendo semelhanças entre as áreas e o uso e ocupação do solo de suas bacias de contribuição. Posteriormente, foi identificado que métodos e parâmetros hidrológicos eram empregados de forma distinta para o dimensionamento destas técnicas, resultando em diferentes volumes de detenção (PERONI e TEIXEIRA, 2023). Além disso, a ausência de proposição de multifuncionalidades dos espaços destinadas às BD e deficiências nas atividades de manutenção, contribuíram para o anseio em buscar caminhos de aprimoramento das dimensões e o design destas bacias.

A partir disso, os questionamentos que surgiram foram:

- 1) o emprego de TC adequadas a montante das BD, contribuiria para uma redução significativa dos volumes de detenção destas unidades?
- 2) A combinação de TC poderia ser um caminho para melhorar o design e as dimensões das BD?
- 3) Qual a escala de implantação de TC combinadas poderia refletir em melhores resultados?
- 4) Haveria um arranjo padrão de TC combinadas para as diferentes escalas: lote, quadra, empreendimento e bacia hidrográfica?

Dessa forma, é interessante avaliar e comparar as diferentes configurações entre TC isoladas e combinadas, considerando as condições hidrológicas de um país tropical. A presente pesquisa busca contribuir para responder às questões propostas, porém, ao longo da sua realização, duas novas questões surgiram e acabaram tendo destaque:

- 5) É possível concentrar o emprego de TC nas áreas verdes já previstas ou existentes nas ocupações urbanas, em especial em loteamentos?
- 6) Qual seria um método de cálculo das TC que, de forma acessível e relativamente simples, permita a avaliação do efeito das mesmas sobre o desempenho hidrológico

esperado para o empreendimento?

Essas duas últimas questões passaram a ser o eixo da pesquisa desenvolvida, ainda que as questões anteriores possam ser abordadas a partir das mesmas. Assim, acredita-se que é possível demonstrar como o efeito da combinação de TC, em termos hidrológicos, pode contribuir para a redução e prevenção de inundações urbanas, agregando ainda benefícios diversos como a criação de espaços de proteção do recurso hídrico, da biodiversidade; a manutenção da saúde e bem-estar públicos, além da segurança das infraestruturas hídricas e da população quanto aos impactos de eventos extremos.

Em resumo, o presente trabalho visa a proposição de uma ferramenta de fácil manuseio e análise dos impactos da descentralização e combinação de TC. De maneira a instigar gestores e técnicos a uma visão holística e diversificada sobre as alternativas ao sistema de drenagem urbana comumente empregado. Como também sobre incorporar as águas urbanas como norteador para o planejamento ambiental urbano, interferindo de forma estratégica nos desenhos urbanos para que a multifuncionalidade de áreas privadas e/ou públicas possam estar garantidas em todo espaço urbano.

1.2. Objetivos

O objetivo geral da presente pesquisa é a proposição e a avaliação de um Método Simplificado para Cálculo e Avaliação do Uso Combinado de Técnicas Compensatórias no Manejo de Águas Pluviais em Escala de Loteamentos.

Para tal objetivo foram propostos os seguintes objetivos específicos:

- a) Desenvolver diferentes cenários para o manejo das águas pluviais contemplando sistemas convencionais e sistemas com técnicas compensatórias, em especial Áreas Verdes Rebaixadas – AVR, com controles mais próximos à fonte geradora do escoamento superficial;
- b) Desenvolver o método simplificado de cálculo e avaliar o desempenho hidrológico dos cenários propostos a partir da aplicação do Método Simplificado de Dimensionamento;
- c) Avaliar como a descentralização da infiltração e/ou armazenamento temporário das águas pluviais pode influenciar no escoamento superficial e nas dimensões das Bacias de Detenção;
- d) Avaliar o uso combinado de AVR em áreas privadas e públicas sobre vazões e volumes de escoamento superficial e na alteração dos hidrogramas.

2. ASPECTOS CONCEITUAIS

2.1. Urbanização e o Manejo de Águas Pluviais Urbana no Brasil

processo de urbanização no Brasil, consolidado ao longo da segunda metade do século XX, caracterizou-se pelo planejamento inadequado e sem equidade do espaço urbano. A ocupação de áreas ambientalmente frágeis com infraestruturas urbanas inexistentes ou insuficientes ocorreu, predominantemente, pela população de menor poder socioeconômico, constituindo assim territórios críticos e vulneráveis (BRASIL, 2015).

Maricato (2002) relata que, em apenas 60 anos, a população urbana brasileira aumentou em 125 milhões de habitantes. As grandes metrópoles como São Paulo, Rio de Janeiro e Belo Horizonte foram alternativas às péssimas condições do meio rural. A autora explica que cerca de 30% da população brasileira está concentrada em nove metrópoles, o que permite classificar o Brasil como um dos países mais urbanizados do planeta.

Para Tucci (2005) os problemas da urbanização decorreram da migração de população carente para áreas públicas ou precárias (formando as áreas de risco de inundações ou deslizamentos); falta de emprego e pouco poder aquisitivo de moradia; crises econômicas; ou até mesmo legislações equivocadas e municípios incapazes de planejar a urbanização do seu espaço urbano. Soares; Alencar; Cavalcante (2014) considera que o crescimento populacional associado a urbanização desordenada contribui para a formação de áreas insalubres e vulneráveis as condições de risco, expondo pessoas aos impactos negativos de ordem social e ambiental.

Dentre os inúmeros impactos ambientais que afetam a vida de milhões de pessoas no mundo as inundações aparecem de forma mais frequente e intensa, afetando com maior severidade determinados grupos populacionais e espaços geográficos mais vulneráveis, particularmente nas grandes áreas urbanas (BRASIL, 2015).

Tucci (1999) considera que o desenvolvimento urbano brasileiro é o responsável pelo *“aumento significado na frequência de inundações, na produção de sedimentos e na deterioração da qualidade da água”*. Enquanto Brasil (2015) complementa ao incorporar a influência das mudanças climáticas e ambientais globais na frequência e intensidade das chuvas, o que pode aumentar os eventos de inundação urbana.

As inundações e alagamentos (eventos hidrológicos) corresponderam a 32,7% do total de desastres naturais registrados no país, no período de 1991 a 2010 (Quadro 1). Quanto à frequência, as inundações bruscas tiveram seus picos registrados em 1997, 2004, 2009 e 2010. Já quanto à distribuição no ano, os meses de janeiro e fevereiro representaram a maior

ocorrência (BRASIL, 2015).

Quadro 1 – Registro de desastres naturais no Brasil

| Tipos de desastres | Total dos eventos | Afetados | Mortalidade | Morbidade (enfermos, feridos leves, graves) | Diretamente expostos (deslocados, desabrigados e desalojados) |
|-----------------------------------|-------------------|-------------------|--------------|---------------------------------------------|---------------------------------------------------------------|
| Hidrológico ¹ | 10.444 | 38.836.257 | 1.567 | 309.529 | 4.176.851 |
| Climatológico ² | 18.450 | 49.868.081 | 273 | 167.582 | 1.554.450 |
| Meteorológico ³ | 2.290 | 4.120.439 | 161 | 4.917 | 276.847 |
| Geológico/ Geofísico ⁴ | 725 | 3.544.059 | 1.403 | 5.530 | 173.259 |
| TOTAL | 31.909 | 96.368.836 | 3.494 | 487.558 | 6.181.407 |

Legenda: Kron et al (2012)

1: alagamentos, enchentes e inundações graduais e bruscas e movimentos de massa líquida (deslizamentos)

2: temperatura extrema (ondas de calor e de frio), seca, estiagem, incêndio florestal, geada, granizo

3: raios, ciclones tropicais e extratropicais e vendavais

4: processos erosivos, de movimentos de massa e deslizamentos resultantes de processos geológicos ou fenômenos geofísicos.

Fonte: Adaptado de Brasil, 2015

Com base nos dados apresentados e considerando todos os tipos de desastres no Brasil, os eventos hidrológicos representaram 40,3% dos afetados, 44,8% da mortalidade, 63,5% da morbidade e 67,5% das pessoas expostas, em especial desabrigados e desalojados.

Conforme definições de Tucci (1999), as inundações urbanas podem ser classificadas em inundações ribeirinhas e inundações decorrentes da urbanização. A primeira caracteriza-se por processos naturais, em que o curso d'água ocupa seu leito maior, conforme os eventos de precipitação, ocorrendo, normalmente, em grandes bacias hidrográficas (>500 km²). Os impactos desse tipo de inundação afetam a população por conta da ocupação inadequada do espaço urbano, podendo trazer perdas materiais e humanas.

Já as inundações decorrentes da urbanização estão relacionadas, principalmente, com a impermeabilização do solo e com a implantação de sistemas tradicionais de drenagem urbana. Dentre seus impactos pode-se citar o aumento, em até sete vezes, das vazões mínimas; da produção de sedimentos em decorrência desproteção das superfícies; e de resíduos sólidos (obstrução da infraestrutura de drenagem urbana). Além da deterioração da qualidade da água superficial e subterrânea por conta dos poluentes contidos no escoamento pluvial, bem como dos lançamentos clandestinos de esgoto e contaminação de aquíferos.

Uma solução tradicionalmente adotada para drenar as águas pluviais da área urbanizada é a implantação do sistema clássico de drenagem urbana. De forma geral, esse sistema consiste

na remoção rápida das águas pluviais em excesso no meio urbano, evitando a ocorrência de inundações urbanas, acúmulo de água e o escoamento excessivo em termos de volume e velocidade (SÃO PAULO, 2012).

Esse sistema é dividido em Microdrenagem e Macrodrenagem, sendo que cada um deve ser planejado e projetado sob critérios diferenciados. A microdrenagem urbana, definida pelo sistema de condutos de águas pluviais em nível de loteamento, compreende galerias, singularidades, bocas-de-lobo, tubos de ligação, meios-fios, sarjetas, condutos forçados e estações de bombeamento (BIDONE e TUCCI, 2015). Já a macrodrenagem se caracteriza pela rede de drenagem natural pré-existente, sendo composta pelos cursos d'água naturais ou artificiais, presentes em vales e talwegues; e sendo responsável pela condução final das águas pluviais da microdrenagem (MARTINS, 2015).

Tucci, Porto e Barros (2015) destaca que é necessária uma compreensão mais integrada da área urbana e das relações entre os sistemas que a compõe, com a atuação intensa do poder público para envolver aspectos institucionais, legais, tecnológicos e sociológicos para a concepção e implantação dos sistemas de drenagem urbana.

Essa visão integrada do manejo de águas pluviais começou a ser preconizado na década de 70, com a proposição de soluções alternativas ao sistema clássico de drenagem urbana, o qual já se apresentava ineficiente diante da expansão urbana. Estas soluções possuem diferentes terminologias (item 3.2), porém visam, em linhas gerais, minimizar os impactos da urbanização sobre o ciclo hidrológico urbano, agregando benefícios à população e ao meio ambiente (BAPTISTA; NASCIMENTO; BARRAUD, 2015).

No Quadro 2 contrapõem-se os sistemas tradicionais com os alternativos, indicando a evolução da gestão das águas pluviais do ponto de vista socioambiental e urbanístico.

Quadro 2 – Comparação entre Drenagem Urbana Tradicional e Soluções Alternativas

| Drenagem Urbana Tradicional | Soluções Alternativas |
|-----------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------|-----------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------|
| Drenagem rápida das águas pluviais | Favorecimento à infiltração, ao armazenamento e ao aumento do tempo de percurso do escoamento |
| Redes subterrâneas, canalização de cursos d'água naturais | Valorização da presença da água na cidade, busca de menor interferência sobre o sistema natural de drenagem |
| Associação do sistema de drenagem ao sistema viário | Desenvolvimento de soluções técnicas multifuncionais, combinando o sistema de drenagem com a implantação de áreas verdes, terrenos de esporte, parques lineares, etc. |
| Sistema de drenagem gravitacional, não controlado, configuração fixa da rede de drenagem | Sistema de drenagem controlado, possibilidade de alteração na configuração da rede de drenagem |
| Concepção e dimensionamento segundo um nível único de risco de inundação pré-estabelecido, para atender a um único objetivo | Concepção e dimensionamento segundo diferentes níveis de risco de inundação, para atender a objetivos diferenciados |
| Não previsão e inoperância em face de eventos de tempos de retorno superiores aos de projeto | Avaliação do funcionamento do sistema para eventos de tempos de retorno superiores aos de projeto, gestão do risco de inundação |
| Ênfase na garantia de condições de saúde pública e de conforto no meio urbano; Despreocupação com os impactos da urbanização sobre os meios receptores | Preocupação com a garantia de condições adequadas de saúde pública e conforto no meio urbano e de redução dos impactos da urbanização sobre os meios receptores |

Fonte: NASCIMENTO; BAPTISTA.; VON SPERLING, 1999

Em alguns estudos nacionais, estas soluções alternativas são classificadas como manejo sustentável das águas pluviais, pelos órgãos públicos responsáveis (PERONI, 2018). Entretanto, no âmbito legal (novo marco do saneamento básico), técnicas de detenção e retenção para o amortecimento de vazões de cheias e até mesmo o tratamento das águas pluviais estão contidos como elementos que definem o termo manejo de águas pluviais (BRASIL, 2020).

O Diagnóstico de Drenagem e Manejo de Águas Pluviais Urbanas 2019, elaborado pelo Sistema Nacional de Informações sobre Saneamento – SNIS (SNIS-AP 2019), avalia entre os municípios brasileiros participantes, aqueles que adotam soluções capazes de “*reduzir a magnitude do escoamento superficial captado, por meio de infiltração e/ou armazenamento temporário (...)*”.

De acordo com os dados apresentados no SNIS-AP 2019, dos 3.653 municípios participantes, somente 23,4% (855) adotam soluções que reduzam a magnitude do escoamento superficial captado, sendo que 32,7% (280) possuem parques lineares; 20,4% (174) cadastraram bacias ou reservatórios de detenção ou retenção, piscinões, lagos ou tanque artificial superficial e subterrâneo; e 62,8% indicaram que possuem vias públicas com soluções de drenagem natural (valas ou faixas de infiltração). Quanto ao tratamento de águas pluviais, apenas 4,4% (159) indicaram que possuem algum tipo de tratamento; 52,8% (1.928) que não possuem; e 42,9% (1.566) não responderam essa questão.

As regiões norte e nordeste se destacaram entre os municípios que indicaram vias públicas com drenagem natural. Já no caso das infraestruturas de armazenamento temporário, as regiões sudeste e sul apresentaram maiores quantidades. No caso de parques lineares, o município de São Paulo possui a maior quantidade destes parques. Por fim, quanto ao tratamento das águas pluviais a região sudeste representou 55% do total de 85 municípios com tratamento exclusivo para a drenagem.

Estes dados demonstram avanços nacionais quanto a adoção de sistemas alternativos ao manejo de águas pluviais, com predominância do uso de BD nas regiões com maiores densidades populacionais do país. Contudo, os índices utilizados não compreendem uma descrição e um levantamento detalhado das práticas efetivamente empregadas pelos municípios participantes. Isso gera dúvidas sobre a compatibilidades entre as TC informadas com o conceito abordado na literatura em geral e com os próprios municípios.

Desperdiça-se uma oportunidade de conhecer os procedimentos de concepção, de dimensionamento, de implantação, de manutenção e operação, bem como os recursos financeiros envolvidos nos projetos destas unidades. O que poderia resultar na criação de um banco de dados nacional, favorecendo a troca de experiência entre municípios e incentivando o desenvolvimento de estudos de casos reais sobre a eficiência de TC a longo prazo.

De acordo com Vasconcelos (2020), os estudos sobre a eficiência hidrológica das Técnicas Compensatórias – TC se limitam a condições controladas e ao emprego de dados físicos-ambientais hipotéticos. Por essa razão, a autora enfatiza que a avaliação de TC para condições hidrológicas e urbanísticas de um país de clima tropical e em desenvolvimento, como o Brasil, permanece pouco explorada, sendo uma das barreiras para o avanço no emprego consistente de sistemas alternativos a drenagem urbana convencional.

Carter et al (2015) segue nessa linha de proposição, mas incluindo ainda o agravamento das mudanças climáticas e alterações ambientais nas últimas décadas. Enfatizam que as estratégias de planejamento e design urbano devem estar baseados em tendências recentes e ameaças atuais, mas incorporando também as implicações potenciais dos cenários climáticos futuros. Isso resultará em áreas urbanas resilientes às mudanças que surgirão.

2.2. Manejos Alternativos à Drenagem Urbana

Segundo Fletcher et al (2013), a gestão do escoamento urbano tem evoluído, simultaneamente, com o entendimento dos seus impactos ambientais, resultando em abordagens alternativas para a drenagem urbana, cujos objetivos baseiam-se, em linhas gerais:

- no gerenciamento do ciclo hidrológico urbano de maneira sustentável;
- na manutenção ou o retorno das condições naturais;
- na proteção e/ou restauração da qualidade da água e dos corpos receptores;
- na conservação dos recursos hídricos, considerando as águas pluviais como um recurso ao invés de um incômodo;
- no melhoramento e amenização da paisagem urbana, com a incorporação de medidas de gestão das águas pluviais com usos múltiplos que beneficiem o entorno.

Os autores discutem ainda que com a concepção das soluções alternativas, observou-se o desenvolvimento e a adoção de “novos” termos para descrever essa abordagem mais holística da gestão das águas pluviais no meio urbano. Dentre eles, destacam-se os conceitos *Water Sensitive Urban Design* (WSUD), o *Low Impact Development* (LID), ou Desenvolvimento de Baixo Impacto e o *Best Management Practices* (BMP), ou Melhores Práticas de Gestão, cuja implantação incorpora as técnicas compensatórias.

As diferenças existentes entre estes termos são sutis e baseadas no desenvolvimento local e no contexto institucional em que são aplicadas. A Figura 1 ilustra as semelhanças entre as soluções alternativas, em especial, no tocante às especificidades e amplitude de sua aplicação, e de sua natureza dinâmica e multidimensional (FLETCHER et al, 2015).

Figura 1 – Classificação da terminologia de drenagem urbana



Fonte: ROSA (2017)

O conceito de Desenvolvimento de Baixo Impacto, amplamente difundido na América do Norte e na Nova Zelândia, no qual o termo “desenvolvimento” refere-se à “urbanização”, é

uma abordagem inovadora para o planejamento do espaço urbano. O LID busca imitar os processos naturais da água, buscando seu gerenciamento próximo de onde a precipitação cai. Os projetos que incorporam esse conceito se utilizam de pequenas e simples técnicas de design e características paisagísticas para propiciar a infiltração, armazenamento e evaporação das águas pluviais (HAMILTON, 2021). Ao se implementar princípios e práticas de LID é possível minimizar os impactos das áreas impermeáveis e, se aplicado em larga escala, manter ou restaurar as funções ecológicas e hidrológicas de uma bacia hidrográfica (EPA, 2023).

O conceito de Desenho Urbano Sensível à Água (WSUD) compreende uma visão sistêmica dos aspectos técnicos da drenagem urbana com os aspectos legais, institucionais, sociais e econômicos. Utilizada primeiramente na Austrália, nos anos 1990, o WSUD previa inicialmente objetivos referentes a gestão do balanço hídrico, incentivo à preservação da água, conservação e, se possível, melhoria da qualidade da água e manutenção das oportunidades ambientais e recreativas relacionadas à água. Posteriormente, houve o aprimoramento deste conceito, o qual passou a englobar aspectos da gestão do ciclo da água no meio urbano, incluindo o abastecimento de água, esgotamento sanitário e o manejo das águas pluviais (ROSA, 2017). O WSUD é uma abordagem para planejar e projetar áreas urbanas de modo a prever o uso do recurso hídrico, reduzindo os danos que esse pode causar aos cursos d'água. O melhor design e planejamento urbano é almejado com o objetivo de utilizar as águas pluviais, impedindo que ela chegue até as vias navegáveis e imitando o mais próximo possível o ciclo natural das águas (MELBOURNE, 2021). Tem como princípios reduzir a demanda de água por água potável e a geração de águas residuais; tratamento das águas pluviais e residuais, a padrões que possibilitem seus reaproveitamentos; usar a água pluvial para fins paisagísticos e recreativos; gerenciar os fluxos de águas pluviais no meio urbano (ACT, 2021).

O conceito Melhores Práticas de Gestão (BMP), originado na América do Norte, surgiu no contexto industrial para caracterizar ações voltadas para a gestão do tratamento de efluentes e a prevenção da poluição. Posteriormente, esse conceito foi vinculado à drenagem urbana, surgindo o termo *Stormwater* BMP. Este último visa minimizar a poluição das águas pluviais a partir da redução das chances de exposição destas com os poluentes. Mais recentemente, este conceito foi revisto incluindo, em sua concepção, medidas estruturais para armazenar e tratar as águas pluviais, visando a redução da poluição, mais também, da erosão a jusante, do controle de cheias e a recarga do lençol freático. Em muitos casos, é mais simples e econômico impedir a entrada de poluentes no sistema de drenagem do que implantar BMPs estruturais a jusante das redes (ROSA, 2017).

As Soluções Baseadas na Natureza – NBS (sigla em inglês) podem ser compreendidas como ações de proteção, gerenciamento sustentável e restauração de ecossistemas naturais e modificados, abordando os desafios sociais de uma maneira adaptativa e eficaz, bem como proporcionando, simultaneamente, benefícios ao bem-estar humano e à biodiversidade (IUCN, 2021). No manejo das águas pluviais, a NBS pode contribuir para o aumento da infiltração áreas verdes, plantas para melhor a infiltração no solo), evapotranspiração (árvores, áreas verdes, parques) e de áreas de armazenamento (bacias e áreas verdes rebaixadas), bem como a redução de poluentes. A utilização da água pluvial armazenada é outra possibilidade para minimizar a ocorrência das inundações urbanas e, também, reduzir a pressão nos mananciais superficiais (ECLIPSE, 2020). De forma geral, as NBS se baseiam em conceitos semelhantes ao WSUD, onde busca-se imitar os processos naturais para mitigar os impactos da urbanização no ciclo hidrológico, associando isso aos benefícios sociais, econômicos e ambientais desta prática.

O termo “Infraestrutura Verde e Azul”, que surgiu nos Estados Unidos na década de 1990, combina dois conceitos: (i) sistemas de infraestrutura urbana (Verde), que visa a conservação da natureza, equilibrando o uso e ocupação do solo com a preservação dos ecossistemas locais; e (ii) infraestruturas destinadas ao manejo de águas pluviais de maneira eficiente, como por exemplo a adoção de bacias de retenção e infiltração etc. Essa abordagem é um elemento estruturador da paisagem e considera desde a escala metropolitana até a escala do lote. Se associada aos instrumentos de planejamento urbano, pode promover a implementação deste conceito de forma institucionalizada e integrada (ROSA, 2017).

De acordo com levantamento realizado por Fletcher et al (2014), o termo Técnicas Alternativas começou a ser empregado no início da década de 1980, nos países de língua francesa, para indicar uma nova abordagem à drenagem urbana tradicional, com vistas à neutralizar os impactos da expansão urbana, otimizando o uso do solo urbano e limitando os recursos financeiros de investimento.

Já o termo Técnicas Compensatórias (TC), teve sua origem em Bordeaux, na França, no mesmo período, sendo muito difundido no Brasil por meio dos autores Baptista; Nascimento; Barraud (2015) *apud* Santos; Barbassa; Vasconcelos (2019). O foco inicial da compensação era o benefício humano em contrapartida aos benefícios do ecossistema, uma vez que visavam reduzir a vulnerabilidade das áreas urbanas às enchentes e, em menor relevância, proteger a qualidade dos corpos receptores. As Técnicas Compensatórias tinham como princípio inicial a manutenção das mesmas condições hidrológicas em condições naturais, ou seja, pré-ocupação

urbana. Esse conceito assemelhava estas técnicas à abordagem LID (FLECTHER et al, 2015).

Outro ponto importante é sobre a compreensão do termo desde sua concepção inicial. Azzout et al (1994) apud Fletcher et al (2015) relata que a consequência dessa abordagem foi a incorporação em todos os projetos urbanos da gestão de fluxo (detenção, atenuação de cheias, infiltração e retenção de controle de origem) e do uso de corredores multifuncionais para as águas pluviais. Assim, estas técnicas foram vistas como um novo paradigma de design urbano, próximo ao WSUDS, mas sem incorporar a vertente de abastecimento de água.

Na prática, porém, os termos nem sempre foram bem compreendidos, deixando o significado original perdido. Por isso, Fletcher et al (2015) destacam ainda que o contexto cultural no qual estes termos são empregados pode acarretar à equívocos. Diante do exposto e considerando que o termo Técnicas Compensatórias em Drenagem Urbana – TC é empregado na presente pesquisa como o sistema alternativo à drenagem urbana convencional, estas técnicas são descritas detalhadamente no item 2.3.

2.3. Técnicas Compensatórias em Drenagem Urbana

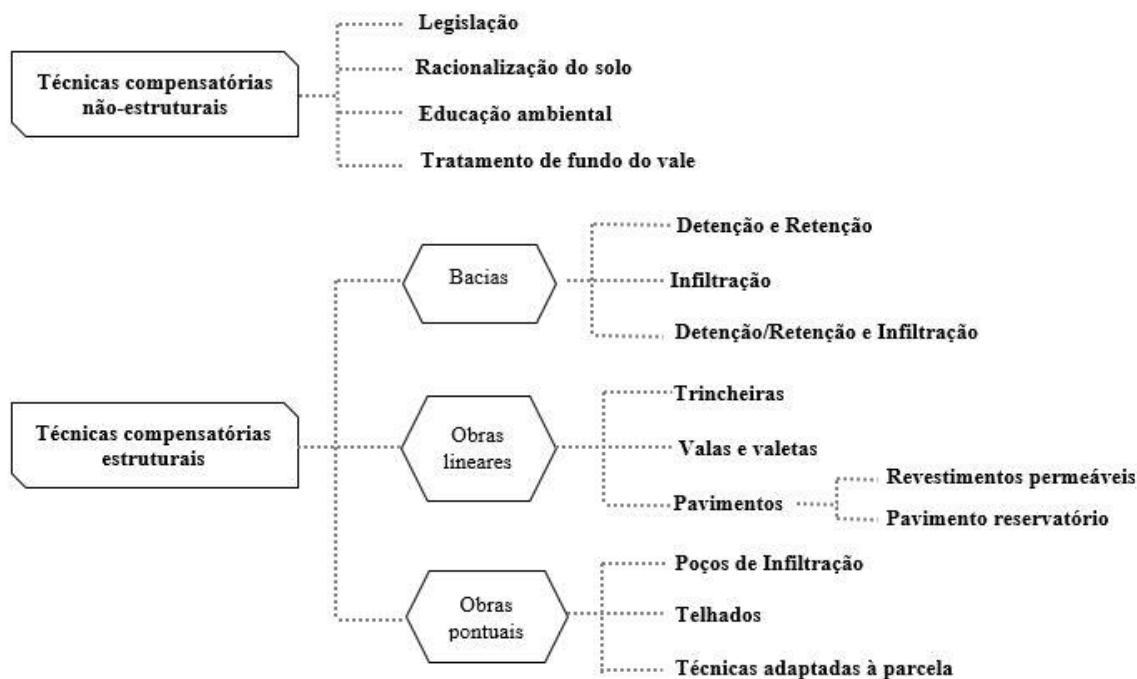
As Técnicas Compensatórias em Drenagem Urbana, abreviadas como TC, visam compensar ou minimizar os impactos da urbanização sobre o ciclo hidrológico urbano, agregando benefícios à qualidade de vida da população e a preservação do meio ambiente (BAPTISTA; NASCIMENTO; BARRAUD, 2015). Inicialmente, buscava-se apenas o amortecimento das vazões por meio de estruturas de armazenamento ou de infiltração das águas pluviais, promovendo redução do escoamento superficial. Com ganho de experiência, observou-se que a aplicação destas TC poderia reduzir a poluição de origem pluvial (RIGHETTO, 2009), bem como melhorar sua inserção urbana por meio da associação da função hidrológica com usos múltiplos, como áreas de lazer e prática de esportes, áreas verdes etc. (BAPTISTA; NASCIMENTO; BARRAUD, 2015).

2.3.1. Tipologias de TC

De acordo com Baptista; Nascimento; Barraud (2015), as TC são distintas, basicamente, quanto ao seu caráter estrutural ou não-estrutural (Figura 2). As TC não-estruturais compreendem medidas relativas a políticas e à gestão das águas pluviais, como o desenvolvimento de legislação específica, racionalização do uso do solo urbano, implementação da educação ambiental, promoção do tratamento de fundo de vale e sistema de alerta anti-enchentes. Já as TC estruturais se caracterizam pela escala de implantação, critérios hidrológicos de projeto, entre outros; podendo ser divididas em centralizadas (bacias) e

descentralizadas (obras lineares e pontuais/localizadas).

Figura 2 – Tipologias de Técnicas Compensatórias



Fonte: Adaptado de Baptista; Nascimento; Barraud (2015)

Uma outra abordagem de divisão entre as tipologias de TC refere-se à localização da estrutura de saída das águas pluviais em cada técnica: no fundo ou na parte superior da TC. Para o primeiro caso enquadram-se técnicas de armazenamento temporário das águas pluviais, cuja finalidade, em termos quantitativos, é a restrição da vazão de saída para atenuação do pico de vazão a jusante. Enquanto para o segundo caso, há a retenção de determinado volume de água no interior da técnica, tendo como saídas d'água a infiltração no solo e a evaporação, parâmetros hidrológicos reduzidos com o processo de impermeabilização.

Nesse último caso, a estrutura de saída é disposta na parte superior da técnica, evitando o transbordamento da unidade tanto por eventos de precipitação superiores aos admitidos no projeto de dimensionamento, como também pela saturação do solo que pode resultar na permanência de lâmina d'água no interior da TC em tempo superior a 24 horas, não recomendado por questões sanitárias (BAPTISTA; NASCIMENTO; BARRAUD, 2015); como também para garantir que a técnica esteja vazia quando da ocorrência do próximo evento de precipitação.

Destaca-se ainda que as TC podem variar quanto a nomenclatura, de acordo com a

cidade ou o país em que são empregadas. Alguns exemplos são os termos: biorretenção/jardins de chuva, desconexão de áreas impermeáveis, caixas de árvores e sistemas de tubos perfurados; frequentemente presentes em manuais técnicos de gestão das águas pluviais no cenário internacional (ONTARIO, 2023; LITTLETON, 2021; MINESOTA, 2021; NEW JERSEY, 2013). Contudo, suas funções e classificações não se distanciam das apresentadas na Figura 2, podendo indicar um melhoramento de suas funções a partir da análise do desempenho das técnicas em operação. Independentemente da nomenclatura, o importante é conhecer as características de cada técnica e verificar as que são mais compatíveis com os objetivos a serem alcançados para o manejo das águas pluviais.

Nesse contexto, são apresentadas, a seguir, as tipologias de TC cujas nomenclaturas foram mais recorrentes em pesquisas e em manuais técnicos de cidades brasileiras, como São Paulo/SP, Belo Horizonte/MG, Curitiba/PR; os quais foram consultados para o presente estudo.

- **Bacias de Detenção – BD e Bacias de Infiltração**

As Bacias são técnicas centralizadas que se destacam no cenário nacional desde a década de 90, mantendo sua representatividade até o momento, conforme retratado pelos dados apresentados nos relatórios técnicos de Manejo das Águas Pluviais, do SNIS (BRASIL, 2019). Contudo, a definição e distinção entre as bacias de detenção, de infiltração e de retenção não são unânimes, havendo uma controvérsia entre autores, conforme bem destacado por Santos (2020, p. 31).

Portanto, o presente estudo considera que as bacias se distinguem pelos dispositivos de saída d'água na estrutura. As Bacias de Detenção – BD têm dispositivos de saída no fundo da bacia, tendo uma vazão de saída restrita as condições pré-ocupação (ou outro valor adotado no projeto), o que garante o armazenamento temporário de água em seu interior e seu total esvaziamento. Já as Bacias de Infiltração – BI contam com os processos da infiltração e da evaporação da água para o esvaziamento da unidade; retardando os picos de vazão, como as BD, porém reduzindo também os volumes de escoamento superficial. Por fim, as Bacias de Retenção – BR possuem lâmina d'água permanente, e contam com dispositivos de saída d'água na parte superior da estrutura, escoando uma vazão que manterá uma lâmina d'água. Todas as bacias contam com extravasores.

No tocante as Bacias de Detenção, destacam-se algumas considerações definidas sobre estas unidades para o desenvolvimento do presente estudo:

- a) **A BD é um elemento integrado ao sistema convencional de drenagem urbana**, seguindo uma abordagem adotada no contexto internacional (WENYU et al, 2020); como também no cenário nacional, como discutido por Peroni (2018), na cidade de Araraquara/SP, e Rodrigues; Teixeira (2021), na cidade de São Carlos/SP, onde ambos municípios instituíram as BD como unidades obrigatórias e interligadas ao sistema de drenagem urbana.
- b) **A BD deve possuir as seguintes estruturas:** espaço disponível para acumulação temporária das águas pluviais, orifício de fundo para a saída controlada da vazão de restrição, estrutura de extravasamento e dissipadores de energia para o lançamento final no corpo receptor. Rampas de acesso também são previstas como uma medida essencial para a execução de atividades de manutenção no interior da unidade. Por fim, a infiltração nesse caso é ocasional, mas na eminência de contaminação das águas subterrâneas, a impermeabilização é indispensável.

Nas Figuras 3 e 4, respectivamente, são apresentados exemplos de BD implantadas nos municípios de médio porte, São Carlos/SP e Araraquara/SP.

Figura 3 – Exemplos de Bacias de Detenção em Araraquara/SP



Fonte: PERONI e TEIXEIRA, 2017

Figura 4 – Exemplos de Bacias de Detenção em São Carlos/SP



Fonte: RODRÍGUES e TEIXEIRA (2021)

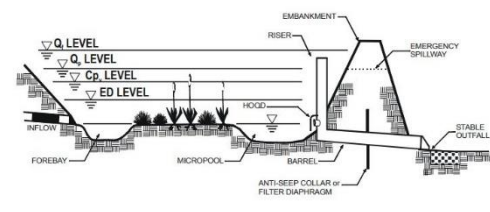
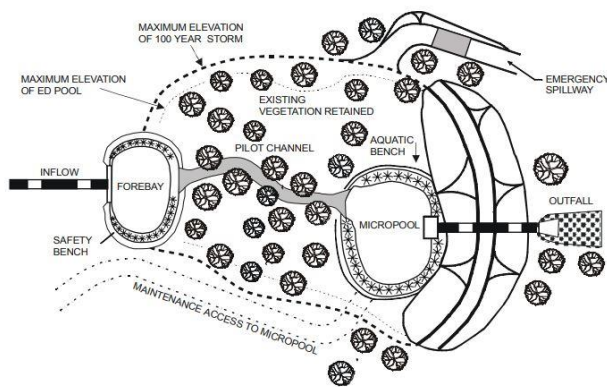
Para Santos; Barbassa; Vasconcelos (2020), as BD se caracterizam como tecnologias *end-of-pipe*, cuja função é minimizar os impactos que já ocorreram, ao invés de preveni-los. Os autores propõem uma visão contemporânea do planejamento ambiental-urbano em que, na fase de projeto, ações e medidas sejam adotadas para anteceder e prevenir a ocorrência dos impactos.

A combinação entre a BD com a BI é opção de disposição e de finalidade para as unidades, sendo recomendada e exemplificada em manuais técnicos internacionais, como é o caso do Manual de Gestão das Águas Pluviais da cidade de Maryland, EUA (MARYLAND, 2009). Nas Figuras 5 e 6 uma das possibilidades de combinação entre as bacias é apresentada com vistas em planta e perfil, sendo fácil a compreensão sobre a multifuncionalidade do espaço

Figura 5 – Exemplo 1 de Combinação de Bacias de Detenção e de Infiltração

(a) Vista em Planta

(b) Vista de Perfil

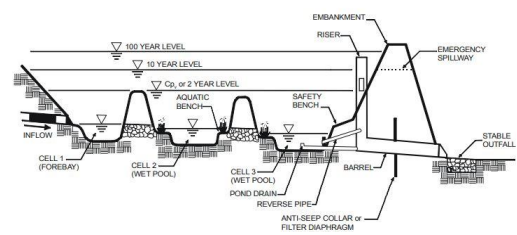
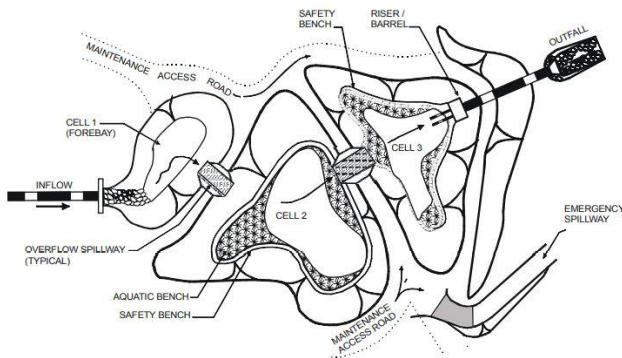


Fonte: MARYLAND, 2009

Figura 6 – Exemplo 2 de Combinação de Bacias de Detenção e de Infiltração

(a) Vista em Planta

(b) Vista de Perfil



Fonte: MARYLAND, 2009

As combinações podem apresentar diferentes design, o relevante dessa abordagem é a multifuncionalidade que pode ser implementada nestes espaços, bem como a restauração de ambientes vulneráveis, como as faixas marginais aos cursos d'água (MARYLAND, 2009).

▪ **Trincheiras de infiltração e de detenção**

As trincheiras são implantadas junto à superfície e apresentam pequena profundidade, não ultrapassando um metro. Estas técnicas têm a função de recolher as águas pluviais, perpendicularmente ao seu comprimento, favorecendo o armazenamento temporário e/ou a infiltração. Devido a sua versatilidade, elas podem ser utilizadas em canteiros centrais, estacionamentos, ao longo de sistemas viários, em jardins, passeios, áreas verdes e espaços esportivos (Figuras 7 e 8).

Figura 7 – Trincheira de infiltração



Fonte: Aquafluxus, 2016

Figura 8 – Trincheira ao longo da edificação



Fonte: Aquafluxus, 2021

O funcionamento destas estruturas se caracteriza pela entrada da água pela superfície da técnica ou por meio de um sistema convencional de drenagem urbana que coleta e direciona a vazão para a trincheira. A saída das águas pluviais pode ocorrer de duas maneiras distintas: infiltração ou detenção. No primeiro tipo a saída d'água ocorre por infiltração no solo, na base e nas laterais da trincheira, reduzindo volumes de escoamento superficial, mas precavendo sobre a distância mínima de 1 metro de profundidade do lençol freático. Já na trincheira de detenção a evacuação é realizada pela descarga, a jusante, no meio natural ou no sistema convencional de drenagem, e tem como finalidade o rearranjo temporal de vazões.

As trincheiras de infiltração e de detenção são compostas com material granular graúdo, como pedra de mão, seixos e brita. É recomendada a utilização de geotêxtil na estrutura de infiltração, a fim de evitar passagem de finos e, conseqüente colmatação. Já para a estrutura de detenção, seu revestimento impermeável deve garantir a estanqueidade da estrutura.

A implantação das trincheiras acarreta diversos benefícios como hidrológicos; redução das dimensões do sistema convencional de drenagem; ganhos paisagísticos, devido à valorização do espaço urbano e demanda pequena de área; ganhos ambientais por causa da

recarga do lençol freático e redução da carga de poluição de origem pluvial. Outro ponto positivo a destacar é a facilidade de implantação destas estruturas, embora haja dificuldades e/ou inconvenientes quanto à necessidade de manutenção periódica, restrições de implantação em áreas com acentuada declividade e risco de poluição do lençol freático, para as trincheiras de infiltração.

- **Pavimentos Permeáveis**

Em áreas densamente ocupadas cerca de 30% da área da bacia de drenagem são destinados ao sistema viário e a estacionamentos, demonstrando grande potencial com a adoção de pavimentos permeáveis e/ou pavimentos porosos para a minimização do escoamento superficial.

Os pavimentos podem ser dotados em três níveis diferentes: os de revestimentos superficiais permeáveis; de estrutura porosa; e de estrutura porosa e de dispositivos para facilitar a infiltração. O primeiro reduz a velocidade do escoamento superficial, a partir da retenção de pequenos volumes em sua própria estrutura e da infiltração de parte das águas pluviais. Os pavimentos porosos desempenham papel de reservatórios, amortecendo as vazões e alterando o desenvolvimento temporal dos hidrogramas. Por fim, os pavimentos combinados (infiltração + poroso), resultam na somatória dos impactos listados anteriormente, em decorrência dos processos de detenção e de infiltração.

As vantagens da aplicação dos pavimentos permeáveis são a recarga subterrânea de água e redução dos escoamentos, do ponto de vista hidrológico. Porém há, também, ganhos em termos de circulação viária (melhorias de segurança e conforto, redução da aquaplanagem, entre outros), ganhos ambientais (recarga do lençol e melhoria da qualidade da água) e redução de investimentos na implantação ou ampliação do sistema de drenagem convencional. Já quanto aos inconvenientes, destaca-se a possibilidade de colmatção da estrutura, tanto na superfície quanto no corpo do pavimento; e, também, a contaminação do lençol freático.

- **Valas, Valetas e Planos de infiltração**

Constituídas por simples depressões escavadas no solo, as valas, valetas e planos de infiltração têm como objetivo o armazenamento temporário e infiltração, cumprindo apenas a função hidráulica de condução das águas pluviais. São caracterizadas por dimensões longitudinais maiores que as dimensões transversais, sendo as valetas estruturas com pequena seção transversal. Já os planos de infiltração possuem dimensões longitudinais e transversais

semelhantes, e profundidades reduzidas. Seu funcionamento compreende a entrada direta das águas pluviais por meio do escoamento superficial, sendo a evacuação por infiltração ou deságue superficial no sistema de drenagem existente ou no corpo receptor.

A versatilidade destas estruturas é semelhante à das trincheiras, portanto sua utilização associada ao sistema viário é comum, assim como a implantação de canaletas no fundo destas estruturas para auxiliar no escoamento dos volumes armazenados.

A aplicação destas técnicas acarreta o amortecimento das vazões afluentes e o rearranjo das águas, assim como na redução do volume de escoamento superficial por causa da infiltração e evapotranspiração. Além disso, há significativos ganhos paisagísticos e ambientais, devido à valorização do espaço e redução da poluição pluvial respectivamente; baixo custo de implantação e manutenção e redução de investimentos com a ampliação e até mesma implantação do sistema convencional de drenagem.

Vale ressaltar que os inconvenientes destas estruturas, assim como nas trincheiras, são: manutenção periódica e restrições de implantação em áreas com acentuadas declividades. Ademais, a possibilidade de estagnação das águas, podendo acarretar implicações sanitárias, e de erosão das estruturas (Figura 9).

Figura 9 – Sistema Filtro–Vala–Trincheira de infiltração construído no campus da Universidade Federal de São Carlos - UFSCar



Fonte: SANTOS, 2018

- **Jardins de Chuva (Células de Biorretenção)**

Os jardins de chuva são estruturas pequenas e rasas que realizam a captação e o armazenamento temporário das águas pluviais provenientes de coberturas impermeáveis (telhados, calçada ou ruas). Quando possuem um sistema de coleta mais sofisticado e a alteração do solo são classificados, frequentemente, de biorretenção (EPA, 2023).

Esse é um tipo de jardim que não é projetado para a permanência de lâmina d'água em seu interior, portanto, na ausência de chuva ele deve ficar seco (GROUNDWATER, 2022). Nas Figuras 10 e 11 são apresentados exemplos de jardins de chuvas implantados em áreas urbanizadas e com pouca disponibilidade de área.

Figura 10 – Jardim de Chuva em Nova York (EUA)



Fonte: NEW YORK CITY, 2017

Figura 11 – Jardim de Chuva em Columbia Britânica (Canadá)



Fonte: BRITISH COLUMBIA, 2013

Os benefícios da implantação dos jardins de chuva vão além dos hidrológicos. Em termos de qualidade da água eles podem remover até 90% dos nutrientes e produtos químicos presentes no escoamento e em até 80% dos sedimentos presentes nas águas pluviais que escoam pela superfície urbana (GROUNDWATER, 2022). Dados apresentados por Melo et al (2014), a remoção de sedimentos foi superior a 91%; para os nutrientes (fósforo e nitrogênio) os percentuais não ultrapassaram os 65% e para os produtos químicos há uma variação de 16% a 95%, a depender das fontes de extração dos dados.

O ponto relevante dos jardins de chuva a ser considerado na concepção de seus projetos é seu potencial em controlar quantidade e qualidade das águas pluviais, agregando beleza ao entorno e podendo ser mais econômica que outras medidas (EPA, 2023).

De acordo com recomendações da ONG Groundwater (2022), as dimensões dos jardins podem representar até 20% da área impermeável que irá contribuir para o jardim. Deve-se

atentar para o distanciamento de fundações, pelo menos 3 metros.

- **Telhados Verdes ou Telhados Armazenadores**

A implantação de edificações é um fator relevante na impermeabilização do solo urbano, portanto, uma alternativa para a redução do escoamento superficial é o armazenamento provisório de águas pluviais nos telhados. Técnica que além dos benefícios hidrológicos, favorece na proteção térmica e isolamento da edificação. Entretanto sua execução deve ser criteriosa, a fim de garantir que a estrutura suporte as cargas previstas, bem como sua estanqueidade.

Assim como outras TC (pavimentos permeáveis e reservatórios individuais), os telhados armazenadores ou telhados verdes requerem associação de outras técnicas para que seja alcançada a eficiência esperada da minimização dos impactos da urbanização nos processos hidrológicos urbanos (Figuras 12 e 13).

Figura 12 – Telhado verde em Portland



Fonte: CITY OF PORTLAND, 2022

Figura 13 – Telhado verde em ponto de ônibus, Salvador/BA



Fonte: SUSTENTARQUI, 2016

- **Poços de Infiltração**

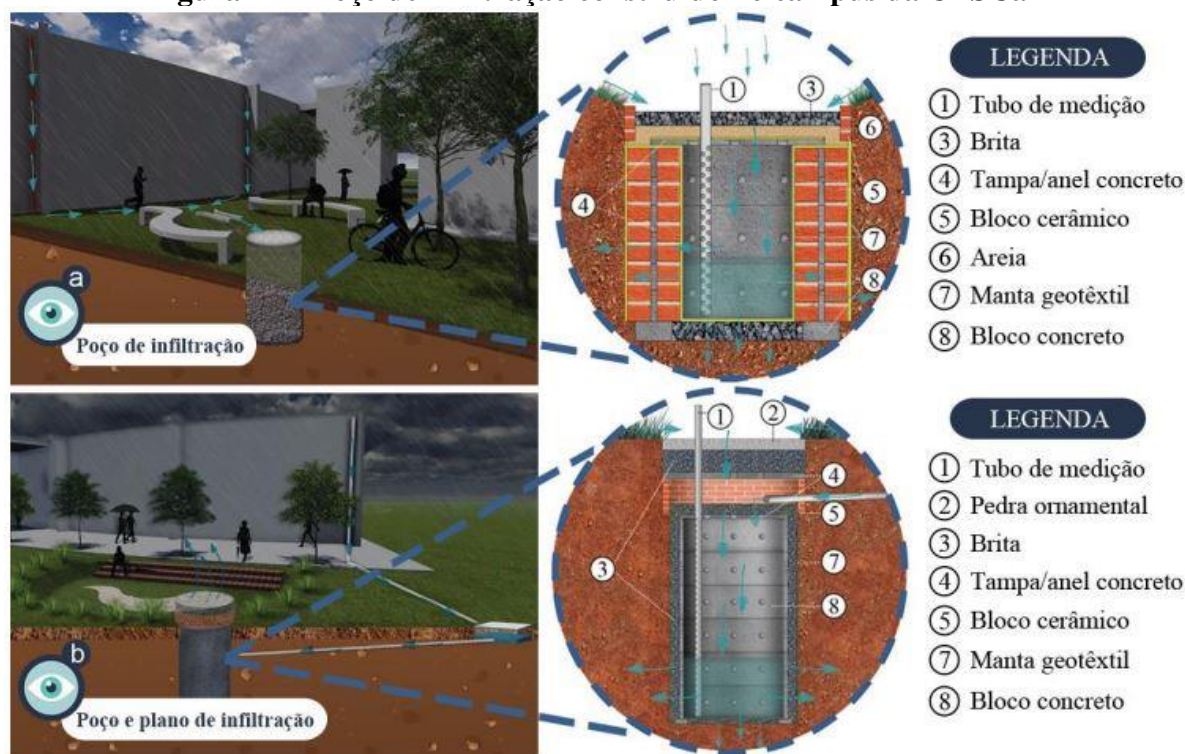
Os poços de infiltração são dispositivos pontuais com áreas superficiais pequenas que tem como objetivo encaminhar as águas pluviais diretamente ao subsolo. Escavados na forma cilíndrica ou retangular, com superfícies drenantes de pedras que variam bastante de acordo com seu porte e condições de infiltração do local.

A entrada de águas nos poços ocorre diretamente pelo escoamento superficial ou por meio de uma rede de drenagem. Geralmente, sua capacidade de armazenamento é pequena, justificando sua utilização com unidade complementar com outras obras de armazenamento (bacias), servindo como exutório, muitas vezes. A evacuação das águas, por sua vez, pode

ocorrer de duas formas: infiltração no solo ou injeção no lençol subterrâneo, sendo esta última desaconselhada, pelos riscos de contaminação.

Os poços de infiltração, assim como as demais técnicas de infiltração, permitem a redução de vazões de pico e volumes de água para o sistema convencional de drenagem. Além disso, a discrição desta técnica, bem como necessidade de pequena área de ocupação, favorece a boa integração desta técnica com o meio urbano e aceitação da população (Figura 14).

Figura 14 – Poço de infiltração construído no campus da UFSCar



Fonte: SANTOS, 2018

▪ **Reservatórios de aproveitamento**

Os reservatórios individuais são estruturas interessantes pela possibilidade de utilização das águas pluviais para usos domésticos, como irrigação, instalações sanitárias, entre outros, não sendo recomendada sua destinação ao consumo humano por questões sanitárias e de saúde pública.

O abastecimento destas estruturas pode ser realizado pela coleta de águas dos telhados e a evacuação das águas por meio da infiltração ou descarga na rede pluvial, após atingir sua capacidade de reservação. Sua manutenção consiste em sua evacuação completa e limpeza regular, pelo menos uma vez ao ano. Estes reservatórios são estruturas que podem ser pré-fabricadas ou em alvenaria; concreto; a céu aberto ou enterrados; estarem localizadas dentro ou

fora das edificações; e ainda conectadas ou não ao sistema de drenagem convencional.

A versatilidade destes reservatórios está na possibilidade de elaborar projetos simples e com menor investimento inicial com potencialidade de ampliação para o melhor aproveitamento das águas pluviais. Outros benefícios destas TC são o alívio para os mananciais superficiais e subterrâneos, e o incentivo ao processo de conscientização ambiental e envolvimento da população. Já o efeito sobre o controle de inundações nem sempre é efetivo, uma vez que ao contrário das bacias de retenção e/ou detenção, os reservatórios de aproveitamento nem sempre estarão vazios no momento das precipitações

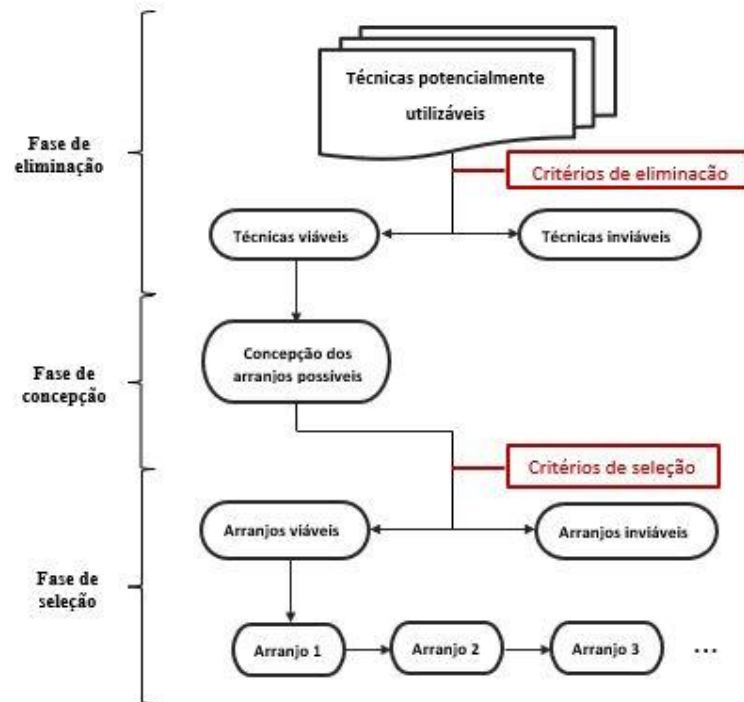
2.3.2. Seleção e Concepção de TC (Sistema Compensatórios)

O emprego de TC vem se tornando uma prática mais recorrente em centros urbanos brasileiros de médio porte, à medida que há um aumento na ocorrência e frequência de inundações e, conseqüentemente, de seus impactos. Além disso, as pressões políticas e sociais acerca da necessidade de centros urbanos se adaptarem às mudanças climáticas ou aos eventos climáticos extremos, vem impulsionando a adoção de abordagens alternativas ao manejo de águas pluviais.

Contudo, o que se observa em estudos nesse contexto, é o uso padronizado de TC centralizadas como uma medida sustentável a gestão das águas pluviais, considerando apenas sua função hidrológica e o emprego restrito de uma única tipologia, independente das características e aptidões das localidades (RODRÍGUES, 2021; PERONI, 2018; VICENTE, 2015). Ainda que considerado um avanço para o cenário nacional, os esforços não devem ceder quanto ao melhor aproveitamento do espaço urbano e das potencialidades das várias tipologias de TC, em termos de quantidade e qualidade do recurso hídrico.

Para Baptista; Nascimento; Barraud (2015) , as barreiras para avançar no emprego extensivo de TC estão baseadas na fase de escolha das técnicas mais adequadas à área e de avaliação dos cenários viáveis, com a combinação de TC. Nesse sentido, os autores apresentam na Figura 15, um esquema geral de orientação para a escolha das técnicas.

Figura 15 – Esquema do processo de concepção de TC



Fonte: Baptista; Nascimento; Barraud (2015)

Como pode ser observado na Figura 15, há dois aspectos bem destacados para a concepção de um sistema compensatório, conforme os referidos autores: a eliminação e a decisão de TC, por meio de seus respectivos critérios. Enquanto o primeiro aspecto garante a viabilidade da técnica e assim a eliminação de alternativas não-viáveis; o segundo aspecto possibilita a decisão de técnicas ou cenários que sejam admissíveis e compatíveis com as aptidões ou usos almejados.

Dessa forma, para Baptista; Nascimento; Barraud (2015), a tomada de decisão por uma determinada TC isolada ou combinada está baseada em um conjunto de critérios de comparação, cuja atribuição de pesos e hierarquização, dependerá fortemente dos decisores. Com base nisso, os Quadros 3 e 4 demonstram uma metodologia de análise, cuja escolha está relacionada com as restrições inerentes de cada técnica. Ambos foram baseados em recomendações da US EPA e na experiência europeia, mas divulgadas no cenário brasileiro pelos autores Baptista; Nascimento; Barraud (2015).

Quadro 3 – Importância relativa de restrições à implantação e operação de Técnicas Compensatórias

| Técnica | Restrições à implantação e operação das técnicas | | | | | |
|--------------------------------|--------------------------------------------------|-------------|--------------------------------|------------------------------|---------------------------|-------------------|
| | Permeabilidade do solo | Declividade | Proximidade do lençol freático | Proximidade de leito rochoso | Restrições ao uso do solo | Aporte de sólidos |
| Bacia de detenção | + | + | + | ++ | +++ | ++ |
| Bacia de Infiltração | +++ | +++ | +++ | +++ | +++ | +++ |
| Valas e valetas de detenção | + | ++ | + | ++ | ++ | ++ |
| Valas e Valetas de infiltração | +++ | +++ | +++ | +++ | ++ | +++ |
| Pavimentos porosos | ++ | +++ | ++ | + | + | +++ |
| Revestimentos permeáveis | ++ | +++ | ++ | + | + | +++ |
| Trincheiras de detenção | + | ++ | ++ | ++ | ++ | + |
| Trincheiras de infiltração | +++ | +++ | +++ | +++ | ++ | + |
| Poços de infiltração | +++ | + | +++ | +++ | + | + |
| Telhados armazenadores | + | + | + | + | + | + |
| Reservatórios individuais | + | + | ++ | ++ | + | + |

Legenda: +++ grande importância + Importância pequena ou nula
 ++ média ou possível importância

Fonte: Baptista; Nascimento; Barraud (2015)

Quadro 4 – Vocação e possibilidades das Técnicas Compensatórias

| Técnica | Voca o e possibilidade das técnicas | | | | | | | |
|-------------------------------|-------------------------------------|---------------------------|-------------------------|---------------------------|---------------------|-------------------|-----------------|------------------------------|
| |  rea de drenagem controlada | Controle de vazão de pico | | | Controle de volumes | Recarga do lençol | Reuso do lençol | Controle de erosão a jusante |
| | | TR Pequenos (até 5 anos) | TR Médios (até 30 anos) | TR Grandes (até 100 anos) | | | | |
| Bacias de deten o/reten o | Grande (>16ha) | P | P | V | N | N | V | V |
| Bacias de infiltra o | Média | P | P | V | P | P | V | P |
| Valas e valetas de deten o | Pequena - média | V | V | N | N | N | N | V |
| Valas e valetas de infiltra o | Pequena - média | V | V | N | P | P | N | V |
| Pavimentos porosos | Pequena - média | P | V | N | V | V | N | V |
| Revestimentos permeáveis | Pequena - média | V | N | N | V | V | N | V |
| Trincheiras de deten o | Pequena (<4ha) | P | V | N | N | N | N | V |
| Trincheiras de infiltra o | Pequena | P | V | N | P | P | N | V |
| Poço de infiltra o | Pequena | P | V | N | P | P | N | V |
| Telhados armazenadores | Pequena | P | V | N | N | N | V | V |
| Reservatórios individuais | Pequena | P | V | N | N | N | V | V |

Legenda: P: Adaptada N: Pouco adaptada ou mesmo impossível
 V: Pode ser adaptada

Fonte: Baptista; Nascimento; Barraud (2015)

As variáveis apresentadas são similares as adotadas em Manuais de Drenagem de grandes cidades brasileiras, como a Região Metropolitana de Curitiba/PR (PARANÁ, 2002) e os Municípios de São Paulo (SÃO PAULO, 2012), do Distrito Federal (ADASA, 2018) e de Belo Horizonte (2022).

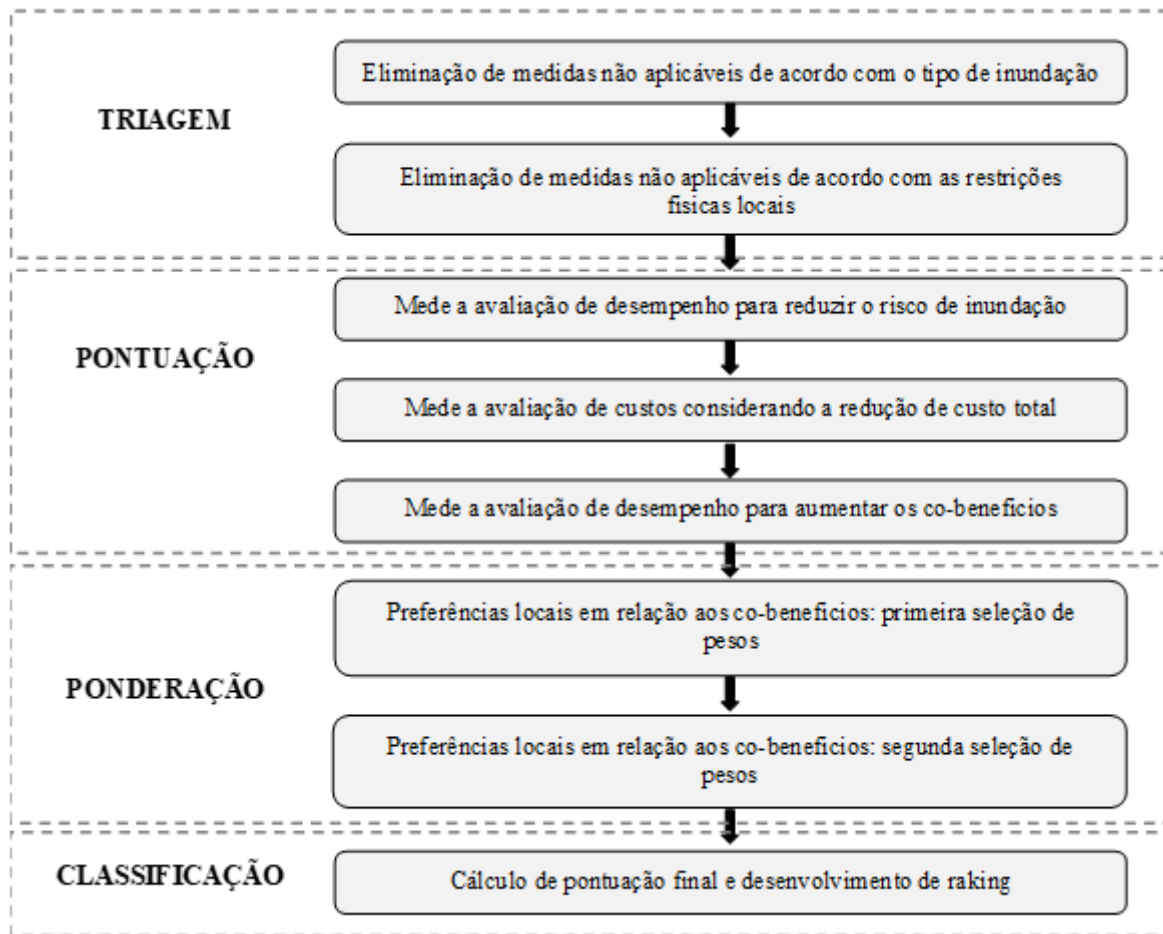
Vojinovic et al (2017) enfatiza sobre a dominância das análises de custo-benefício de infraestruturas tradicionais, para a busca e seleção de medidas de gestão de águas pluviais. Ainda que esta abordagem possa parecer atraente, o autor aponta sobre a limitação dessa análise quanto aos aspectos éticos, culturais e ecossistêmicos envolvidos.

Os autores apresentam um quadro metodológico em que foram combinados serviços ecossistêmicos (proteção contra enchentes, educação, arte/cultura, recreação e turismo) com análise de custo-benefício para a seleção de medidas multifuncionais para a resiliência de enchentes, tendo como estudo de caso Ayutthaya, Tailândia (patrimônio cultural). Os principais componentes do quadro foram: (1) identificação e valorização dos serviços ecossistêmicos pertinentes ao local; (2) avaliação das medidas mais eficazes de mitigação de enchentes; (3) seleção de medidas; (4) desenvolvimento de um projeto paisagístico conceitual. Os resultados demonstraram que a combinação entre os sistemas ecossistêmicos com avaliações econômicas e a participação ativa dos interessados podem alavancar soluções ecologicamente sustentáveis e socialmente tangíveis. Contudo, o desafio está na seleção de indicadores para uma aplicação adequada dos serviços ecossistêmicos, auxiliando na implementação prática deste quadro em larga escala.

Alves et al (2018) apresentaram um novo método de avaliação e seleção de medidas verdes e cinzas, considerando a combinação entre estas infraestruturas e a análise de diferentes tipos de risco de inundação. Aplicado em três casos reais: cidade de Marbella, na Espanha e as cidades de Ayutthaya e Sukhumvit, na Tailândia; os resultados demonstraram um método consistente, útil e de fácil manuseio, com potencial promissor para auxiliar tomadores de decisão na definição destas técnicas.

A base deste método foi a análise multicritério, incluindo redução do risco de inundação, minimização dos custos e aprimoramento de outros aspectos não-hidrológicos, denominados de CO-benefits. Contudo, a fase inicial do método proposto foi a triagem das técnicas viáveis de implantação (Figura 16).

Figura 16 – Triagem para seleção de GI viáveis



Fonte: Adaptado de Alves et al (2018)

Os autores definiram ainda critérios e subcritérios de triagem para avaliação das medidas de GGI e pontuação delas, conforme sequência apresentada na figura anterior. A escolha dos critérios considerou a facilidade para estimá-los e a quantidade mínima possível, mas suficiente de critérios para fundamentar as decisões. Na Figura 17 os critérios são apresentados.

Figura 17 - (a) Critérios considerados para a triagem de medidas, (b) Hierarquização dos critérios de desempenho para a classificação das medidas

TRIAGEM

| | |
|----------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------|------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------|
| <p>Tipo de Inundação</p> <ul style="list-style-type: none"> ▪ Fluvial ▪ Pluvial ▪ Costeira ▪ Instantânea ▪ Lençóis Freáticos | <p>Características do local</p> <ul style="list-style-type: none"> ▪ Tipo de solo ▪ Profundidade do lençol freático e da camada rochosa ▪ Declividade da área de drenagem ▪ Disponibilidade de espaço ribeirinho e litorâneo ▪ Configuração urbana e uso do solo ▪ Possibilidades de realocação e reconstrução ▪ Fase de desenvolvimento da área |
|----------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------|------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------|

(a)

CLASSIFICAÇÃO

| | |
|--------------------------------------------------------|-------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------|
| <p>Confiabilidade na redução das inundações</p> | <ul style="list-style-type: none"> ▪ Alto período de retorno ▪ Médio período de retorno ▪ Baixo período de retorno |
| <p>Redução de custos</p> | <ul style="list-style-type: none"> ▪ Aptidão <ul style="list-style-type: none"> ➢ Disponibilidade de espaço público ➢ Tipos de estradas ➢ Uso do solo e densidade populacional ➢ Redução do volume de WWT/CSO ➢ Tipo de sistema de esgoto ▪ Desapropriação de terra ▪ Custos de investimento e manutenção |
| <p>Co Benefícios</p> | <ul style="list-style-type: none"> ▪ Qualidade da água ▪ Ambiental <ul style="list-style-type: none"> ➢ Criação de habitat ecológicos ➢ Recarga de lençóis freáticos/Reuso da água ➢ Qualidade do ar ➢ Estética/Comodidade ➢ Redução das ilhas de calor ▪ Habitabilidade <ul style="list-style-type: none"> ➢ Aceitação da comunidade / Segurança pública ▪ Econômico <ul style="list-style-type: none"> ➢ Capacidade de produção ➢ Economia de energia ➢ Atividades educacionais ▪ Sociocultural <ul style="list-style-type: none"> ➢ Geração do senso de comunidade ➢ Uso recreativos |

(b)

Fonte: Adaptado de Alves et al (2018)

Há várias metodologias/ferramentas para a seleção de medidas de controle das águas pluviais, conforme Quadro 5. Todavia a combinação de TC não é uma opção comum de ser abordada, demonstrando a continuidade de uma visão isolada e autônoma destas técnicas, como enfatizado por Villarreal; Semadeni-Davies; Bengtsson (2004).

Quadro 5 – Métodos e ferramentas para a seleção de medidas

| Método/ Ferramenta | Tipo | Função/Capacidade | Link/Referência |
|-----------------------------------------------------|----------------------|-----------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------|-------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------|
| PEARL KB | App da web | Realiza triagem de acordo com tipo de inundação, tipo de medida, escala espacial e uso da terra. | http://pearlkb.hydro.ntua.gr/filter/ (Karavokiros et al. 2016) |
| Ferramenta de suporte de adaptação | App da Web | Direciona a seleção de conjuntos lógicos e eficazes de medidas de GBI de acordo com as metas de quantidade e qualidade da água, efeito de resfriamento e custo. | (Voskamp and Van de Ven 2015) |
| SuDS Manual | Manual/Guia | Matrizes de seleção baseadas em avaliação qualitativa. | https://www.susdrain.org/resources/SuDS_Manual.html |
| Estrutura de suporte à decisão multicritério | Método | Comparação de SuDS de acordo com a redução da quantidade de água e melhoria da qualidade, benefícios ambientais e economia de energia e custos. | (Chow et al. 2014) |
| BMPSELECT | Programa de software | Classificação multicritério de acordo com a adequação local, quantidade de escoamento e controle de qualidade, benefícios e custos adicionais. | (Jia et al. 2013) |
| USDC Manual V3 | Manual/Guia | Árvores de decisão e desempenho de matrizes para seleção de BMPs. | https://mhfd.org/resources/criteria-manual-volume-3/ |
| BMP DSS | App de desktop | Ajuda a avaliar alternativas com o objetivo de identificar ao máximo combinações de BMPs de baixo custo para metas de quantidade e qualidade de água. | (Cheng et al. 2009) |
| Auxílio à Decisão Multicritério | Método | Classificação multicritério dos BMPs considerando custo, confiabilidade do sistema, comodidade, sustentabilidade e qualidade da água | (Martin et al. 2007) |
| Climate App | App da web | Mede a triagem de acordo com o problema a ser resolvido, uso do solo, tipo de solo e declividade, escala e estágio de desenvolvimento. | https://climateapp.nl/ |
| Urban green-blue grids | App da web | Mede a triagem de acordo com benefício buscado. | https://www.urbangreenbluegrids.com/ |

Fonte: Adaptado de Alves et al (2018)

Observa-se as tentativas em desenvolver ferramentas de auxílio para gestores/técnicos alcançarem os arranjos mais viáveis de TC, em termos técnicos, econômicos e ambientais. Contudo, as particularidades locais, aspectos culturais da população e dos tomadores de decisão

e a obtenção de dados de campo podem dificultar o emprego de certas ferramentas em áreas distintas a que esta foi concebida.

Wen; Weiping; Chi (2015) complementa que os métodos e ferramentas de seleção das TC, contidas na literatura, podem ser de difícil compreensão e manuseio, com a necessidade de dados de entrada de difícil obtenção, sendo primordial incorporar a simplicidade e facilidades no processo de escolha dos melhores arranjos de TC para cada particularidade.

2.3.3. Desempenho Hidrológico TC Isoladas e Combinadas

O presente capítulo consiste na descrição de estudos nacionais e internacionais realizados sobre o desempenho hidrológico de TC isoladas e combinadas, incluindo os parâmetros e critérios de projeto de cada TC. Para fins de conceituação, entende-se como TC isoladas as técnicas que não estão interconectadas entre si, tampouco apresentam efeito cascata na redução do escoamento superficial e picos de vazão. Já a operação das TC combinadas ocorre de forma sequencial e integradas umas com as outras, em série e/ou em paralelo.

Rocha e Grecco (2021) analisaram e compararam a eficiência dos pavimentos permeáveis com pavimentos asfáltico convencional de uma sub-bacia no município de Belo Horizonte/MG. O emprego do pavimento asfáltico resultou em uma vazão de cheia da sub-bacia estimada em 41,782 m³/s e uma altura de lâmina de 0,057 m, para um t=1 hora. Com a substituição do pavimento de convencional para permeável a vazão foi para 31,941 m³/s e a altura para 0,044 m, representando uma redução de 24% na vazão de pico e na lâmina d'água de um evento de precipitação com TR = 10 anos.

No estudo de caso de Ferreira (2017) realizado na Bacia Hidrográfica do Moxotó, em Recife/PE, os pavimentos permeáveis se destacaram dentre as outras duas técnicas analisadas – bacia de retenção e microrreservatório no lote (5 m²) –, quanto a atenuação do pico de vazão, contribuindo para uma redução de 60%. Aplicadas de forma independente e isoladas entre si, estas técnicas foram analisadas quanto à redução do pico de escoamento, volume total de escoamento e redução das cotas de alagamento, para os cenários de pré-desenvolvimento e cenário atual. A simulação destes cenários demonstrou que após a urbanização da área de estudo houve um aumento de 2,7 vezes do pico de vazão e de 1,9 vezes do volume total de escoamento. Além da eficiência dos pavimentos, a bacia de retenção foi a técnica que se destacou quanto ao volume total de escoamento, correspondendo a uma redução de 62%.

Melo et al (2014) realizou um estudo experimental de um jardim de chuva de 4 m² (2mx2m) na cidade de Recife/PE, cuja estrutura é apresentada na Figura 14, do capítulo 3.

Foram empregados os modelos teóricos de infiltração, Horton e Mezencev e simulações para os TR de 2, 5, 10 e 25 anos, com duração de precipitação até 120 min. O experimento demonstrou uma elevada taxa de infiltração no jardim (312 mm/h), não sendo observado o extravasamento da estrutura. Quanto ao armazenamento do jardim, observou-se que a capacidade de armazenar cresce junto com o aumento da duração da precipitação. Enquanto a camada de armazenamento da estrutura diminui e atinge um valor constante. O desempenho da estrutura se mostrou eficiente até mesmo para grandes volumes de precipitação. Quanto a análise de custo observou-se que depende da duração da chuva de projeto e do tempo de retorno: $t = 5$ min e $Tr = 2$ anos, o custo de implantação do jardim foi de R\$ 419,64; $t = 5$ min e $Tr = 2$ anos o custo foi para R\$ 562,61; $t = 60$ min e $Tr = 2$ anos, custo de R\$ 2.152,57; e $t = 60$ min e $Tr = 25$ anos, custo de R\$ 2.871,00.

Steffen et al (2013) analisaram o desempenho de sistemas urbanos de captação de água de chuva (reservatórios individuais ou barris) na economia do consumo de água não potável e na redução do escoamento pluvial. As áreas de estudo foram compostas por sistemas projetados em 23 cidades norte-americanas, localizadas em sete regiões climáticas distintas. Os resultados apontaram que o desempenho dessa TC varia em função do seu tamanho e do padrão climático do local. Um barril de chuva com capacidade para 90 L, instalado em uma parcela residencial, pode resultar em uma economia aproximada de água igual a 50% do consumo de água não potável em cidades da Costa Leste, Sudeste, Centro-Oeste e Noroeste do Pacífico dos Estados Unidos (EUA). Todavia essa eficiência se reduz para valores inferiores a 30% para cidades do Oeste da Montanha, Sudoeste e a maior parte da Califórnia. Quanto a redução do volume de escoamento de águas pluviais, a redução foi de até 20% para regiões semiáridas (< 762 mm de precipitação anual), e menor ainda para regiões com maiores quantidades pluviométricas analisadas a longo prazo.

Nazari, Roozbahani e Shahdany (2021) combinaram técnicas compensatórias para o controle quali e quantitativo das águas pluvias em Teerã, Irã, com o emprego dos softwares SWMM e SUSTAIN. Foram definidos seis cenários em que as seguintes técnicas foram combinadas: telhado verde, barril de chuva, célula de biorretenção, pavimento poroso, vala vegetada e lago seco. A combinação entre o barril de chuva, pavimento poroso e vala vegetada apresentaram os melhores resultados com reduções de 72% no volume de escoamento superficial.

Vasconcelos et al (2015) realizou a modelagem para diferentes cenários considerando TC isoladas ou combinadas, na escala do lote. As técnicas empregadas foram reservatórios

individuais; jardins rebaixados em 0,07 cm; desconexão das áreas impermeáveis e pavimentos permeáveis. A partir das simulações, verificou-se que o emprego de TC na escala do lote se demonstrou benéfica para o sistema de drenagem urbana, sendo mais efetiva com chuvas de projeto com menor intensidade. Isso foi observado para os jardins rebaixados isolados e para os combinados com reservatórios individuais, bem como os cenários com pavimentos permeáveis nas calçadas para recebimento do escoamento no lote adjacente. Observou-se também que seria possível neutralizar os impactos hidrológicos na ocupação do lote, para todas as chuvas de projeto, se fossem combinados, em paralelo, um reservatório individual com um jardim rebaixado de 0,07m. Importante destacar que os reservatórios individuais, propostos pela legislação municipal, se implantados isoladamente, não atuou de forma relevante na escala da bacia.

Wen; Weiping; Chi (2015) avaliou a eficácia de infraestruturas verdes (GI) na redução de escoamento superficial, considerando configurações técnicas com diferentes tamanhos e operando de forma isolada e combinada. O modelo de escoamento de águas pluviais empregado foi baseado em processos e validado com dados de campo de uma comunidade típica de Pequim. As quatro GI avaliadas, simultaneamente, foram espaço verde côncavo, pavimento permeável, lagoa de armazenamento e expansão da área verde. A implantação isolada de cada tipo de GI se mostrou eficaz, mas não foram capazes de controlar totalmente o escoamento superficial de uma precipitação com tempo de recorrência (TR) de 5 anos, com exceção da lagoa que, para tal, deveria ter suas dimensões ampliadas (4823 m³). Já a combinação de GI demonstrou resultados melhores e com tamanhos menores das infraestruturas. A redução total do escoamento poderia ser alcançada com um percentual de mais 50% das áreas permeáveis ou uma lagoa com mais de 1800 m³, combinadas com as demais técnicas. Para uma redução de 95% seria necessária uma transformação da área verde em espaço côncavo com 4 cm de profundidade ou 50% da área impermeável substituída por pavimentos porosos com 8 mm de profundidade.

2.4. Métodos de Cálculo e de Avaliação Hidrológicos

A determinação do cálculo e da avaliação hidrológica mais adequada deve considerar os objetivos do método, das características da área de estudo, familiaridade com o método, disponibilidade de dados, aspectos econômicos, entre outros (ROSA, 2017). Na Figura 18, Bonnacarrère, Silva e Oliveira (2017) representam pontos a considerar na escolha do modelo matemático.

Figura 18 – Critérios a considerar na escolha do modelo computacional



Fonte: BONNECARRÈRE; SILVA; OLIVEIRA, 2017

Outros pontos podem definir a escolha do software, como o custo para aquisição do modelo; sua representatividade em estudos de avaliação de desempenho, em casos reais e hipotéticos ao redor do mundo; e, por fim, a interface amigável ao operador.

De acordo com Elliott e Trowsdale (2007) e Rosa (2017), existem diversos modelos hidrológicos que transformam chuva-vazão em escoamento, infiltração e evaporação e vem sendo aplicados na simulação de vazões de cheias. Dentre eles estão *Hydrologic Modeling System* (HEC-HMS); *Soil and Water Assessment Tool* (SWAT); *TOPography-based hydrological MODEL* (TOPMODEL); *Model for Urban Sewers* (MOUSE); *Model for Urban Stormwater Improvement Conceptualisation* (MUSIC) e *Storm Water Management Model* (SWMM).

No tocante à remoção de poluentes das águas pluviais, Moruzzi, Felipe e Barbassa (2016) indicam os seguintes modelos: *Storm Water Management Model* (SWMM) e *Model for Urban Stormwater Improvement Conceptualisation* (MUSIC).

O *Stormwater Management Model* – SWMM é amplamente difundido e empregado na modelagem hidrológica de TC em bacias urbanas ao redor do mundo (ROSA, 2017; MORUZZI et al, 2017). Desenvolvido em 1971 pela US EPA (United States Environmental Protection Agency). É um dos poucos modelos disponíveis gratuitamente que permitem a simulação do comportamento hidráulico e hidrológico de TC, se equiparando ao modelo MUSIC, desenvolvido especialmente para representar estas técnicas e seus respectivos impactos hidrológicos.

Bonnecarrère, Silva e Oliveira (2017) confirmam que o SWMM é um voltado para a gestão das águas pluviais, permitindo a simulação dinâmica da qualidade e quantidade de água, principalmente em ambientes urbanos. Elliott e Trowsdale (2006) evidenciam a ampla gama de uso do SWMM, embora destaquem sobre a complexidade do software para o público em geral e planejadores não atuantes na modelagem.

Essa complexidade e o acesso aberto aos dados de processamento do SWMM, possibilitaram que empresas privadas realizassem atualizações no software com o intuito de facilitar seu manuseio, o que pode resultar em um incentivo ao seu uso para as simulações de cenários reais ou hipotéticos do manejo de águas pluviais urbanas.

Um exemplo dessa busca por melhorias é o PCSWMM – Personal Computer Storm Water Management Model, desenvolvido pela empresa canadense Computacional Hydraulic International – CHI. É uma versão mais flexível que apresenta uma interface mais amigável, sem perder todo o processamento complexo do SWMM. Desenvolvido em 1984, o PCSWMM vincula o SWMM com o Sistema de Informação Geográfica – SIG, fornecendo um pacote escalonável e completo para análises 1D e 2D dos processos de escoamento superficial. Suas ferramentas abrangem análise de controle em tempo real, gerenciamento de séries, modelagem fluvial, suporte ao Modelo de Elevação Digital (MDE), relatórios automatizados e a visualização da área pelo Google Earth. Além de ser capaz de modelar medidas de controle das águas pluviais, em termos de quantidade e qualidade (SIDEK et al, 2021 e AKHTER; HEWA, 2016).

3. PROCEDIMENTO METODOLÓGICOS

A presente pesquisa desenvolveu-se a partir dos procedimentos metodológicos apresentados neste capítulo. Estes foram divididos em 4 etapas, compreendendo desde a Revisão da Literatura até as Discussões e Recomendações sobre os Resultados obtidos; possibilitando a réplica dos procedimentos para pesquisas futuras.

No Quadro 6 são apresentadas estas etapas, acompanhadas cada qual com seus respectivos procedimentos adotados e produtos obtidos. A descrição detalhada é realizada logo em seguida.

Quadro 6 – Síntese das Etapas Metodológicas

| ETAPA (FASE) | | PROCEDIMENTO | PRODUTO |
|--------------|-----------------------------------------------|-----------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------|-----------------------------------------------------------------------------------------------|
| I | Revisão da Literatura | Sistematização de artigos científicos, publicações técnicas, manuais e legislações nacionais e internacionais sobre o Manejo mais Sustentável de Águas Pluviais | Referências descritas, sistematizadas e discutidas. |
| II | Estruturação do Método de Cálculo e Avaliação | Definição e organização dos procedimentos de cálculos hidrológicos e hidráulicos, na forma de planilhas | Estrutura do Método proposta. (fluxograma, planilha de cálculo) |
| III | Aplicação do Método nas Áreas de Estudo | Definição de arranjos para os cenários de modelagem | Arranjos definidos para os diferentes cenários nas áreas de estudo |
| | | Aplicação do Método em diferentes arranjos. | Resultados das aplicações para diferentes arranjos (hidrogramas, diferenças de volumes de BD) |
| IV | Comparação e Avaliação geral dos cenários | Avaliação comparativa de resultados do desempenho hidrológico, considerando também aspectos não-hidrológicos | Alternativas de arranjos comparadas. Método ajustado após as aplicações. |

A seguir são apresentadas detalhadamente as etapas metodológicas empregadas na presente pesquisa:

I) Revisão da Literatura

A Etapa 1, compreendida como a Revisão da Literatura, consistiu na busca e análise de estudos realizados, no âmbito nacional e internacional, sobre as tipologias, as características, os aspectos e o desempenho das Técnicas Compensatórias – TC, empregadas de forma isolada e

combinada. Para a referida busca foram utilizadas as seguintes palavras-chaves: integrated compensatory techniques; compensatory techniques; reduction runoff; stormwater resilience; hydrological performance; LID performance; Nature Based of Solutions Performance; Green Infrastructure Performance; SUDS Performance; entre outras combinações envolvendo as demais terminologias para a abordagens alternativas das águas pluviais.

De forma geral, essa base teórica foi essencial para estabelecer conhecimentos e análises sobre o estado da arte do desempenho quantitativo e qualitativo do uso combinado de TC, no âmbito nacional e internacional. Assim como, de compilar os critérios e parâmetros definidos para a avaliação das TC. Outro ponto relevante nessa fase foi a obtenção de arranjos de TC combinadas, com destaque para as peculiaridades da área de estudo.

Com isso, a referida revisão dividiu-se nos seguintes tópicos:

- **Pesquisas sobre as tipologias e características das TC:** uma breve apresentação sobre as tipologias de técnicas centralizadas e descentralizadas; e suas características de projeto, manutenção e operação. Estas informações foram extraídas de livros e manuais, havendo complementação de dados a partir de artigos direcionados para avaliação de técnicas em operação ou construídas em escala real. O produto dessa fase foi a descrição das TC mais empregadas e das particularidades de cada técnica quanto à concepção, ao projeto de engenharia, à implantação e à operação.
- **Identificação de métodos e ferramentas de seleção de TC:** foi realizada buscas por métodos e ferramentas desenvolvidas e aplicadas para a eliminação e seleção de TC em áreas urbanas. Essa fase possibilitou conhecer parâmetros e critérios empregados nos diferentes métodos. Como produto dessa fase foram apresentados métodos e ferramentas para a escolha de TC. A presente pesquisa não buscou comparar e selecionar o melhor método, mas sim de utilizar esse conjunto de informações para o desenvolvimento de método mais simples e aplicável a qualquer situação.
- **Identificação dos métodos de avaliação do uso de TC sob aspectos físicos-hidrológicos, urbanísticos/uso e ocupação do solo, ambientais (sanitários), socioeconômicos do emprego de TC :** buscou-se em pesquisas, livros nacionais e manuais internacionais por estudos que apresentassem e aplicassem métodos de avaliação do emprego de TC para aspectos hidrológicos e não-hidrológicos. De uma forma geral estes métodos acabaram por se caracterizar por Quadros de Avaliação da Resiliência ou *Resilience Assessement Framework – RAF* específicos para a gestão das

águas pluviais. Estes quadros oferecem os aspectos não-hidrológicos a serem considerados, bem como o método para avaliar como as TC combinadas se comportam quanto a estes aspectos.

- **Estudos do desempenho hidrológico de TC:** foi realizada a pesquisa e a análise de avaliações comparativas entre o uso combinado ou isolado de TC no meio urbano. Embora não fosse excludente para outros contextos climáticos, buscou-se pesquisas que abordassem cenários hidrológicos de clima tropical. Artigos, teses e manuais técnicos foram analisados de maneira a identificar potencialidades e limitações de cada combinação ou do emprego de TC isolada, assim como analisar os cenários de modelagem definidos. O produto foi a compilação e o conhecimento sobre as avaliações realizadas sobre o desempenho hidrológico de TC empregada de maneira combinada e/ou isolada.
- **Modelagens hidrológicas aplicadas às TC combinadas:** descrição das principais modelagens hidrológicas com breve apresentação sobre as vantagens e desvantagens do emprego destes modelos matemáticos; enfatizando a dificuldade de obtenção de dados físicos para alimentar os softwares; o manuseio do mesmo, e a interpretação de seus resultados pela equipe técnica, muitas vezes não familiarizadas com tais ferramentas.

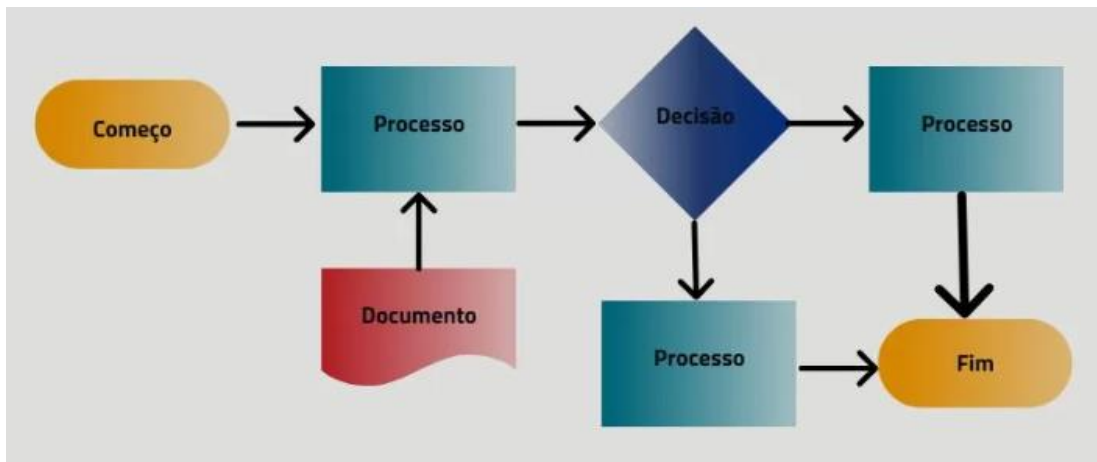
II) Estruturação do Método de Avaliação

A segunda etapa consistiu no desenvolvimento da Estrutura do Método de Avaliação de TC, proposta para a presente pesquisa. Definiu-se o Fluxograma como representação gráfica dessa estrutura. Ele reúne opções possíveis com a modelagem de processos, possibilitando um resultado consistente para auxiliar gestores e responsáveis sobre cada decisão a ser tomada (MENDES, 2021; LABONE, 2021).

Para Johnson et al (2019) o fluxograma, construído por meio da combinação de formas e setas, é um instrumento simples e uniforme para a tomada de decisão. Isso decorre de sua representação visual das informações das etapas envolvidas para que um processo possa ser concluído. A associação de um critério a uma decisão, em resumo, acaba por auxiliar na escolha da melhor opção.

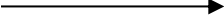


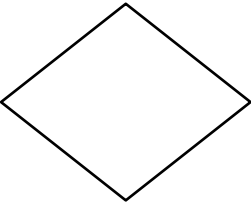


A Figura 19 apresenta o uso de símbolos para a construção de fluxogramas e no Quadro 7 é descrito a função e significado de cada símbolo.

Figura 19 – Como usar símbolos na construção de fluxogramas



Fonte: Qualyteam (2023)

Quadro 7 – Descrição dos símbolos comuns usados para a construção de fluxogramas

| | | | |
|-------------------------------------------------------------------------------------|----------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------|--------------------------------------------------------------------------------------|----------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------|
|  | <p>Linha de fluxo (ponta de seta): indica a ordem de operação no processo.</p> |  | <p>Terminal: indica o início/fim de um processo/subprocesso.</p> |
|  | <p>Processo: indica qualquer função de processamento – por exemplo, uma operação que resulta na mudança de valor, forma ou localização da informação.</p> |  | <p>Decisão: representa uma função de decisão, com mais de um caminho de resultado – por exemplo, sim/não ou verdadeiro/falso.</p> |
|  | <p>Dados: este símbolo representa dados.</p> |  | <p>Documento: indica dados legíveis por humanos – por exemplo, saída impressa, formulários de entrada de dados.</p> |

Fonte: Johnson et al (2019)

Quanto aos dados e aos processos organizados no fluxograma, o Quadro 8 apresenta as etapas gerais do método de cálculo que embasaram o desenvolvimento de sua estrutura. Logo em seguida uma breve descrição de cada etapa é apresentada.

A planilha eletrônica do Método Simplificado está disponível no link: https://drive.google.com/drive/folders/18zHMObhFsCdC8Y6rbsf7RxWcP6lzP0c0?usp=drive_link.

Quadro 8 – Etapas Gerais do Método de Cálculo e Avaliação das TC

| | |
|------------------|------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------|
| 1ª Etapa: | 1.1. Caracterização e Análise da Área de Projeto 1.1.1. Dados físicos, ambientais e urbanísticos 1.1.2. Parâmetros hidrológicos e hidráulicos |
| 2ª Etapa: | 2.1. Proposição de Arranjos de Simulação 2.1.1. Arranjo N; Arranjo N+1; Arranjo N+(...) |
| 3ª Etapa: | 3.1. Condições Pré e Pós-Ocupação para os Arranjos 3.1.1. Cálculos de vazões e volumes |
| 4ª Etapa: | 4.1. Tempos de Percurso / Permanência d'água 4.1.1. Tempo de Concentração, de Trânsito e de Enchimento nas AVR |
| 5ª Etapa: | 5.1. Hidrogramas de entrada e de saída da BD 5.1.1. Vazões e tempos para cada área de contribuição (Volume de Detenção) |

- 1ª Etapa – Caracterização e Análise da Área de Projeto

Contempla dados como uso e ocupação do solo; projeto e desenho urbanístico; legislações municipais; dimensões do empreendimento; cotas topográficas; disponibilidade de áreas públicas e permeáveis. Além de parâmetros hidrológicos, como equação, intensidade, frequência e duração da precipitação referente a área de projeto; determinação dos coeficientes de Runoff; delimitação das áreas de contribuição e definição do caminhamento do escoamento superficial.

A escolha e a caracterização da escala de implantação dos arranjos de simulação também devem ser consideradas. No caso de loteamento urbano as escalas comumente utilizadas são escala lote, quadra, loteamento, sub-bacia urbana. Pode haver variações nas nomenclaturas, mas o importante é descrever o tipo e as características da escala de atuação do projeto.

- 2ª Etapa – Proposição de Arranjos de Simulação

Os arranjos foram propostos de forma a considerar as condições passadas, anteriores à urbanização; a atual conjuntura, com os índices de permeabilidade; e a situações futuras, com

o uso isolado e/ou combinado de Áreas Verdes Rebaixadas – AVR, não excluindo os percentuais de permeabilidade. Para o detalhamento dos arranjos adotados e simulados no Método Simplificado verificar item 5.2.3.

▪ 3ª Etapa – Condições de Pré e Pós-Ocupação

Compreende o cálculo de vazões e volumes para as condições de uso e ocupação do solo, anteriores e posteriores a impermeabilização. O método de cálculo utilizado foi o Racional, recomendado para bacias com áreas inferiores a 2 km². Ele não avalia o volume de cheias e a distribuição temporal das vazões. Considera, portanto, a duração da chuva de projeto igual ao tempo de concentração da bacia, garantindo a inclusão das condições mais críticas em bacias pequenas – chuvas com pequena duração e grande intensidade (BRASIL, 2021). Sua equação é apresentada a seguir:

$$Q_{m^3/s} = \frac{C \cdot I \cdot A}{(1000/3600)} \quad \text{(Equação 4.1)}$$

Onde: Q=vazão (m³/s); C=coeficiente de escoamento superficial; I=intensidade pluviométrica (mm/h) e A = área de contribuição (m²)

A adoção do coeficiente de escoamento “C” depende das características físicas e ambientais de cada localidade, como o tipo de solo e cobertura, e o uso e ocupação do solo. Inclusive na determinação do volume de bacias de detenção, o C será o parâmetro a diferenciar os cenários de pré e de pós-urbanização, conforme apresentado a seguir:

a) Vazão da área pré-urbanizada (m³/s) – Q₁

Aplicação da Equação 4.1 com um C_{eq} = coef. de escoamento superficial característico à cobertura antes da urbanização.

b) Vazão da área pós-urbanizada (m³/s) – Q₂

Aplicação da Equação 4.1 com um C_{eq} = coef. de escoamento superficial proporcional às áreas do empreendimento (após a urbanização).

c) Volume de detenção (m³) (Equação 4.2)

$$V_{det} = (Q_2 - Q_1) \cdot d \cdot 60 \quad d = \text{tempo de duração da chuva de projeto (min)}$$

As condições de pré e pós-ocupação foram A adoção do coeficiente de escoamento “C” depende das características físicas e ambientais de cada localidade, como

4ª Etapa – Tempos de Percurso / Permanência d'água

Nessa etapa foi realizado o cálculo do tempo de percurso do escoamento superficial das áreas de contribuição da área de estudo, considerando seu transporte por galerias de águas pluviais, refletindo na escolha da sequência de cálculo, a qual é apresentada a seguir:

- 1) Equação de Manning

$$\frac{n \cdot Q}{\sqrt{i}} = A \cdot R_h^{\left(\frac{2}{3}\right)} \quad (\text{Equação 4.3})$$

Onde: Q = vazão (m³/s); n = coeficiente de rugosidade de Manning; i = declividade (m/m); A = área molhada (m²); R_h = raio hidráulico (razão entre a área molhada e o perímetro molhado)

- 2) Tabelas e Ábacos dos Elementos Hidráulicos de Seção Circular:

$$\frac{y}{\emptyset} ; \frac{Q}{Q_{pl}} ; \frac{v}{v_{pl}} ; \frac{Rh}{Rh_{pl}}$$

Onde: y = lâmina d'água; \emptyset = diâmetro; Q = vazão; Q_{pl} = vazão plena; v = velocidade; v_{pl} = velocidade plena; Rh = vazão; Rh_{pl} = raio hidráulico pleno.

- 3) Verificação dos parâmetros hidráulicos da rede: 0,75 m/s < velocidade > 5,0 m/s;
 $\frac{y}{\emptyset} \leq 0,75$ e declividade (i) mínima = 0,5 %.

- 4) Cálculo do tempo de trânsito da água nos trechos da galeria:

$$v = L \cdot t \quad \rightarrow \quad t = \frac{v}{L}$$

Onde: v = velocidade (m/s); t = tempo de trânsito (s); L = comprimento do trecho (m).

Por sua vez, o tempo de permanência d'água representa o tempo que uma AVR levará para atingir sua capacidade de armazenamento temporário. Pode ser definido também como tempo de enchimento e foi essencial para analisar a interferência das AVR no retardamento da vazão de pico a jusante, tendo como ponto de análise a BD. O cálculo do tempo de permanência foi determinado pela razão entre o volume da AVR e a vazão de entrada na AVR (pós-urbanização), convertendo segundos para minutos. Esse procedimento foi o mesmo para as AVR nos lotes e para as públicas.

5ª Etapa – Hidrogramas de entrada e saída da BD

Os hidrogramas dos arranjos de simulação foram construídos para indicar o comportamento hidrológico de entrada e de saída da Bacia de Detenção – BD, localizada no final do sistema de drenagem convencional. Para isso foi necessário definir o fluxo da água nas áreas de contribuição; os tempos de percursos em cada trechos e os de permanência d'água nas AVR; quais AVR teriam sua capacidade de armazenamento atingida e as vazões acumuladas.

Estes dados foram essenciais para a construção do hidrograma, mas também para ilustrar graficamente como que o regime de enchimento e esvaziamento das BD pode sofrer alterações com a inserção de unidades de armazenamento a montante e operando de maneira combinada.

III) Aplicação do Método de Avaliação de TC

A terceira etapa consistiu na aplicação dos dados, inerentes à área de estudo, no Método Simplificado proposto na presente pesquisa. Nessa etapa foram simulados o comportamento hidrológico de áreas de contribuição com uso e ocupação de solo distintas, a fim de buscar identificar, em termos numéricos, qual o impacto do armazenamento temporário e/ou infiltração desde a escala lote, nas dimensões da BD. Além disso de discutir sobre possíveis benefícios da descentralização do manejo das águas pluviais, analisando a relevância do uso de TC em áreas privadas e públicas.

Como área de estudo foi adotado um loteamento residencial real denominado de Jardim Boa Vista II, localizado no município de Araraquara. Para maiores detalhes verificar capítulo 4.

IV) Avaliação do Método Simplificado para Cálculo e Avaliação do Uso Combinado de Técnicas Compensatórias no Manejo de Águas Pluviais

Na quarta e última etapa da pesquisa, foi realizada a avaliação do Método Simplificado aplicado nas áreas de projeto do presente estudo. Essa avaliação contou com simulações testes para verificar a sequência e coerência entre resultados, como também a adaptabilidade do método para características urbanísticas distintas e para alterações nos parâmetros hidrológicos. Foi nesse momento que a estrutura do Método pode ser testada a partir de diferentes simulações, o que permite melhorias contínuas nos cálculos.

4. CARACTERIZAÇÃO DA ÁREA DE ESTUDO

4.1. O Município de Araraquara

O município de Araraquara está localizado no centro geográfico do Estado de São Paulo, a 21°47'31" de latitude, 48°10'52" de longitude e a uma altitude de 664 metros, e distante 277 quilômetros da capital. Conforme estimativas do IBGE, no ano de 2021, o município contava com 240.542 habitantes, distribuídos em uma área de 1.003,63 km², onde 80,17 km² representam área urbanizada, resultando em uma densidade demográfica de 207,90 habitantes/km² (IBGE, 2022).

Segundo o Centro de Pesquisas Meteorológicas e Climáticas Aplicadas a Agricultura – CEPAGRI (2018), toda parte central do Estado de São Paulo, região onde está localizada Araraquara, possui o clima do tipo Cwa, conforme classificação climática de Koppen; caracterizado pelo clima tropical de altitude, com chuvas no verão e seca no inverno, com temperatura média do mês mais quente superior a 22 °C.

De acordo com Araraquara (2014a), o município possui chuvas médias anuais de 1.300 mm. O período chuvoso ocorre de outubro a março, sendo de dezembro a fevereiro o intervalo mais chuvoso, enquanto o período de estiagem está compreendido de abril a setembro. Além disso, as temperaturas médias anuais oscilam de 21 °C a 23 °C, sendo que em janeiro ficam compreendidas entre 29 °C e 32 °C, e em julho variam de 11 °C a 13 °C.

O Município possui dois biomas predominantes: o bioma Mata Atlântica, representado pelas Florestas Estacionais Semidecíduais, e o bioma Savana, representado pelo Cerrados. As florestas são compostas por vegetação condicionada a estacionalidade climática e pela queda das folhas durante o período seco. Por sua vez, o cerrado inclui fitofisionomias variáveis desde campo limpo, avançando para campo sujo. Na região de Araraquara esse último bioma foi permanecia preservado até por volta de 1960-70 quando houve sua substituição pela cultura da cana-de-açúcar (ARARAQUARA, 2014).

Geologicamente, o município se encontra em uma área compreendida pelo planalto ocidental, planalto arenítico-basáltico, formado pelo derrame de lavas, processadas durante o triássico ou jurássico, com a intercalação de camadas de arenito do mesozoico. Desta forma, as formações geológicas existentes na região são: Formação Serra Geral (basalto toleíticos) e Formação Botucatu (arenito fino e médio), além da predominância de sedimentos da Formação Adamantina, sedimentos associados aos fundos de vales e de sedimentos arenosos inconsolidados (coberturas recentes) (ARARAQUARA, 2014).

Ainda de acordo com Araraquara (2014), a área urbana do município está localizada em

região, predominantemente, de latossolos vermelhos e latossolos vermelhos amarelos. Solos com elevada permeabilidade interna e baixa capacidade adsortiva, sendo classificados como pouco filtrantes.

4.1.1. Hidrografia Urbana: Sub-bacia do Ribeirão das Cruzes

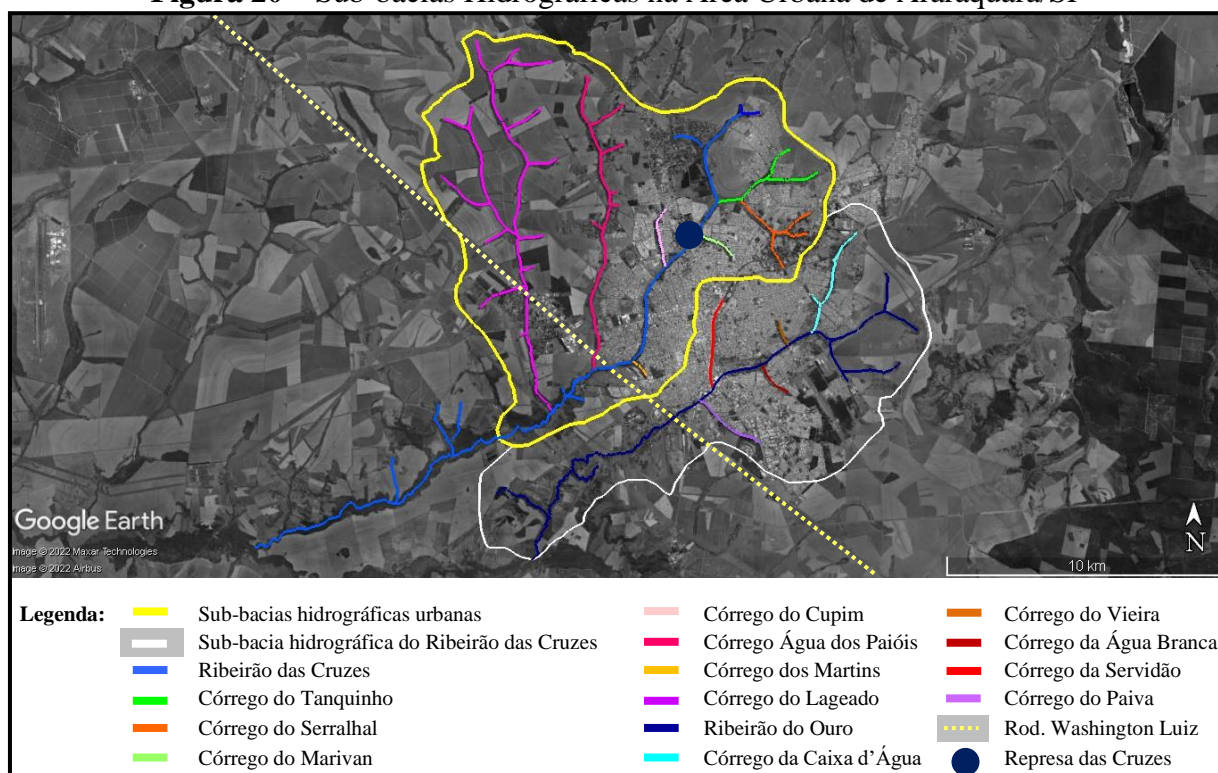
Araraquara está localizada na Unidade Hidrográfica de Gerenciamento de Recursos Hídricos – UGRHI Tietê-Jacaré (UGRHI 13), cujos cursos d’água principais são o Rio Tietê, Rio Jacaré-Guaçu e Rio Jacaré-Pepira (SÃO PAULO, 2016). No contexto urbano, o município possui o Ribeirão das Cruzes e o Ribeirão do que se estendem, praticamente, por toda cidade, no sentido nordeste para sudeste. Para Menzori e Falcoski (2017), a rede hídrica urbana de Araraquara é extensa e diversificada, tendo suas Áreas de Proteção Permanente – APP preservada diante do processo de urbanização.

A sub-bacia hidrográfica do Ribeirão do Ouro, na área urbana, tem como afluentes os Córregos do Pinheirinho, Vieira, Água Branca, Servidão e Paiva. Araraquara se formou ao redor de seus afluentes, localizados na região central, cujas várzeas foram, ao longo do tempo, totalmente ocupadas e urbanizadas. O Córrego do Pinheirinho ou Caixa d’Água, até o ano de 1940, foi o manancial superficial do município, abrigando a primeira estação de tratamento de água. Sua desativação foi em decorrência do crescimento da cidade e da demanda pelo consumo de água potável (OLIVEIRA, 2017).

Por sua vez, a sub-bacia hidrográfica do Ribeirão das Cruzes, no perímetro urbano, tem como afluentes os Córregos do Tanquinho, Serralhal, Marivan, Águas do Paiol, Cupim, Martins e Lageado. Em 1945, na seção inicial desta sub-bacia, foi construído um barramento para o abastecimento público, a Represa das Cruzes, responsável por 33% da demanda de água da cidade. Após alguns anos, em 1980, na seção média dessa sub-bacia foi implantado outro barramento para abastecimento público de água, porém no córrego Águas do Paiol, o qual contribui em 8% da demanda de água do município. (OLIVEIRA, 2017).

Na Figura 20 são indicadas as duas sub-bacias hidrográfica da área urbana do município de Araraquara.

Figura 20 – Sub-bacias Hidrográficas na Área Urbana de Araraquara/SP



Fonte: Adaptado de PERONI (2018)

A área de contribuição da Represa das Cruzes, formada pela junção do Ribeirão das Cruzes com os Córregos do Tanquinho, Serralhal e Marivan, foi instituída como Área de Proteção de Recuperação de Mananciais – APRM pelo Plano Diretor de Desenvolvimento e Política Ambiental de Araraquara – PDPUA (Lei Complementar nº 350/05). Nesse momento, a ocupação do solo nessa área deveria ser diferenciada, prevendo chácaras de recreio e ecovilas, com lotes mínimos de 2.500 m² e índice de permeabilidade de 30%. Contudo, após a revisão do PDPUA em 2014 (leis complementares nº 850/2014 e nº 858/2017), o lote mínimo passou a ser de 200 m² e foi permitida a implantação de loteamentos residenciais, condomínios fechados, loteamentos industriais e de serviços, conjuntos habitacionais de interesse social; além das chácaras e ecovilas.

Por conta dessa área ter um grande potencial de expansão e estar próxima a sede do município, a Companhia de Pesquisas de Recursos Minerais – CPRM, Gerência de Hidrologia e de Gestão Territorial, realizou um estudo, publicado em 2021, de caracterização fisiográfica da sub-bacia do Ribeirão das Cruzes. O estudo descreveu que a área total da sub-bacia é de 190,3 km², com perímetro de 114,3 km e a amplitude de 284 m. O curso d'água principal, o Ribeirão das Cruzes, se estende por 31,8 km e juntamente com os seus afluentes totalizam uma extensão total de 190,1 km. O comprimento axial da bacia equivale a 23,5 km (BRASIL, 2021).

Com estes parâmetros foram calculados os índices morfométricos quantitativos da sub-bacia, apresentados no Quadro 9.

Quadro 9 – Índices Morfométricos Quantitativos da Sub-bacia Hidrográfica do Ribeirão das Cruzes, em Araraquara/SP

| Índice | Resultado | Unid. | Característica | Suscetibilidade |
|-----------------------------|-----------|--------------------|-----------------|---------------------------------------------------------------------------------|
| Coefficiente de Compacidade | 2,32 | – | Alongada | Não sujeita a enchente |
| Fator de Forma | 0,35 | – | Alongada | Não sujeita a enchente |
| Índice de Circularidade | 0,18 | – | Alongada | Não sujeita a enchente |
| Densidade de Drenagem | 1 | km/km ² | Média | Eficiência Mediana. Suscetibilidade a processos erosivos. |
| Índice de Rugosidade | 0,28 | – | Média | Médio risco de degradação por erosão ocasionada por escoamentos superficiais |
| Ordem da Bacia | 4 | – | Boa ramificação | Média tendência para picos de cheia |
| Sinuosidade | 1,35 | – | Transicional | Menos sinuoso podendo haver melhor transporte de sedimentos e maior declividade |
| Tempo de concentração | 376 | min | Médio | Boa resposta à precipitação. Possibilidade de inundações bruscas. |

Fonte: BRASIL, 2021

Estes dados são relevantes para estudos hidrológicos e ambientais no território de Araraquara, auxiliando na tomada de decisões sobre a suscetibilidade a enchentes e erosões, além dos potenciais uso e ocupação do solo dessa região da cidade (BRASIL, 2021). Inclusive podem corroborar com outros estudos realizados na área (MENZORI, 2022; BRASIL, 2021; OLIVEIRA, 2017; BALESTRINI, 2016; GONÇALVES, 2010), com o intuito revitalizar a sub-bacia, respeitando suas características físicas e ambientais.

4.2. Área de Estudo: Loteamento Jardim Boa Vista II

4.2.1. Caracterização Geral

O empreendimento imobiliário Jardim Boa Vista II é um loteamento aberto, implantado em uma área de 106.833,39 m², adjacente à Avenida Dr. Edson Baccarin, próximo à Rua Maurício Galli. Está inserido na bifurcação da cabeceira do Córrego do Tanquinho, afluente do Ribeirão das Cruzes, assim como o bairro Jardim Roberto Selmi Dei – Setor 2, o Jardim Boa

Vista III e áreas para futura ocupação (Figura 21).

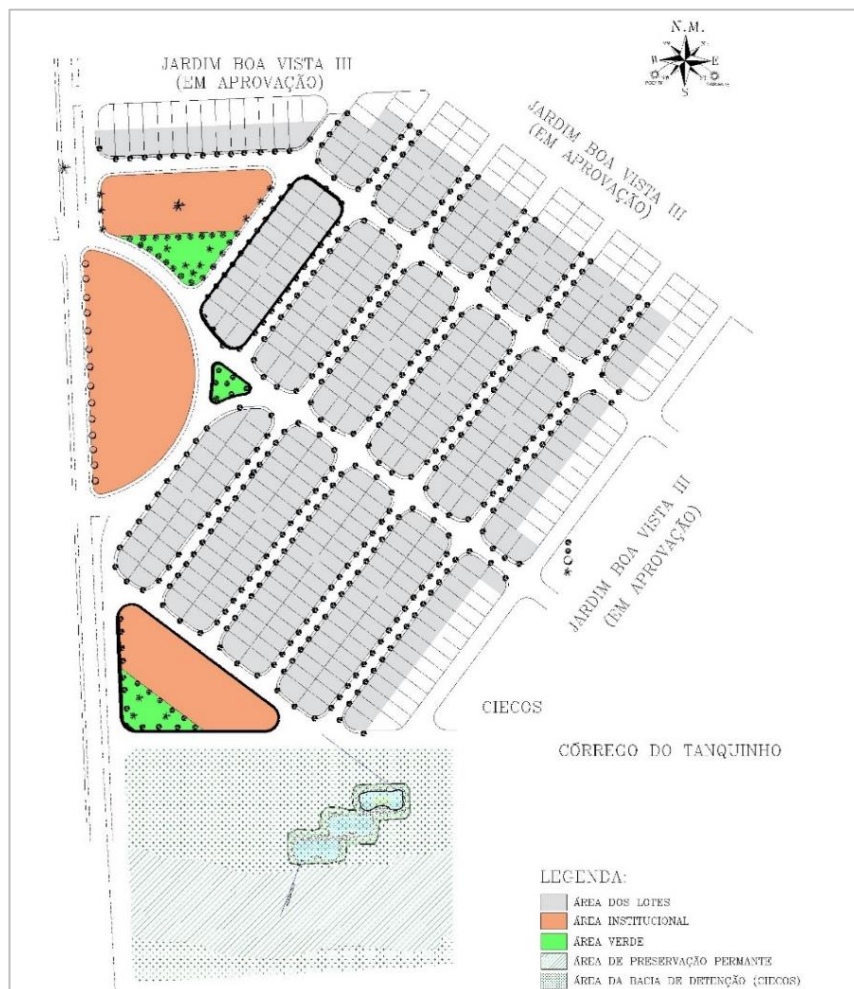
Figura 21 – Localização da Área de Estudo: Loteamento Jardim Boa Vista II



Fonte: Adaptado do Google Earth, 2022

O Jardim Boa Vista II possui 210 lotes urbanos, comercializados junto a empreiteira, além de 2 áreas verdes e 4 áreas institucionais, aprovados pelos setores responsáveis da Prefeitura de Araraquara por volta de 2013/2014. Como medida obrigatória há um sistema de retenção de águas pluviais, composto por 3 bacias, localizado no Corredor de Integração Ecológica – CIECO, adjacente a APP do Córrego do Tanquinho (Figura 22).

Figura 22 – Projeto Urbanístico do Jardim Boa Vista II



Fonte: Adaptado de Araraquara (2022)

Na Tabela 1 são indicadas as metragens e representativa de cada área do projeto urbano do Jardim Boa Vista II para melhor caracterização do empreendimento.

Tabela 1 – Áreas do Projeto Urbanístico do Jardim Boa Vista II

| Especificação | Áreas (m ²) | % |
|---------------------------------------|-------------------------|---------------|
| 1. Área de Lotes | 72.642,96 | 39,96 |
| 2. Total de áreas públicas | | |
| 2.1. Sistema viário | 46.858,53 | 25,77 |
| 2.2. Áreas Verdes 01 | 1.670,21 | 0,92 |
| 2.3. Áreas verdes 02 | 1.270,06 | 0,70 |
| 2.4. Áreas verdes 03 (Corredor CIECO) | 38.317,70 | 21,08 |
| 2.5. Áreas verdes 04 | 421,59 | 0,23 |
| 2.6. Área institucional | 20.625,56 | 11,34 |
| Total da área | 181.806,61 | 100,00 |

As quadras possuem comprimentos que variam de 132 m a 164 m, com algumas exceções de 61 m. A grande maioria dos lotes possui a metragem padrão de 200 m² (10x20 m), exceto os localizados nas esquinas que possuem áreas superiores. Já quanto as vias públicas, no detalhamento do projeto urbanístico foram indicados três tipos de via. O primeiro refere-se a Avenida Dr. Edson Baccarin, com largura de 30 m, sendo 2,5 m para cada passeio e o canteiro central. Essa avenida é o principal acesso ao loteamento (Figura 23). O segundo tipo refere-se a logradouros com largura de 14m, sendo os passeios de 2,5 m (Figura 24). E o terceiro tipo de vias, com larguras de 12 m, sendo 1,8 m para cada passeio. (Figura 25).

Figura 23 – Tipologia e Dimensões das Vias Públicas: Tipo 1

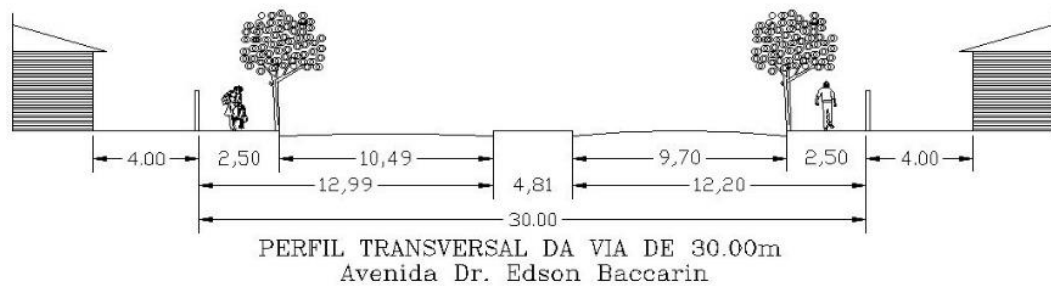


Figura 24 – Tipologia e Dimensões das Vias Públicas: Tipo 2

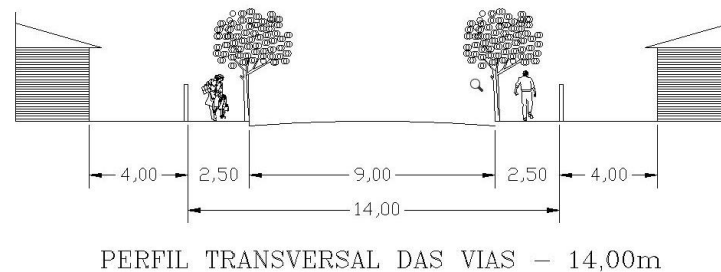
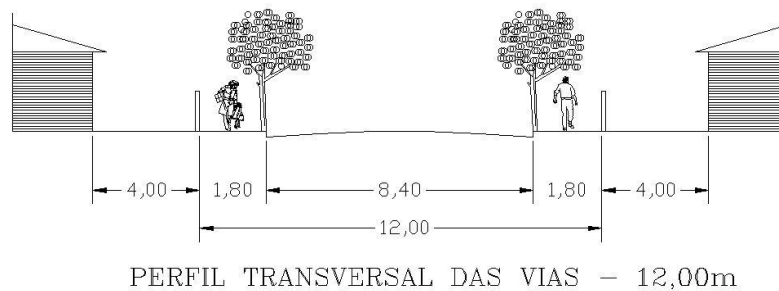


Figura 25 – Tipologia e Dimensões das Vias Públicas: Tipo 3



Os passeios possuem larguras de 1,80 m e 2,5 m, com pavimentação impermeável sem faixa gramada, mas com vegetação arbórea na divisa dos lotes, além de árvores frutíferas e de

maior porte nas áreas verdes. As Figuras 26 a 29 são registros fotográficos do empreendimento, permitindo visualizar características urbanísticas do local.

Figura 26 – Vista do Canteiro Central na Av. Edson Bacarin (AC 4)



Figura 27 – Vista Geral de uma das Áreas Institucionais (AC 3)



Figura 28 – Vista Geral de via pública na AC 8



Figura 29 – Vista Geral de outra Área Institucional (AC 7)



Importante destacar que a maioria das áreas institucionais do Jardim Boa Vista II, até o momento, não foram destinadas a nenhum empreendimento público específico, sendo algumas vezes ao ano empregada para eventos festivos e culturais. Toda a demanda da população residente no loteamento por escolas, unidades de saúde e demais serviços fica a cargo da infraestrutura existente em bairros próximos e mais antigos. Contudo, de forma geral, pode-se classificar o loteamento como um empreendimento novo e com potencial de expansão, fatores que podem garantir a implantação de novas infraestruturas públicas na área.

Essa característica de ocupação em desenvolvimento do Jardim Boa Vista II, tanto dos

lotes como das áreas públicas; juntamente com o fato dele estar localizado às margens do Córrego do Tanquinho, afluente da Represa das Cruzes, foram fatos relevantes para sua escolha como área de estudo da presente pesquisa. Uma oportunidade de demonstrar como parte das áreas públicas podem incorporar medidas mitigadoras dos impactos da impermeabilização do empreendimento para o manejo das águas pluviais, sem comprometer sua função principal.

4.2.2. Drenagem Urbana Existente e Nova Concepção de Bacias de Contribuição

O loteamento Jardim Boa Vista II possui dois sistemas convencionais de drenagem urbana independentes entre si, formando duas bacias de contribuição das águas pluviais. O primeiro sistema, de menores dimensões, compreende lotes residenciais, duas áreas institucionais e uma área verde. Todo escoamento gerado é captado por bocas -de-lobo, que lançam em caixas de ligação ou Poços de Visita – PV, e transportados por galerias de 600 mm de diâmetro até a Avenida Edson Bacarin (Figuras 23 e 28), onde uma tubulação de maiores dimensões, 1200 mm, lança no Córrego do Tanquinho.

O segundo e maior sistema de drenagem, também, é composto por lotes residenciais, duas áreas institucionais e uma área verde. Diferentemente do anterior, todo escoamento desse sistema é encaminhado para Bacias de Detenção – BD implantadas à margem direita do Córrego do Tanquinho, fora da Área de Proteção Permanente – APP e à montante do lançamento do sistema anterior.

A partir da verificação do projeto do sistema de drenagem urbana disponibilizado pelo DAAE Araraquara, e seguindo os procedimentos de cálculos recomendados pelo referido órgão municipal, foram observados os seguintes pontos:

- As sarjetas possuem capacidade de transporte para as vazões de projeto calculadas para as áreas de contribuição delimitadas no projeto, não sendo indicadas nas planilhas de cálculo vazões concentradas, para indicar futuros lançamentos nesse sistema;
- Apesar do ponto anterior, todas as ruas e avenidas contam com os elementos básicos de um sistema de Microdrenagem (boca-de-lobo, tubos de ligação e galerias). Mesmo que hidraulicamente não fosse necessário, justifica-se por outros motivos, como a garantia da segurança do sistema viário para transeuntes e veículos.
- Embora a topografia natural do terreno seja favorável para o escoamento das águas em direção ao córrego do Tanquinho e da Avenida Edson Bacarin, alguns trechos demonstraram redes com sentido desfavorável, sem motivos aparentes ou justificados nos memoriais, forçando alguns poucos trechos para o lançamento nas BD do empreendimento.

5. RESULTADOS E DISCUSSÃO

Neste capítulo é realizada a descrição e a discussão dos resultados obtidos para a presente pesquisa. A maneira de apresentá-los foi realizada com base nas etapas metodológicas (Quadro 6) propostas para o Método Simplificado de Cálculo e de Avaliação do Uso Combinado de Técnicas Compensatórias no Manejo de Águas Pluviais em Escala de Loteamentos.

5.1. Estruturação do Método

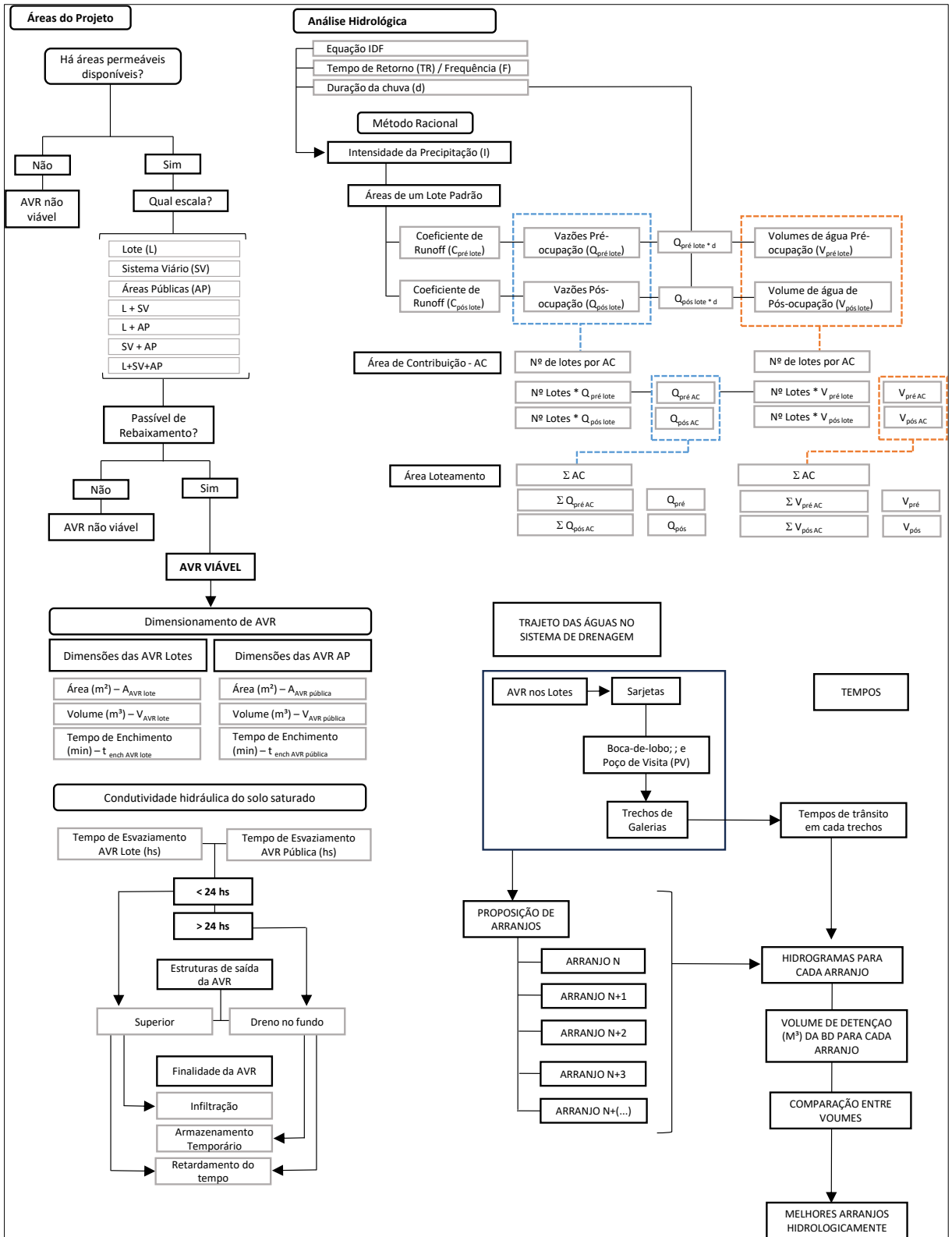
O Método Simplificado para Cálculo e Avaliação do Uso Combinado de Técnicas Compensatórias no Manejo de Águas Pluviais em Escala de Loteamentos, foi estruturado em forma de Fluxograma, conforme apresentado na Figura 30, favorecendo uma visão geral e sequencial das etapas propostas para o Método Simplificado.

Para o processamento dos dados e cálculos foi empregada Planilha Eletrônica (Excel), uma ferramenta difundida e de fácil acesso e manuseio. Inclusive a planilha do Método Simplificado desenvolvido está disponível no link: https://drive.google.com/drive/folders/18zHMObhFsCdC8Y6rbsf7RxWcP6lzP0c0?usp=drive_link.

A escolha do Excel teve como objetivo propor uma maneira simples de dimensionar e analisar a disposição isolada, combinada e/ou distribuída de AVR, permitindo identificar, de acordo com as características da área de projeto, qual a melhor alternativa.

Com essa proposição busca-se instigar o interesse dos gestores e dos técnicos sobre o uso e os projetos de outras soluções alternativas, diversificando as possibilidades de minimizar o impacto do uso intenso e único de Bacias de Detenção – BD. Para isso, foram escolhidos métodos de cálculos hidrológicos e hidráulicos de simples aplicação, tanto em termos de conceitos quanto da obtenção de dados, conforme descritos em detalhes no Capítulo 3.

Figura 30 – Fluxograma da Estrutura do Método Simplificado Proposto



A seguir as etapas gerais de estruturação do método são detalhadas.

1. Área do Projeto

1.1. Há áreas permeáveis disponíveis?

Entende-se por áreas permeáveis espaços privados e/ou públicos, sem edificação, podendo ou não possuir espécies vegetais gramíneas e arbóreas, e com solo sem pavimentação. São exemplos: parcela permeável nos lotes (privado); faixas gramadas nos passeios, áreas verdes e institucionais, e o sistema verde viário (rotatórias e canteiros centrais) (públicos).

Na inexistência destes espaços, a implantação de AVR é considerada inviável, não sendo possível utilizar o referido fluxograma. Caso contrário, havendo as áreas permeáveis disponíveis, prosseguir as próximas etapas.

1.2. Qual escala?

Representa as escalas em que as áreas permeáveis disponíveis estão localizadas. São elas: Lote (L), Sistema Viário (SV): passeios e ruas; rotatórias e canteiros centrais; e Áreas Públicas (AP): áreas verdes, institucionais e de lazer; podendo ser definida uma ou mais escala. No presente estudo as escalas utilizadas foram: L; L+AP

1.3. Passível de Rebaixamento?

As AVR são viáveis se suas áreas permeáveis disponíveis forem passíveis de rebaixamento do solo, em relação ao sistema viário. Na impossibilidade, as AVR, como também o fluxograma, tornam-se inviáveis.

1.4. Dimensionamento das AVR

O dimensionamento depende da área disponível para a AVR, o que engloba as escalas de implantação. Para isso o dimensionamento das AVR foi dividido em dois grupos: AVR Lotes e AVR Públicas. O primeiro consiste em lotes particulares e o segundo compreende áreas fora dos lotes, portanto, públicas (sistema viário, áreas verdes etc.). As dimensões das AVR consistem em áreas de superfície e profundidade, resultando na capacidade de armazenamento de água de cada AVR, como também, o tempo de enchimento e esvaziamento delas. Estes tempos indicam o tipo de estrutura de saída a ser recomendada para cada AVR.

Tempos de esvaziamento longos, superiores a 24 hs, requerem uma saída adicional, como um dreno do fundo da AVR para garantir o escoamento total da água. Já para os casos de esvaziamento baixos (< 12 hs), a saída d'água é recomendada na parte superior da AVR, respeitando a declividade mínima necessária para o lançamento de água da AVR na sarjeta. A partir da definição das estruturas de saída é definido também a finalidade da AVR: saída de água na parte superior tem a finalidade de infiltração no solo e, portanto, redução no volume de escoamento superficial e retardamento da vazão de contribuição. Já para as AVR com drenos no fundo, o armazenamento d'água é

temporário, não influenciando no volume, mas mantendo sua relevância quanto as alterações temporais nos respectivos hidrogramas.

2. Análise Hidrológica

2.1. Equação Intensidade-Duração-Frequência IDF

A Equação IDF é empregada para a determinação da Intensidade de Precipitação – I (mm/h), um parâmetro hidrológico primordial para o desenvolvimento de projetos e estudos de manejo das águas pluviais, garantindo a segurança da infraestrutura para um determinado evento de precipitação, com duração e frequência definidas de acordo com o porte das obras ou os cenários definidos.

É uma equação elaborada a partir de dados pluviométricos de cada município. O Departamento Autônomo de Água e Energia Elétrica – DAEE do Estado de São Paulo, por exemplo, uma coletânea com as Equações IDF de 75 municípios paulistas (SÃO PAULO, ESTADO, 2018). Contudo, nem todas as cidades brasileiras possuem uma equação IDF desenvolvida, por isso, no caso de sua inexistência, o recomendado é adotar a equação de uma localidade próxima a área de projeto.

2.2. Método Racional: Determinação das Vazões e Volumes de Projeto

Os projetos de drenagem urbana empregam, em muitos casos, métodos simplificados para a determinação das vazões de escoamento superficial da área de projeto. Um deles é o Método Racional, indicado para áreas de contribuição até 2 km². A descrição e detalhamentos sobre esse método foram apresentados no Capítulo 4.

Com base na Eq. 4.1, os dados necessários para a determinação da vazão são: Intensidade de Precipitação – I, Áreas de contribuição e Coeficientes de Runoff, que indicam o uso e ocupação do solo.

No Método de Cálculo proposto pelo presente estudo, as áreas de contribuição são divididas em três escalas de implantação: área de um lote (definido com as medidas padrões de todos ou da maioria dos lotes); áreas de contribuição – AC (um conjunto de lotes que tem em comum a saída de água por um mesmo exutório); e área do loteamento (um conjunto de AC). Assim, o método racional foi empregado para o cálculo das vazões e volumes, nas condições de pré e pós-ocupação, por unidade de lote.

Estes valores unitários multiplicados pela quantidade de lotes, em cada AC, resultam em vazões e volumes de escoamento superficial para AC. Por conseguinte, estes valores de AC somados, resultam nas contribuições totais na escala loteamento. Somente para as áreas públicas, onde não há lotes, a aplicação do cálculo é realizada diretamente pela aplicação do Método Racional.

2.3. Interligações das AVR com o Sistema Convencional de Drenagem Urbana

A infraestrutura de drenagem urbana convencional não foi excluída totalmente do Método Simplificado. Ela é responsável pela captação do escoamento superficial gerado no sistema viário e da vazão dos lotes, lançada na sarjeta. Com a definição das Áreas de Contribuição – AC, os trechos de galerias podem ser determinados, conforme topografia do local. A partir disso, os tempos de trânsito são calculados para cada trecho, sendo que o mais distante representa o tempo de concentração.

2.4 Hidrogramas

Elaboração de Hidrogramas de Entrada e de Saída da Bacia de Detenção para os arranjos de simulação definidos. A partir da subtração de áreas no hidrograma, os volumes de detenção são determinados, possibilitando a comparação entre arranjos de simulação. Além de ilustrar o comportamento hidrológico das BD com ou sem a inserção de AVR a montante.

Importante destacar que o Método foi organizado para que cada área de projeto, ou no presente caso, cada Setor, possua uma planilha eletrônica única. Dentro desta, a possibilidade de diversificar os parâmetros das simulações ocorre pela replicação da aba “oficial”, para quantas outras o usuário almejar. Para o presente estudo, por exemplo, em cada setor as simulações dos arranjos foram realizadas para precipitações com duração de 10 min e 30 min (cada simulação dessa em uma aba, e em uma única planilha).

Outro ponto a ressaltar é que o Método Simplificado proposto é uma medida inicial que busca incentivar a expansão do conhecimento e da prática na análise e dimensionamento de tipologias de TC. É esperada, ao longo do tempo, a sua substituição por ferramentas mais complexas, principalmente pela multidisciplinariedade inerente às dinâmicas hídricas e urbanas. Portanto, não houve a pretensão de comparar ou substituir softwares robustos e eficientes como, por exemplo, SWMM e HEC-RAS. Pelo contrário, espera-se que a partir de um Método Simplificado, técnicos, projetistas e gestores possam quantificar de forma fácil e clara, como o aproveitamento de áreas públicas, obrigatórias em loteamento urbanos, podem ser incluídas como parte relevante para a infiltração e/ou armazenamento temporário das águas pluviais. E assim minimizar e até mesmo mudar a mentalidade de centralizar as águas em uma única unidade, como no caso das BD.

5.2. Aplicação do Método na Área de Estudo

O Método Simplificado apresentado neste estudo foi aplicado em três bacias de contribuição na área de estudo, denominados de Setores de Contribuição, os quais estão inseridos em um mesmo loteamento residencial na área urbana do Município de Araraquara/SP: Jardim Boa Vista II.

5.2.1. Nova Concepção de Bacias de Contribuição na Área de Estudo

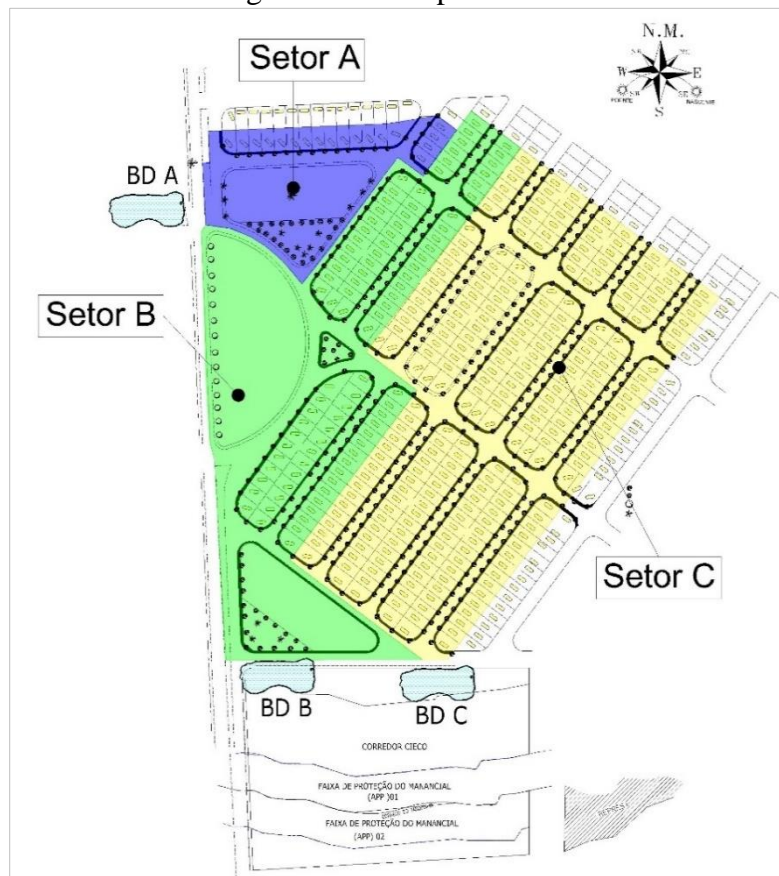
Diante essas observações, e analisando as características topográficas e urbanísticas do loteamento, como por exemplo, possibilidade de lançamento das águas em áreas verdes e/ou institucionais, assim como no sistema viário verde (canteiros, rotatórias); o empreendimento foi dividido em três setores independentes de drenagem, conforme descrito a seguir, denominados de Setores A, B e C.

Cada setor compreende uma bacia de detenção para o lançamento final do escoamento, sendo estas classificadas conforme a nomenclatura dos próprios setores: Setor A – BD A; Setor B – BD B e Setor C – BD C. Essa divisão possibilitou a análises de três situações distintas de uso e ocupação do solo, conforme descrita a seguir:

- Setor A: coincide com o menor sistema de drenagem descrito anteriormente no sistema implantado. Ele compreende um conjunto de 18 lotes residenciais, com área média de 200 m² cada; uma área institucional de 6.026,32 m² e uma área verde de 3.565,75 m². O escoamento gerado nesse setor é encaminhado para o canteiro central na Av. Edson Bacarin, que posteriormente lança na BD A.
- Setor B: compreende parte da maior bacia de contribuição definida no projeto existente. composto por 89 lotes residenciais, uma área institucional de 14.888,22 m² e uma área verde com 9.241,18 m². Todo escoamento sendo encaminhado para a BD B.
- Setor C: compreende a parte restante da maior bacia de contribuição definida no projeto existente. Esse setor se diferencia dos demais pela ausência de áreas verdes e institucionais, sendo uma área de drenagem caracterizada pelos lotes residenciais e o sistema viário público (passeio e ruas).

A Figura 31 apresenta a delimitação e a localização dos setores descritos.

Figura 31 – Setores de Drenagem definidos para o Loteamento Jardim Boa Vista II



Fonte: Adaptado de Araraquara, 2023

Importante destacar que todo o desenvolvimento, aplicação do método de cálculo, análises dos resultados e discussões foi baseado nessa divisão de Setores de Drenagem. Como também, sobre a interrelação entre a descentralização do escoamento superficial com as reduções das dimensões das BD, estruturas centralizadas. Portanto, é imprescindível compreender essa segregação para a discussão dos resultados.

5.2.2. Definição das Escalas de Análise

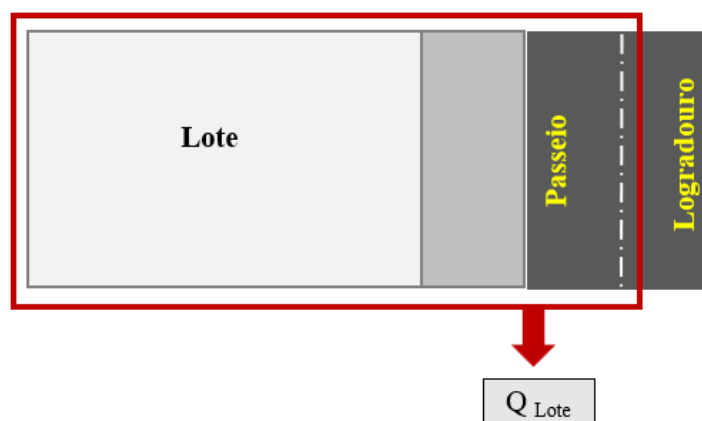
As escalas de implantação definidas para a aplicação do Método Simplificado foram divididas em Escala Lote, Escala Quadra e Escala Loteamento. Essa classificação foi utilizada para a estruturação e no desenvolvimento do método, como também em sua aplicação e sua avaliação. Inclusive a relação entre elas é a base dos procedimentos de cálculo das condições de pré e pós ocupação, conforme descrito no Capítulo 3.

A escala lote consiste na parcela particular ou privada dentro dos limites do loteamento urbano, cujas dimensões podem variar de acordo com a proposta de cada empreendimento. Para a presente pesquisa considerou-se nessa escala três elementos, a saber:

- **Lote urbano padrão:** com uma área de 200 m² (10 x 20 m), representa a maioria das metragens dos lotes existentes no loteamento Jardim Boa Vista II. Considerou que todos os lotes respeitavam o índice de permeabilidade do solo, igual a 30%, sendo esse percentual destinado ao uso de AVR privadas.
- **Passeio/Calçada:** com uma área de 18 m² (1,8 x 10 m), corresponde a parcela de passeio localizada na frente do lote padrão (10 m) e a largura definida em projeto (1,8 m). Quanto a largura, destaca-se que havia outras tipologias de passeios, contudo assim como com os lotes, os valores de largura mais expressivos foram considerados como padrão. O mesmo ocorreu com o item seguinte.
- **Logradouro/Leito Carroçavel:** com uma área de 42 m² (4,20 x 10 m), corresponde a metade da largura da rua defronte ao lote e passeio padrão.

Essa combinação de lote-passeio-rua foi denominada de Unidade de Dimensionamento Lote – UD Lote e é apresentada na Figura 32. Essa nomenclatura é empregada no presente estudo como também na planilha de cálculo do Método Simplificado.

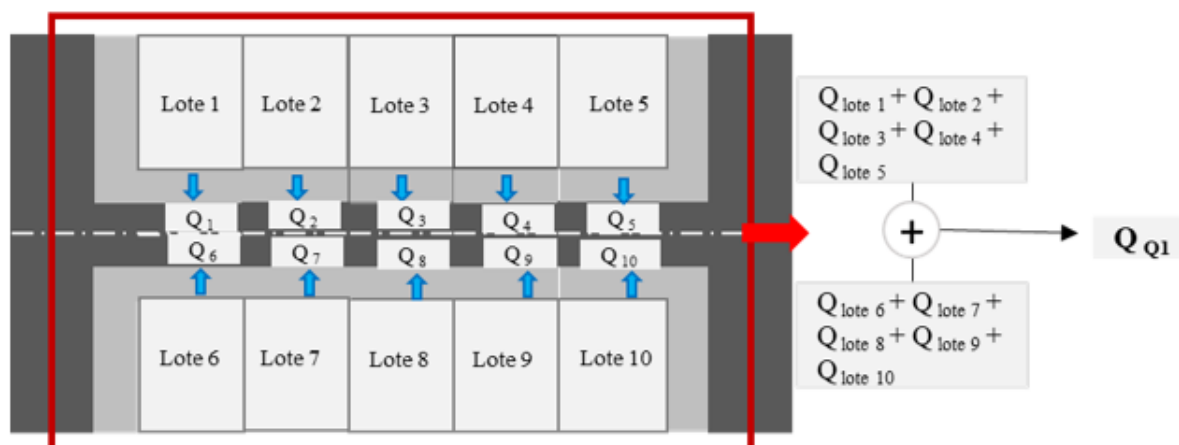
Figura 32 – Escala Lote: Unidade de Dimensionamento Lote do Jardim Boa Vista II



Legenda: Autora, 2023

A Escala Quadra consiste no conjunto de UD Lotes cujo escoamento superficial converjam para o mesmo leito carroçável, conforme apresentado na Figura 33, delimitando assim uma sub-bacia que foi denominada de Área de Contribuição – AC.

Figura 33 – Escala Quadra: Áreas de Contribuição – AC no Jardim Boa Vista II



Legenda: Autora, 2023

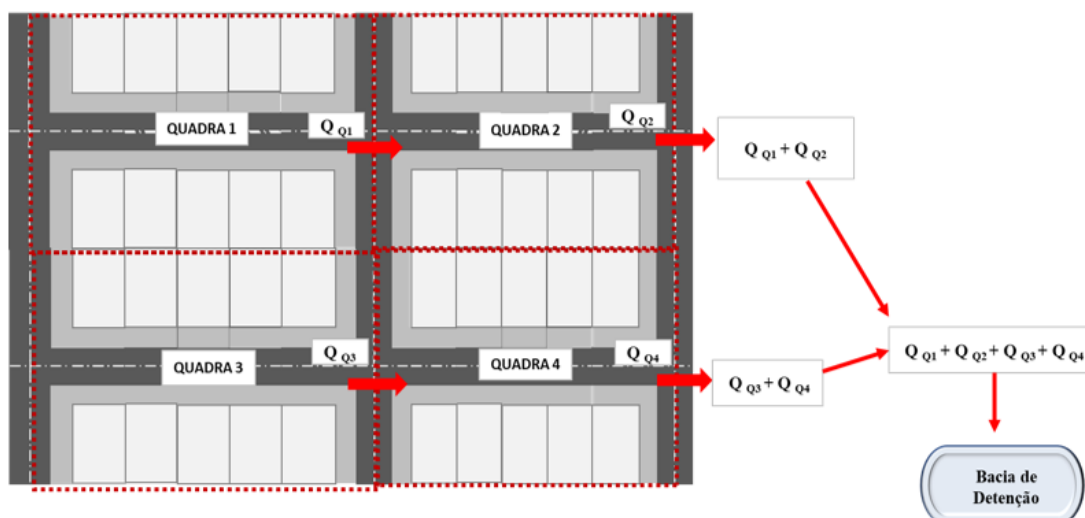
As AC podem ser compostas por UD Lotes com a Figura 33 indica, mas podem também contemplar áreas verdes públicas, o que ocorre no Loteamento Jardim Boa Vista II, onde estes espaços são destinados ao armazenamento temporário das águas pluviais.

É importante ressaltar aqui sobre um fator de segurança que relaciona as duas escalas apresentadas até o momento: Lote e Quadra. A configuração admitida para a UD Lote não caracteriza os lotes de esquinas. Estes possuem áreas impermeáveis adicionais de passeio e logradouro ao longo do comprimento do lote. Inicialmente foram realizados os cálculos de volume e vazão com estes lotes. Contudo, por conta da dificuldade em automatizar essa etapa no método, foram calculados Fatores de Segurança para minimizar essa diferença.

Determinados com base na área de estudo, a aplicação destes fatores ocorre apenas na Escala Quadra, onde é possível verificar as AC com lotes e sem lotes (no caso das áreas públicas). Para o primeiro caso o fator de segurança adotado foi de 10% e para o segundo foi de 15%. Esse fator está contido na planilha de cálculo como um dado de entrada (célula na coloração verde), por isso pode ser alterado pelo usuário conforme houver a necessidade.

Já a Escala Loteamento compreende o conjunto de AC definidas na Escala Quadra e que tenham em comum o ponto de lançamento final, no presente caso a BD. A Figura 34 ilustra a Escala Loteamento para a área do Jardim Boa Vista II.

Figura 34 – Escala Quadra: Áreas de Contribuição – AC no Jardim Boa Vista II



Legenda: Autora, 2023

A configuração apresentada na Figura 34 indicada o acúmulo das contribuições de águas pluviais para seu posterior lançamento na BD. Todavia podem ocorrer outras configurações de caminhamento do escoamento superficial, a depender das características topográficas e do projetista, se as primeiras forem favoráveis a tais flexibilidades. Por isso, as figuras apresentadas devem ser analisadas como ilustrativas e específicas para as características da área de estudo do presente estudo. Para outras localidades podem ocorrer alterações, mas o relevante para replicações é a manutenção dos conceitos incorporados.

Por fim, as quantidades de lotes e quadras definidas para cada Setor de Contribuição do Jardim Boa Vista II (Figura 31) são apresentados no item 5.3., onde é realizada a avaliação hidrológica do Método Simplificado nos cenários de simulação propostos.

5.2.3. Arranjos de Simulação e Parâmetros Hidrológicos

Os arranjos de simulação foram determinados com base nos Setores de Contribuição (Figura 31), nas escalas de implantação (Figuras 32 a 34) e na disponibilidade de áreas verdes e/ou institucionais e sistema viário verde – canteiros, rotatórias – para o recebimento das águas pluviais. Cada setor se caracteriza como uma área independente de drenagem das águas pluviais, cuja contribuição é encaminhada para sua respectiva Bacia de Detenção – BD, sendo estas classificadas conforme a nomenclatura dos próprios setores: Setor A – BD A; Setor B – BD B e Setor C – BD C.

A BD foi a unidade de comparação empregada pelo Método para avaliar a influência e o impacto da disposição de unidades menores de armazenamento temporário e/ou infiltração, nas dimensões da BD. Para isso foi definido um grupo de 4 (quatro) arranjos de simulação, que aplicado para cada Setor de Contribuição, contribuiu para as discussões acerca da distribuição e descentralização de TC combinadas em série ou em paralelo. Destaca-se que em todos os arranjos, os elementos de Microdrenagem, como sarjetas, bocas-de-lobo e galerias de águas pluviais, foram mantidos para interligar as estruturas propostas neste estudo.

No Quadro 10 os arranjos são apresentados, como o uso e a ocupação do solo adotados para cada um.

Quadro 10: Características de cada Arranjo de Simulação Aplicado

| Arranjos | Características de Uso e Ocupação do Solo | | | |
|----------|-------------------------------------------|-----------|--------------|---------------------|
| | IP = 30 (%) | AVR Lotes | AVR Públicas | Simulados no Setor: |
| 1 | • | | | A, B, C |
| 2 | • | • | | A, B, C |
| 3 | • | | • | A, B |
| 4 | • | • | • | A, B |

Legenda: IP = Índice de Permeabilidade / AVR = Áreas Verdes Rebaixadas

Os parâmetros hidrológicos adotados para a simulação foram os apresentados no Quadro 11, respectivamente. Devido a mesma localização dos três setores (cidade e empreendimento), tais parâmetros foram semelhantes para todos eles.

Como mencionado anteriormente, as AC e as AVR públicas foram conectadas por tubulações subterrâneas, alimentadas por bocas-lobo, e cujo destino era a BD. A definição dos trechos e do fluxo d'água foi definida com base nas condições topográficas de cada setor; embora possam ser alteradas, a depender dos critérios do projetista. Após essa concepção, o bom funcionamento das galerias foi analisado com base nos seguintes parâmetros hidráulicos: diâmetro mínimo das galerias = 600mm; lâmina d'água máxima admitida = 0,75; e velocidades mínima de 0,75 m/s e máxima de 5,00 m/s.

A partir dessa fase foram calculados os tempos de trânsito da vazão entre os trechos de galerias. O tempo obtido pelo trecho com maior extensão dentro do setor, considerando a BD como ponto final, foi o tempo de concentração utilizado nos hidrogramas. Vale ressaltar que, inicialmente, estes tempos também foram calculados entre o fundo do lote e a sarjeta; porém por conta de os valores serem inferiores a 60 segundos, não refletindo em alterações nos tempos

a jusante, eles foram desprezados.

Quadro 11: Parâmetros Hidrológicos aplicados para os Setores A, B e C

| MÉTODO SIMPLIFICADO DE CÁLCULO E DE AVALIAÇÃO DA COMBINAÇÃO DE TC EM ESCALA DE LOTEAMENTO | | | |
|-------------------------------------------------------------------------------------------|---------------------|-----------------------------|----------|
| EMPREENDIMENTO: | JD BOA VISTA II | DATA: | 10/08/23 |
| PROJETO: | SETOR A | REVISÃO: | REV1 |
| 1. Dados Gerais | | | |
| Município: | Araraquara | | |
| Loteamento: | Jardim Boa Vista II | | |
| Tipo de ocupação: | Loteamento aberto | | |
| Tipo de uso predominante: | Residencial | | |
| Índice de Permeabilidade - IP Lote(%): | 30 | | |
| Índice de Permeabilidade - IP Passeio(%): | 0 | | |
| Índice de Permeabilidade - IP Rua(%): | 0 | | |
| 2. Equação IDF - Precipitação | | | |
| I = intensidade da precipitação (mm/h) = | 96,16 | (Equação IDF de Araraquara) | |
| Tr = Tempo de retorno (anos) = | 10 | | |
| t = duração da chuva (min) = | 30 | | |
| tc = tempo de concentração (min): tc = t | | | |
| Tc calculado | Califórnia | | |
| | Kirpich | | |
| 3. Coeficiente escoamento superficial | | | |
| Terreno natural | C1 | 0,20 | |
| Sistema Viário: Vias/Passeios | C2 | 0,95 | |
| Área Verde | C3 | 0,30 | |
| Área Institucional | C4 | 0,60 | |
| Área de lotes | C5 | 0,80 | |

Fonte: Autora, 2023

Um ponto a destacar é que na escala lote as áreas de lote (10m x 20m), passeio (8m x 10m) e rua (4,5m x 10m) são iguais para os três setores, resultando nos mesmos valores de vazão, volume e tempo de enchimento. Na Tabela 2 foram resumidos os referidos dados para as condições de pré e pós ocupação, sendo esta última dividida entre lotes com AVR e sem AVR. As vazões de projeto nas referidas condições foram essenciais para a construção do Hidrograma de Entrada e Saída da BD de cada setor, e, por conseguinte, do volume de detenção.

Tabela 2 – Vazões (Q) e Volumes (V) de pré e pós-ocupação para Lote Padrão

| Escala | Pré-ocupação | | Pós-ocupação <u>Sem AVR</u> | | Pós-ocupação <u>Com AVR</u> | | |
|--------------------|--------------------------------------|------------------------------------|---------------------------------------|-------------------------------------|------------------------------------|---------------------------------------|-------------------------------------|
| | Q _{pré} (m ³ /s) | V _{pré} (m ³) | Q1 _{pós} (m ³ /s) | V1 _{pós} (m ³) | V _{avr} (m ³) | Q2 _{pós} (m ³ /s) | V2 _{pós} (m ³) |
| Lote | 0,0011 | 1,92 | 0,0043 | 7,69 | 3,6 | 0,0043 | 4,09 |
| Passeio | 0,0001 | 0,17 | 0,0005 | 0,82 | 0,0 | 0,0005 | 0,82 |
| Rua | 0,0002 | 0,40 | 0,0011 | 1,92 | 0,0 | 0,0011 | 1,92 |
| Lote Padrão | 0,0014 | 2,50 | 0,0058 | 10,43 | 3,6 | 0,0058 | 6,83 |

Fonte: Autora, 2023

Outra recomendação válida para os três setores é a atenção quanto a adoção de profundidades para as AVR nos lotes e públicas. Deve-se analisar o entorno e o local de implantação das AVR para garantir segurança viária para pessoas e veículos. Em áreas mais próximas a circulação de transeuntes e tráfego, as profundidades não ultrapassaram 0,20 m. No interior de áreas públicas e demais áreas, distantes do sistema viário, as profundidades podem ser superiores, garantindo o esvaziamento total da área para o próximo evento de precipitação.

5.3. Avaliação Hidrológica com Aplicação do Método Simplificado

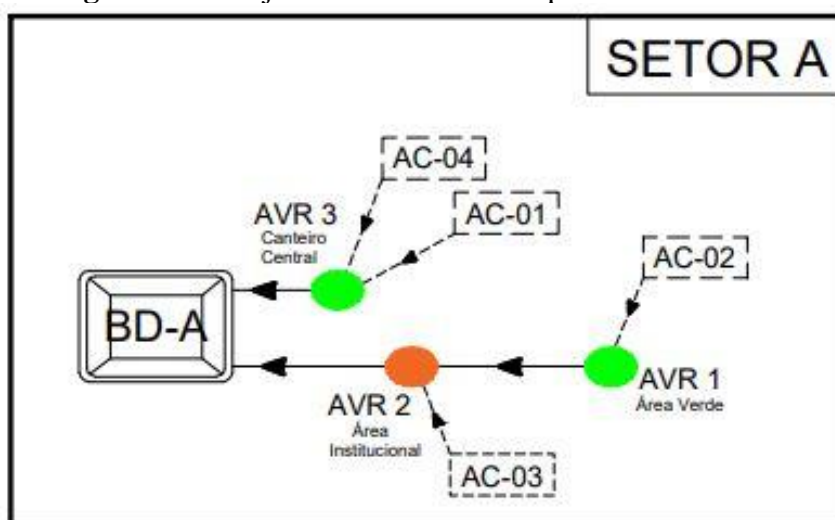
A seguir são apresentados os resultados e as discussões obtidos a partir da simulação dos 4 arranjos aplicados a cada Setor de Contribuição. A indicação dos arranjos em cada setor foi representada como “**Letra do setor – Número do Arranjo**”; por exemplo **A-1; A-2; A3; A4; B-1; (...); C-1; (...)**, e assim por diante, com o objetivo de facilitar a análise dos dados para cada situação.

Nos apêndices deste volume foram inseridas as planilhas do Método Simplificado para cada um dos três setores.

Simulação Hidrológica do Setor A

O Setor A possui uma área total de 16.052,58 m², onde estão compreendidos 18 lotes residenciais, com área média de 200 m² cada lote; uma área institucional de 6.026,32 m²; uma área verde de 3.565,75 m² e 752,18 m² de canteiro central. Foram definidas 4 AC e 3 AVR. O escoamento gerado nesse setor é encaminhado para a BD A (Figura 35).

Figura 35 – Trajeto do escoamento superficial no Setor A



Legenda: Área de Contribuição – AC; Área Verde Rebaixada – AVR; Bacia de Detenção do Setor A – BD-A.

Os cálculos realizados pelo Método para o Setor A são apresentados no Apêndice 1 do presente documento.

O uso e a ocupação nesse setor foram caracterizados pela alta disponibilidade de áreas permeáveis e passíveis de rebaixamento; e com baixa quantidade de lotes residenciais, presentes apenas na AC-01. Essa descrição estabelece o procedimento de cálculo das vazões e volumes das áreas com lotes e sem lotes, conforme descrito no item 2.2. Realizados os cálculos de vazão e volume, a definição das dimensões das AVR no lote e pública, permitem determinar qual o tempo de enchimento destas unidades e o tempo remanescente que é o intervalo de tempo entre o fim do enchimento e o término da precipitação.

Para as AVR Lotes, considerou-se como área permeável disponível a resultante dos IP = 30% da área total do lote. No presente caso, um lote padrão mede 10m x 20m, sendo 160 m² área impermeável e 40 m² área permeável. As dimensões das AVR Lote, iguais para todos os lotes da AC, podem ser definidas pelo usuário e alteradas conforme critério do usuário. Assim, a área adotada para a AVR nos lotes, localizada dentro dos 40m² de área permeável, foi de 24m² com profundidade de 0,15 m, resulta em um volume de 3,6 m³ por lote. A definição das dimensões das AVR Públicas (AVR 1; AVR 2; AVR 3) também fica a critério do usuário e da disponibilidade de áreas, havendo uma maior possibilidade de ampliação das AVR públicas.

Na Tabela 3 foram apresentadas as dimensões adotadas para cada AVR no setor A, acompanhadas pelos tempos de enchimento de cada unidade, bem como a relação entre esse tempo com a duração da precipitação (tempo remanescente).

Tabela 3 – AVR Lote e AVR Públicas no Setor A

| AVR | A _{avr} (m ²) | h _{avr} (m) | V _{avr} (m ³) | t _{ench} (min) | t _{reman} (min) |
|------|------------------------------------|----------------------|------------------------------------|-------------------------|--------------------------|
| Lote | 24 | 0,15 | 3,6 | 14,04 | 15,96 |
| 1 | 600 | 0,20 | 120 | 69,99 | - |
| 2 | 700 | 0,20 | 140 | 24,16 | 5,84 |
| 3 | 750 | 0,30 | 225 | 31,48 | - |

Fonte: Autora, 2023

O tempo de enchimento da AVR Lote, determinado a partir de [V_{avr} (m³) / Q_{pós} (m³/s)], foi um dos parâmetros que influenciaram em pequeno retardamento do pico de vazão nos hidrogramas das Figuras 31 e 32. Contudo, quando esse tempo era acrescido do tempo de enchimento das AVR Públicas (Figuras 33 e 34), a defasagem do tempo de vazão de pico resultou em maior representatividade, foi superior, reforçando sobre a maior representativas das

AVR Públicas que as AVR Lotes, no setor A.

Os valores de vazão e de volume gerados no Setor A, para cada um dos quatro arranjos, são apresentados na Tabela 4.

Tabela 4 – Vazões (Q) e Volumes (V) dos Arranjos 1 a 4 para o Setor A

| Arranjos | Q _{pré} (m ³ /s) | V _{pré} (m ³) | Q _{pós} (m ³ /s) | V _{pós} (m ³) | V _{detenção} (m ³) | Figura Hidrograma |
|----------|--------------------------------------|------------------------------------|--------------------------------------|------------------------------------|-----------------------------------------|-------------------|
| A-1 | 0,08 | 144,48 | 0,24 | 428,88 | 354,44 | 33 |
| A-2 | 0,08 | 144,48 | 0,24 | 364,08 | 289,64 | 34 |
| A-3 | 0,08 | 144,48 | 0,24 | 428,88 | 20,20 | 35 |
| A-4 | 0,08 | 144,48 | 0,24 | 364,08 | 12,54 | 36 |

Fonte: Autora, 2023

A partir destes dados foi possível analisar que a inserção de AVR nos lotes (A-2) resultou em uma redução aproximada de 18% no volume da BD, quando comparado com o arranjo A-1, desprovido de AVR. Essa diferença não foi maior por conta da pequena quantidade de lotes nesse setor, 18 lotes. Nas Figuras 36 e 37 os hidrogramas afluente e efluente dos arranjos A-1 e A-2 são apresentados.

Figura 36 – Hidrograma BD A – Arranjo 1 (A-1)

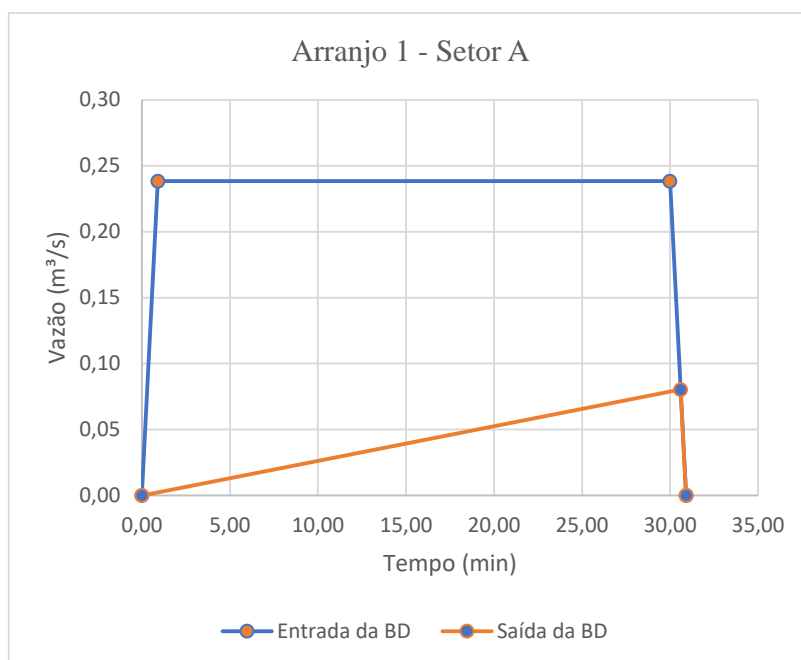
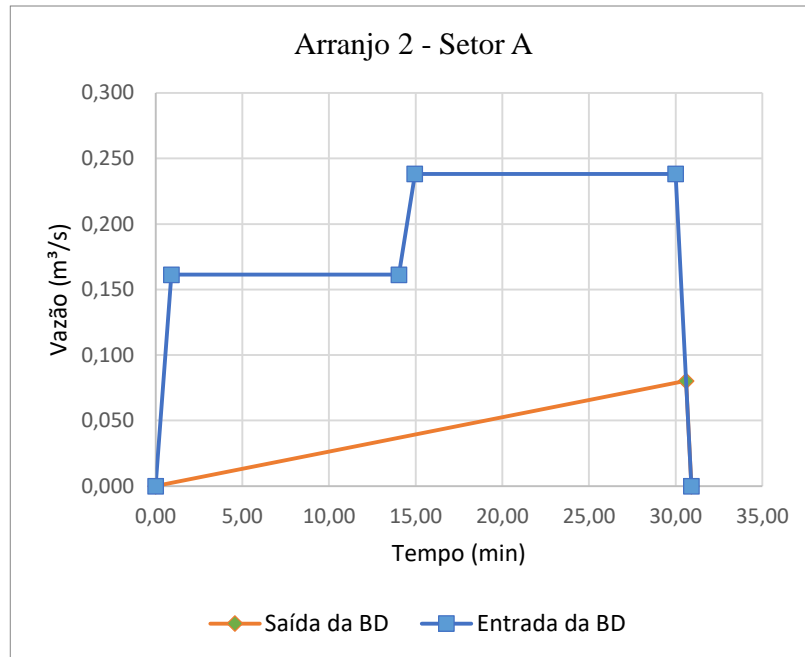


Figura 37 – Hidrograma BD A – Arranjo 2 (A-2)



Destaca-se que para todos os hidrograma de saída das BD (linha azul e diagonal) a vazão aumenta ao longo do tempo, indicando que, desde o início da precipitação, a BD libera uma vazão, inferior a vazão de pré; cujo valor máximo de saída (igual a vazão de pré) ocorre após o término da duração da precipitação, na interceptação com a vazão de entrada, neste momento com a vazão de entrada em decaimento. Essa representação diagonal, formando um triângulo, é uma situação diferente da que usualmente é praticada nos dimensionamentos das BD, em que a vazão de saída é considerada constante, resultando em um hidrograma efluente com a forma de trapézio.

Isso é relevante pelo fato de o volume de detenção ser obtido pela diferença entre as figuras dos hidrogramas de entrada e saída. Portanto, a vazão contante na saída da BD subestima o valor a armazenar, por conta de sua forma trapezoidal.

Já para os arranjos A-3 e A-4, onde foram consideradas AVR públicas (cuja representativa é maior que a dos lotes), os hidrogramas da Figura 38 e 39 demonstram uma redução significativa no volume de entrada da BD, quando comparados com os arranjos anteriores. Isso reforça a influência das AVR públicas, nesse setor A, tanto na redução de volume como no retardamento da vazão de pico.

Figura 38 – Hidrograma BD A – Arranjo 3 (A-3)

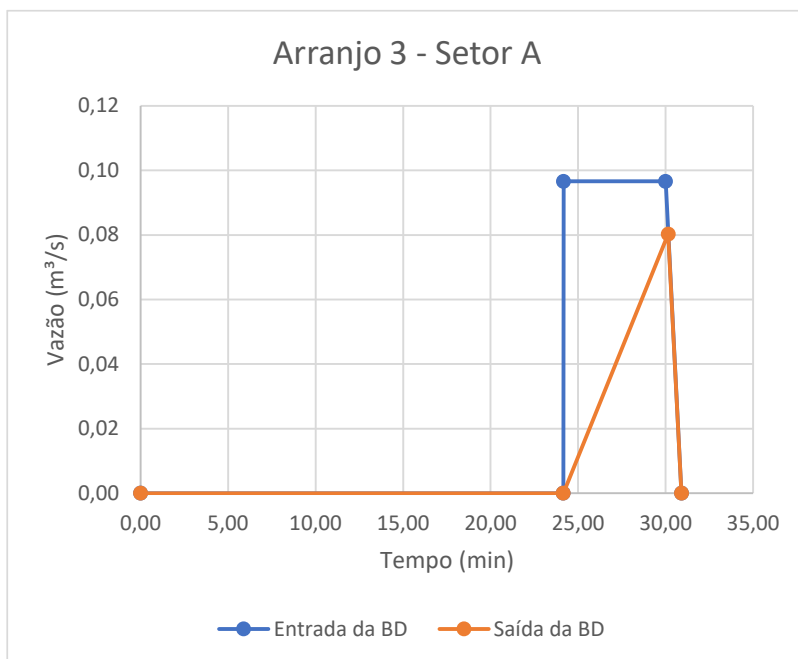
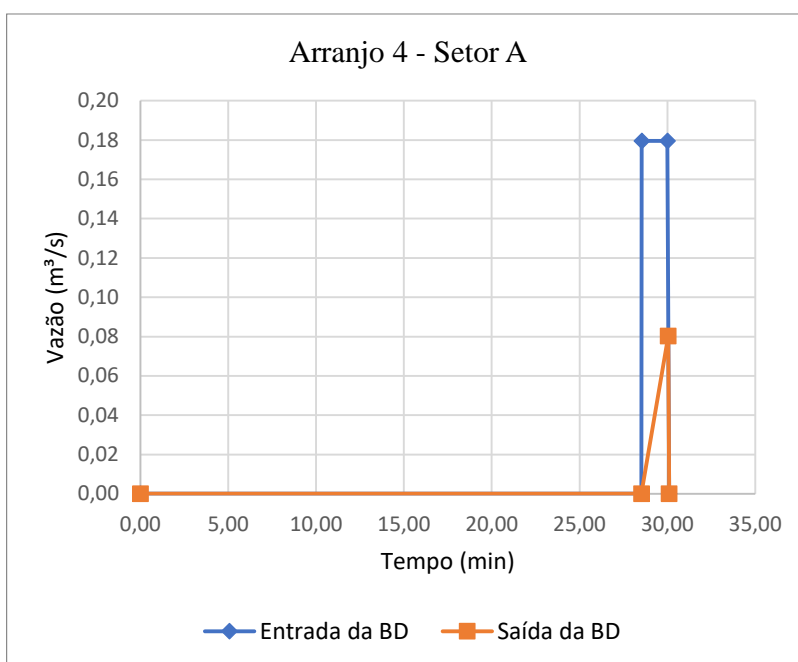


Figura 39 – Hidrograma BD A – Arranjo 4 (A-4)



Além disso, vale destacar que os respectivos volumes de pós-urbanização, de saída da BD, para os arranjos A-3 e A-4, foram inferiores às condições de pré-ocupação, onde o volume era de 74,41 m³; ou seja, com a configuração dos referidos arranjos, o volume de escoamento gerado é inferior às condições naturais da área. Nesses dois arranjos, a exclusão das suas respectivas BD pode ser uma alternativa a se considerar, baseado em termos numéricos.

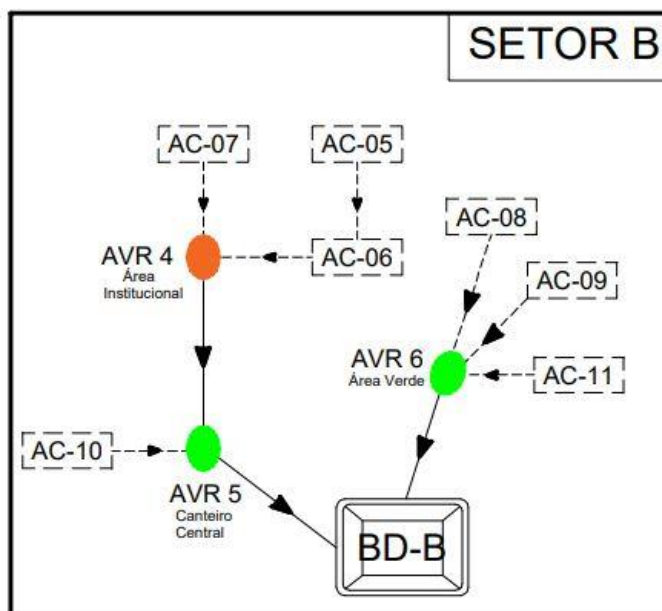
Outra observação relevante foi que comparando os arranjos, exceto o A-1, em termos hidrológicos, o A-3 apresentou o maior impacto nas dimensões da BD-A, a partir da capacidade de deter e/ou infiltrar a água nas áreas permeáveis; seguidos dos arranjos A-4 e A-2. dentro da área de contribuição.

Vale destacar ainda que, com base no exemplo apresentado, o aproveitamento de área permeáveis em lotes deve ser uma decisão antecedente da elaboração do projeto urbanístico. Este deve iniciar com a análise do fluxo natural das águas e posicionar áreas verdes e institucionais em locais estratégicos, possibilitando uma conexão homogênea e proposital das áreas de contribuição com as áreas permeáveis existentes.

Simulação Hidrológica do Setor B

O Setor B possui uma área total de 55.140,34 m², onde estão incluídos 89 lotes residenciais, uma área institucional de 14.888,22 m², uma área verde com 9.241,18 m² e um canteiro central com 2.942,23 m². Ao todo foram definidos 7 AC e 3 AVR. O escoamento desse setor é lançado na BD B (Figura 40).

Figura 40 – Fluxo d'água no Setor B



Legenda: Área de Contribuição – AC; Bacia de Detenção do Setor B – BD-B.

Os cálculos realizados pelo Método para o Setor B são apresentados no Apêndice 2 do presente documento.

As dimensões das AVR nos lotes e em áreas públicas foram parâmetros passíveis de alteração pelo usuário. Ressalva-se aqui que na adoção de profundidades para as AVR, deve-se analisar o local de implantação da técnica, bem como a segurança viária para pessoas e veículos. Em áreas mais próximas a circulação de transeuntes e tráfego, as profundidades não devem ultrapassar 0,20 m. No interior das AVR, contudo, estes valores podem ser superiores, mas preservando a função e as características iniciais destas áreas, de possibilitar a infiltração em uma área com pequenas profundidades e que possa estar integrada com seu entorno. Ou seja, que não sejam transformadas em BD, com altas profundidades.

Na Tabela 5 estão os valores adotados para as dimensões das AVR no lote e públicas no Setor B, como também os tempos de enchimento e remanescente destas unidades.

Tabela 5 – AVR Lote e AVR Públicas no Setor B

| AVR | A _{avr} (m ²) | h _{avr} (m) | V _{avr} (m ³) | t _{ench} (min) | t _{reman} (min) |
|------|------------------------------------|----------------------|------------------------------------|-------------------------|--------------------------|
| Lote | 24 | 0,15 | 3,6 | 14,04 | 15,96 |
| 4 | 1.000 | 0,20 | 200 | 5,89 | 24,11 |
| 5 | 600 | 0,20 | 120 | 3,37 | 26,63 |
| 6 | 1.000 | 0,30 | 200 | 10,32 | 19,68 |

Fonte: Autora, 2023

O tempo de enchimento da AVR Lote, determinado a partir de [V_{avr} (m³) / Q_{pós} (m³/s)], foi um dos parâmetros que influenciaram no retardamento do pico de vazão nos hidrogramas; especialmente quando há acréscimo do tempo de enchimento das AVR Públicas.

Em termos de vazão e volume, a Tabela 6, apresenta os respectivos valores para cada arranjo aplicado ao Setor B.

Tabela 6 – Vazões (Q) e Volumes (V) dos Arranjos 1 a 4 para o Setor B

| Arranjos | Q _{pré} (m ³ /s) | V _{pré} (m ³) | Q _{pós} (m ³ /s) | V _{pós} (m ³) | V _{detenção} (m ³) | Figura Hidrograma |
|----------|--------------------------------------|------------------------------------|--------------------------------------|------------------------------------|-----------------------------------------|-------------------|
| B-1 | 0,27 | 482,85 | 0,90 | 1.618,77 | | 38 |
| B-2 | 0,27 | 482,85 | 0,90 | 1.298,37 | | 39 |
| B-3 | 0,27 | 482,85 | 0,90 | 1.618,77 | | 40 |
| B-4 | 0,27 | 482,85 | 0,90 | 1.298,37 | | 41 |

Fonte: Autora, 2023

O setor B apresenta a melhor proporção entre áreas permeáveis e áreas com lotes. Na comparação entre os arranjos, estes foram mais eficientes do ponto de vista de redução do

volume de escoamento (Tabela 6), indicando uma ordem decrescente: B-1 a B-4. Nesse caso, como nos anteriores, as dimensões das BD não devem ser o único critério empregado para escolha do melhor arranjo.

Em outras palavras e com base nos dados da Tabela 5, dentre os arranjos 3 e 4, por exemplo, a escolha pelo menor volume (Arranjo 4) pode não ser a melhor opção, em decorrência de aspectos não hidrológicos, como por exemplo: dificuldade de acesso, de manutenção e fiscalização das AVR em lotes. Assim, outros aspectos, relacionados com a realidade da área de projeto, devem ser considerados para a escolha das alternativas que já se demonstram eficientes hidrologicamente.

Os hidrogramas apresentados nas Figuras 41 a 44, retratam os dados da Tabela 5 e 6, sendo possível visualizar e discutir sobre a influência entre os tempos de enchimento das AVR (lote e/ou públicas) com a redução de volume e com o retardamento da vazão de pico.

No arranjo B-2, por exemplo, antes dos 14,04 min (tempo de enchimento da AVR Lotes) a vazão escoada era proveniente de AC sem lotes residenciais (AC 7; AC 10 e AC 11) e dos sistemas viários das AC 5, 6, 8 e 9, que contemplavam lotes. Essa contribuição perdurou até o momento 14,04 min, após isso, as vazões dos lotes começaram a lançar no sistema viário público, resultando na vazão máxima de pico desse Setor, que até o final da precipitação se manteve contínua. A duração da chuva somado ao tempo de contribuição do setor, compuseram o ponto de esvaziamento total da área. Já a saída da BD B demonstra uma vazão de saída crescente que alcança a vazão máxima de restrição (vazão de pré-ocupação) quando cruza com a curva de entrada na BD.

Figura 41 – Hidrograma BD B – Arranjo 1 (B-1)

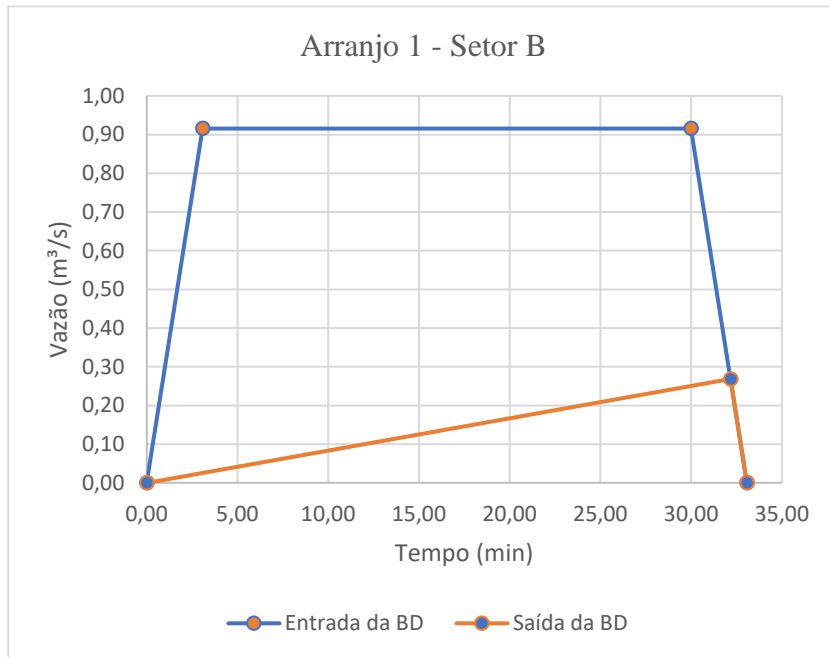
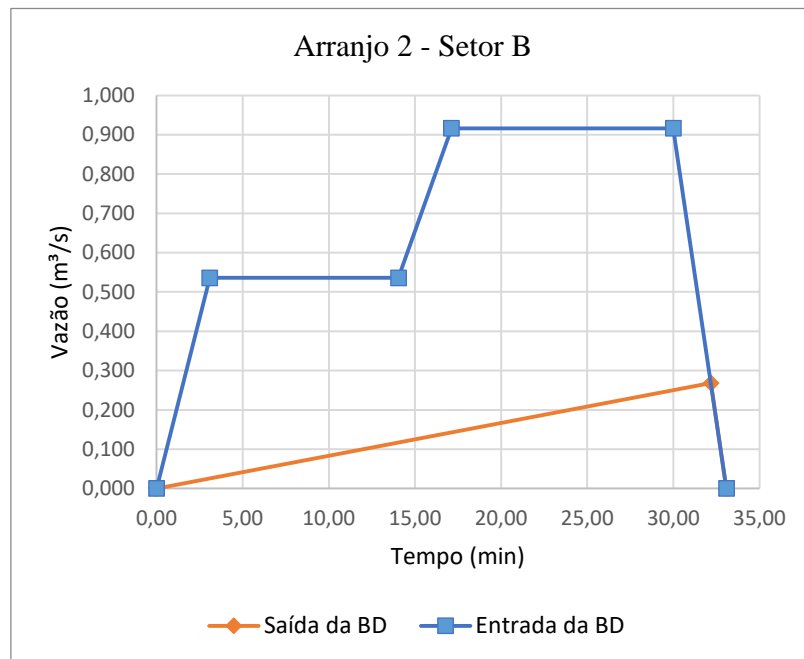


Figura 42 – Hidrograma BD B – Arranjo 2 (B-2)



No caso das AVR Públicas, como o arranjo B-3, a contribuição se inicia após os 9,14 min, tempo total para a AC 5 liberar toda a vazão até a AC 10. A vazão máxima nesse exemplo foi alcançada no momento 10,32 min, mantendo-se contínua até o término da precipitação, 30 min. A saída da BD também começa a receber contribuição após os 9,14 min, onde alcança a máxima vazão de restrição no momento de decaimento da vazão de entrada.

Por fim, no arranjo B-4, os tempos de enchimento das AVR lotes e públicas se complementam, apresentando um retardamento da vazão de pico de 20,66 min. Um valor relevante para uma precipitação com duração de 30 min.

Figura 43 – Hidrograma BD B – Arranjo 3 (B-3)

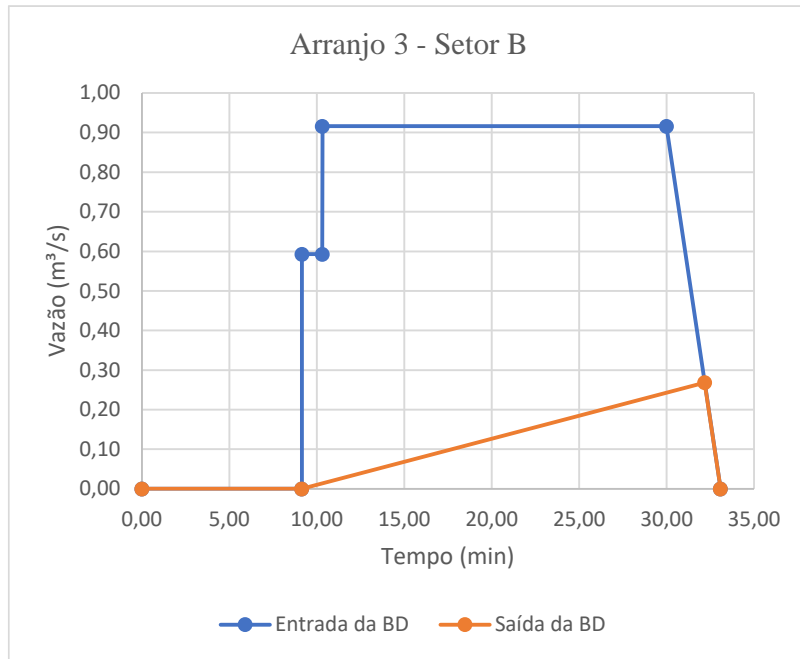
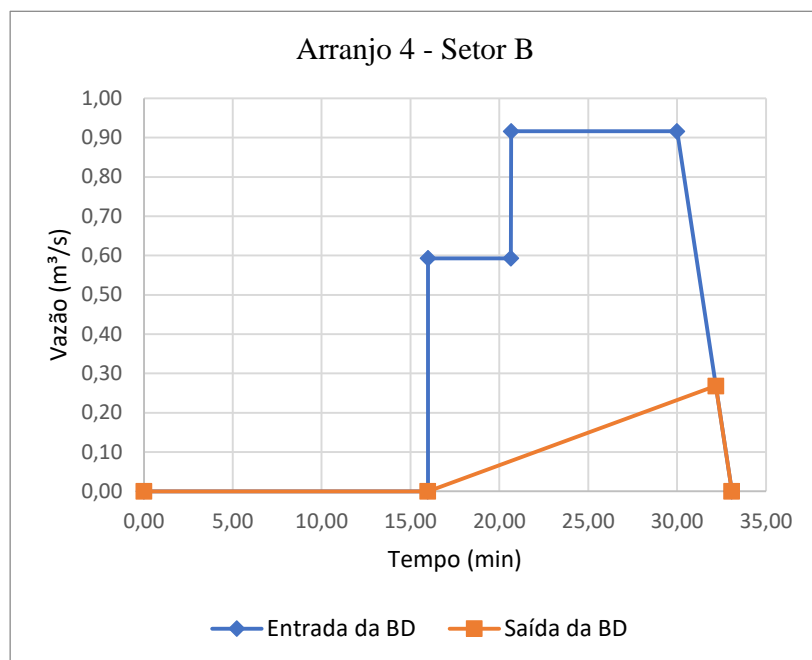


Figura 44 – Hidrograma BD B – Arranjo 4 (B-4)

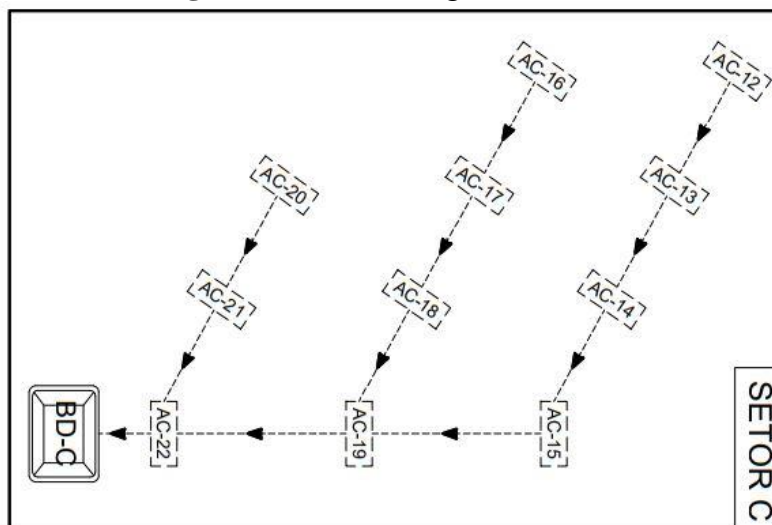


Ressalva-se que, os dois arranjos que resultaram em volumes de detenção menores, e portanto, na redução da BD B, não devem ser analisados apenas do ponto de vista hidrológico como descrito no Setor A. A eficiência destas unidades é garantida por sua implantação e manutenção adequadas. Portanto, escolher o arranjo pelo menor volume de detenção pode, a depender das características locais, não corresponder aos volumes obtidos pelo Método, em especial, quando se trata de longo tempo de uso.

Simulação Hidrológica do Setor C

O Setor C possui uma área total de 73.254,67 m², onde estão incluídos 246 lotes residenciais, com dimensões médias de 10m x 20m. Esse setor se diferencia dos demais pela ausência de áreas verdes e institucionais. Assim foram definidas 11 AC. O escoamento gerado é encaminhado para a BD C (Figura 45).

Figura 45 – Fluxo d'água no Setor C



Legenda: Área de Contribuição – AC; Bacia de Detenção do Setor C – BD-C.

Os cálculos realizados pelo Método para o Setor C são apresentados no Apêndice 3 do presente documento.

Por conta da inexistência de áreas públicas nesse setor, os arranjos 3 (AVR pública) e 4 (AVR lote+pública) foram descartados; tendo os demais arranjos (1 e 2) como ponto de partida para a discussão sobre o impacto de AVR nos lotes. Nesse caso, o retardamento da vazão de pico ocorre, em especial, pelos tempos de enchimento das AVR nos lotes.

O tempo de enchimento da AVR Lote, determinado a partir de $[V_{avr} (m^3) / Q_{pós} (m^3/s)]$,

foi um dos parâmetros que influenciaram no retardamento do pico de vazão nos hidrogramas. Quando esse tempo era acrescido do tempo de enchimento das AVR Públicas, há uma significativa defasagem do tempo de pico. Os principais valores de vazão e volume gerados e volume de detenção estão apresentados na Tabela 7.

Tabela 7 – Vazões (Q) e Volumes (V) dos Arranjos 1 e 2 para o Setor C

| Arranjos | Q _{pré} (m ³ /s) | V _{pré} (m ³) | Q _{pós} (m ³ /s) | V _{pós} (m ³) | V _{detenção} (m ³) | Figura Hidrograma |
|----------|--------------------------------------|------------------------------------|--------------------------------------|------------------------------------|-----------------------------------------|-------------------|
| C-1 | 0,27 | 266,25 | 0,92 | 1.649,03 | 1.382,78 | 43 |
| C-2 | 0,27 | 266,25 | 0,92 | 1.328,63 | 1.062,38 | 44 |

Fonte: Autora, 2023

Os Hidrogramas, citados na Tabela 7, resultantes da aplicação do Método Simplificado no Setor B foram apresentados nas Figuras 46 e 47. Logo após, discussões sobre o procedimento de cálculo e dos resultados.

Figura 46 – Hidrograma BD C – Arranjo 1 (C-1)

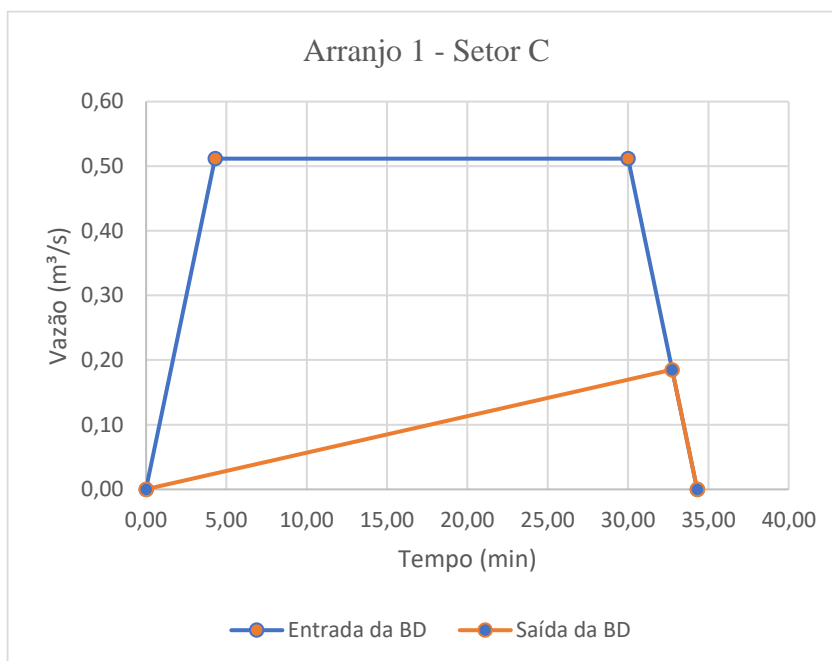
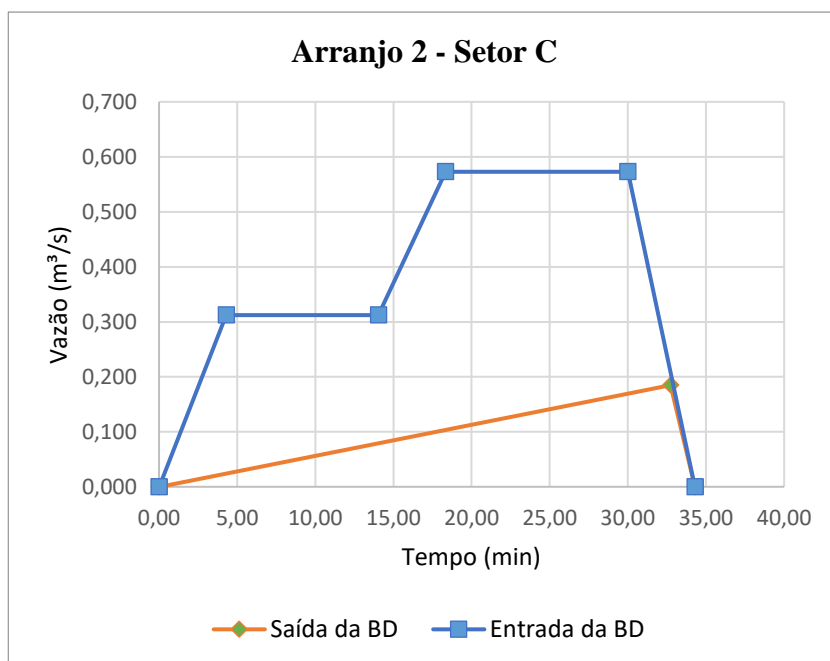


Figura 47 – Hidrograma BD C – Arranjo 2 (C-2)



Na comparação entre os dois hidrogramas apresentados, ficou evidente a influência de manejar as águas pluviais a montante, deslocando a vazão de pico. O comportamento da saída da BD não se alterou, contudo o volume subtraído das áreas dos hidrogramas, demonstram, visualmente, que o acréscimo de tempo favoreceu a redução dos volumes da BD. Fato apresentado na Tabela 6, onde o arranjo C-1 requereu um volume de 1.382,78 m³, o qual reduziu para 1.062,38 m³, incluindo as características do arranjo 2.

5.4. Expansões para outras tipologias de TC

O presente estudo realizou a análise do Método Simplificado a partir do emprego de AVR e das BD. A primeira se caracterizou pelo rebaixamento de áreas verdes privadas e públicas, visando o aproveitamento destas áreas que são obrigatórias nos empreendimentos imobiliários. Já as BD, unidades existentes na área de estudo, como técnica de comparação entre os arranjos de simulação propostos para a área de estudo. Isso possibilitou analisar a interferência entre os arranjos de AVR com as dimensões e os regimes de enchimento e esvaziamento das BD.

Contudo, no Método Simplificado de Cálculo e de Avaliação proposto há a possibilidade de inserir e combinar outras tipologias de TC. No caso das AVR, os dados de entrada das AVR foram os seus volumes de armazenamento do escoamento superficial e tempo de enchimento, desconsiderando a infiltração. Estes dados podem representar indicar outras TC,

independente das nomenclaturas que possam ser empregadas pelos projetistas e/ou o órgão responsável. O relevante nesse ponto analisado é a sua função primária: armazenamento com ou sem infiltração.

Por essa razão, o Método Simplificado possibilita a inserção de outras TC, possibilitando sua combinação e a descentralização do manejo das águas pluviais na escala de loteamento. Alguns exemplos de tipos de TC são: Jardim de Chuva, Trincheiras, Planos de Infiltração, Bacias de Detenção etc. Todavia a escolha das TC deve considerar as restrições de cada técnica e as características físicas, ambientais e sociais da área de implantação.

6. CONCLUSÕES E RECOMENDAÇÕES

O Método Simplificado para Cálculo e Avaliação do Uso Combinada de Técnicas Compensatórias em Drenagem urbana foi proposto em forma de fluxograma, sendo o processamento de dados e informações realizados em planilha eletrônica (Excel). O desenvolvimento contou com metodologias de simples aplicação e análise dos resultados obtidos.

As metodologias de cálculo consideradas para o desenvolvimento do Método são, comumente, empregadas em outros projetos de drenagem urbana. E por conta de sua simplicidade, não requerem dados difíceis de serem obtido. Tornar mais simplificar um determinado procedimento, especial para estudos hidrológicos, é uma tendência aplicada por muitos municípios brasileiros, como discutido por Peroni e Teixeira (2021), mesmo que apresentem suas limitações.

Na escala de loteamento urbano, a homogeneidade das características hidrológicas se justifica pela pequena área de atuação e características semelhantes de uso e ocupação do solo. Situação não aplicada às escalas de bacias hidrográficas que possuem interações complexas entre as atividades envolvidas em seus limites. Juntamente com isso, há uma necessidade real de transpor barreiras no cenário nacional sobre o conhecimento de tipologias, das funções e do dimensionamento de soluções alternativas ao sistema convencional de gerir as águas pluviais, conforme é discutido por Vasconcelos (2020).

Diante disso, a proposição do presente Método Simplificado é uma ação que pode favorecer a compreensão de técnicos, gestores e população sobre outras maneiras de armazenar e/ou infiltrar as águas pluviais, de forma integrada e com aproveitamento de áreas em seu entorno.

A elaboração do fluxograma do Método possibilitou visualizar suas etapas de aplicação e análise de forma geral, revendo a sequência, os objetivos de cada uma e se o caminho definido, realmente, resultaria nos dados esperados. Durante a organização do método em planilha eletrônica, essa organização de etapas e ideias foi fundamental, auxiliando de forma direta na conclusão do método.

A aplicação do método nos Setores de Contribuição A, B e C possibilitou a identificação de alterações e melhorias no processamento dos cálculos e, em muitos casos, da simplificação de alguns resultado. Como por exemplo, na construção dos hidrogramas com intervalos de tempo maiores, descartando análises de trecho a trecho das galerias, o que não alterava os resultados obtidos. O mesmo ocorreu com os tempos de trânsito das águas entre o lote (fundo)

até a sarjeta; desprezados por seus valores serem inferiores a 60 segundos, não influenciando nos tempos a jusante.

Após melhorias, o Método Simplificado foi aplicado para os setores de contribuição, considerando 4 arranjos de simulação para cada um. Estes arranjos consideravam situações sem AVR (Arranjo 1), com AVR somente nos Lotes (Arranjo 2), com AVR somente nas áreas públicas (Arranjo 3) e com AVR nos lotes e em áreas públicas (Arranjo 4). Com exceção do Setor C que, pela ausência de áreas públicas, não teve os arranjos 3 e 4 simulados, nos demais (Setores A e B) as 4 situações de uso e ocupação do solo foram aplicadas.

Portanto, as simulações foram realizadas com parâmetros hidrológicos de $I = 96,20$ mm/h, $TR = 10$ anos e $d = 30$ minutos (Equação IDF do Município de Araraquara, Coletânea do DAAE, 2019); além dos coeficientes de escoamento superficial de pré = 0,20 e de pós variando de 0,3 a 0,8. Os resultados são apresentados e discutidos a seguir.

A implantação de AVR na escala lote apresentou vantagens significativas para a defasagem dos picos de vazão (Arranjo 2). Para a precipitação de 30 min, as AVR Lotes retardavam sua contribuição em 14,04 min, e somente após esse tempo a vazão total da área ocorre. Quando foram incluídos os arranjos com AVR públicas, a defasagem era inferior a anterior, contudo mais expressiva em termos de redução de volume.

A associação das AVR Lote e Públicas (Arranjo 4) resultou nos maiores tempos de retardamento das vazões de pico, contudo ao avaliar o percentual de influência sobre o volume de detenção da BD, com relação ao arranjo 1, sem AVR, os valores foram de: 32% de redução de volume dos arranjos 1 para o arranjo 3 e de 52% entre os arranjos 1 e 4, ambos no Setor B.

Com a simulação dos quatro arranjos em setores de uso e ocupação diferentes foi possível observar os seguintes pontos:

- Quanto menor a duração de precipitação, maior será o volume de detenção;
- A inserção de AVR a montante minimiza o impacto do acréscimo da vazão, seja pela redução do volume escoado, com o processo de infiltração; ou mesmo com a defasagem do tempo da vazão de pico;
- Os aspectos hidrológicos são essenciais para a escolha dos arranjos mais eficientes para atenuar os impactos da urbanização. Contudo, observou-se que os outros aspectos não-hidrológicos (aceitação da população, facilidade para fiscalizar e manter as unidades dentro do lote etc.) podem ser determinantes para a viabilidade técnica de um arranjo;
- É possível retardar o tempo de pico, a partir do armazenamento temporário de águas a

montante do ponto de lançamento final. Bem como implementar medidas de infiltração para reduzir o volume escoado. Contudo, a vazão de pico, refletindo as condições de pós-ocupação não são impactadas a partir da capacidade de armazenamento for atingida;

- O planejamento para dispor áreas permeáveis em loteamentos urbanos foi uma estratégia observada que, em alguns arranjos, poderia suprir a necessidade de BD, em termos de volume excedido;
- Observou-se também as potencialidades do aproveitamento de áreas/espços verdes em loteamentos, a fim de minimizar os impactos da impermeabilização mais próximo a fonte de geração, como também, favorecer a presença d'água, com os cuidados sanitários necessários.

Por fim, recomenda-se para futuras pesquisas:

- A aplicação do Método Simplificado de Cálculo e de Avaliação em outras localidades com características urbanísticas, socioeconômicas e ambientais distintas.
- A aplicação do Método Simplificado de Cálculo e de Avaliação em empreendimentos em diferentes fases de implantação, como por exemplo: na fase de elaboração do projeto; durante a execução da obra; finalizado; já urbanizado.
- A proposição de novas combinações de TC e a análise comparativa entre o manejo centralizado e descentralizado
- A incorporação da análise das águas pluviais como norteador para a localização estratégicas das áreas verdes e demais áreas públicas nos loteamentos urbanos.

7. REFERÊNCIAS

ADASA. Manual de Drenagem e Manejo de águas Pluviais Urbanas do Distrito Federal. Edição Revista e Atualizada – 2018. Disponível em: < <https://www.adasa.df.gov.br/2-uncategorised/1130-manual-de-drenagem-novo>>. Acesso em: 03 dez 2023.

AKHTER, M. S.; HEWA, G. A. The Use of PCSWMM for Assessing the Impacts of Land Use Changes on Hydrological Responses and Performance of WSUD in Managing the Impacts at Myponga Catchment, South Australia. *Water* 2016, 8 (11), 511. DOI: <https://doi.org/10.3390/w8110511>

ALVES, A.; GERSONIUS, B.; SANCHEZ, A.; VOJINOVIC, Z.; KAPLEAN, Z. Multi-criteria Approach for Selection of Green and Grey Infrastructure to Reduce Flood Risk and Increase CO-benefits. *Water Resour Manage* (2018) 32:2505–2522. DOI: <https://doi.org/10.1007/s11269-018-1943-3>.

AQUAFLUX. Trincheiras de Infiltração. Por Matheus M. Sousa, publicado em 20 set 2012. Disponível em: < <https://www.aquafluxus.com.br/trincheiras-de-infiltracao/?lang=en>>. Acesso em: 19 out 2019.

ARARAQUARA. Departamento Autônomo de Água e Esgoto de Araraquara - DAAE. Plano Municipal de Saneamento Básico: Relatório de Minuta do Plano Consolidado. 2014.

BALESTRINI, M. O Programa Minha Casa Minha Vida e o marco regulatório urbanístico do município: o caso de Araraquara-SP. Dissertação, UFSCar, São Carlos, 2016.

BAPTISTA, M.; NASCIMENTO, N.; BARRAUD, S. Técnicas Compensatórias em Drenagem Urbana. Porto Alegre: ABRH, 2015. 2ª Edição, 318 p.

BELO HORIZONTE. Instrução Técnica para Elaboração de Estudos e Projetos de Drenagem, 2022. Disponível em: < <https://prefeitura.pbh.gov.br/obras-e-infraestrutura/informacoes/publicacoes/instrucao-estudos-e-projetos-de-drenagem>. Acesso em: 30 mar 2023.

BIDONE, F.; TUCCI, C.E.M. Microdrenagem. In: TUCCI, C.E.M.; PORTO, R.L.L.; BARROS, M.T. Drenagem Urbana. Porto Alegre: Ed. Universidade/UFRGS/ABRH. v. 5. p. 277-347, 2015.

BONNECARRÈRE, J.I.; SILVA, C. V. F. da; OLIVEIRA, C. P. M. Modelo Matemático para Planos e Projetos de Drenagem: Modelo PCSWMM. São Paulo: Universidade de São Paulo/ Fundação Centro Tecnológico de Hidráulica/Laboratório de Sistemas de Suporte a Decisões – LabSid; 2017. 38 transparências. Disponível em: < https://edisciplinas.usp.br/pluginfile.php/4145033/mod_resource/content/1/Aula%209%20Modelos%20Matem%C3%A1ticos%20para%20Planos%20e%20Projetos.pdf. Acesso em: 5 mai 2018.

BRASIL. Desastres Naturais e Saúde no Brasil. Brasília, DF: OPAS (Organização Pan-Americana da Saúde), Ministério da Saúde, 2015. 56p.: il. (Série Desenvolvimento Sustentável e Saúde, 2).

BRASIL. Sistema Nacional de Informações sobre o Saneamento - SNIS. Cadernos Temáticos: do SNIS ao SINISA. Drenagem e Manejo das Águas Pluviais Urbanas: Diagnóstico SNIS - AP 2019. Disponível em: < <https://www.gov.br/cidades/pt-br/aceso-a-informacao/acoes-e-programas/saneamento/snis/produtos-do-snis/cadernos-tematicos>. Acesso em: 02 jan 2023.

BRASIL. Companhia de Pesquisa de Recursos Minerais – CPRM. Gerência de Hidrologia e Gestão Territorial. Caracterização Fisiográfica da Bacia do Ribeirão das Cruzes, Araraquara – SP. Nota Técnica. Belém, 2021.

BRITISH COLUMBIA. Are Rain Gardens Mini Toxic Cleanup Sites?. Publicado em Fev de 2013. Disponível em: <https://waterbucket.ca/gi/2013/02/02/are-rain-gardens-mini-toxic-cleanup-sites/>. Acesso em 16 jan 2022.

BRASIL. Lei nº 14.026, de 15 de julho de 2020. Atualiza o marco legal do saneamento básico e dá outras providências. Presidência da República. Disponível em: <https://www.planalto.gov.br/ccivil_03/_ato2019-2022/2020/lei/114026.htm. Acesso em: 09 fev 2022.

CITY OF LITTLETON (COLORADO/US). Storm Drainage Design and Technical Criteria Manual. Version 7. 2022. Disponível em: < <https://www.littletonco.gov/files/sharedassets/public/v/1/public-works/projects-docs-and-images/stormwater-docs/2022v7littletonstormdraina.pdf>>. Acesso em: 09 jul 2022.

CITY OF MARYLAND (US CITY). Maryland Stormwater Design Manual, Volumes I and II. Chapter 3: Performance Criteria for Urban best management practice (BMP) Design. 2009. Disponível em: < https://mde.maryland.gov/programs/Water/StormwaterManagementProgram/Pages/stormwater_design.aspx>. Acesso em: 23 mai 2021.

CITY, N. J. New Jersey Agricultural Experiment Station. Green Infrastructure Practices: Tree Boxes, 2013. Disponível em: <<https://njaes.rutgers.edu/fs1209/>>. Acesso em: 15 Novembro 2021.

CITY OF PORTLAND (US). Ecoroofs. Disponível em: <<https://www.portland.gov/bes/managing-rain-your-property/ecoroofs>>. Acesso em: 14 nov 2022.

ELLIOT, A.H.; TROWSDALE, S.A. A review of models for low impact urban stormwater drainage, *Environmental Modelling & Software*, v. 22, n. 3, 2007, p. 394-405, ISSN 1364-8152. DOI: <https://doi.org/10.1016/j.envsoft.2005.12.005>.

Ferreira, E. C. Modelagem computacional com aplicação de técnicas de desenvolvimento de baixo impacto na Bacia Urbana do Riacho Moxotó na cidade de Recife/PE. Dissertação de Mestrado. Universidade Federal de Pernambuco: Programa de Pós-Graduação em Engenharia Civil, 2017.

FLETCHER, Tim D.; SHUSTER, William; HUNT, William F.; ASHLEY, Richard; BUTLER, David; ARTHUR, Scott; TROWSDALE, Sam; BARRAUD, Sylvie; SEMADENI-DAVIES, Annette; BERTRAND-KRAJEWSKI, Jean-Luc; MIKKELSEN, Peter Steen; RIVARD, Gilles; UHL, Mathias; DAGENAIS, Danielle; VIKLANDER, Maria. SUDS, LID,

BMPs, WSUD and more - The evolution and application of terminology surrounding urban drainage. *Urban Water Journal*, v. 12, n. 7, p. 525-542, 2015.

FLETCHER, T. D.; ANDRIEU, H.; HAMEL, P. Understanding, management and modelling of urban hydrology and its consequences for receiving waters: A state of the art. *Advances in Water Resources*, 51, 2013. 261-279.

GONÇALVES, L. M. Os vazios urbanos como elemento estruturador do planejamento urbano. PLURIS, 2010, Universidade do Minho, Algarve, Portugal, V. 1, paper 147.

GOOGLE EARTH. Software. Município de Araraquara. Ago 2022.

GROUNDWATER FOUNDATION. All About Rain Gardens. Disponível em:<<https://groundwater.org/rain-gardens/>>. Acesso em: 27 ago 2022.

IBGE - Instituto Brasileiro de Estatísticas e de Geografia. Cidades: Município de Araraquara. Disponível em:< <https://www.ibge.gov.br/cidades-e-estados/sp/Araraquara.html>>. Acesso em: 11 nov 2022.

IUCN – Internacional Union of Conservation Nature. What are NBS and why should they matter to us?. March, 2021. Disponível em:<<https://www.nature-basedsolutions.com/page/526/what-are-nbs-and-why-should-they-matter-to-us>>. Acesso em: 08 dez 2021.

JOHNSON, K. A., HAMER, W., & VOSLOO, J. C. (2019). Structuring uncertainty management for energy savings calculations. *South African Journal of Industrial Engineering*, 30(3), 149-162. DOI: JOHNSON, K. A., HAMER, W., & VOSLOO, J. C. (2019). Structuring uncertainty management for energy DOI: <https://doi.org/10.7166/30-3-2234>.

Li, F.; Chen, J.; Engel, B.A.; Liu, Y.; Wang, S.; Sun, H. Assessing the Effectiveness and Cost Efficiency of Green Infrastructure Practices on Surface Runoff Reduction at an Urban Watershed in China. *Water* 2021, 13, 24. <https://doi.org/10.3390/w13010024>.

KRON, W.; STEUNER, M.; LÖW, P.; WIRTZ, A. "How to deal properly with a natural catastrophe database - analysis of flood losses." *Natural Hazards and Earth System Sciences*, vol. 12, no. 3, 2 Mar. 2012, p. 535. Academic OneFile. Disponível em:<<link.gale.com/apps/doc/A481470144/AONE?u=capes&sid=bookmark-AONE&xid=edebde14>>. Acesso em: 21 dez 2021. DOI: 10.5194/nhess-12-535-2012

MARICATO, E. Dimensões da tragédia urbana. Com ciência, 2002. Disponível em:<<http://www.redbcm.com.br/arquivos/bibliografia/dimens%C3%B5es%20da%20trag%C3%A9dia%20urbana%20-%20erm%C3%ADnia.pdf>>. Acesso em: 21 dez 2021.

MARTINS, J. R. Obras de Macrodrenagem. In: TUCCI, C. E. M.; PORTO, R. la L. e BARROS, T. de Barros. *Drenagem Urbana*. 4 ed. – Porto Alegre: Editora da UFRGS/ABRH. 2015. p. 167-240.

MELO, T. dos A. T. DE; COUTINHO, A. P.; CABRAL, J. J. da S. P.; ANTONINO, A. C. D.; CIRILO, J. A. Jardim de chuva: sistema de biorretenção para o manejo das águas pluviais urbanas. *Ambiente Construído*, Porto Alegre, v. 14, n. 4, p. 147-165, out./dez. 2014. ISSN

1678-8621 Associação Nacional de Tecnologia do Ambiente Construído.

MELBOURNE WATER. Introduction to SUD. Disponível em: <https://www.melbournewater.com.au/>. Acesso em: 13 nov 2021.

Menzori, I.D., 2018. Dinâmicas Territoriais e os Corredores Verdes como Modelos de Estruturação Espacial Urbana: Abordagens Interrelacionais na Cidade de Araraquara-SP. Dissertação (Mestrado). Programa de Pós-Graduação em Engenharia Urbana, Universidade Federal de São Carlos, São Carlos, 2018.

MENZORI, I. D.; FALCOSKI, L. A. N. Mapeamento e análise das áreas de preservação permanente e dos corredores de integração ecológica de Araraquara, SP. *Ambiente Construído*, Porto Alegre, v. 17, n. 2, p. 7-20, 2017. DOI: <http://dx.doi.org/10.1590/s1678-86212017000200143>

MINNESOTA. Minnesota Stormwater Manual. 2022. Disponível em: https://stormwater.pca.state.mn.us/index.php?title=Main_Page>. Acesso em: 13 ago 2023.

MORUZZI, R. B.; FELIPE, M. C. e BARBASSA, A. P. Avaliação e modelagem matemática da remoção de material particulado em canal gramado construído em escala real. *Revista Brasileira de Recursos Hídricos* vol. 21 nº. 1 Porto Alegre jan/mar. 2016 p. 263-273. Disponível em: <http://dx.doi.org/10.21168/rbrh.v21n1.p263-273>>. Acesso em: 9 mai 2018.

NASCIMENTO, N. O.; BAPTISTA, M. B.; VON SPERLING, E. Problemas de Inserção Ambiental de Bacias de Detenção em Meio Urbano, *in* Anais do XX Congresso Brasileiro de Engenharia Sanitária e Ambiental, volume 29, Rio de Janeiro, 1999, pp. 2242-2250.

Nazari, A., Roozbahani, A., Hashemy Shahdany, S. Urban Stormwater Management by Optimizing Low Impact Development Techniques and Integration of SWMM and SUSTAIN Models. *Journal of Water and Wastewater; Ab va Fazilab (in persian)*, 2021; 32(4): 136-151. doi: 10.22093/wwj.2021.285296.3138.

NEW YORK CITY. Green Infrastructure: Rain Garden. Publicado em Out 2017. Disponível em: <https://www1.nyc.gov/site/dep/water/rain-gardens.page>>. Acesso em 10 nov 2021.

OLIVEIRA, S. C. Ocupação Antrópica da Bacia do Ribeirão das Cruzes em Araraquara, SP: Análise e Proposições. Tese (doutorado). Programa de Pós-Graduação em Engenharia Urbana – PPGEU, Universidade Federal de São Carlos - UFSCar, São Carlos, 2017.

ONTARIO (CANADA). Environmental Planning (2.0). Atualizado em: 10 Nov 2023. Disponível em: <https://www.ontario.ca/document/stormwater-management-planning-and-design-manual/environmental-planning>>. Acesso em: 14 Jan 2024.

ONU/BRASIL – Organização das Nações Unidas/Brasil. ONU-Habitat: população mundial será 68% urbana até 2050. Publicado em 01 jun 2022. Disponível em: <https://brasil.un.org/pt-br/188520-onu-habitat-popula%C3%A7%C3%A3o-mundial-ser%C3%A1-68-urbana-at%C3%A9-2050#:~:text=Objetivos%20que%20apoiamos%20atrav%C3%A9>

A9s% 20desta% 20iniciativa% 20Relat% C3% B3rio% 20Mundial,em% 202% 2C2% 20bilh% C3 % B5es% 20de% 20pessoas% 20anualmente% 20at% C3% A9% 202050. Acesso em: 17 ago 2023.

PARANÁ. Plano Diretor de Drenagem para a Bacia do Rio Iguaçu na Região Metropolitana de Curitiba. Manual de Drenagem Urbana. 2002. Disponível em:< https://www.iat.pr.gov.br/sites/agua-terra/arquivos_restritos/files/documento/2020-07/mdu_versao01.pdf>. Acesso em: 19 abr 2021.

PERONI, C.S.L. Avaliação de bacias de retenção na gestão das águas pluviais em Araraquara, SP. Dissertação (mestrado). Programa de Pós-Graduação em Engenharia Urbana – PPGEU da Universidade Federal de São Carlos, São Carlos, 2018.

PERONI, C. S. L. e TEIXEIRA, B. A. N. Comparação de métodos para dimensionamento de bacias de retenção no manejo de águas pluviais: estudo de caso em Araraquara – SP. Revista DAE. São Paulo. v. 71, n. 241, p. 48-64, 2023. DOI: <https://doi.org/10.36659/dae.2023.038>.

PORTO ALEGRE. Plano Diretor de Drenagem Urbana. Disponível em:

Qualyteam. Guia do Fluxograma de Processos na Gestão da Qualidade. Disponível em< <https://qualyteam.com/pb/blog/guia-do-fluxograma/>>. Acesso em: 23 nov 2023.

RIGHETTO, A. M. Manejo de Águas Pluviais. Rio de Janeiro: ABES, 2009. 396p.
Rodríguez, C. A. M. e Teixeira, B. A. do N. Avaliação de bacias de retenção de águas pluviais implantadas no município de São Carlos (SP), Brasil. Engenharia Sanitaria e Ambiental [online]. 2021, v. 26, n. 1. pp. 143-150. ISSN 1809-4457. DOI: <https://doi.org/10.1590/s1413-415220190034>.

ROSA, D. W. B. Resposta Hidrológica de uma bacia hidrográfica urbana à implantação de técnicas compensatórias de drenagem urbana – Bacia do Córrego do Leitão, Belo Horizonte, Minas Gerais. Dissertação (Mestrado) – Escola de Engenharia da Universidade Federal de Minas Gerais. Belo Horizonte, 2017.

SANTOS, M. F. N.; BARBASSA, A. P.; VASCONCELOS, A. Diferentes abordagens para o manejo das águas pluviais e sua relação com o planejamento urbano. 1º Simpósio Brasileiro Cidades + Resilientes, 2020. Disponível em: https://www.researchgate.net/publication/345342446_Diferentes_abordagens_para_o_manejo_das_aguas_pluviais_e_sua_relacao_com_o_planejamento_urbano/stats.

SÃO PAULO. CIDADE. Manual de Drenagem e Manejo de Águas Pluviais. 2012. Disponível em:<

https://www.prefeitura.sp.gov.br/cidade/secretarias/licenciamento/desenvolvimento_urbano/biblioteca_digital/manual_de_drenagem/index.php?p=49018>. Acesso em: 28 jun 2022.

Sidek, L.M.; Chua, L.H.C.; Azizi, A.S.M.; Basri, H.; Jaafar, A.S.; Moon, W.C. Application of PCSWMM for the 1-D and 1-D–2-D Modeling of Urban Flooding in Damansara Catchment, Malaysia. Appl. Sci. 2021, 11, 9300. DOI: <https://doi.org/10.3390/app11199300>.

SOARES, J. A. S.; ALENCAR, L. D. de; CAVALCANTE, L. P. S.; ALENCAR, L. D. Impactos da urbanização desordenada na saúde pública: leptospirose e infraestrutura urbana. *POLÊMICA*, [S.l.], v. 13, n. 1, p. 1006-1020, fev. 2014. ISSN 1676-0727. DOI:<https://doi.org/10.12957/polemica.2014.9632>.

STEFFEN, J., JENSEN, M.; POMEROY, C. A.; BURIAN, S. J. (2013). Water Supply and Stormwater Management Benefits of Residential Rainwater Harvesting in U.S. Cities. *Journal of the American Water Resources Association (JAWRA)* 49(4): 810-824. DOI: 10.1111/jawr.12038

SUSTENTARQUI. Salvador inaugura o primeiro ponto de ônibus verde da cidade. Publicado em 26 jan 2016. Disponível em:< <https://sustentarqui.com.br/ponto-de-onibus-verde-salvador/>. Acesso em: 04 jan 2022.

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

TUCCI, C.E.M.; PORTO, R.L.L.; BARROS, M.T. Drenagem Urbana. Porto Alegre: Ed. Universidade/UFRGS/ABRH. v. 5. p. 277-347, 2015.

US EPA: United States Environmental Protection Agency. National Menu of Best Management Practices (BMPs) for Stormwater. Atualizado em: 18 ago 2023. Disponível em:< <https://www.epa.gov/npdes/national-menu-best-management-practices-bmps-stormwater>>. Acesso em: 21 nov 2023.

VASCONCELOS, A. F.; MIGUEZ, M. G.; VAZQUEZ, E. G. Critérios de projeto e benefícios esperados da implantação de técnicas compensatórias em drenagem urbana para controle de escoamentos na fonte, com base em modelagem computacional aplicada a um estudo de caso na zona oeste do Rio de Janeiro. *Revista Eng. Sanitária e Ambiental*. v. 21. n. 4. P. 655-662. 2016. DOI: 10.1590/S1413-41522016146469.

VASCONCELOS, A. F. Estratégias para o avanço do manejo sustentável de águas pluviais urbanas no Brasil. Tese (doutorado). Programa de Pós-Graduação em Engenharia Urbana – PPGEU, Universidade Federal de São Carlos - UFSCar, São Carlos, 2020.

VICENTE, T. Z. Análise de uso, apropriação e integração urbana das técnicas compensatórias em drenagem na cidade de Ribeirão Preto-SP. 97f. Dissertação (Mestrado em Engenharia Urbana) – Universidade Federal de São Carlos, São Carlos, 2015.

VILLAREAL, E. L.; SEMADENI-DAVIES, A.; BENGTTSSON, L. "Inner City Stormwater Control Using a Combination of Best Management Practices." *Ecological Engineering* 22.4 (2004): 279-298. DOI: 10.1016/j.ecoleng.2004.06.007.

VOJINOVIC, Z.; KEERAKAMOLCHAI, W.; WEESAKUL, S.; PUDAR, R.S.; MEDINA, N.; ALVES, A. Combining Ecosystem Services with Cost-Benefit Analysis for Selection of Green and Grey Infrastructure for Flood Protection in a Cultural Setting. *Environments* 2017, v. 4, n. 3. DOI: <https://doi.org/10.3390/environments4010003>.

Wen Liu, Weiping Chen, Chi Peng, Assessing the effectiveness of green infrastructures on urban flooding reduction: A community scale study, *Ecological Modelling*, Volume 291, 2014, Pages 6-14, ISSN 0304-3800, <https://doi.org/10.1016/j.ecolmodel.2014.07.012>.

Wen Liu, Weiping Chen, Chi Peng, Influences of setting sizes and combination of green infrastructures on community's stormwater runoff reduction, *Ecological Modelling*, Volume 318, 2015, Pages 236-244, ISSN 0304-3800, <https://doi.org/10.1016/j.ecolmodel.2014.11.007>.

Wenyu Yang, Kurt Brüggemann, Kiwanuka David Seguya, Ehtesham Ahmed, Thomas Kaeseberg, Heng Dai, Pei Hua, Jin Zhang, Peter Krebs. Measuring performance of low impact development practices for the surface runoff management. *Environmental Science and Ecotechnology*, Volume 1, 2020, 100010, ISSN 2666-4984. DOI: <https://doi.org/10.1016/j.ese.2020.100010>.

APÊNDICES

**APÊNDICE 1: PLANILHA DO MÉTODO SIMPLIFICADO
APLICADO AO SETOR A**

MÉTODO SIMPLIFICADO DE CÁLCULO E DE AVALIAÇÃO DA COMBINAÇÃO DE TC EM ESCALA DE LOTEAMENTO

| | | | | |
|-----------------|-----------------|----------|----------|--------|
| EMPREENDIMENTO: | JD BOA VISTA II | DATA: | 10/08/23 | FOLHA: |
| PROJETO: | SETOR A | REVISÃO: | REV1 | 1/5 |

1. Dados Gerais

| | |
|-------------------------------------------|---------------------|
| Município: | Araraquara |
| Loteamento: | Jardim Boa Vista II |
| Tipo de ocupação: | Loteamento aberto |
| Tipo de uso predominante: | Residencial |
| Índice de Permeabilidade - IP Lote(%): | 30 |
| Índice de Permeabilidade - IP Passeio(%): | 0 |
| Índice de Permeabilidade - IP Rua(%): | 0 |

2. Equação IDF - Precipitação

| | | |
|------------------------------------------|------------|-----------------------|
| I = intensidade da precipitação (mm/h) = | 96,16 | Equação de Araraquara |
| Tr = Tempo de retorno (anos) = | 10 | |
| t = duração da chuva (min) = | 30 | |
| tc = tempo de concentração (min): tc = t | | |
| Tc calculado | Califórnia | |
| | Kirpich | |

3. Coeficiente escoamento superficial

| | | |
|-------------------------------------------|-----------------|------|
| Terreno natural | C1 | 0,20 |
| Sistema Viário: Vias/Passeios | C2 | 0,95 |
| Área Verde | C3 | 0,30 |
| Área Institucional | C4 | 0,60 |
| Área de lotes | C5 | 0,80 |
| Coef. equivalente (proporcional as áreas) | C _{eq} | 0,72 |

4. Áreas do empreendimento (m²)

| | | |
|-------------------------------|--------------------|-----------|
| Terreno natural = Área Total | A1 | 16.052,58 |
| Sistema Viário: Vias/Passeios | A2 | 46.858,53 |
| Área Verde | A3 | 0,00 |
| Área Institucional | A4 | 6.026,32 |
| Área de lotes | A5 | 10.026,26 |
| Área total | A _{total} | 16.052,58 |

5. Dimensões Unitárias - Unidades de Dimensionamento UD

5.1. ESCALA LOTE

| | Largura (m) | Comprimento (m) | Área (m ²) | | | AVR Lotes | | | |
|--------------|-------------|-----------------|------------------------|-----------|------------|--------------------------------------------|----------|-----------------------------------------|-----------------------------------|
| | | | AT | AP | AI | Adot _{AVR lote} (m ²) | h (m) | V _{avr lote} (m ³) | Adot _{AVR lote} / AT (%) |
| LOTE | 10,00 | 20,00 | 200 | 60 | 140 | 24 | 0,15 | 3,60 | 0,12 |
| PASSEIO | 1,80 | 10,00 | 18 | 0 | 18 | 0 | 0,15 | 0,00 | 0,00 |
| RUAS* | 4,20 | 10,00 | 42 | 0 | 42 | 0 | 0,00 | 0,00 | 0,00 |
| Total | | | 260 | 60 | 200 | 24 | - | 3,60 | - |

Legenda: * : metade da largura da rua defronte ao lote padrão, em metros.

5.2. ESCALA QUADRA

| AC | | Área Total | Quant. Lotes | AVR Lote | AVR Pública | | | |
|--------------|--------------------|----------------------|--------------|--------------------------|-------------|---------------------|-------|---------------------|
| Mont | Jus | At (m ²) | un. | Vtotal (m ³) | Identif. | A (m ²) | h (m) | V (m ³) |
| 1 | Lote | 5.708,33 | 18 | 64,80 | | 0 | 0,00 | |
| 2 | Área Verde | 3.565,75 | 0 | 0,00 | AVR 1 | 600 | 0,20 | 120,00 |
| 3 | Área Institucional | 6.026,32 | 0 | 0,00 | AVR 2 | 700 | 0,20 | 140,00 |
| 4 | Canteiro | 752,18 | 0 | 0,00 | AVR 3 | 750 | 0,30 | 225,00 |
| Total | - | 16.052,58 | 18 | 0 | | | | 485,00 |

Legenda: ¹ Área referente a uma única AVR / ² Volume referente a uma única AVR ³ Volume de uma AVR x Número de lotes na AC

6. Cálculos de Vazão e Volume Unitários (Quanto cada UD Lote, cada AC, gera em termos de Q e V. Não considerando o sentido das águas)

6.1 ESCALA LOTE

| UD Lote Padrão | Pré-ocupação | | Pós-ocupação SEM AVR | | V _{avr} (m ³) | Pós-ocupação COM AVR | | t _{ench} (min) ² | t _{reman} (min) ² |
|----------------|----------------------------------------------|---------------------------------------------|-----------------------------------------------|----------------------------------------------|------------------------------------|-----------------------------------------------|----------------------------------------------|--------------------------------------|---------------------------------------|
| | Vazão - Q _{pré} (m ³ /s) | Volume - V _{pré} (m ³) | Vazão - Q _{1pós} (m ³ /s) | Volume - V _{1pós} (m ³) | | Vazão - Q _{2pós} (m ³ /s) | Volume - V _{2pós} (m ³) | | |
| Lote | 0,0011 | 1,92 | 0,0043 | 7,69 | 3,6 | 0,0043 | 4,09 | 14,04 | 15,96 |
| Passeio | 0,0001 | 0,17 | 0,0005 | 0,82 | 0,00 | 0,0005 | 0,82 | 0,00 | 30,00 |
| Rua | 0,0002 | 0,40 | 0,0011 | 1,92 | 0,00 | 0,0011 | 1,92 | 0,00 | 30,00 |
| Total | 0,0014 | 2,50 | 0,0058 | 10,43 | 3,60 | 0,0058 | 6,83 | | |

MÉTODO SIMPLIFICADO DE CÁLCULO E DE AVALIAÇÃO DA COMBINAÇÃO DE TC EM ESCALA DE LOTEAMENTO

| | | | | |
|-----------------|-----------------|----------|----------|--------|
| EMPREENDIMENTO: | JD BOA VISTA II | DATA: | 10/08/23 | FOLHA: |
| PROJETO: | SETOR A | REVISÃO: | REV1 | 2/5 |

6.2. ESCALA QUADRA Contribuições calculadas sepradamente para cada Arranjo de Simulação

TODOS OS ARRANJOS: 1 AO 4

| AC | Condição de Pré-Ocupação | |
|--------------|--------------------------|------------------|
| | UD Lote | |
| | Q _{pré} | V _{pré} |
| 1 | 0,025 | 45,00 |
| 2 | 0,019 | 34,29 |
| 3 | 0,032 | 57,95 |
| 4 | 0,004 | 7,23 |
| TOTAL | 0,08 | 144,48 |

ARRANJOS 1: SEM AVR NO LOTE

| AC | Contribuição Condição de Pós-Ocupação SEM AVR NO LOTE | | | | | | | | AVR PÚBLICA | | |
|--------------|-------------------------------------------------------|------------------|----------------|------------------|------------------|------------------|------------------|-------|-------------|------------------------------------------|--------------------------------------|
| | Lotes / AIV | | Sistema Viário | | | | Total | | Identif. | Q _{entrada} (m ³ /s) | t _{ench} (min) ² |
| | Q _{pós} | V _{pós} | F (%) * | Q _{pós} | V _{pós} | Q _{pós} | V _{pós} | | | | |
| 1 | 0,077 | 138,5 | 1,10 | 0,030 | 54,26 | 0,107 | 192,74 | AVR 1 | 0,03 | 69,99 | |
| 2 | 0,029 | 51,4 | 1,15 | 0,000 | 0,00 | 0,029 | 51,43 | AVR 2 | 0,10 | 24,16 | |
| 3 | 0,097 | 173,9 | 1,15 | 0,000 | 0,00 | 0,097 | 173,85 | AVR 3 | 0,11 | 33,15 | |
| 4 | 0,006 | 10,8 | 1,15 | 0,000 | 0,00 | 0,006 | 10,85 | | | | |
| TOTAL | 0,21 | 374,61 | - | 0,03 | 54,26 | 0,24 | 428,88 | | | | |

Legenda: * Fator de correção para as vias públicas, visando contabilizar as parcelas de passeios e ruas em lotes de esquinas

ARRANJO 2: COM AVR NO LOTE

| AC | Contribuição Condição de Pós-Ocupação COM AVR NO LOTE | | | | | | | | AVR PÚBLICA | | |
|--------------|-------------------------------------------------------|------------------|----------------|------------------|------------------|------------------|------------------|-------|-------------|------------------------------------------|--------------------------------------|
| | Lotes / AIV | | Sistema Viário | | | | Total | | Identif. | Q _{entrada} (m ³ /s) | t _{ench} (min) ² |
| | Q _{pós} | V _{pós} | F (%) * | Q _{pós} | V _{pós} | Q _{pós} | V _{pós} | | | | |
| 1 | 0,077 | 73,7 | 1,10 | 0,030 | 54,26 | 0,107 | 127,94 | 0 | | | |
| 2 | 0,029 | 51,4 | 1,10 | 0,000 | 0,00 | 0,029 | 51,43 | AVR 1 | 0,03 | 69,99 | |
| 3 | 0,097 | 173,9 | 1,10 | 0,000 | 0,00 | 0,097 | 173,85 | AVR 2 | 0,10 | 24,16 | |
| 4 | 0,006 | 10,8 | 1,10 | 0,000 | 0,00 | 0,006 | 10,85 | AVR 3 | 0,21 | 17,88 | |
| TOTAL | 0,21 | 309,81 | - | 0,03 | 54,26 | 0,24 | 364,08 | | | | |

Legenda: * Fator de correção para as vias públicas, visando contabilizar as parcelas de passeios e ruas em lotes de esquinas

6.3. ESCALA LOTEAMENTO

| Pré- Ocupação | Lotes | | Sistema Viário | | | | UD LOTE | |
|---------------|------------------|------------------|------------------|------------------|------------------|------------------|---------|--|
| | Q _{pós} | V _{pós} | Q _{pós} | V _{pós} | Q _{pós} | V _{pós} | | |
| | - | - | - | - | 0,08 | 144,48 | | |

| Pós- Ocupação | Lotes | | Sistema Viário | | | | UD LOTE | |
|---------------|------------------|------------------|------------------|------------------|------------------|------------------|---------|--|
| | Q _{pós} | V _{pós} | Q _{pós} | V _{pós} | Q _{pós} | V _{pós} | | |
| SEM AVR | 0,21 | 374,61 | 0,03 | 54,26 | 0,24 | 428,88 | | |
| COM AVR | 0,21 | 309,81 | 0,03 | 54,26 | 0,24 | 364,08 | | |

MÉTODO SIMPLIFICADO DE CÁLCULO E DE AVALIAÇÃO DA COMBINAÇÃO DE TC EM ESCALA DE LOTEAMENTO

| | | | | |
|-----------------|-----------------|----------|----------|--------|
| EMPREENDIMENTO: | JD BOA VISTA II | DATA: | 10/08/23 | FOLHA: |
| PROJETO: | SETOR A | REVISÃO: | REV1 | 4/5 |

8. TRECHOS - ESCOAMENTO DAS VAZÕES

8.1. ARRANJO 1

CÁLCULOS: LOTE + SISTEMA VIÁRIO

| TRECHOS | | Q (m³/s) | | | V (m³) | | | t (min) |
|----------|---------|----------|--------|-------|---------|--------|--------|---------|
| Montante | Jusante | Entrada | Gerada | Saída | Entrada | Gerada | Saída | |
| 1 | 4 | 0,00 | 0,11 | 0,11 | 0,00 | 192,74 | 192,74 | 0,54 |
| 2 | 3 | 0,00 | 0,03 | 0,03 | 0,00 | 51,43 | 51,43 | 0,57 |
| 3 | BD A | 0,03 | 0,10 | 0,13 | 51,43 | 173,85 | 225,29 | 0,25 |
| 4 | BD A | 0,11 | 0,01 | 0,11 | 192,74 | 10,85 | 203,59 | 0,10 |
| Total | - | - | - | 0,37 | - | - | 673,05 | - |

HIDROGRAMA

| Entrada da BD | | |
|---------------|----------|--------|
| t (min) | Q (m³/s) | V (m³) |
| 0,00 | 0,00 | 0 |
| 0,91 | 0,24 | 6,52 |
| 30,00 | 0,24 | 415,84 |
| 30,91 | 0,00 | 6,52 |

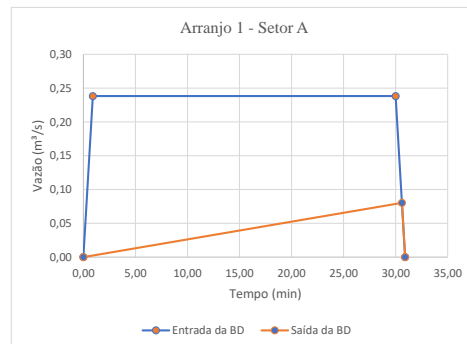
Volume de Detenção pelo Hidrograma

V_{pré} (m³) = 74,43

V_{pós} (m³) = 428,88

V_{deten} (m³) = 354,44

| Saída da BD | | |
|-------------|----------|--------|
| t (min) | Q (m³/s) | V (m³) |
| 0 | 0 | 0,00 |
| 30,60 | 0,08 | 74,43 |
| 30,91 | 0,00 | 0,00 |



8.2. ARRANJO 2: Com AVR apenas nos lotes

UD LOTE: LOTE + SISTEMA VIÁRIO

| AC | | Q (m³/s) | | | V (m³) | | | t (min) |
|----------|---------|----------|--------|-------|---------|--------|--------|---------|
| Montante | Jusante | Entrada | Gerada | Saída | Entrada | Gerada | Saída | |
| 1 | 4 | 0,00 | 0,11 | 0,11 | 0,00 | 127,94 | 127,94 | 0,54 |
| 2 | 3 | 0,00 | 0,03 | 0,03 | 0,00 | 51,43 | 51,43 | 0,57 |
| 3 | BD A | 0,03 | 0,10 | 0,13 | 51,43 | 173,85 | 225,29 | 0,25 |
| 4 | BD A | 0,11 | 0,01 | 0,11 | 127,94 | 10,85 | 138,79 | 0,10 |

SISTEMA VIÁRIO

| AC | | Q (m³/s) | | | V (m³) | | | t (min) |
|----------|---------|----------|--------|-------|---------|--------|-------|---------|
| Montante | Jusante | Entrada | Gerada | Saída | Entrada | Gerada | Saída | |
| 1 | 4 | 0,00 | 0,03 | 0,03 | 0,00 | 54,26 | 54,26 | 0,78 |
| 2 | 3 | 0,00 | 0,00 | 0,00 | 0,00 | 0,00 | 0,00 | 3,17 |
| 3 | BD A | 0,00 | 0,00 | 0,00 | 0,00 | 0,00 | 0,00 | 1,94 |
| 4 | BD A | 0,00 | 0,00 | 0,00 | 0,00 | 0,00 | 0,00 | 0,07 |

HIDROGRAMA

| Entrada da BD | | |
|---------------|----------|---------------------|
| t (min) | Q (m³/s) | V (m³) ¹ |
| 0,00 | 0,00 | 0,00 |
| 0,91 | 0,16 | 4,41 |
| 14,04 | 0,16 | 127,07 |
| 14,95 | 0,24 | 10,93 |
| 30,00 | 0,24 | 215,15 |
| 30,91 | 0,00 | 6,52 |

Legenda: ¹ Diferença entre as curvas

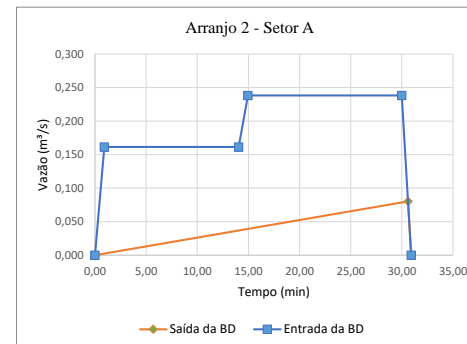
| Saída da BD | | |
|-------------|----------|---------------------|
| t (min) | Q (m³/s) | V (m³) ¹ |
| 0,00 | 0,000 | 0,00 |
| 30,60 | 0,08 | 73,70 |
| 30,91 | 0,000 | 0,74 |

Volume de Detenção pelo Hidrograma

V_{pré} (m³) = 74,43

V_{pós} (m³) = 364,08

V_{deten} (m³) = 289,64



MÉTODO SIMPLIFICADO DE CÁLCULO E DE AVALIAÇÃO DA COMBINAÇÃO DE TC EM ESCALA DE LOTEAMENTO

| | | | | | |
|-----------------|-----------------|----------|----------|--------|-----|
| EMPREENDIMENTO: | JD BOA VISTA II | DATA: | 10/08/23 | FOLHA: | |
| PROJETO: | SETOR A | REVISÃO: | REV1 | | 5/5 |

8.3. ARRANJO 3 Com AVR somente em áreas públicas

CÁLCULOS: LOTE + SISTEMA VIÁRIO

| TRECHOS | | Q (m³/s) | | | V (m³) | | | t (min) |
|----------|---------|----------|--------|-------|---------|--------|--------|---------|
| Montante | Jusante | Entrada | Gerada | Saída | Entrada | Gerada | Saída | |
| 1 | 4 | 0,00 | 0,11 | 0,11 | 0,00 | 192,74 | 192,74 | 0,54 |
| 2 | 3 | 0,00 | 0,03 | 0,03 | 0,00 | 51,43 | 51,43 | 0,57 |
| 3 | BD A | 0,03 | 0,10 | 0,13 | 51,43 | 173,85 | 225,29 | 0,25 |
| 4 | BD A | 0,11 | 0,01 | 0,11 | 192,74 | 10,85 | 203,59 | 0,10 |
| Total | - | - | - | 0,37 | - | - | 673,05 | - |

HIDROGRAMA

| Entrada da BD | | |
|---------------|----------|--------|
| t (min) | Q (m³/s) | V (m³) |
| 0,00 | 0,00 | 0 |
| 24,16 | 0,00 | 0,00 |
| 24,17 | 0,10 | 0,03 |
| 30,00 | 0,10 | 33,80 |
| 30,91 | 0,00 | 2,64 |

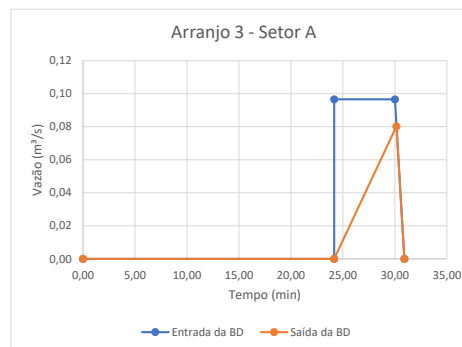
| Saída da BD | | |
|-------------|----------|--------|
| t (min) | Q (m³/s) | V (m³) |
| 0 | 0 | 0,00 |
| 24,16 | 0 | 0,00 |
| 30,15 | 0,08 | 16,26 |
| 30,91 | 0,00 | 0,00 |

Volume de Detenção pelo Hidrograma

V_{pré} (m³) = 16,26

V_{pós} (m³) = 36,47

V_{deten} (m³) = 20,20



8.4 ARRANJO 4: Com AVR nos lotes e em áreas públicas

UD LOTE: LOTE + SISTEMA VIÁRIO

| AC | | Q (m³/s) | | | V (m³) | | | t (min) |
|----------|---------|----------|--------|-------|---------|--------|----------|---------|
| Montante | Jusante | Entrada | Gerada | Saída | Entrada | Gerada | Saída | |
| 1 | 4 | 0,00 | 0,11 | 0,11 | 0,00 | 127,94 | 127,94 | 0,54 |
| 2 | 3 | 0,00 | 0,03 | 0,03 | 0,00 | 51,43 | 51,43 | 0,57 |
| 3 | BD A | 0,03 | 0,10 | 0,13 | 51,43 | 173,85 | 225,29 | 0,25 |
| 4 | BD A | 0,11 | 0,01 | 0,11 | 127,94 | 10,85 | 138,79 | 0,10 |
| Total | - | - | - | 0,92 | - | - | 1,328,63 | - |

SISTEMA VIÁRIO

| AC | | Q (m³/s) | | | V (m³) | | | t (min) |
|----------|---------|----------|--------|-------|---------|--------|--------|---------|
| Montante | Jusante | Entrada | Gerada | Saída | Entrada | Gerada | Saída | |
| 1 | 4 | 0,00 | 0,03 | 0,03 | 0,00 | 54,26 | 54,26 | 0,78 |
| 2 | 3 | 0,00 | 0,00 | 0,00 | 0,00 | 0,00 | 0,00 | 3,17 |
| 3 | BD A | 0,00 | 0,00 | 0,00 | 0,00 | 0,00 | 0,00 | 1,94 |
| 4 | BD A | 0,00 | 0,00 | 0,00 | 0,00 | 0,00 | 0,00 | 0,07 |
| Total | - | - | - | 0,15 | - | - | 268,31 | - |

HIDROGRAMA

| Entrada da BD | | |
|---------------|----------|--------|
| t (min) | Q (m³/s) | V (m³) |
| 0,00 | 0,00 | 0,00 |
| 28,53 | 0,00 | 0,00 |
| 28,54 | 0,18 | 0,05 |
| 30,00 | 0,18 | 15,74 |
| 30,10 | 0,00 | 0,52 |

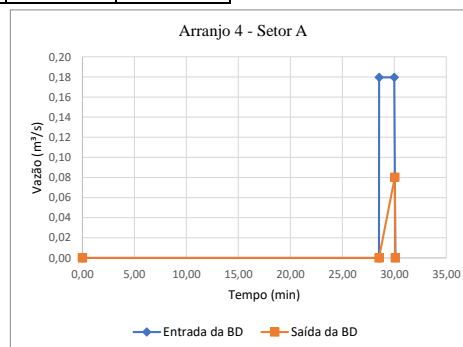
Volume de Detenção pelo Hidrograma

V_{pré} (m³) = 3,78

V_{pós} (m³) = 16,32

V_{deten} (m³) = 12,54

| Saída da BD | | |
|-------------|----------|--------|
| t (min) | Q (m³/s) | V (m³) |
| 0,00 | 0,000 | 0,00 |
| 28,53 | 0,00 | 0,00 |
| 30,05 | 0,080 | 3,66 |
| 30,10 | 0,000 | 0,11 |



**APÊNDICE 2: PLANILHA DO MÉTODO SIMPLIFICADO
APLICADO AO SETOR B**

MÉTODO SIMPLIFICADO DE CÁLCULO E DE AVALIAÇÃO DA COMBINAÇÃO DE TC EM ESCALA DE LOTEAMENTO

| | | | | |
|-----------------|-----------------|----------|----------|--------|
| EMPREENDIMENTO: | JD BOA VISTA II | DATA: | 10/08/23 | FOLHA: |
| PROJETO: | SETOR B | REVISÃO: | REV1 | 1/6 |

1. Dados Gerais

| | |
|-------------------------------------------|---------------------|
| Município: | Araraquara |
| Loteamento: | Jardim Boa Vista II |
| Tipo de ocupação: | Loteamento aberto |
| Tipo de uso predominante: | Residencial |
| Índice de Permeabilidade - IP Lote(%): | 30 |
| Índice de Permeabilidade - IP Passeio(%): | 0 |
| Índice de Permeabilidade - IP Rua(%): | 0 |

2. Equação IDF - Precipitação

| | | |
|------------------------------------------|------------|-----------------------|
| I = intensidade da precipitação (mm/h) = | 96,16 | Equação de Araraquara |
| Tr = Tempo de retorno (anos) = | 10 | |
| t = duração da chuva (min) = | 30 | |
| tc = tempo de concentração (min): tc = t | | |
| Tc calculado | Califórnia | |
| | Kirpich | |

3. Coeficiente escoamento superficial

| | | |
|-------------------------------------------|-----------------|------|
| Terreno natural | C1 | 0,20 |
| Sistema Viário: Vias/Passeios | C2 | 0,95 |
| Área Verde | C3 | 0,30 |
| Área Institucional | C4 | 0,60 |
| Área de lotes | C5 | 0,80 |
| Coef. equivalente (proporcional as áreas) | C _{eq} | 0,80 |

4. Áreas do empreendimento (m²)

| | | |
|-------------------------------|--------------------|-----------|
| Terreno natural = Área Total | A1 | 55.140,34 |
| Sistema Viário: Vias/Passeios | A2 | 46.858,53 |
| Área Verde | A3 | 12.183,41 |
| Área Institucional | A4 | 14.888,22 |
| Área de lotes | A5 | 28.068,71 |
| Área total | A _{total} | 55.140,34 |

5. Dimensões Unitárias - Unidades de Dimensionamento UD

5.1. ESCALA LOTE

| | Largura (m) | Comprimento (m) | Área (m ²) | | | AVR Lotes | | | |
|--------------|-------------|-----------------|------------------------|-----------|------------|--------------------------------------------|----------|-----------------------------------------|-----------------------------------|
| | | | AT | AP | AI | Adot _{AVR lote} (m ²) | h (m) | V _{avr lote} (m ³) | Adot _{AVR lote} / AT (%) |
| LOTE | 10,00 | 20,00 | 200 | 60 | 140 | 24 | 0,15 | 3,60 | 0,12 |
| PASSEIO | 1,80 | 10,00 | 18 | 0 | 18 | 0 | 0,15 | 0,00 | 0,00 |
| RUAS* | 4,20 | 10,00 | 42 | 0 | 42 | 0 | 0,00 | 0,00 | 0,00 |
| Total | | | 260 | 60 | 200 | 24 | - | 3,60 | - |

Legenda: * : metade da largura da rua defronte ao lote padrão, em metros.

5.2. ESCALA QUADRA

| AC | | Área Total | Quant. Lotes | AVR Lote | AVR Pública | | | |
|--------------|--------------------|----------------------|--------------|--------------------------|-------------|---------------------|-------|---------------------|
| Mont | Jus | At (m ²) | un. | Vtotal (m ³) | Identif. | A (m ²) | h (m) | V (m ³) |
| 5 | Lote | 3.530,01 | 12 | 43,20 | | | | |
| 6 | Lote | 11.045,06 | 37 | 133,20 | | | | |
| 7 | Área Institucional | 14.888,22 | 0 | 0,00 | AVR 4 | 1.000 | 0,20 | 200,00 |
| 8 | Lote | 4.897,23 | 11 | 39,60 | | | | |
| 9 | Lote | 8.596,41 | 29 | 104,40 | | | | |
| 10 | Canteiro | 2.942,23 | 0 | 0,00 | AVR 5 | 600 | 0,20 | 120,00 |
| 11 | Área Verde | 9.241,18 | 0 | 0,00 | AVR 6 | 1.000 | 0,20 | 200,00 |
| Total | - | 55.140,34 | 89 | 0 | | | | 320,00 |

Legenda: ¹ Área referente a uma única AVR / ² Volume referente a uma única AVR ³ Volume de uma AVR x Número de lotes na AC

6. Cálculos de Vazão e Volume Unitários (Quanto cada UD Lote, cada AC, gera em termos de Q e V. Não considerando o sentido das águas)

6.1 ESCALA LOTE

| UD Lote Padrão | Pré-ocupação | | Pós-ocupação SEM AVR | | V _{avr} (m ³) | Pós-ocupação COM AVR | | t _{ench} (min) ² | t _{reman} (min) ² |
|----------------|----------------------------------------------|---------------------------------------------|----------------------------------------------|---------------------------------------------|------------------------------------|-----------------------------------------------|----------------------------------------------|--------------------------------------|---------------------------------------|
| | Vazão - Q _{pré} (m ³ /s) | Volume - V _{pré} (m ³) | Vazão - Q _{pós} (m ³ /s) | Volume - V _{pós} (m ³) | | Vazão - Q _{2pós} (m ³ /s) | Volume - V _{2pós} (m ³) | | |
| Lote | 0,0011 | 1,92 | 0,0043 | 7,69 | 3,6 | 0,0043 | 4,09 | 14,04 | 15,96 |
| Passeio | 0,0001 | 0,17 | 0,0005 | 0,82 | 0,00 | 0,0005 | 0,82 | 0,00 | 30,00 |
| Rua | 0,0002 | 0,40 | 0,0011 | 1,92 | 0,00 | 0,0011 | 1,92 | 0,00 | 30,00 |
| Total | 0,0014 | 2,50 | 0,0058 | 10,43 | 3,60 | 0,0058 | 6,83 | - | - |

MÉTODO SIMPLIFICADO DE CÁLCULO E DE AVALIAÇÃO DA COMBINAÇÃO DE TC EM ESCALA DE LOTEAMENTO

| | | | | |
|-----------------|-----------------|----------|----------|--------|
| EMPREENDIMENTO: | JD BOA VISTA II | DATA: | 10/08/23 | FOLHA: |
| PROJETO: | SETOR B | REVISÃO: | REV1 | 2/6 |

6.2. ESCALA QUADRA Contribuições calculadas sepradamente para cada Arranjo de Simulação

TODOS OS ARRANJOS: 1 AO 4

| AC | Condição de Pré-Ocupação | |
|--------------|--------------------------|------------------|
| | UD Lote | |
| | Q _{pré} | V _{pré} |
| 5 | 0,017 | 30,00 |
| 6 | 0,051 | 92,51 |
| 7 | 0,080 | 143,17 |
| 8 | 0,015 | 27,50 |
| 9 | 0,040 | 72,51 |
| 10 | 0,016 | 28,29 |
| 11 | 0,049 | 88,87 |
| TOTAL | 0,27 | 482,85 |

ARRANJOS 1: SEM AVR NO LOTE

| AC | Contribuição Condição de Pós-Ocupação SEM AVR NO LOTE | | | | | | | | AVR PÚBLICA | | |
|--------------|-------------------------------------------------------|------------------|----------------|------------------|------------------|------------------|------------------|-------|-------------|------------------------------------------|--------------------------------------|
| | Lotes / AIV | | Sistema Viário | | | Total | | | Identif. | Q _{entrada} (m ³ /s) | t _{ench} (min) ² |
| | Q _{pós} | V _{pós} | F (%) * | Q _{pós} | V _{pós} | Q _{pós} | V _{pós} | | | | |
| 5 | 0,051 | 92,3 | 1,10 | 0,020 | 36,18 | 0,071 | 128,49 | AVR 4 | 0,57 | 5,89 | |
| 6 | 0,158 | 284,6 | 1,10 | 0,062 | 111,54 | 0,220 | 396,19 | | | | |
| 7 | 0,274 | 493,9 | 1,15 | 0,000 | 0,00 | 0,274 | 493,94 | | | | |
| 8 | 0,047 | 84,6 | 1,10 | 0,018 | 33,16 | 0,065 | 117,79 | | | | |
| 9 | 0,124 | 223,1 | 1,10 | 0,049 | 87,43 | 0,173 | 310,53 | | | | |
| 10 | 0,027 | 48,8 | 1,15 | 0,000 | 0,00 | 0,027 | 48,81 | | | | |
| 11 | 0,085 | 153,3 | 1,15 | 0,000 | 0,00 | 0,085 | 153,29 | AVR 5 | 0,59 | 3,37 | |
| TOTAL | 0,77 | 1.380,72 | - | 0,15 | 268,31 | 0,92 | 1.649,03 | - | - | - | |

Legenda: * Fator de correção para as vias públicas, visando contabilizar as parcelas de passeios e ruas em lotes de esquinas

ARRANJO 2: COM AVR NO LOTE

| AC | Contribuição Condição de Pós-Ocupação COM AVR NO LOTE | | | | | | | | AVR PÚBLICA | | |
|--------------|-------------------------------------------------------|------------------|----------------|------------------|------------------|------------------|------------------|-------|-------------|------------------------------------------|--------------------------------------|
| | Lotes / AIV | | Sistema Viário | | | Total | | | Identif. | Q _{entrada} (m ³ /s) | t _{ench} (min) ² |
| | Q _{pós} | V _{pós} | F (%) * | Q _{pós} | V _{pós} | Q _{pós} | V _{pós} | | | | |
| 5 | 0,051 | 49,1 | 1,10 | 0,020 | 36,18 | 0,071 | 85,29 | 0 | 0,57 | 5,89 | |
| 6 | 0,158 | 151,4 | 1,10 | 0,062 | 111,54 | 0,220 | 262,99 | 0 | | | |
| 7 | 0,274 | 493,9 | 1,15 | 0,000 | 0,00 | 0,274 | 493,94 | AVR 4 | | | |
| 8 | 0,047 | 45,0 | 1,10 | 0,018 | 33,16 | 0,065 | 78,19 | 0 | | | |
| 9 | 0,124 | 118,7 | 1,10 | 0,049 | 87,43 | 0,173 | 206,13 | 0 | | | |
| 10 | 0,027 | 48,8 | 1,15 | 0,000 | 0,00 | 0,027 | 48,81 | AVR 5 | | | 0,59 |
| 11 | 0,085 | 153,3 | 1,15 | 0,000 | 0,00 | 0,085 | 153,29 | AVR 6 | 0,32 | 10,32 | |
| TOTAL | 0,77 | 1.060,32 | - | 0,15 | 268,31 | 0,92 | 1.328,63 | | | | |

Legenda: * Fator de correção para as vias públicas, visando contabilizar as parcelas de passeios e ruas em lotes de esquinas

6.3. ESCALA LOTEAMENTO

| Pré- Ocupação | Lotes | | Sistema Viário | | UD LOTE | |
|---------------|------------------|------------------|------------------|------------------|------------------|------------------|
| | Q _{pós} | V _{pós} | Q _{pós} | V _{pós} | Q _{pós} | V _{pós} |
| | - | - | - | - | 0,27 | 482,85 |

| Pós- Ocupação | Lotes | | Sistema Viário | | UD LOTE | |
|---------------|------------------|------------------|------------------|------------------|------------------|------------------|
| | Q _{pós} | V _{pós} | Q _{pós} | V _{pós} | Q _{pós} | V _{pós} |
| SEM AVR | 0,77 | 1.380,72 | 0,15 | 268,31 | 0,92 | 1.649,03 |
| COM AVR | 0,77 | 1.060,32 | 0,15 | 268,31 | 0,92 | 1.328,63 |

MÉTODO SIMPLIFICADO DE CÁLCULO E DE AVALIAÇÃO DA COMBINAÇÃO DE TC EM ESCALA DE LOTEAMENTO

| | | | | |
|-----------------|-----------------|----------|----------|--------|
| EMPREENDIMENTO: | JD BOA VISTA II | DATA: | 10/08/23 | FOLHA: |
| PROJETO: | SETOR B | REVISÃO: | REV1 | 4/6 |

8. TRECHOS - ESCOAMENTO DAS VAZÕES

8.1. ARRANJO 1

CÁLCULOS: LOTE + SISTEMA VIÁRIO

| TRECHOS | | Q (m³/s) | | | V (m³) | | | t (min) |
|----------|---------|----------|--------|-------|----------|--------|----------|---------|
| Montante | Jusante | Entrada | Gerada | Saída | Entrada | Gerada | Saída | |
| 5 | 6 | 0,00 | 0,07 | 0,07 | 0,00 | 128,49 | 128,49 | 1,23 |
| 6 | 7 | 0,07 | 0,22 | 0,29 | 128,49 | 396,19 | 524,68 | 0,84 |
| 7 | 10 | 0,29 | 0,27 | 0,57 | 524,68 | 493,94 | 1.018,62 | 0,83 |
| 8 | 11 | 0,00 | 0,07 | 0,07 | 0,00 | 117,79 | 117,79 | 0,99 |
| 9 | 11 | 0,00 | 0,17 | 0,17 | 0,00 | 310,53 | 310,53 | 0,76 |
| 10 | BD B | 0,57 | 0,03 | 0,59 | 1.018,62 | 48,81 | 1.067,42 | 0,19 |
| 11 | BD B | 0,24 | 0,09 | 0,32 | 428,31 | 153,29 | 581,61 | 0,50 |
| Total | - | - | - | 0,92 | - | - | 1.649,03 | - |

HIDROGRAMA

| Entrada da BD | | |
|---------------|----------|----------|
| t (min) | Q (m³/s) | V (m³) |
| 0,00 | 0,00 | 0 |
| 3,08 | 0,92 | 84,77 |
| 30,00 | 0,92 | 1.479,49 |
| 33,08 | 0,00 | 84,77 |

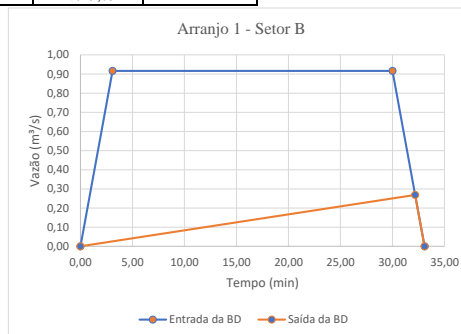
Volume de Detenção pelo Hidrograma

V_{pré} (m³) = 266,25

V_{pós} (m³) = 1.649,03

V_{deten} (m³) = 1.382,78

| Saída da BD | | |
|-------------|----------|--------|
| t (min) | Q (m³/s) | V (m³) |
| 0 | 0 | 0,00 |
| 32,18 | 0,27 | 258,98 |
| 33,08 | 0,00 | 7,27 |



8.2. ARRANJO 2: Com AVR apenas nos lotes

UD LOTE: LOTE + SISTEMA VIÁRIO

| AC | | Q (m³/s) | | | V (m³) | | | t (min) |
|----------|---------|----------|--------|-------|---------|--------|--------|---------|
| Montante | Jusante | Entrada | Gerada | Saída | Entrada | Gerada | Saída | |
| 5 | 6 | 0,00 | 0,07 | 0,07 | 0,00 | 85,29 | 85,29 | 1,23 |
| 6 | 7 | 0,07 | 0,22 | 0,29 | 85,29 | 262,99 | 348,28 | 0,84 |
| 7 | 10 | 0,29 | 0,27 | 0,57 | 348,28 | 493,94 | 842,22 | 0,83 |
| 8 | 11 | 0,00 | 0,07 | 0,07 | 0,00 | 78,19 | 78,19 | 0,99 |
| 9 | 11 | 0,00 | 0,17 | 0,17 | 0,00 | 206,13 | 206,13 | 0,76 |
| 10 | BD B | 0,57 | 0,03 | 0,59 | 842,22 | 48,81 | 891,02 | 0,19 |
| 11 | BD B | 0,24 | 0,09 | 0,32 | 437,61 | 153,29 | 437,61 | 0,50 |

SISTEMA VIÁRIO

| AC | | Q (m³/s) | | | V (m³) | | | t (min) |
|----------|---------|----------|--------|-------|---------|--------|--------|---------|
| Montante | Jusante | Entrada | Gerada | Saída | Entrada | Gerada | Saída | |
| 5 | 6 | 0,00 | 0,02 | 0,02 | 0,00 | 36,18 | 36,18 | 1,77 |
| 6 | 7 | 0,02 | 0,06 | 0,08 | 36,18 | 111,54 | 147,72 | 1,22 |
| 7 | 10 | 0,08 | 0,00 | 0,08 | 147,72 | 0,00 | 147,72 | 1,45 |
| 8 | 11 | 0,00 | 0,02 | 0,02 | 0,00 | 33,16 | 33,16 | 1,48 |
| 9 | 11 | 0,00 | 0,05 | 0,05 | 0,00 | 87,43 | 87,43 | 1,13 |
| 10 | BD B | 0,08 | 0,00 | 0,08 | 147,72 | 0,00 | 147,72 | 0,32 |
| 11 | BD B | 0,07 | 0,00 | 0,07 | 120,59 | 0,00 | 120,59 | 0,95 |
| Total | - | - | - | 0,15 | - | - | 268,31 | - |

HIDROGRAMA

| Entrada da BD | | |
|---------------|----------|---------------------|
| t (min) | Q (m³/s) | V (m³) ¹ |
| 0,00 | 0,00 | 0,00 |
| 3,08 | 0,54 | 49,57 |
| 14,04 | 0,54 | 352,12 |
| 17,12 | 0,92 | 134,34 |
| 30,00 | 0,92 | 707,82 |
| 33,08 | 0,00 | 84,77 |

Volume de Detenção pelo Hidrograma

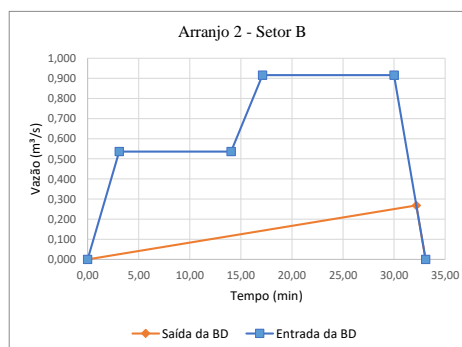
V_{pré} (m³) = 266,25

V_{pós} (m³) = 1.328,63

V_{deten} (m³) = 1.062,38

Legenda: ¹ Diferença entre as curvas

| Saída da BD | | |
|-------------|----------|---------------------|
| t (min) | Q (m³/s) | V (m³) ¹ |
| 0,00 | 0,00 | 0,00 |
| 32,18 | 0,27 | 258,98 |
| 33,08 | 0,00 | 7,27 |



MÉTODO SIMPLIFICADO DE CÁLCULO E DE AVALIAÇÃO DA COMBINAÇÃO DE TC EM ESCALA DE LOTEAMENTO

| | | | | | |
|--------------------------------------------------|-----------------|----------|----------|--------|-----|
| EMPREENDIMENTO: | JD BOA VISTA II | DATA: | 10/08/23 | FOLHA: | |
| PROJETO: | SETOR B | REVISÃO: | REV1 | | 5/6 |
| 8.3. ARRANJO 3 Com AVR somente em áreas públicas | | | | | |

CÁLCULOS: LOTE + SISTEMA VIÁRIO

| TRECHOS | | Q (m³/s) | | | V (m³) | | | t (min) |
|----------|---------|----------|--------|-------|---------|--------|---------|---------|
| Montante | Jusante | Entrada | Gerada | Saída | Entrada | Gerada | Saída | |
| 5 | 6 | 0,00 | 0,07 | 0,07 | 0,00 | 128,49 | 128,49 | 1,23 |
| 6 | 7 | 0,07 | 0,22 | 0,29 | 128,49 | 396,19 | 524,68 | 0,84 |
| 7 | 10 | 0,29 | 0,27 | 0,57 | 524,68 | 493,94 | 1018,62 | 0,83 |
| 8 | 11 | 0,00 | 0,07 | 0,07 | 0,00 | 117,79 | 117,79 | 0,99 |
| 9 | 11 | 0,00 | 0,17 | 0,17 | 0,00 | 310,53 | 310,53 | 0,76 |
| 10 | BD B | 0,57 | 0,03 | 0,59 | 1018,62 | 48,81 | 1067,42 | 0,19 |
| 11 | BD B | 0,24 | 0,09 | 0,32 | 428,31 | 153,29 | 581,61 | 0,50 |
| Total | 7 | 111,54 | 147,72 | 0,00 | 0,00 | 0,00 | 0,00 | 0 |

HIDROGRAMA

| Entrada da BD | | |
|---------------|----------|----------|
| t (min) | Q (m³/s) | V (m³) |
| 0,00 | 0,00 | 0 |
| 9,14 | 0,00 | 0,00 |
| 9,15 | 0,59 | 0,18 |
| 10,32 | 0,59 | 41,41 |
| 10,33 | 0,92 | 0,45 |
| 30,00 | 0,92 | 1.081,42 |
| 33,08 | 0,00 | 84,77 |

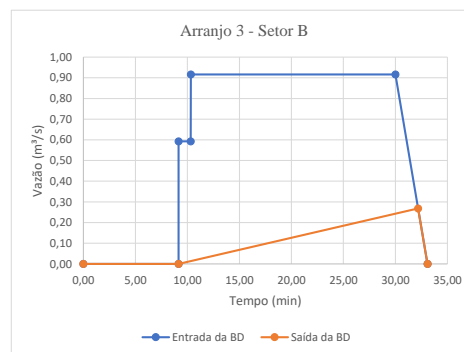
| Saída da BD | | |
|-------------|----------|--------|
| t (min) | Q (m³/s) | V (m³) |
| 0 | 0 | 0,00 |
| 9,14 | 0 | 0,00 |
| 32,18 | 0,27 | 266,25 |
| 33,08 | 0,00 | 0,00 |

Volume de Detenção pelo Hidrograma

Vpré (m³) = 266,25

Vpós (m³) = 1.208,23

Vdeten (m³) = 941,99



Explicação dos tempos

| | | |
|-----------------------------------------------------------------------------------------------|--------|-----|
| Após o enchimento da AVR4 com as Q de AC5 a 7, a AVR 5 será ocupada pela Q da AC10 com um V = | 9,58 | m³ |
| Assim a AVR5 fica com volume disponível de = | 110,42 | m³ |
| Tempo que a vazão da AVR4 demora para encher a AVR5 | 3,25 | min |
| O tempo total para AVR 5 liberar toda vazão (AC5-AC10) = | 9,14 | min |

MÉTODO SIMPLIFICADO DE CÁLCULO E DE AVALIAÇÃO DA COMBINAÇÃO DE TC EM ESCALA DE LOTEAMENTO

| | | | | |
|-----------------|-----------------|----------|----------|--------|
| EMPREENDIMENTO: | JD BOA VISTA II | DATA: | 10/08/23 | FOLHA: |
| PROJETO: | SETOR B | REVISÃO: | REV1 | 6/6 |

8.4 ARRANJO 4: Com AVR nos lotes e em áreas públicas

UD LOTE: LOTE + SISTEMA VIÁRIO

| AC | | Q (m³/s) | | | V (m³) | | | t |
|----------|---------|----------|--------|-------|---------|--------|----------|-------|
| Montante | Jusante | Entrada | Gerada | Saída | Entrada | Gerada | Saída | (min) |
| 5 | 6 | 0,00 | 0,07 | 0,07 | 0,00 | 85,29 | 85,29 | 1,23 |
| 6 | 7 | 0,07 | 0,22 | 0,29 | 85,29 | 262,99 | 348,28 | 0,84 |
| 7 | 10 | 0,29 | 0,27 | 0,57 | 348,28 | 493,94 | 842,22 | 0,83 |
| 8 | 11 | 0,00 | 0,07 | 0,07 | 0,00 | 78,19 | 78,19 | 0,99 |
| 9 | 11 | 0,00 | 0,17 | 0,17 | 0,00 | 206,13 | 206,13 | 0,76 |
| 10 | BD B | 0,57 | 0,03 | 0,59 | 842,22 | 48,81 | 891,02 | 0,19 |
| 11 | BD B | 0,24 | 0,09 | 0,32 | 284,31 | 153,29 | 437,61 | 0,50 |
| Total | - | - | - | 0,92 | - | - | 1.328,63 | - |

SISTEMA VIÁRIO

| AC | | Q (m³/s) | | | V (m³) | | | t |
|----------|---------|----------|--------|-------|---------|--------|--------|-------|
| Montante | Jusante | Entrada | Gerada | Saída | Entrada | Gerada | Saída | (min) |
| 5 | 6 | 0,00 | 0,02 | 0,02 | 0,00 | 36,18 | 36,18 | 1,77 |
| 6 | 7 | 0,02 | 0,06 | 0,08 | 36,18 | 111,54 | 147,72 | 1,22 |
| 7 | 10 | 0,08 | 0,00 | 0,08 | 147,72 | 0,00 | 147,72 | 1,45 |
| 8 | 11 | 0,00 | 0,02 | 0,02 | 0,00 | 33,16 | 33,16 | 1,48 |
| 9 | 11 | 0,00 | 0,05 | 0,05 | 0,00 | 87,43 | 87,43 | 1,13 |
| 10 | BD B | 0,08 | 0,00 | 0,08 | 147,72 | 0,00 | 147,72 | 0,32 |
| 11 | BD B | 0,07 | 0,00 | 0,07 | 120,59 | 0,00 | 120,59 | 0,95 |
| Total | - | - | - | 0,15 | - | - | 268,31 | - |

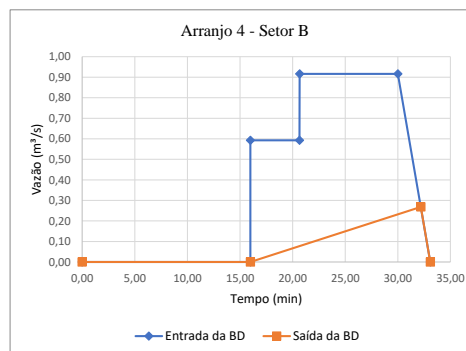
HIDROGRAMA

| Entrada da BD | | |
|---------------|----------|--------|
| t (min) | Q (m³/s) | V (m³) |
| 0,00 | 0,00 | 0,00 |
| 15,98 | 0,00 | 0,00 |
| 15,99 | 0,59 | 0,18 |
| 20,65 | 0,59 | 83,11 |
| 20,66 | 0,92 | 211,51 |
| 30,00 | 0,92 | 423,10 |
| 33,08 | 0,00 | 84,77 |

VOLUME DE DETENÇÃO PELO HIDROGRAMA

V_{pré} (m³) = 137,62
 V_{pós} (m³) = 802,66
 V_{deten} (m³) = 665,04

| Saída da BD | | |
|-------------|----------|--------|
| t (min) | Q (m³/s) | V (m³) |
| 0,00 | 0,000 | 0,00 |
| 15,98 | 0,00 | 0,00 |
| 32,18 | 0,268 | 130,36 |
| 33,08 | 0,000 | 7,27 |



Explicação dos tempos

| | V _{avr} (m³) | Q | t _{ench} (min) | V _{ocupado} (m³) | Vazões | V _{reman avr} (m³) | t _{ench} | |
|-------|-----------------------|---------------|-------------------------|---------------------------|---------------------------------------------|-----------------------------|-------------------------|-------------------|
| AVR 4 | 200,00 | 0,27 | 12,15 | 231,14 | Apenas AC 7 | -31,14 | 12,15 14,04 17,02 | min min min |
| AVR 5 | 120,00 | 0,03 0,30 | 73,76 | 19,76 34,22 53,98 | Apenas AC 10 AC 7 + AC 10 AC 5 a AC 7 | 100,24 85,78 66,02 | 1,9 | min |
| AVR 6 | 200,00 | 0,085 0,32 | 39,14 10,32 | 71,73 272,16 | apenas AC 11 AC8+AC9+AC11 | 128,27 -72,16 | 6,6 | min |

AVR 4 estará recebendo toda Q ACS, 6 e 7

**APÊNDICE 3: PLANILHA DO MÉTODO SIMPLIFICADO
APLICADO AO SETOR C**

MÉTODO SIMPLIFICADO DE CÁLCULO E DE AVALIAÇÃO DA COMBINAÇÃO DE TC EM ESCALA DE LOTEAMENTO

| | | | | |
|-----------------|-----------------|----------|----------|--------|
| EMPREENDIMENTO: | JD BOA VISTA II | DATA: | 10/08/23 | FOLHA: |
| PROJETO: | SETOR C | REVISÃO: | REV1 | 1/5 |

1. Dados Gerais

| | |
|-------------------------------------------|---------------------|
| Município: | Araraquara |
| Loteamento: | Jardim Boa Vista II |
| Tipo de ocupação: | Loteamento aberto |
| Tipo de uso predominante: | Residencial |
| Índice de Permeabilidade - IP Lote(%): | 30 |
| Índice de Permeabilidade - IP Passeio(%): | 0 |
| Índice de Permeabilidade - IP Rua(%): | 0 |

2. Equação IDF - Precipitação

| | | |
|------------------------------------------|------------|-----------------------|
| I = intensidade da precipitação (mm/h) = | 96,16 | Equação de Araraquara |
| Tr = Tempo de retorno (anos) = | 10 | |
| t = duração da chuva (min) = | 30 | |
| tc = tempo de concentração (min): tc = t | | |
| Tc calculado | Califórnia | |
| | Kirpich | |

3. Coeficiente escoamento superficial

| | | |
|-------------------------------------------|-----------------|------|
| Terreno natural | C1 | 0,20 |
| Sistema Viário: Vias/Passeios | C2 | 0,95 |
| Área Verde | C3 | 0,30 |
| Área Institucional | C4 | 0,60 |
| Área de lotes | C5 | 0,80 |
| Coef. equivalente (proporcional as áreas) | C _{eq} | 0,80 |

4. Áreas do empreendimento (m²)

| | | |
|-------------------------------|--------------------|-----------|
| Terreno natural = Área Total | A1 | 73.254,67 |
| Sistema Viário: Vias/Passeios | A2 | 0,00 |
| Área Verde | A3 | 0,00 |
| Área Institucional | A4 | 0,00 |
| Área de lotes | A5 | 73.254,67 |
| Área total | A _{total} | 73.254,67 |

5. Dimensões Unitárias - Unidades de Dimensionamento UD

5.1. ESCALA LOTE

| | Largura (m) | Comprimento (m) | Área (m ²) | | | AVR Lotes | | | |
|--------------|-------------|-----------------|------------------------|-----------|------------|--------------------------------------------|----------|-----------------------------------------|---------------------------------------|
| | | | AT | AP | AI | Adot _{AVR lote} (m ²) | h (m) | V _{avr lote} (m ³) | Adot _{AVR lote} / (AT * 0,2) |
| LOTE | 10,00 | 20,00 | 200 | 60 | 140 | 24 | 0,15 | 3,60 | 0,12 |
| PASSEIO | 1,80 | 10,00 | 18 | 0 | 18 | 0 | 0,15 | 0,00 | 0,00 |
| RUAS* | 4,20 | 10,00 | 42 | 0 | 42 | 0 | 0,00 | 0,00 | 0,00 |
| Total | | | 260 | 60 | 200 | 24 | - | 3,60 | - |

Legenda: * : metade da largura da rua defronte ao lote padrão, em metros.

5.2. ESCALA QUADRA

| AC | | Área Total | Quant. Lotes | AVR Lote | AVR Pública | | | | |
|--------------|------|------------------|--------------|------------|----------------------|-----|--------------------------|----------|---------------------|
| Mont | Jus | | | | At (m ²) | un. | Vtotal (m ³) | Identif. | A (m ²) |
| 12 | Lote | 3.542,75 | 12 | 43,20 | | | | | 0,00 |
| 13 | Lote | 3.547,37 | 12 | 43,20 | | | | | 0,00 |
| 14 | Lote | 3.556,11 | 12 | 43,20 | | | | | 0,00 |
| 15 | Lote | 3.549,31 | 12 | 43,20 | | | | | 0,00 |
| 16 | Lote | 7.770,53 | 25 | 90,00 | | | | | 0,00 |
| 17 | Lote | 7.639,26 | 25 | 90,00 | | | | | 0,00 |
| 18 | Lote | 7.578,40 | 25 | 90,00 | | | | | 0,00 |
| 19 | Lote | 8137,5 | 27 | 97,20 | | | | | 0,00 |
| 20 | Lote | 9252,41 | 32 | 115,20 | | | | | 0,00 |
| 21 | Lote | 9134,17 | 32 | 115,20 | | | | | 0,00 |
| 22 | Lote | 9546,86 | 32 | 115,20 | | | | | 0,00 |
| Total | - | 73.254,67 | 246 | 886 | | | | | 0,00 |

Legenda: ¹ Área referente a uma única AVR / ² Volume referente a uma única AVR ³ Volume de uma AVR x Número de lotes na AC

6. Cálculos de Vazão e Volume Unitários (Quanto cada UD Lote, cada AC, gera em termos de Q e V. Não considerando o sentido das águas)

6.1 ESCALA LOTE

| UD Lote Padrão | Pré-ocupação | | Pós-ocupação SEM AVR | | Pós-ocupação COM AVR | | | | |
|----------------|----------------------------------------------|---------------------------------------------|------------------------------------------------|-----------------------------------------------|------------------------------------|------------------------------------------------|-----------------------------------------------|--------------------------------------|---------------------------------------|
| | Vazão - Q _{pré} (m ³ /s) | Volume - V _{pré} (m ³) | Vazão - Q _{1 pós} (m ³ /s) | Volume - V _{1 pós} (m ³) | V _{avr} (m ³) | Vazão - Q _{2 pós} (m ³ /s) | Volume - V _{2 pós} (m ³) | t _{ench} (min) ² | t _{reman} (min) ² |
| Lote | 0,0011 | 1,92 | 0,0043 | 7,69 | 3,6 | 0,0043 | 4,09 | 14,04 | 15,96 |
| Passeio | 0,0001 | 0,17 | 0,0005 | 0,82 | 0,00 | 0,0005 | 0,82 | 0,00 | 30,00 |
| Rua | 0,0002 | 0,40 | 0,0011 | 1,92 | 0,00 | 0,0011 | 1,92 | 0,00 | 30,00 |
| Total | 0,0014 | 2,50 | 0,0058 | 10,43 | 3,60 | 0,0058 | 6,83 | - | - |

MÉTODO SIMPLIFICADO DE CÁLCULO E DE AVALIAÇÃO DA COMBINAÇÃO DE TC EM ESCALA DE LOTEAMENTO

| | | | | |
|-----------------|-----------------|----------|----------|--------|
| EMPREENDIMENTO: | JD BOA VISTA II | DATA: | 10/08/23 | FOLHA: |
| PROJETO: | SETOR C | REVISÃO: | REV1 | 2/5 |

6.2. ESCALA QUADRA Contribuições calculadas sepradamente para cada Arranjo de Simulação

TODOS OS ARRANJOS: 1 AO 4

| AC | Condição de Pré-Ocupação | |
|--------------|--------------------------|------------------|
| | UD Lote | |
| | Q _{pré} | V _{pré} |
| 12 | 0,017 | 30,00 |
| 13 | 0,017 | 30,00 |
| 14 | 0,019 | 34,20 |
| 15 | 0,017 | 30,00 |
| 16 | 0,035 | 62,51 |
| 17 | 0,041 | 73,46 |
| 18 | 0,040 | 72,88 |
| 19 | 0,043 | 78,25 |
| 20 | 0,049 | 88,97 |
| 21 | 0,049 | 87,84 |
| 22 | 0,051 | 91,81 |
| TOTAL | 0,19 | 333,05 |

ARRANJOS 1: SEM AVR NO LOTE

| AC | Contribuição Condição de Pós-Ocupação SEM AVR NO LOTE | | | | | | | AVR PÚBLICA | | | |
|--------------|-------------------------------------------------------|------------------|----------------|------------------|------------------|------------------|------------------|-------------|----------|-----------------------------|--------------------------|
| | Lotes / AIV | | Sistema Viário | | | | Total | | Identif. | Q _{entrada} (m³/s) | t _{ench} (min)² |
| | Q _{pós} | V _{pós} | F (%) * | Q _{pós} | V _{pós} | Q _{pós} | V _{pós} | | | | |
| 12 | 0,051 | 92,3 | 1,15 | 0,021 | 37,82 | 0,072 | 130,14 | | | | |
| 13 | 0,051 | 92,3 | 1,15 | 0,021 | 37,82 | 0,072 | 130,14 | | | | |
| 14 | 0,066 | 118,0 | 1,15 | 0,000 | 0,00 | 0,066 | 117,98 | | | | |
| 15 | 0,051 | 92,3 | 1,15 | 0,021 | 37,82 | 0,072 | 130,14 | | | | |
| 16 | 0,107 | 192,3 | 1,15 | 0,044 | 78,79 | 0,151 | 271,12 | | | | |
| 17 | 0,070 | 126,7 | 1,15 | 0,000 | 0,00 | 0,070 | 126,72 | | | | |
| 18 | 0,070 | 125,7 | 1,15 | 0,000 | 0,00 | 0,070 | 125,71 | | | | |
| 19 | 0,070 | 125,7 | 1,15 | 0,000 | 0,00 | 0,070 | 125,71 | | | | |
| 20 | 0,070 | 125,7 | 1,15 | 0,000 | 0,00 | 0,070 | 125,71 | | | | |
| 21 | 0,070 | 125,7 | 1,15 | 0,000 | 0,00 | 0,070 | 125,71 | | | | |
| 22 | 0,070 | 125,7 | 1,15 | 0,000 | 0,00 | 0,070 | 125,71 | | | | |
| TOTAL | 0,47 | 839,69 | - | 0,11 | 192,26 | 0,57 | 1.031,95 | - | - | - | |

Legenda: * Fator de correção para as vias públicas, visando contabilizar as parcelas de passeios e ruas em lotes de esquinas

ARRANJO 2: COM AVR NO LOTE

| AC | Contribuição Condição de Pós-Ocupação COM AVR NO LOTE | | | | | | | AVR PÚBLICA | | | |
|--------------|-------------------------------------------------------|------------------|----------------|------------------|------------------|------------------|------------------|-------------|----------|-----------------------------|--------------------------|
| | Lotes / AIV | | Sistema Viário | | | | Total | | Identif. | Q _{entrada} (m³/s) | t _{ench} (min)² |
| | Q _{pós} | V _{pós} | F (%) * | Q _{pós} | V _{pós} | Q _{pós} | V _{pós} | | | | |
| 12 | 0,051 | 49,1 | 1,15 | 0,021 | 37,82 | 0,072 | 86,94 | | | | |
| 13 | 0,051 | 49,1 | 1,15 | 0,021 | 37,82 | 0,072 | 86,94 | | | | |
| 14 | 0,066 | 118,0 | 1,15 | 0,000 | 0,00 | 0,066 | 117,98 | | | | |
| 15 | 0,051 | 49,1 | 1,15 | 0,021 | 37,82 | 0,072 | 86,94 | | | | |
| 16 | 0,107 | 102,3 | 1,15 | 0,044 | 78,79 | 0,151 | 181,12 | | | | |
| 17 | 0,070 | 126,7 | 1,15 | 0,000 | 0,00 | 0,070 | 126,72 | | | | |
| 18 | 0,070 | 125,7 | 1,15 | 0,000 | 0,00 | 0,070 | 125,71 | | | | |
| 19 | 0,070 | 125,7 | 1,15 | 0,000 | 0,00 | 0,070 | 125,71 | | | | |
| 20 | 0,070 | 125,7 | 1,15 | 0,000 | 0,00 | 0,070 | 125,71 | | | | |
| 21 | 0,070 | 125,7 | 1,15 | 0,000 | 0,00 | 0,070 | 125,71 | | | | |
| 22 | 0,070 | 125,7 | 1,15 | 0,000 | 0,00 | 0,070 | 125,71 | | | | |
| TOTAL | 0,47 | 620,09 | - | 0,11 | 192,26 | 0,57 | 812,35 | | | | |

Legenda: * Fator de correção para as vias públicas, visando contabilizar as parcelas de passeios e ruas em lotes de esquinas

6.3. ESCALA LOTEAMENTO

| Pré- Ocupação | Lotes | | Sistema Viário | | UD LOTE | |
|---------------|------------------|------------------|------------------|------------------|------------------|------------------|
| | Q _{pós} | V _{pós} | Q _{pós} | V _{pós} | Q _{pós} | V _{pós} |
| | - | - | - | - | 0,19 | 333,05 |

| Pós- Ocupação | Lotes | | Sistema Viário | | UD LOTE | |
|---------------|------------------|------------------|------------------|------------------|------------------|------------------|
| | Q _{pós} | V _{pós} | Q _{pós} | V _{pós} | Q _{pós} | V _{pós} |
| SEM AVR | 0,47 | 839,69 | 0,11 | 192,26 | 0,57 | 1.031,95 |
| COM AVR | 0,47 | 620,09 | 0,11 | 192,26 | 0,57 | 812,35 |

MÉTODO SIMPLIFICADO DE CÁLCULO E DE AVALIAÇÃO DA COMBINAÇÃO DE TC EM ESCALA DE LOTEAMENTO

| | | | | | |
|-----------------|-----------------|----------|----------|--------|-----|
| EMPREENDIMENTO: | JD BOA VISTA II | DATA: | 10/08/23 | FOLHA: | |
| PROJETO: | SETOR C | REVISÃO: | REV1 | | 3/5 |

7. TRECHOS/DADOS PARA OS ARRANJOS DEFINIDOS / TEMPOS DE PERCURSO

| | | | | |
|--------|-----------------------------|----------------------------------------------------------------------------------|-------------------------------|------------------------|
| Dados: | n (adim.) = 0,017 | Coefficiente de Manning (Rugosidade do conduto de transporte das águas pluviais) | v _{máx} (m/s) = 5,00 | veloc. máx. admitida |
| | Ø _{min} (m) = 0,60 | Diâmetro mínimo adotado para sistemas convencionais de drenagem urbana | v _{min} (m/s) = 0,75 | veloc. mínima admitida |
| | y _{máx} /Ø = 0,75 | Lâmina máxima admitida | | |

7.1. LOTES + SISTEMA VIÁRIO

| TRECHOS | | Cota Terreno (m) | | Dist (m) | S (m/m) |
|---------------|--------|------------------|-------|---------------|---------|
| AC Mont | AC Jus | CM | CJ | | |
| 12 | 13 | 692,2 | 692,0 | 52,4 | 0,0050 |
| 13 | 14 | 692,0 | 691,5 | 51,7 | 0,0089 |
| 14 | 15 | 691,5 | 684,5 | 52,0 | 0,1352 |
| 15 | 19 | 686,0 | 685,6 | 52,1 | 0,0077 |
| 16 | 17 | 685,6 | 685,1 | 51,2 | 0,0098 |
| 17 | 18 | 685,1 | 684,5 | 53,0 | 0,0102 |
| 18 | 19 | 684,5 | 675,4 | 52,0 | 0,1752 |
| 19 | 22 | 676,5 | 675,7 | 177,9 | 0,0050 |
| 20 | 21 | 675,7 | 675,4 | 56,1 | 0,0054 |
| 21 | 22 | 675,4 | 674,0 | 21,8 | 0,0642 |
| 22 | BD C | 672,4 | 670,0 | 31,0 | 0,0774 |
| TOTAIS | - | - | - | 651,13 | - |

| TRECHOS | Tempo (min) |
|---------|-------------|
| 12-BD C | 4,30 |
| 16-19 | 1,05 |
| 20-22 | 1,05 |

| VAZÕES E VOLUMES PARA UD LOTE (LOTE + SISTEMA VIÁRIO) | | | | | | | | | | |
|-------------------------------------------------------|--------|----------|--------|-------------|---------|--------|---------------|---------|--------|---------------|
| TRECHOS | | Q (m³/s) | | | V (m³) | | | V (m³) | | |
| AC Mont | AC Jus | Entrada | Gerada | Saída | Entrada | Gerada | Saída | Entrada | Gerada | Saída |
| 12 | 13 | 0,00 | 0,07 | 0,07 | 0,00 | 130,14 | 130,14 | 0,00 | 86,94 | 86,94 |
| 13 | 14 | 0,07 | 0,07 | 0,14 | 130,14 | 130,14 | 260,28 | 86,94 | 86,94 | 173,88 |
| 14 | 15 | 0,14 | 0,07 | 0,21 | 260,28 | 117,98 | 378,25 | 173,88 | 117,98 | 291,85 |
| 15 | 19 | 0,21 | 0,07 | 0,28 | 378,25 | 130,14 | 508,39 | 291,85 | 86,94 | 378,79 |
| 16 | 17 | 0,00 | 0,15 | 0,15 | 0,00 | 271,12 | 271,12 | 0,00 | 181,12 | 181,12 |
| 17 | 18 | 0,15 | 0,07 | 0,22 | 271,12 | 126,72 | 397,84 | 181,12 | 126,72 | 307,84 |
| 18 | 19 | 0,22 | 0,07 | 0,29 | 397,84 | 125,71 | 523,55 | 307,84 | 125,71 | 433,55 |
| 19 | 22 | 0,29 | 0,07 | 0,36 | 1031,95 | 125,71 | 1157,66 | 812,35 | 125,71 | 938,06 |
| 20 | 21 | 0,00 | 0,07 | 0,07 | 0,00 | 125,71 | 125,71 | 0,00 | 125,71 | 125,71 |
| 21 | 22 | 0,07 | 0,07 | 0,14 | 125,71 | 125,71 | 251,42 | 125,71 | 125,71 | 251,42 |
| 22 | BD C | 0,14 | 0,07 | 0,21 | 1409,08 | 125,71 | 1534,79 | 1189,48 | 125,71 | 1315,19 |
| TOTAIS | - | - | - | 0,51 | - | - | 921,39 | - | - | 741,39 |

| Tempo de trânsito do escoamento superficial | | | | | | | | | | | |
|---------------------------------------------|--------|-------|--------------|---------|--------|---------------------|--------------|-------|---------------------|-----------------------|---------|
| TRECHOS | | t | Diâmetro (m) | | Qplena | Q / Q _{pl} | y / D ≤ 0,75 | y (m) | v / v _{pl} | v _{pl} (m/s) | v (m/s) |
| AC Mont | AC Jus | (min) | Calculado | Adotado | (m³/s) | | | | | | |
| 12 | 13 | 0,92 | 0,339 | 0,600 | 0,33 | 0,218 | 0,33 | 0,20 | 0,81 | 1,17 | 0,95 |
| 13 | 14 | 0,61 | 0,395 | 0,600 | 0,44 | 0,326 | 0,40 | 0,24 | 0,90 | 1,57 | 1,41 |
| 14 | 15 | 0,21 | 0,273 | 0,600 | 1,73 | 0,122 | 0,24 | 0,14 | 0,68 | 6,11 | 4,18 |
| 15 | 19 | 0,55 | 0,522 | 0,600 | 0,41 | 0,687 | 0,62 | 0,37 | 1,08 | 1,45 | 1,58 |
| 16 | 17 | 1,62 | 0,394 | 0,600 | 0,46 | 0,325 | 0,39 | 0,23 | 0,32 | 1,64 | 0,53 |
| 17 | 18 | 0,50 | 0,451 | 0,600 | 0,47 | 0,466 | 0,58 | 0,35 | 1,06 | 1,68 | 1,78 |
| 18 | 19 | 0,28 | 0,293 | 0,600 | 1,97 | 0,148 | 0,47 | 0,28 | 0,45 | 6,95 | 3,12 |
| 19 | 22 | 1,92 | 0,620 | 0,800 | 0,72 | 0,504 | 0,62 | 0,50 | 1,08 | 1,42 | 1,54 |
| 20 | 21 | 0,75 | 0,331 | 0,600 | 0,34 | 0,203 | 0,53 | 0,32 | 1,02 | 1,21 | 1,24 |
| 21 | 22 | 0,27 | 0,269 | 0,600 | 1,19 | 0,117 | 0,39 | 0,23 | 0,32 | 4,21 | 1,35 |
| 22 | BD C | 0,09 | 0,302 | 0,800 | 2,81 | 0,074 | 0,52 | 0,42 | 1,01 | 5,60 | 5,64 |
| 22,00 | - | - | - | - | - | - | - | - | - | - | - |

7.2. APENAS SISTEMA VIÁRIO

| VAZÕES E VOLUMES APENAS PARA O SISTEMA VIÁRIO - ARRANJOS COM AVR LOTE | | | | | | | |
|-----------------------------------------------------------------------|--------|----------|--------|-------------|---------|--------|---------------|
| TRECHOS | | Q (m³/s) | | | V (m³) | | |
| AC Mont | AC Jus | Entrada | Gerada | Saída | Entrada | Gerada | Saída |
| 12 | 13 | 0,00 | 0,02 | 0,02 | 0,00 | 37,82 | 37,82 |
| 13 | 14 | 0,02 | 0,02 | 0,04 | 37,82 | 37,82 | 75,64 |
| 14 | 15 | 0,04 | 0,00 | 0,04 | 75,64 | 0,00 | 75,64 |
| 15 | 19 | 0,00 | 0,02 | 0,02 | 0,00 | 37,82 | 37,82 |
| 16 | 17 | 0,00 | 0,04 | 0,04 | 0,00 | 78,79 | 78,79 |
| 17 | 18 | 0,04 | 0,00 | 0,04 | 75,64 | 0,00 | 75,64 |
| 18 | 19 | 0,06 | 0,00 | 0,06 | 116,61 | 0,00 | 116,61 |
| 19 | 22 | 0,04 | 0,00 | 0,04 | 78,79 | 0,00 | 78,79 |
| 20 | 21 | 0,00 | 0,00 | 0,00 | 0,00 | 0,00 | 0,00 |
| 21 | 22 | 0,00 | 0,00 | 0,00 | 0,00 | 0,00 | 0,00 |
| 22 | BD C | 0,00 | 0,00 | 0,00 | 0,00 | 0,00 | 0,00 |
| - | - | - | - | 0,11 | - | - | 192,26 |

MÉTODO SIMPLIFICADO DE CÁLCULO E DE AVALIAÇÃO DA COMBINAÇÃO DE TC EM ESCALA DE LOTEAMENTO

| | | | | |
|-----------------|-----------------|----------|----------|--------|
| EMPREENDIMENTO: | JD BOA VISTA II | DATA: | 10/08/23 | FOLHA: |
| PROJETO: | SETOR C | REVISÃO: | REV1 | 4/5 |

Tempo de trânsito do escoamento superficial

| TRECHOS | | t | Diâmetro (m) | | Qplena | Q / Q _{pl} | y / D ≤ 0,75 | y (m) | v / v _{pl} | v _{pl} (m/s) | v (m/s) |
|---------|--------|---------|--------------|---------|--------|---------------------|--------------|-------|---------------------|-----------------------|---------|
| AC Mont | AC Jus | (min) | Calculado | Adotado | (m³/s) | | | | | | |
| 12 | 13 | 1,35 | 0,213 | 0,600 | 0,33 | 0,063 | 0,10 | 0,06 | 0,55 | 1,17 | 0,65 |
| 13 | 14 | 0,95 | 0,248 | 0,600 | 0,44 | 0,095 | 0,19 | 0,11 | 0,58 | 1,57 | 0,91 |
| 14 | 15 | 0,27 | 0,149 | 0,600 | 1,73 | 0,024 | 0,07 | 0,04 | 0,52 | 6,11 | 3,18 |
| 15 | 19 | 1,07 | 0,197 | 0,600 | 0,41 | 0,051 | 0,08 | 0,05 | 0,56 | 1,45 | 0,81 |
| 16 | 17 | 0,88 | 0,248 | 0,600 | 0,46 | 0,094 | 0,19 | 0,11 | 0,59 | 1,64 | 0,97 |
| 17 | 18 | 0,89 | 0,242 | 0,600 | 0,47 | 0,089 | 0,19 | 0,11 | 0,59 | 1,68 | 0,99 |
| 18 | 19 | 0,24 | 0,167 | 0,600 | 1,97 | 0,033 | 0,07 | 0,04 | 0,52 | 6,95 | 3,61 |
| 19 | 22 | 4,51 | 0,281 | 0,600 | 0,33 | 0,132 | 0,12 | 0,07 | 0,56 | 1,17 | 0,66 |
| 20 | 21 | #DIV/0! | 0,000 | 0,600 | 0,34 | 0,000 | 0,00 | 0,00 | 0,00 | 1,21 | 0,00 |
| 21 | 22 | #DIV/0! | 0,000 | 0,600 | 1,19 | 0,000 | 0,00 | 0,00 | 0,00 | 4,21 | 0,00 |
| 22 | BD C | #DIV/0! | 0,000 | 0,600 | 1,31 | 0,000 | 0,00 | 0,00 | 0,00 | 4,62 | 0,00 |
| - | - | - | - | - | - | - | - | - | - | - | - |

8. TRECHOS - ESCOAMENTO DAS VAZÕES

8.1. ARRANJO 1

CÁLCULOS: LOTE + SISTEMA VIÁRIO

| TRECHOS | | Q (m³/s) | | | V (m³) | | | t (min) |
|----------|---------|----------|--------|-------|----------|--------|----------|---------|
| Montante | Jusante | Entrada | Gerada | Saída | Entrada | Gerada | Saída | |
| 12 | 13 | 0,00 | 0,07 | 0,07 | 0,00 | 130,14 | 130,14 | 0,92 |
| 13 | 14 | 0,07 | 0,07 | 0,14 | 130,14 | 130,14 | 260,28 | 0,61 |
| 14 | 15 | 0,14 | 0,07 | 0,21 | 260,28 | 117,98 | 378,25 | 0,21 |
| 15 | 19 | 0,21 | 0,07 | 0,28 | 378,25 | 130,14 | 508,39 | 0,55 |
| 16 | 17 | 0,00 | 0,15 | 0,15 | 0,00 | 271,12 | 271,12 | 1,62 |
| 17 | 18 | 0,15 | 0,07 | 0,22 | 271,12 | 126,72 | 397,84 | 0,50 |
| 18 | 19 | 0,22 | 0,07 | 0,29 | 397,84 | 125,71 | 523,55 | 0,28 |
| 19 | 22 | 0,29 | 0,07 | 0,36 | 1.031,95 | 125,71 | 1.157,66 | 1,92 |
| 20 | 21 | 0,00 | 0,07 | 0,07 | 0,00 | 125,71 | 125,71 | 0,75 |
| 21 | 22 | 0,07 | 0,07 | 0,14 | 125,71 | 125,71 | 251,42 | 0,27 |
| 22 | BD C | 0,14 | 0,07 | 0,21 | 1.409,08 | 125,71 | 1.534,79 | 0,09 |
| TOTAL | - | - | - | 0,51 | - | - | 921,39 | - |

HIDROGRAMA

| Entrada da BD | | |
|---------------|----------|--------|
| t (min) | Q (m³/s) | V (m³) |
| 0,00 | 0,00 | 0 |
| 4,30 | 0,51 | 66,00 |
| 30,00 | 0,51 | 789,39 |
| 34,30 | 0,00 | 66,00 |

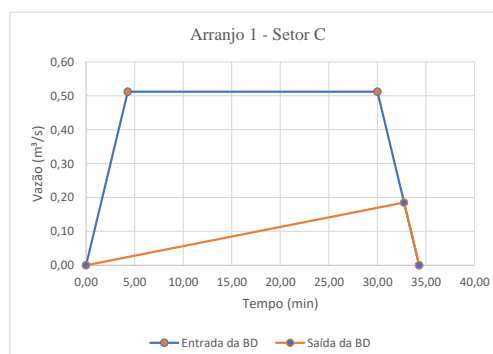
Volume de Detenção pelo Hidrograma

V_{pré} (m³) = 190,38

V_{pós} (m³) = 921,39

V_{deten} (m³) = 731,01

| Saída da BD | | |
|-------------|----------|--------|
| t (min) | Q (m³/s) | V (m³) |
| 0 | 0 | 0,00 |
| 32,74 | 0,19 | 190,38 |
| 34,30 | 0,00 | 0,00 |



8.2. ARRANJO 2: Com AVR apenas nos lotes

UD LOTE: LOTE + SISTEMA VIÁRIO

| AC | | Q (m³/s) | | | V (m³) | | | t (min) |
|----------|---------|----------|--------|-------|---------|--------|----------|---------|
| Montante | Jusante | Entrada | Gerada | Saída | Entrada | Gerada | Saída | |
| 12 | 13 | 0,00 | 0,07 | 0,07 | 0,00 | 86,94 | 86,94 | 0,92 |
| 13 | 14 | 0,07 | 0,07 | 0,14 | 86,94 | 86,94 | 173,88 | 0,61 |
| 14 | 15 | 0,14 | 0,07 | 0,21 | 173,88 | 117,98 | 291,85 | 0,21 |
| 15 | 19 | 0,21 | 0,07 | 0,28 | 291,85 | 86,94 | 378,79 | 0,55 |
| 16 | 17 | 0,00 | 0,15 | 0,15 | 0,00 | 181,12 | 181,12 | 1,62 |
| 17 | 18 | 0,15 | 0,07 | 0,22 | 181,12 | 126,72 | 307,84 | 0,50 |
| 18 | 19 | 0,22 | 0,07 | 0,29 | 0,19 | 125,71 | 433,55 | 0,28 |
| 19 | 22 | 0,29 | 0,07 | 0,36 | 1,19 | 125,71 | 938,06 | 1,92 |
| 20 | 21 | 0,00 | 0,07 | 0,07 | 2,19 | 125,71 | 125,71 | 0,75 |
| 21 | 22 | 0,07 | 0,07 | 0,14 | 3,19 | 125,71 | 251,42 | 0,27 |
| 22 | BD C | 0,14 | 0,07 | 0,21 | 4,19 | 125,71 | 1.315,19 | 0,09 |

MÉTODO SIMPLIFICADO DE CÁLCULO E DE AVALIAÇÃO DA COMBINAÇÃO DE TC EM ESCALA DE LOTEAMENTO

| | | | | |
|-----------------|-----------------|----------|----------|--------|
| EMPREENDIMENTO: | JD BOA VISTA II | DATA: | 10/08/23 | FOLHA: |
| PROJETO: | SETOR C | REVISÃO: | REV1 | 5/5 |

SISTEMA VIÁRIO

| AC | | Q (m³/s) | | | V (m³) | | | t (min) |
|----------|---------|----------|--------|-------|---------|--------|--------|---------|
| Montante | Jusante | Entrada | Gerada | Saída | Entrada | Gerada | Saída | |
| 12 | 13 | 0,00 | 0,02 | 0,02 | 0,00 | 37,82 | 37,82 | 1,35 |
| 13 | 14 | 0,02 | 0,02 | 0,04 | 37,82 | 37,82 | 75,64 | 0,95 |
| 14 | 15 | 0,04 | 0,00 | 0,04 | 75,64 | 0,00 | 75,64 | 0,27 |
| 15 | 19 | 0,00 | 0,02 | 0,02 | 0,00 | 37,82 | 37,82 | 1,07 |
| 16 | 17 | 0,00 | 0,04 | 0,04 | 0,00 | 78,79 | 78,79 | 0,88 |
| 17 | 18 | 0,04 | 0,00 | 0,04 | 75,64 | 0,00 | 75,64 | 0,89 |
| 18 | 19 | 0,06 | 0,00 | 0,06 | 116,61 | 0,00 | 116,61 | 0,24 |
| 19 | 22 | 0,04 | 0,00 | 0,04 | 78,79 | 0,00 | 78,79 | 4,51 |
| 20 | 21 | 0,00 | 0,00 | 0,00 | 0,00 | 0,00 | 0,00 | #DIV/0! |
| 21 | 22 | 0,00 | 0,00 | 0,00 | 0,00 | 0,00 | 0,00 | #DIV/0! |
| 22 | BD C | 0,00 | 0,00 | 0,00 | 0,00 | 0,00 | 0,00 | #DIV/0! |
| TOTAL | - | - | - | 0,11 | - | - | 192,26 | - |

HIDROGRAMA

| Entrada da BD | | |
|---------------|----------|---------------------|
| t (min) | Q (m³/s) | V (m³) ¹ |
| 0,00 | 0,00 | 0,00 |
| 4,30 | 0,31 | 40,31 |
| 14,04 | 0,31 | 182,69 |
| 18,34 | 0,57 | 114,23 |
| 30,00 | 0,57 | 401,20 |
| 34,30 | 0,00 | 73,92 |

Volume de Detenção pelo Hidrograma

V_{pré} (m³) = 190,38
 V_{pós} (m³) = 812,35
 V_{deten} (m³) = 621,96

Legenda: ¹ Diferença entre as curvas

| Saída da BD | | |
|-------------|----------|---------------------|
| t (min) | Q (m³/s) | V (m³) ¹ |
| 0,00 | 0,000 | 0,00 |
| 32,74 | 0,19 | 181,76 |
| 34,30 | 0,000 | 8,62 |

