

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

**ÁGUAS PLUVIAIS URBANAS: INTEGRAÇÃO DA DRENAGEM
SUSTENTÁVEL AO PLANO DIRETOR DE
DESENVOLVIMENTO URBANO (PDU) EM GUARARAPES/SP**

RODRIGO AUGUSTO GUERRA

São Carlos

2020

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

**ÁGUAS PLUVIAIS URBANAS: INTEGRAÇÃO DA DRENAGEM
SUSTENTÁVEL AO PLANO DIRETOR DE
DESENVOLVIMENTO URBANO (PDU) EM GUARARAPES/SP**

RODRIGO AUGUSTO GUERRA

Dissertação 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 Mestre em Engenharia Urbana.

Orientação: Profa. Dra Luciana
Márcia Gonçalves

São Carlos

2020



UNIVERSIDADE FEDERAL DE SÃO CARLOS

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

Folha de Aprovação

Defesa de Dissertação de Mestrado do candidato Rodrigo Augusto Guerra, realizada em 04/12/2020.

Comissão Julgadora:

Profa. Dra. Luciana Marcia Gonçalves (UFSCar)

Prof. Dr. Erich Kellner (UFSCar)

Profa. Dra. Elaine Saraiva Calderari (UFU)

O presente trabalho foi realizado com apoio da Coordenação de Aperfeiçoamento de Pessoal de Nível Superior - Brasil (CAPES) - Código de Financiamento 001.

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

AGRADECIMENTOS

O presente trabalho foi realizado com apoio da Coordenação de Aperfeiçoamento de Pessoal de Nível Superior - Brasil (CAPES) - Código de Financiamento 001.

Para a realização deste trabalho, também foi importante o apoio, incentivo e disponibilidade de diversas pessoas que caminharam ao meu lado durante a jornada.

Primeiramente, agradeço a minha orientadora **Profa. Dra. Luciana Márcia Gonçalves**, que teve grande papel no desenvolvimento da dissertação e dos artigos resultantes deste, impactando em meu crescimento pessoal e profissional. Pessoa ímpar e cujo conhecimento parece se aproximar do infinito. Visão de mundo e do urbanismo bastante realistas, porém sem deixar de sonhar e desejar cidades mais inclusivas e sustentáveis.

Também agradeço o apoio de meus familiares, principalmente de meus pais **Eleni Barros Guerra** e **Umberto Antônio Guerra**, que me auxiliaram na permanência no programa e por me propiciarem apoio e acolhimento sempre que possível.

A meu irmão **Gustavo**, minha cunhada **Francienne**, meu namorado **Maurício**, minha prima **Letícia** e todos parentes e amigos que estiveram comigo desde o início do programa em 2019 até hoje – fosse em momentos de distrações ou reflexões, mas que tiveram grande importância neste momento pelo qual passei. Principalmente àqueles que se disponibilizaram a acompanhar a defesa de minha dissertação: **Adriano, Fernanda, Gabriel, Gabriela, Isabela, Leandro, Pedro, Sandra, Tiyemi e Victor**.

Agradeço também aos profissionais e corpo-técnico da Prefeitura Municipal de Guararapes, que ajudaram com o acesso às legislações municipais e com o entendimento do fluxo histórico de ações no desenvolvimento urbano de Guararapes/SP.

RESUMO

A relação homem-água passou por diferentes momentos no decorrer dos anos, e a atual rejeição à sua presença em espaços urbanos é reflexo das políticas higienista, que apontavam a água em ambientes citadinos como vetor de epidemias e mau cheiro, o que, na realidade, relacionava-se à falta de manutenção e desuso do sistema, resultando em águas pluviais e cloacais escorrendo juntas pelas ruas. A solução, na época, foi escondê-la e canalizá-la, ações estas que geram impactos até hoje. Os sistemas tradicionais, juntamente à alta taxa de urbanização e impermeabilização do solo, são insuficientes ao grande volume escoado, ocasionando inundações e danos. Abordagens alternativas de manejo das águas pluviais têm demonstrado resultados superiores a este, como a aplicação complementar de técnicas compensatórias e princípios do desenvolvimento de baixo impacto (LID). Esta pesquisa de mestrado foca no desenvolvimento de uma abordagem em que Planos Diretores de Desenvolvimento Urbano considerem as águas pluviais e a drenagem sustentável entre os usos do solo urbano, integrando-a ao ambiente citadino. Como resultado foi realizado o estudo de caso de aplicação da abordagem na cidade de pequeno porte Guararapes/SP. A partir da definição da árvore de problemas, foram apontadas diretrizes para solução da problemática relacionada a enchentes, inundações e alagamentos urbanos. Dentre as diretrizes, prevaleceu a necessidade de desenvolvimento legislativo e comunitário para educação ambiental voltada para o impacto das cidades no meio ambiente e atualização e correlação de legislações municipais tendo como auxílio materiais do desenvolvimento urbano sustentável e uso de abordagens alternativas para a drenagem pluvial. A maioria das cidades brasileiras vê o manejo das águas urbanas como objeto de planos complementares, dificultando a execução eficiente e premeditada durante o desenvolvimento urbano, muitas vezes gerando impactos ambientais, sociais e econômicos. Além de demonstrar aplicabilidade em contextos brasileiros diversos, a dissertação explicita a necessidade de atualizações legislativas nas três escalas de governos, bem como a inclusão de discussões urbanísticas sustentáveis e relacionadas com os contextos atuais. A drenagem pluvial utilizada como tema do trabalho demonstra necessidade educacional e espacial para sua implantação, e serve como referência de discussão a ser embasada nas diversas temáticas relacionadas ao desenvolvimento urbano. A intercomunicação dos setores municipais se faz necessária quando se busca o aperfeiçoamento e aplicabilidade de fundamentações que se aplicam a um contexto tão múltiplo quanto o citadino.

Palavras-chave: Águas pluviais; Drenagem urbana; Drenagem sustentável; Planejamento urbano; Plano Diretor de Desenvolvimento Urbano.

ABSTRACT

The man-water relationship has passed through different moments over the years, and the current rejection for its presence in urban spaces reflects the hygienist policies. Water in urban environments was pointed as a vector of epidemics and bad smell, what was related to lack of maintenance and disuse of the system, resulting in stormwater and sewage flowing together through the streets. The solution, at the time, was to hide and pipe it, actions that cause impacts till nowadays. The traditional systems, beside the high rate of urbanization and soil imperviousness, are insufficient to the great volume drained, causing floods and damages. Alternative approaches to stormwater management have shown superior results, such as the complementary application of Best Management Practices (BMP) and Low Impact Development (LID) principles. This master's research focuses on developing an approach in which Cities Master Plan consider stormwater and sustainable drainage among land uses, integrating it into urban environment. As a result, a study case was carried out to apply the approach in Guararapes/SP, a State of São Paulo's small city. From the definition of the problem tree, guidelines for solving the problem related to floods were pointed out. Among the guidelines, the need for legislative and community development for environmental education focused on the impact of cities on the environment and updating and correlation of municipal legislation prevailed, with the aid of sustainable urban development materials and the use of alternative approaches to stormwater drainage. Most Brazilian cities have seen urban water management as object of complementary plans, making efficient and premeditated implementation difficult when developing urban scenarios, often generating environmental, social and economic impacts. In addition to demonstrating applicability in different Brazilian contexts, this research explains the need for legislative updates at the three government levels, as well as the inclusion of sustainable urban discussions related to current contexts. Stormwater drainage was used as the theme of the work and demonstrates an educational and spatial need for its implementation, meaning as a reference for discussion to be based on various themes related to urban spaces. The intercommunication of cities' sectors is necessary when looking for improvement and applicability of foundations that apply to a context as multiple as cities are.

Keywords: Stormwater; Urban drainage; Sustainable drainage; Urban planning; Cities Master Plan.

LISTA DE FIGURAS

Figura 1 - Balanço hídrico antes e depois da urbanização.	18
Figura 2 - Comparação de sistemas mecânicos (tradicionais) e biológicos.	20
Figura 3 - Alagamento sobre córrego canalizado e tamponado, em Presidente Prudente/SP.	22
Figura 4 – Edifícios desconectados da rede de drenagem convencional para estudo de TCs pelo grupo G-HIDRO, no campus da UFSCar, em São Carlos/SP.	23
Figura 5 – <i>Water Plaza Benthemplein</i> , em Roterdão, Holanda.	28
Figura 6 - Bacia de retenção (seca) com função de área pública de lazer e retenção de águas pluviais, em Porto Alegre/RS.	32
Figura 7 - Bacia de retenção permanente no Parque Barigui, Curitiba/PR.	33
Figura 8 – Construção de trincheira de infiltração, em Recife/PE.	34
Figura 9 - TCs construídas pelo G-HIDRO no campus da UFSCar, sub-bacia da Área Norte, em São Carlos/SP.	36
Figura 10 - Filtro-vala-trincheira oito anos após sua implantação pelo G-HIDRO, no campus da UFSCar, em São Carlos/SP.	37
Figura 11 - Composição do sistema filtro-vala-trincheira construído pelo G-HIDRO, no campus da UFSCar, em São Carlos/SP.	38
Figura 12 - Plano de infiltração 1 após cinco anos de sua implantação pelo G-HIDRO, no campus da UFSCar, em São Carlos/SP.	40
Figura 13 - Plano de infiltração 2 após, aproximadamente, cinco anos de sua implantação pelo G-HIDRO, no campus da UFSCar, em São Carlos/SP.	41
Figura 14 – Paisagismo projetado para os planos de infiltração 1 e 2, respectivamente, no campus da UFSCar, em São Carlos/SP.	42
Figura 15 - Valeta de infiltração após quatro anos de sua implantação, no campus da UFSCar, em São Carlos/SP.	43
Figura 16 - Concreto permeável desenvolvido por pesquisadores da Universidade Federal do Rio Grande do Sul.	44
Figura 17 – Piso intertravado utilizado em passeio para pedestres, no campus da UFSCar, em São Carlos/SP.	46

Figura 18 – Piso de concreto drenante em área de descanso, no campus da UFSCar, em São Carlos/SP.....	46
Figura 19 - Poço de infiltração de interior vazio e seus elementos.	47
Figura 20 – Poço de infiltração I após três anos de sua implantação, no campus da UFSCar, em São Carlos/SP.....	48
Figura 21 – Poço de infiltração II após três anos de sua implantação, no campus da UFSCar, em São Carlos/SP.....	49
Figura 22 - Composição do sistema plano-poço de infiltração construído pelo G-HIDRO, no campus da UFSCar, em São Carlos/SP.....	50
Figura 23 – Plano-poço de infiltração após quatro anos de sua implantação, no campus da UFSCar, em São Carlos/SP.	51
Figura 24 - Composição do sistema valeta-poço de infiltração construído pelo G-HIDRO, no campus da UFSCar, em São Carlos/SP.....	52
Figura 25 – Valeta-poço de infiltração após sete anos de sua implantação, no campus da UFSCar, em São Carlos/SP.	53
Figura 26 - Telhado verde, em Hanói, Vietnã.	54
Figura 27 - Componentes de um telhado verde.....	54
Figura 28 - Reservatório para aproveitamento de água da chuva.	56
Figura 29 - Esquema de aproveitamento da água da chuva para fins domésticos.	57
Figura 30 – Caminho natural da água respeitado na abordagem LID.....	60
Figura 31 - Bairro High Point, em Seattle, EUA.	61
Figura 32 – Gráfico sobre respostas hidrológicas de cenários anterior e posteriores a urbanizações.....	64
Figura 33 – Exemplo de divulgação sobre o LID voltado para corpo técnico do poder público municipal.....	71
Figura 34 - Fluxograma da etapa de planejamento e projeto, utilizando WSUD.	74
Figura 35 - Fluxograma da etapa de construção e manutenção.....	78
Figura 36 - Etapas da metodologia.....	81
Figura 37 – Representativa árvore de problemas, exemplo conceitual.....	86

Figura 38 – Traçado urbano de Guararapes/SP.....	106
Figura 39 – Localização do município no estado de São Paulo.....	107
Figura 40 - Vista aérea da região central (igreja matriz) e sudeste de Guararapes/SP.....	108
Figura 41 – Histórico de crescimento da área urbana e zonas de expansão urbana (2018) de Guararapes/SP.....	110
Figura 42 – A população de baixa renda em Guararapes/SP.....	111
Figura 43 – Comitê da Bacia Hidrográfica Baixo Tietê.....	113
Figura 44 – Rede hidrográfica do município.	114
Figura 45 – Cursos d’água urbanos de Guararapes/SP.	115
Figura 46 – Precipitação total anual do ano de 2018, no Brasil.	117
Figura 47 – Nível d’água elevado, atingindo a fachada dos edifícios, após chuva de 19 de janeiro de 2017, em Guararapes/SP.	118
Figura 48 – Nível d’água elevado, atingindo a fachada dos edifícios, após chuva de 6 de fevereiro de 2020, em Guararapes/SP.	118
Figura 49 - Áreas relatadas como alagadas nos eventos hidrológicos dos anos de 2017 e 2020 em Guararapes/SP.....	119
Figura 50 - Curvas de nível da área urbana de Guararapes/SP.	120
Figura 51 - Sistema de drenagem pluvial existente em Guararapes/SP.....	121
Figura 52 - Sarjetões em cruzamentos de diferentes vias, em Guararapes/SP.....	122
Figura 53 - Bacia de retenção (seca) na Praça Mohamad Dargham, em Guararapes/SP.	124
Figura 54 - Bacia de retenção (seca) no Tiro de Guerra, em Guararapes/SP.....	125
Figura 55 - Bacias de retenção (molhada) e retenção (seca) na Praça do Trabalhador, em Guararapes/SP.....	126
Figura 56 - Área de contribuição dos dispositivos compensatórios existentes em Guararapes/SP.....	127
Figura 57 – Guararapes dividida em regiões a partir da área dos lotes-padrão.....	129
Figura 58 – Guararapes dividida em regiões a partir da proximidade a glebas (áreas não loteadas).	130

Figura 59 – Áreas verdes, institucionais sem equipamento e vazios urbanos em Guararapes.	131
Figura 60 - Localização cemitério municipal de Guararapes/SP.....	137
Figura 61 - Árvore de problemas: enchentes, inundações e alagamentos urbanos em Guararapes/SP.....	141
Figura 62 - Bacia de detenção (seca) em construção, também na Praça Mohamed Dargham, em Guararapes/SP.....	151

LISTA DE QUADROS

Quadro 1 - Conceitos fundamentais do LID.....	62
Quadro 2 - Etapas para o desenvolvimento segundo o LID.....	63
Quadro 3 – Comparação de parâmetros hidrológicos de sistema tradicional e LID.	65
Quadro 4 - Passos para o desenvolvimento do estudo hidrológico.	66
Quadro 5 – Funções hidrológicas dos dispositivos IMPs na abordagem LID.....	67
Quadro 6 - Passos para definição de IMPs a serem utilizadas no empreendimento.....	68
Quadro 7 - Passos para controle de erosão e sedimentação.	69
Quadro 8 - Passos para a divulgação.....	70
Quadro 9 – Principais objetivos do WSUD no desenvolvimento urbano.	73
Quadro 10 - Passos da etapa de planejamento e projeto, utilizando WSUD.	75
Quadro 11 - Passos da etapa de construção e manutenção, utilizando WSUD.....	79
Quadro 12 - Etapas para o desenvolvimento de diretrizes gerais para o manejo sustentável de águas pluviais urbanas.....	83
Quadro 13 – ODS da ONU e parâmetros da drenagem sustentável de águas pluviais urbanas.	92
Quadro 14 – Águas pluviais em legislações federais.....	96
Quadro 15 – Águas pluviais em legislações do Estado de São Paulo.	100
Quadro 16 – Sequência de apresentação dos dados deste trabalho.....	105
Quadro 17 – Legislações urbanísticas e manejo de águas pluviais.	134

Quadro 18 – Legislações sanitárias relacionadas às águas pluviais.....	138
Quadro 19 - Proposta para educação ambiental.	145
Quadro 20 – Legislações que devem debater, fundamentar e tratar mais especificamente das temáticas.....	154
Quadro 21 – Legislações responsáveis por abordar, executar e manter as temáticas.	155

LISTA DE TABELAS

Tabela 1 - Esquema dos diferentes tipos de TCs.	29
Tabela 2 - Restrições à implantação e operação das TCs.....	30
Tabela 3 - TCs do campus e áreas ocupadas.	58
Tabela 4 - TCs de Guararapes e áreas ocupadas.....	128

LISTA DE GRÁFICOS

Gráfico 1 - Percentual de municípios, total, com até 20.000 e com mais de 20.000 habitantes, por situação do PDU – Brasil – 2005/2015.....	88
Gráfico 2 – Precipitação acumulada média mensal, em mm, e temperatura média mínima e máxima, em °C, em Guararapes (série de dados dos últimos 30 anos).	116

SIGLAS, ABREVIATURAS E SÍMBOLOS

APP: Área de Preservação Permanente

BMP: *Best Management Practices*

CA: Coeficiente de Aproveitamento

EIA/RIMA: Estudo de Impacto Ambiental e Relatório de Impacto Ambiental

EUA: Estados Unidos da América

FIRJAN: Federação das Indústrias do Estado do Rio de Janeiro

FNEM: Fórum Nacional de Entidades Metropolitanas

G-HIDRO: Grupo de Sistemas Hídricos Urbanos da Pós-Graduação da Universidade Federal de São Carlos

IBGE: Instituto Brasileiro de Geografia e Estatística

IFDM: Índice FIRJAN de Desenvolvimento Municipal

IMP: *Integrated Management Practice*

ISO: *International Organization for Standardization* (Organização Internacional de Normalização)

LID: *Low Impact Development*

ONU: Organização das Nações Unidas

PDDU: Plano Diretor de Drenagem Urbana

PDU: Plano Diretor de Desenvolvimento Urbano

SP: São Paulo

TC: Técnica Compensatória

TO: Taxa de Ocupação

UFSCar: Universidade Federal de São Carlos

WSUD: *Water Sensitive Urban Design*

ZEUIS: Zona de Expansão de Uso de Interesse Social

ZEUM: Zona de Expansão de Uso Misto

ZUI: Zona de Uso Industrial

SUMÁRIO

1. INTRODUÇÃO	17
2. JUSTIFICATIVA	21
3. OBJETIVOS	25
3.1 GERAIS	25
3.2 ESPECÍFICOS.....	25
4. REVISÃO BIBLIOGRÁFICA	26
4.1 MANEJO SUSTENTÁVEL DAS ÁGUAS PLUVIAIS URBANAS.....	26
4.1.1 Técnicas Compensatórias (TCs) ou <i>Best Management Practices</i> (BMPs).....	28
4.1.1.1 Bacias de Detenção (secas) e Retenção/Infiltração (molhadas)	31
4.1.1.2 Trincheiras de Infiltração e Detenção.....	34
4.1.1.3 Valas, Valetas e Planos de Detenção e Infiltração	38
4.1.1.4 Pavimentos Permeáveis Dotados de Estruturas de Detenção e Infiltração	44
4.1.1.5 Poços.....	47
4.1.1.6 Telhados Armazenadores	54
4.1.1.7 Reservatórios Individuais	56
4.1.1.8 Análises Espaciais (baseadas na experiência das TCs UFSCar).....	58
4.1.2 Desenvolvimento De Baixo Impacto (Low Impact Development - LID)	60
4.1.2.1 Conceitos Fundamentais	62
4.1.2.2 Processo de Planejamento	63
4.1.2.3 Análise Hidrológica	64
4.1.2.4 Técnicas Compensatórias Integradas – <i>Integrated Management Practices</i> (IMPs).....	67
4.1.2.5 Controle de Erosão e Sedimentação.....	69
4.1.2.6 Divulgação	70
4.1.3 Desenho Urbano Sensível à água – <i>Water Sensitive Urban Design</i> (WSUD).....	72
4.1.3.1 Planejamento e Projeto.....	73

4.1.3.2 Construção e Manutenção	77
4.1.4 Conclusão Abordagens	80
5. MATERIAIS E MÉTODOS	81
6. RESULTADOS.....	87
6.1 ÁGUAS PLUVIAIS E PLANEJAMENTO URBANO	87
6.1.1 Agenda ONU 2030	92
6.1.2 Legislações Federais do Brasil.....	94
6.1.3 Legislações Estaduais de São Paulo.....	99
6.2 ESTUDO DE CASO - GUARARAPES	104
6.2.1 O Município e sua População.....	106
6.2.2 Ambiente e Clima – Dados	113
6.2.3 Ambiente e Clima – Análises.....	120
6.2.4 Legislações Específicas	133
6.2.4.1 Legislações Municipais Urbanísticas.....	133
6.2.4.2 Legislações Municipais Específicas de Manejo de Águas Pluviais.....	137
6.2.5 Realização da árvore de problemas	140
6.2.6 Levantamento de Soluções	144
6.2.6.1 Educação Ambiental	144
6.2.6.2 Desmistificação da Drenagem Sustentável.....	146
6.2.6.3 Legislações Urbanísticas (PDU)	147
6.2.6.4 Legislações Correlatas.....	152
6.3 Desenvolvimento de Diretrizes para PDUs	153
7. CONCLUSÕES	156
ANEXOS.....	159
ANEXO 1 – ARTIGO SUBMETIDO À REVISTA AMBIENTE & SOCIEDADE	159
ANEXO 2 – ARTIGO SUBMETIDO AO IV SIPPEDS 2020.....	188
ANEXO 3 – ARTIGO APRESENTADO NO SINGEURB 2019	204

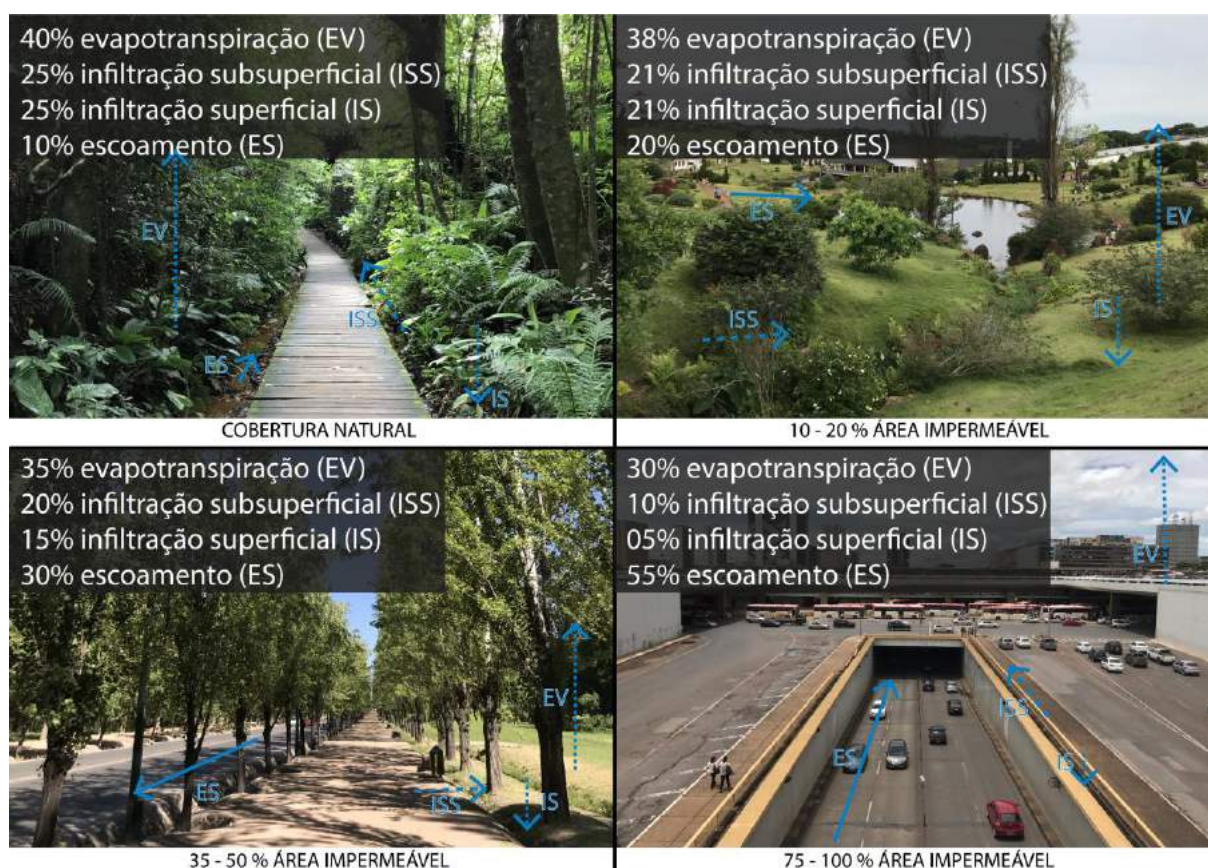
1. INTRODUÇÃO

A relação do ser humano, e conseqüentemente da cidade, com a água passou por diferentes momentos no decorrer dos anos, desde seu apreço, no início da vida nômade (pela agricultura e higiene possibilitadas), até sua rejeição, no desenvolvimento dos primeiros sistemas de evacuação de águas integradamente ao desenvolvimento urbano nas Idades Antiga e Média (BAPTISTA; NASCIMENTO; BARRAUD, 2011). A separação através da canalização surgiu nas ideias higienistas, que associaram a presença da água a algo patogênico e fétido, o que, na realidade, relacionava-se à pouca manutenção dos sistemas de evacuação de águas pluviais e esgoto, que acarretou em seu desuso, deixando-as escorrendo pelas ruas (BAPTISTA; NASCIMENTO; BARRAUD, 2011).

Com o aumento exponencial da população urbana, ocorrido no século XIX, a precária infraestrutura de controle das águas urbanas favoreceu o alastramento de epidemias pela Europa, mudando a relação do urbanismo e as águas citadinas, que passou a pregar seu escoamento mais rápido possível (BAPTISTA; NASCIMENTO; BARRAUD, 2011). Este aumento populacional urbano continuou – em diferentes intensidades – durante os séculos seguintes e, em 2010, o Brasil já chegava a 84,36% da população vivendo em cidades (IBGE, 2010).

Conforme mais pessoas habitam a cidade, mais urbanizada e impermeável ela se torna, devido ao atual padrão de ocupação da cidade, com construções que devastam áreas vegetadas e edifica utilizando materiais que reduzem – quando não, anulam – a infiltração da água no solo. Como resultado, vê-se situações de aumento da quantidade e intensidade de inundações (Figura 1) e, por conseguinte, do número de pessoas atingidas, um cenário visível praticamente no mundo todo, porém com ênfase em países em desenvolvimento, como o Brasil (JHA; BLOCH; LAMOND, 2012).

Figura 1 - Balanço hídrico antes e depois da urbanização.



Fonte: PRINCE GEORGE'S COUNTY, 1999, adaptada por BAPTISTA, 2015, elaborada pelo autor, 2020.

A partir da alta taxa de urbanização e do aumento populacional urbano, são necessários novos tratamentos do espaço da cidade. Na legislação brasileira, o Estatuto da Cidade, Lei N° 10.257, de 10 de julho de 2001, regulamenta os artigos 182 e 183 da Constituição Federal de 1988, e nele é apontado o Plano Diretor de Desenvolvimento Urbano (PDU) como o principal instrumento para o ordenamento territorial cidadão. O planejamento municipal a partir do PDU e do zoneamento define o uso e ocupação dos espaços de modo a garantir o desenvolvimento dos cidadãos e o cumprimento da função social da cidade. A lei aponta normas a serem observadas pelos gestores municipais quanto à ordenação territorial, elaboração e execução das políticas urbanas (BARROS; CARVALHO; MONTANDON, 2010). Em 2003, com a criação do Ministério das Cidades - atualmente extinto -, houve maior apoio às cidades quanto a consolidação de modelos que englobassem saneamento, habitação e mobilidade urbana, com menções à cidade sustentável, apoiando a implementação da lei do Estatuto, de modo a facilitar o

enfrentamento de questões sociais, ambientais e econômicas que afetam a vida de muitos brasileiros (FERNANDES, 2010).

As consequências do descontrole da drenagem urbana atingem principalmente áreas localizadas à jusante (sentido de fluxo do curso d'água), pois é onde chegam rapidamente, através de tubulações, grande volume de água - não infiltrada ou evaporada nas montantes (áreas mais acima do rio) - e poluição, causando impactos que atingem tanto o meio ambiente e populações locais – como o carregamento de sedimentos e até vegetações, afogamentos e invasão de residências – quanto o poder público – perdas habitacionais, erosões e sedimentações em espaços públicos e medidas corretivas pós-catástrofes (TUCCI, 2002; OLIVEIRA, 2018).

Dentre as consequências da alteração do ciclo hidrológico geradas pelo modelo de ocupação predominante no Brasil, pode-se citar a cadeia de acontecimentos em que (OLIVEIRA, 2018):

- A taxa de infiltração da água no solo é reduzida pela impermeabilização, de modo a diminuir o abastecimento de aquíferos e aumentar a quantidade e velocidade de seu escoamento superficial;
- A não retenção da água por vegetações reduz a evapotranspiração natural, processo essencial para o balanço hídrico, auxiliado por folhagens e solos;
- Todo o volume de água escoado varre forçosamente a poluição superficial e favorece a sedimentação do solo.

Apesar das principais notícias sobre problemas quanto à drenagem urbana serem provenientes de grandes aglomerados urbanos, a questão também atinge cidades de pequeno e médio portes. Com o passar do tempo, o sistema tradicional de drenagem pluvial tem se demonstrado ineficaz no combate a enchentes e inundações, influenciando na qualidade de vida dos habitantes e até dos cursos d'água que recebem a água não tratada escoada das cidades, muitas vezes com poluentes e óleos depositados em suas ruas e calçadas (VENTURA; VAZ FILHO; GONÇALVES, 2019). A partir desta situação, novas posturas quanto a técnicas e abordagens alternativas ao sistema clássico de drenagem pluvial urbana estão em estudo e são empregadas (Figura 2), que consideram não somente a quantidade de água escoada, mas o uso de estruturas mais naturais (biológicas) e que considerem também o volume de redução do escoamento.

Os principais exemplos são:

- Técnicas Compensatórias (TCs) ou *Best Management Practices* (BMPs);
- Desenvolvimento de Baixo Impacto (*Low Impact Development* - LID);
- Desenho Urbano Sensível à Água (*Water Sensitive Urban Design* - WSUD);

Figura 2 - Comparação de sistemas mecânicos (tradicionais) e biológicos.



Fonte: UNIVERSITY OF ARKANSAS COMMUNITY DESIGN CENTER, 2010, adaptada pelo autor, 2020.

Tais abordagens possuem em comum o apontamento da importância da manutenção das áreas permeáveis dentro do solo urbano, visando tornar o sistema mais próximo do processo natural, em que o ciclo hidrológico é respeitado e incentivado (UNIVERSITY OF ARKANSAS COMMUNITY DESIGN CENTER, 2010). São apontados desenhos urbanos, elementos vegetais e estruturas para auxílio da infiltração da água no solo e garantia do escoamento superficial de baixa velocidade.

Entretanto, para implementação destas abordagens que favorecem o curso d'água pluvial na superfície são requeridos espaços urbanos disponíveis (lotes, glebas, áreas verdes etc.), visto que não seria utilizado o sistema de tubos enterrados atuais. O acesso à

terra urbana atualmente está diretamente relacionado ao preço desta (MARICATO, 2010), tornando a espacialização de projetos e planos tema obrigatório em PDUs, principalmente por meio do zoneamento. Portanto, o manejo da água pluvial urbana precisa ser integrado ao ordenamento territorial.

As abordagens alternativas desenvolvidas e testadas devem ser discutidas nos PDUs, de modo que suas aplicabilidades atinjam a cidade real. Existem cidades brasileiras com TCs executadas, porém poucas estavam apontadas em seus PDUs, e podem ser consideradas soluções momentâneas para as enchentes. A gestão pública deve responsabilizar-se e os habitantes da cidade serem sensibilizados quanto à necessidade de integração das águas pluviais aos planos urbanos desde os princípios norteadores do desenvolvimento urbano.

2. JUSTIFICATIVA

Diante da dificuldade de implementação de abordagens alternativas de drenagem pluvial urbana e manejos integrados nas obras de urbanização, verifica-se a necessidade de uma aproximação mais eficaz entre PDUs e demais planos urbanos. Ou seja, além de objetivarem as mesmas premissas de redução de impactos, devem tratar de diretrizes projetuais que nem mesmos planos específicos de drenagem urbana têm apresentado. As cidades que têm desenvolvido este modelo de plano integrado são de grande porte, devido a exigências legais – a Lei Federal Nº 13.089, de 2015, o Estatuto da Metrópole (FNEM, 2019). No estado de São Paulo, por exemplo, são as aglomerações urbanas de Jundiaí e de Piracicaba e as regiões metropolitanas da Baixada Santista, de Campinas, de São Paulo e de Sorocaba. Entretanto, esta integração de planos só é feita pela urgência, devido ao grande número de problemas urbanos enfrentados e à quantidade de pessoas afetadas. Tais planos são mais voltados à integração territorial e espacial e menos em projetos urbanísticos, demonstrando-se, portanto, a necessidade urgente do carácter mais integrador entre o PDU e planos e projetos complementares. As demais cidades, apesar de não possuírem legislação que discipline quanto à integração de planos, têm demonstrado tal necessidade, a partir de uma abordagem mais preventiva e corretiva, principalmente devido a problemas relacionados à drenagem de águas pluviais, apresentados mesmo em cidades de pequeno e médio porte, como os alagamentos vistos em Presidente Prudente/SP ano após ano, nos meses de alta pluviosidade (Figura 3).

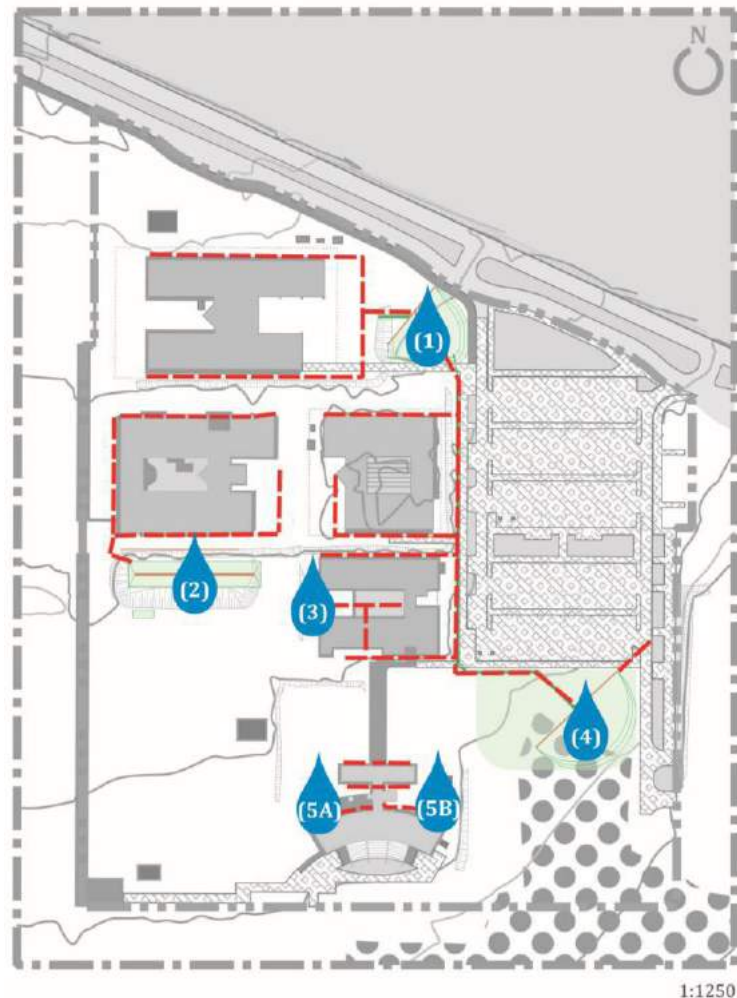
Figura 3 - Alagamento sobre córrego canalizado e tamponado, em Presidente Prudente/SP.



Fonte: UNOESTE.BR, 2019.

O trabalho faz parte da linha de pesquisa de processos e fenômenos aplicados à engenharia urbana, e tem sua temática voltada à drenagem sustentável focada em águas pluviais. O foco da abordagem é tido como: as águas pluviais urbanas em PDUs, visando discussões e levantamentos de conteúdos mais aprofundados. O interesse pelo tema surgiu pela percepção de necessários avanços na gestão e manejo das águas pluviais que. Com o auxílio dos trabalhos e dados do Grupo de Estudos em Sistemas Hídricos Urbanos (G-HIDRO), grupo de pesquisa de hidrologia urbana na Universidade Federal de São Carlos - UFSCar (Figura 4), e demais literatura sobre tais temas, foi possível analisar a relação da aproximação do manejo das águas pluviais a PDUs, visto que o histórico do grupo era em produzir análises e estudos de operacionalidade e cálculos de Técnicas Compensatórias. A partir de projetos financiados por editais FINEP e CAPES, com auxílio da gestão do campus UFSCar orientado por professores e pós-graduandos do PPGEU, foram construídos e analisados dispositivos para drenagem pluvial na microbacia de estudo do G-HIDRO – as técnicas utilizadas são especificamente abordadas nos capítulos seguintes.

Figura 4 – Edifícios desconectados da rede de drenagem convencional para estudo de TCs pelo grupo G-HIDRO, no campus da UFSCar, em São Carlos/SP.



- (1) Plano de Infiltração - Prédio da Fisioterapia
- (2) Sistema Filtro - Vala - Trincheira - Prédio da Medicina
- (3) Poço de Infiltração - Prédio da Gerontologia
- (4) Plano de Infiltração - Estacionamento
- (5A) Poço de Infiltração - Prédio do Núcleo de Formação dos Professores
- (5B) Poço de Infiltração - Prédio do Núcleo de Formação dos Professores

Fonte: BAPTISTA; GONÇALVES; RIBEIRO, 2016.

O conceito da sustentabilidade é evolutivo, variando por épocas, necessidades e demandas. Porém há uma parte imutável, que entende o ser humano como um transformador ativo dos espaços naturais cujas ações devem ser prudentes quanto ao ecológico, à eficiência energética e à equidade socioespacial (DA SILVA E ROMERO, 2010). Quando aplicada à cidade, a sustentabilidade leva em conta as diversas interações entre o urbano, os habitantes e o ambiente, além de levar em conta o ciclo de vida das matérias, de modo a buscar uma utilização mais eficiente dos recursos disponíveis, de modo a evitar seu esgotamento (LEITE, 2012). O urbanismo sustentável oferece a oportunidade

de desenvolvimento urbano onde exista melhor qualidade de vida a partir de estilos de vida saudáveis e sustentáveis. Entretanto requer forte mudança de hábitos enraizados na mente de habitantes e gestores urbanos (FARR, 2013).

A produção de diretrizes integradoras da drenagem urbana à concepção e revisão de PDUs gera potencial diminuição dos problemas urbanos ocasionados pelo manejo inadequado da água pluvial urbana, e estabelece relações positivas entre estas e os habitantes citadinos. O planejamento higienista demonstra-se insuficiente, pois, devido ao atual modelo de desenvolvimento urbano, ocorrem relações conflituosas entre águas pluviais e habitantes citadinos, e resultam em áreas que sofrem com inundações, seja por ocupações em áreas próximas a mananciais ou zonas de alagamento (TUCCI, 2002), seja por equipamentos urbanos de captação e controle das águas pluviais inadequados ou ineficientes.

3. OBJETIVOS

3.1 GERAIS

Propor conteúdos obrigatórios para a concepção e revisão de PDUs e planos de manejo de águas pluviais de cidades de pequeno e médio portes, de modo a considerar as águas pluviais e a drenagem sustentável como partes integradoras dos usos do solo urbano, abordando necessidades e intencionalidades desde as primeiras definições urbanísticas.

3.2 ESPECÍFICOS

- Realizar revisão bibliográfica sobre as TCs, o LID e o WSUD, a fim de compreender suas características integradoras em áreas urbanas, com destaque às possibilidades de aplicação em contextos citadinos;
- Analisar correlações entre os instrumentos e definições previstos nas legislações federais (Estatuto da Cidade, Lei de Saneamento) e governamentais do estado de São Paulo (Lei de Saneamento do Estado de São Paulo) e em agendas internacionais (Agenda da ONU 2030) que tratam da drenagem urbana sustentável ou do manejo de águas pluviais;
- Desenvolver critérios a serem analisados quando em discussões e planejamentos relacionados à drenagem pluvial urbana.
- Aplicar os critérios no estudo de caso em Guararapes/SP.
- Propor diretrizes para a concepção e revisão de PDUs e planos de manejo pluvial em cidades de pequeno e médio portes.

4. REVISÃO BIBLIOGRÁFICA

Na primeira parte da revisão, há o estudo das abordagens do manejo das águas pluviais urbanas, onde são tratados os sistemas de desenvolvimento e desenho urbanos e os elementos compensatórios que visam ao fluxo superficial de baixa velocidade das águas pluviais. Enquanto na segunda parte é feita a correlação entre as águas pluviais e as legislações existentes nos níveis federais e estaduais paulistas.

4.1 MANEJO SUSTENTÁVEL DAS ÁGUAS PLUVIAIS URBANAS

Considera-se neste trabalho que as águas pluviais urbanas são precipitações ocorridas no interior do perímetro urbano ou que, de alguma outra forma, atravessam seu limite e passam a fazer parte da área urbanizada. Sua gestão deve ser cuidadosa e sempre levada em consideração, pois a chuva faz parte do ciclo hidrológico natural e, apesar da rejeição de sua presença no ambiente citadino, incentivada pelos higienistas, ela por ali passará.

As abordagens não tradicionais de drenagem pluvial surgiram a partir da busca pela manutenção do escoamento, da infiltração e da evapotranspiração da água em ambientes urbanos. Dentre as mais discutidas, serão tratadas neste trabalho as Técnicas Compensatórias, o *Low Impact Development* e o *Water Sensitive Urban Design*.

Preliminarmente, é importante conhecer as consequências relacionadas à água pluvial pós-urbanização de uma bacia hidrográfica nos moldes de cidade atuais, onde há grandes áreas desvegetadas e impermeabilizadas, segundo Baptista; Nascimento; Barraud (2011) e Prince George's County (1999):

1ª Etapa – quanto ao local da precipitação:

- A impermeabilização do solo diminui a quantidade de água que infiltra no solo – esta torna o solo úmido e abastece lençóis subterrâneos;
- A retirada da vegetação diminui a quantidade de água que sofre evapotranspiração – mecanismo vegetal natural que aumenta a umidade do ar; e,
- Ainda ocorre a evaporação natural de uma pequena parcela da água.

2ª Etapa – caminhos das águas:

- O grande volume da água que permaneceria no local tem como única opção gravitacional escoar conforme a declividade local;
- A rugosidade diminuta permite que a água atinja maiores velocidades;
- A vazão da água é duplamente aumentada (volume escoado e velocidade de escoamento);
- O arraste de sedimentos é aumentado, pela alta velocidade, causando erosão;

3ª Etapa – quanto ao destino dos fluxos d'água:

- Sedimentos anteriormente arrastados são depositados no fundo de cursos d'água, causando assoreamento;
- Partículas anteriormente arrastadas são levadas a locais onde não pertenciam, podendo causar alteração na qualidade da água e desequilíbrio ambiental.

Levando em conta este processo, as abordagens visam a quebra do circuito no início e no percurso da água pluvial, possibilitando melhores condições ambientais relativas ao escoamento e absorção de águas pluviais no solo também nas áreas à jusante.

4.1.1 Técnicas Compensatórias (TCs) ou *Best Management Practices* (BMPs)

Desenvolvidas na América do Norte com o nome de *Best Management Practices*, nos anos de 1970, são ações que compensam a grande quantidade de água pluvial escoada pela impermeabilização do solo urbano através da retenção e infiltração. O controle do volume e da velocidade do escoamento superficial tende a diminuir a probabilidade da ocorrência de inundações e possibilitar melhor qualidade da água escoada. Por se tratar de diversas técnicas, torna-se viável a combinação de várias em um mesmo empreendimento, além da integração a diferentes ambientes urbanos ou naturais (TUCCI, 1995; BAPTISTA; NASCIMENTO; BARRAUD, 2011).

Sua aplicabilidade também propicia multifuncionalidade, através de usos em períodos que não estão preenchidas com água, podendo servir de estacionamento, áreas esportivas, sistemas viários, passeios e parques lineares, integrando-a ao espaço citadino (OLIVEIRA, 2018; BAPTISTA; GONÇALVES; RIBEIRO, 2016). Um exemplo é a *Water Plaza Benthemplein* (Figura 5), uma quadra poliesportiva construída em 2014 em Roterdã, na Holanda, que foi projetada como uma bacia de retenção (seca) para dias chuvosos, possibilitando o acesso e integração ao meio urbano.

Figura 5 – *Water Plaza Benthemplein*, em Roterdã, Holanda.



Fonte: PUBLICSPACE.ORG, 2018.

Segundo Baptista; Nascimento; Barraud (2011), as TCs possuem duas grandes divisões (Tabela 1): as não estruturais e as estruturais. As primeiras incluem o retardo do escoamento a partir de camadas superficiais de maior rugosidade e incentivos legislativos e

educacionais quanto a diminuição do escoamento de água pluvial ao sistema de drenagem. Já as estruturais, possuem dois métodos de classificação: segundo o princípio básico de funcionamento da TC – infiltração (permeabilidade do solo), retenção (armazena, momentaneamente, parte do volume de água que seria escoado) ou ambos – ou segundo a posição de implantação do dispositivo – pontual (dimensões horizontais diminutas, como em poços), linear (somente uma dimensão horizontal considerável, como em trincheiras) ou em bacias (as duas dimensões horizontais consideráveis, como em piscinões e lagoas).

Tabela 1 - Esquema dos diferentes tipos de TCs.

Não estruturais	Legislação		
	Racionalização do uso do solo urbano		
	Educação ambiental		
	Forma de abordagem de fundo de vale		
Estruturais	Bacias	Detenção e Retenção	
		Infiltração	
		Detenção/Retenção e Infiltração	
	Obras lineares	Trincheiras	
		Valas e Valetas	
		Pavimentos	Revestimentos permeáveis (porosos)
			Pavimentos reservatórios
	Obras pontuais (controle na fonte)	Poços de infiltração	
		Telhados e microrreservatórios individuais	
		Técnicas adaptadas à parcela	

Fonte: BAPTISTA; NASCIMENTO; BARRAUD, 2011, adaptada pelo autor, 2019.

Na aplicação de cada TC, é preciso levar em consideração alguns aspectos físicos, urbanísticos e de infraestruturas locais, como:

- Topografia;
- Caminho e destino das águas pluviais;
- Análise do solo (capacidade de infiltração de água, estabilidade e nível das águas subterrâneas);
- Presença permanente ou temporária de água no sistema;
- Espaço disponível para implantação;

- Inclinação e desenho do telhado (quando aplicado na cobertura ou esta for desconectada do sistema tradicional);
- Análise e localização das redes públicas já existentes no subsolo.

Sendo assim, há certas restrições e características de grande importância que devem ser consideradas para de cada TC (Tabela 2), entendida como estrutura construída, visando seu melhor funcionamento.

Tabela 2 - Restrições à implantação e operação das TCs.

Técnica Compensatória	Permeabilidade do solo	Declividade	Proximidade do lençol	Proximidade de leito rochoso	Restrição 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: (-): pequena importância ou nula; (+): média importância; (++) : grande importância.

Fonte: BAPTISTA; NASCIMENTO; BARRAUD, 2011, adaptada pelo autor, 2019.

Por se tratar de estruturas construídas que têm como principal função o manejo da água pluvial, é preciso que sempre atendam princípios básicos da hidrologia e que, por exemplo, possuam extravasores – mecanismos que direcionam água armazenada além do limite para outros dispositivos ou para o sistema tradicional de drenagem pluvial –, pois o dimensionamento define (através de análises históricas e cálculos probabilísticos) uma chuva de projeto que ora ou outra será extrapolada. Há, também, a possibilidade de

entupimento por folhas ou até resíduos sólidos que poderia causar impactos não previstos, pois os dispositivos contam com tubulações ou canais para passagem de água por um caminho específico, porém esta quase sempre carrega resíduos sólidos consigo. Outro ponto importante é que, como a água não é tratada, favorece o desenvolvimento de organismos vetores de doenças quando parada, apresentando riscos ambientais e sanitários. Preliminarmente, ainda em projeto, deve-se considerar o parâmetro de no máximo 24 horas para infiltração da água no solo ou sua movimentação por um caminho definido, em velocidade reduzida (PRINCE GEORGE'S COUNTY, 1999; BAPTISTA; NASCIMENTO; BARRAUD, 2011; RIGHETTO, 2009). Sendo assim, os conjuntos de TCs devem ser estudados quanto a seus funcionamentos-bases, de modo a facilitar o direcionamento e diretrizes.

Para o estudo exploratório, além da revisão bibliográfica, foram acrescentadas análises quanto a características e demandas das TCs construídas pelo G-HIDRO no campus da UFSCar, em São Carlos.

4.1.1.1 Bacias de Detenção (secas) e Retenção/Infiltração (molhadas)

Bacias são estruturas em área - ou seja, não lineares ou pontuais - cuja função é de amortecimento de cheias através do armazenamento de grande volume de água. Este armazenamento pode ter função de diminuir a vazão de água (bacias de detenção) ou de aumentar seu período sem escoamento, de modo a possibilitar maior infiltração (bacias de retenção). Em ambos os casos devem existir o caminho projetado da água (infiltração no solo ou tubo de saída redutor de vazão) e ao menos um extravasor (emergencial).

As bacias de detenção (Figura 6) acumulam água somente durante a cheia até um pequeno período posterior, liberando-a em vazão reduzida através de tubos de saída (pode ocorrer a infiltração concomitantemente). Deste modo, evita-se a sobrecarga das estruturas de drenagem posteriores. Estas nunca devem conter água empoçada, por isso são conhecidas como bacias secas, e, muitas vezes, são aproveitadas para uma segunda funcionalidade quando em períodos sem chuva (OLIVEIRA, 2018; URBONAS; STAHRÉ, 1993; BAPTISTA; NASCIMENTO; BARRAUD, 2011).

Figura 6 - Bacia de retenção (seca) com função de área pública de lazer e retenção de águas pluviais, em Porto Alegre/RS.



Fonte: PREFEITURA DE PORTO ALEGRE, 2008.

As bacias de retenção/infiltração (Figura 7) recebem a água pluvial escoada e a armazenam por um tempo maior – ou indefinidamente –, pois seus mecanismos focam na infiltração, possibilitando a manutenção do espelho d'água – quando projetado –, motivo pelo qual são conhecidas como bacias molhadas. Nelas, ocorre a decantação de sedimentos, devido ao tempo de espera maior, reduzindo as cargas poluentes na água da superfície. Por, comumente, já conterem água antes da chuva, devem possuir um volume de espera calculado, que possa ser preenchido quando houver precipitação. Também é importante que existam maiores cuidados com a água armazenada, visando a não proliferação de doenças, o que pode ser resolvido com a inclusão de seres aquáticos que se alimentem desses vetores (URBONAS & STAHRÉ, 1993; BAPTISTA; NASCIMENTO; BARRAUD, 2011; PAMPLONA et al., 2004; TUCCI, 2005).

Figura 7 - Bacia de retenção permanente no Parque Barigui, Curitiba/PR.



Fonte: PARQUE BARIGUI, 2019.

O assoreamento das bacias e a poluição difusa que pode chegar até elas (carregada pelas águas pluviais) são os principais pontos que influenciam em seus desempenhos, apresentando dificuldade na manutenção e até riscos à saúde, dependendo dos poluentes ali contidos (orgânicos ou resíduos sólidos). Portanto, é importante que haja um controle de poluição anterior às bacias. Quanto à manutenção, deve ser planejada, pois requer acesso ao interior das bacias. Baptista; Nascimento; Barraud (2011) dividem a manutenção em dois tipos:

- Preventivas - serviços similares ao de áreas verdes e retirada de resíduos sólidos pontuais (como os de limpeza urbana); e substituição de tubulações;
- Corretivas (emergenciais) - apesar de estarem mais inseridas no estudo da gestão de riscos do que nas manutenções em si, necessitam de monitoramento, para evitar casos de ruptura ou assoreamento das bacias.

Devido a suas grandes dimensões, é preferível que sejam previstas multifuncionalidades em sua área, de modo a possibilitar o uso do espaço ocupado para atividades citadinas. Assim, há menores chances de ocorrerem depredações e esquecimento quanto a suas existências.

4.1.1.2 Trincheiras de Infiltração e Detenção

Integrantes ao grupo de TCs lineares, apresentam maior dimensão no sentido longitudinal, quando comparada a suas larguras e profundidades (no máximo um metro cada). Sua principal função é de redução do escoamento de águas pluviais através do armazenamento, mas também é capaz de remover diversas bactérias e poluentes, diminuindo o risco de contaminação de lençóis subterrâneos (BAPTISTA; NASCIMENTO; BARRAUD, 2011; SOUZA et al., 2018; URBONAS; STAHRÉ, 1993).

O sistema recebe água pluvial perpendicularmente ao seu comprimento, podendo ser por escoamento superficial ou por tubulações conectadas diretamente ao seu interior, preenchido com materiais granulares graúdos, como pedra de mão, seixos e britas, de modo a possibilitar o armazenamento de água nos espaços não preenchidos (Figura 8). Por ter sua escavação similar a drenos do sistema tradicional, é de fácil execução. Diferentemente das trincheiras de retenção, que devem ser revestidas com materiais impermeáveis, as de infiltração devem ser revestidas com mantas geotêxteis, para evitar a passagem de materiais finos que possam colmatar (preencher os espaços no solo pelos quais a água infiltra) a estrutura. A evacuação da água, como nas bacias, pode ser através de tubulações redutoras, no caso de retenção, ou infiltrando no solo, no de infiltração (BAPTISTA; NASCIMENTO; BARRAUD, 2011).

Figura 8 – Construção de trincheira de infiltração, em Recife/PE.



Fonte: SOUZA et al., 2018.

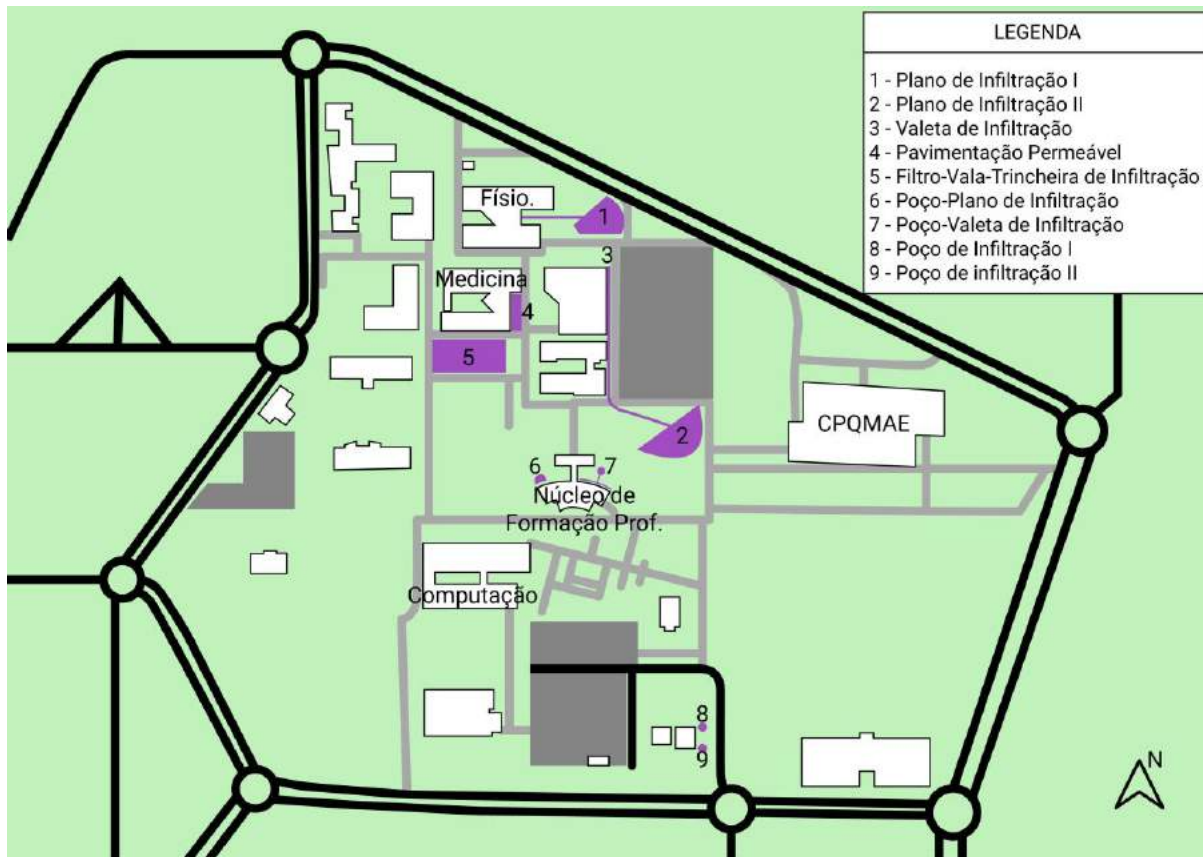
Baptista; Nascimento; Barraud (2011) citam três principais inconvenientes de seu uso:

- Manutenções devem ser periódicas, para controle da colmatação, que ocorre primeiro no fundo e laterais do sistema. Como nas TCs de bacias, existem as preventivas (limpeza dos poços, filtros e órgãos de descarga e conservação das áreas verdes) e as corretivas (substituição ou somente limpeza dos materiais interiores e da superfície do sistema quando for detectado funcionamento inadequado);
- Existência de restrições quanto à implantação em áreas de grandes declividades – é conveniente o uso de divisórias internas (geomembranas em conjunto com manta geotêxtil ou somente muretas feitas de materiais pouco ou nada permeáveis, visando melhor aproveitamento do volume de armazenamento;
- Os fundos de trincheiras de infiltração devem distar, ao menos, um metro vertical até o nível do lençol subterrâneo, evitando sua fácil contaminação - em áreas de recarga direta de aquíferos, recomenda-se sua não utilização).

Apesar de serem escavadas e preenchidas com pedras, permite-se, após o fechamento com a manta protetora, cobri-las com terra e vegetação, evitando espécies que perdem suas folhagens ou que tenham raízes que ofereçam risco de perfurarem a manta.

A maioria dos seguintes exemplos são provenientes da experiência de construção e TCs e suas análises como laboratório em escala real (SUSDRAIN, 2018). O G-HIDRO, conforme relatado, teve nove oportunidades de desconexão da rede tradicional e criação de oportunidade real. Para apontamento segundo as localizações das TCs no campus será utilizada sempre a Figura 9 como referência.

Figura 9 - TCs construídas pelo G-HIDRO no campus da UFSCar, sub-bacia da Área Norte, em São Carlos/SP.



Fonte: Elaborada pelo autor, 2019.

Além disso, vale salientar que Paiva (2016) tratou da divulgação e conscientização dos transeuntes quanto às TCs construídas, através de materiais gráficos implantados próximos a cada sistema.

O G-HIDRO, tendo Lucas (2011) como responsável, realizou a construção, no campus da UFSCar, em São Carlos/SP, de um sistema chamado filtro-vala-trincheira (FVT) de infiltração (item 5 da Figura 9), o qual recebe água pluvial da desconexão do sistema tradicional de drenagem pluvial do telhado de um edifício próximo (BAPTISTA, 2015). Assim que cai no telhado, a água escoar até as calhas e é direcionada, perpendicularmente, a uma canaleta de distribuição, que faz com que a água desça uniformemente até a trincheira (Figura 10).

Figura 10 - Filtro-vala-trincheira oito anos após sua implantação pelo G-HIDRO, no campus da UFSCar, em São Carlos/SP.

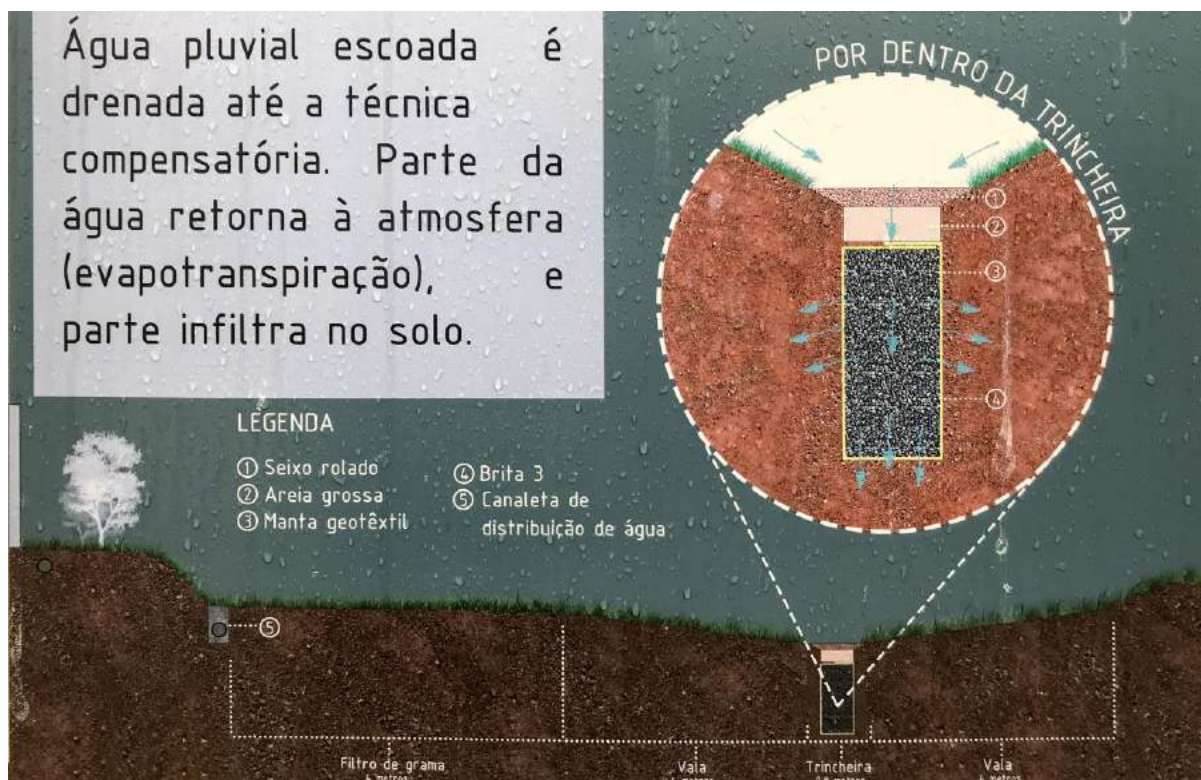


Fonte: Elaborada pelo autor, 2019.

Já dentro da TC, a água percorre três etapas (Figura 11):

- Filtro - caminho gramado de baixa inclinação, para retenção de sedimentos;
- Vala – caminho gramado de maior inclinação, para retenção de sedimentos e armazenamento complementar a trincheira, quando em pluviosidades mais intensas;
- Trincheira - espaço escavado preenchido com brita 3 na área de armazenamento da água escoada, envolto em manta geotêxtil, coberto com areia grossa e seixo rolado.

Figura 11 - Composição do sistema filtro-vala-trincheira construído pelo G-HIDRO, no campus da UFSCar, em São Carlos/SP.



Fonte: PAIVA, 2016.

4.1.1.3 Valas, Valetas e Planos de Detenção e Infiltração

São TCs especializadas como simples depressões, ou seja, escavações menos profundas do que bacias, podendo ser projetadas em áreas (planos) ou lineares (valas ou valetas - vala de menor dimensão). As de retenção propiciam o armazenamento temporário, enquanto as de infiltração permitem o armazenamento e a permeabilidade no solo. Entretanto, ambos tipos viabilizam a evapotranspiração quando vegetados. Há, ainda, a possibilidade de funcionamento como canais direcionadores das águas pluviais, de modo a infiltrar, reter sedimentos, remover poluições e auxiliar na redução da velocidade de escoamento, de modo a amortecer as vazões (BAPTISTA; NASCIMENTO; BARRAUD, 2011; BUTLER; DAVIES, 2000).

Por serem depressões mais suaves, são de fácil construção e possibilitam a integração ao meio no qual estão inseridas, viabilizando intervenções paisagísticas que agreguem valor estético e de conforto. Deve-se tomar cuidado quanto à visibilidade do sistema, de modo que os transeuntes entendam seu funcionamento e não ocorram quedas

ou acidentes. Baptista; Nascimento; Barraud (2011) citam como os principais inconvenientes de suas aplicações:

- Restrições quanto a aplicação em áreas com fortes declives - diminui a deposição de sedimentos, necessitam de compartimentalização e podem provocar erosões;
- Se de infiltração, devem distar, verticalmente, ao menos um metro do lençol freático (como as trincheiras de infiltração);
- Quando ao lado de vias, posicioná-las em nível inferior e com paredes impermeáveis, de modo a evitar o movimento horizontal da água para debaixo do leito da via;
- Se mal executadas, pode ocorrer o acúmulo de água – propiciando implicações sanitárias;
- Deve-se evitar árvores que perdem muitas folhas juntas ao sistema, pois pode causar sua obstrução;
- Manutenção periódica – preventiva (jardinagem e limpeza regular) e corretiva (quando de infiltração, substituição da terra vegetal em caso de colmatação do solo; quando de detenção, substituição dos orifícios e canalizações deteriorados).

O G-HIDRO realizou a construção, no campus da UFSCar, em São Carlos/SP, de dois planos de infiltração e uma valeta gramada. O primeiro plano a ser construído teve Tecedor (2014) como responsáveis (item 1 da Figura 9), e contava com a desconexão do telhado de um edifício próximo. A técnica foi escolhida devido à disponibilidade de área, e os aspectos físicos, urbanísticos, sanitários, ambientais, socioeconômicos e de infraestrutura locais permitiram sua implantação. O sistema (Figura 12) conta com a desconexão da água escoada pelo telhado de um edifício próximo, passagem por um vertedouro 120º com caixa de areia e um distribuidor de vazão com britas, para escoamento mais homogêneo na TC.

Figura 12 - Plano de infiltração 1 após cinco anos de sua implantação pelo G-HIDRO, no campus da UFSCar, em São Carlos/SP.



Fonte: Elaborada pelo autor, 2019.

O segundo plano de infiltração, bem como as demais TCs construídas no campus pelo G-HIDRO, foram executadas quase que simultaneamente, nos anos de 2012 e 2013 (item 2 da Figura 9). O dispositivo recebe água escoada superficialmente da área de estacionamento à jusante e contém, similarmente ao primeiro, um vertedouro com caixa de areia e um distribuidor de vazão preenchido com britas (Figura 13).

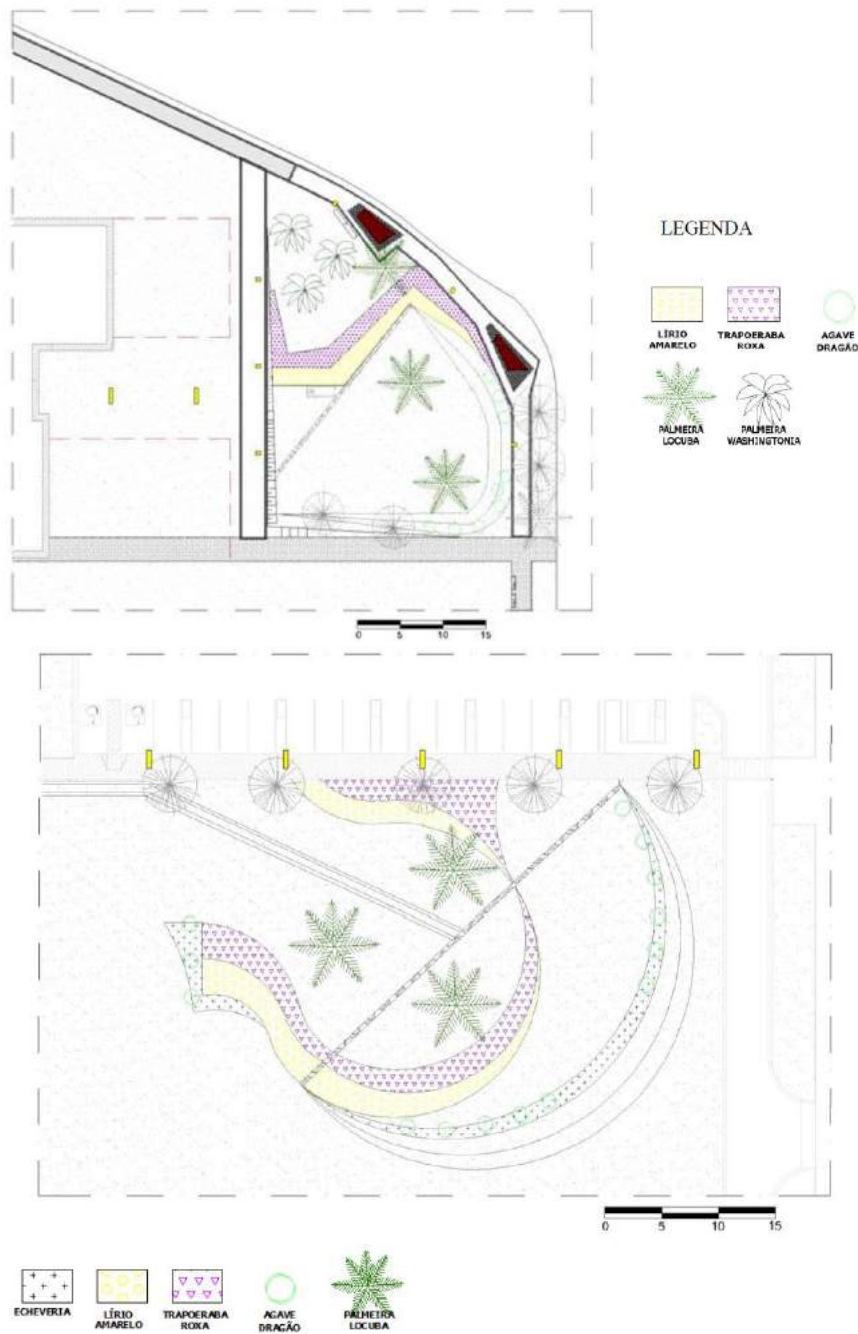
Figura 13 - Plano de infiltração 2 após, aproximadamente, cinco anos de sua implantação pelo G-HIDRO, no campus da UFSCar, em São Carlos/SP.



Fonte: Elaborada pelo autor, 2019.

Em ambos os planos de infiltração, houve o tratamento paisagístico elaborado por Pereira (2016), que considerou as TCs como espaços a agregarem valor estético e simbólico ao ambiente no qual estavam inseridas. Foram utilizadas vegetações que pudessem suportar períodos em que houvesse água acumulada, e que trouxessem singularidade e ponto referencial ao projeto (Figura 14).

Figura 14 – Paisagismo projetado para os planos de infiltração 1 e 2, respectivamente, no campus da UFSCar, em São Carlos/SP.



Fonte: PEREIRA, 2016.

Houve também, no campus, a implantação de uma valeta de infiltração, que teve Felipe (2014) e Shinzato (2015) como responsáveis (item 3 da Figura 9). O sistema foi chamado de canal gramado, segundo nomenclatura de Cambridge City Council (2009), e permitiu o estudo da retenção de sedimentos e poluição pela presença da grama no caminho de escoamento da água pluvial. A TC (Figura 15) recebe água pluvial da

desconexão da cobertura de um edifício próximo e serve de escoamento do extravasor do plano de infiltração 1, à montante, quando este for sobrecarregado. Pela imagem, é possível identificar que houve processo erosivo no percurso da água, com causa provável sendo sua alta velocidade de escoamento.

Figura 15 - Valeta de infiltração após quatro anos de sua implantação, no campus da UFSCar, em São Carlos/SP.



Fonte: Elaborada pelo autor, 2019.

4.1.1.4 Pavimentos Permeáveis Dotados de Estruturas de Detenção e Infiltração

O principal ponto a ser questionado quanto à alteração do ciclo hidrológico é a enorme quantidade de área impermeável gerada por assentamentos urbanos – comumente pelo grande uso do concreto e asfalto. Somente em estacionamentos, cita-se 30% da área de uma bacia de drenagem que acaba sendo não passível de infiltração da água no solo (BAPTISTA; NASCIMENTO; BARRAUD, 2011; PARRA, 2016; PEREIRA, 2016). Neste contexto, surgem as seguintes TCs lineares:

- Pavimentos permeáveis - permitem a passagem da água para o solo, realizando a infiltração;
- Pavimentos porosos - fazem a detenção temporária da água, armazenando-a;
- Pavimentos porosos e permeáveis - detém a água e a faz infiltrar no solo aos poucos. São TCs que possibilitam a infiltração da água pluvial no solo, aumentando a recarga de lençóis subterrâneos, bem como a redução do volume escoado e amortecimento de vazões, dependendo da tipologia escolhida para aplicação em projeto.

O asfalto poroso e os blocos de concreto vazados são alguns exemplos de pavimentos permeáveis (Figura 16). Há ainda os chamados semipermeáveis, como paralelepípedos, calçamentos poliédricos ou blocos de concreto intertravados, que permitem uma pequena taxa de infiltração.

Figura 16 - Concreto permeável desenvolvido por pesquisadores da Universidade Federal do Rio Grande do Sul.



Fonte: VITRINE TECNOLÓGICA/UFRGS, 2018.

Seu uso é bastante versátil, podendo ser utilizado em praças, parques, estacionamentos, ruas e até avenidas de alto fluxo de automóveis, gerando conforto e segurança, já que reduz as poças d'água e a possibilidade de aquaplanagem. Há indicativos de que o concreto permeável seja bastante utilizado no desenvolvimento urbano, visando acessibilidade a todos, visto que possibilita o fluxo de pessoas com deficiências mantendo áreas em que ocorra a infiltração da água pluvial no solo (MOTA, 2014; PREFEITURA MUNICIPAL DE MESQUITA, 2018; BAPTISTA; NASCIMENTO; BARRAUD, 2011).

Alguns inconvenientes da utilização da TC são, segundo Baptista; Nascimento; Barraud (2011) e Antônio Marozzi Righetto (2009):

- Risco de colmatção – na superfície do pavimento (poros superiores são bloqueados por sedimentações) e no corpo do pavimento (poros interiores são entupidos, também por sedimentações);
- Deve-se manter a distância vertical mínima de um metro até o lençol freático, de modo a diminuir a chance de poluição do mesmo (como outras TCs de infiltração);
- Trata-se de um revestimento frágil a grandes esforços de cisalhamento, como em áreas de manobra ou curvas;
- Manutenções devem ser feitas frequentemente para assegurar o funcionamento hidráulico do pavimento (inclui jateamento ou varredura a jato).

Vale lembrar que quanto maior os poros e maior velocidade de fluxo da via onde é aplicado o pavimento, mais lento o processo de colmatção.

No campus da UFSCar, em São Carlos/SP, há dois modelos de pavimentos porosos ou permeáveis implantados. O mais comum deles está presente em várias áreas de passeio para pedestres e estacionamentos, que é o bloco de concreto vazado (Figura 17). Entretanto, suas manutenções não têm sido feitas adequadamente, e há casos em que se comportam como impermeáveis (PARRA, 2016).

Figura 17 – Piso intertravado utilizado em passeio para pedestres, no campus da UFSCar, em São Carlos/SP.



Fonte: Elaborada pelo autor, 2019.

O segundo modelo existente no campus é o piso de concreto drenante, implantado por iniciativa do Departamento de Medicina e do Escritório de Desenvolvimento Físico, ambos da UFSCar. A TC instalada em um local de encontros e descanso (item 4 da Figura 9) foi analisada por Parra (2016), que constatou, no ano de 2015, a existência de rachaduras, desníveis e vegetações nos seus poros, condições que geram mal funcionamento hidráulico no sistema. No ano de 2019, os mesmos apontamentos foram verificados no local (Figura 18).

Figura 18 – Piso de concreto drenante em área de descanso, no campus da UFSCar, em São Carlos/SP.



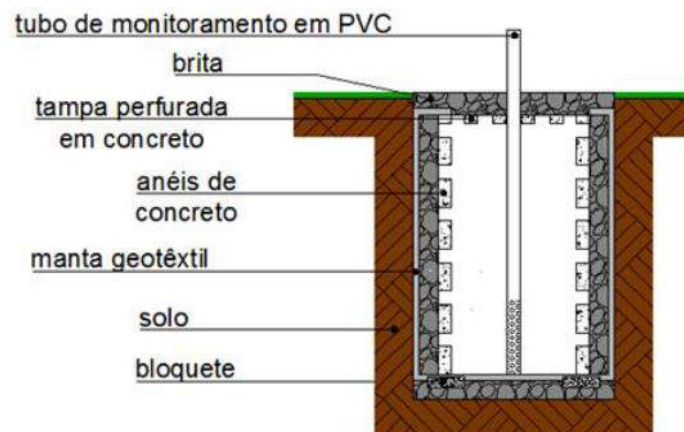
Fonte: Elaborada pelo autor, 2019.

4.1.1.5 Poços

São TCs pontuais de infiltração utilizadas para armazenamento de águas pluviais em um pequeno espaço superficial, já que possuem maior dimensão em sua profundidade, propiciando melhor integração ao espaço urbano. Permitem ser implantados em locais cujas camadas superiores do solo são pouco permeáveis, pois a zona de infiltração está nas laterais e fundos dos poços. Suas principais funções são de redução das vazões de pico e recarga de lençóis subterrâneos (BAPTISTA; NASCIMENTO; BARRAUD, 2011; ANGELINI SOBRINHA, 2012; REIS; OLIVEIRA; SALES, 2008).

Os poços podem ser vazios (Figura 19) ou preenchidos com materiais porosos – mínimo 30% de porosidade, como britas, por exemplo -, tendo, estes, menores capacidades de armazenamento. Há também diferenciações quanto ao recebimento das águas pluviais, que podem adentrar via escoamento superficial ou diretamente ao interior do volume através de uma rede (BAPTISTA; NASCIMENTO; BARRAUD, 2011; FERREIRA, 2016).

Figura 19 - Poço de infiltração de interior vazio e seus elementos.



Fonte: PEREIRA, 2016.

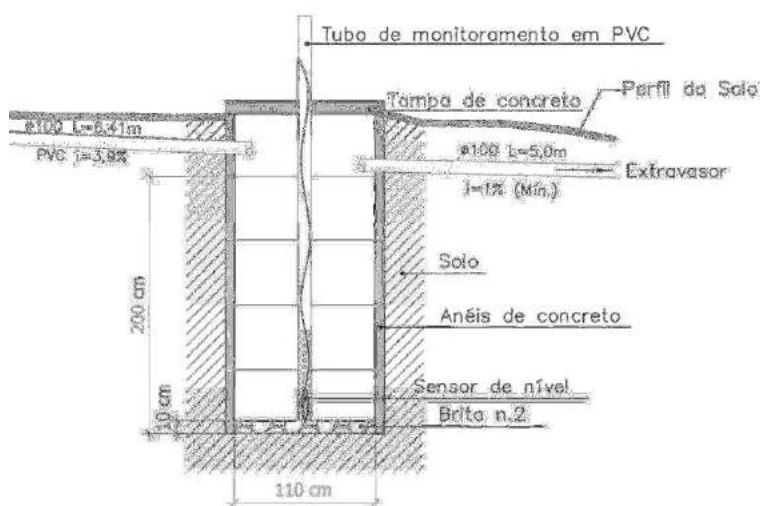
Alguns inconvenientes de suas implantações, segundo Baptista; Nascimento; Barraud (2011) e Ferreira (2016), são:

- Não é aconselhável evacuar as águas armazenadas através da injeção no lençol subterrâneo (inclusive é proibida em alguns países) – quando existente, alocar dispositivos de pré-tratamento da água, de modo a evitar poluição ou contaminação direta;
- Deixar um metro vertical entre o fundo do sistema e o nível do lençol freático (como todo dispositivo de infiltração), visando reduzir o risco de contaminação ou poluição;

- Manter distância de elementos de fundação de edificações, raízes e encostas – redes urbanas no subsolo não são tidas como empecilhos;
- Deixar a estrutura visível e conscientizar transeuntes, evitando a deposição de rejeitos sob o sistema;
- É recomendada a disposição de uma caixa de decantação anterior ao poço, com função de reter matérias em suspensão;
- Prever o acesso para inspeções – regularmente e após chuvas intensas;
- Considerar o tempo de drenagem máximo de 72 horas;
- Necessidade de manutenção regular para evitar a colmatção – limpeza de calhas direcionadoras até o sistema; substituição de filtros; remoção de sedimentos e resíduos.

No campus da UFSCar, em São Carlos/SP, há dois poços de infiltração implantados pelo G-HIDRO, com Ferreira (2016) como responsável. Ambos utilizaram o mesmo número de anéis de concreto em sua construção. O poço de infiltração I possui características similares aos implantados no município (item 8 da Figura 9), respeitando cálculos dimensionais da legislação municipal de São Carlos/SP. O dispositivo recebe água pluvial escoada da desconexão da cobertura Norte de um edifício próximo (Figura 20).

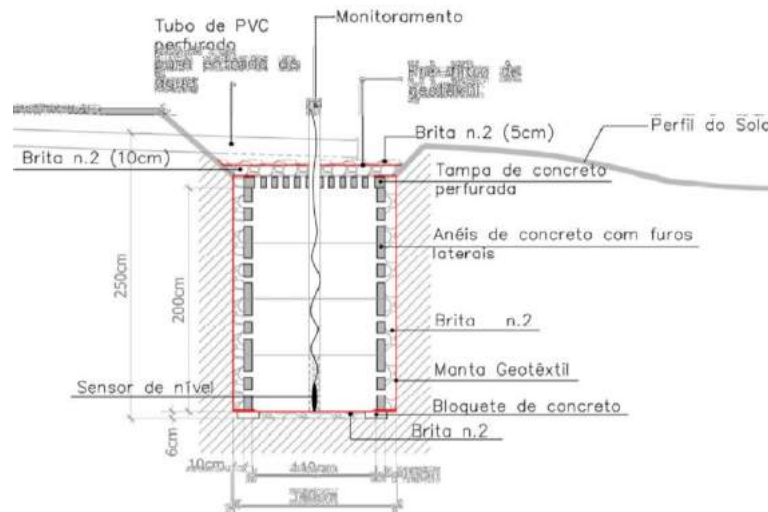
Figura 20 – Poço de infiltração I após três anos de sua implantação, no campus da UFSCar, em São Carlos/SP.



Fonte: FERREIRA, 2016, e elaborada pelo autor, 2019, respectivamente.

O segundo poço de infiltração foi desenvolvido pelo G-HIDRO, de modo a aumentar a infiltração e a vida útil do sistema (item 9 da Figura 9). O dispositivo coleta a água pluvial escoada pela cobertura Sul do mesmo edifício que o primeiro poço (Figura 21). Por possuir brita em sua cobertura e nas laterais, é capaz de armazenar maior volume de água, além de ter sido constatado maior volume infiltrado, quando em comparação ao poço I.

Figura 21 – Poço de infiltração II após três anos de sua implantação, no campus da UFSCar, em São Carlos/SP.



Fonte: FERREIRA, 2016, e elaborada pelo autor, 2019, respectivamente.

Há também dois outros poços construídos no campus que foram integrados a outra TC, e ambos captam a água escoada do telhado do mesmo edifício próximo – cada um capta metade da cobertura. O primeiro deles teve Baptista (2015) como responsável e integrava plano e poço de infiltração (item 6 da Figura 9). Com intuito de utilizar-se da TC para criar um espaço de convivência e lazer que poderia ser apropriado pelos usuários do edifício próximo, houve a escolha do plano de infiltração. Segundo Ferreira et al. (2013), este é inundado quando ocorrem altos índices pluviométricos, enquanto o poço de infiltração é utilizado para escoamento em chuvas mais frequentes (Figura 22).

Figura 22 - Composição do sistema plano-poço de infiltração construído pelo G-HIDRO, no campus da UFSCar, em São Carlos/SP.



Fonte: PAIVA, 2016.

Uma característica que chama a atenção é que, quando comparada a maioria das TCs implantadas no campus, é uma das poucas que há o incentivo ao uso do espaço como área de convivência para os transeuntes, demonstrando a possibilidade de interação e multifuncionalidade dos dispositivos aplicados em meio urbano construído (Figura 23).

Figura 23 – Plano-poço de infiltração após quatro anos de sua implantação, no campus da UFSCar, em São Carlos/SP.



Fonte: Elaborada pelo autor, 2019.

O segundo poço teve Angelini Sobrinha (2012) como responsável, e houve a mescla de valeta e poço de infiltração (item 7 da Figura 9). A valeta de infiltração tem função de direcionamento da água coletada pelas calhas da cobertura até a superfície do poço, também auxiliando na retenção de sedimentos. Assim como o primeiro, esta TC também incentiva a apropriação do local como espaço de convivência e lazer (Figura 24).

Figura 24 - Composição do sistema valeta-poço de infiltração construído pelo G-HIDRO, no campus da UFSCar, em São Carlos/SP.



Fonte: PAIVA, 2016.

O poço tem seu núcleo estrutural em anéis de concreto perfurado, com revestimento de manta geotêxtil e assentamento de tijolos furados e outra manta geotêxtil nas laterais para conter o solo que poderia entrar no sistema e aumentar a área de infiltração. Na base

foram posicionadas britas 3 e um bloco de concreto. A grade de metal, envolta em manta geotêxtil e a camada de areia grossa e brita 3 colocadas à cima do poço permitem a remoção de sedimentos e entrada de água no sistema. Também foi implantado um vertedouro 90° no caminho da água, antes de chegar à superfície do poço (Figura 25). Visando sua apropriação, também foram desenvolvidas as ideias de identificação e melhoria das condições paisagísticas locais com a implantação de bancos de formas orgânicas e vegetações similares às dos planos de infiltração (PEREIRA, 2016; ANGELINI SOBRINHA, 2012).

Figura 25 – Valeta-poço de infiltração após sete anos de sua implantação, no campus da UFSCar, em São Carlos/SP.



Fonte: Elaborada pelo autor, 2019.

4.1.1.6 Telhados Armazenadores

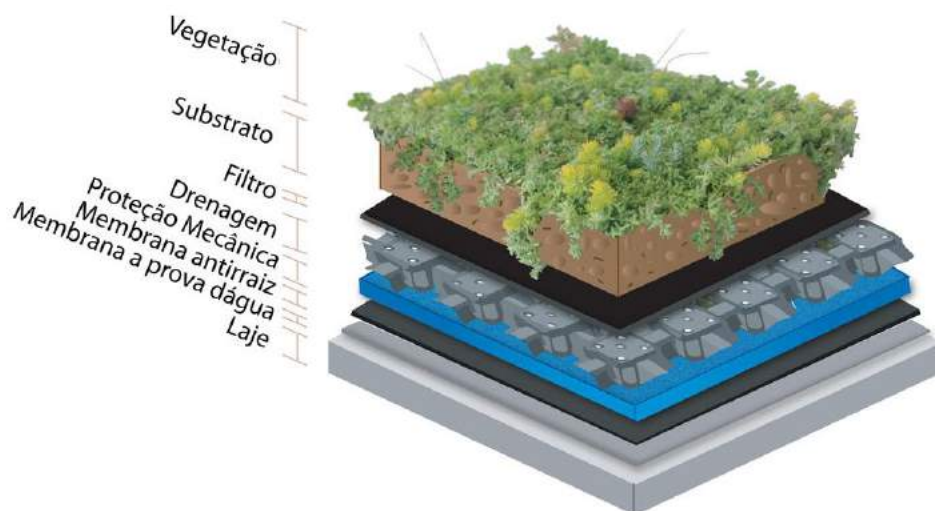
Trata-se de uma TC em que o volume precipitado na cobertura não é direcionado através de calhas até um dispositivo armazenador. A água pluvial é acumulada diretamente em sua estrutura, em volumes vazios ou preenchidos (britas, seixos ou vegetação). O exemplo mais conhecido é o telhado verde (Figura 26), em que há vegetação, podendo ser extensiva (simples e de pequeno peso) ou intensiva (vegetações maiores e possibilita acesso humano). Devido à presença da camada vegetal (Figura 27), propicia melhor isolamento térmico à edificação (BAPTISTA; NASCIMENTO; BARRAUD, 2011).

Figura 26 - Telhado verde, em Hanói, Vietnã.



Fonte: KIENTRUCTANVIET.VT, 2019.

Figura 27 - Componentes de um telhado verde.



Fonte: UGREEN, 2019.

É atrativa ao ambiente urbano, pois não necessita de área extra para implantação, é acoplada à uma cobertura já necessária, e pode ser facilmente integrada à arquitetura. Deve-se considerar na implantação do dispositivo (Baptista; Nascimento; Barraud, 2011):

- Considerar tempo de retorno mínimo como 5 anos e duração da precipitação como 5 minutos – pensar em caso a chuva exceda o projetado;
- Inclinação máxima de 5% (com divisórias), podendo ser plano;
- Cautela quanto aos cálculos estruturais, devido à sobrecarga da água;
- Grande importância da impermeabilização do sistema;
- Prever acesso para manutenção;
- Se telhado verde, instalar sistema anti-raiz e suporte drenante para o excesso de água (pode prejudicar a vegetação);
- Não armazenar água pluvial em telhados técnicos (como, por exemplo, onde há instalações de ar-condicionado, sala de máquinas ou elevadores);

4.1.1.7 Reservatórios Individuais

Tidas como TCs pontuais por não abrangerem glebas, como as citadas anteriormente, mas pequenos lotes, são chamadas também de microrreservatórios (Figura 28). Acumulam pequenos volumes de água pluvial, devido à reduzida dimensão da área abrangente, podendo ter sua evacuação por infiltração ou vazão controlada até a rede de drenagem tradicional existente. As estruturas de armazenamento podem ser instaladas ao ar livre, enterradas ou dentro da edificação; podendo ou não ser conectadas ao sistema de drenagem tradicional; e são comumente pré-fabricadas, em alvenaria ou concreto (BAPTISTA; NASCIMENTO; BARRAUD, 2011).

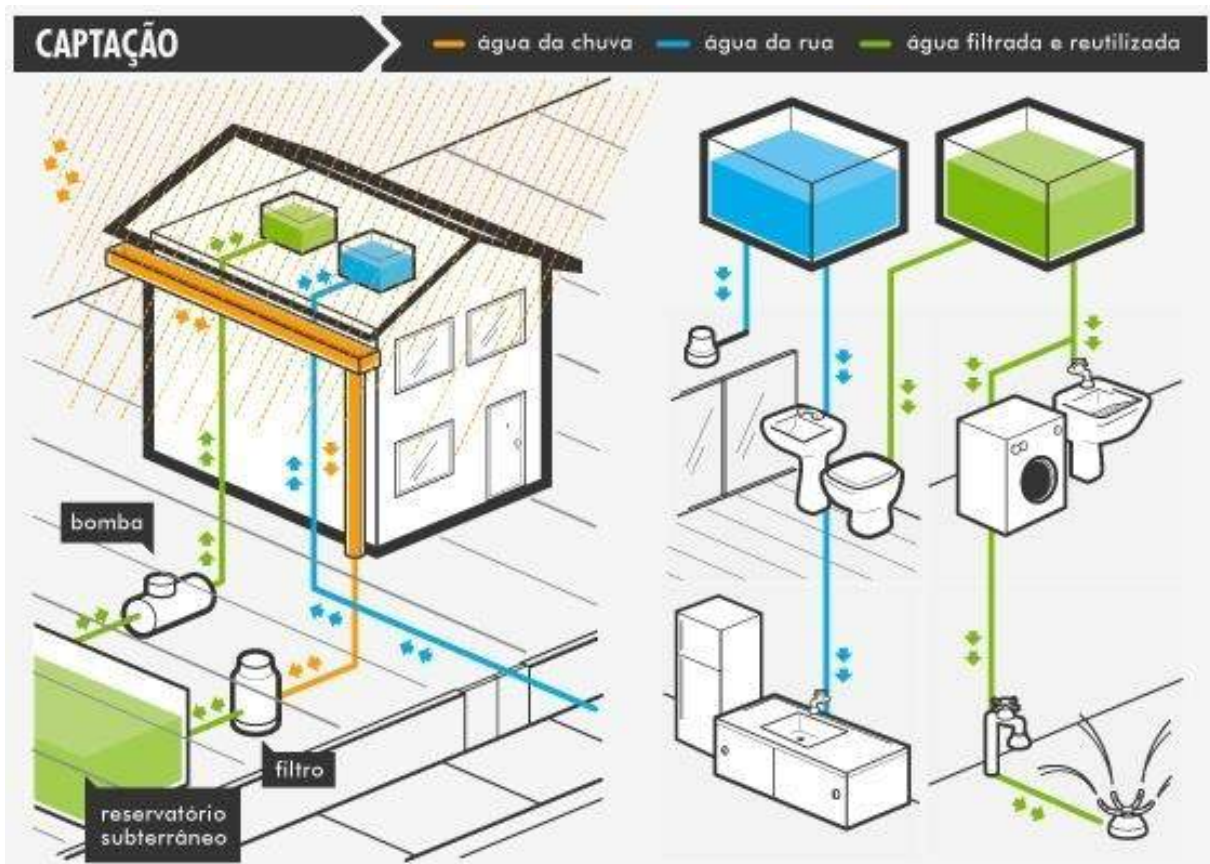
Figura 28 - Reservatório para aproveitamento de água da chuva.



Fonte: GAZETA DO POVO, 2015.

O dispositivo é recomendado ou obrigatório em vários municípios brasileiros, e não só controla o escoamento das águas pluviais, como permite o seu aproveitamento para usos domésticos, como em irrigação, lavagens e instalações sanitárias (Figura 29). Entretanto não devem ser destinadas ao consumo humano por questões de saúde pública.

Figura 29 - Esquema de aproveitamento da água da chuva para fins domésticos.



Fonte: CASA E IMÓVEL UOL, 2010.

Os principais inconvenientes do sistema, segundo Baptista; Nascimento; Barraud (2011), são:

- Dificuldade de conexão à rede de drenagem ou para o seu uso sem que haja bombeamento quando o armazenamento é enterrado;
- Os reservatórios precisam ser feitos de materiais inertes à água da chuva e estanques;
- Necessária pré-filtragem quando a água pluvial for ser recuperada;
- Apesar da manutenção ser simples (evacuação completa e limpeza regularmente), é de responsabilidade do proprietário, por serem localizadas no interior dos lotes.

4.1.1.8 Análises Espaciais (baseadas na experiência das TCs UFSCar)

No campus da UFSCar em São Carlos/SP, mesmo existindo muitos espaços ainda livres, há expectativa de expansão nos edifícios existentes e implantação de novas construções. Portanto, a consulta aos planos para o desenvolvimento do campus e quanto ao uso dos locais livres e estratégias de expansão dos edifícios foi extremamente necessária.

A proporção de área ocupada pelas TCs construídas e sua respectiva área de contribuição (área da TC adicionada à área que recebe água pluvial e que escoar para a TC em questão) para cada uma delas gerou a Tabela 3, que exhibe a porcentagem espacial ocupada pelo dispositivo em relação à superfície total de recebimento de água pluvial. Não foram incluídos dispositivos com função de transporte da água pluvial – mesmo que haja infiltração no percurso. E o cálculo da área de contribuição considerou a superfície desconectada adicionada à superfície da própria TC somente quando esta é aberta, pois, no caso dos poços com tampa de concreto impermeável, não há infiltração pela área superior.

Tabela 3 - TCs do campus e áreas ocupadas.

Técnica Compensatória	Área ocupada pela TC (m²)	Área de contribuição (m²)	Área ocupada pela TC por área de contribuição (%)
Plano I	385	3386	11,4
Plano II	354	7701	4,6
FVT	570	3901	14,6
Poço-Plano	18	453	4,0
Poço-Valeta	3,8	152	2,5
Poço I	1,2	288	0,4
Poço II	1,2	182	0,6

Fonte: LUCAS, 2011; ANGELINI SOBRINHA, 2012; TECEDOR, 2014; BAPTISTA, 2015; PEREIRA, 2016; FERREIRA, 2016; GOOGLE MAPS, 2019; elaborado pelo autor, 2019.

No decorrer dos anos, a partir do acompanhamento e observação empírica do G-HIDRO, percebeu-se que o acúmulo de água pluvial nas TCs não foi um problema perceptível aos usuários do local, visto que, mesmo em ocasiões com elevado índice pluviométrico, os espelhos d'água não eram mantidos por mais do que 24 horas. Em chuvas mais frequentes, este período não ultrapassou 6 horas.

Quanto ao tratamento paisagístico, houve perda da maior parte do projeto implantado, devido à manutenção não adequada e ao ataque de formigas e outros animais

do Cerrado existente próximo ao campus. Após algumas semanas de sua implantação, descobriu-se a preferência da fauna local pelas espécies vegetais escolhidas, principalmente as floradas (PEREIRA, 2016). Entretanto, resistiram ainda algumas espécies de maior porte, como agaves e palmeiras.

Para implementação destas abordagens que favorecem o curso d'água pluvial na superfície, são requeridos espaços urbanos disponíveis (lotes, glebas, áreas verdes etc.), visto que não utilizam prioritariamente o sistema de tubulações enterradas atuais (conexões com redes existentes). O acesso à terra urbana atualmente está diretamente relacionado ao preço desta (MARICATO, 2010), tornando a espacialização de projetos e planos tema obrigatório em PDUs, principalmente por meio do zoneamento. Portanto, o manejo da água pluvial urbana precisa ser integrado ao ordenamento territorial.

Se comparadas as taxas de permeabilidade exigidas pelos municípios (exemplo mais tradicional de 10% da área do lote) com as porcentagens de áreas necessárias para a construção dos dispositivos, estas não são superiores, a depender do dispositivo, se encaixando em menos que metade da superfície já reservada como permeável. Sendo assim, observa-se um cenário de possível correlação e integração, visando maior eficiência do uso do solo urbano para fins de interesse coletivo.

Outro ponto é que, nas áreas permeáveis municipais, não há exigências de TCs, que poderiam otimizar a capacidade de armazenamento e infiltração de águas pluviais. Complementarmente, a possibilidade de multifuncionalidade da área não oneraria a destinação de áreas exclusivas para TCs, aproveitando-se melhor os percentuais de área exigida, comprovando a possibilidade de implantação de dispositivos, inclusive em pequenas áreas.

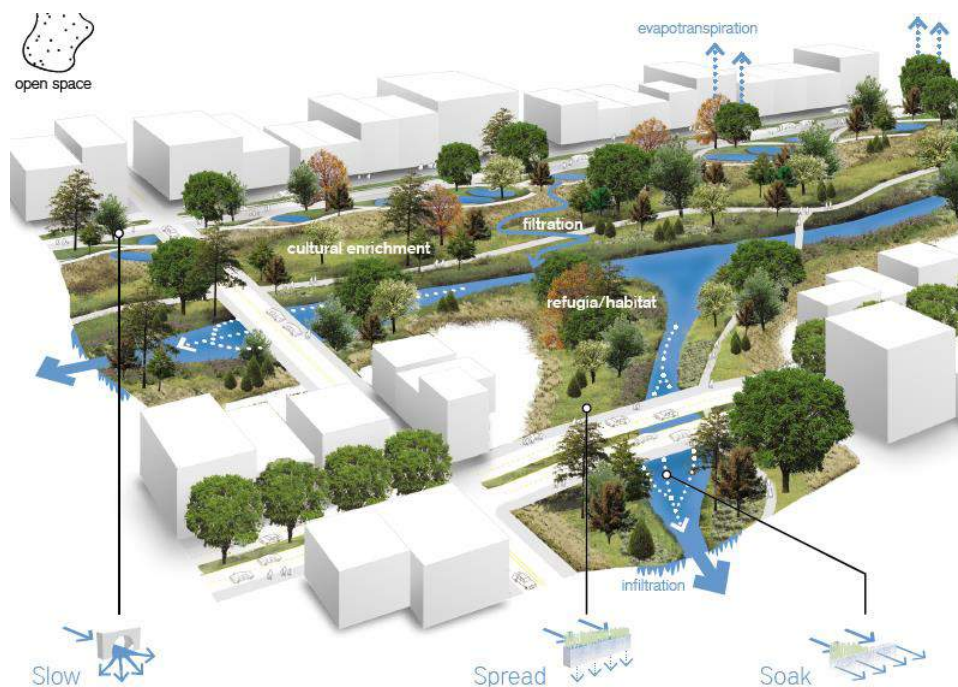
4.1.2 Desenvolvimento De Baixo Impacto (Low Impact Development - LID)

O LID é uma metodologia para suporte ao desenvolvimento urbano elaborado pelo Departamento de Recursos Naturais do Condado de Prince George, no estado de Maryland (PRINCE GEORGE'S COUNTY, 1999), Estados Unidos da América (EUA), região próxima a *Washington District of Columbia*. Dentre seus objetivos, que visam a integração da água pluvial e seu ciclo natural à paisagem urbana (Figura 30), tem-se:

- Diminuir as áreas impermeabilizadas e o uso de tubulações para tornar o ciclo hidrológico mais próximo ao natural;
- Disponibilizar equipamentos de detenção, retenção e infiltração distribuídos uniformemente;
- Implantar programas públicos de educação e incentivo a donos de terras urbanas para o uso de materiais não poluentes e a manutenção das áreas permeáveis em seus lotes.

Na metodologia, há a tendência em proteger o solo e as águas subterrâneas, de modo a manter o ecossistema e seus recursos íntegros, evitando arrastamentos causados por escoamentos superficiais de águas em altas velocidades, principalmente no ambiente urbano (PRINCE GEORGE'S COUNTY, 1999).

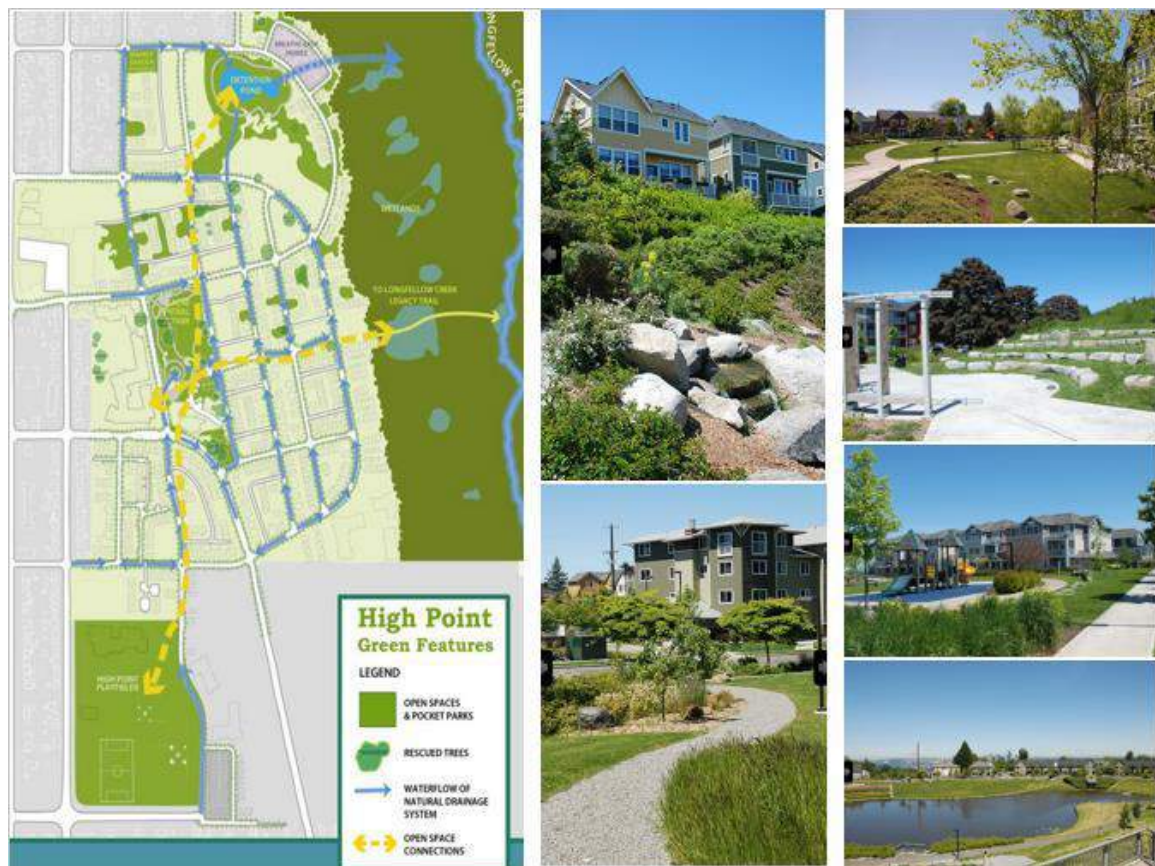
Figura 30 – Caminho natural da água respeitado na abordagem LID.



Fonte: UNIVERSITY OF ARKANSAS COMMUNITY DESIGN CENTER, 2010.

Houve o desenvolvimento da abordagem em diversas cidades norte americanas, principalmente na costa oeste dos EUA e do Canadá. Em Seattle, EUA, o bairro High Point (Figura 31) é um grande exemplo, cuja reurbanização é datada na época entre 2000 e 2010, e não há o uso da drenagem tradicional de águas pluviais. Foram considerados três princípios no planejamento: design de qualidade, engajamento da comunidade e ambiente saudável, no qual foram incentivadas ocupações de famílias de rendas variadas. O local foi tido como o primeiro projeto em grande escala que considerava o desenvolvimento de baixo impacto dentro da área urbana construído no país. No quesito das águas pluviais, apostou-se em manejo totalmente no local, melhorando sua qualidade, protegendo o habitat natural de salmões e imitando, no ambiente construído, a drenagem natural da água. Além disso, há a inclusão da multifuncionalidade dos dispositivos, visto que se espacializam como locais de recreação e convivência dos moradores. Alguns dos sistemas que podem ser encontrados no local são: pavimentos permeáveis/porosos, jardins de chuva, valas gramadas, lagoa de retenção e espaços verdes abertos (BONFIM, 2016; PEREIRA, 2016; CORMIER; PELLEGRINO, 2008; SEATTLE HOUSING AUTHORITY, 2019).

Figura 31 - Bairro High Point, em Seattle, EUA.



Fonte: HIGH POINT, 2015, adaptado por PEREIRA, 2016.

4.1.2.1 Conceitos Fundamentais

A cartilha LID é composta por técnicas e descrições sobre como sua idealização pode ser realizada, visando sua melhor efetividade econômica e sistemática. Apesar de ter o nome manual, em inglês, não explicita como tratar em cada caso de desenvolvimento, ele apresenta as discussões quanto ao sistema alternativo de drenagem pluvial e realiza alguns apontamentos importantes para seu desenvolvimento.

A abordagem possui cinco conceitos que embasam suas escolhas e definições projetuais, que são tidas como premissas do desenvolvimento de baixo impacto (Quadro 1).

Quadro 1 - Conceitos fundamentais do LID.

Uso da hidrologia como estrutura de integração	Utiliza-se do caminho da água e do ciclo hidrológico naturais como principais direcionadores projetuais, sempre considerando o cenário pré-urbanização.
Pensamento de microgestão	Estudo do projeto em menores escalas, visando a solução espraçada, não somente uma grande TC ao final da microbacia.
Controle da água pluvial na fonte	Trabalha com o retorno do ciclo hidrológico e o caminho da água naturais em diversos momentos, prioritariamente no local onde foi alterado, proporcionando menores volumes escoados e menor transporte de poluentes.
Métodos simplistas e não estruturais	Evita a construção de dispositivos artificiais de grande porte quando há a possibilidade de tratamento do volume escoado e de sua qualidade a partir de simples alteração no solo e implantação de vegetação.
Desenvolvimento da multifuncionalidade	Une a funcionalidade física, química e biológica do traçado e dos dispositivos implantados a ganhos econômicos, ambientais, paisagísticos e espaciais, proporcionando integração urbana.

Fonte: PRINCE GEORGE'S COUNTY, 1999; TAVANTI, 2009; PEREIRA, 2016; BONFIM, 2016, elaborado pelo autor, 2019.

Para o desenvolvimento da estratégia, a cartilha é dividida em cinco componentes cíclicos, onde são retomadas, repetidamente, suas intencionalidades, de modo a firmar a importância de cada aspecto analisado, sendo: planejamento local; análise hidrológica; práticas integradas (IMPs); controle de erosão e sedimentação; e divulgação da abordagem. Cada etapa é parte dos capítulos de 4.1.2.2 a 4.1.2.6 deste trabalho.

4.1.2.2 Processo de Planejamento

Visando facilitar a aplicação dos conceitos, a cartilha aponta 11 passos para a execução do LID (Quadro 2), os quais é interessante ao projetista seguir, para que sejam sequencialmente analisados e mais bem desenvolvidos, de modo a seguir os princípios da abordagem. O LID funciona, então, como uma diretriz projetual desde o início do pensamento da urbanização, e possibilita a ida e vinda pelas etapas, conforme a necessidade de cada projeto.

Quadro 2 - Etapas para o desenvolvimento segundo o LID.

Etapa 1: Condições urbanísticas	Identificar zoneamento, uso do solo e normas aplicáveis ao local de desenvolvimento, considerando legislações das diversas esferas políticas (incluindo o PDU).
Etapa 2: Condições naturais	Levantar condições locais de topografia e hidrografia, áreas de preservação ou conservação e análises ambientais (como o Estudo e Relatório de Impacto Ambiental – EIA/RIMA), para viabilizar propostas de criação de áreas protegidas integradas.
Etapa 3: Movimentações de terra	Reduzir áreas com movimentações de terra e retiradas de cobertura vegetal, conservando, assim, as condições mais próximas ao natural.
Etapa 4: Singularidade local	Respeitar as características individuais de cada ambiente e aproveitá-las positivamente (não alterar a topografia local; caminho pré-existente da água; aproveitar paisagens singulares).
Etapa 5: A água no projeto	Utilizar a drenagem pluvial e a hidrologia natural como elementos do projeto - prever locais de escoamento, detenção e absorção, de modo a manter as taxas pré-ocupação, permitindo a definição de espaços multifuncionais (hidrológica, social, paisagística etc.).
Etapa 6: Áreas impermeáveis	Minimizar o total de áreas impermeáveis a partir de: <ul style="list-style-type: none">- Layout de vias alternativo (reduz até 26%);- Estreitamento de vias (reduz até 33%);- Implantação de calçadas somente em um dos lados da rua;- Menor quantidade de acostamentos (reduz até 30%);- Incentivo à verticalização;- Uso de materiais permeáveis.
Etapa 7: Comparação preliminar da hidrologia	Analisar, preliminarmente, se as condições hidrológicas pré-urbanização estão sendo atingidas com as escolhas projetuais.
Etapa 8: Áreas conectadas à rede tradicional de drenagem	Minimizar áreas impermeáveis (pavimentadas ou cobertas) conectadas à rede tradicional de drenagem pluvial desconectando-as, estimulando o escoamento em áreas permeáveis e vegetadas.

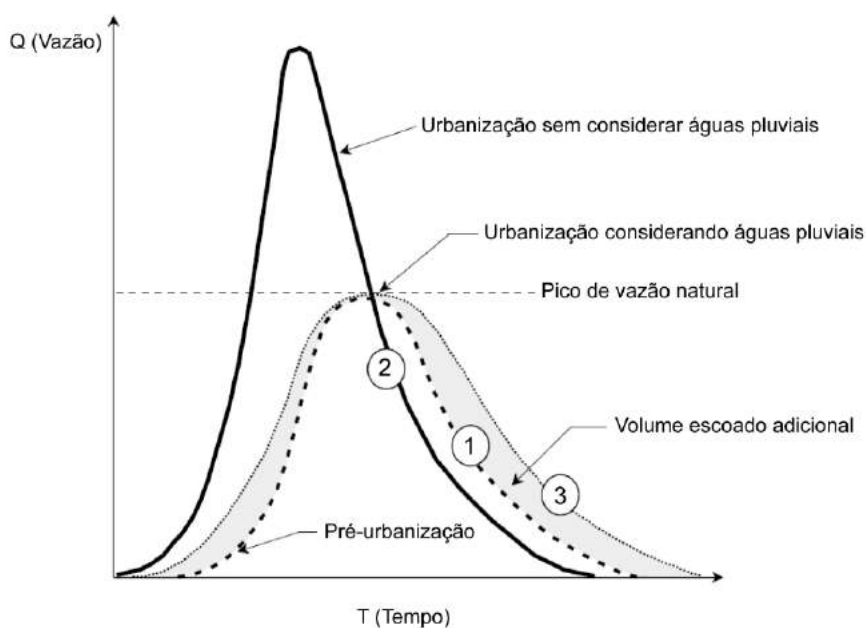
Etapa 9: Caminhos do escoamento	<p>Modificar e aumentar os caminhos de fluxo da água ao:</p> <ul style="list-style-type: none"> - Preservar e criar áreas com coberturas vegetais; - Diminuir declives (máximo 1%); - Alargar áreas de escoamento superficial (menor velocidade e maior infiltração); - Utilizar sistemas de drenagem gramados ou com pedras.
Etapa 10: Comparação final da hidrologia	<p>Comparar, quantitativamente, a hidrologia antes e após o projeto proposto (pode considerar a condição anterior como antes de qualquer ocupação ou atividade humana no local).</p>
Etapa 11: Complementação	<p>Se as condições anteriores não forem atingidas, propor o uso de IMPs, de modo a complementar o sistema. Se, ainda assim, não forem alcançadas, considerar o uso do sistema convencional de drenagem que, devido ao processo, requererá menos dimensões.</p>

Fonte: PRINCE GEORGE'S COUNTY, 1999; TAVANTI, 2009; PEREIRA, 2016; BONFIM, 2016, elaborado pelo autor, 2019.

4.1.2.3 Análise Hidrológica

A cartilha LID (PRINCE GEORGE'S COUNTY, 1999) traz, como referenciais hidrológicos, o comparativo entre as condições pré-urbanização, o sistema tradicional de drenagem de águas pluviais urbanas e abordagens que consideram o as águas pluviais (Figura 32). E trata o escoamento superficial como característica a se considerar na análise da resposta do ambiente à componentes hidrológicos.

Figura 32 – Gráfico sobre respostas hidrológicas de cenários anterior e posteriores a urbanizações.



Fonte: PRINCE GEORGE'S COUNTY, 1999, adaptado pelo autor, 2019.

No cenário 1, tem-se as condições pré-urbanização, com o aumento e a posterior queda da vazão (Q) sobre o tempo (T) suaves, atingindo um patamar intermediário no pico de vazão – vazão máxima. No cenário 2, simula-se uma urbanização sem gerenciamento das águas pluviais, onde há o aumento e queda da vazão sobre o tempo bastante súbitos, devido ao menor tempo de concentração proporcionado pela alta impermeabilização da superfície; bem como atinge-se um pico de vazão maior do que a condição anterior. Já no cenário 3, o desenvolvimento considera as águas pluviais, como o LID, então mantêm-se o pico de vazão pré-urbanização e consegue-se até mais suaves crescimento e queda da vazão sobre o tempo, características significativas na duração e no volume de escoamento.

Quando comparados os focos da drenagem tradicional e da abordagem alternativa (Quadro 3), são encontrados os conceitos fundamentais do LID, ou seja, simulação das condições pré-urbanização de retenção, infiltração e escoamento.

Quadro 3 – Comparação de parâmetros hidrológicos de sistema tradicional e LID.

PARÂMETROS	DRENAGEM TRADICIONAL	LID
<i>Impermeabilização</i>	Aumentada	Reduzida
<i>Vegetação</i>	Reduzida	Aumentada
<i>Tempo de concentração</i>	Reduzido	Controlado
<i>Volume escoado</i>	Muito aumentado	Controlado
<i>Pico de vazão</i>	Controlado até chuva de projeto	Controlado
<i>Frequência do escoamento</i>	Muito aumentada – principalmente para chuvas pequenas e frequentes	Controlada
<i>Duração do escoamento</i>	Aumentada	Controlada
<i>Detenção de água pluvial</i>	Muito reduzida	Controlada
<i>Recarga de lençóis</i>	Reduzida	Controlada
<i>Carga de poluentes</i>	Reduzida somente para eventos menores que a chuva de projeto	Reduzida e controlada para eventos menores que a chuva de projeto
<i>Condição em cursos d'água posteriores</i>	Muito impactada (degradação do curso d'água; sedimentação; redução do fluxo base e da condição de habitat natural)	Controlada
<i>Inundação</i>	Reduzida na estrutura, mas aumentada à jusante	Controlada

Legenda: Todas as apontadas como controlada simulam o cenário natural.

Fonte: PRINCE GEORGE'S COUNTY, 1999, adaptada pelo autor, 2019.

As medidas de controle requerem, principalmente, a redução de áreas impermeáveis e, quando não possível, tentar ao máximo desconectá-las do sistema de drenagem tradicional e fazê-las em áreas sobre solos menos permeáveis. Considerando a localização

do empreendimento, incentiva-se a manutenção do tempo de concentração pré-ocupação, bem como as características naturais locais. Nos estudos, também se estimula a mitigação de áreas impermeáveis com IMPs. Visando a aplicação em projeto, a cartilha aponta passos para o desenvolvimento do estudo hidrológico (Quadro 4).

Quadro 4 - Passos para o desenvolvimento do estudo hidrológico.

Passo 1: Bacia de contribuição	Delimitar a bacia de contribuição e considerar modificações feitas anteriormente, que não seriam naturais;
Passo 2: Chuva de projeto	Determinar a chuva de projeto com a qual se deseja trabalhar;
Passo 3: Modelo de análise	Definir o modelo de análise hidrológica do sistema (HSPF-FORTRAN; SWMM; HEC-1; TR-55/TR-20; ou método racional);
Passo 4: Condições pré-urbanização	Avaliar as características hidrológicas de pré-urbanização;
Passo 5: Condicionantes hidrológicas	Definir os valores máximos das condicionantes hidrológicas;
Passo 6: Condições pós-ocupação com LID	Avaliar as características hidrológicas de pós-ocupação utilizando a abordagem LID;
Passo 7: Condições pós-ocupação com LID + IMPs	Avaliar as características hidrológicas de pós-ocupação utilizando a abordagem LID + IMPs;
Passo 8: Condições pós-ocupação com LID + IMPs + TCs	Avaliar as características hidrológicas de pós-ocupação utilizando a abordagem LID + IMPs + TCs e conexões ao sistema de drenagem tradicional.

Fonte: PRINCE GEORGE'S COUNTY, 1999, adaptada pelo autor, 2019.

4.1.2.4 Técnicas Compensatórias Integradas – Integrated Management Practices (IMPs)

Ao tentar imitar as condições anteriores à atividade humana, o principal mecanismo é a retenção e infiltração da água pluvial na fonte, evitando o acúmulo de grandes volumes a serem escoados. Entretanto, se, após diversas tentativas, a simulação das condições naturais pré-urbanização não for possível, a cartilha prevê o uso de TCs. Ainda assim, quando necessárias, devem ser implantadas de maneira integradora ao meio urbano, por isso são definidas como IMPs (PRINCE GEORGE'S COUNTY, 1999; PEREIRA, 2016).

Dentre os dispositivos citados por Prince George's County (1999), inclui-se biorretenções, poços de infiltração, canais gramados, valas de infiltração, planos vegetados, barris de chuva, cisternas, trincheiras de infiltração e telhado verde, e cada um possui certas funções hidrológicas (Quadro 5) que auxiliam na simulação das condições pré-urbanização.

Quadro 5 – Funções hidrológicas dos dispositivos IMPs na abordagem LID.

Função Hidrológica	Biorretenção	Poço de infiltração	Vala de infiltração	Canal gramado	Barril de chuva	Cisterna	Trincheira de infiltração.
Retenção	+++	-	+++	++	-	-	-
Armazenamento em depressão	+++	-	+++	+++	-	-	++
Infiltração	+++	+++	++	++	-	-	+++
Recarga de lençol	+++	+++	++	++	-	-	+++
Volume escoado	+++	+++	++	++	+	++	+++
Pico de vazão	++	+	+	++	++	++	++
Frequência de escoamento	+++	++	++	++	++	++	++
Qualidade da água	+++	+++	+++	+++	+	+	+++
Fluxo base	++	+++	+++	++	++	-	+
Qualidade do curso d'água	+++	+++	+++	++	-	+	+++

(-): Nenhum; (+): Baixo; (++): Moderado; (+++): Alto.

Fonte: PRINCE GEORGE'S COUNTY, 1999, adaptada pelo autor, 2019.

Para a definição de quais serão utilizados, recomenda-se seguir o passo a passo do Quadro 6 e analisar, principalmente, espaço disponível, condições do solo, presença de declividades, nível de água, proximidade a fundações, profundidade máxima e manutenção.

Quadro 6 - Passos para definição de IMPs a serem utilizadas no empreendimento.

Passo 1: Definir condições hidrológicas naturais e controles necessários	<ul style="list-style-type: none"> - Infiltração; - Frequência de escoamento; - Volume de escoamento; - Recarga de lençóis subterrâneos.
Passo 2: Avaliar condicionantes locais	<ul style="list-style-type: none"> - Espaço disponível; - Características do solo (inclui taxa de infiltração); - Nível do lençol freático; - Declividade do terreno; - Padrão de drenagem natural.
Passo 3: Esquematizar IMPs	<ul style="list-style-type: none"> - Oportunidade de aplicação no terreno; - Condições do terreno (se já construído, impermeabilizado ou outros); - Função de cada IMP; - Limitação de cada IMP.
Passo 4: Avaliar a aplicação de cada IMP	<ul style="list-style-type: none"> - Criar lista de potenciais IMPs (incluir quantidade, dimensão, volume etc.); - Avaliar a hidrologia pós-aplicação da IMP.
Passo 5: Escolher IMP e design	<ul style="list-style-type: none"> - Otimizar a configuração final da IMP escolhida.
Passo 6: Incorporar à drenagem tradicional se necessário	<ul style="list-style-type: none"> - Determinar a necessidade de conexão com a rede tradicional de drenagem; - Identificar operações necessárias à sua implantação; - Calcular tubulações e extravasores.

Fonte: PRINCE GEORGE'S COUNTY, 1999, adaptada pelo autor, 2019.

Quando comparadas às TCs já mencionadas, apesar de algumas possuírem diferentes nomenclaturas, suas funções hidrológicas e espaciais podem ser comparadas:

- Biorretenções - planos de detenção e infiltração;
- Canais gramados – valas de infiltração;
- Barris de chuva (na superfície) e cisternas (enterradas) – reservatórios individuais.

4.1.2.5 Controle de Erosão e Sedimentação

O desenvolvimento LID por si só já visa um melhor controle da erosão e sedimentação, visto que tenta simular ao máximo as condições pré-urbanização, diminuindo a velocidade e volume de água pluvial escoada. A cartilha apresenta 5 passos que visam este controle (Quadro 7).

Quadro 7 - Passos para controle de erosão e sedimentação.

Passo 1: Planejamento segundo características locais	<ul style="list-style-type: none">- Topografia:<ul style="list-style-type: none">• Inclinação: <15%, recomendável <7%;• Comprimento da encosta: se <7% de inclinação, até 92 m de extensão; se <15%, 45 m; >15%, até 23 m);- Caminhos da água:<ul style="list-style-type: none">• Identificar áreas onde a água se concentrará;• Utilizar caminhos pré-definidos pelo escoamento natural e vegetados;- Tipo do solo:<ul style="list-style-type: none">• Erodibilidade: tamanho, granulometria, estrutura e porcentagem de matéria orgânica do solo (silte e areia fina aumentam a erodibilidade, argila e matéria orgânica diminui);• Permeabilidade;• Profundidade do lençol freático e leito de rochas;• Riscos especiais (escorregamentos);- Vegetações naturais:<ul style="list-style-type: none">• Coberturas vegetais protegem a superfície contra o impacto da chuva;• Raízes mantêm o solo no lugar;• Faixas de grama “filtram” sedimentos escoados, diminuem a velocidade de escoamento da água e ajudam a manter a capacidade de infiltração do solo.
Passo 2: Agendamento de operações	<ul style="list-style-type: none">- Minimizar a prática de nivelamento e terraplenagem;- Evitar grandes movimentações de uma só vez;- Expor a terra desvegetada por menor tempo;- Prever plantação ou cobertura temporária das áreas de terra exposta;- Realizar movimentações de terra em estações secas.
Passo 3: Controle de erosão de solo	<ul style="list-style-type: none">- Estabilização do solo;- Controle de escoamento, impedindo que o sedimento seja destacado do solo.
Passo 4: Controle de sedimentos	<ul style="list-style-type: none">- Detenção do fluxo de água (espalhando, represando ou filtrando);- Preservação ou implantação de vegetações e construção de pequenas depressões ou bacias para captura de sedimentos no perímetro da área.
Passo 5: Manutenção	<ul style="list-style-type: none">- Implementar programa de inspeção e manutenção;- Verificações periódicas e completas em todos os períodos do desenvolvimento (antes, durante e depois), indicando necessidades de modificações, reparos, limpezas ou demais operações de manutenção.

Fonte: PRINCE GEORGE'S COUNTY, 1999, adaptada pelo autor, 2019.

4.1.2.6 Divulgação

Por ser uma prática não comum aos empreendedores e até aos agentes públicos fomentadores e reguladores do desenvolvimento urbano, a cartilha prevê a comunicação como uma etapa de enorme importância para o seu estabelecimento. O desenvolvimento do programa de divulgação pública deve ser personalizado para cada perfil e cargo ao qual o público-alvo pertence, seguindo 4 passos (Quadro 8). Assim, possibilita-se o apontamento de benefícios ambientais aos usuários, responsabilidades e até possíveis economias que o empreendimento pode gerar.

Quadro 8 - Passos para a divulgação.

Passo 1: Definir objetivos	Qual a mensagem que deseja transmitir e o alcance (educar; conscientizar; incentivar; vender).
Passo 2: Identificar os públicos-alvo	A quem os materiais são direcionados (compradores potenciais; construtores e gestores de obras; novos donos de propriedades; donos de propriedades existentes; proprietários industriais e comerciais).
Passo 3: Desenvolver materiais específicos para o esse público	O que deve conter, a depender do público-alvo: <ul style="list-style-type: none">• Aspectos para convencimento (proximidade à natureza; sombreamento; incentivos públicos);• Informações específicas sobre manutenções (condições técnicas; restrições);• Práticas de prevenção da poluição;• Programas de educação básica (espécies de vegetações; cuidados);• Manuseio e armazenamento adequado de materiais e resíduos (óleos; lixos; recicláveis; fertilizantes).
Passo 4: Distribuir os materiais de divulgação	Momento da divulgação (reuniões de associações de proprietários; em visitas ao sítio; durante a construção das IMPs; eventos de marketing).

Fonte: PRINCE GEORGE'S COUNTY, 1999, adaptado pelo autor, 2019.

Um exemplo de material a ser distribuído foi um panfleto (Figura 33) desenvolvido pelo autor e sua dupla, Luan Serafim Mendes Gonçalves, direcionado ao corpo técnico do poder público municipal. O documento fez parte da disciplina optativa de Desenvolvimento de Baixo Impacto (LID) e a Gestão de Águas Pluviais, ministrada por Bernardo Arantes do Nascimento Teixeira e Luciana Márcia Gonçalves, no ano de 2019, como parte do Programa de Pós-Graduação em Engenharia Urbana da UFSCar.

Figura 33 – Exemplo de divulgação sobre o LID voltado para corpo técnico do poder público municipal.



ETAPAS DE IMPLANTAÇÃO

- Demonstração de aplicabilidades a novos desenvolvedores;
- Incentivos à aplicação em empreendimentos novos ou de readequação;
- Estimular governanças a tornar obrigatória aplicação da abordagem.

CONCEITO
Abordagem não tradicional de drenagem pluvial urbana, respeitando o ciclo hidrológico natural.

PONTOS POSITIVOS

- Menor possibilidade de enchentes e inundações;
- Preservação da qualidade da água escoada e infiltrada;
- Melhor desenvolvimento ambiental estético e de conforto urbano.

DIFICULDADES

- Estimular empreendedores a utilizar o método;
- Olhar mais complexo na análise projetual.

O QUE OBSERVAR NAS PRANCHAS TÉCNICAS

- Análise das condições hidrologicas anteriores ao empreendimento;
- Observar a localização, os tipos e as características técnicas utilizadas;
- Cálculos da necessidade e volume de armazenamento, infiltração e evaporação da água pluvial;
- Existência de plano de execução do empreendimento;
- Apontamento dos responsáveis pela manutenção e limpeza e periodicidade;
- Existência de um plano de conscientização dos condôminos e responsáveis pela manutenção;

O QUE INCENTIVAR A ABORDAGEM

- Integração da abordagem à convivência pública;
- Desenvolvimento paisagístico da área.

DESENVOLVIMENTO
Luan Serafim Mendes Gonçalves
Rodrigo Augusto Guerra

ORIENTAÇÃO
Bernardo Arantes do Nascimento Teixeira
Luciana Márcia Gonçalves

INSTITUIÇÃO
Programa de Pós-Graduação em Engenharia Urbana - Universidade Federal de São Carlos (UFSCar)

DESENVOLVIMENTO DE BAIXO IMPACTO (LOW IMPACT DEVELOPMENT - LID)



Fonte: Elaborada pelo autor e Luan Gonçalves, 2019.

4.1.3 Desenho Urbano Sensível à água – *Water Sensitive Urban Design (WSUD)*

Outro conceito alternativo é o WSUD, surgido inicialmente na cidade de Perth, Austrália, após problemas urbanos e perda de cerca de 80% dos ecossistemas das regiões alagáveis da cidade, devido a decisões urbanísticas baseadas nos modelos de subúrbios ingleses. Nestes modelos, há a proposição de grandes áreas gramadas, porém que necessitam de irrigação, o que tornou, na cidade, o uso de água para jardinagem e limpeza de quintais e automóveis responsável por até 60% do consumo de água residencial. Após discussões em grupos de pesquisa universitária, departamentos governamentais, reportagens midiáticas e discussões com a sociedade, inclusive em outras regiões da Austrália, como Melbourne e Brisbane, foi nos anos 1990 e 2000 que ocorreram as principais contribuições para a concretização do conceito de desenvolvimento WSUD (FAUSTINO, 2017; DAVISON, 2006).

A metodologia de planejamento possui abordagem similar à do LID, e considera a relação harmoniosa entre gestão, planejamento urbano e ciclo hidrológico nos processos de ocupação e intervenções, utilizando da sensibilidade à água como possível meio de aproveitamento mais eficiente das características naturais (FAUSTINO, 2017).

Os principais impactos causados pela ocupação humana a serem combatidos pelo WSUD são, segundo Melbourne Water (2017):

- Redução dos caminhos naturais da água pluvial;
- Aumento do fluxo de água após a chuva;
- Praias não recomendadas para banho durante 1 a 2 dias após uma chuva forte;
- Mudança nos habitats naturais e na reprodução de golfinhos, ornitorrincos, peixes e demais animais aquáticos;
- Erosão e degradação de cursos d'água.

A abordagem tem maior foco em consequências relacionadas à natureza, sendo demonstrado no Quadro 9 os principais objetivos no desenvolvimento urbano.

Quadro 9 – Principais objetivos do WSUD no desenvolvimento urbano.

Natureza	<ul style="list-style-type: none">- Proteger e aumentar a quantidade de ecossistemas naturais aquáticos - ou que possuam a água como integrante;- Preservar vegetações existentes, inclusive rasteiras;
Meio urbano	<ul style="list-style-type: none">- Incentivar a existência de ecossistemas naturais dentro das áreas urbanas;- Considerar as águas pluviais como participantes do ambiente citadino, incorporando-a de modo a maximizar seu aspecto visual e recreacional;- Prevenir desastres relacionados a enchentes e inundações;- Reduzir a vazão de pico utilizando medidas de retenção e diminuição das áreas impermeáveis;- Diminuir os custos de implantação e manutenção dos sistemas de drenagem urbana;- Utilizar-se da abordagem para benefícios estéticos, espaciais e de conforto urbano;- Reduzir a necessidade de irrigação;- Promover sistemas de irrigação natural.
Água	<ul style="list-style-type: none">- Manter adequado o nível de água de aquíferos e cursos d'água;- Proteger e, onde possível, aumentar a qualidade da água drenada;- Prevenir erosão excessiva nos caminhos da água;- Diminuir o transporte e infiltração de poluição até superfícies distantes e lençóis freáticos;- Diminuir o impacto da poluição provinda do esgoto;- Reduzir o consumo de água potável;- Promover o uso da água pluvial;- Promover o uso e a reciclagem da água de cursos d'água;

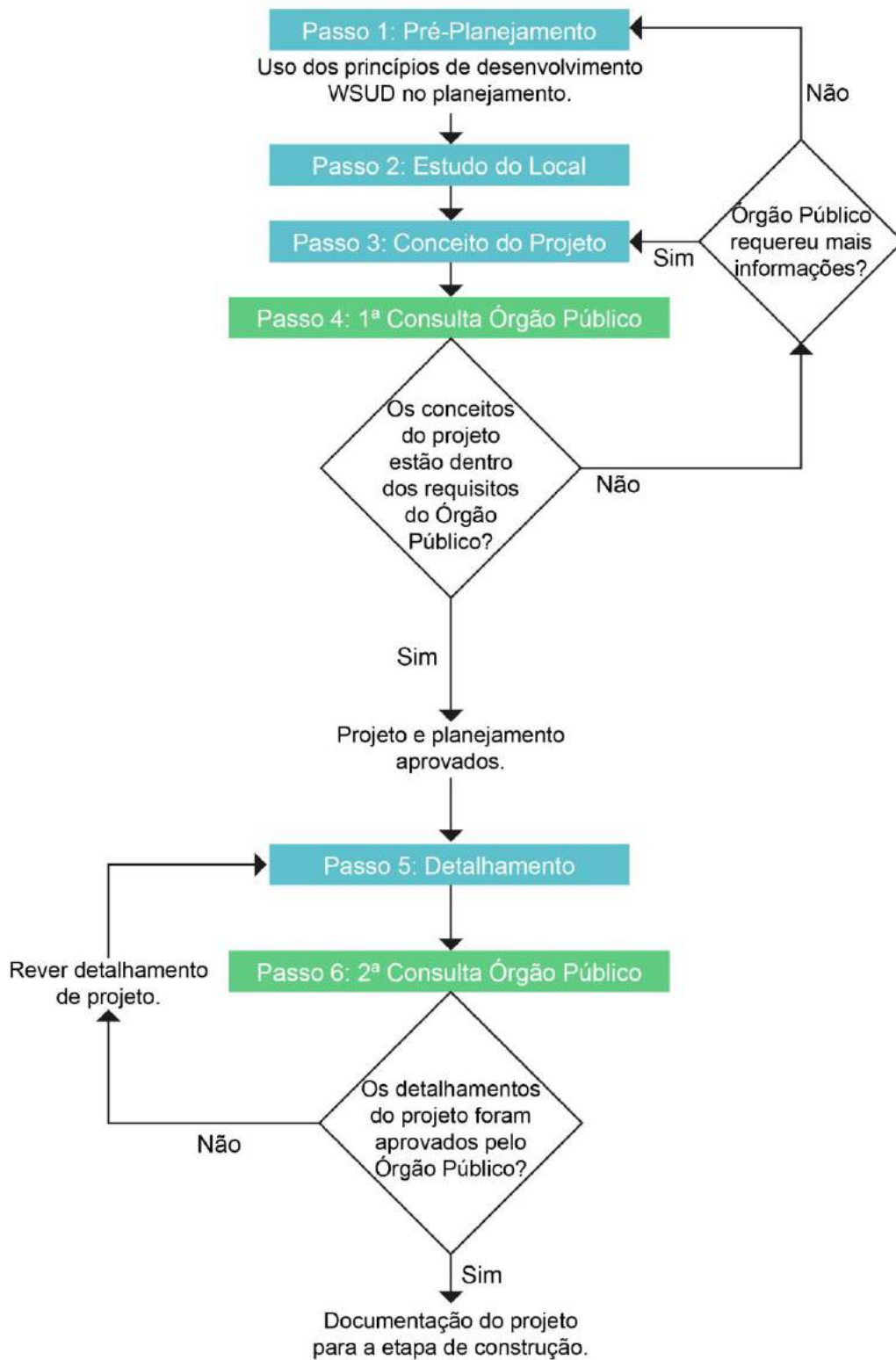
Fonte: VICTORIA STORMWATER COMMITTEE, 1999; LLOYD, 2001, elaborado pelo autor, 2019.

As diretrizes de desenvolvimento através do WSUD são divididas em duas grandes etapas, a de planejamento e projeto, e a de construção e manutenção (MELBOURNE WATER, 2013).

4.1.3.1 Planejamento e Projeto

Esta etapa é subdividida em seis passos, que são recomendados para que torne o processo mais dinâmico e não haja dificuldade na aprovação perante o Órgão Público responsável pela análise e aprovação de projetos, e, dependendo das respostas obtidas, deve-se retornar a passos anteriores (Figura 34).

Figura 34 - Fluxograma da etapa de planejamento e projeto, utilizando WSUD.



Fonte: MELBOURNE WATER, 2013, adaptado pelo autor, 2019.

Dentro de cada passo, há certos aspectos que devem ser considerados e ações a serem tomadas, apresentados discursivamente no documento de diretrizes projetuais da abordagem. Para facilitar o entendimento do que deve ser feito em cada um deles, de maneira concisa, desenvolveu-se o Quadro 10.

Quadro 10 - Passos da etapa de planejamento e projeto, utilizando WSUD.

<p>Passo 1: Pré-Planejamento</p>	<ul style="list-style-type: none"> - Reunião de planejamento (participação de um representante do órgão público): <ul style="list-style-type: none"> • Estratégias e objetivos do projeto; • Características locais e legislações existentes; • Analisar possíveis problemas e restrições; <ul style="list-style-type: none"> - Estudo preliminar: • Localização; • Tipo de empreendimento (residência, industrial...); • Área, número de lotes e densidade demográfica; • Sistemas de drenagem pluvial pré-existentes; • Propostas relacionadas ao WSUD; • Possíveis restrições quanto ao terreno; • Considerações ambientais, culturais e patrimoniais; <ul style="list-style-type: none"> - Definição das estratégias e objetivos segundo o WSUD, onde e quando aplicá-las: • Reduzir o escoamento superficial e as áreas de inundação; • Reduzir as áreas conectadas ao sistema tradicional de drenagem pluvial; • Escolher metas para tratamento da água pluvial; • Conservar a qualidade da água; • Manter escoamento natural local; • Melhorar a paisagem e o meio ambiente local; • Apontar benefícios para a comunidade; • Outros pontos específicos requisitados pelo órgão público; <ul style="list-style-type: none"> - Preferências do grupo quanto aos sistemas do WSUD: • Tipo de dispositivo (segundo uso e ocupação, requisitos de uso, tamanho da área de contribuição, topografia e disponibilidade de terra); • Disposição dos dispositivos (distribuídos ou somente um ao final da microbacia); <ul style="list-style-type: none"> - Considerações quanto a design: • Rever restrições do terreno; • Modo de integração entre WSUD e sistema tradicional de drenagem pluvial; • Legislações ambientais, urbanísticas e construtivas que atinjam o local e o empreendimento; <ul style="list-style-type: none"> - Considerações quanto à construção, operação e manutenção: • Requisitos e princípios que dever ser seguidos; • Legislações e normas.
<p>Passo 2: Estudo do Local</p>	<ul style="list-style-type: none"> - Possível localização, disposição e dimensão disponíveis para o WSUD; - Informações topográfica locais e do entorno; - Infraestruturas pré-existentes; - Características geotécnicas; - Características culturais, patrimoniais e ambientais locais; - Restrições urbanísticas; - Condições climáticas; - Cursos d'água e fluxos naturais; - Proposta de integração entre sistema de drenagem e WSUD; - Condições de vulnerabilidade ecológica e de cursos d'água.
<p>Passo 3:</p>	<ul style="list-style-type: none"> - Múltiplos benefícios do WSUD;

Conceito do Projeto	<ul style="list-style-type: none"> - Minimização de inundações; - Proteção e melhora das condições do meio ambiente; - Preocupações culturais e patrimoniais; - Impactos da mudança climática; - Oportunidades para a comunidade local; - Considerações preliminares quanto à construção e manutenção; - Captação e tratamento de águas pluviais (cálculos e técnicas).
Passo 4: 1ª Consulta ao Órgão Público Responsável	<ul style="list-style-type: none"> - Apresentar o conceito do projeto ao órgão público responsável: <ul style="list-style-type: none"> • Requisitos e intenções do empreendimento; • Prancha de conceito; • Mapas e plantas mostrando área de drenagem, entorno e informações quanto a captação de águas pluviais; • Requisitos quanto a futuras manutenções; • Tipos e dimensões dos dispositivos de captação e tratamento utilizados; • Preservação da qualidade da água; • Informações pluviométricas e tempo de retorno utilizados; • Adequação quanto aos requisitos urbanísticos, ambientais e construtivos; • Apontar sistemas de drenagem e manejo de águas pluviais, áreas abertas e áreas públicas.
Passo 5: Detalhamento de projeto	<ul style="list-style-type: none"> - Detalhamento de projeto em cima do conceito aprovado pelo órgão público; - Projeto de segurança do usuário: <ul style="list-style-type: none"> • Acesso ao local para construção e manutenção (pessoas e veículos); • Segurança do trabalhador durante a construção; • Acesso público; • Sinalização de identificação de riscos aos usuários (por exemplo, poço profundo, água reciclada...); • Requisitos para água parada sem cobertura; • Manutenção; • Riscos do uso da água reciclada; • Profundidade e velocidade de escoamento da água; • Localização de postos de serviço; - Projeto de paisagismo com o tipo de vegetação escolhida (segundo o dispositivo WSUD, requisitos urbanísticos, meio ambiente local; prevenção de erosão e fácil manutenção); - Requisitos quanto a etapa de construção: <ul style="list-style-type: none"> • Plantio da vegetação e melhor época; • Detalhamento do canteiro de obras; • Acesso ao terreno mais recomendado para pessoas ou veículos; • Medidas de proteção; • Áreas de movimentações de terra (corte ou aterro); • Responsabilidade por defeitos na execução; - Requisitos quanto a etapa de manutenção: <ul style="list-style-type: none"> • Plano de manutenção preliminar (responsabilidades, requisitos, áreas e custos aproximados); • Acordos com empresas especializadas, responsáveis e frequência; • Acessos para manutenção (pessoas e veículos).
Passo 6: 2ª Consulta ao Órgão Público Responsável	<ul style="list-style-type: none"> - Apresentar o detalhamento de projeto ao órgão público responsável: <ul style="list-style-type: none"> • Relatório de projeto (todo sistema de drenagem, qualidade e conservação das águas pluviais); • Detalhamento de projeto (conceito do projeto, parâmetros utilizados, adequação aos requisitos públicos e informações sobre drenagem, mitigação de inundações, espaço e segurança pública); • Plano de gestão da obra (etapas e requisitos); • Enviar arquivos digitais no sistema online do órgão; • Plano de gestão da manutenção;

-
- Análise preliminar de custo de ciclo de vida.

Fonte: MELBOURNE WATER, 2013, adaptado pelo autor, 2019.

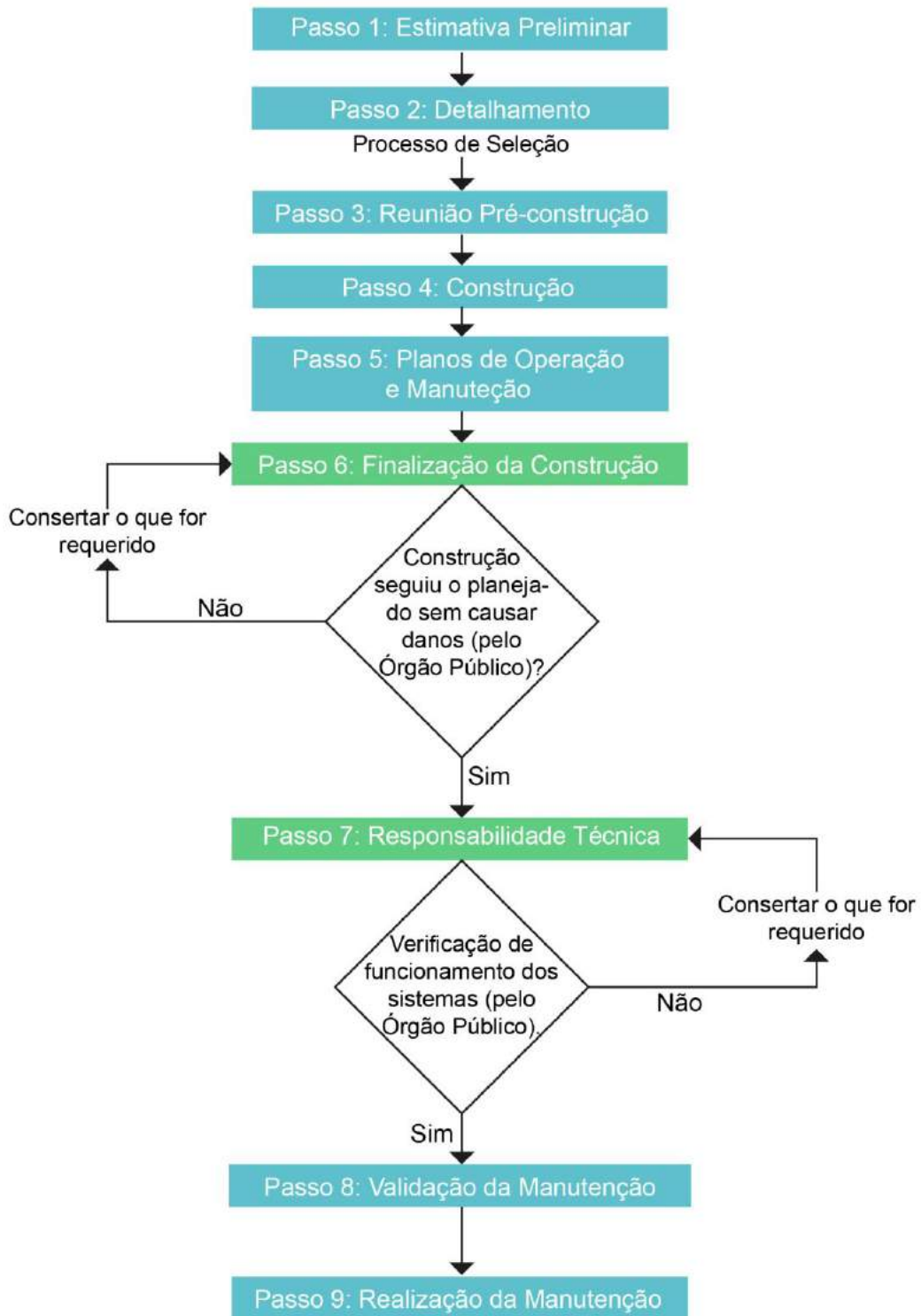
Assim como no LID, é previsto o uso de dispositivos para a reprodução das características naturais de escoamento pluvial, sendo apresentados em quadros apontando aplicabilidades e funções hidrológicas. Entretanto, devido às similaridades em relação às TCs, podem ser feitas as seguintes associações:

- Bacias de sedimentação e bacias molhadas – 4.1.1.1 Bacias de Detenção (secas) e Retenção/Infiltração (molhadas) (p. 31);
- Valas verdes e jardins de chuva – 4.1.1.3 Valas, Valetas e Planos de Detenção e Infiltração (p. 38);
- Tanques de água pluvial – 4.1.1.7 Reservatórios Individuais (p. 56).

4.1.3.2 Construção e Manutenção

Assim como a etapa anterior, esta também é subdividida em passos, visando a dinamicidade entre planejamento, execução e inspeções pelo Órgão Público, porém são nove passos (Figura 35).

Figura 35 - Fluxograma da etapa de construção e manutenção.



Fonte: MELBOURNE WATER, 2013, adaptado pelo autor, 2019.

A sequência de passos possui menos retornos a passos anteriores, quando comparada à da primeira etapa, porém as revisões também são realizadas pelo Órgão Público e, para finalização legal, é preciso que a execução esteja de acordo com os requisitos públicos. Para melhor entender o que é exigido em cada passo, desenvolveu-se o Quadro 11.

Quadro 11 - Passos da etapa de construção e manutenção, utilizando WSUD.

Passo 1: Estimativa preliminar	- Estimar custos de operação e manutenção.
Passo 2: Detalhamento	- Informações específicas quanto ao projeto (detalhamentos construtivos e da manutenção; equipes de trabalho; especificações; plano de gestão ambiental e de tráfego).
Passo 3: Reunião pré-construção	- Apresentar do projeto (possíveis comercializações) e confirmar questões técnicas.
Passo 4: Construção	- Seguir conforme o projeto construtivo aprovado; - Proteger locais que não se deseja destruir (vegetações; cursos d'água; infraestruturas; TCs); - Prevenir sedimentação de materiais construtivos (conexão ao sistema existente de drenagem e instalação de mecanismos temporários de contenção); - Validar o terreno preparado para o desenvolvimento da obra e os materiais construtivos.
Passo 5: Planos de operação e manutenção	- Desenvolver os planos de operação e manutenção conforme aprovado (localização; responsáveis e responsabilidades; requisitos técnicos e materiais; frequência de operação).
Passo 6: Finalização da construção	- Inspeção da construção pelo Órgão Público (se como o planejado e aprovado; existência de algum dano a ser consertado).
Passo 7: Responsabilidade Técnica	- Checagem dos sistemas pelo Órgão Público (funcionamento adequado; existência de algum dano a ser consertado; responsabilidades técnicas existentes e período de carência quanto à defeitos);
Passo 8: Validação da manutenção	- Reunião com moradores e representantes públicos e privados (apontamento do proprietário de cada área, responsáveis e responsabilidades envolvidas; necessidades de treinamentos); - Entregar, aos moradores e responsáveis, os planos de operação e manutenção desenvolvidos.
Passo 9: Realização da manutenção	- Aplicar o planejado e manter em funcionamento o sistema de manutenção; - Monitorar se vem sendo executado como planejado e se houve algum evento não previsto; - Atualizar, sempre que necessário, o custo do ciclo de vida; - Educar e conscientizar, continuamente, quanto aos sistemas implantados;

Fonte: MELBOURNE WATER, 2013, adaptado pelo autor, 2019.

4.1.4 Conclusão Abordagens

Ao realizar a comparação entre TC, LID e WSUD, chegou-se a conclusões quanto a suas definições, ainda que preliminares, de que os três exemplos são bastante complementares quando se imagina um desenvolvimento urbano onde são consideradas as águas pluviais. As TCs são tidas como exemplificações práticas de dispositivos que podem ser utilizados no desenho urbano, variando de acordo com as necessidades e a disponibilidade espacial; entretanto, não devem ser tratadas como único método de aplicação, mas como uma possibilidade para implantação dentro das abordagens que já consideram o caminho da água e sua infiltração no decorrer do escoamento. A seguir, o LID trata da contextualização e conceituação da abordagem, de modo em que são definidas as relações entre desenvolvimento urbano e hidrologia, ou seja, frisa a necessidade de serem abordadas no planejamento urbano, porém com detalhes bastante repetitivos. Então é apresentado o WSUD, como abordagem que auxilia municípios e os diversos atores a como realizar abordagens alternativas na produção urbana, de modo em que são definidas etapas a serem seguidas, apontamentos relevantes em cada uma delas e definição de responsáveis e responsabilidades para que os resultados sejam passíveis de realização; há também maior preocupação com a disponibilidade de espaço para construção, até apontamentos quanto a manutenção dos sistemas.

Quando se comparam contextos de países de origem, o LID, por considerar espaços livres maiores, acaba sendo mais voltado para subúrbios americanos, detentores de grandes áreas gramadas e que são mais acessíveis para automóveis, tanto que cogita a diminuição de espaços para pedestres, ação esta que iria contra a ideia de urbanistas defensores da caminhabilidade. No contexto brasileiro é verificada menor disponibilidade de terras para aplicação de abordagens alternativas tanto em áreas urbanizáveis - onde empreendedores imobiliários e loteadores preferem a concentração habitacional visando a maximização do aproveitamento da terra para construção - quanto em áreas edificadas - em que a disponibilidade de espaços livres está sujeita, majoritariamente, a áreas públicas e lotes não edificados (lotes cujas áreas construídas não atingem o mínimo exigido na legislação urbana).

A multifuncionalidade apresentada pela metodologia LID é um ponto-chave para aplicação nas cidades brasileiras. As exemplificações práticas, auxiliadas pelas experiências do G-HIDRO, demonstram a aplicabilidade e real possibilidade de implantação em cidades brasileiras, além de que foram encontrados valores de porcentagem de área impermeabilizada e área da TC interessantes, visto que estão próximos a valores de

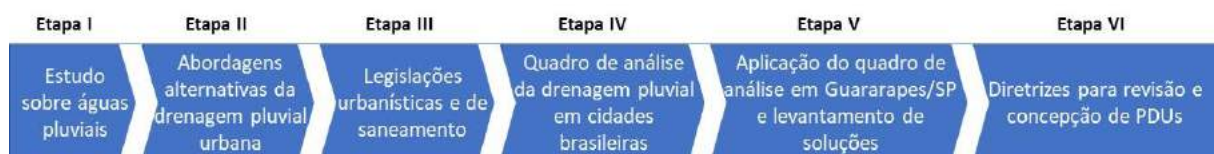
permeabilidade aplicados por PDUs de municípios no Brasil. O WSUD demonstrou a também aplicabilidade e obrigatoriedade referente a desenvolvimentos urbanos, e a divisão de responsabilidades se apresenta como passível de ser implantada no contexto brasileiro, sendo necessário adaptações do ponto de vista econômico, social e de regramento do uso e ocupação do solo, visto que também existem tramitações entre construtora, dono do lote e órgão público responsável.

5. MATERIAIS E MÉTODOS

As fases previstas para a realização da pesquisa foram divididas em cinco grandes etapas (Figura 36), as quais foram encaminhadas ordenadamente para sua realização em partes complementares:

- A partir da aproximação à temática de águas pluviais urbanas (Etapa I);
- Do conhecimento de forma mais detalhada das questões particulares às abordagens alternativas de drenagem pluvial urbana (Etapa II);
- Do estudo das legislações urbanísticas e de saneamento que abordam a drenagem pluvial urbana, por tratar-se de espaços citadinos (Etapa III);
- Uma vez identificadas as características das abordagens e informações quanto a legislações, o desenvolvimento de quadro de itens a serem analisados, para aplicação em cidades de pequeno e médio portes (Etapa IV);
- Aplicação do quadro de análise no estudo de caso de Guararapes/SP, desenvolvendo, então, diretrizes gerais para resolução dos problemas encontrados (Etapa V);
- Elaboração de diretrizes para a concepção e revisão de PDUs (Etapa VI).

Figura 36 - Etapas da metodologia.



Fonte: Elaborada pelo autor, 2020.

Na Etapa I, foi abordado o levantamento bibliográfico de livros, artigos e publicações sobre a temática de águas pluviais urbanas e modelos de drenagem tradicionais e alternativos.

A Etapa II foi de aprofundamento das abordagens alternativas das drenagens pluviais urbanas, de modo a compreender possíveis aplicações no território urbano, a partir de suas características e necessidades, tratadas em bibliografias específicas e trabalhos acadêmicos do G-HIDRO, da UFSCar.

Os trabalhos pertencentes ao G-HIDRO foram de grande ajuda para a compreensão da aplicabilidade em escala real, visto a existência de TCs implantadas no campus da UFSCar de São Carlos/SP. Como resultado deste estudo, houve o desenvolvimento de um artigo (Anexo 1) ainda em análise pela Revista Ambiente & Sociedade.

Como resultado da discussão da relação existente entre abordagens sustentáveis da drenagem pluvial urbana e o planejamento citadino, foi desenvolvido um artigo submetido ao IV SIPPEDES 2020 (Anexo 2; GUERRA; GONÇALVES, 2019).

A Etapa III foi caracterizada pela imersão no contexto atual, a partir da compreensão das necessidades mundiais apontadas pela ONU como relacionadas ao desenvolvimento mundial. No cenário brasileiro, foram analisadas legislações urbanísticas e de saneamento nos âmbitos federais e do estado de São Paulo.

Na Etapa IV, utilizando-se das análises e estudos realizados sobre abordagens alternativas da drenagem pluvial urbana – as quais apontam a necessidade de serem prelevadas características naturais pré-urbanização, mantendo-se o solo permeável e com retenções pluviais que utilizam-se de elementos da natureza – e legislações vigentes nos contextos globais, federais e do estado de São Paulo, foi desenvolvido o Quadro 12, contendo análises a serem realizadas em cidades brasileiras, principalmente de pequeno porte e paulistas, de modo a possibilitar o desenvolvimento de diretrizes gerais que visem soluções aplicadas para o manejo sustentável de águas pluviais urbanas.

As fases foram divididas seguindo momentos de análise, nos quais:

- Preliminar – período de conhecimento do estudo de caso;
- Inicial – maiores especificidades de dados;
- Intermediária – análise do problema de manejo pluvial, e;
- Final – direcionamento, a partir de diretrizes gerais.

Visando maior facilidade de enquadramento dos dados e até futura apresentação dos dados, foi incluída a coluna abordagem, na qual são determinadas as áreas de estudo de cada análise – algumas abordagens se repetem em mais de uma fase, pois pode tratar de assuntos da mesma área, porém com níveis de aprofundamento diferentes. A coluna aspecto resume, em uma frase curta, as análises realizadas e descritas na coluna seguinte. A coluna forma de apresentação aponta os meios de apresentação da análise, como:

- Textos – descrições e apresentação de dados pontuais;
- Mapas – visualizar relações espaciais;
- Gráficos, tabelas e quadros – comparação ou acompanhamento de dados;
- Figuras – visualização de características descritas.

Quadro 12 - Etapas para o desenvolvimento de diretrizes gerais para o manejo sustentável de águas pluviais urbanas.

Fase	Abordagem	Aspecto	Descrição	Forma de apresentação
Preliminar	Urbanística	Caracterização do município	Localização da cidade no Brasil, em seu estado e região geográfica; O município na região; População atual e projeções; Condicionantes econômicas.	Mapas; Textos.
	Ambiental (dados)	Clima e hidrologia	Características hidrológicas e climatológicas locais (dados e gráficos mensais, com valores mínimos, máximos e médios).	Gráficos, tabelas ou quadros; Textos.
		Histórico de eventos hidrológicos	Dados sobre eventos hidrológicos já ocorridos nos últimos 4 anos (duração, precipitação acumulada e principais consequências); Locais atingidos por enchentes, inundações	Mapas; Figuras; Textos.

			ou alagamentos.	
Inicial	Urbanística	Crescimento urbano	Histórico de crescimento urbano (áreas históricas, novas e em ocupação); Zonas de expansão urbana previstas no PDU vigente.	Mapas; Textos.
	Social	Condicionantes sociais	Principais locais habitados por populações vulneráveis social e economicamente; Locais previstos como áreas para ocupação por programas sociais de acesso à moradia.	Mapas; Textos.
	Ambiental (dados)	Bacia Hidrográfica	Bacia hidrográfica a qual pertence; Cursos d'água urbanos (canalizados, tamponados e naturais) e direção de seus fluxos.	Mapas; Textos.
	Legislativa	Legislação vigente	Legislações vigentes (urbanísticas, sanitárias, ambientais, dentre outras) que abordem as águas pluviais urbanas;	Gráficos, tabelas ou quadros; Textos.
	Ambiental (análises)	Características físicas	Curvas de nível; Pontos de possível alagamento, enchente ou inundação; Grandes áreas permeabilizadas ou impermeabilizadas; Modelos de lote-padrão por regiões morfológicas.	Mapas; Textos.
	Sanitária	Drenagem pluvial urbana	Tipo de drenagem utilizada para águas pluviais; Existência de dispositivos compensatórios ou de	Mapas; Figuras; Textos.

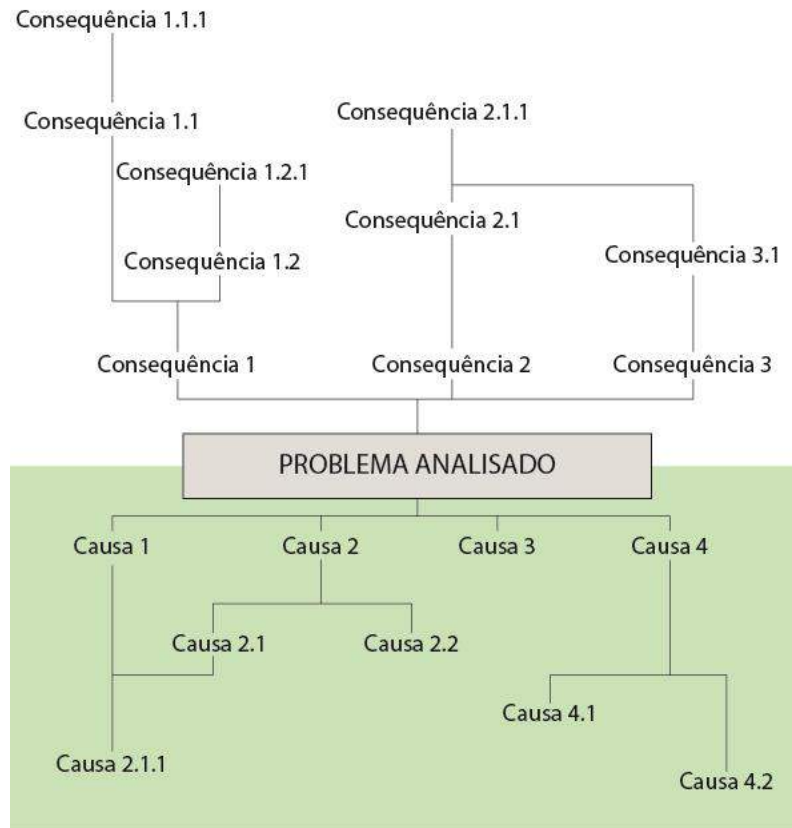
			drenagem alternativa.	
Intermediária	Geral	Árvore de problemas	Desenvolvimento da árvore de problemas, tendo como centro casos de enchentes, inundações e alagamentos; Caso não haja eventos do tipo, prever quais seriam as possíveis consequências e causas, caso haja no futuro (mitigar).	Figuras; Textos.
Final	Geral	Levantamento de soluções	Apontamento de diretrizes gerais para a solução dos problemas a partir das raízes de problemas encontrados na árvore de problemas.	Mapas; Figuras; Gráficos, tabelas ou quadros; Textos.

Fonte: Elaborado pelo autor, 2020.

Vale lembrar que a sequência do quadro acima tem como fundamento a ordenação de estudos básicos, na fase preliminar, até estudos mais detalhados, na fase final. Porém, a ordem utilizada para a apresentação dos dados é diferente, pois abordagens de diferentes etapas são complementares, fazendo mais sentido quando colocadas seguidamente. Esta ordem varia, inevitavelmente, de acordo com a forma de apresentação do autor e particularidades encontradas em cada contexto.

A metodologia da árvore de problemas, apontada como parte da etapa intermediária do quadro, visa encontrar as raízes (causas) e as ramificações superiores ou copas (consequências) quando se trata do assunto central – no caso, enchentes, alagamentos e inundações urbanas – e assim, esmiuçá-las, possibilitando uma compreensão mais específica do contexto analisado e até de possíveis pontos de desenvolvimento para evitar a continuidade do problema (OLIVEIRA; ZILBOVICIUS; TARCIA, 2015 apud SOUZA, 2010; CORAL et al., 2009; ORIBE, 2012). Um exemplo de esquema a partir da metodologia pode ser visto na Figura 37, que trata do problema central e, a partir dele, traça consequências na parte superior (copa) e causas na parte inferior (raízes), podendo ocorrer cruzamentos e ramificações correlatas.

Figura 37 – Representativa árvore de problemas, exemplo conceitual.



Fonte: Elaborada pelo autor, 2020.

Na Etapa V, visando demonstrar a aplicabilidade do Quadro 12 desenvolvido, para levantamento das possíveis soluções de problemas relacionados ao manejo de águas pluviais urbanos, este foi aplicado à cidade de Guararapes/SP. A cidade apresenta um cenário comum em cidades brasileiras de pequeno porte, cujos PDUs foram realizados no período próximo ao ano de 2006 e ainda não foram revisados. Realizou-se o estudo de sua localidade, características pluviométricas e questões relacionadas à drenagem pluvial urbana, conforme estabelecido na Etapa IV, possibilitando o levantamento de diretrizes gerais a serem aplicadas à cidade.

Na Etapa VI, a partir das possíveis soluções levantadas no estudo de caso de Guararapes, foram propostos conteúdos obrigatórios para a concepção e revisão de PDUs e planos de manejo pluvial em cidades de pequeno e médio portes. Tendo como base o funcionamento do quadro elaborado, em conjunto com a árvore de problemas, desenvolveu-se diretrizes sobre drenagem pluvial que deve ser tratada no planejamento urbano, podendo ser estendidas a outras cidades brasileiras de pequeno e médio portes.

6. RESULTADOS

Como resultado da pesquisa, foram incluídos análise das legislações que relacionam águas pluviais e planejamento urbano e o estudo de caso. Em sua primeira parte, são estudados os atuais cenários legislativos e recomendáveis em três âmbitos: internacional; brasileiro; e do estado de São Paulo. A partir do estudo, são realizadas análises críticas a possíveis alterações, de modo que sejam consideradas as questões relativas às abordagens alternativas do manejo de águas pluviais. A análise de leis, nos diversos níveis que atingem o município, faz parte da Etapa III do trabalho, e considera-se como parte da fase inicial do Quadro 12, na abordagem legislativa.

O estudo de caso é realizado na cidade de Guararapes/SP, representando cidades brasileiras de pequeno porte, devido a suas características comuns em cidades deste porte existentes por todo território brasileiro. Seu PDU foi desenvolvido há mais de 20 anos, e não foram realizadas revisões; e enchentes, inundações e alagamentos ainda não geraram preocupações suficientes para seus gestores tornarem a discussão como de interesse público, de modo a retornar benefícios para os munícipes. O estudo de caso entra como parte da Etapa V, e segue as características apontadas no quadro de análises – Etapa IV, incluindo árvore de problemas – servindo como auxiliador para o desenvolvimento de diretrizes gerais quanto à drenagem sustentável de águas pluviais urbanas, incluindo para aqueles que desejam realizar a mesma abordagem em cidades de contextos diferentes.

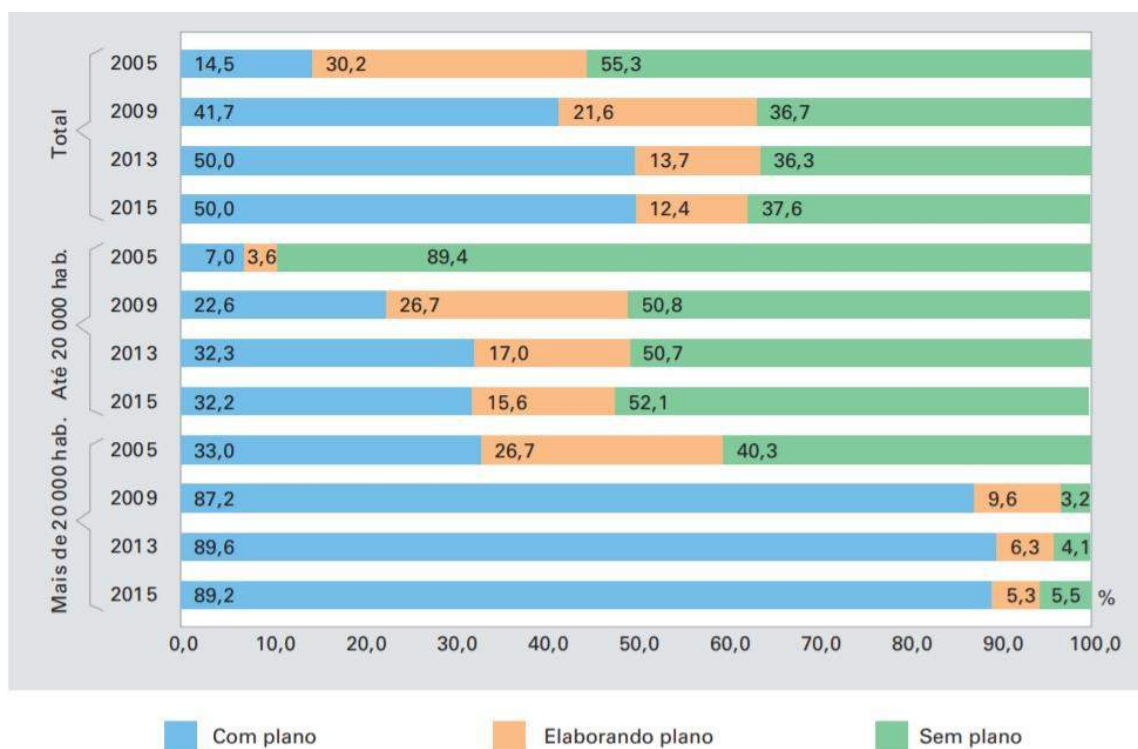
6.1 ÁGUAS PLUVIAIS E PLANEJAMENTO URBANO

No Brasil, não existem regulamentações para o uso das abordagens alternativas, porém o antigo Ministério das Cidades estimulava a utilização do LID no desenvolvimento urbano, através do Programa Drenagem Urbana Sustentável (BRASIL, 2006). Ainda assim, a maior parte dos municípios brasileiros carece de planos específicos, como o Plano Diretor de Drenagem Urbana (PDDU), desvinculando as obras municipais de ações pré-planejadas. Em 2008, 78,6% dos municípios brasileiros tinha serviços de drenagem urbana, sendo que em municípios de até 20 mil habitantes essa porcentagem cai para 74,7%, e chega a 100% em municípios com mais de 300 mil habitantes (IBGE, 2011a). Entretanto, o mesmo estudo aponta que somente 12,7% dos municípios declararam ter algum dispositivo coletivo de retenção e amortecimento da vazão das águas pluviais urbanas. A pesquisa também apontou a criação de PDUs como um passo ao melhoramento dos aspectos preventivos de

enchentes e inundações e melhorias no desenho urbano a partir da ótica da drenagem, de modo que deveriam ser considerados aspectos hidrológicos locais e definidos dimensionamentos e soluções alternativas para ocupação do solo.

Ao atribuir-se ao PDU a recomendação e defesa do uso do manejo sustentável das águas urbanas, reforçam-se as motivações para a realização e revisão periódica dos PDUS, já que trata do gerenciamento dos espaços urbanos, porém, quase metade dos municípios brasileiros não possuía PDUs até 2016 (Gráfico 1). Porém, se forem considerados como aprovados os que, à época, estavam em aprovação, calcula-se que aproximadamente 40% dos municípios ainda não o possuam.

Gráfico 1 - Percentual de municípios, total, com até 20.000 e com mais de 20.000 habitantes, por situação do PDU – Brasil – 2005/2015.



Fonte: IBGE, 2016.

Quando realizada, a abordagem das águas pluviais no PDUs é, em sua maioria, extremamente superficial, bem como a de diversos outros setores relacionados ao desenvolvimento urbano, tornando visível a falta de instrumentos urbanísticos para o controle ambiental e especialmente da drenagem no planejamento das cidades (CRUZ; SOUZA; TUCCI, 2007). Para o desenvolvimento do Plano Diretor de Águas Pluviais (PDAP),

deve existir articulação entre este o PDU, ou seja, é preciso que existam instrumentos descritos que direcionem o plano complementar.

A elaboração e a atualização de um PDAP estão diretamente relacionadas ao grau de precisão e à disponibilidade de informações na região, como cadastros, cartas topográficas, fotos aéreas, características das bacias hidrográficas, dados hidrológicos, geológicos, legislação de uso do solo, sistemas de esgotamento sanitário e resíduos sólidos, dentre outras. O desenvolvimento de um PDAP deve concentrar esforços na proposição adequada de medidas de controle não-estrutural e estrutural. A implementação destas medidas, definidas pelo plano, devem estar legalizadas através de decretos ou instrumentos legais vinculados ao PDU (CRUZ; SOUZA; TUCCI, 2007, p. 5).

Alguns exemplos de cidades brasileiras que implantaram iniciativas de compensação quanto a áreas impermeabilizadas ou incentivos ao uso de águas pluviais, segundo CRUZ; SOUZA; TUCCI (2007) foram:

- **Belo Horizonte/MG (1996):** PDU permite a impermeabilização total de um lote se compensada através da implantação de reservatórios na proporção de 30 litros por m² de área impermeabilizada;
- **Niterói/RJ (1997):** Lei limita a 90% a área impermeabilizada de lotes residenciais na zona urbana - dispensada em edificações que acumulem e/ou aproveitem as águas pluviais;
- **Porto Alegre/RS (1999 e 2006):** PDU obriga o controle das vazões excedentes à condição pré-ocupação; aplicação do princípio poluidor-pagador para a drenagem urbana - taxa pelo volume lançado no sistema de drenagem pluvial (**Santo André/SP** também utilizou a abordagem);
- **Guarulhos/SP (2000):** Código de Obras obriga o uso de reservatórios de retenção de águas pluviais em imóveis com área maior que 1 hectare - possibilita o reuso desta água para jardins, lavagem de calçadas e fins industriais adequados;
- **São Paulo/SP (2001 e 2002):** Políticas públicas para aumentar a permeabilidade do solo urbano através da destinação de espaços urbanos para reservatórios de águas pluviais; obrigatoriedade da manutenção de 15% da área de lotes como permeável; aumento da infiltração no solo a partir de pavimentos permeáveis; aplicação do princípio poluidor-pagador quanto a

áreas impermeáveis e o sistema de drenagem urbana. Decreto exige reservatório em lotes com mais que 500 m² de área impermeável, e 30% da área de estacionamentos deve ser permeável (ou piso drenante);

- **Curitiba/PR (2003):** Programa de Conservação e Uso Racional de Água nas Edificações (PURA) objetiva incentivar o uso racional de água, uso de fontes alternativa (captação de água da chuva) e educação ambiental;
- **Rio de Janeiro/RJ (2004):** Decreto obriga a construção de reservatórios de retenção de águas pluviais para edificações com mais que 500 m² de área impermeabilizada ou prédios com mais que 50 apartamentos, e exige 30% da área de estacionamentos comerciais sendo permeável (ou piso drenante);

Algumas cidades brasileiras apontam certos avanços quanto à inclusão de abordagens alternativas ao sistema tradicional de drenagem pluvial urbana em seus PDUs, porém, em sua maioria, são cidades de grande porte, devendo, portanto, ser mais difundida entre cidades no geral. Esta inclusão deve tornar sua execução mais eficaz quando abordada integralmente ao PDU, já que este mecanismo está diretamente relacionado com a produção e manejo do espaço urbano.

Para que novos empreendimentos e adequações de espaços consolidados sejam projetados simultaneamente ao manejo das águas pluviais, deve-se realizar o apontamento dos requisitos na forma de diretrizes e instrumentos urbanísticos previamente. O foco deste trabalho é tornar possível a integração das abordagens alternativas aos PDUs, a fim de possibilitar e direcionar o estudo do caminho da água e das áreas de infiltração e armazenamento pluvial em empreendimentos desde os primeiros traços.

Para a análise de exigências nos diversos poderes que tratam das águas pluviais, foram identificados planos e legislações com abordagem, nas ações de planejamento do espaço urbano, sobre o manejo de águas pluviais urbanas. Foi necessário, então, o desenvolvimento de um método para busca de palavras comumente utilizadas para citar ações direcionadas às águas pluviais em legislações e planos específicos. Os capítulos que utilizaram o seguinte modelo de busca foram:

- 6.1.1 Agenda ONU 2030;
- 6.1.2 Legislações Federais do Brasil;
- 6.1.3 Legislações Estaduais de São Paulo; e
- 6.2.4 Legislações Específicas.

E as palavras selecionadas para busca foram as seguintes:

- Água(s) pluvial(is) ou chuva;
- Inundação(ões), alagamento(s), enchente(s) ou evento(s) hidrológico(s);
- Drenagem sustentável, drenagem de água ou drenagem natural;
- Permeabilidade.

Seguidamente, coletaram-se os trechos de leis e planos encontrados – nos quais havia citações às palavras buscadas e acréscimos de incisos ou parágrafos próximos, quando relacionados à mesma temática –, cruzando-se os dados. Assim, buscou-se entender a existência de incentivos, consensos ou disparidades entre as diferentes legislações.

6.1.1 Agenda ONU 2030

A Agenda 2030 é um plano de ação para governos, sociedade, empresas, universidade e pessoas físicas que contém 17 Objetivos de Desenvolvimento Sustentável (ODS) e 169 metas que visam uma vida digna a todos no planeta, a serem realizados até o ano de 2030 (ONU, 2015). Dentro dos ODS, cinco deles apontam relação com a abordagem sustentável das águas pluviais urbanas e possuem relação com a drenagem das águas pluviais urbanas, conforme o Quadro 13.

Quadro 13 – ODS da ONU e parâmetros da drenagem sustentável de águas pluviais urbanas.

ODS	Metas das ODS	Parâmetros da drenagem sustentável que respondem às metas das ODS
6 – Água Potável e Saneamento	<ul style="list-style-type: none"> - 6.3 Qualidade da água; - 6.5 Gestão integrada dos recursos hídricos; - 6.6 Proteger e restaurar ecossistemas; - 6.a Capacidades para os países em desenvolvimento para atividades relacionadas a água e ao saneamento; - 6.b Participação das comunidades para melhorar a gestão da água e do saneamento. 	<ul style="list-style-type: none"> - Melhora a qualidade tanto das águas que escoam, através da filtragem pela camada gramada, quanto das águas subterrâneas, ao preservar a infiltração natural do solo; - Implementa a gestão integrada de recursos hídricos; - Capacita o desenvolvimento de atividades relacionadas a água e ao saneamento; - Preserva e restaura cenários naturais dos ecossistemas; - Ao demonstrar a unicidade de cada desenvolvimento, fortalece a participação das comunidades.
11 – Cidades e Comunidades Sustentáveis	<ul style="list-style-type: none"> - 11.3 Urbanização sustentável; - 11.5 Catástrofes relacionados à água; - 11.6 Impacto ambiental negativo das cidades; 11.7 Acesso universal a espaços públicos seguros, inclusivos, acessíveis e verdes; - 11.a Relações econômicas, sociais e ambientais positivas entre áreas urbanas; - 11.b Políticas e planos integrados para a eficiência dos recursos, mudança do clima e resiliência a desastres. 	<ul style="list-style-type: none"> - Torna o desenvolvimento de assentamentos humanos mais sustentável, mantendo cenários similares ao natural; - Reduz o número de mortes, de pessoas afetadas e de perdas econômicas diretas causadas por desastres relacionados à água; - Reduz a vulnerabilidade de pessoas de baixa renda e em situação de vulnerabilidade, bastante comum por suas moradias em zonas desvalorizadas em municípios brasileiros (como áreas de enchentes e alagamentos); - Incentiva o desenvolvimento de espaços públicos verdes; - Reforça o planejamento do desenvolvimento urbano; - Reitera a necessidade de gestão integrada visando resiliência a desastres, adaptação às mudanças climáticas e eficiência dos recursos.
13 – Ação Contra a Mudança	<ul style="list-style-type: none"> - 13.1 Capacidade de adaptação a mudanças do clima e catástrofes naturais; 	<ul style="list-style-type: none"> - Reforça a necessidade de adaptação quanto aos riscos relacionados às mudanças climáticas e a risco de catástrofes naturais;

<i>Global do Clima</i>	<ul style="list-style-type: none"> - 13.2 Políticas, estratégias e planejamentos para mudanças do clima; - 13.3 Educação, conscientização e a capacitação sobre mitigação global do clima. 	<ul style="list-style-type: none"> - Integra medidas de mudanças estratégicas, políticas e de planejamento para adaptabilidade a novos cenários climáticos; - Incentiva a educação da população a nível de conscientização e capacitação para impactos das mudanças climáticas.
<i>14 – Vida na Água</i>	<ul style="list-style-type: none"> - 14.1 Poluição marinha advinda de atividades terrestres. 	<ul style="list-style-type: none"> - Reduz e previne a poluição marinha advinda de atividades terrestres ao evitar a poluição de cursos d'água que, por fim, desaguam nos mares.
<i>15 – Vida Terrestre</i>	<ul style="list-style-type: none"> - 15.1 Conservação de ecossistemas; - 15.3 Combater a desertificação, e restaurar a terra e o solo degradado, incluindo secas e inundações; - 15.9 Valores dos ecossistemas e da biodiversidade integrados ao planejamento. 	<ul style="list-style-type: none"> - Incentiva a conservação, recuperação e uso sustentável de ecossistemas; - Restaura a terra e o solo degradado por inundações e erosões, visando um mundo neutro em termos de degradação do solo; - Integra os valores da biodiversidade e dos ecossistemas ao planejamento.

Fonte: ONU, 2015, elaborado pelo autor, 2019.

Outros exemplos de legislações e recomendações vistas no âmbito global são as abordagens alternativas já apresentadas e analisadas nos capítulos iniciais. O LID demonstra a aplicabilidade com lista de recomendações para desenvolvedores do solo urbano em Maryland, nos EUA; e o WSUD tem seu enfoque maior na Austrália. Ambos demonstram possíveis abordagens do poder público para o desenvolvedor urbano, seja seguindo uma série de recomendações por parte da província (LID), seja por exigências de passo-a-passo para aprovação de projetos junto ao município (WSUD). Deste modo, a Agenda da ONU surge para complementar o cenário mundial do manejo de águas pluviais urbanas, onde são vistas, também, discussões e recomendações para cidades do mundo.

6.1.2 Legislações Federais do Brasil

No contexto brasileiro, as exigências legais quanto a manejo de águas pluviais são relativamente recentes. Foi somente por volta da década de 60 e 70 o início da preocupação ambiental em relação aos impactos urbanos e humanos. Discussões sobre o desenvolvimento sustentável foram surgindo somente na década de 90 para o ano 2000, época esta em que surgiram legislações brasileiras que tratam dos recursos hídricos urbanos. A partir da virada do século, então, viu-se os primeiros apontamentos e preocupações exclusivas do saneamento e do manejo de águas pluviais (TUCCI; HESPANHOL; NETTO, 2000).

As principais legislações em vigor que fazem exigências para quanto o desenvolvimento urbano (Quadro 14), no cenário nacional, são:

- **Lei do Parcelamento do Solo Urbano** – Lei n. 6.766, de 19 de dez. de 1979;
- **Política Nacional de Recursos Hídricos** – Lei n. 9.433, de 8 de jan. de 1997;
- **Estatuto da Cidade** – Lei n. 10.257, de 10 de jul. de 2001;
- **Diretrizes Nacionais para o Saneamento Básico** – Lei n. 11.445, de 5 de jan. de 2007.

A primeira delas, que regulamenta o parcelamento do solo urbano (BRASIL, 1979), apesar de ser datada da década final de 1970, já exigia faixas necessárias para o escoamento e coleta de águas pluviais, a partir de faixas não edificáveis e, a partir de 1999, passou a exigir o sistema de drenagem projetado e implantado no loteamento, sendo considerado parte da infraestrutura básica. Não há, até hoje, qualquer menção de dispositivos de drenagem sustentável – ou mesmo técnicas compensatórias – como equipamentos necessários ou, pelo menos, de possível implantação.

A Política Nacional de Recursos Hídricos delas (BRASIL, 1997), como específica para recursos hídricos, tem como fundamentos a ciência de sua escassez e extrema necessidade para o consumo humano e animal e, logo em seu primeiro capítulo, impõe as bacias hidrográficas como unidades territorial para implantação do Plano de Recursos Hídricos e o com gestão descentralizada, mas com a participação do Poder Público. As únicas exigências na lei, quanto às águas pluviais, estão apontadas somente nos objetivos da lei. O inciso III do Art. 2 exige a prevenção e defesa à eventos hidrológicos críticos, sejam eles naturais ou devido à má gestão dos recursos naturais. Já o inciso IV do mesmo artigo, foi incluído somente no ano de 2017, 20 anos após o desenvolvimento da lei inicial, e faz

referência a ações que aumente não só a captação das águas pluviais, mas sua preservação e aproveitamento. Neste sentido, vê-se uma preocupação não focada na questão de inundações e permeabilidade no solo, mas no uso da água pluvial, evitando a escassez hídrica.

A lei do Estatuto da Cidade (BRASIL, 2001), apesar de citar em seus objetivos a obrigatoriedade em construir-se cidades sustentáveis, não se encontra abordagens relacionadas à sustentabilidade da drenagem pluvial. Entretanto, a lei exige que municípios com áreas suscetíveis a inundações ou eventos hidrológicos correlatos mapeie essas áreas, tenha PDU e realize medidas de drenagem urbana para contenção e mitigação dos impactos de desastres. O Estatuto também exige que os PDUs contenham delimitações urbanas para aplicação de seus instrumentos urbanísticos (parcelamento, edificação ou utilização compulsórios; direito de preempção; outorga onerosa do direito de construir; operações urbanas consorciadas; e transferência do direito de construir).

Na lei das Diretrizes Nacionais para o Saneamento Básico (BRASIL 2007), surgida 10 anos após a Política Nacional de Recursos Hídricos, a drenagem e o manejo de águas pluviais já eram considerados parte dos serviços de saneamento básico. Também já eram vistas exigências quanto a melhoria da qualidade de vida a partir do saneamento básico – principalmente quando relevante ao interesse social – e a necessidade de se adotar medidas de acordo com as características individuais dos locais. A lei permite a cobrança de tributos, incluindo taxas, para serviços de manejo das águas pluviais urbanas, tendo em vista a sustentabilidade econômico-financeira, devendo-se levar em conta, em cada lote:

- Percentual de impermeabilização;
- Existência de dispositivos de retenção ou amortecimento de águas pluviais;
- Nível de renda da população na área atendida;
- Características específicas do lote e das áreas edificáveis.

Além disso, a lei exige a elaboração, pela União, coordenada pelo extinto Ministério da Cidade, do Plano Nacional de Saneamento Básico, de modo a atingir mais igualitariamente o panorama federal de acesso a serviços de saneamento básico, incluindo o manejo de águas pluviais.

Quadro 14 – Águas pluviais em legislações federais.

Legislação	Artigos identificados relativos a águas pluviais
Parcelamento do Solo Urbano (1979)	<p>Capítulo I – Disposições Preliminares</p> <p>Art. 2 O parcelamento do solo urbano poderá ser feito mediante loteamento ou desmembramento, observadas as disposições desta Lei e as das legislações estaduais e municipais pertinentes.</p> <p>§ 5º A infraestrutura básica dos parcelamentos é constituída pelos equipamentos urbanos de escoamento das águas pluviais, iluminação pública, esgotamento sanitário, abastecimento de água potável, energia elétrica pública e domiciliar e vias de circulação (Redação dada pela Lei nº 11.445, de 2007);</p> <p>§ 6º A infraestrutura básica dos parcelamentos situados nas zonas habitacionais declaradas por lei como de interesse social (ZHIS) consistirá, no mínimo, de:</p> <p>II - escoamento das águas pluviais (Incluído pela Lei nº 9.785, de 1999).</p> <p>Capítulo II – dos Requisitos Urbanísticos para Loteamento</p> <p>Art. 5 O Poder Público competente poderá complementarmente exigir, em cada loteamento, a reserva de faixa non aedificandi destinada a equipamentos urbanos.</p> <p>Parágrafo único - Consideram-se urbanos os equipamentos públicos de abastecimento de água, serviços de esgotos, energia elétrica, coletas de águas pluviais, rede telefônica e gás canalizado.</p> <p>Capítulo III – do Projeto de Loteamento</p> <p>Art. 6 Antes da elaboração do projeto de loteamento, o interessado deverá solicitar à Prefeitura Municipal, ou ao Distrito Federal quando for o caso, que defina as diretrizes para o uso do solo, traçado dos lotes, do sistema viário, dos espaços livres e das áreas reservadas para equipamento urbano e comunitário, apresentando, para este fim, requerimento e planta do imóvel contendo, pelo menos:</p> <p>IV - as faixas sanitárias do terreno necessárias ao escoamento das águas pluviais e as faixas não edificáveis;</p> <p>Art. 9 Orientado pelo traçado e diretrizes oficiais, quando houver, o projeto, contendo desenhos, memorial descritivo e cronograma de execução das obras com duração máxima de quatro anos, será apresentado à Prefeitura Municipal, ou ao Distrito Federal, quando for o caso, acompanhado de certidão atualizada da matrícula da gleba, expedida pelo Cartório de Registro de Imóveis competente, de certidão negativa de tributos municipais e do competente instrumento de garantia, ressalvado o disposto no § 4o do art. 18 (Redação dada pela Lei nº 9.785, de 1999).</p> <p>VI - a indicação em planta e perfis de todas as linhas de escoamento das águas pluviais.</p> <p>Capítulo VI - do Registro do Loteamento e Desmembramento</p> <p>Art. 18 Aprovado o projeto de loteamento ou de desmembramento, o loteador deverá submetê-lo ao registro imobiliário dentro de 180 (cento e oitenta) dias, sob pena de caducidade da aprovação, acompanhado dos seguintes documentos:</p> <p>V - cópia do ato de aprovação do loteamento e comprovante do termo de verificação pela Prefeitura Municipal ou pelo Distrito Federal, da execução das obras exigidas por legislação municipal, que incluirão, no mínimo, a execução das vias de circulação do loteamento, demarcação dos lotes, quadras e logradouros e das obras de escoamento das águas pluviais ou</p>

	<p>da aprovação de um cronograma, com a duração máxima de quatro anos, acompanhado de competente instrumento de garantia para a execução das obras (Redação dada pela Lei nº 9.785, de 1999).</p>
<p>Política Nacional de Recursos Hídricos (1997)</p>	<p>Capítulo II – Dos Objetivos Art. 2 - São objetivos da Política Nacional de Recursos Hídricos: III - a prevenção e a defesa contra eventos hidrológicos críticos de origem natural ou decorrentes do uso inadequado dos recursos naturais; IV - Incentivar e promover a captação, a preservação e o aproveitamento de águas pluviais (Incluído pela Lei nº 13.501, de 2017).</p>
<p>Estatuto da Cidade (2001)</p>	<p>Capítulo III - Do Plano Diretor Art. 41 – O plano diretor é obrigatório para cidades: VI - incluídas no cadastro nacional de Municípios com áreas suscetíveis à ocorrência de deslizamentos de grande impacto, inundações bruscas ou processos geológicos ou hidrológicos correlatos (Incluído pela Lei nº 12.608, de 2012).</p> <p>Art. 42-A – Além do conteúdo previsto no art. 42, o plano diretor dos Municípios incluídos no cadastro nacional de municípios com áreas suscetíveis à ocorrência de deslizamentos de grande impacto, inundações bruscas ou processos geológicos ou hidrológicos correlatos deverá conter (Incluído pela Lei nº 12.608, de 2012): II - mapeamento contendo as áreas suscetíveis à ocorrência de deslizamentos de grande impacto, inundações bruscas ou processos geológicos ou hidrológicos correlatos (Incluído pela Lei nº 12.608, de 2012); IV - medidas de drenagem urbana necessárias à prevenção e à mitigação de impactos de desastres (Incluído pela Lei nº 12.608, de 2012).</p>
<p>Diretrizes Nacionais para o Saneamento Básico (2007)</p>	<p>Capítulo I – dos Princípios Fundamentais Art. 2 – Os serviços públicos de saneamento básico serão prestados com base nos seguintes princípios fundamentais: IV - disponibilidade, em todas as áreas urbanas, de serviços de drenagem e manejo das águas pluviais, limpeza e fiscalização preventiva das respectivas redes, adequados à saúde pública e à segurança da vida e do patrimônio público e privado (Redação dada pela Lei nº 13.308, de 2016);</p> <p>Art. 3 Para os efeitos desta Lei, considera-se: I - saneamento básico: conjunto de serviços, infraestruturas e instalações operacionais de: d) drenagem e manejo das águas pluviais, limpeza e fiscalização preventiva das respectivas redes urbanas: conjunto de atividades, infraestruturas e instalações operacionais de drenagem urbana de águas pluviais, de transporte, detenção ou retenção para o amortecimento de vazões de cheias, tratamento e disposição final das águas pluviais drenadas nas áreas urbanas (Redação dada pela Lei nº 13.308, de 2016).</p> <p>Capítulo VI - dos Aspectos Econômicos e Sociais Art. 29 Os serviços públicos de saneamento básico terão a sustentabilidade econômico-financeira assegurada, sempre que possível, mediante remuneração pela cobrança dos serviços: III - de manejo de águas pluviais urbanas: na forma de tributos, inclusive taxas, em conformidade com o regime de prestação do serviço ou de suas atividades.</p> <p>Art. 36 A cobrança pela prestação do serviço público de drenagem e manejo de águas pluviais urbanas deve levar em conta, em cada lote urbano, os percentuais de impermeabilização e a existência de dispositivos de amortecimento ou de retenção de água de chuva, bem como poderá</p>

considerar:

I - o nível de renda da população da área atendida;

II - as características dos lotes urbanos e as áreas que podem ser neles edificadas.

Art. 52 A União elaborará, sob a coordenação do Ministério das Cidades:

I - o Plano Nacional de Saneamento Básico

§ 1º O PNSB deve:

I - abranger o abastecimento de água, o esgotamento sanitário, o manejo de resíduos sólidos e o manejo de **águas pluviais** e outras ações de saneamento básico de interesse para a melhoria da salubridade ambiental, incluindo o provimento de banheiros e unidades hidrossanitárias para populações de baixa renda;

Fonte: BRASIL, 1979; BRASIL, 1997; BRASIL, 2001; BRASIL, 2007, elaborado pelo autor, 2020.

Sendo assim, estão exigidas, nas legislações federais, planejamentos e projetos relativos ao manejo de águas pluviais, porém voltados para o modelo tradicional de coleta e escoamento, seguindo os padrões já demonstrados como insuficientes em eventos hidrológicos os quais são cada vez mais evidenciados no ambiente urbano. A Lei de Diretrizes Nacionais para o Saneamento Básico é a que mais se aproxima de medidas praticáveis e relacionadas à drenagem sustentável, pois chega a incluir a tributação como meio para possibilitar a realização de projetos específicos, e até considera dispositivos de retenção, a permeabilidade do solo e as características locais do lote, princípios que são tratados pelas abordagens alternativas, como o LID e o WSUD.

6.1.3 Legislações Estaduais de São Paulo

Apesar do trabalho gerar resultados com possibilidade de aplicação em contextos brasileiros diversos, considerou-se necessária a busca por palavras relacionadas à drenagem pluvial urbana em legislações do estado ao qual a cidade abordada no estudo de caso pertence. Do mesmo modo, quando for aplicado o processo de análise em outra cidade, faz-se necessário o estudo de legislações complementares às municipais (estaduais e federais), seguindo a hierarquia dos três níveis de governo brasileiro.

Portanto, no cenário paulista, são encontradas legislações mais específicas do estado, aplicando-se a cidades pertencentes. Suas legislações são um pouco mais recentes do que as federais, tendo as primeiras menções a águas pluviais nos anos 90, e sua maior especificação nos anos 2000 e 2010. As legislações analisadas (Quadro 15), que dizem respeito ao desenvolvimento urbano são:

- **Política Estadual de Recursos Hídricos e Sistema Estadual de Saneamento** – Lei n. 7.663, de 30 de dez. de 1991;
- **Política Estadual de Saneamento e Sistema Estadual de Saneamento** – Lei n. 7.750, de 31 de mar. de 1992;
- **Política Estadual do Meio Ambiente e Sistema Estadual de Administração da Qualidade Ambiental, Proteção, Controle e Desenvolvimento do Meio Ambiente e Uso Adequado dos Recursos Naturais** – Lei n. 9.509, de 20 de mar. de 1997;
- **Normas para Contenção de Enchentes e Destinação de Águas Pluviais** – Lei n. 12.526, de 2 de jan. de 2007;
- **Código Florestal do Estado de São Paulo** – Lei n. 15.684, de 14 de jan. de 2015.

A primeira delas (ESTADO DE SÃO PAULO, 1991) tem em seus princípios a exigência de que: o processo de gerenciamento e planejamento de recursos hídricos seja integrado, participativo, sempre relacionado ao ciclo hidrológico, e utilize a bacia hidrográfica como unidade, a partir do plano de bacias hidrográficas (contendo diretrizes que orientem PDUs no crescimento urbano, zoneamento, exploração e conservação). Também são apontadas a necessidade de pagamento pelo uso deste recurso e o combate (e prevenção) de causas e consequências geradas por inundações, erosões, estiagens e assoreamentos de corpos d'água. A lei ainda afirma que o Estado assegurará meios financeiros e institucionais para a

defesa contra eventos hidrológicos críticos que causem prejuízos econômicos e sociais. É exigido que o Estado realize, junto a municípios, programas de cooperação, assistência técnica e financeira visando o zoneamento de usos em áreas sujeitas a inundações, manutenção da permeabilidade do solo, implantação de alertas públicos para quando houver eventos hidrológicos indesejáveis, e combate, controle e prevenção de inundações, cheias, drenagem, utilização de várzeas e erosão.

Quanto à Política Estadual de Saneamento (ESTADO DE SÃO PAULO, 1992), esta possui diversas passagens revogadas e, antes mesmo de serem revogadas, já não possuía menção qualquer sobre águas pluviais ou drenagem sustentável. Fato que também ocorre com a Política Estadual de Meio Ambiente (ESTADO DE SÃO PAULO, 1997), onde não há exigências relativas a águas pluviais.

As Normas para Contenção de Enchentes e Destinação de Águas Pluviais (ESTADO DE SÃO PAULO, 2007) é a única que aborda especialmente técnicas compensatórias. São exigidas medidas de retenção e captação de águas pluviais para locais com área impermeabilizada maior do que 500 m², devendo ser destinada, preferivelmente, à infiltração no solo; se não, direcionada à rede pública, com um atraso de uma hora após a chuva, ou utilizada de maneira não potável.

Já o Código Florestal Estadual (ESTADO DE SÃO PAULO, 2015), apesar deste abordar exigências ao manejo de águas pluviais – não exigindo Áreas de Preservação Permanente (APPs) em cursos d’água formados somente por chuvas sazonais; e determinando a construção de bacias de acumulação de águas pluviais em áreas antropizadas, controlando erosão e infiltração no solo –, em seu início declara ser específica para propriedades e imóveis rurais, os quais não são objeto de estudo do trabalho.

Quadro 15 – Águas pluviais em legislações do Estado de São Paulo.

Legislação	Menções relativas a águas pluviais
Política Estadual de Recursos Hídricos (1991)	<p>Título I - Capítulo I - Objetivos e Princípios</p> <p>Art. 3 - A Política Estadual de Recursos Hídricos atenderá aos seguintes princípios:</p> <p>I - gerenciamento descentralizado, participativo e integrado, sem dissociação dos aspectos quantitativos e qualitativos e das fases meteórica, superficial e subterrânea do ciclo hidrológico;</p> <p>II - adoção da bacia hidrográfica como unidade físico-territorial de planejamento e gerenciamento;</p> <p>III - reconhecimento do recurso hídrico como um bem público, de valor econômico, cuja utilização deve ser cobrada, observados os aspectos de quantidade, qualidade e as peculiaridades das bacias hidrográficas;</p> <p>V - combate e prevenção das causas e dos efeitos adversos da poluição, das inundações, das estiagens, da erosão do solo e do assoreamento dos corpos d’água;</p>

VI - compensação aos municípios afetados por **áreas inundadas** resultantes da implantação de reservatório e por restrições impostas pelas leis de proteção de recursos hídricos;

VII - compatibilização do gerenciamento dos recursos hídricos com o **desenvolvimento regional** e com a proteção do meio ambiente.

Art. 4 - Por intermédio do Sistema Integrado de Gerenciamento - SIRGH, o Estado assegurará meios financeiros e institucionais para atendimento do disposto nos Artigos 205 a 213 da Constituição Estadual e especialmente para:

IV - defesa contra **eventos hidrológicos críticos**, que ofereçam riscos à saúde e à segurança públicas assim como prejuízos econômicos e sociais;

Art. 7 - O Estado realizará programas conjuntos com os municípios, mediante convênios de mútua cooperação, assistência técnica e econômico-financeira, com vistas a:

III - zoneamento das **áreas inundáveis**, com restrições a usos incompatíveis nas áreas sujeitas à **inundações freqüentes** e manutenção da capacidade de infiltração do solo;

IV - implantação de sistemas de alerta e defesa civil para garantir a segurança e a saúde públicas quando de **eventos hidrológicos indesejáveis**;

VI - combate e prevenção das **inundações** e da erosão;

Art. 8 - O Estado, observados os dispositivos constitucionais relativos à matéria, articulará com a União, outros Estados vizinhos e municípios, atuação para o aproveitamento e controle dos recursos hídricos em seu território, inclusive para fins de geração de energia elétrica, levando em conta, principalmente:

II - o controle de cheias, a prevenção de **inundações**, a **drenagem** e a correta utilização das várzeas;

Capítulo III - Do Plano Estadual de Recursos Hídricos

Art. 17 - Os planos de bacias hidrográficas conterão, dentre outros, os seguintes elementos:

I - diretrizes gerais, a nível regional, capazes de orientar os **planos diretores municipais**, notadamente nos setores de crescimento urbano, localização industrial, proteção dos mananciais, exploração mineral, irrigação e saneamento, segundo as necessidades de recuperação, proteção e conservação dos recursos hídricos das **bacias ou regiões hidrográficas** correspondentes;

II - metas de curto, médio e longo prazos para se atingir índices progressivos de recuperação, proteção e conservação dos recursos hídricos da bacia, traduzidos, entre outras, em:

b) programas anuais e plurianuais de recuperação, proteção, conservação e utilização dos recursos hídricos da **bacia hidrográfica** correspondente, inclusive com especificações dos recursos financeiros necessários;

Título II - Capítulo II - Dos Diversos Tipos de Participação

Art. 31 - O Estado incentivará a formação de consórcios intermunicipais, nas **bacias ou regiões hidrográficas** críticas, nas quais o gerenciamento de recursos hídricos deve ser feito segundo diretrizes e objetivos especiais e estabelecerá convênios de mútua cooperação e assistência com os mesmos.

Art. 32 - O Estado poderá delegar aos Municípios que se organizarem técnica e administrativamente, o gerenciamento de recursos hídricos de interesse exclusivamente local, compreendendo, dentre outros, os de

<p>Normas para Contenção de Enchentes e Destinação de Águas Pluviais (2007)</p>	<p>bacias hidrográficas que se situem exclusivamente no território do Município e os aquíferos subterrâneos situados em áreas urbanizadas.</p> <p>Art. 1 - É obrigatória a implantação de sistema para a captação e retenção de águas pluviais, coletadas por telhados, coberturas, terraços e pavimentos descobertos, em lotes, edificados ou não, que tenham área impermeabilizada superior a 500m² (quinhentos metros quadrados), com os seguintes objetivos:</p> <p>I - reduzir a velocidade de escoamento de águas pluviais para as bacias hidrográficas em áreas urbanas com alto coeficiente de impermeabilização do solo e dificuldade de drenagem;</p> <p>II - controlar a ocorrência de inundações, amortecer e minimizar os problemas das vazões de cheias e, conseqüentemente, a extensão dos prejuízos;</p> <p>III - contribuir para a redução do consumo e o uso adequado da água potável tratada.</p> <p>Parágrafo único - O disposto no “caput” é condição para a obtenção das aprovações e licenças, de competência do Estado e das Regiões Metropolitanas, para os parcelamentos e desmembramentos do solo urbano, os projetos de habitação, as instalações e outros empreendimentos.</p> <p>Art. 2 - O sistema de que trata esta lei será composto de:</p> <p>I - reservatório de acumulação com capacidade calculada com base na seguinte equação:</p> <p>a) $V = 0,15 \times A_i \times IP \times t$;</p> <p>b) V = volume do reservatório em metros cúbicos;</p> <p>c) A_i = área impermeabilizada em metros quadrados;</p> <p>d) IP = índice pluviométrico igual a 0,06 m/h;</p> <p>e) t = tempo de duração da chuva igual a 1 (uma) hora.</p> <p>II - condutores de toda a água captada por telhados, coberturas, terraços e pavimentos descobertos ao reservatório mencionado no inciso I;</p> <p>III - condutores de liberação da água acumulada no reservatório para os usos mencionados no artigo 3º desta lei.</p> <p>Parágrafo único - No caso de estacionamentos e similares, 30% (trinta por cento) da área total ocupada deve ser revestida com piso drenante ou reservado como área naturalmente permeável.</p> <p>Art. 3 - A água contida no reservatório, de que trata o inciso I do artigo 2º, deverá:</p> <p>I – infiltrar no solo, preferencialmente;</p> <p>II - ser despejada na rede pública de drenagem, após uma hora de chuva;</p> <p>III - ser utilizada em finalidades não potáveis, caso as edificações tenham reservatório específico para essa finalidade.</p>
--	---

Fonte: ESTADO DE SÃO PAULO, 1991; ESTADO DE SÃO PAULO, 2007, elaborado pelo autor, 2020.

As legislações estaduais, que deveriam tomar as medidas nacionais e particularizá-las para o contexto do estado, acabam por não a fazer seguindo esta continuidade das legislações federais. A começar pelas legislações ambientais e de saneamento, que não chegam nem a mencionar as águas pluviais, são possíveis leis que tratariam das abordagens alternativas da drenagem urbana, visando o desenvolvimento de cidades mais sustentáveis e que manteriam características mais próximas às condições naturais, anteriores à urbanização. A exigência de divisão e realização de planos de bacias

hidrográficas traz à tona a necessidade de maior fiscalização no caso em que as demandas realizadas em lei estão sendo aplicadas aos Comitês de Bacias Hidrográficas e, conseqüentemente, aos municípios integrantes. As normas de contenção, que já agregam demandas funcionais, poderiam apontar possibilidades de dispositivos e até traçados visando o manejo das águas pluviais, seguindo padrões de LID e WSUD, que muitas vezes são aplicados por Condados e Estados, por tratar-se de municípios com realidades mais similares do que quando comparadas a diferentes Estados e até mesmo condições climáticas. Por tratar-se de legislações de áreas de estudo específicas e sobre um contexto particular (Estado), poderiam realizar demandas de estudos ou condições de desenvolvimento voltadas ao planejamento urbano, principalmente ao PDU, tornando suas aplicações e discussões no ambiente citadino necessárias aos gestores públicos municipais.

6.2 ESTUDO DE CASO - GUARARAPES

A cidade de Guararapes/SP foi escolhida pelo conhecimento de caso por parte do autor e facilidade na obtenção de dados, visto que é sua cidade-natal e já foi tema de estudo anterior, no caso o desenvolvimento do seu Trabalho Final de Graduação – relacionado à aplicação de uma metodologia de planejamento urbano, visando a atualização do PDU da cidade. O município de Guararapes será estudado como representativo, neste trabalho, de demais municípios de pequeno porte, que acabam por possuir problemas urbanos específicos.

A definição de cidade de pequeno porte não está relacionada somente ao número de habitantes, mas de acordo com sua importância na escala regional. Entretanto, considerou-se pequeno porte quando esta possuir até 50 mil habitantes – visto que existem cidades com menos que 100 mil habitantes que realizam funções de cidades médias no interior da Bahia (LOPES; HENRIQUE, 2010) – ou possuir até 150 mil habitantes, mas com relações de dependência socioeconômica a uma ou mais cidades tidas como de porte médio.

No ano de 2019, foi questionada a viabilidade de municípios com menos de 5 mil habitantes através da PEC do Pacto Federativo, entretanto, conforme varia a classificação do número máximo de habitantes para cidades de pequeno porte, cada caso possui condicionantes específicas e torna-se arbitrária a decisão de torná-las distritos de outros municípios que, por sua vez, também podem ser de pequeno porte e não possuírem condições de incorporar um território em suas funções administrativas. Ainda assim, serão considerados exemplos representados pela cidade de pequeno porte Guararapes, pois há casos de municípios que entram nesta faixa de habitantes com condições similares ao contexto analisado.

No Brasil, do total de 5570 municípios, 1253 possuem até 5 mil habitantes, 2452 até 10 mil, e 4897 até 50 mil habitantes, ou seja, 87,9% de cidades cujos problemas urbanos são, por vezes, esquecidos, por considerarem que atingem uma menor população. Se considerar a extensão territorial somada destes municípios, percebe-se a grande importância da questão no cenário nacional. No estado de São Paulo, das 645 cidades, 506 possuem até 50 mil habitantes, 78,4% do total (IBGE, 2019).

O estudo de caso segue o conteúdo apresentado em Materiais e Métodos (Quadro 12), conforme os itens de análise a serem realizados em um estudo voltado ao manejo sustentável das águas pluviais urbanas. Neste caso, utilizou-se o sequenciamento de ideias disposto no Quadro 16, cuja primeira coluna foi o título utilizado no estudo de caso de

Guararapes/SP, e abordagem e aspecto são trazidos dos conteúdos apontados em Materiais e Métodos.

Quadro 16 – Sequência de apresentação dos dados deste trabalho.

Título	Abordagem	Aspecto
O município e sua população	Urbanística	Caracterização do município
		Crescimento urbano
	Social	Condicionantes sociais
Ambiente e clima – dados	Ambiental (dados)	Bacia Hidrográfica
		Clima e hidrologia
		Histórico de eventos hidrológicos
Ambiente e clima – análises	Ambiental (análises)	Características físicas
	Sanitária	Drenagem pluvial urbana
Legislações específicas	Legislativa	Legislação vigente
Realização da árvore de problemas	Geral	Árvore de problemas
Levantamento de soluções	Geral	Diretrizes gerais de solução

Fonte: Elaborado pelo autor, 2020.

6.2.1 O Município e sua População

Fundado em 8 de dezembro de 1928, Guararapes (Figura 38) é constituído por habitantes de variadas origens e nacionalidades, sendo as principais: italianos, portugueses, libaneses, suíços, franceses, norte-americanos e japoneses. Para a implantação de seu núcleo urbano foram derrubadas matas onde viviam populações da tribo indígena Guararapi que, futuramente, serviu de nome para a cidade – anteriormente, Frutal (ESCOLA JOÃO ARRUDA BRASIL, 1994).

Figura 38 – Traçado urbano de Guararapes/SP.

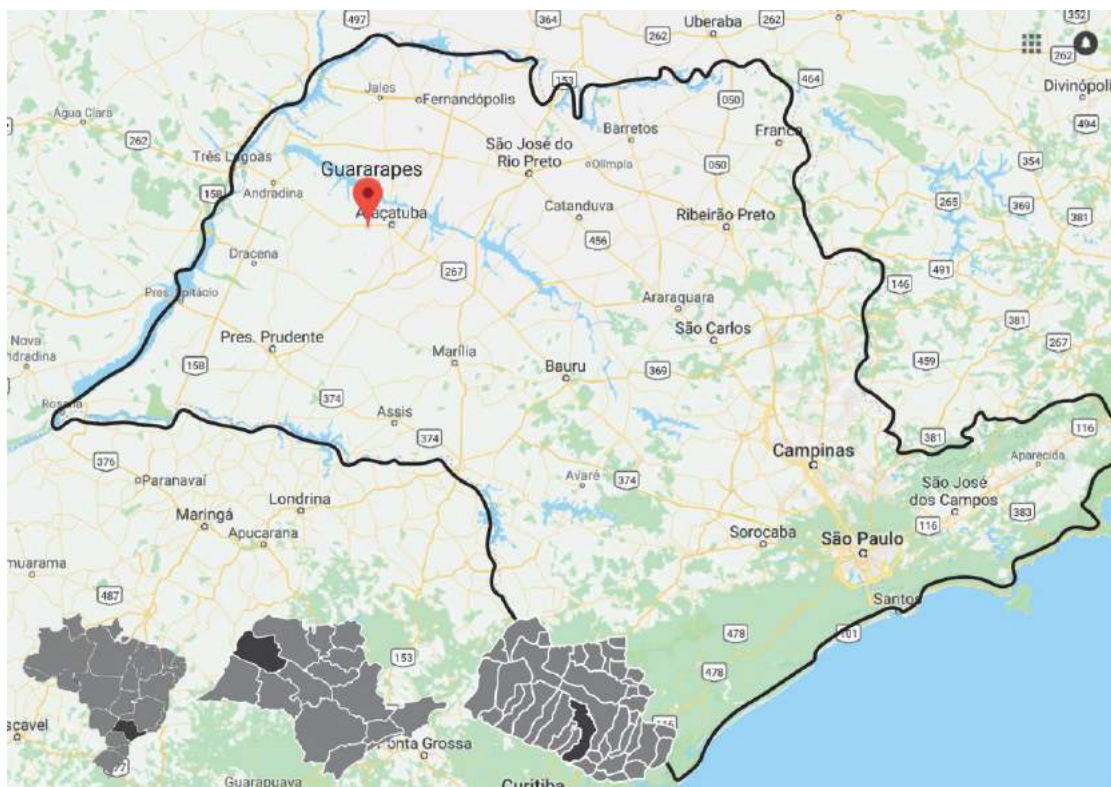


Fonte: GUERRA, 2018.

Em sua história, a economia do município é ligada à exploração agrícola – café nos anos 30; arroz e algodão nos anos 40 a 60. Atualmente, sua economia tem base na agroindústria, mas pequenas e microempresas são representadas em diversos setores – principalmente comércios e restaurantes (PREFEITURA MUNICIPAL DE GUARARAPES, 2017). As grandes empresas de destaque são: Katayama Alimentos (avicultura); Ciapetro (distribuidora de combustível); Êxito Rural (consultoria e nutrição animal); Meridional (curtume); MUB (nutrição animal); JBS (frigorífico); Óleos Menu (processamento de algodão); Nova Unialco (processamento de cana-de-açúcar); e Vencetex (produção e distribuição de bebidas). Quando analisado seu Índice FIRJAN de Desenvolvimento Municipal (IFDM), tendo 2016 como ano base, este é igual a 0,7786, enquanto a média dos municípios brasileiros é 0,6678 e a mediana do estado de São Paulo é 0,7619 (FIRJAN, 2018).

A cidade situa-se na região Noroeste Paulista (Figura 39), a 32 km de distância de Araçatuba – cidade média e capital da região administrativa da Guararapes faz parte – e 549 km da capital do estado, São Paulo. As coordenadas geográficas da posição de seu centro histórico são 21°15'12.4"S 50°38'33.5"W, tendo altitude de 415 m acima do nível do mar (IBGE, 2011b).

Figura 39 – Localização do município no estado de São Paulo.



Fonte: GUERRA, 2018.

Sua população estimada é de 32.939 habitantes (IBGE, 2019) e, se seguir o mesmo crescimento de 0,85% ao ano como o estipulado pelo IBGE entre 2010 e 2019, estima-se que terá uma população de 36.153 habitantes até o ano de 2030. Atualmente, sua população está distribuída numa área total de 959,1 km² (47º maior município do estado). A densidade local (população por área municipal) é de 34 hab/km², mais denso do que 60% dos municípios brasileiros; 50% dos municípios paulistas; e conquista a segunda posição na microrregião de Araçatuba – a capital regional possui 155 hab/km². Se considerados seus 62,2 km² urbanos e 92,5% da população residente nesta zona, apresenta densidade de 490 hab/km² (PREFEITURA MUNICIPAL DE GUARARAPES, 2017; IBGE, 2018), devido à maioria dos edifícios serem térreos ou com até dois pavimentos (Figura 40) – atualmente há somente um edifício ocupado com 10 pavimentos e mais dois edifícios de similar gabarito em etapas finais de construção. Considerando o crescimento populacional estimado até 2030 e mantendo-se os atuais valores de área urbana e porcentagem de população residente desta zona, calcula-se uma densidade urbana de 538 hab/km². Este valor é superior a somente uma das 32 subprefeituras de São Paulo – Parelheiros –, enquanto a que possui maior densidade é a da Sé, com 16.454 hab/km² (PREFEITURA DE SÃO PAULO, 2020).

Figura 40 - Vista aérea da região central (igreja matriz) e sudeste de Guararapes/SP.

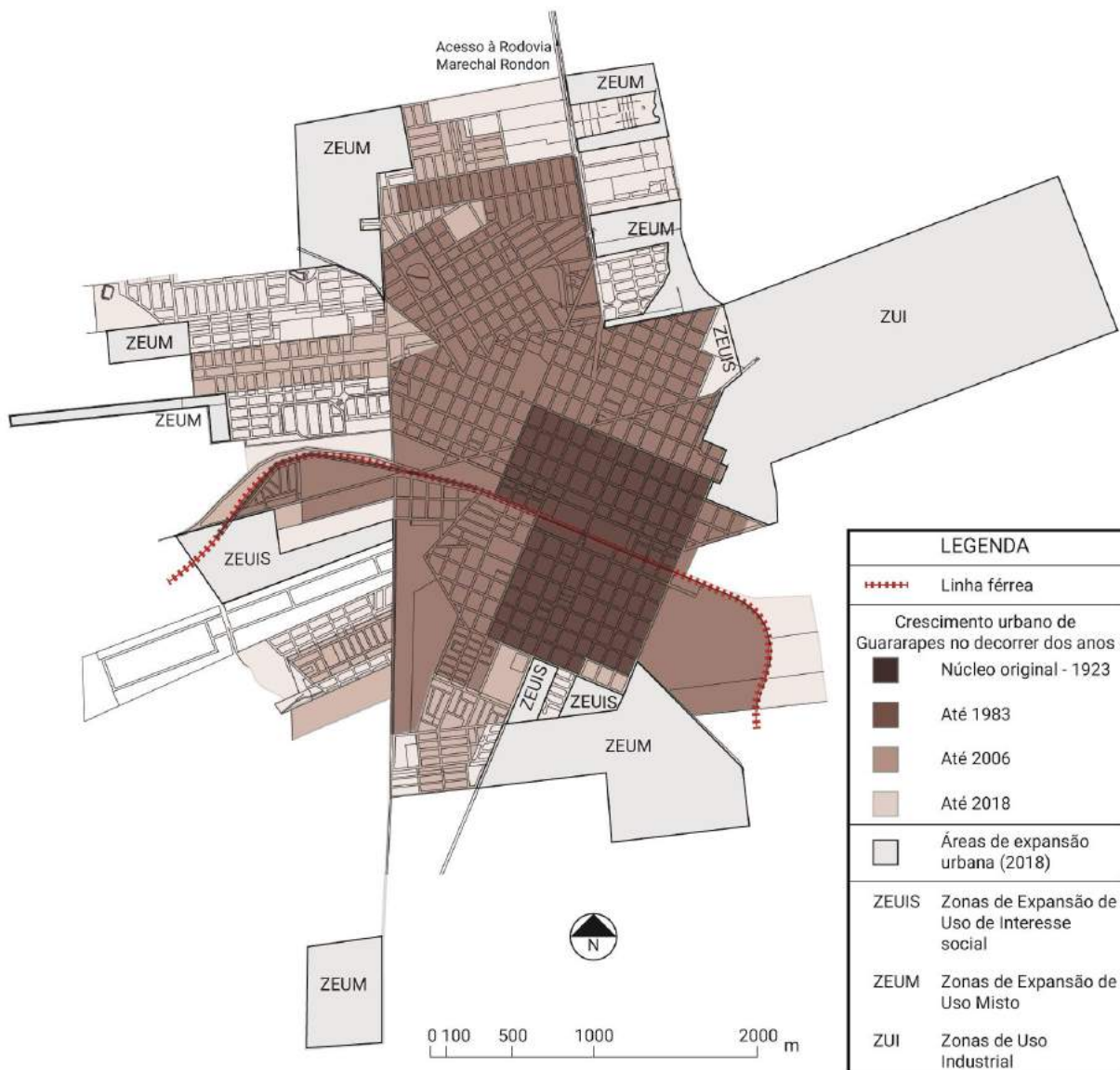


Fonte: GASPARINI, 2017.

Assim como em outras cidades de pequeno e médio porte brasileiras, principalmente do interior do estado de São Paulo, o desenvolvimento urbano de Guararapes se deu em etapas, de modo que se manteve o traçado original do centro da cidade, sendo rebatida e copiada a malha ortogonal urbana (Figura 41). Seu crescimento foi voltado à direção noroeste, rumo à saída principal da cidade, rumo à Rodovia Marechal Rondon, que dá acesso à Araçatuba, Bauru, Botucatu e outras grandes cidades do interior paulista.

As zonas de expansão urbana estão incluídas dentro da zona urbana e possuem desenhos não pressupostos quando se pensa na concentricidade municipal. São apontadas áreas em todas as direções, porém com concentração de Zonas de Expansão de Uso de Interesse Social (ZEUIS) à sul e Zona de Uso Industrial (ZUI), enquanto Zonas de Expansão de Uso Misto (ZEUM) são vistas mais amplamente, preenchendo fragmentos espaciais. O perímetro urbano tem sua forma devido à visível relação com interesses privados para a abertura de novos loteamentos, visto que são realizadas alterações no perímetro urbano diversas vezes, formando espaços urbanos não totalmente conexos com o restante da cidade.

Figura 41 – Histórico de crescimento da área urbana e zonas de expansão urbana (2018) de Guararapes/SP.

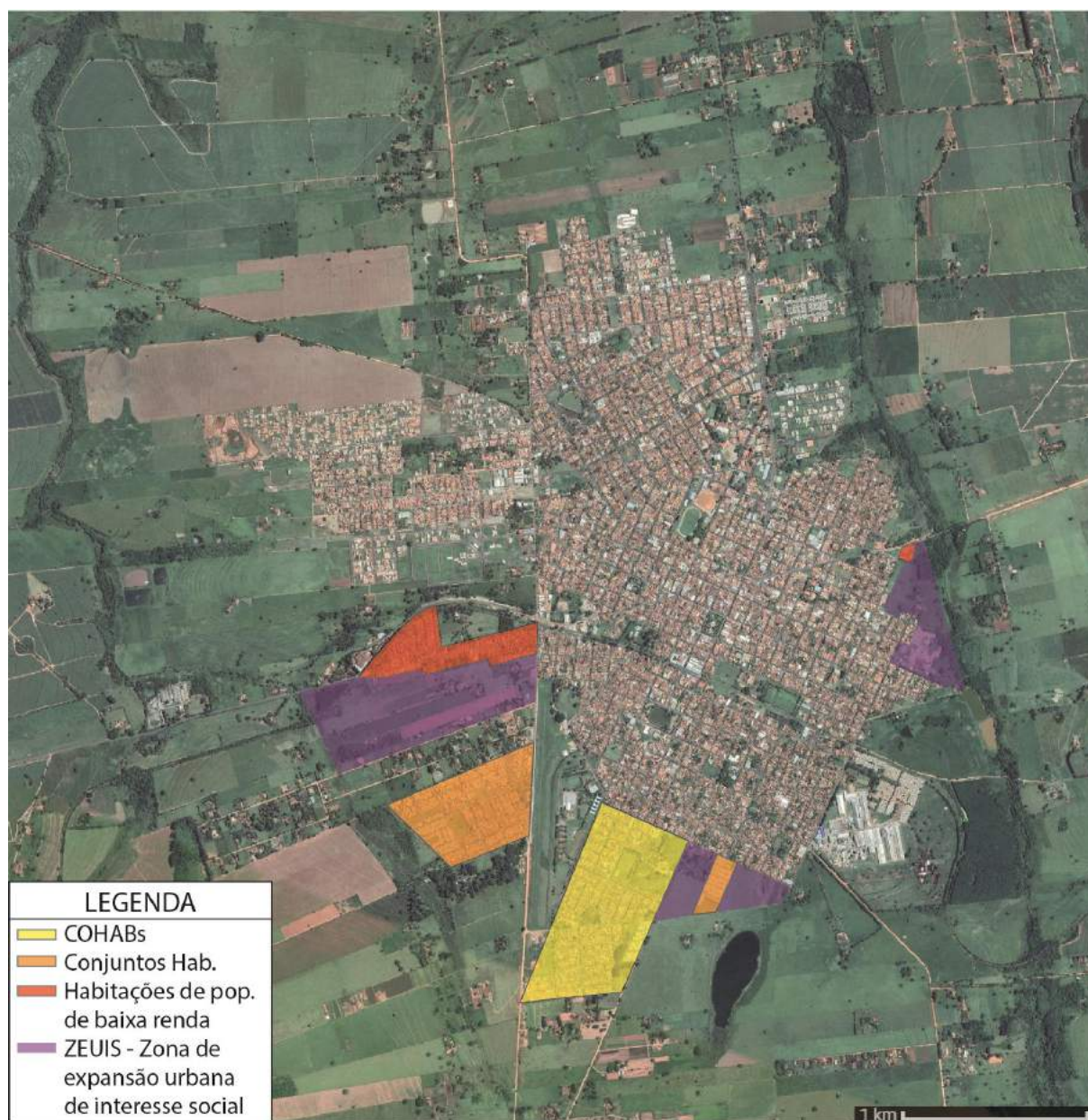


Fonte: GUERRA, 2018, adaptada pelo autor, 2020.

Mesmo caracterizada como uma cidade de pequeno porte, já possui conjuntos habitacionais construído em áreas periféricas (Figura 42), principalmente ao Sul, e que, inclusive, estavam fora do limite urbano quando foram projetados. Apesar de existirem lotes – e até glebas – disponíveis nas áreas mais centrais ou em bairros já consolidados, foram definidas às margens da cidade os locais para habitações de interesse popular. Atualmente é visto uma postura similar quando se observa as ZEUIS, alocadas próximas às áreas onde

já existem populações de baixa renda, gerando maior segregação socioespacial no município.

Figura 42 – A população de baixa renda em Guararapes/SP.



Fonte: GUERRA, 2018, adaptada pelo autor, 2020.

A partir das informações urbanísticas e sociais trazidas, é possível o apontamento de possíveis relações a serem estabelecidas em relação a ações voltadas à drenagem pluvial. A presença de grandes empresas emerge como possíveis apoiadores de medidas ambientais voltadas para a sustentabilidade através de contrapartidas e até projetos particulares. A localização estratégica da cidade no mapa brasileiro e paulista possibilita fácil

acesso da população e de gestores públicos a cidades-polo regionais, estas podendo servir como possíveis exemplos incentivadores a atualizações legislativas e até de posturas dos poderes públicos e seus municípios em relação ao manejo pluvial urbano.

O modelo horizontal espreado de ocupação do solo verificado na cidade ocupa uma grande extensão territorial, com a presença de vazios urbanos dentro de seu perímetro - a ser mais analisado no capítulo 6.2.3. Esse modelo, apesar de indesejado do ponto de vista de aproveitamento da infraestrutura em rede existente, pode ser aproveitado do ponto de vista da disponibilidade de superfície para uso de técnicas da drenagem alternativa nas áreas não edificadas, utilizando-se dos espaços na superfície para a implantação de dispositivos de retenção ou detenção de escoamento, integradamente ao sistema de drenagem tradicional. Obviamente este não era o destino previsto pra estes vazios que muitas vezes aguardam valorização imobiliária, mas, num cenário de possibilidades e redefinição da função social da propriedade, podem se tornar oportunidade de redesenho urbano.

6.2.2 Ambiente e Clima – Dados

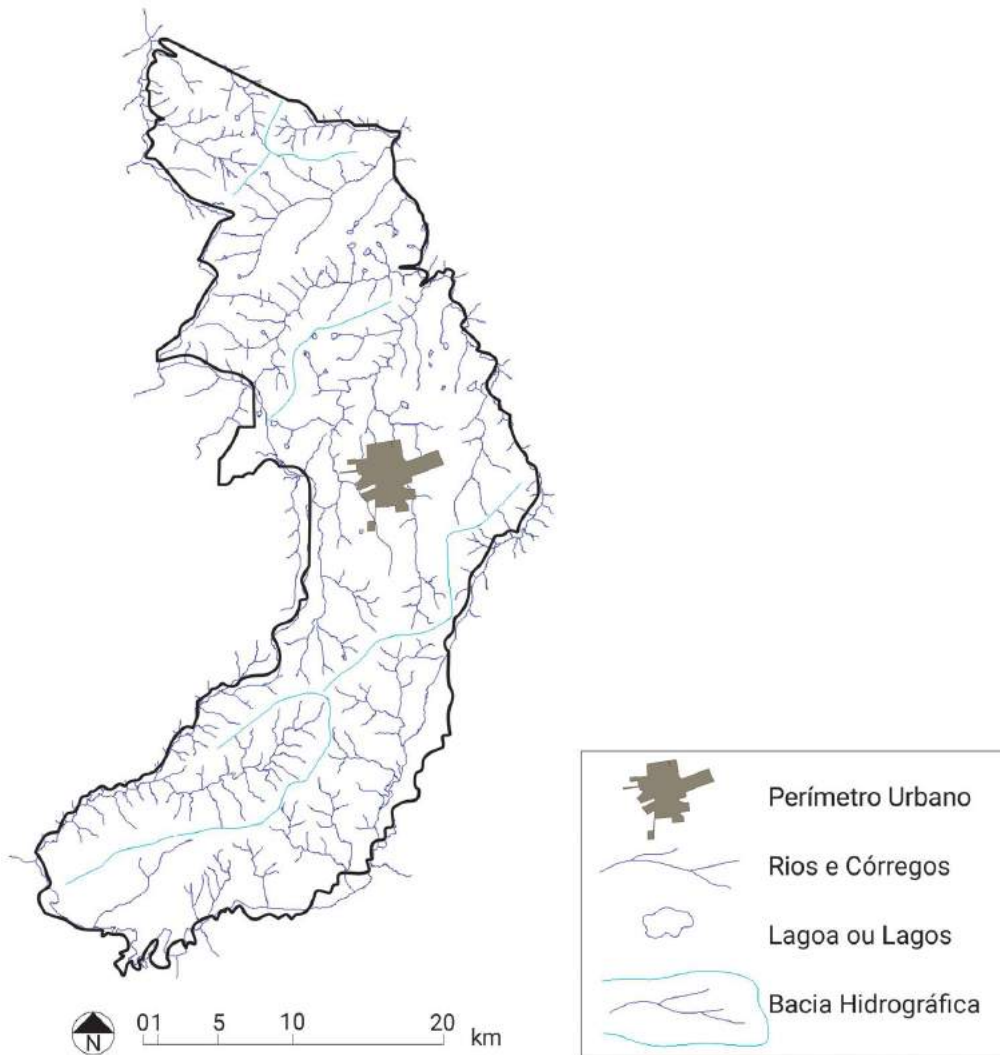
Toda a área urbana do município integra o Comitê da Bacia Hidrográfica Baixo Tietê - CBH-BT (Figura 43), localizando-se na posição centro-sul da bacia, e possui uma rede hidrográfica formada pelo rio Aguapeí, ribeirões do Bálamo e Jangada e os córregos Areia Branca, Aracanguá, Azul, Barra Grande, Borboleta, Corredeira, Divisa, Frutal, Jacareatinga, Nascente, Nove de Abril e 3 Pontes (Figura 44). Entretanto, a área do extremo Sul do município faz parte do Comitê das Bacias Hidrográficas dos Rios Aguapeí e Peixe (CBHAP), porém distante da área urbana. Sendo assim, todos os rios próximos à zona urbana fluem sentido norte, ao Rio Tietê.

Figura 43 – Comitê da Bacia Hidrográfica Baixo Tietê.



Fonte: SIGRH, 2019.

Figura 44 – Rede hidrográfica do município.



Fonte: GUERRA, 2018.

Nenhum curso d'água atravessa por completo o perímetro urbano da cidade (Figura 45), a maior parte margeia-o, como os córregos Frutal (no perímetro urbano à Leste, e à Norte com alguns de seus afluentes) e 3 Pontes (à Sudoeste, como afluente do córrego Barra Grande), enquanto os demais distam pelo menos 3 km do perímetro urbano.

Figura 45 – Cursos d'água urbanos de Guararapes/SP.

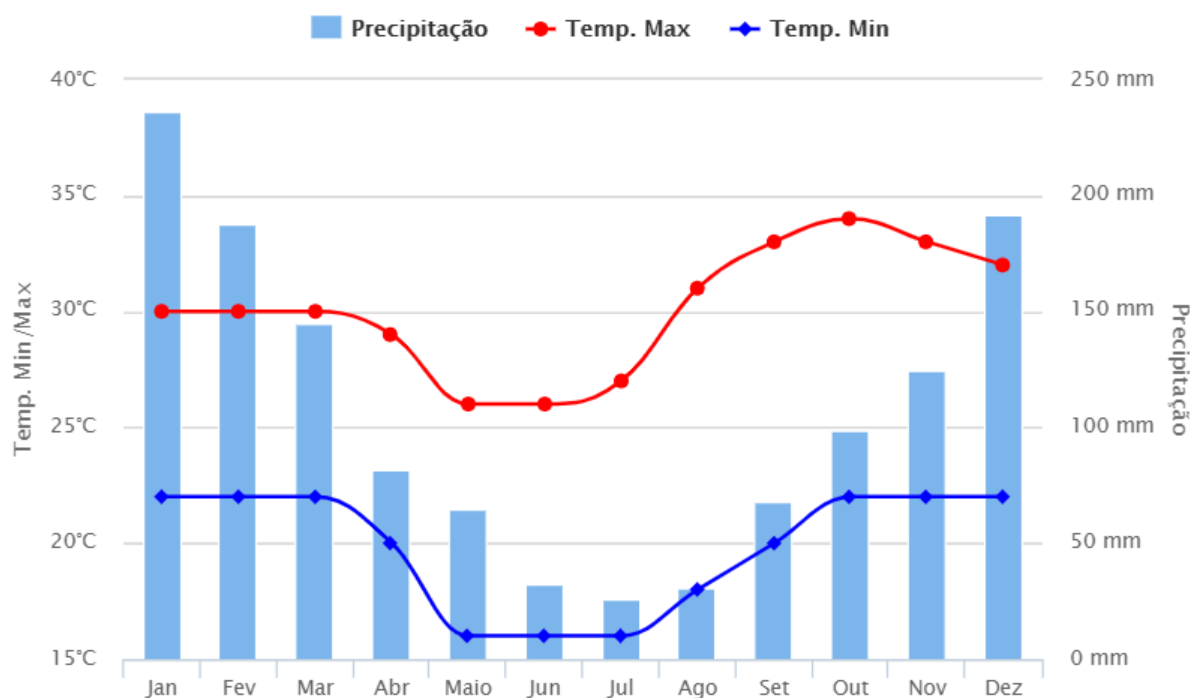


Fonte: GOOGLE MAPS, 2020; PREFEITURA MUNICIPAL DE GUARARAPES, 2017, elaborada pelo autor, 2020.

Devido a sua localização ($21^{\circ}16'35''S$ $50^{\circ}37'00''W$) e altitude (398 m), seu clima é considerado quente e seco, apresentando temperatura anual média mínima de $19,8^{\circ}C$ e máxima de $30^{\circ}C$. Seu pico de temperatura mensal média máxima é no mês de outubro (Gráfico 2), e mínimo nos meses de maio a julho (SIGRH, 2019; PREFEITURA MUNICIPAL DE GUARARAPES, 2017)(CLIMATEMPO, 2020).

Quanto à precipitação local acumulada mensal (Gráfico 2), há valores maiores do que 100 mm nos meses de novembro a março, sendo o pico em janeiro, atingido a marca de 236 mm. Enquanto que somente de junho a agosto são os meses com valores menores do que 50 mm, sendo julho o valor mínimo de 26 mm (CLIMATEMPO, 2020).

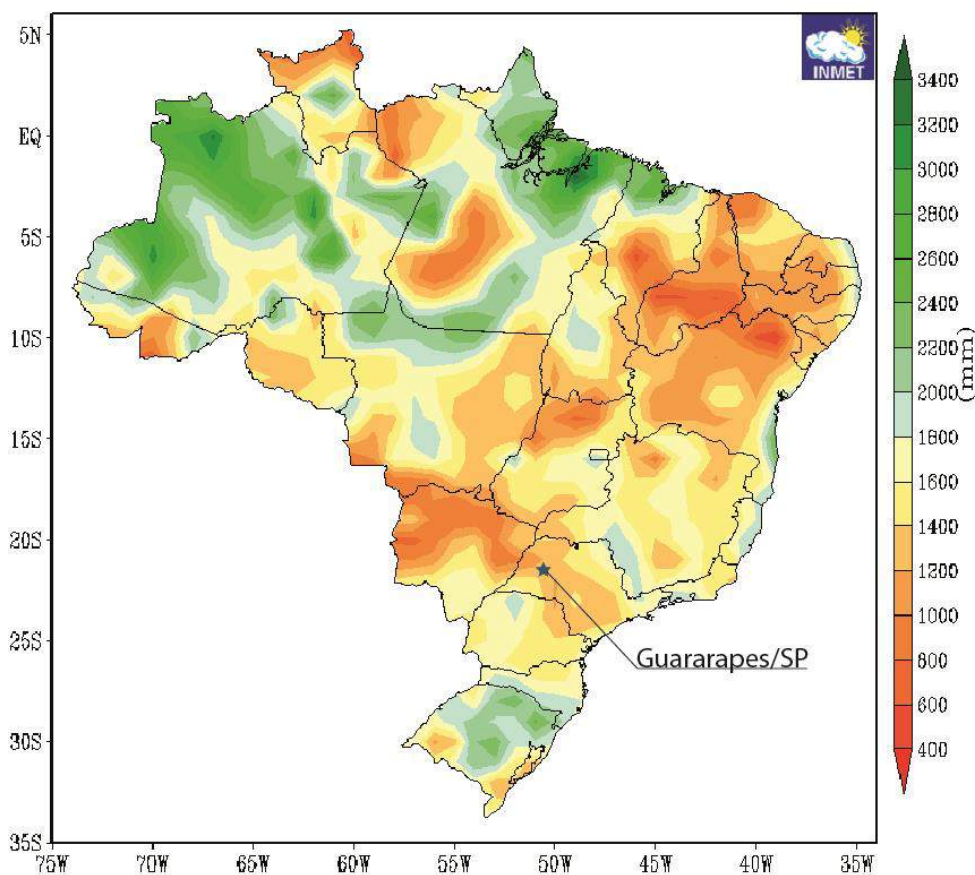
Gráfico 2 – Precipitação acumulada média mensal, em mm, e temperatura média mínima e máxima, em °C, em Guararapes (série de dados dos últimos 30 anos).



Fonte: CLIMATEMPO, 2020.

Comparando o cenário brasileiro (Figura 46) com o de Guararapes no ano de 2018, este posiciona-se nos valores médios-baixos de pluviosidade anual, pertencendo à margem de 1200 a 1400 mm, que também é vista nas demais regiões do país, mais concentradamente na centro-oeste e nordeste (INMET, 2019).

Figura 46 – Precipitação total anual do ano de 2018, no Brasil.



Fonte: INMET, 2019.

No entanto, apesar de não fazer parte das zonas de alta pluviosidade anual, houve dois eventos pluviométricos próximos na última década que ocasionaram problemas urbanos relacionados à drenagem pluvial. No mês de janeiro do ano de 2017, foram noticiados casos de inundações e alagamentos na região de Araçatuba, e Guararapes foi uma das cidades atingidas (Figura 47). Pluviômetros chegaram à marca de 122 mm de chuva em somente um dia. Como resultado, praças foram alagadas e algumas ruas se tornaram cursos d'água, rumo aos pontos mais baixos da cidade, de modo que aproximadamente 70 casas foram invadidas pelas águas pluviais (DE OLHO NO TEMPO, 2017). Evento hidrológico similar foi visto no ano do 2020, no início do mês de fevereiro. Segundo relatos, após aproximadamente 80 mm de chuva, com duração de 45 minutos, foram vistos diversos pontos de inundações e alagamentos na cidade de Guararapes. Foi informado que diversas residências e comércios tiveram seus edifícios alagados (Figura 48), além de carregamentos de asfaltos e terras até pontos mais baixos da cidade, expondo ruas

e comprometendo diretamente a vida de seus habitantes (GUARARAPES SORRISO NEWS, 2020; BOM DIA CIDADE, 2020).

Figura 47 – Nível d'água elevado, atingindo a fachada dos edifícios, após chuva de 19 de janeiro de 2017, em Guararapes/SP.



Fonte: DE OLHO NO TEMPO, 2017.

Figura 48 – Nível d'água elevado, atingindo a fachada dos edifícios, após chuva de 6 de fevereiro de 2020, em Guararapes/SP.



Fonte: BOM DIA CIDADE, 2020.

Segundo os principais jornais que relataram o ocorrido (DE OLHO NO TEMPO, 2017; GUARARAPES SORRISO NEWS, 2020; BOM DIA CIDADE, 2020), os locais mais atingidos pelos eventos hidrológicos nos eventos citados foram a Praça Mohamad Dargham, a Instituição Militar do Exército Brasileiro (Tiro de Guerra) e os arredores de cada uma delas (Figura 49), reforçando-os como os principais locais de risco em momentos de grandes volumes pluviométricos.

Figura 49 - Áreas relatadas como alagadas nos eventos hidrológicos dos anos de 2017 e 2020 em Guararapes/SP.

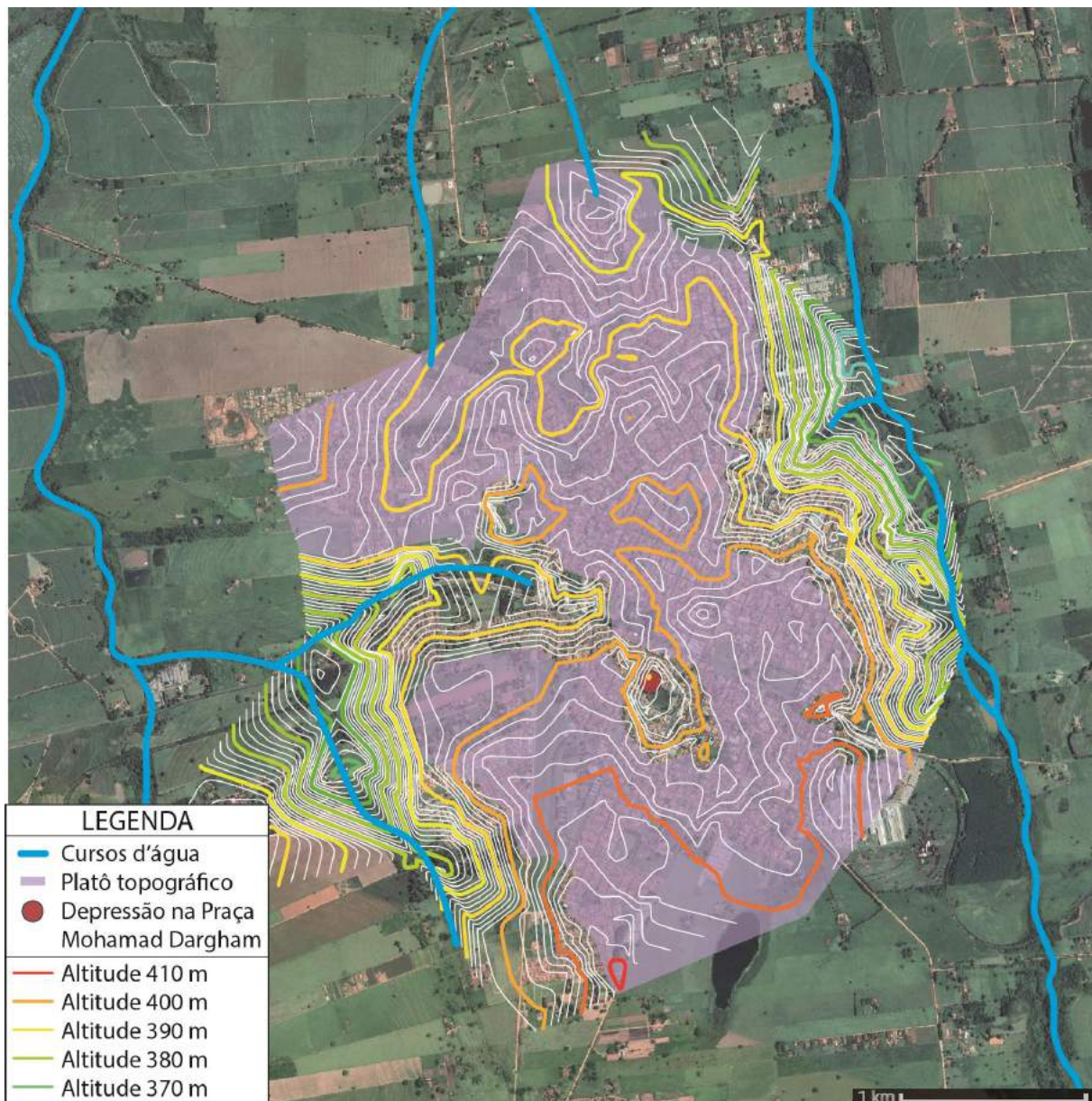


Fonte: GOOGLE MAPS, 2020; DE OLHO NO TEMPO, 2017; GUARARAPES SORRISO NEWS, 2020; BOM DIA CIDADE, 2020, elaborada pelo autor, 2020.

6.2.3 Ambiente e Clima – Análises

Tratando-se de seu perfil topográfico, Guararapes possui áreas pouco declivosas em seu eixo Norte-Sul de sua zona urbana, podendo ser considerado um platô (Figura 50), enquanto áreas mais próximas a cursos d'água são possuem declives mais acentuados. Há, na cidade, um ponto em que ocorre uma depressão em sua superfície, localizada em uma das esquinas da Praça Mohamad Dargham – uma das áreas alagadas nos eventos hidrológicos mencionados.

Figura 50 - Curvas de nível da área urbana de Guararapes/SP.

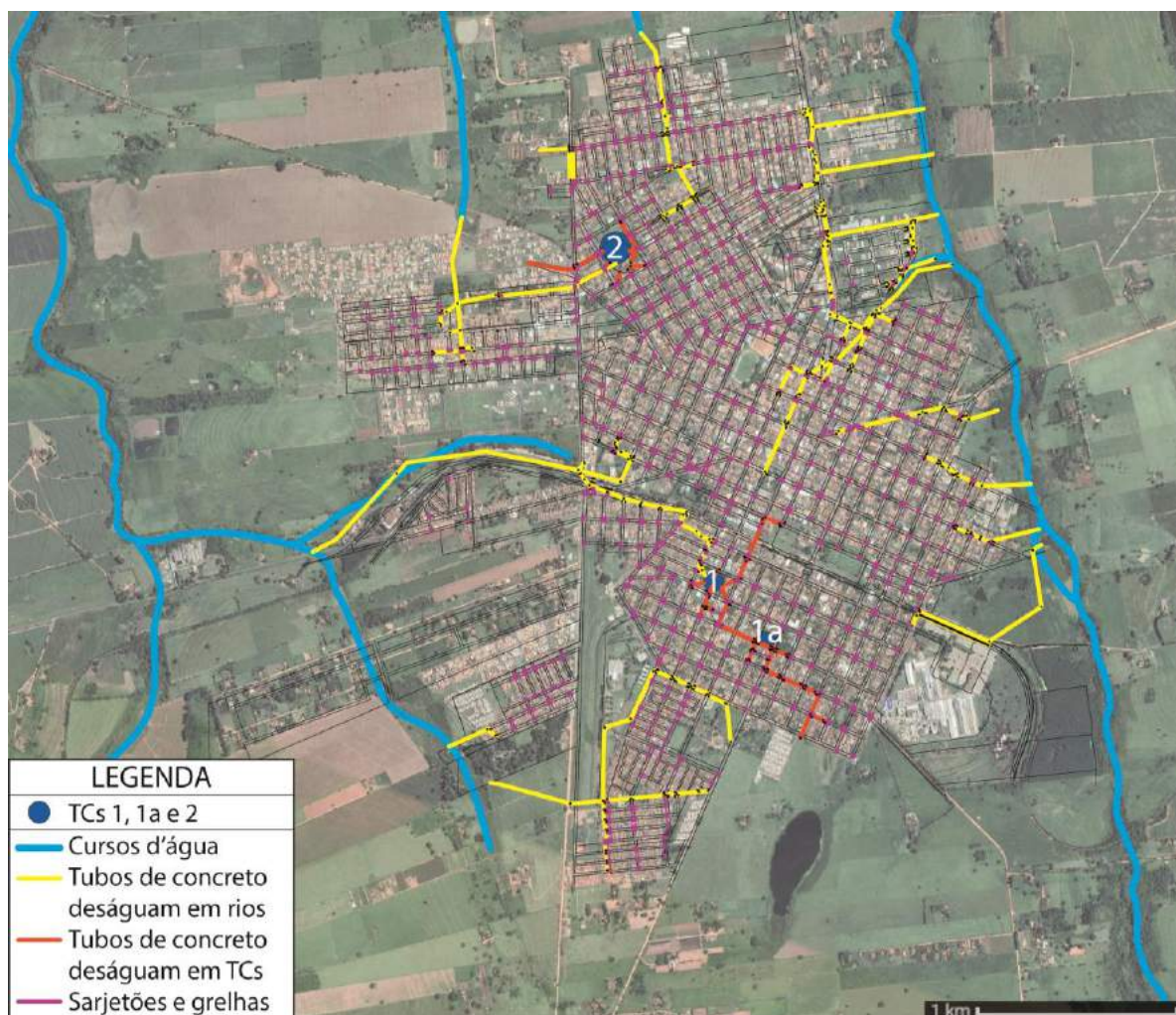


Fonte: GOOGLE MAPS, 2020; PREFEITURA MUNICIPAL DE GUARARAPES, 2017, elaborada pelo autor, 2020.

Devido às baixas declividades de grande parte de sua extensão, o município apresenta um cenário favorável para o deslocamento utilizando-se de bicicletas. No ano de 2014, foi feita uma reportagem sobre a cidade ter uma proporção de duas bicicletas por habitante (SBT JORNALISMO, 2014) e, segundo relatos da população em grupos focais, este meio de transporte é comumente utilizado para movimentações diárias, principalmente pela população mais jovem ou de mais baixa renda (GUERRA, 2018).

Quanto à drenagem pluvial existente na cidade (Figura 51), há a prevalência do uso de sarjetas, sarjetões e grelhas, elementos da drenagem pluvial tradicional superficial. Em locais onde há maior concentração de volume de água, é utilizada a drenagem canalizada e soterrada – também parte da drenagem tradicional –, a partir de tubos de concreto que deságuam em dispositivos compensatórios ou diretamente em cursos d'água periféricos.

Figura 51 - Sistema de drenagem pluvial existente em Guararapes/SP.



Fonte: GOOGLE MAPS, 2020; PREFEITURA MUNICIPAL DE GUARARAPES, 2017, elaborada pelo autor, 2020.

Uma reclamação constante da comunidade, quando se trata das ruas da cidade, é sobre o desgosto de motoristas, principalmente de automóveis, em relação aos sarjetões. Conforme demonstrado na Figura 52, é comum a falta de manutenção de suas superfícies, tornando-se mais acentuados do que o planejado, o que acaba por depreder partes inferiores de veículos (GUERRA, 2018). Outro problema relatado é sobre quando ocorre o recapeamento de vias, pois o sarjetão é deixado cada vez mais baixo, sem a sua reconstrução, piorando o cenário mencionado. Além disso, constata-se sua existência até mesmo em vias de mais alto fluxo, influenciando no trânsito de veículos.

Uma das mais corriqueiras justificativas para o não uso de abordagens alternativas é a necessidade de manutenção do sistema. Entretanto, deve-se levar em consideração que o sistema tradicional também necessita de vistorias e manutenções, como visto nas imagens, e cabe ao responsável técnico elaborar um plano a ser seguido pelo responsável por sua manutenção. Sendo assim, ambos sistemas necessitam de planos de manutenção, de modo que não interfira no uso do ambiente urbano por parte de seus habitantes.

Figura 52 - Sarjetões em cruzamentos de diferentes vias, em Guararapes/SP.



Fonte: Elaborada pelo autor, 2020.

Conforme a Figura 51, existem dois sistemas de drenagem compensatórios construídos na cidade: sistema da Praça Mohamad Dargham, composto por uma bacia de retenção (seca) na Praça Mohamad Dargham (1) e uma bacia de retenção no lote do Tiro de Guerra (1a); e o sistema da Praça do Trabalhador (2), composto de uma bacia de retenção (seca) e uma bacia de retenção (molhada). As quatro bacias foram construídas em áreas onde anteriormente existiam lagoas naturais, e a justificativa, na época, foi solucionar enchentes (cheias até os limites das margens do corpo d'água) e inundações (cheias além das margens) que atingiam áreas em processo de urbanização ao redor das lagoas. O dispositivo da Praça Mohamad Dargham (1) foi o primeiro a ser construído, no ano de 1994, tendo o volume detido escoado por galerias pluviais até o Córrego 3 Pontes, que deságua no Córrego Barra Grande, à Oeste da zona urbana. A segunda TC a ser construída foi a bacia de retenção do Tiro de Guerra (1a), integrada ao sistema da Praça Mohamad Dargham, no ano de 1999, o qual tem função de complementar o volume detido pela TC localizada na praça. A última delas a ser construída foram as bacias de retenção (seca) e retenção (molhada) da Praça do Trabalhador, implantadas no ano de 2004, cujo volume detido é escoado, também através de galerias pluviais, até um afluente do Córrego Frutal, à Noroeste da zona urbana.

Apesar da inovação técnica – considerando o período que foram construídas – e de sua função hidrológica, as bacias não constam como parte do sistema de drenagem pluvial municipal representado no arquivo CAD fornecido pela Prefeitura. Por serem técnicas compensatórias à drenagem, seu apontamento no sistema de drenagem pluvial é imprescindível, pois exerce função hidrológica integradamente ao sistema tradicional. Ademais, não foi observada divulgação, esclarecimento ou informações – seja no website da prefeitura, em legislações específicas ou nos locais onde estão construídas – sobre suas funções hidrológicas e cuidados para o convívio da população, visto que as TCs estão implantadas em áreas de uso comum do povo (praças) ou de uso especial (Tiro de Guerra). Assim, dificulta-se a conscientização para o reconhecimento das estruturas e de sua importância para a drenagem pluvial. Além disso, não existem planos ou diretrizes municipais que apontem suas localizações, manutenções ou quaisquer informações sobre responsabilidades e possíveis expansões ou construções de novos dispositivos no município.

A TC 1 da Figura 51 é uma bacia de retenção (seca) – ou seja, quando não está exercendo sua função hidrológica, permanece sem volume de água – implantada no centro da Praça Mohamad Dargham (Figura 53), ocupando mais do que metade da área da praça. A bacia é quase toda cercada de arames e arbustos, que bloqueiam a visão de quem

transita pela praça, com pequenas aberturas em locais onde há azulejos decorados. Antes de sua construção, já existia uma lagoa natural no local, o que pode ser confirmado pela depressão mencionada no subcapítulo anterior, quando tratando das curvas de nível. Também como citado anteriormente, sobre eventos hidrológicos ocorridos, a praça é o local onde mais foram relatados alagamentos nos períodos de alta pluviosidade. Normalmente após a ocorrência dos alagamentos, foram realizadas, pelo poder público municipal, medidas de desassoreamento do dispositivo.

Figura 53 - Bacia de detenção (seca) na Praça Mohamad Dargham, em Guararapes/SP.



Fonte: Elaborada pelo autor, 2020.

A TC 1a da Figura 51, localizada no lote do Tiro de Guerra (Figura 54), também faz parte do sistema compensatório da Praça Mohamed Dargham. O dispositivo é uma bacia de detenção (seca) permeável e com multifuncionalidade, pois, no local, também há um campo de futebol, aspecto muito positivo quando se trata de aumentar a eficiência do uso do solo urbano. Apesar de sua função no sistema de drenagem, o dispositivo não recebe diretamente água de escoamento pluvial, ele é utilizado como extravasor da TC 1, da Praça Mohamed Dargham - ou seja, em casos quando o volume de água detido pelo dispositivo 1, da praça, supera seus limites, a água pluvial é direcionada para a bacia 1a, do Tiro de Guerra.

Figura 54 - Bacia de detenção (seca) no Tiro de Guerra, em Guararapes/SP.



Fonte: Elaborada pelo autor, 2020.

A TC 2 da Figura 51 trata-se de um conjunto de duas bacias, uma de retenção (molhada) – possui volume de água mesmo quando não exercendo sua função hidrológica – e uma de detenção (seca), e estão implantadas na Praça do Trabalhador, também conhecida como Praça da Lagoa (Figura 55). Apesar de juntas as bacias possuírem maior área de ocupação do que quando comparada à TC 1, as duas lagoas ocupam menor porcentagem de área da praça – que possui maiores dimensões. Além disso, as bacias são integradas visualmente ao cenário, formando paisagens naturais verdes, incluindo uma passagem para pedestres entre os dois dispositivos. Mesmo que sem acesso físico, a relação usuário-dispositivo é mais próxima. Assim como a TC 1, são vistas medidas de desassoreamento nas bacias da TC 2, por parte do poder público municipal.

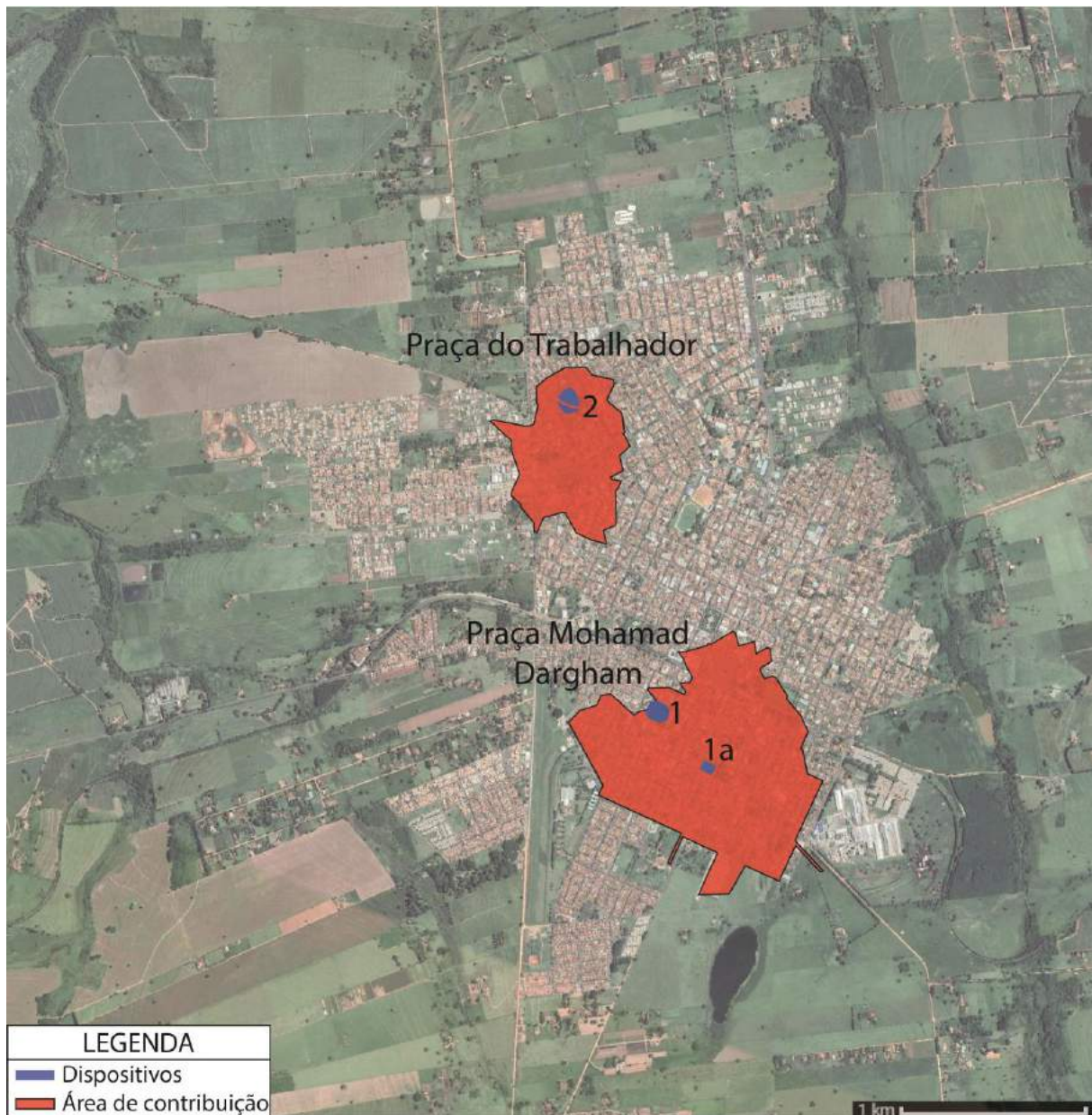
Figura 55 - Bacias de retenção (molhada) e detenção (seca) na Praça do Trabalhador, em Guararapes/SP.



Fonte: Elaborada pelo autor, 2020.

Assim como as TCs da UFSCar, é importante a análise das condicionantes espaciais dos dispositivos em Guararapes. Para realizar o cálculo das áreas de contribuição (Figura 56), foi feita a análise do caminho da água pluvial através de arquivos CAD do sistema de drenagem existente na cidade, disponibilizados pela Prefeitura Municipal de Guararapes (2017), onde são apontados os caimentos de cada via. Por não terem sido disponibilizados os projetos específicos das bacias de detenção e retenção pelo município, suas áreas foram calculadas utilizando-se de imagens de satélites, através do Google Maps (2020).

Figura 56 - Área de contribuição dos dispositivos compensatórios existentes em Guararapes/SP.



Fonte: GOOGLE MAPS, 2020; PREFEITURA MUNICIPAL DE GUARARAPES, 2017, elaborada pelo autor, 2020.

Ao analisar a área dos dispositivos em relação a suas áreas de contribuição, a bacia da Praça Mohamad Dargham possui 10.050 m² (GOOGLE MAPS, 2020) e a do Tiro de Guerra possui 3.660m² (GOOGLE MAPS, 2020), e juntas captam água de 1.129.655 m³ (PREFEITURA MUNICIPAL DE GUARARAPES, 2017), gerando uma razão de 1,21% de área dos dispositivos pela área de contribuição. As bacias Praça do Trabalhados possuem 6.140 m² (bacia seca; GOOGLE MAPS, 2020) e 9.545 m² (bacia molhada; GOOGLE MAPS,

2020), e juntas captam água de 455.725 m² (PREFEITURA MUNICIPAL DE GUARARAPES, 2017), com razão de 3,40% de área do dispositivo em relação à contribuição.

Tabela 4 - TCs de Guararapes e áreas ocupadas.

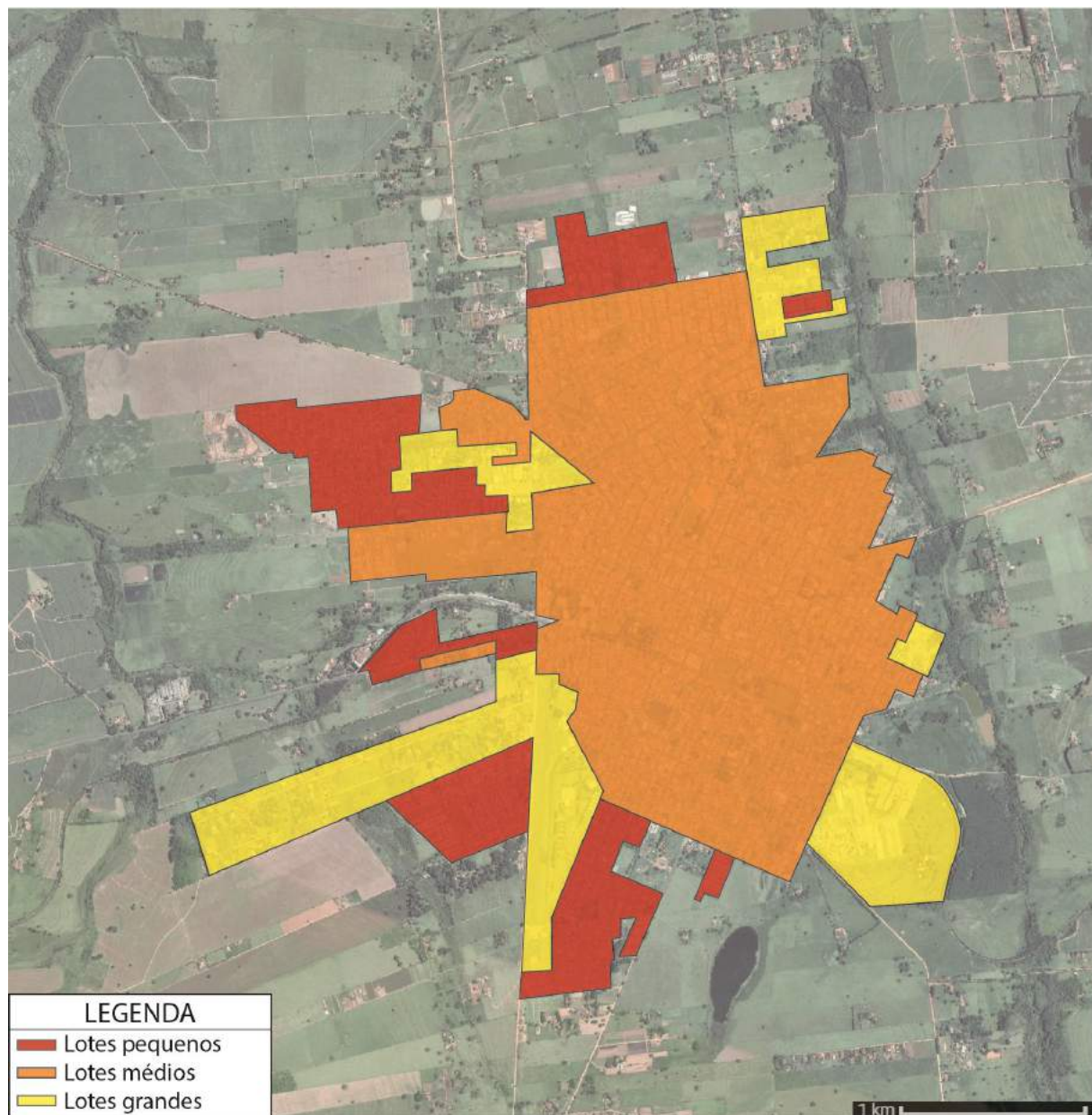
Técnica Compensatória	Área ocupada pela TC (m²) - A	Área de contribuição (m²) - B	A/B (%)
TC 1 e 1a (Praça Mohamad Dargham)	10.050 (detenção Praça) 3.660 (detenção TG)	1.129.655	1,21
TC 2 (Praça do Trabalhador)	6.140 (detenção) + 9.545 (retenção)	455.725	3,40

Fonte: Elaborada pelo autor, 2020.

Conforme tratado nos referenciais teóricos e análises de áreas ocupadas por TCs (UFSCar e Guararapes), dispositivos compensatórios ocupam espaços urbanos e, a depender do modelo de ocupação, são permitidas ou dificultadas certas abordagens. Além disso, a presença de espaços permeáveis, ao contrário de espaços edificados, demonstra possíveis abordagens, visto que o sistema entende a necessidade de tornar as condições de drenagem próximas às pré-urbanização. Levando em conta tal necessidade espacial e de permeabilidade (ou até disponibilidade territorial), a cidade foi analisada e dividida em áreas com características similares, utilizando três abordagens:

- Área dos lotes-padrão: pequena – 9 m x 20 m; média – 12 m x 40 m; grande – maiores do que 12 m x 40 m (Figura 57);
- Proximidade a glebas – áreas não loteadas: ao lado de glebas; próximo, porém não ao lado de glebas; distante de glebas (Figura 58);
- Presença de áreas verdes ou vazios urbanos: áreas verdes; áreas institucionais sem equipamentos; vazios urbanos (Figura 59);

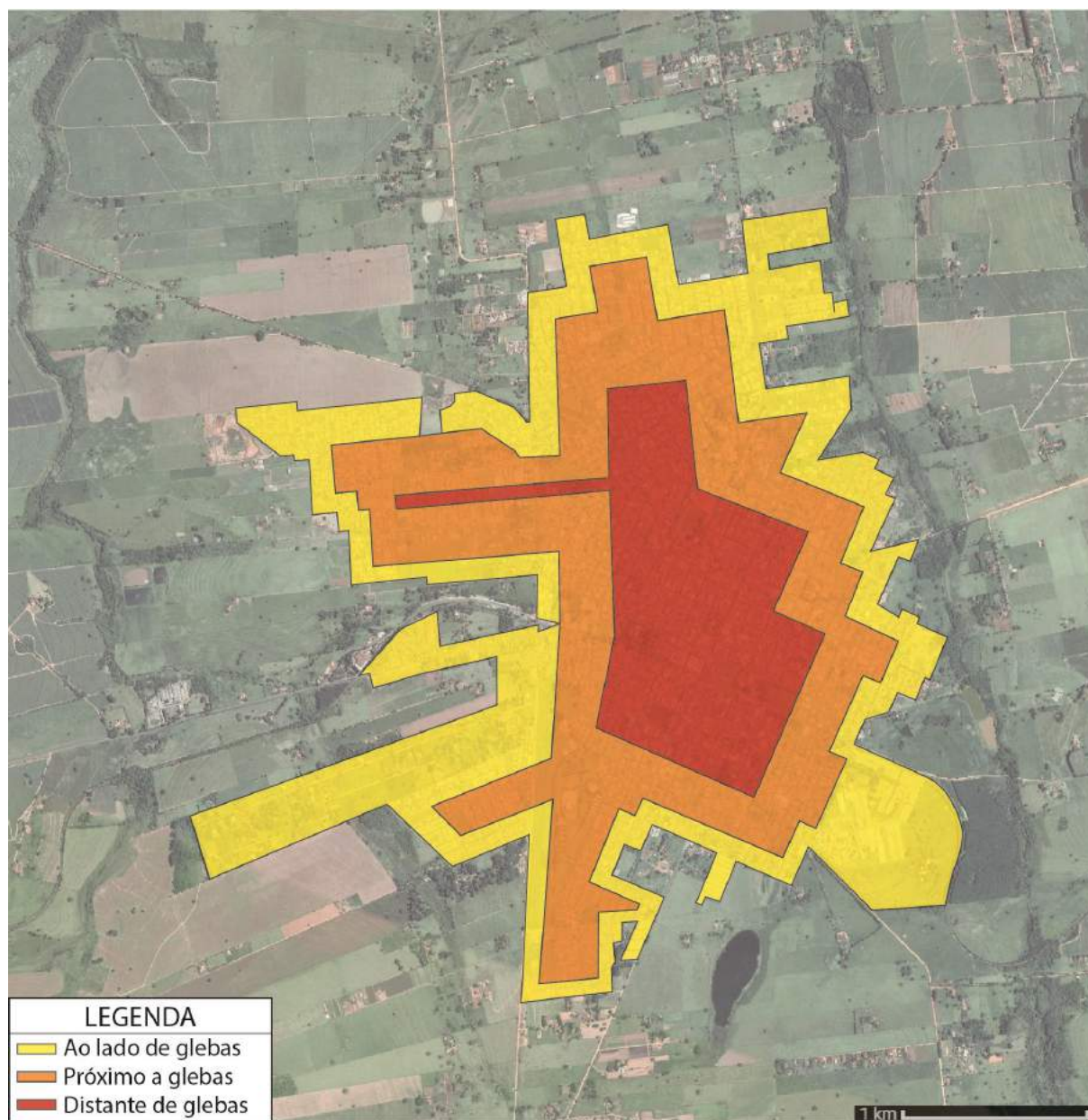
Figura 57 – Guararapes dividida em regiões a partir da área dos lotes-padrão.



Fonte: GOOGLE MAPS, 2020; PREFEITURA MUNICIPAL DE GUARARAPES, 2017, elaborada pelo autor, 2020.

Evidencia-se grande prevalência de lotes de tamanho médio no município, principalmente nas regiões históricas e de loteamentos mais antigos. A concentração de lotes pequenos é maior nas zonas urbanas periféricas à Oeste e Sul, tendo suas origens loteamentos de população de baixa renda. Lotes grande são também são característicos de zonas urbanas periféricas, porém devido ao uso do solo ser industrial ou composto por chácaras.

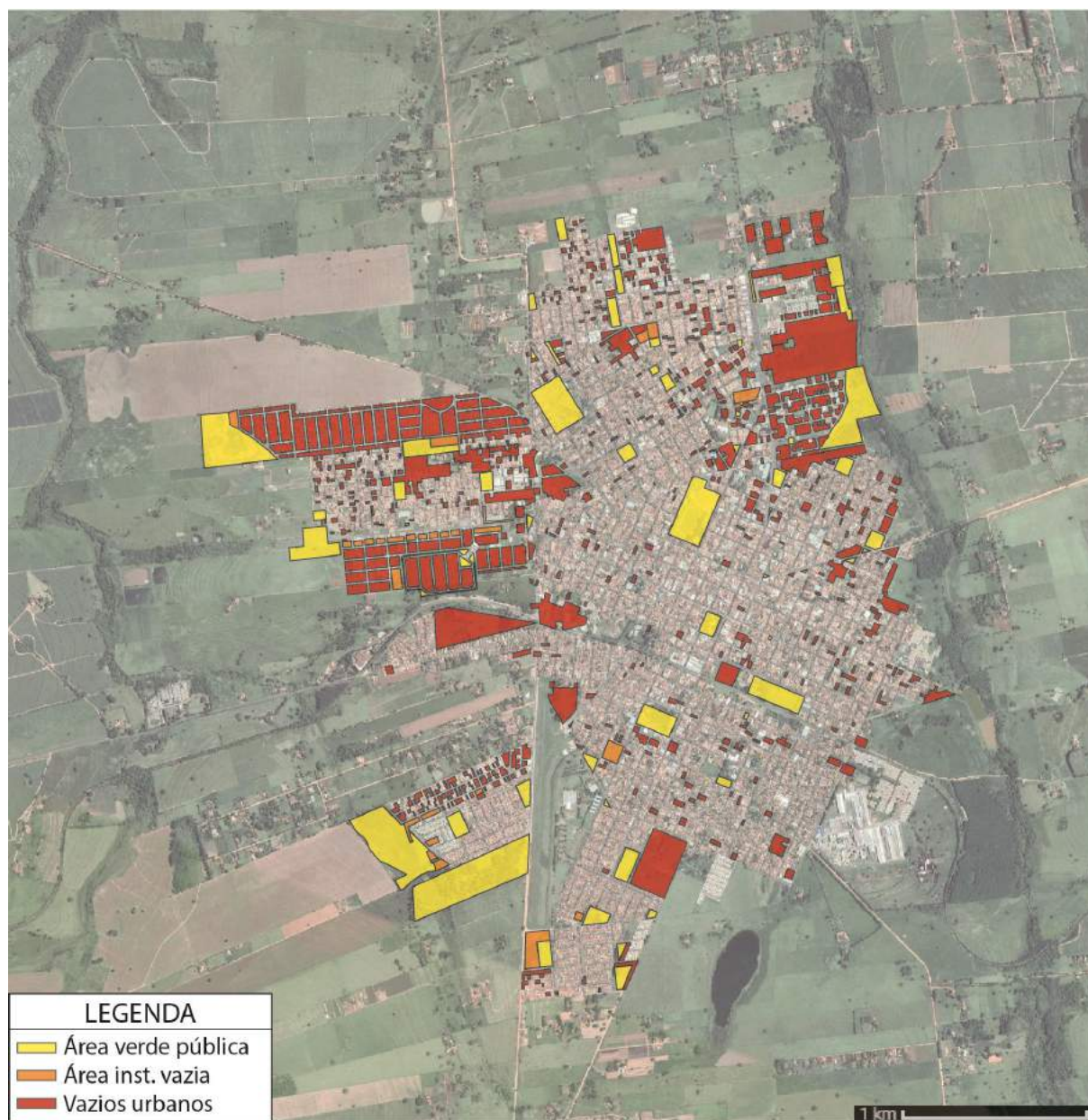
Figura 58 – Guararapes dividida em regiões a partir da proximidade a glebas (áreas não loteadas).



Fonte: GOOGLE MAPS, 2020 elaborada pelo autor, 2020.

Como a zona urbana possui sua enorme maioria já loteada, áreas vizinhas a glebas são encontradas nas periferias do perímetro urbano. Sendo assim, as áreas centrais e centro-norte são as mais distantes de grandes áreas não edificadas.

Figura 59 – Áreas verdes, institucionais sem equipamento e vazios urbanos em Guararapes.



Fonte: GOOGLE MAPS, 2020; GUERRA, 2018, elaborada pelo autor, 2020.

As áreas verdes públicas do município possuem, em sua maioria, grandes áreas e estão mais presentes a Oeste e Norte da área urbana, quase inexistindo a Sudeste. Já as áreas institucionais vazias, são vistas majoritariamente em novas áreas loteadas, sendo sua maior concentração a Norte e Noroeste. Os vazios urbanos são vistos em grandes quantidades e áreas, principalmente em loteamento mais recente a Nordeste e Noroeste. Ainda assim, há a presença de vazios urbanos em toda a cidade, com pequenos lotes não edificados.

Deste modo, percebe-se uma característica comum em que as áreas mais centrais – no sentido do perímetro urbano – são regiões com lotes de tamanho médio e distantes de glebas permeáveis, porém com alguns vazios urbanos e, apesar de poucas em quantidades, áreas verdes públicas de dimensões consideráveis. Em contraste, vê-se as áreas periféricas da cidade ocupadas por lotes em sua maioria grandes e pequenos – de maneira mesclada – , ao lado ou próximas a enormes glebas permeáveis, e com áreas institucionais vazias e muitos vazios urbanos e áreas verdes públicas.

6.2.4 Legislações Específicas

6.2.4.1 Legislações Municipais Urbanísticas

O PDU de Guararapes foi aprovado em 2006, período de incentivos do governo e do Estatuto da Cidade para formulação de PDUs em cidades do Brasil todo, e, aparentemente este foi feito somente para preencher o requisito, pois pouco se vê sobre especificidades locais (GUERRA, 2018). Desde sua aprovação, foram feitas alterações e adições pontuais, porém não há previsão para sua revisão. Ponto este que acaba por denunciar o seu pouco uso, visto que se fosse um documento utilizado frequentemente, sua atualização seria imprescindível para guiar o desenvolvimento citadino, acompanhando a evolução de técnicas e abordagens atuais.

Nas legislações urbanísticas municipais, os trechos que tratam da drenagem de águas pluviais seguem conforme o Quadro 17.

No Código de Obras (PREFEITURA MUNICIPAL DE GUARARAPES, 1978), são estabelecidas regras nas construções civis considerando as águas pluviais e, como esperado, devido a sua não revisão (ainda a primeira versão, desenvolvida há mais de 40 anos), nada é observado no sentido de uso da drenagem sustentável ou mesmo técnicas compensatórias. Esta legislação seria a principal para o direcionamento de técnicas, através da exigência a depender dos locais de edificação/urbanização e técnicas construtivas a serem utilizadas, afinal, é a legislação mais largamente utilizada durante o desenvolvimento projetual. A única exigência relacionada a inundações é genérica e de difícil aplicação, visto que não se baseia no PDU – inexistente à época.

Na Lei Orgânica (PREFEITURA MUNICIPAL DE GUARARAPES, 1990), o Art. 9 preocupa-se mais com o bem-estar de sua população e meio ambiente, prevendo necessidades básicas, como escoamento de águas pluviais, tendo algumas exigências para o controle de inundações em seu Art. 196, utilizando-se de algumas palavras aplicáveis ao utilizar-se do princípios do LID, como: implementar programas permanentes de controle; sistemas de alerta; áreas destinadas para escoamento e mitigação e compensação os efeitos de construções urbanas.

Seguindo a mesma linha de raciocínio do Art. 9 da Lei Orgânica, o Plano Comunitário de Melhoramentos (PREFEITURA MUNICIPAL DE GUARARAPES, 1992) nada traz de novo no sentido da drenagem sustentável pois, novamente, trata de medidas básicas de urbanização considerando as águas pluviais, ou seja, galerias e sarjetas como método de escoamento superficial, apenas incluindo o rateio pelos proprietários.

O PDU (PREFEITURA MUNICIPAL DE GUARARAPES, 2006) é a lei que possui maiores exigências relacionadas ao LID, pois aborda a necessidade de manutenção da vazão de escoamento superficial e condições pré-urbanização, bem como uma preocupação quanto ao processo em cadeia, considerando as vazões de parcelamentos à montante. Entretanto, são exigências de difícil aplicação, visto que não aponta áreas de aplicação, condições a serem analisadas em cada local e demanda de estudos de impactos, visto que o PDU tem a função de ordenar a ocupação, ou seja, deve ser específico, para ser facilmente aplicável à cidade.

Entretanto, apesar de não mencionar especificamente na drenagem pluvial, é visto nas legislações urbanas, principalmente na Lei Orgânica e no PDU, a exigência da preservação das condições ambientais e de que soluções não sejam vistas como objetos individuais, mas como de múltiplos usos, princípios relacionados diretamente ao LID e a abordagens que utilizam da drenagem sustentável para melhoria das condições ambientais.

Quadro 17 – Legislações urbanísticas e manejo de águas pluviais.

Legislação	Menções relativas ao manejo de águas pluviais
<i>Código de Obras (1978)</i>	<p>Capítulo IV – Relativo ao Sistema de Água e Esgoto</p> <p>Art. 39 – É expressamente proibida a introdução de águas pluviais nos ramais de esgoto. Nos casos existentes é obrigatório a sua remoção ou inutilização.</p> <p>Art. 41 – Os edifícios, sempre que colocados nas divisas dos lotes ou dos alinhamentos, deverão apresentar calhas e condutores para escoamento das águas pluviais, de modo que essa água não caia diretamente no lote vizinho ou no logradouro público.</p> <p>Parágrafo Único – As águas pluviais provenientes dos lotes deverão ser canalizadas até as sarjetas ou galerias das imediações, passando sempre por baixo das calçadas.</p> <p>Capítulo VI – Dos loteamentos e retalhamentos de imóveis em geral</p> <p>Art. 88 – Atendendo as indicações do artigo anterior, o requerente, orientado pela via de planta que lhe será devolvida organizará projeto definitivo, na escala de 1:1000 em cinco vias. Este projeto será assinado por profissional devidamente habilitado pelo CREA e pelo proprietário, acrescido das seguintes indicações e esclarecimentos:</p> <p>VIII – Projeto de rede de escoamento de águas pluviais, indicando o local de lançamento e forma de prevenção dos efeitos deletérios;</p> <p>Capítulo XI – Disposições Finais</p> <p>Art. 111 – Não poderão ser aprovados projetos de loteamento, nem permitida a abertura de via em terrenos baixos e alagadiços, sujeitos a inundações, sem que sejam previamente enterradas e executadas as obras de drenagem necessárias.</p>

<p><i>Lei Orgânica (1990)</i></p>	<p>Art. 9 - Ao Município compete a tudo quanto diga respeito ao seu peculiar interesse e ao bem-estar da população, cabendo-lhe, privativamente, dentre outras, as seguintes atribuições: Parágrafo Único – as normas de loteamentos e arruamento a que se refere o inciso XIV deste artigo deverão exigir reserva de áreas destinadas a: b) vias de tráfego e de passagem de canalizações públicas, de esgotos e de águas pluviais; c) passagens de canalizações públicas de esgoto e de águas pluviais, com largura mínima de dois metros, nos fundos dos lotes, cujo desnível seja superior a um metro da frente ao fundo.</p> <p>Art. 196 - Caberá ao Município, no campo dos recursos hídricos: I - Instituir programas permanentes de racionalização do uso, destinados ao abastecimento público e industrial e a irrigação, assim como de combate às inundações e à erosão urbana e rural, e de conservação do solo e da água; IV - Proceder ao zoneamento das áreas sujeitas a riscos de inundações, erosão e escorregamento do solo, bem como das áreas impróprias ou críticas, de forma a preservar a segurança e a saúde pública; VI - Implantar sistema de alerta e defesa civil, para garantir a saúde e segurança pública, quando de eventos hidrológicos indesejáveis; XI - Exigir, quando da aprovação dos loteamentos, completa infraestrutura urbana, correta drenagem das águas pluviais, proteção do solo superficial e a reserva de áreas destinadas ao escoamento de águas pluviais e às canalizações de esgotos públicos, em especial nos fundos do vale; XII - Controlar as águas pluviais de forma a mitigar e compensar os efeitos da urbanização no escoamento das águas e na erosão do solo; XVI - Adotar, sempre que possível, soluções não estruturais, quando da execução de obras de canalização e drenagem de água.</p>
<p><i>Plano Comunitário de Melhoramentos (1992)</i></p>	<p>Art. 2 – O plano comunitário municipal de melhoramentos compreenderá a execução de pavimentação, recapeamento, guias e sarjetas, extensão de rede de água e esgoto, galerias de águas pluviais e outras benfeitorias, e será acionado por iniciativa própria da Administração ou quando solicitado por 80% dos proprietários de imóveis localizados nas vias e logradouros públicos onde se dará a atuação, exceto para as obras de recapeamento, onde a anuência mínima deverá ser de 60%.</p>
<p><i>PDU (2006)</i></p>	<p>Capítulo III – Do parcelamento, uso e ocupação do solo Art. 31 – O parcelamento do solo nas Zonas Urbanas, de Expansão Urbana, de Expansão Urbana de Interesse Social e Industrial será regido pela lei de uso e ocupação do solo, obedecendo: IV – Preservação das linhas de drenagem natural das glebas, na posição original e a céu aberto;</p> <p>Art. 32 – O parcelador, à montante de área já urbanizada, não deverá provocar o aumento da vazão original efluente de águas pluviais nos momentos de pico de precipitação, devendo para tanto adotar medidas técnicas estruturais, a critério do executivo municipal.</p>

Anexo V – Taxa de **permeabilidade** 10% para todas as zonas, exceto rural. Lote residencial mínimo de 10 m x 25 m (8 m x 20 m quando de Interesse Social).

Fonte: Prefeitura Municipal de Guararapes, 2019, elaborado pelo autor, 2019.

6.2.4.2 Legislações Municipais Específicas de Manejo de Águas Pluviais

O córrego Frutal, que percorre o limite urbano a Leste de Guararapes, é o responsável pelo abastecimento de água municipal, e a captação é realizada antes deste percorrer grande parte do limite urbano. À montante deste curto trecho (Figura 60), existem o cemitério municipal (a menos que 400 metros de distância) e uma indústria de óleo de algodão que, entretanto, possui políticas ambientais e certificações ISO (*International Organization for Standardization* - Organização Internacional de Normalização) de sustentabilidade.

Figura 60 - Localização cemitério municipal de Guararapes/SP.



Fonte: GOOGLE MAPS, 2019.

Quanto ao córrego 3 Pontes, que percorre, paralelamente, o limite urbano a Oeste de Guararapes, é onde o esgotamento sanitário é lançado após ser tratado em lagoas de estabilização. De acordo com dados do IBGE (2010), 94,6% dos domicílios guararapenses possuem esgotamento sanitário adequado.

Nas legislações sanitárias municipais, os trechos que tratam das águas pluviais seguem conforme o Quadro 18, majoritariamente discursando sobre a drenagem.

Apesar da existência do Plano Municipal de Saneamento Básico (PREFEITURA MUNICIPAL DE GUARARAPES, 2018), e este ser bastante atual, não é abordada a drenagem sustentável, o plano somente aponta soluções tradicionais para a drenagem de águas pluviais. Ademais, não há uma seção para a abordagem das águas pluviais, esta está mesclada com as demais medidas, não oferecendo o enfoque necessário para o detalhamento de particularidades.

O Plano de Macro e Micro Drenagem (PREFEITURA MUNICIPAL DE GUARARAPES, 2018), também bastante atual, possui mínimo tratamento discursivo, visto que o plano é indicado como um anexo digital à lei. No arquivo, somente estão apontados: tubos de drenagem e respectivos diâmetros; caixa de passagem; poço de visita; boca de lobo; dispositivo de saída; sarjetão; grelha e fluxo da água. Portanto, pouco é visto de plano, sem prospecções e possíveis continuações, o chamado “plano” é somente um mapa digital.

Apesar da existência de duas bacias de retenção na cidade, estas não são sequer citadas nos planos específicos da área de saneamento. Sendo assim, percebe-se suas existências como projetos pontuais (e não acessíveis para a população), sem relação com os planejamentos urbanos, solução ineficaz quando se trata de questões cidadinas que são interdependentes para o desenvolvimento seguindo as diretrizes de planejamento

Quadro 18 – Legislações sanitárias relacionadas às águas pluviais.

Legislação	Menções relativas ao manejo de águas pluviais
<i>Plano Municipal de Saneamento Básico (2018)</i>	<p>Art. 3 - Para efeitos desta Lei, considera-se saneamento básico o conjunto de serviços, infraestruturas e instalações operacionais de:</p> <ul style="list-style-type: none"> - drenagem e manejo das águas pluviais urbanas: conjunto de atividades, infraestruturas e instalações operacionais de drenagem urbana de águas pluviais, de transporte, detenção ou retenção para o amortecimento de vazões de cheias, tratamento e disposição final das águas pluviais drenadas nas áreas urbanas. <p>Art. 6 - Além dos princípios expressos acima, serão observados, para a implementação do plano, os seguintes princípios fundamentais:</p> <ul style="list-style-type: none"> - Disponibilidade dos serviços de drenagem e de manejo das águas pluviais urbanas.
<i>Plano de Macro e Micro Drenagem (2018)</i>	<p>Art. 2 - Este Plano tem como objetivo subsidiar o Poder Público e a iniciativa privada a elaborar um efetivo planejamento da infraestrutura urbana, em especial no tocante à drenagem, bem como propiciar o início da estruturação de um banco de dados digital de relatório e mapas, contendo os estudos topográficos, hidráulicos, hidrológicos e a determinação dos estudos de soluções.</p> <p>Art. 3 - Fica anexado a essa Lei o plano elaborado em mídia digital.</p>

Fonte: Prefeitura Municipal de Guararapes, 2019, elaborado pelo autor, 2019.

Guararapes demonstra a existência de necessidade de planejamento mais eficaz e aplicável para eventos de alagamento e inundações mesmo sendo uma cidade de pequeno porte. Apesar das exigências urbanísticas e sanitárias das legislações – que abordam a implantação de sistemas de alarme para eventos hidrológicos indesejáveis, equipamentos de drenagem não tradicionais e evitar alterações demasiadas no ciclo hidrológico –, as construções físicas que não se utiliza da drenagem tradicional não fazem referências a nenhuma das legislações; são apenas soluções projetuais pontuais. A falta de especificação de possíveis modelos e abordagens a serem implantadas por meio de planos setoriais e termos de especificação técnica acaba por tornar ineficaz as exigências nas legislações.

Observou-se, então, grande desconexão da realidade apresentada pela cidade com as legislações urbanísticas e de manejo pluvial, reforçando a ausência de sustentabilidade e integração entre planejamento do desenvolvimento do território e ações de mitigação das águas pluviais em ambiente urbano.

Mesmo que em menores escalas, cidades deste porte repetiram padrões de impermeabilização e exclusão do curso natural de rios e córregos do ambiente urbano. No Brasil, diversas cidades de similar número de população acabam tendo imóveis invadidos por águas das chuvas, atingindo, principalmente, populações vulneráveis, que ocupam estes espaços devido ao inferior valor da terra, devido à suscetibilidade a esses eventos. O atual momento em que muitos municípios precisam realizar as revisões de seus PDUs - ou até colocarem em pauta sua elaboração - deve ser utilizado como espaço para discussões voltadas ao desenvolvimento considerando as águas pluviais, de modo que possam ser incluídas na segunda geração de PDUs que serão executados.

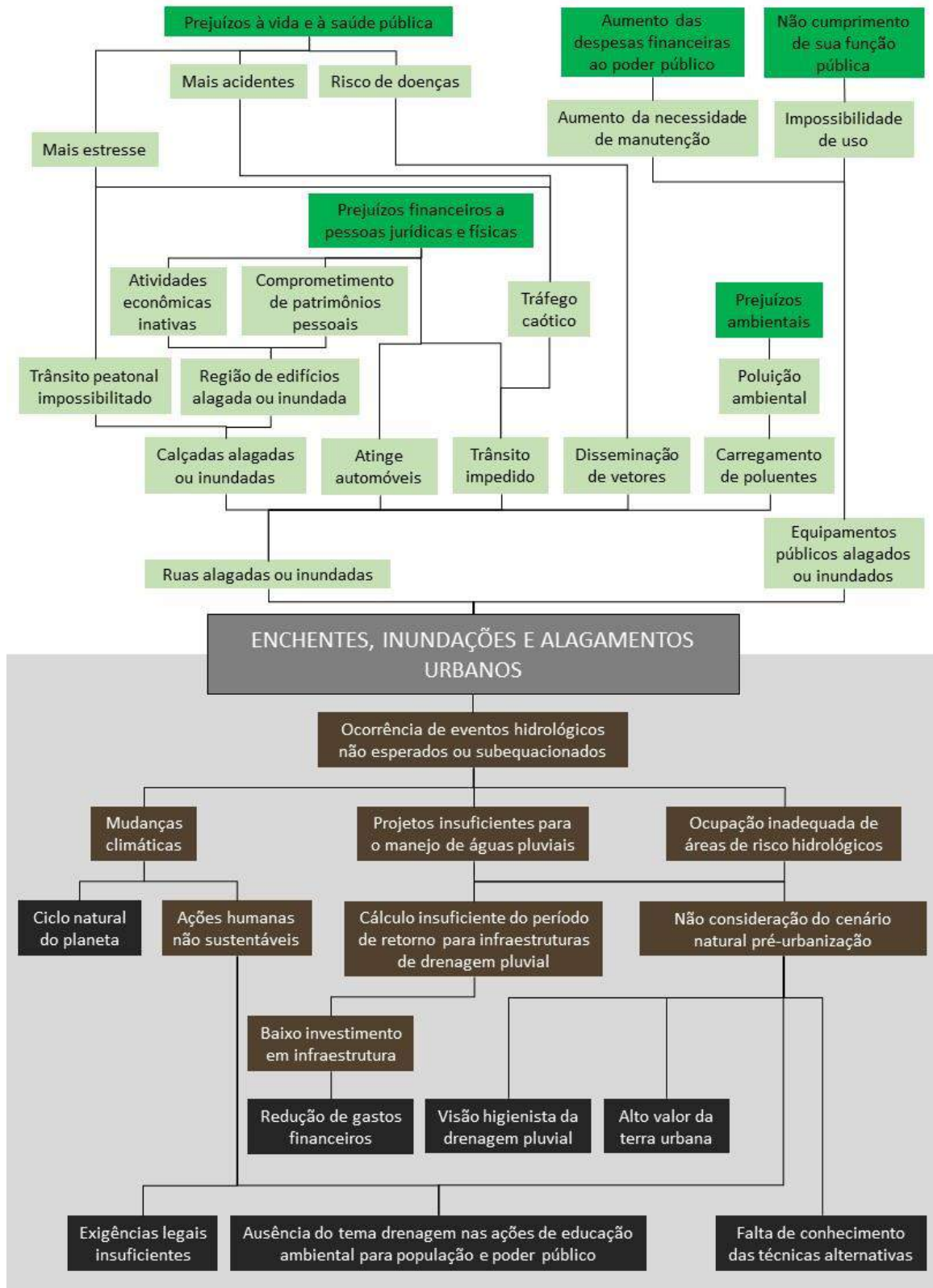
A situação de desconexão entre as áreas de planejamento e execução de obras envolvendo setores municipais distintos, como a observada em Guararapes/SP, demonstra a necessidade de exigências mais específicas nas legislações, bem como o desenvolvimento de planejamentos menos genéricos e mais aplicáveis, que considerem as realidades locais existentes.

6.2.5 Realização da árvore de problemas

Visando melhor entender a questão da drenagem pluvial urbana, e as consequências de seu manejo, faz-se necessária a discussão de casos de enchentes, inundações e alagamentos. Como a cidade estudada apresentou, nos últimos anos, a ocorrência destes desastres urbanos, focou-se nas causas e consequências vistas.

Ao analisar a matriz da árvore de problema (Figura 61), percebe-se que suas raízes possuem ramificações finais conjuntas, em que problemas distintos apontam as mesmas raízes. Algo similar ocorre na copa, em que as ramificações primeiro geram consequências bastante distintas, mas que ao final se juntam em finais específicos comuns.

Figura 61 - Árvore de problemas: enchentes, inundações e alagamentos urbanos em Guararapes/SP.



Fonte: Elaborada pelo autor, 2020.

Ao observar-se as raízes do problema, há uma causa principal da questão, que é a ocorrência de eventos hidrológicos não previstos ou esperados. Separando-a em duas vertentes, tem-se:

- Os eventos hidrológicos ocorrerem;
- A população, os gestores e corpos técnicos municipais o subdimensionam (consideram que seu volume será inferior ao que realmente ocorre).

Em uma abrangência mais ampla da ocorrência, a Terra – como um planeta vivo, dentro de um sistema também não estacionário – sofre alterações climáticas naturalmente, referentes a seus ciclos; entretanto, as ações humanas colaboram para as mudanças climáticas (Quadro 13), as quais estão relacionadas com a ocorrência de eventos climáticos menos comuns quando pesquisados em históricos do município. Sendo assim, a não sustentabilidade do modo de vida humana na Terra, incluindo o modelo de urbanização atualmente utilizado, torna-se parte da raiz do problema, consequência da ausência do tema drenagem pluvial nas ações de educação ambiental, tanto para população quanto para poderes públicos nas diversas escalas de poderes – claro que com diversas exceções, como cidades e países que seguem protocolos e recomendações internacionais contra as mudanças climáticas e modificam seus meios de produção espacial e vivência humana –, não reconhecendo o impacto gerado pelas ações humanas no meio ambiente e na escala terrestre. A segunda causa do modo de vida não sustentável, quando não há conscientização e medidas tomadas espontaneamente, é a insuficiência de exigências legais que visem o desenvolvimento considerando a sustentabilidade, ou seja, a possibilidade de manutenção da vida humana na Terra.

Quando se trata da questão da previsibilidade e dimensionamento dos eventos, suas causas são a insuficiência dos projetos de drenagem atual para o manejo pluvial dos eventos citados e a ocupação inadequada de áreas com risco de serem atingidas nos mesmos eventos. Ambas as causas possuem as mesmas raízes, que são o período de retorno calculado insuficientemente nos projetos urbanos para as infraestruturas de drenagem pluvial e o modelo de ocupação urbana seguido no município, que não considera o cenário anterior à urbanização, bem como o caminho da pré-existente da água. Sabe-se, e vê-se em aulas sobre o sistema de drenagem pluvial tradicional, que o período de retorno calculado no planejamento urbano não é baixo, porém não considera as mudanças climáticas as quais as cidades estão inseridas atualmente, que torna eventos, antes mais espaçados, repetidos com maior frequência. Também, quando se utiliza o sistema de

drenagem tradicional, quanto maior o período de retorno calculado no projeto, maior será o investimento em infraestrutura, devido a materiais e mão-de-obra para a construção. Portanto, trata-se de uma raiz financeira.

Seguindo outra raiz problemática, que é a não consideração das condições pré-urbanização para o planejamento urbano (PRINCE GEORGE'S COUNTY, 1999), deve-se: ao alto valor da terra urbana – já que espaços para infraestrutura públicas não são oneráveis, mas sim os lotes –; à visão higienista mantida nos desenvolvedores urbanos (públicos e privados); e à falta de conhecimento de abordagens alternativas para o manejo pluvial (como o LID, o WSUD e até as TCs), que apontam características a serem observadas e estudos a serem realizados no local. Outras raízes da mesma problemática são as questões compartilhadas às ações humanas não sustentáveis, que são a ausência da temática nas ações de educação ambiental e exigências legais insuficientes, pois o modo de ocupação urbana tem grande impacto na sustentabilidade ambiental.

Voltando-se para a copa da árvore de problemas, tem-se duas principais ramificações, que são as invasões de água da chuva em equipamentos públicos e ruas. Em tratando-se de equipamentos públicos, considerando, principalmente a Praça Mohamad Dargham, o alagamento, quando estendido, impossibilita o uso por parte da população, fazendo com que o bem não exerça a função pública para a qual foi projetado. Além disso, há o aumento da necessidade de manutenção e limpeza pública, devido a terras e objetos carregados pelas águas até o local, gerando aumento das despesas financeiras ao poder público. Já a partir do alagamento ou inundação de ruas, tem-se o alagamento e inundação de calçadas, o que dificulta de trânsito de pedestres, e o alagamento e inundação de regiões onde existem edifícios, invadindo-os, comprometendo patrimônios pessoais e impossibilitando atividades econômicas, resultando em prejuízos financeiros a pessoas jurídicas e físicas. Quanto ao trânsito impossibilitado de pessoas, gera estresse na população, o que se relaciona com prejuízos à saúde pública, além de limitar o direito de ir e vir individual e influencia prazos de realizações de atividades. Por final, quando ruas são alagadas ou inundadas: atinge-se automóveis, gerando prejuízos financeiros a pessoas físicas e jurídicas; o trânsito fica impossibilitado e caótico, causando mais estresse e mais acidentes (prejuízos à vida e à saúde pública); e, ainda, possibilita a disseminação de vetores e poluentes, antes presentes nas superfícies urbanas, que podem ser carregados e causarem poluição ambiental (prejuízos ambientais) e risco de doença à população (prejuízos à vida e à saúde pública), principalmente quando adentram edificações.

Levando em conta as raízes e as ramificações da copa da árvore de problemas, as raízes-mestras estão relacionadas à redução de gastos financeiros, educação ambiental que não discute soluções para a drenagem pluvial, exigências legais insuficientes; falta de conhecimento de abordagens alternativas do manejo pluvial e manutenção da visão higienista, alto valor da terra urbana e, uma única raiz-mestra que é natural, que é o ciclo natural do planeta. Enquanto as copas-mestras são prejuízos ambientais, à saúde pública, financeiros (pessoas físicas e jurídicas), maiores despesas do poder público e o não cumprimento da função social de equipamentos urbanos.

6.2.6 Levantamento de Soluções

A partir da árvore de problemas criada para o estudo de caso de Guararapes (Figura 61), tornou-se possível o desenvolvimento de diretrizes urbanas que visam a resolução das situações indesejadas tendo como tema central enchentes, alagamentos e inundações.

6.2.6.1 Educação Ambiental

Para propor soluções que encaminhem ao enfrentado do problema pela cidade, considerou-se a questão da educação ambiental como a primeira medida não-estrutural (BAPTISTA; NASCIMENTO; BARRAUD, 2011) a ser tomada. Apesar dos habitantes sofrerem consequências diretas nos eventos hidrológicos ocorridos, no cenário anual, o fato deles serem pouco frequentes acaba por tornar sua preocupação como momentânea. Enquadrar a temática de manejo pluvial pode ser uma solução que acarrete consequências em diversos aspectos presentes na e relacionados à cidade. Uma estrutura-base para educação ambiental a ser aplicada no município deve levar em conta a convivência de diferentes gerações em um mesmo espaço e tempo. Sendo assim, não deve ser uma discussão exclusiva do sistema educacional infanto-juvenil ou do corpo-técnico municipal, devem ser soluções respaldadas pela comunidade como um todo.

Nas escalas Estadual e Federal, é necessário que se exija, dos municípios, a concepção de grupos – com a participação popular – voltados à conscientização ambiental e sustentabilidade urbana, com ênfase no impacto da urbanização no meio ambiente. A proposta municipal divide, então, a população em quatro grandes nichos (Quadro 19), sendo que cada um deles terá um grupo responsável por elaborar as iniciativas de conscientização ambiental relacionadas à sustentabilidade urbana e impacto da urbanização em ambientes anteriormente naturais.

Quadro 19 - Proposta para educação ambiental.

Divisão social	Local de atuação e responsáveis	Iniciativas
Crianças e adolescentes	Escolas e creches (Secretaria de Educação, diretores, coordenadores e professores de escolas)	<ul style="list-style-type: none"> - Desenvolver materiais e disciplinas para educação ambiental, com ênfase no impacto das cidades no meio ambiente; - Visitas guiadas a TCs construídas, TCs de outras cidades e APPs; - Propor estratégias públicas para melhorias para a sustentabilidade ambiental do município.
Funcionários públicos	Dependências administrativas municipais (grupo criado)	<ul style="list-style-type: none"> - Criar um grupo responsável pela área de sustentabilidade urbana, com integrantes de diversas áreas; - Desenvolver materiais para conscientização ambiental dos funcionários; - Trazer palestras, cursos e contatos externos para conhecimento de abordagens alternativas para o manejo pluvial, bem como outras técnicas sustentáveis; - Propor e aplicar estratégias para o desenvolvimento sustentável do município, levando em conta cada área de atuação da equipe.
Trabalhadores ativos em empresas ou participantes de sindicatos, conselhos ou similares	Dependências administrativas do local de trabalho ou reunião (a depender da administração, porém recomendado um grupo criado)	<ul style="list-style-type: none"> - Desenvolver materiais e levar palestras para conscientização ambiental de funcionários e parceiros; - Propor e aplicar estratégias para a empresa, funcionários e parceiros visando o desenvolvimento sustentável do município, principalmente focando no menor impacto ambiental.
Trabalhadores inativos e população no geral	Espaços públicos (conselho específico criado)	<ul style="list-style-type: none"> - Criar um conselho municipal para o desenvolvimento sustentável (incluindo o manejo de águas pluviais); - Participação popular e de corpo técnico no conselho e nas reuniões; - Realização e divulgação de palestras,

		<p>discussões e resultados do conselho para a população no geral;</p> <ul style="list-style-type: none"> - Propor atualização ou desenvolvimento de legislações; - Analisar casos, desenvolver pareceres e propor soluções específicas para problemas de impactos urbanos relacionados ao modelo de urbanização atual, como enchentes, alagamentos e inundações.
--	--	--

Fonte: Elaborado pelo autor, 2020.

Para a aplicação da proposta de educação ambiental, o poder municipal deve criar uma lei – a ser desenvolvida em conjunto à população, com palestras de conscientização antes de discussões relativas ao tema – que exija a definição dos grupos e conselhos responsáveis em cada uma das quatro divisões. A legislação estará majoritariamente atrelada à Lei Orgânica da cidade, porém determinará atualizações em todas as leis correlatas ao tema estudado neste trabalho – como as leis de Saneamento, Plano Comunitário de Melhoramentos, Código de Obras, Plano de Macro e Micro Drenagem e PDU –, requerendo o embasamento em discussões dos grupos para a realização de projetos e planos que sejam relacionados ao desenvolvimento urbano.

Assim, as discussões urbanísticas tornam-se aprofundadas (palestras temáticas com especialistas da área a depender do assunto a ser discutido) e tendo suas consequências analisadas pelo grupo diversificado criado. Deste modo, não se tem somente a educação ambiental fomentada, envolve a conscientização política, social e urbana, de que a população tem poder decisório no modelo de desenvolvimento urbano realizado em seu município, bem como das consequências geradas por esta escolha. Por isso, a sustentabilidade deve ser palavra-chave nos termos das legislações aplicadas.

6.2.6.2 Desmistificação da Drenagem Sustentável

A segunda questão a ser solucionada conecta duas raízes finais, a diminuição de gastos públicos – relacionada ao insuficiente período de retorno calculado nos projetos – e o não conhecimento de abordagens alternativas do manejo pluvial. As duas raízes possuem estreita relação pois, como estudado nos capítulos iniciais sobre TCs, LID e WSUD, o desenvolvimento da drenagem urbana utilizando-se de técnicas sustentáveis, ou seja, aproveitando o caminho natural da água, a permeabilidade do solo e criando dispositivos de retenção e detenção de água, não possui valores superiores a um sistema de drenagem

tradicional (BAPTISTA; NASCIMENTO; BARRAUD, 2011) adequado (que realize as manutenções necessárias com frequência, bem como a recuperação de dispositivos degradados). O não conhecimento completo de métodos alternativos cria um ideário, tanto a gestores quanto ao corpo técnico municipais, de que o sistema tradicional é o mais barato e eficiente. Concomitantemente à proposta de educação ambiental (não-estrutural), é preciso que existam legislações voltadas ao desenvolvimento estrutural das discussões relacionadas à sustentabilidade urbana.

A cidade de Guararapes possui grande quantidade de sarjetões como parte da infraestrutura de drenagem, que impactam negativamente a mobilidade urbana. Ao se implantar soluções que se utilizem da permeabilidade para a drenagem pluvial urbana, são requeridos sarjetões e tubulações de menores dimensões, diminuindo os gastos públicos com a construção e manutenção destes equipamentos. Deste modo, os valores antes gastos com os dispositivos tradicionais podem ser utilizados no desenvolvimento da drenagem sustentável.

A conscientização é tida como peça-chave para o desenvolvimento urbano que considere as condições naturais de manejo pluvial. Em um cenário em que os usuários dos espaços citadinos compreendem as funções hidrológicas e os impactos de uma má gestão e manutenção de dispositivos compensatórios, o respeito coletivo desenvolvido possibilita apropriação da paisagem criada e o funcionamento adequado das técnicas implantadas.

6.2.6.3 Legislações Urbanísticas (PDU)

Quanto às legislações, a iniciar pelo Plano Diretor Urbano (PDU), como o principal meio de controle do desenvolvimento cidadão, deve-se exigir ações que visem a sustentabilidade municipal. Considerando o histórico de seguidas alterações na mesma legislação, bem como o fato de fazer mais de um decênio desde sua concepção, é necessária sua revisão e até criação de uma nova lei que a substitua. Utilizar-se dos grupos originados para a conscientização ambiental, bem como das discussões ali surgidas e dialogadas, é uma possível incitação à debates urbanísticos que gerem um PDU com relações específicas com a cidade, menos genérico e que realmente possibilite sua utilização no desenvolvimento urbano. Alterações no ambiente cidadão devem consultar exigências do PDU, que, por sua parte, necessita do embasamento para a inovação e criação de uma cidade mais sustentável ambiental, social e economicamente.

A preparação para revisão do PDU de Guararapes deve fazer exigências relacionadas ao estudo das condições ambientais pré-urbanização e do cenário atual do município, de modo a compará-las e verificar o quanto cada região da cidade necessita

alterar o manejo de águas pluviais. Deste modo, as definições no plano se tornam mais específicas e aplicáveis ao contexto local. As principais características a serem comparadas são:

- Topografia;
- Caminho das águas pluviais;
- Velocidade de escoamento das águas pluviais;
- Retenções e detenções (naturais e construídas);
- Permeabilidade da superfície;
- Características do solo (permeabilidade, saturação, nível de lençol freático, dentre outras).

Vale lembrar que, no caso de alguma das características naturais relacionadas ao escoamento pluvial não for suficientemente adequada ao meio ambiente, recomenda-se que se considere o cenário ideal de escoamento e retenção pluvial (PRINCE GEORGE'S COUNTY, 1999). Um exemplo seria caso existam desníveis topográficos naturais demasiadamente acentuados e que proporcionem alta velocidade de escoamento – cenário propício a erosões –, é recomendável que se imagine soluções que visem reduzir esta velocidade. Mesmo não sendo o cenário natural, são condições que tornam a drenagem pluvial menos agressiva ao ambiente.

Com a coleta dos dados analisados, é possível iniciar o estudo de sua aplicação físico-territorial. A partir de delimitações espaciais que considerem os diferenciais de cada região da cidade, deve-se definir onde as soluções serão implantadas, levando em conta as análises realizadas no subcapítulo 6.2.3 Ambiente e Clima – Análises, considerando as escalas:

- Do lote (dimensões dos lotes-padrões);
- Da quadra (existência de lotes não edificados);
- Do bairro (vazios urbanos, áreas verdes ou institucionais não edificadas), e;
- Da cidade (glebas não loteadas no interior ou próximas ao perímetro urbano).

Deste modo, permite-se criar zoneamentos, que serão utilizados para que o licenciamento e desenvolvimento urbano considerem as características ambientais desejadas. Nas áreas periféricas da cidade onde, como na região Sudoeste e Noroeste, há a prevalência de lotes pequenos, porém existem vazios urbanos e áreas públicas verdes ou

não edificadas, existem várias soluções possíveis. Uma delas, mais facilitada, é a construção de TCs multifuncionais nas áreas públicas não ocupadas, de modo a integrar-se à paisagem e à função urbanística do equipamento público.

Outra solução possível, utilizando-se do Estatuto da Cidade (2001), seria a elaboração de uma legislação de direito de preempção atrelada ao PDU, caso os projetos das áreas públicas já estejam construídos, classificando as áreas privadas específicas como de interesse público para a construção de dispositivos compensatórios. Quando a região sofre por casos de alagamentos, inundações e enchentes, pode-se caminhar para a desapropriação judicial, para cumprimento de função pública. Caso nenhuma das soluções sejam plausíveis para o local, é possível que se construa um dispositivo nas margens do perímetro urbano, porém já na zona rural. Entretanto, esta solução é menos preferível, visto que, pensando na sustentabilidade de uma área urbana, seus problemas ambientais devem ser resolvidos dentro de suas extensões, não incluindo novos espaços.

Nas áreas periféricas que possuem lotes de grandes dimensões, a alternativa mais adequada é a implantação de dispositivos no lote. Alguns dos meios de incentivo a esta proposição é a partir do abatimento de parte do IPTU (chamado de IPTU Verde por cidades como Salvador/BA, São Paulo/SP, São Carlos e diversas outras) ou até de aumentar o potencial construtivo do lote nos casos em que existam medidas compensatórias instaladas. Ainda assim, não só a instalação deve ser considerada, devem ocorrer fiscalizações e acompanhamentos de seu real uso e funcionamento. Nestes casos de abatimento de parcela do IPTU e aumento do potencial construtivo, trata-se de mecanismos de incentivo. Com o passar do tempo, conforme maior parte da população constrói estes dispositivos em seus lotes, tornam-se uma obrigatoriedade urbanística de determinadas regiões (lotes cujas dimensões permitem a implantação de TCs).

Já nas áreas mais centrais da cidade, de urbanização mais consolidada, são vistos lotes de dimensões médias, poucos vazios urbanos, mas com a presença de áreas verdes públicas. Neste caso, medidas de reconstruções físicas são necessárias, já que as áreas públicas e particulares estão, em sua maioria, edificadas. Nos casos em que existam lotes desocupados, o direito de preempção a ser incluído no PDU torna-se mais viável, bem como a desapropriação judicial em caso de extrema necessidade. Caso não exista tal disponibilidade, medidas compensatórias podem ser implantadas nas áreas verdes públicas (uso da multifuncionalidade e integração com sua função urbanística) e em residências (mesmo procedimento do IPTU em lotes grandes citado anteriormente).

Tratando-se da Praça Mohamad Dargham – local mais atingido por alagamentos e inundações nos últimos anos, conforme visto nos subcapítulos anteriores –, a grande questão, quando se cruza as informações de crescimento urbano e manejo pluvial é sobre o modelo de cidade impermeabilizada produzida. A região Sudeste da cidade é uma das primeiras áreas históricas da cidade e, cada vez mais, sofre impermeabilização de suas áreas, seja pelo aumento das áreas construídas privadas, aberturas de novos loteamentos ou asfaltamento de vias. Analisando-a ambientalmente, houve a construção de uma grande capa impermeável em local que, antigamente, possuía terrenos maiores e até pequenas chácaras. Com isso, a água antes ali retida e permeada, com menor índice de escoamento, passou a escoar quase que por completo. Com a camada asfáltica e o desenho urbano com ruas retas, a velocidade de escoamento das águas pluviais é acelerada. Assim, grande volume de água atinge, rapidamente, um mesmo local, que no caso é a bacia de retenção da Praça Mohamad Dargham.

Conforme analisado, a área de contribuição da TC implantada é quatro vezes menor do que a das bacias da Praça do Trabalhador. Para diminuir a área de contribuição do dispositivo, é preciso que se utilize as áreas verdes públicas e os vazios urbanos para retenção e retenção de uma parcela da água escoada. Como trata-se de um caso de alagamento confirmado, caso as áreas verdes públicas não comportem a implantação de um dispositivo de dimensões suficientes, medidas de preempção não serão suficientes, sendo assim, será necessário desapropriar áreas não edificadas ou tornar obrigatória a implantação de TCs nos lotes (visto que estão na área de lotes de dimensões médias).

Antes da finalização deste trabalho, foi observada e registrada aqui a execução de obras de implantação de uma nova bacia de retenção (seca) no sistema compensatório da Praça Mohamed Dargham (Figura 62). Ou seja, a centralização de dispositivos, tomando espaços de uso comum do povo, continua a ser feita. Na praça, está posicionada em local onde se tinham brinquedos infantis, e foram retirados devido a toda sua extensão. Além disso, a não existência de indícios legislativos de que ocorreria a implantação de um dispositivo no local ou de estudos que apontassem ali como um dos locais mais adequados para sua execução demonstra a falta de planejamento para realização de obras relativas a técnicas compensatórias da drenagem pluvial urbana, temática de importância a toda população.

Figura 62 - Bacia de detenção (seca) em construção, também na Praça Mohamed Dargham, em Guararapes/SP.



Fonte: Elaborada pelo autor, 2020.

Cada solução possível citada anteriormente deve ser analisada com a realização de cálculos hidrológicos específicos, que podem requerer transformações mais radicais, que incluiria utilizar partes de vias de automóveis para implantação de dispositivos compensatórios. Tal transformação requer aprovação e discussões a partir de participações populares, pois a população ainda é habituada a modelos de desenvolvimento urbano voltados para a mobilidade por largas vias para automóveis.

Um cenário similar ao de grandes transformações em vias é a proposta para novos loteamentos, já que não se exige demolições e reconstruções. Pensando na sustentabilidade ambiental no quesito das águas pluviais, deve-se, a partir do PDU, tornar obrigatório o estudo das condições ambientais pré-urbanização e as medidas tomadas pelo loteador e sua equipe técnica para a manutenção dos índices com o novo modelo de urbanização. Sendo assim, serão necessárias as disponibilizações de maior percentual de áreas públicas (sendo acrescidas às áreas institucionais ou verdes) suficientes para a

implantação de TCs, que se trata de uma necessidade para o bem comum do povo, bem como é tido o espaço para fluxo de automóveis. Além disso, sendo elas terras públicas, não se aplica a especulação imobiliária do mercado.

Conforme as análises realizadas sobre a área de ocupação da TC da Praça do Trabalhador (Tabela 4), que foi de 3,4% da área de contribuição, e demonstra ter sido suficiente para o manejo pluvial urbano, aconselha-se que seja adotado, nos planos, o valor de 4% da área pública, sendo considerados como espaços para construção de dispositivos para o manejo pluvial que suporte os fluxos hidrológicos locais. Como o sistema de drenagem pluviais tradicional, o tipo de dispositivo, sua localização e se terá multifuncionalidade devem ser pensados pelo desenvolvedor, com a aprovação do corpo técnico municipal, pois tais escolhas influenciam na vivência urbanística e paisagística dos habitantes. Há diversos modelos que podem ser seguidos, desde TCs em área, de grande volume, a lineares, integradas às vias urbanas.

6.2.6.4 Legislações Correlatas

Mesmo o PDU sendo a legislação mais abrangente e que atrela as discussões urbanísticas, legislações correlatas como a de saneamento e o código de obras devem estar em constante análise e atualização. As exigências devem ser consonantes, tendo as particularizações exigidas nas leis específicas.

No caso das áreas e TCs implantadas em loteamentos novos, a lei deve frisar a necessidade do loteador de fornecê-las, bem como adicionar a exigência de elaboração de um plano específico de construção, conscientização dos moradores e manutenção, indicando responsáveis e afirmações de responsabilidade por parte dos mesmos. Sobre as TCs implantadas em áreas públicas ou adquiridas (preempção ou desapropriação), os projetos e planos específicos de construção, conscientização dos usuários e manutenção são de responsabilidade do poder público, e devem apontar responsáveis e afirmações de responsabilidades do mesmo modo. Sendo assim, as TCs já existentes devem ser tidas como de responsabilidade do poder público municipal, que já realiza ações de manutenção, ou de concessionárias responsáveis contratadas pela Prefeitura, porém com um plano transparente e que será seguido e acompanhado também pela população, que poderão ser responsáveis devido à educação ambiental adquirida.

Já sobre as TCs implantadas em lotes, entra na legislação do Código de Obras. As dimensões, tipos, manutenções e funcionamentos dos dispositivos devem ser exigidas de acordo com as condições urbanísticas (uso, área, ocupação, gabarito, dentre outras). Ainda é aconselhável que exista um catálogo municipal das principais TCs passíveis de serem

aplicadas em lotes urbanos para consulta de proprietários e técnicos particulares. Mesmo que em lotes privados, é recomendável que se exija um plano de construção, manutenção e divulgação para os moradores, provindo do técnico que realizar o projeto.

Além das exigências legislativas e da conscientização da população, o poder público deve possuir papel de fiscalizador. Sabendo-se que há vezes em que lotes urbanos têm suas áreas permeáveis obrigatórias concretadas logo após suas aprovações de uso, com as abordagens alternativas, que necessitam da permeabilidade, pode não ser diferente. Sendo assim, é preciso que exista um plano de fiscalização frequente da manutenção das TCs públicas e privadas, garantindo a funcionalidade eficiente do manejo pluvial conforme o projetado.

Com a realização das soluções propostas, a árvore de problemas demonstra corte nas raízes mais profundas de onde surge a problemática (educação ambiental não incluindo a temática da drenagem pluvial, legislações insuficientes, economia financeira, alto valor da terra urbana e não conhecimento de abordagens alternativas – o que influencia na manutenção da visão higienista) e dos ramos diretos de sua copa (alagamento e inundação de ruas e equipamentos públicos), quebrando o fluxo depredativo e que gera consequências nos diversos âmbitos da população e do poder público.

6.3 DESENVOLVIMENTO DE DIRETRIZES PARA PDUS

Visando incitar discussões que guiem à concepção ou revisão de PDUs de demais cidades brasileiras de pequeno e médio portes, é importante que sejam consideradas as raízes e copas desenvolvidas na árvore de problemas do estudo de caso. Com os levantamentos realizados, para Guararapes/SP, sobre o manejo de águas pluviais e sua relação com eventos hidrológicos não esperados, percebe-se similaridade em suas consequências e causas quando comparados a problemas relatados em outras cidades brasileiras. Sendo assim, a análise desenvolvida para o estudo de caso acaba por apontar caminhos que se repetem em contextos variados e que, portanto, suas diretrizes para solução terão uma relação. Entretanto, a singularidade de cada contexto que vai especificar as condicionantes locais e ocasiões exclusivas que devem ser consideradas.

Sabendo da importância de que o planejamento urbano considere a drenagem pluvial em seu traçado e desenvolvimento, o PDU se torna o principal mecanismo legislativo capaz de realizar exigências urbanísticas que afetem a espacialidade de um município em se tratando da temática. Já quando se trata de dimensionamentos e projetos específicos, as exigências devem vir de legislações específicas da temática, como a Lei de Saneamento ou

Código de Obras, a depender da funcionalidade e escala aplicada. Há, ainda, medidas que não são espaciais, e que necessitam de fundamentação em outra legislação que não específica de saneamento ou urbanística, como a Lei Orgânica, por exemplo. Devido a não conexão observada entre os planos urbanísticos e de saneamento, seguindo os levantamentos, foi desenvolvido o Quadro 20, que aponta a legislação que deve possuir a principal fundamentação e discussão de cada temática. Além disso, deve-se lembrar que, apesar de estarem fundamentadas e estruturadas em uma legislação base, as exigências não são unicamente da lei específica regulamentadora, devem existir exigência nas demais legislações, em se tratando das temáticas específicas, bem como nos diversos níveis de poder público.

Quadro 20 – Legislações que devem debater, fundamentar e tratar mais especificamente das temáticas.

Temática	PDU	Saneamento	Código de obras	Plano municipal de educação
<i>Educação ambiental tratando de ações voltadas para a drenagem pluvial urbana</i>	X	X	-	X
<i>Delimitação espacial para implantação de dispositivos compensatórios para o manejo pluvial</i>	X	X	-	-
<i>Delimitação espacial de taxas de permeabilidade do solo</i>	X	-	-	-
<i>Requisitos do desenho urbano para a consideração do caminho das águas pluviais</i>	X	X	-	-
<i>Dimensionamento de TCs na escala urbana</i>	-	X	-	-
<i>Dimensionamento de TCs na escala do lote</i>	-	-	X	-

Fonte: Elaborado pelo autor, 2020.

O PDU sendo a legislação base para regulamentação do desenvolvimento do espaço urbano, legislações correlatas – que atualmente não estão em consonância com exigências

presentes nesta lei – podem utilizar-se de discussões realizadas enquanto o PDU encontra-se em fase de concepção ou revisão ou mesmo após sua aprovação como lei municipal. Por isso destaca-se a importância da manutenção das exigências específicas atualizadas em relação às condições e características locais, para que sejam eficazes e aplicáveis nos contextos em que foram elaboradas.

De modo a frisar a necessidade de integração das áreas administrativas municipais e suas legislações, foi desenvolvido o Quadro 21.

Quadro 21 – Legislações responsáveis por abordar, executar e manter as temáticas.

Temática	PDU	Saneamento	Código de obras	Plano municipal de educação
<i>Educação ambiental tratando de ações voltadas para a drenagem pluvial urbana</i>	X	X	X	X
<i>Delimitação espacial para implantação de dispositivos compensatórios para o manejo pluvial</i>	X	X	-	-
<i>Delimitação espacial de taxas de permeabilidade do solo</i>	X	X	-	-
<i>Requisitos do desenho urbano para a consideração do caminho das águas pluviais</i>	X	X	-	X
<i>Dimensionamento de TCs na escala urbana</i>	X	X	X	-
<i>Dimensionamento de TCs na escala do lote</i>	X	X	X	-

Fonte: Elaborado pelo autor, 2020.

Assim, torna-se evidente a importância da integração das leis para possibilitar a real execução e manutenção das abordagens alternativas da drenagem pluvial no contexto urbano. Há evidência, também, da maior responsabilidade do PDU e das Leis de Saneamento, que possuem papel de reger e guiar ações voltadas à execução e manutenção das temáticas, mesmo não sendo responsável por suas fundamentações.

7. CONCLUSÕES

A existência de materiais gráficos e legislativos desenvolvidos por órgãos governamentais em outros países, e até estudos de universidades brasileiras sobre TCs, LID e WSUD, não garante a aplicação das abordagens sustentáveis da drenagem pluvial urbana nos municípios brasileiros. O desenvolvimento urbano é orientado pelos PDUs municipais e, nestes, devem existir direcionamentos específicos e que requerem o uso de abordagens que visem a sustentabilidade e o menor impacto do ambiente construído, caso contrário, somente casos extremamente pontuais serão encontrados. A 2ª geração de PDUs - momento no em que muitos municípios precisam realizar as revisões de seus PDUs - deve ser utilizada como espaço para discussões voltadas ao desenvolvimento ambientalmente sustentável, considerando as águas pluviais, de modo que possam ser incluídas na segunda geração de PDUs que estão sendo executados.

Com o estudo de caso de Guararapes demonstra-se a existência da necessidade de planejamento para eventos de alagamento e inundações mesmo em cidades de pequeno porte. Ainda que em menores escalas, cidades deste porte repetiram padrões de impermeabilização e exclusão do curso natural de rios e córregos do ambiente urbano. No Brasil, diversas cidades de similar população acabam tendo edificações invadidas por águas das chuvas, atingindo, principalmente, populações vulneráveis que ocupam estes espaços, dentre outros motivos, devido ao inferior valor da terra.

O método desenvolvido para a análise e desenvolvimento de diretrizes alternativas para possíveis soluções de casos de alagamentos, inundações e enchentes urbanas pode ser aplicado em contextos diversos, mas, principalmente, em cidades de pequeno e médio portes, visto seu foco no município, e não na rede urbana interdependente existente em grandes centros. Os estudos e análises servem como base para um aprofundamento das condicionantes e potencialidades da cidade, intermediado com a criação da árvore de problemas e, a partir dela, o desenvolvimento de possíveis propostas resolutivas.

A cidade de Guararapes demonstra real necessidade de transformação de seus modelos de planejamento e desenvolvimento urbano voltado à drenagem pluvial. Os casos de alagamentos e inundações em seu contexto urbano confirmam a falta de laços entre o modelo de cidade desenvolvido e as medidas de manejo pluvial. As abordagens alternativas possuem raízes com estreita relação ao PDU e, atrelada ao entendimento de questões urbanísticas, sociais, ambientais e sanitárias, demonstra a necessidade de o

desenvolvimento urbano estar pautado em legislações relacionadas ao contexto local, não a leis genéricas ou desatualizadas. A revisão de leis deve fazer parte de sua manutenção e vigência, visando o real reflexo da sociedade em suas exigências. A drenagem urbana representa somente uma das temáticas que ficaram à deriva nos planos municipais de Guararapes. 10 anos de atraso em legislações urbanísticas resulta em mudanças no contexto citadino que tornam a lei dissonante às necessidades da cidade presente. A atualização do PDU e de legislações específicas correlatas devem caminhar juntas e de modo a ter sua complementariedade possibilitada.

A aplicação do método no estudo de caso de Guararapes confirmou a aplicabilidade do processo e foi capaz de gerar diretrizes que relacionam o desenvolvimento urbano à drenagem pluvial sustentável. Sendo assim, demonstra-se a possível propagação de suas análises para contextos de diversas cidades brasileiras, já que o método gera resultados a partir de questionamentos comuns, porém que tem suas propostas desenvolvidas a partir de respostas individuais. Tal cenário só foi possível devido ao estudo aprofundado de modelos de manejo das águas pluviais que consideram o modelo de urbanização praticado atualmente nas cidades brasileiras como de grande impacto às condições ambientais naturais, pré-existentes e que coexistem com o ambiente citadino.

Como o caminho dos PDUs vem garantindo a participação popular como parte necessária e decisória de sua elaboração e retificação, as diretrizes de solução para a questão do manejo das águas pluviais utilizando o estudo de caso de Guararapes/SP tratam de incluir a comunidade nas discussões e deliberações ambientais e urbanísticas da cidade. A partir da aproximação da população às temáticas da sustentabilidade, o reconhecimento do papel do cidadão-responsável auxilia no desenvolvimento de cidades que geram menores impactos nas condições pré-urbanização de um local. A conscientização é chave da questão ambiental, incluindo as consequências de alagamentos, inundações e enchentes. O poder público, adicionalmente ao seu papel no licenciamento, aprovações e monitoramentos, neste caso, tem papel integrador no processo. O suporte e incentivo à participação e discussões das temáticas urbanas por parte do poder municipal possibilita o desenvolvimento de soluções mais factíveis e apoiadas pela comunidade.

No cenário federal, a existência de um Ministério que tratasse da incitação à discussões que agregam conscientização da população quanto ao impacto das cidades no meio ambiente seria de enorme importância, principalmente em momentos de questões de saúde que geram alterações nas condições de trânsito e uso de espaços urbanos como a que se vive com a pandemia atual.

As soluções de manejo pluvial apresentadas e contextualizadas neste trabalho requerem espaço físico na superfície urbana e, portanto, devem ser tratadas de modo a concordar com o planejamento, zoneamento e uso do solo. A cidade é um local de disputas e, dentre elas, a disputa pelo espaço territorial, portanto as abordagens alternativas para a drenagem pluvial não devem estar dissociadas das questões urbanísticas. O PDU é a legislação reguladora de ações que geram impacto no espaço urbano e, dentre elas, deve-se ter a regulamentação das abordagens de drenagem urbana sustentáveis. A importância do PDU não exclui a necessidade de exigências em planos específicos, ambos devem ser compatíveis e consonantes. O Plano de Drenagem, por exemplo, que em Guararapes não mencionava apontamentos definidos em seu PDU, deve especificar exigências apontadas no plano urbanístico, complementarmente. Deste modo, as legislações municipais passam a tratar de um mesmo contexto com iniciativas vinculadas, porém cada qual com sua especificação da área.

Espera-se, com esse trabalho, ter contribuído para análises e aplicação a outras realidades de cidades brasileiras, principalmente de pequeno e médio portes, por vezes esquecidas quando se trata de enchentes, alagamentos e inundações, temas que, infelizmente, não se restringe aos grandes centros urbanos. O método de análise e proposição de integração entre instrumentos de planejamento criado pode ser utilizado por poderes municipais, em diversos estudos de casos, gerando resultados exclusivos de um contexto analisado. Assim, a expansão do uso deste trabalho é possibilitada e incentivada, trazendo discussões relativas à drenagem pluvial urbana ao desenvolvimento cidadão.

Portanto, para avançar em cada tema e escolha de técnicas, são necessários estudos específicos e mais aprofundados em cada núcleo urbano que desenvolva ou atualize sua legislação urbanística e de drenagem.

ANEXOS

ANEXO 1 – ARTIGO SUBMETIDO À REVISTA AMBIENTE & SOCIEDADE

TÉCNICAS COMPENSATÓRIAS E PLANEJAMENTO CIDADINO: DISPOSITIVOS IMPLANTADOS NO CAMPUS DA UFSCAR, SÃO CARLOS/SP.

BEST MANAGEMENT PRACTICES AND CITY PLANNING: DEVICES IMPLANTED AT UFSCAR CAMPUS, SÃO CARLOS/SP.

Resumo

A relação homem-água passou por diferentes momentos no decorrer dos anos, e a atual rejeição à sua presença é, em grande parte, reflexo das políticas higienista – água urbana vista como vetor de epidemias e mau cheiro, devido à falta de manutenção e escoamento de águas pluviais e cloacais pelas ruas. No período, a solução foi escondê-la e canalizá-la, ações que geram impactos até hoje. Os sistemas tradicionais e as altas taxas de urbanização e impermeabilização do solo são insuficientes ao grande volume escoado, ocasionando inundações e danos. Alternativas de manejo das águas pluviais têm demonstrado resultados superiores a este, como a aplicação de técnicas compensatórias. Neste artigo são apresentadas as experiências em escala real desenvolvidas no campus da UFSCar de São Carlos/SP, a fim de coletar e apresentar suas principais características e contribuições para gestão das águas pluviais urbanas a serem adotadas em planos municipais.

Palavras-chave: Técnicas compensatórias; Drenagem sustentável; Planejamento urbano.

Abstract

The man-water relationship has gone through different moments over the year, and the current rejection for its presence reflects, mostly, the hygienist policies - urban water seen as a vector of epidemics and stench due to the lack of maintenance and runoff of rainwater and cloacal waters by the streets. At the time, the solution was to hide and pipe it, actions that cause impacts till nowadays. The traditional systems and the high rates of urbanization and soil imperviousness are insufficient for the large volume drained, causing floods and damages. Alternative approaches to stormwater management have shown superior results, such as Best Management

Practices. This paper presents real scale experiences developed at the UFSCar campus in São Carlos/SP, to collect and present its main characteristics and contributions to urban stormwater management, to be adopted by City Master Plans.

Key-words: Best Management Practices; Sustainable drainage; Urban planning.

Resumen

La relación hombre-agua ha pasado por diferentes momentos a lo largo de los años. El rechazo actual de su presencia es en gran medida un reflejo de las políticas higienistas: agua vista como un vector de epidemias y mal olor, debido a la falta de mantenimiento. Durante el período, la solución fue ocultarlo y canalizarlo, acciones que tienen impacto hoy. Los sistemas tradicionales y las altas tasas de urbanización y sellado del suelo son insuficientes debido a la gran cantidad de agua escurrida, causando inundaciones y daños. Las alternativas de gestión del agua de lluvia han mostrado resultados superiores, como la aplicación de técnicas compensatorias. Este artículo presenta las experiencias desarrolladas en el campus de UFSCar en São Carlos/SP, con el fin de presentar sus principales características y contribuciones a la gestión de aguas pluviales urbanas que se adoptarán en los planes municipales.

Palabras-clave: Técnicas compensatorias; Drenaje sostenible; Planificación urbana.

1. INTRODUÇÃO

A relação do ser humano, e consequentemente da cidade, com a água passou por diferentes momentos no decorrer dos anos, desde seu apreço, no início da vida nômade (pela agricultura e higiene possibilitadas), até sua rejeição, no desenvolvimento dos primeiros sistemas de evacuação de águas

integradamente ao desenvolvimento urbano nas Idades Antiga e Média (BAPTISTA; NASCIMENTO e BARRAUD, 2011). A separação através da canalização surgiu juntamente com os princípios higienistas, que associaram a presença da água a algo patogênico e fétido, o que, na realidade, relacionava-se à pouca manutenção dos sistemas de evacuação de águas

2

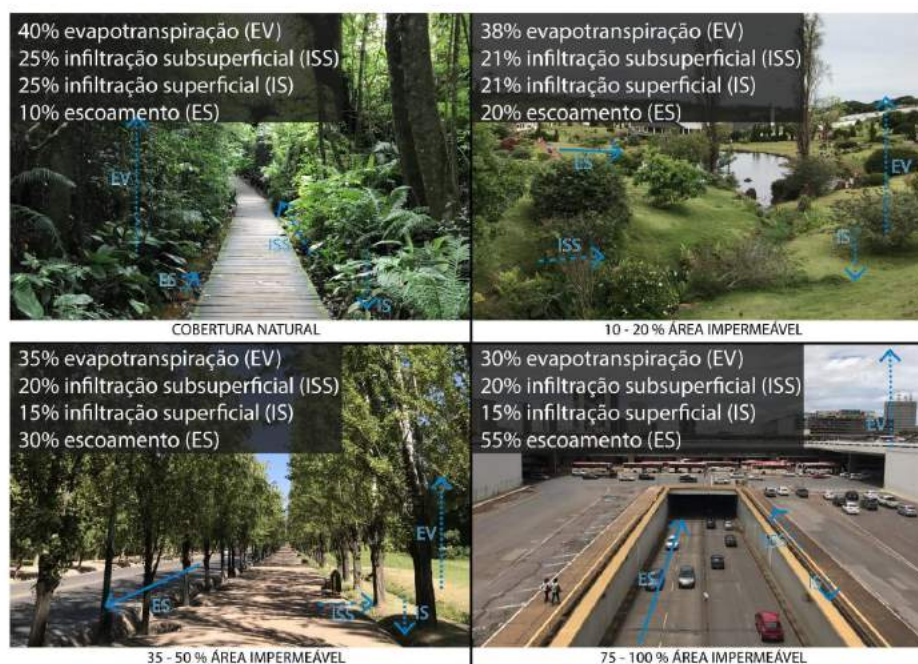
pluviais e esgoto, que acarretou em seu desuso, deixando-as escorrendo pelas ruas (BAPTISTA; NASCIMENTO e BARRAUD, 2011).

No século XIX, com o aumento exponencial da população urbana, a precária infraestrutura de controle das águas urbanas favoreceu o alastramento de epidemias pela Europa, mudando a relação do urbanismo e as águas citadinas, que passou a pregar seu escoamento mais rápido possível (BAPTISTA; NASCIMENTO e BARRAUD, 2011). O aumento da população urbana

continuou durante o século XX, e em 2010 o Brasil já chegava a 84,36% da população vivendo em cidades (IBGE, 2010).

Conforme mais pessoas habitam a cidade, mais urbanizada e impermeável ela torna-se, devido ao atual padrão de ocupação, provocando mais inundações (**Figura 1**) e, por conseguinte, aumentando o número de pessoas atingidas, um cenário visível praticamente no mundo todo, porém com ênfase em países em desenvolvimento, como o Brasil (JHA; BLOCH e LAMOND, 2012).

Figura 1 - Balanço hídrico antes e depois da urbanização.



Fonte: PRINCE GEORGE'S COUNTY, 1999; BAPTISTA, 2015, elaborado pelo autor, 2020.

A partir da alta taxa de urbanização e do aumento populacional urbano, são necessários novos tratamentos do espaço da cidade. Na legislação brasileira, o Estatuto da Cidade, Lei N° 10.257, de 10 de julho de 2001, regulamenta os artigos 182 e 183 da Constituição Federal de 1988, e nele é apontado o Plano Diretor de Desenvolvimento Urbano (PDU) como o principal instrumento para o ordenamento territorial cidadão. O planejamento municipal a partir do PDU e do zoneamento define o uso e ocupação dos espaços de modo a garantir o desenvolvimento dos cidadãos e o cumprimento da função social da cidade. A lei aponta normas a serem observadas pelos gestores municipais quanto à ordenação territorial, elaboração e execução das políticas urbanas (BARROS; CARVALHO e MONTANDON, 2010). Em 2003, com a criação do Ministério das Cidades - atualmente extinto -, houve maior apoio às cidades quanto a consolidação de modelos que englobassem saneamento, habitação e mobilidade urbana, com menções à cidade sustentável, apoiando a implementação da lei do Estatuto, de modo a facilitar o enfrentamento de

questões sociais, ambientais e econômicas que afetam a vida de muitos brasileiros (FERNANDES, 2010).

As consequências do descontrole da drenagem urbana atingem principalmente áreas localizadas à jusante (sentido de fluxo do curso d'água), pois é onde chegam rapidamente, através de tubulações, grande volume de água - não infiltrada ou evaporada nas montantes (áreas mais acima do rio) - e poluição, causando impactos que atingem tanto o meio ambiente e populações locais quanto o poder público (TUCCI, 2002) (OLIVEIRA, 2018).

Dentre as consequências da alteração do ciclo hidrológico geradas pelo modelo de ocupação predominante no Brasil, pode-se citar a cadeia de acontecimentos em que (OLIVEIRA, 2018):

- A taxa de infiltração da água no solo é reduzida pela impermeabilização, de modo a diminuir o abastecimento de aquíferos e aumentar a quantidade e velocidade de seu escoamento superficial;

- A não retenção da água por vegetações reduz a evapotranspiração natural, processo essencial para o balanço hídrico, auxiliado por folhagens e solos;
- Todo o volume de água escoado varre forçosamente a poluição superficial e favorece a sedimentação do solo.
- Desenvolvimento de Baixo Impacto (Low Impact Development - LID);
- Desenho Urbano Sensível à Água (Water Sensitive Urban Design - WSUD).

Apesar das principais notícias sobre problemas quanto à drenagem urbana serem provenientes de grandes aglomerados urbanos, a questão também atinge cidades de pequeno e médio portes. Com o passar do tempo, o sistema tradicional de drenagem pluvial tem se demonstrado ineficaz no combate a enchentes e inundações, influenciando na qualidade de vida dos habitantes e até dos cursos d'água que recebem a água com poluentes que lava a área urbana (VENTURA; VAZ FILHO e GONÇALVES, 2019). A partir desta situação, novas posturas quanto a técnicas e abordagens alternativas ao sistema clássico de drenagem pluvial urbana estão em estudo e são empregadas, como:

- Técnicas Compensatórias (TCs) ou Best Management Practices (BMPs);

Tais abordagens possuem em comum o apontamento da importância da manutenção das áreas permeáveis dentro do solo urbano, visando tornar o sistema mais próximo do processo natural, em que o ciclo hidrológico é respeitado e incentivado. São apontados desenhos urbanos, elementos vegetais e estruturas para auxílio da infiltração da água no solo e garantia do escoamento superficial de baixa velocidade (UNIVERSITY OF ARKANSAS COMMUNITY DESIGN CENTER, 2010).

Entretanto, para implementação destas abordagens que favorecem o curso d'água pluvial na superfície são requeridos espaços urbanos disponíveis (lotes, glebas, áreas verdes etc.), visto que não seria utilizado o sistema de tubos enterrados atuais. O acesso à terra urbana atualmente está diretamente relacionado ao preço desta (MARICATO, 2010), tornando a espacialização de projetos e planos tema obrigatório em PDUs,

5

principalmente por meio do zoneamento. Portanto, o manejo da água pluvial urbana precisa ser integrado ao ordenamento territorial.

As abordagens alternativas desenvolvidas e testadas devem ser discutidas nos PDUs, de modo que suas aplicabilidades atinjam a cidade real. Agentes responsáveis pela produção do espaço urbano, incluindo gestores e moradores da cidade, precisam compreender a necessidade de integração das águas pluviais aos planos urbanos desde os princípios norteadores do desenvolvimento urbano.

Diante da dificuldade de implementação de abordagens alternativas de drenagem pluvial urbana e manejos integrados nas obras de urbanização, verifica-se a necessidade de uma aproximação mais eficaz entre PDUs e demais planos urbanos, ou seja, além de objetivarem as mesmas premissas de redução de impactos, devem tratar de diretrizes projetuais que nem mesmos planos específicos de drenagem urbana têm apresentado. O objetivo da pesquisa de mestrado da qual este artigo derivou foca no desenvolvimento de estratégias para inclusão das

abordagens alternativas da drenagem urbana aos PDUs.

As águas pluviais urbanas são precipitações ocorridas no interior do perímetro urbano ou que, de alguma outra forma, atravessam seu limite e passam a fazer parte da área urbanizada. Sua gestão deve ser cuidadosa e sempre levada em consideração, pois a chuva faz parte do ciclo hidrológico natural e, apesar da rejeição de sua presença no ambiente citadino, incentivada pelos higienistas, ela por ali passará.

As abordagens não tradicionais de drenagem pluvial surgiram a partir da busca pela manutenção do escoamento, da infiltração e da evapotranspiração da água em ambientes urbanos.

Algumas das consequências relacionadas à água pluvial pós-urbanização de uma bacia hidrográfica nos moldes de cidade atuais, onde há grandes áreas desvegetadas e impermeabilizadas, segundo Baptista; Nascimento e Barraud (2011) e Prince George's County (1999), são:

1ª Etapa - no local:

- Impermeabilização do solo diminui a quantidade de água

que infiltra no solo - que tornaria o solo úmido e abasteceria possíveis lençóis subterrâneos;

- Retirada da vegetação diminui a quantidade de água que sofre evapotranspiração - mecanismo vegetal natural que aumentaria a umidade do ar;
- Ainda ocorre a evaporação natural de uma pequena parcela da água.

2ª Etapa - no caminho:

- Grande volume da água que permaneceria no local tem como única opção gravitacional escoar conforme a declividade local;
- Rugosidade diminuta permite que a água atinja maiores velocidades;
- Vazão da água duplamente aumentada (volume escoado e velocidade de escoamento);
- Arraste de sedimentos pela alta velocidade, causando erosão;

3ª Etapa - no destino:

- Sedimentos anteriormente arrastados são depositados no fundo de cursos d'água, causando assoreamento;
- Partículas anteriormente arrastadas são levadas a locais

onde não pertenciam, podendo causar alteração na qualidade da água e desequilíbrio ambiental.

Levando em conta este processo, as abordagens visam a quebra do circuito no início e no percurso da água pluvial, possibilitando melhores condições também nas áreas à jusante.

1.1 Técnicas Compensatórias (TCs) ou Best Management Practices (BMPs)

Desenvolvidas na América do Norte com o nome de Best Management Practices, nos anos de 1970, são elementos que compensam a grande quantidade de água pluvial escoada pela impermeabilização do solo urbano através da retenção e infiltração. O controle do volume e da velocidade do escoamento superficial tende a diminuir a probabilidade da ocorrência de inundações e possibilitar melhor qualidade da água escoada. Por se tratar de diversas técnicas, torna-se viável a combinação de várias em um mesmo empreendimento, além da integração a diferentes ambientes urbanos ou naturais (TUCCI, 1995; BAPTISTA; NASCIMENTO e BARRAUD, 2011).

Sua aplicabilidade também propicia multifuncionalidade, através de usos em períodos que não estão preenchidas com água, podendo servir de estacionamento, áreas esportivas, sistemas viários, passeios e parques lineares, integrando-a ao espaço citadino (OLIVEIRA, 2018; BAPTISTA; GONÇALVES e RIBEIRO, 2016).

Segundo Baptista; Nascimento e Barraud (2011), as TCs possuem duas grandes divisões: as não estruturais e as estruturais. As primeiras incluem o retardo do escoamento a partir de camadas superficiais de maior rugosidade e incentivos legislativos e educacionais quanto a diminuição do escoamento de água pluvial ao sistema de drenagem. Já as estruturais, possuem dois métodos de classificação: segundo o princípio básico de funcionamento da TC (infiltração, retenção ou ambos) ou segundo a posição de implantação do dispositivo (pontual, linear ou em bacias).

Na aplicação de cada TC, é preciso levar em consideração alguns aspectos físicos, hidrológicos, urbanísticos e de infraestruturas locais, como:

- Topografia;

- Caminho e destino das águas pluviais;
- Análise do solo (capacidade de infiltração de água, estabilidade e nível das águas subterrâneas);
- Presença permanente ou temporária de água no sistema;
- Espaço disponível para implantação;
- Inclinação e desenho do telhado (quando aplicado na cobertura ou esta for desconectada do sistema tradicional);
- Análise e localização das redes públicas já existentes no subsolo.

Sendo assim, há certas restrições e características de grande importância que devem ser consideradas para de cada TC, visando seu melhor funcionamento.

Por tratar-se de estruturas que têm como principal foco o manejo de águas pluviais, é preciso que sempre existam extravasores, pois o dimensionamento define uma chuva de projeto que ora ou outra será extrapolada; e há a possibilidade de entupimento por folhas ou até resíduos sólidos que poderia causar impactos não previstos. Outros pontos importantes são: qualidade da água, dependendo da

8

permeabilidade do solo e dos poluentes presentes na água escoada, esta pode poluir águas subterrâneas; como a água não é tratada, não deve permanecer estagnada por mais do que 24 horas, pois pode favorecer o desenvolvimento de organismos de vetores de doenças; outras infraestruturas existentes podem impedir a construção da TC; e, por fim, deve-se conhecer a distância do lençol freático ao fundo da TC e a permeabilidade saturada do solo (PRINCE GEORGE'S COUNTY, 1999; BAPTISTA; NASCIMENTO e BARRAUD, 2011; RIGHETTO, 2009). Sendo assim, os conjuntos de TCs devem ser estudados quanto a seus funcionamentos-bases, de modo a

facilitar o direcionamento quando desenvolvendo as diretrizes.

Neste artigo, demonstra-se, por meio da descrição de TCs construídas e submetidas a situações em escala real, as possibilidades de integração e compensação dos dispositivos e seus comportamentos em ambientes reais. Serão analisadas as características e demandas das TCs construídas no campus da Universidade Federal de São Carlos (UFSCar), em São Carlos/SP, referenciando-se, sempre, à Figura 2 para apontamento de cada TC abordada.

Paiva (2016) tratou da divulgação e conscientização dos transeuntes quanto às TCs construídas, através de materiais gráficos implantados próximos a cada sistema.

Figura 2 - TCs construídas no campus da UFSCar, microbacia experimental na Área Norte, em São Carlos/SP.



Fonte: Elaborada pelo autor, 2020.

Este artigo objetiva o levantamento e organização de critérios de avaliação de experiência inédita de pesquisa sobre TCs, a partir de estruturas implantadas em escala real no campus da UFSCar, resultantes de pesquisas integradas do Grupo de Estudos em Sistemas Hídricos Urbanos (G-HIDRO), da UFSCar de São Carlos/SP, com auxílio financeiro pelo projeto de Manejo de Águas Pluviais Urbanas do FINEP/BRUM, e da Prefeitura do campus da UFSCar de São Carlos. São descritos e discutidos seus resultados, principalmente, no âmbito urbanístico, de modo a colaborar com a pesquisa de mestrado da qual faz parte. Apesar de não terem sido implantados todos os tipos de TCs, em seus trabalhos específicos estudou-se as necessidades da integração urbanística, e do atendimento à funcionalidade hidrológica, condições sanitárias e ambientais das experiências.

2. MÉTODOS

Neste artigo, foram analisados os dispositivos compensatórios da drenagem urbana construídos em escala real no campus da UFSCar em

São Carlos/SP, os quais foram operados e mantidos pelo G-HIDRO – alguns por mais de 10 anos. Seguiu-se a seguinte sequência de desenvolvimento:

- Revisão bibliográfica do histórico do planejamento urbano relacionado ao manejo de águas pluviais urbanas, bem como suas consequências diretas e indiretas; seguida da revisão bibliográfica de técnicas compensatórias na drenagem pluvial urbana e abordagens alternativas relacionadas à drenagem sustentável, permitindo a análise de conceitos, condições e necessidades de cada TC (disponibilidade de espaço, tipo de solo e capacidade de armazenamento como principais características);
- Por meio de visita técnica às construções, com acompanhamento de professores e pesquisadores do G-HIDRO que participaram da instalação de parte dos dispositivos, foram resgatados objetivos e impasses do histórico das instalações. A

11

consulta objetiva aos professores e pesquisadores participantes do desenvolvimento e implantação das TCs, permitiram apontamentos, descrições e informações mais detalhadas da realização, bem como dificuldades enfrentadas;

- Realização de busca bibliográfica em artigos, teses e dissertações do Programa de Pós-Graduação em Engenharia Urbana da UFSCar de São Carlos/SP, nos quais foram apresentados cálculos de projeto, critérios de escolha do local das TCs implantadas foram realizadas as caracterizações dos dispositivos e estudos dos resultados obtidos nas análises realizadas após a implantação;
- Outra importante fase do levantamento foi a visitação às TCs em momentos de pluviosidade, para observação do caminho da água e comportamento paisagístico nos dispositivos;
- Mapeamento e seleção de imagens do acervo fotográfico G-HIDRO com descritivo dos

dispositivos implantados na microbacia experimental da Área Norte do campus;

- Foi realizada a análise dos aspectos urbanísticos, ambientais, sanitários e hidrológicos das TCs, como maior foco no primeiro, como integração, espaço utilizado e multifuncionalidade;
- Por fim, foi desenvolvido quadro com informações comparativas entre as TCs implantadas, no âmbito urbanístico e espacial.

3. RESULTADOS

3.1 Técnicas Compensatórias UFSCar

3.1.1 Trincheiras de Infiltração e Detenção

Integrantes ao grupo de TCs lineares, apresentam maior dimensão no sentido longitudinal, quando comparada a suas larguras e profundidades (no máximo um metro cada). Sua principal função é de redução do escoamento de águas pluviais através do armazenamento, mas também é capaz de remover diversas bactérias e poluentes, diminuindo o risco de contaminação de

lençóis subterrâneos (BAPTISTA; NASCIMENTO e BARRAUD, 2011; SOUZA et al., 2018; URBONAS e STAHRÉ, 1993).

O sistema recebe água pluvial perpendicularmente ao seu comprimento, podendo ser por escoamento superficial ou por tubulações conectadas diretamente ao seu interior, preenchido com materiais granulares graúdos, como pedra de mão, seixos e britas, de modo a possibilitar o armazenamento de água nos espaços não preenchidos. Por ter sua escavação similar a drenos do sistema tradicional, é de fácil execução. Diferentemente das trincheiras de retenção, que devem ser revestidas com materiais impermeáveis, as de infiltração devem ser revestidas com mantas geotêxteis, para evitar a passagem de materiais finos que possam colmatar a estrutura. A evacuação da água, como nas bacias, pode ser através de tubulações redutoras, no caso de retenção, ou infiltrando no solo, no de infiltração (BAPTISTA; NASCIMENTO e BARRAUD, 2011).

Baptista; Nascimento e Barraud (2011) citam três principais inconvenientes de seu uso:

- Manutenções devem ser periódicas, para controle da colmatação, que ocorre primeiro no fundo e laterais do sistema. Como nas TCs de bacias, existem as preventivas (limpeza dos poços, filtros e órgãos de descarga e conservação das áreas verdes) e as corretivas (substituição ou somente limpeza dos materiais interiores e da superfície do sistema quando for detectado funcionamento inadequado);
- Existência de restrições quanto à implantação em áreas de grandes declividades – é conveniente o uso de divisórias internas (geomembranas em conjunto com manta geotêxtil ou somente muretas feitas de materiais pouco ou nada permeáveis, visando melhor aproveitamento do volume de armazenamento);
- Os fundos de trincheiras de infiltração devem distar, ao menos, um metro vertical até o nível do lençol subterrâneo, evitando sua fácil contaminação - em áreas de recarga direta de aquíferos, recomenda-se sua não utilização).

Apesar de serem escavadas e preenchidas com pedras, permite-se, após o fechamento com a manta protetora, cobri-las com terra e vegetação, evitando espécies que perdem suas folhagens ou que tenham raízes que ofereçam risco de perfurarem a manta.

O G-HIDRO, Lucas (2011) como responsável, realizou a construção, no campus da UFSCar, em São Carlos/SP, de um sistema chamado filtro-vala-trincheira (FVT) de infiltração (item 5 da Figura 2), o qual recebe água pluvial da desconexão do sistema tradicional de drenagem pluvial do telhado do edifício do Departamento de Medicina (BAPTISTA, 2015). Assim que cai no telhado, a água escoada até as calhas e é direcionada, perpendicularmente, a uma canaleta de distribuição, que faz com que a água desça uniformemente até a trincheira.

Já dentro da TC, a água percorre três etapas:

- Filtro - caminho gramado de baixa inclinação, para retenção de sedimentos;
- Vala – caminho gramado de maior inclinação, para retenção de sedimentos e

armazenamento complementar a trincheira, quando em pluviosidades mais intensas;

- Trincheira - espaço escavado preenchido com brita 3 na área de armazenamento da água escoada, envolto em manta geotêxtil, coberto com areia grossa e seixo rolado.

3.1.2 Valas, Valetas e Planos de Detenção e Infiltração

São TCs especializadas como simples depressões, ou seja, escavações menos profundas do que bacias, podendo ser projetadas em áreas (planos) ou lineares (valas ou valetas - vala de menor dimensão). As de detenção propiciam o armazenamento temporário, enquanto as de infiltração permitem o armazenamento e a permeabilidade no solo. Entretanto, ambos tipos viabilizam a evapotranspiração quando vegetados. Há, ainda, a possibilidade de funcionamento como canais direcionadores das águas pluviais, de modo a infiltrar, reter sedimentos, remover poluições e auxiliar na redução da velocidade de escoamento, de modo a amortecer as vazões

14

(BAPTISTA; NASCIMENTO e BARRAUD, 2011; BUTLER e DAVIES, 2000).

Por serem depressões mais suaves, são de fácil construção e possibilitam a integração ao meio no qual estão inseridas, viabilizando intervenções paisagísticas que agreguem valor estético e de conforto. Deve-se tomar cuidado quanto à visibilidade do sistema, de modo que os transeuntes entendam seu funcionamento e não ocorram quedas ou acidentes. Baptista; Nascimento e Barraud (2011) citam como os principais inconvenientes de suas aplicações:

- Restrições quanto a aplicação em áreas com fortes declives - diminui a deposição de sedimentos, necessitam de compartimentalização e podem provocar erosões;
- Se de infiltração, devem distar, verticalmente, ao menos um metro do lençol freático (como as trincheiras de infiltração);
- Quando ao lado de vias, posicioná-las em nível inferior e com paredes

impermeáveis, de modo a evitar o movimento horizontal da água para debaixo do leito da via;

- Se mal executadas, pode ocorrer o acúmulo de água – propiciando implicações sanitárias;
- Deve-se evitar árvores que perdem muitas folhas juntas ao sistema, pois pode causar sua obstrução;
- Manutenção periódica – preventiva (jardinagem e limpeza regular) e corretiva (quando de infiltração, substituição da terra vegetal em caso de colmatção do solo; quando de detenção, substituição dos orifícios e canalizações deteriorados).

O G-HIDRO realizou a construção, no campus da UFSCar, em São Carlos/SP, de dois planos de infiltração e uma valeta gramada. O primeiro plano de infiltração construído (PI1) teve Tecedor (2014) como responsável (item 1 da Figura 2), e contou com a desconexão da drenagem das águas pluviais proveniente do telhado do edifício do Departamento de Fisioterapia. A

técnica foi escolhida devido à disponibilidade de área (conforme Plano Diretor do campus) e os aspectos físicos, urbanísticos, sanitários, ambientais, socioeconômicos e de infraestrutura locais favoráveis permitiram sua implantação. O sistema do PI1 conta com a desconexão da água escoada pelo telhado do edifício do Departamento de Fisioterapia, interceptando tubulações no solo e direcionando para um vertedouro 120° com caixa de areia e um distribuidor de vazão com britas, para escoamento mais homogêneo na superfície da TC.

O segundo plano de infiltração (PI2), bem como as demais TCs construídas no campus pelo G-HIDRO, tiveram suas execuções quase simultaneamente, nos anos de 2012 e 2013 (item 2 da Figura 2). O dispositivo recebe água escoada da área de estacionamento à jusante e contém, similarmente ao primeiro, um vertedouro com caixa de areia e um distribuidor de vazão preenchido com britas.

Em ambos planos de infiltração houve o tratamento paisagístico

elaborado por Pereira (2016), que considerou as TCs como espaços que agregam valor estético ao ambiente no qual são inseridas. Foram utilizadas espécies vegetais que suportam períodos de seca e de água acumulada, e que trazem singularidade, identidade e destaque ao ponto referencial urbanístico do projeto.

Houve também, no campus, a implantação de uma valeta de infiltração, que teve Felipe (2014) e Shinzato (2015) como responsáveis (item 3 da Figura 2). O sistema foi chamado de canal gramado, segundo nomenclatura de Cambridge City Council (2009), e permitiu o estudo da retenção de sedimentos e poluição pela presença da grama no caminho de escoamento da água pluvial. A TC recebe água pluvial da desconexão da cobertura do edifício da Gerontologia, e serve como escoamento do exutório do PI1, à montante, quando este for sobrecarregado.

3.1.3 Pavimentos Permeáveis Dotados de Estruturas de Detenção e Infiltração

O principal ponto a ser questionado quanto à alteração do ciclo hidrológico é a enorme quantidade de área impermeável gerada pelo modelo de assentamento urbano comumente desenvolvido – grande uso do concreto e asfalto nas superfícies. Considerando o cenário urbano, cita-se que áreas de estacionamento para veículos chegam a somar 30% da área total de uma bacia de drenagem, áreas que acabam não sendo passíveis de infiltração da água no solo (BAPTISTA; NASCIMENTO e BARRAUD, 2011; PARRA, 2016; PEREIRA, 2016). Neste contexto, surgem as seguintes TCs lineares:

- Pavimentos permeáveis - permitem a passagem da água para o solo, realizando a infiltração;
- Pavimentos porosos - fazem a detenção temporária da água, armazenando-a;
- Pavimentos porosos e permeáveis - detém a água e a faz infiltrar no solo aos poucos.

São TCs que possibilitam a infiltração da água pluvial no solo, aumentando a recarga de lençóis subterrâneos, bem como a redução

do volume escoado e amortecimento de vazões, dependendo da tipologia escolhida para aplicação em projeto.

O asfalto poroso e os blocos de concreto vazados são alguns exemplos de pavimentos permeáveis. Há ainda os chamados semipermeáveis, como paralelepípedos, calçamentos poliédricos ou blocos de concreto intertravados, que permitem uma pequena taxa de infiltração.

Seu uso é bastante versátil, podendo ser utilizado em praças, parques, estacionamentos, ruas e até avenidas de alto fluxo de automóveis, gerando conforto e segurança, já que reduz as poças d'água e a possibilidade de aquaplanagem. Há indicativos de que o concreto permeável seja bastante utilizado no desenvolvimento urbano, visando acessibilidade a todos, visto que possibilita o fluxo de pessoas com deficiências mantendo áreas em que ocorra a infiltração da água pluvial no solo (MOTA, 2014; PREFEITURA MUNICIPAL DE MESQUITA, 2018; BAPTISTA; NASCIMENTO e BARRAUD, 2011).

Alguns inconvenientes da utilização de pavimentos permeáveis são, segundo Baptista; Nascimento; Barraud (2011) e Righetto (2009):

- Risco de colmatção – na superfície do pavimento (poros superiores são bloqueados por sedimentações) e no corpo do pavimento (poros interiores são entupidos, também por sedimentações);
- Deve-se manter a distância vertical mínima de um metro até o lençol freático, de modo a diminuir a chance de poluição do mesmo (como outras TCs de infiltração);
- Trata-se de um revestimento frágil a grandes esforços de cisalhamento, como em áreas de manobra ou curvas;
- Manutenções devem ser feitas frequentemente para

assegurar o funcionamento hidráulico do pavimento (inclui jateamento ou varredura a jato).

Vale lembrar que quanto maior os poros e maior velocidade de fluxo da via onde é aplicado o pavimento, mais lento o processo de colmatção.

No campus da UFSCar, em São Carlos/SP, há dois modelos de pavimentos porosos ou permeáveis implantados. O mais comum deles está presente em várias áreas de passeio para pedestres e estacionamentos, que é o bloco de concreto intertravado (**Figura 3**), cujo responsável por sua implantação é a Prefeitura do campus. Entretanto, suas manutenções não têm sido feitas adequadamente, e há casos em que se comportam como impermeáveis (PARRA, 2016).

Figura 3 - Piso intertravado utilizado em passeio para pedestres, no campus da UFSCar, em São Carlos/SP.



Fonte: Elaborada pelo autor, 2019.

Outro uso de TC existente no campus é o piso de concreto drenante, implantado por iniciativa do Departamento de Medicina e do Escritório de Desenvolvimento Físico, ambos da UFSCar. A TC instalada em um local de encontros e descanso (item 4 da Figura 2) foi analisada por Parra (2016), que constatou, no ano de 2015, a existência de rachaduras, desníveis e vegetações nos seus poros, condições que geram mal funcionamento hidráulico no sistema. No ano de 2019, os mesmos apontamentos foram verificados no local.

3.1.4 Poços

São TCs pontuais de infiltração utilizadas para armazenamento de águas pluviais em um pequeno espaço superficial, já que possuem maior dimensão em sua profundidade, propiciando melhor integração ao espaço urbano. Permitem ser implantados em locais cujas camadas superiores do solo são pouco permeáveis, pois a zona de infiltração está nas laterais e fundos dos poços. Suas principais funções são de redução das vazões de pico e recarga de lençóis subterrâneos (BAPTISTA; NASCIMENTO e BARRAUD, 2011;

19

ANGELINI SOBRINHA, 2012; REIS; OLIVEIRA e SALES, 2008).

Os poços podem ser vazios ou preenchidos com materiais porosos – mínimo 30% de porosidade, como britas, por exemplo -, tendo, estes, menores capacidades de armazenamento. Há também diferenciações quanto ao recebimento das águas pluviais, que podem adentrar via escoamento superficial ou diretamente ao interior do volume através de uma rede (BAPTISTA; NASCIMENTO e BARRAUD, 2011; FERREIRA, 2016).

Alguns inconvenientes de suas implantações, segundo Baptista; Nascimento e Barraud (2011) e Ferreira (2016), são:

- Não é aconselhável evacuar as águas armazenadas através da injeção no lençol subterrâneo (inclusive é proibida em alguns países) – quando existente, alocar dispositivos de pré-tratamento da água, de modo a evitar poluição ou contaminação direta;
- Deixar um metro vertical entre o fundo do sistema e o

nível do lençol freático (como todo dispositivo de infiltração), visando reduzir o risco de contaminação ou poluição;

- Manter distância de elementos de fundação de edificações, raízes e encostas – redes urbanas no subsolo não são tidas como empecilhos;
- Deixar a estrutura visível e conscientizar transeuntes, evitando a deposição de rejeitos sob o sistema;
- É recomendada a disposição de uma caixa de decantação anterior ao poço, com função de reter matérias em suspensão;
- Prever o acesso para inspeções – regularmente e após chuvas intensas;
- Considerar o tempo de drenagem máximo de 72 horas;
- Necessidade de manutenção regular para evitar a colmatção – limpeza de calhas direcionadoras até o sistema; substituição de

filtros; remoção de sedimentos e resíduos.

No campus da UFSCar, em São Carlos/SP, há dois poços de infiltração implantados pelo G-HIDRO, com Ferreira (2016) como responsável. Ambos utilizaram o mesmo número de anéis de concreto em sua construção. O poço de infiltração I possui características similares aos implantados no município (item 8 da Figura 2), respeitando cálculos dimensionais da legislação municipal. O dispositivo recebe água pluvial escoada da desconexão da cobertura Norte do Laboratório de Polímeros.

O segundo poço de infiltração foi desenvolvido pelo G-HIDRO, de modo a aumentar a infiltração e a vida útil do sistema (item 9 da Figura 2). O dispositivo coleta a água pluvial escoada pela cobertura Sul do mesmo edifício que o primeiro poço. Por possuir brita em sua cobertura e nas laterais, é capaz de armazenar maior volume de água, além de ter sido constatado maior volume infiltrado, quando em comparação ao poço I.

Há também dois outros poços construídos no campus que foram integrados a outra TC, e ambos captam a água escoada do telhado Núcleo de Formação de Professores – cada um capta metade da cobertura. O primeiro deles teve Baptista (2015) como responsável e integrava plano e poço de infiltração (item 6 da Figura 2). Com intuito de utilizar-se da TC para criar um espaço de convivência e lazer que poderia ser apropriado pelos usuários do edifício próximo, houve a escolha do plano de infiltração. Segundo Ferreira et al. (2013), este é inundado quando ocorrem altos índices pluviométricos, enquanto o poço de infiltração é utilizado para escoamento em chuvas mais frequentes.

Uma característica destacada nas TCs implantadas no campus é que, na maioria delas, há o incentivo ao uso do espaço como área de convivência para os transeuntes, demonstrando a possibilidade de interação e multifuncionalidade dos dispositivos aplicados em meio urbano construído.

O segundo poço teve Angelini Sobrinha (2012) como responsável,

21

e houve a mescla de valeta e poço de infiltração (item 7 da Figura 2). A valeta de infiltração tem função de direcionamento da água coletada pelas calhas da cobertura até a superfície do poço, também auxiliando na retenção de sedimentos. Assim como o primeiro, esta TC também incentiva a apropriação do local como espaço de convivência e lazer.

O poço tem seu núcleo estrutural em anéis de concreto perfurado, com revestimento de manta geotêxtil e assentamento de tijolos furados e outra manta geotêxtil nas laterais para conter o solo que poderia entrar no sistema e aumentar a área de infiltração. Na base foram posicionadas britas 3 e um bloco de concreto. A grade de metal, envolta em manta geotêxtil e a camada de areia grossa e brita 3 colocadas à cima do poço permitem a remoção de sedimentos e entrada de água no sistema. Também foi implantado um vertedouro 90° no caminho da água, antes de chegar à superfície do poço. Visando sua apropriação, também foram desenvolvidas as ideias de identificação e melhoria das condições paisagísticas locais

com a implantação de bancos de formas orgânicas e vegetações similares às dos planos de infiltração (PEREIRA, 2016; ANGELINI SOBRINHA, 2012).

3.2 ANÁLISES ESPACIAIS

No campus da UFSCar em São Carlos/SP, mesmo existindo considerável disponibilidade de espaços livres (conforme o Plano Diretor do Campus), há expectativa de expansão nos edifícios existentes e implantação de novas construções. Portanto, a consulta à Prefeitura do campus quanto a locais livres no momento do projeto e nas estratégias de expansão dos edifícios foi extremamente necessária.

A análise da metragem de área superficial necessária para a implantação dos dispositivos gerou a **Tabela 1**. Não foram incluídos dispositivos com função de transporte da água pluvial, somente aqueles com função de armazenamento. O cálculo da área de contribuição considerou a superfície da área que recebe as águas pluviais desconectadas

adicionada à superfície da própria TC.

Tabela 1 - TCs UFSCar e áreas utilizadas.

Técnica Compensatória	Área ocupada pela TC (m ²)	Área de contribuição (m ²)	Área ocupada pela TC por área de contribuição (%)
Plano I	385	3386	11,4
Plano II	354	7701	4,6
FVT	570	3901	14,6
Poço-Plano	18	453	4,0
Poço-Valeta	3,8	152	2,5
Poço I	1,2	288	0,4
Poço II	1,2	182	0,6

Fonte: LUCAS, 2011; ANGELINI SOBRINHA, 2012; TECEDOR, 2014; BAPTISTA, 2015; PEREIRA, 2016; FERREIRA, 2016; GOOGLE EARTH, 2019; elaborado pelo autor, 2019.

4. CONCLUSÃO

Após observação e análise, por meio das diferentes teses e dissertações sobre os diferentes aspectos das TCs UFSCar, pode-se considerar que houve significativa contribuição do ponto de vista hidrológico, ambiental e sanitário. Urbanisticamente, ganhou-se espaços livres qualificados, mesmo com restrita manutenção.

No decorrer dos anos, além de pesquisas decorrentes do dimensionamento hidrológico e do acompanhamento e observação empírica pelo G-HIDRO, não houve relatos ou reclamações juntos à Prefeitura do campus quanto ao acúmulo de água pluvial para além

das 24 horas de cálculo, mesmo em ocasiões com elevado índice pluviométrico. Conclui-se que as TCS atendem às recomendações sanitárias e funções hidrológicas para o qual foi projetado.

Quanto ao tratamento paisagístico, houve perda da maior parte do projeto implantado, devido à manutenção não adequada e ao ataque, principalmente, de formigas, pela proximidade ao Cerrado. Após algumas semanas de sua implantação, descobriu-se a preferência da fauna local pelas espécies vegetais escolhidas, principalmente as floradas (PEREIRA, 2016). Entretanto, restaram algumas espécies de maior porte, como agaves e palmeiras.

O campus da UFSCar, como fragmento do espaço urbano, evidencia que, para implementação destas abordagens que favorecem escoamento superficial e a infiltração de águas pluviais, são requeridos espaços urbanos disponíveis (lotes, glebas, áreas verdes etc.), visto que seriam minimizados os sistemas de tubulações enterradas.

A análise de percentual ocupado pelas TCs UFSCar demonstrou que as áreas ocupadas pelo PI1 e FVT foram superestimadas, visto a eficácia de dispositivos de planos de infiltração com área ocupada

próxima à 4 ou 5% da área de contribuição.

Se comparadas as taxas médias de permeabilidade exigidas pelos municípios (10% da área do lote) às porcentagens de áreas necessárias para a construção dos dispositivos, são suficientes. Porém, nas áreas permeáveis não há especificações quanto a exigência de TCs, que poderiam otimizar a capacidade de armazenamento e infiltração de águas pluviais.

Complementarmente, a possibilidade de multifuncionalidade da área da TC otimizaria os espaços de permeabilidade, proporcionando melhor aproveitamento de tais áreas, além de corroborar com a comprovação da possibilidade de implantação de dispositivos, inclusive em pequenas áreas.

A execução de TCs já é uma realidade nas cidades brasileiras, porém não se encontra destaques quanto à compatibilização destas e Planos de Uso do Solo, PDUs e até Planos de Drenagem. Tais estudos são objetos do mestrado do autor, que aborda a da compatibilização

entre PDUs e espaços necessários para o manejo sustentável de águas pluviais.

Este artigo contribui para avaliação do uso das técnicas para a gestão pública a partir de estudos como estes, tendo em vista que a aplicação dos experimentos realizados em escala real comprovam a eficiência hidrológica e a possibilidade de integração paisagística e urbanística de Técnicas Compensatórias com objetivo de retenção e detenção das águas pluviais em ambiente urbano construído.

Ressalta-se, porém a importância de que tais abordagens alternativas e sustentáveis devem ser discutidas, principalmente, nos PDUs, de modo que suas aplicabilidades atinjam a cidade real e a função social e ambiental da destinação do solo urbano.

REFERÊNCIAS

ANGELINI SOBRINHA, L. A. **Monitoramento e modelagem de um poço de infiltração de águas pluviais em escala real e com filtro na tampa.** São Carlos:

Universidade Federal de São Carlos, 2012. 149 p.

BAPTISTA, L. F. S. **Aspectos Ambientais, Sanitários, Hidrológicos e Urbanísticos na Concepção e Aplicação do LID (Low Impact Development) em Microbacia na UFSCar.** São Carlos: Universidade Federal de São Carlos, 2015. 171 p.

BAPTISTA, M. B.; NASCIMENTO, N. O.; BARRAUD, S. **Técnicas Compensatórias em Drenagem Urbana.** Porto Alegre: Associação Brasileira de Recursos Hídricos, 2011. 318 p.

BARROS, A. M. F. B.; CARVALHO, C. S.; MONTANDON, D. T. O Estatuto da Cidade comentado: Lei Nº 10. 257 de 10 de julho de 2001. In: CARVALHO, C. S.; ROSSBACH, A. **O Estatuto da Cidade:** comentado. São Paulo: Ministério das Cidades: Aliança das Cidades, 2010. Disponível em: http://www.cidades.gov.br/images/stories/ArquivosSNPU/Biblioteca/PlanelamentoUrbano/EstatutoComentado_Portugues.pdf. Acesso em: 9 abr. 2019.

- BUTLER, D.; DAVIES, J. W. **Urban drainage**. Londres: St. Edmundsbury Press, 2000. 489 p.
- CAMBRIDGE CITY COUNCIL. **Cambridge design and adoption guide: sustainable drainage**. Cambridge: Environment and Planning Cambridge City Council, 2009. Disponível em: <https://www.cambridge.gov.uk/media/5457/suds-design-and-adoption-guide.pdf>. Acesso em: 06 set. 2019.
- FELIPE, M. C. **Avaliação da eficiência e modelagem matemática da remoção de material particulado em canal gramado integrante de técnica compensatória construída em escala real**. São Carlos: Universidade Federal de São Carlos, 2014. 104 p.
- FERNANDES, E. O Estatuto da Cidade e a ordem jurídico-urbanística. In: CARVALHO, C. S.; ROSSBACH, A. **O Estatuto da Cidade: comentado**. São Paulo: Ministério das Cidades: Aliança das Cidades, 2010. Disponível em: http://www.cidades.gov.br/images/stories/ArquivosSNPU/Biblioteca/PlanelamentoUrbano/EstatutoComentado_Portugues.pdf. Acesso em: 9 abr. 2019.
- FERREIRA, T. S. **Avaliação do comportamento hidrológico de poços de infiltração de águas pluviais sob diferentes concepções**. São Carlos: Universidade Federal de São Carlos, 2016. 149 p.
- INSTITUTO BRASILEIRO DE GEOGRAFIA E ESTATÍSTICA - IBGE. **Sinopse do Censo Demográfico 2010**. [S. l.], 2010. Disponível em: https://ww2.ibge.gov.br/home/estatistica/populacao/censo2010/sinopse/sinopse_tab_brasil_zip.shtm. Acesso em: 25 mar. 2019.
- JHA, A. K.; BLOCH, R.; LAMOND, J. **Cidades e Inundações: um guia para a gestão integrada do risco de inundação urbana para o século XXI**. Washington, D.C.: The World Bank, 2012. Disponível em: http://mi.gov.br/pt/c/document_library/get_file?uuid=3c3b9a72-9358-415f-9efe-89fad4cbb381&groupId=10157. Acesso em: 15 ago. 2019.
- LUCAS, A. H. **Monitoramento e modelagem de um sistema filtra-va-trincheira de infiltração em**

- escala real.** São Carlos: Universidade Federal de São Carlos, 2011. 159 f.
- MOTA, E. (coord.). **Projeto técnico: calçadas acessíveis.** [S. l.]: Soluções para Cidades, 2014. 22 p. Disponível em: <http://solucoesparacidades.com.br/mobilidade/projeto-tecnico-calcadas-acessiveis/>. Acesso em: 6 set. 2019.
- OLIVEIRA, A. P. **Avaliação da multifuncionalidade e de custos de técnicas compensatórias de drenagem na revitalização de áreas urbanas em Guarulhos, SP.** São Carlos: Universidade Federal de São Carlos, 2018. 173 p.
- PAIVA, S. B. **Subprojeto LID/UFSCar.** São Carlos: Universidade Federal de São Carlos, 2016. 9 p.
- PARRA, G. G. **Estudo comparativo dos efeitos dos espaços de circulação e permanência de pedestres (ECPD) sobre o manejo das águas de chuva.** São Carlos: Universidade Federal de São Carlos, 2016. 120 p.
- PEREIRA, T. R. D. S. **Projeto paisagístico como instrumento de integração de técnicas compensatórias à paisagem urbana:** Estudo de caso aplicado em planos de infiltração do campus da UFSCar. São Carlos: Universidade Federal de São Carlos, 2016. 127 p.
- PREFEITURA MUNICIPAL DE MESQUITA (Brasil, Rio de Janeiro, Mesquita). Secretaria Municipal de Meio Ambiente e Urbanismo. **Calçada melhor:** manual prático para construção e manutenção de calçadas no município de Mesquita. Mesquita: Secretaria Municipal de Meio Ambiente e Urbanismo, 2018. 94 p. Disponível em: <http://www.mesquita.rj.gov.br/pmm/manual-de-acessibilidade-calcada-melhor.pdf>. Acesso em: 6 set. 2019.
- PRINCE GEORGE'S COUNTY. **Low-Impact Development Design Strategies: an integrated design approach.** Maryland: Department of Environmental Resource, 1999. Disponível em: <https://www.princegeorgescountymd.gov/1478/Design-Manuals>. Acesso em: 28 mar. 2019.

- REIS, R. P. A.; OLIVEIRA, L. H.; SALES, M. M. Sistemas de drenagem na fonte por poços de infiltração de águas pluviais. **Ambiente Construído**, Porto Alegre, v. 8, n. 2, p. 99-117, abr./jun. 2008.
- RIGHETTO, A. M. (Coordenador). **Manejo de Águas Pluviais Urbanas**. Rio de Janeiro: ABES, 2009. Disponível em: https://www.finep.gov.br/images/apoio-e-financiamento/historico-de-programas/prosab/prosab5_tema_4.pdf. Acesso em: 14 ago. 2019.
- SHINZATO, A. H. **Avaliação da remoção de material particulado em canal raso gramado**. São Carlos: Universidade Federal de São Carlos, 2015. 75 p.
- SOUZA, V. G. A. S.; CABRAL, J. J. S. P.; COUTINHO, A. P.; SILVA, P. O. Construção de trincheira de infiltração aplicada como técnica compensatória em uma bacia urbana na cidade do Recife-PE. In: **Encontro Nacional De Águas Urbanas**, XII, 2018, Recife/PE. [...]. Recife: ABRH, 2018. Disponível em: <https://s3-sa-east-1.amazonaws.com/abrh/Eventos/Trabalhos/82/10313.pdf>. Acesso em: 4 set. 2019.
- TECEDOR, N. **Monitoramento e modelagem hidrológica de plano de infiltração construído em escala real**. São Carlos: Universidade Federal de São Carlos, 2014. 94 p.
- TUCCI, C. E. M. Inundações Urbanas. In: Carlos E. M. Tucci; Rubem La Laina Porto; Mário T. de Barros. (Org.). **Drenagem Urbana**. Porto Alegre: Editora da Universidade (UFRGS) - ABRH Associação Brasileira de Recursos Hídricos, v. 1, 1995. p. 15-36.
- TUCCI, C. E. M. Gerenciamento da drenagem urbana. **RBRH - Revista Brasileira de Recursos Hídricos**, Porto Alegre, p. 5-27, jan./mar. 2002. Disponível em: <https://www.abrh.org.br/SGCv3/index.php?PUB=1&ID=99&SUMARIO=1583>. Acesso em: 23 mar. 2019.
- UNIVERSITY OF ARKANSAS COMMUNITY DESIGN CENTER. **LID - Low Impact Development: a design manual for urban areas**. Fayetteville: University of Arkansas Press, 2010. Disponível em: <http://uacdc.uark.edu/work/low->

impact-development-a-design-manual-for-urban-areas. Acesso em: 24 mar. 2019.

URBONAS, B.; STAHR, D. **Stormwater**: Best management practices and detention for water quality, drainage and CSO management. Englewood Cliffs: Prentice Hall, 1993. 449 p.

VENTURA, K. S.; VAZ FILHO, P.; GONÇALVES, L. M. Gestão integrada de projetos sustentáveis em municípios de médio porte. In: ROSIN, J. A. R. G.; BENINI, S. M. **Cidade Sustentável**: um conceito em construção. Tupã/SP: ANAP, 2019.

**DESENVOLVIMENTO DE BAIXO IMPACTO (LID): OPORTUNIDADE DE AÇÕES
SUSTENTÁVEIS NA URBANIZAÇÃO DE CIDADES DE PEQUENO PORTE,
ESTUDO DE CASO DE GUARARAPES/SP**

GUERRA, Rodrigo Augusto¹

GONÇALVES, Luciana Márcia²

Eixo Temático: 7. Políticas públicas, meio ambiente e sustentabilidade

RESUMO

A atual rejeição da presença das águas urbanas é reflexo de políticas higienistas – água vista como vetor de epidemias e mau cheiro –, que optavam por esconder e canalizá-las. Esses sistemas, juntos à alta urbanização e impermeabilização do solo, são insuficientes ao grande volume escoado, ocasionando inundações e danos a cidades. Abordagens alternativas de manejo pluvial têm demonstrado resultados superiores – como a consideração de princípios do desenvolvimento de baixo impacto (LID) –, porém discutidas principalmente em grandes cidades. Este artigo demonstra a oportunidade de cidades de pequeno porte incluírem-nas em debates e ações previstas em seus planos urbanísticos. A partir do estudo de caso de Guararapes/SP, buscou-se abordagens da drenagem sustentável nos planos existentes. Como resultado, observou-se grande desconexão da realidade da cidade com as legislações urbanísticas e de manejo pluvial, reforçando a baixa sustentabilidade e integração entre planos urbanos.

Palavras-Chave: Águas pluviais, drenagem sustentável, planejamento urbano, plano diretor de desenvolvimento urbano, Guararapes.

¹ Programa de Pós-Graduação em Engenharia Urbana da Universidade Federal de São Carlos (PPGEU-UFSCar). Mestrando em Engenharia Urbana. rodrigoaguerra@gmail.com.

² Professora Adjunta IV na Universidade Federal de São Carlos (Departamento de Engenharia Civil - UFSCar). Doutora em Planejamento Urbano (FAU-USP/SP). lucianamg@ufscar.br.

1 INTRODUÇÃO

A relação dos seres humanos com a água no ambiente urbano passou por diferentes momentos no decorrer dos anos, desde seu apreço - no início da vida nômade, pela agricultura e higiene possibilitadas - até os primeiros sistemas de evacuação de águas, integradamente ao desenvolvimento urbano - nas Idades Antiga e Média (*Baptista et al., 2011*). A separação através da canalização surgiu pelas ideias higienistas, que relacionaram a presença da água a algo patogênico e fétido - o que, na realidade, relacionava-se à falta de manutenção dos sistemas de evacuação das águas pluviais e do esgoto, acarretando em seu desuso, deixando-as escorrer pelas ruas (*Baptista et al., 2011*).

No século XIX, com o aumento exponencial da população urbana, a precária infraestrutura de controle das águas urbanas favoreceu o alastramento de epidemias pela Europa, mudando a relação do urbanismo e as águas citadinas, que passou a pregar o escoamento mais rápido possível (*Baptista et al., 2011*). O crescimento continuou durante o século XX, e, em 2010, o Brasil chegava a 84,36% da população vivendo em cidades (*IBGE, 2010*).

Devido à alta taxa de urbanização e ao aumento populacional urbano, foram necessários novos tratamentos do espaço citadino. Na legislação brasileira, o Estatuto da Cidade (*Brasil, 2001*), regulamenta os artigos 182 e 183 da Constituição Federal (*Brasil, 1988*), e nele é apontado o Plano Diretor de Desenvolvimento Urbano (PDU) como o principal instrumento para o ordenamento territorial citadino. O planejamento municipal a partir do PDU e do zoneamento define o uso e ocupação dos espaços de modo a garantir o desenvolvimento dos cidadãos e o cumprimento da função social da cidade. A lei aponta normas a serem observadas pelos gestores municipais quanto a ordenação territorial, elaboração e execução das políticas urbanas (*Barros et al., 2010*). Em 2003, com a criação do Ministério das Cidades - atualmente extinto -, houve maior apoio às cidades quanto a consolidação de modelos que englobassem saneamento, habitação e mobilidade urbana, com menções à cidade sustentável, apoiando a implementação da lei do Estatuto, de modo a facilitar o enfrentamento de questões sociais, ambientais e econômicas que afetam a vida de muitos brasileiros (*Fernandes, 2010*).

A maioria das cidades que vêm desenvolvendo este modelo de planos integrados são grande porte, devido a exigências legais do Estatuto da Metrópole (*FNEM, 2019*). Entretanto, só o fazem pela urgência pelo número de problemas urbanos enfrentados e de pessoas afetadas. Cidades de pequeno e médio porte, apesar de não possuírem legislação que discipline a integração de planos, também apresentam problemas urbanos, necessitando de uma abordagem mais preventiva e corretiva.

A ausência de planejamento específico resulta em problemas como enchentes e inundações, que provocam danos sociais, ambientais e econômicos, cuja origem pode estar nas ocupações em áreas próximas a mananciais e zonas de alagamento (*Tucci, 2002*), ou por equipamentos urbanos de captação e controle das águas pluviais inadequados ou ineficientes, que ignoram os novos padrões de adensamento e desenvolvimento urbano.

2 OBJETIVOS

Este artigo demonstra a oportunidade de cidades de pequeno porte incluírem a temática da drenagem sustentável nos debates e ações previstas nos PDUs.

2.1 Objetivos Gerais

O objetivo geral é buscar evidências que considerem as técnicas compensatórias de águas pluviais e drenagem sustentável entre os usos do solo urbano utilizando-se de um estudo de caso da cidade de pequeno porte Guararapes.

2.2 Objetivos Específicos

- i. Buscar nos planos municipais urbanísticos e sanitários de Guararapes/SP soluções não estruturais e estratégias de planejamento exigidas sobre águas pluviais, águas da chuva ou drenagem sustentável;

3 MATERIAIS E MÉTODOS

Para a análise do estudo de caso, foram identificados planos e legislações municipais com abordagem nas ações de planejamento do espaço urbano sobre o manejo de águas pluviais urbanas locais. Portanto foi realizada a busca pelas seguintes palavras, que comumente citam ações direcionadas às águas pluviais em legislações e planos específicos:

- i. Água(s) pluvial(is) ou chuva;
- ii. Inundação(ões), alagamento(s), enchente(s) ou evento(s) hidrológico(s);
- iii. Drenagem sustentável, drenagem de água ou drenagem natural;
- iv. Permeabilidade

Em seguida, foram coletados os trechos de leis e planos encontrados - nos quais havia citações às palavras buscadas e acréscimos de incisos ou parágrafos próximos, quando relacionados à mesma temática -, cruzando-se os dados. Assim, buscou-se entender a existência de incentivos, consensos ou disparidades entre as diferentes legislações.

4 DESENVOLVIMENTO DE BAIXO IMPACTO – LOW IMPACT DEVELOPMENT (LID)

Na medida em que mais pessoas habitam a cidade, mais urbanizada e impermeável ela se transforma, devido ao atual padrão de ocupação, ocasionando mudanças no ciclo hidrológico.

Áreas à jusante são as mais atingidas, pois uma enorme quantidade de poluição e água chega rapidamente, através de tubulações, causando impactos sociais, econômicos e ambientais (Tucci, 2002) (Oliveira, 2018). Reduzindo-se a taxa de infiltração da água no solo, diminui-se o abastecimento de aquíferos e aumenta-se a quantidade e velocidade de seu escoamento superficial; e sua não retenção reduz a evapotranspiração natural – processo essencial para o balanço hídrico, auxiliado por folhagens e solos (Oliveira, 2018).

Apesar de serem mais evidentes nos grandes aglomerados urbanos, os problemas de drenagem também atingem cidades de pequeno e médio porte, e, com o passar do tempo, o sistema tradicional de drenagem pluvial vem se demonstrando ineficaz no combate a enchentes e inundações, influenciando na qualidade de vida dos habitantes e até dos cursos d'água (Ventura et al., 2019). A partir desta situação, novas posturas quanto a técnicas e abordagens alternativas ao sistema clássico de drenagem pluvial urbana estão em estudo e sendo empregadas, de modo a tornar mais natural e prolongada a presença da água pluvial nos espaços urbanos, como os princípios de Desenvolvimento de Baixo Impacto (*Low Impact Development - LID*).

O LID é um sistema de desenvolvimento elaborado pelo Departamento de Recursos Naturais do Condado de Prince George, no estado de Maryland (*Prince George's County, 1999*), Estados Unidos da América (EUA), região próxima a *Washington District of Columbia*. Dentre seus objetivos, que visam a integração da água pluvial e seu ciclo natural à paisagem urbana, tem-se:

- i. Diminuir as áreas impermeabilizadas e o uso de tubulações para tornar o ciclo hidrológico mais próximo ao natural;
- ii. Disponibilizar equipamentos de retenção, retenção e infiltração distribuídos uniformemente;
- iii. Implantar programas públicos de educação e incentivo a donos de terras urbanas para o uso de materiais não poluentes e a manutenção das áreas permeáveis em seus lotes.

Na metodologia, há a tendência em proteger o solo e as águas subterrâneas, de modo a manter o ecossistema e seus recursos íntegros, evitando arrastamentos causados por escoamentos superficiais de águas em altas velocidades, principalmente no ambiente urbano (*Prince George's County, 1999*). Seu mecanismo de atuação é realizado a partir de dispositivos implantados de modo espalhado, respeitando o caminho existente da água pluvial e infiltrando conforme movimenta-se ou acumula-se na superfície (Figura 1).

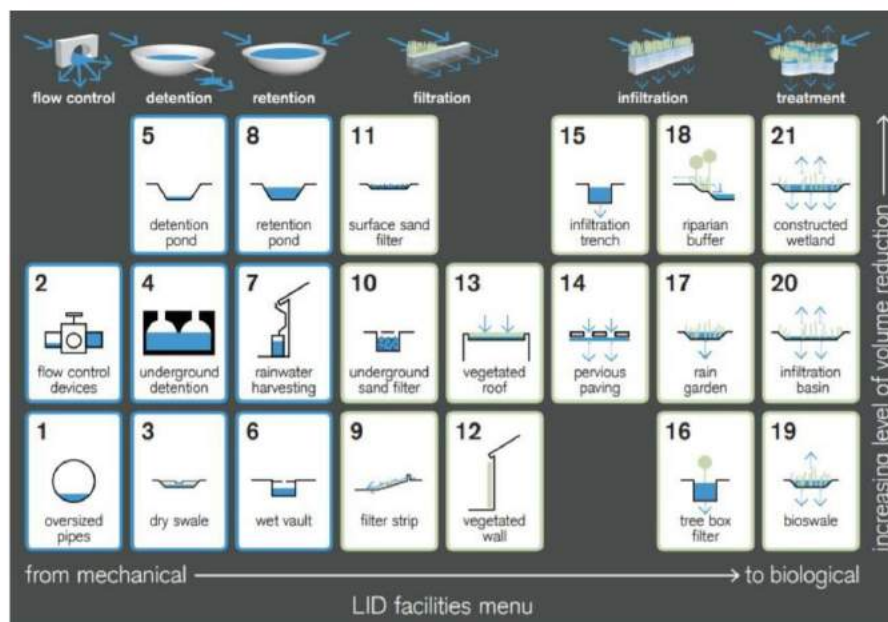


Figura 1 – Comparação de sistemas mecânicos (tradicionais) e alternativos (Prince George's County, 1999).

5 ESTUDO DE CASO – GUARARAPES/SP

O estudo de caso da cidade Guararapes, localizada na região noroeste do estado de São Paulo (Figura 2), com estimativa para 2020 de 32.076 habitantes (IBGE, 2019), foi escolhido para demonstrar tal importância de integração devido à existência de legislação e planos setoriais, mas, ainda assim, sofre os impactos das chuvas, com alagamentos e inundações em seu território.

A cidade representa demais municípios de pequeno porte, que acabam por possuir problemas urbanos que impactam um menor número de pessoas, porém, ainda assim, cabe-se prestar muita atenção. No Brasil, do total de 5570 municípios, 1253 possuem até 5 mil habitantes, 2452 até 10 mil, e 4897 até 50 mil habitantes, ou seja, 87,9% cidades cujos problemas urbanos são, por vezes, esquecidos, por considerarem que atingem uma menor população. Se considerar a extensão territorial somada destes municípios, percebe-se a grande importância da questão no cenário nacional. No estado de São Paulo, das 645 cidades, 506 possuem até 50 mil habitantes, 78,4% do total (IBGE, 2019).

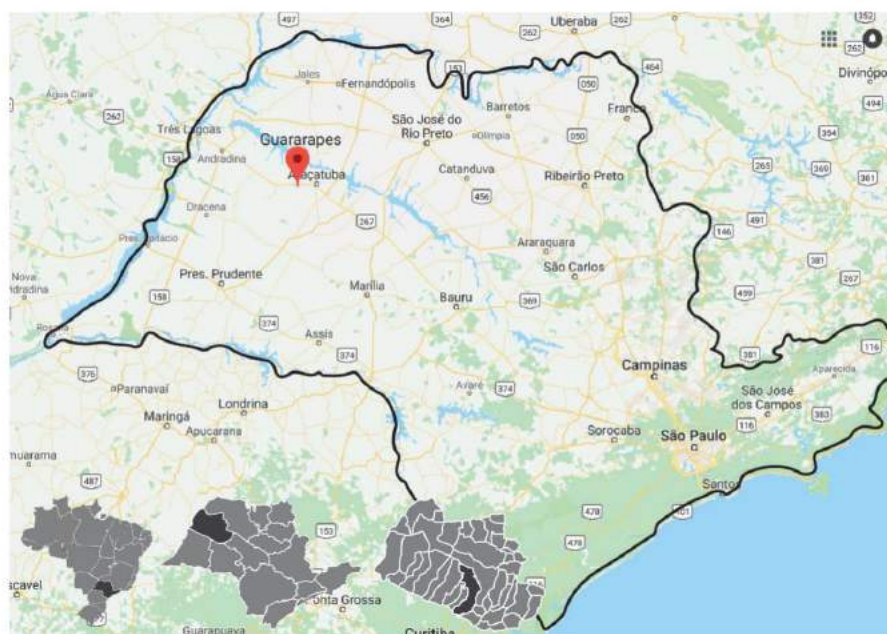


Figura 2 – Localização do município no estado de São Paulo (Guerra, 2018).

Comparando o cenário brasileiro com o de Guararapes no ano de 2018, este posiciona-se nos valores médios-baixos de pluviosidade anual, pertencendo à região de 1200 a 1400 mm (INMET, 2019). No entanto, apesar de não fazer parte das zonas de alta pluviosidade anual, no mês de janeiro do ano de 2017, foram noticiados casos de inundações e alagamentos em diversas cidades da região de Araçatuba, e Guararapes foi uma das atingidas (Figura 3), com pluviômetros marcando 122 mm em somente um dia, de modo que aproximadamente 70 casas foram invadidas pelo alagamento (De Olho No Tempo, 2017), casos estes que foram repetidos nos últimos anos durante os meses de verão.



Figura 3 – Nível d'água elevado, atingindo a fachada dos edifícios, após chuva de 19 de janeiro de 2017, em Guararapes/SP (De Olho No Tempo, 2017).

5.1 Legislação Municipal Urbanísticas

O PDU de Guararapes foi aprovado em 2006, período de incentivos do governo e do Estatuto da Cidade para formulação de PDUs em cidades do Brasil todo, e, aparentemente este foi feito somente para preencher o requisito, pois pouco se vê sobre especificidades locais (Guerra, 2018). Desde sua aprovação, vem sendo feitas alterações e adições pontuais, porém não há previsão para sua revisão. Ponto este que acaba por denunciar o seu pouco uso, visto que se fosse um documento utilizado frequentemente, sua atualização seria imprescindível para guiar o desenvolvimento cidadão, acompanhando a evolução de técnicas e abordagens atuais.

Assim como em outras cidades de pequeno e médio porte brasileiras, principalmente do interior do estado de São Paulo, o desenvolvimento urbano de Guararapes se deu em etapas, de modo que se manteve o traçado original do centro da cidade, sendo rebatida e copiada a malha ortogonal urbana (Figura 4). Por mais que seja uma cidade pequena, já é possível verificar conjuntos habitacionais construído em áreas periféricas e que, inclusive, estavam fora do limite urbano. O fato foi permitido pela enorme quantidade de vezes o perímetro urbano foi alterado, demonstrando a possibilidade de ser modificado conforme interesses pessoais de loteadores e do poder privado.



Figura 4 – Traçado urbano de Guararapes/SP (Guerra, 2018).

Nas legislações urbanísticas municipais, os trechos que tratam da drenagem de águas pluviais seguem conforme o Quadro 1.

No Código de Obras (*Prefeitura Municipal de Guararapes, 1978*), são estabelecidas regras nas construções civis considerando as águas pluviais e, como esperado, devido a sua não revisão (ainda a primeira versão, desenvolvida há mais de 40 anos), nada é observado no sentido de uso da drenagem sustentável ou mesmo técnicas compensatórias. Esta legislação seria a principal para o direcionamento de técnicas, através da exigência a depender dos locais de edificação/urbanização e técnicas construtivas a serem utilizadas, afinal, é a legislação mais largamente utilizada durante o desenvolvimento projetual. A única exigência relacionada a inundações é genérica e de difícil aplicação, visto que não se baseia no PDU – inexistente à época.

Na Lei Orgânica (*Prefeitura Municipal de Guararapes, 1990*), o Art. 9 preocupa-se mais com o bem-estar de sua população e meio ambiente, prevendo necessidades básicas, como

escoamento de águas pluviais, tendo algumas exigências para o controle de inundações em seu Art. 196, utilizando-se de algumas palavras aplicáveis ao utilizar-se do princípios do LID, como: implementar programas permanentes de controle; sistemas de alerta; áreas destinadas para escoamento e mitigação e compensação os efeitos de construções urbanas.

Seguindo a mesma linha de raciocínio do Art. 9 da Lei Orgânica, o Plano Comunitário de Melhoramentos (*Prefeitura Municipal de Guararapes, 1992*) nada traz de novo no sentido da drenagem sustentável pois, novamente, trata de medidas básicas de urbanização considerando as águas pluviais, ou seja, galerias e sarjetas como método de escoamento superficial, apenas incluindo o rateio pelos proprietários.

O PDU (*Prefeitura Municipal de Guararapes, 2006*) é a lei que possui maiores exigências relacionadas ao LID, pois aborda a necessidade de manutenção da vazão de escoamento superficial e condições pré-urbanização, bem como uma preocupação quanto ao processo em cadeia, considerando as vazões de parcelamentos à montante. Entretanto, são exigências de difícil aplicação, visto que não aponta áreas de aplicação, condições a serem analisadas em cada local e demanda de estudos de impactos, visto que o PDU tem a função de ordenar a ocupação, ou seja, deve ser específico, para ser facilmente aplicável à cidade.

Entretanto, apesar de não mencionar especificamente na drenagem pluvial, é visto nas legislações urbanas, principalmente na Lei Orgânica e no PDU, a exigência da preservação das condições ambientais e de que soluções não sejam vistas como objetos individuais, mas como de múltiplos usos, princípios relacionados diretamente ao LID e a abordagens que utilizam da drenagem sustentável para melhoria das condições ambientais.

Quadro 1 - Legislações urbanísticas e manejo de águas pluviais (*Prefeitura Municipal De Guararapes, 2019, elaborado pelo autor, 2019*).

Legislação	Menções relativas ao manejo de águas pluviais
<i>Código de Obras (1978)</i>	<p>Capítulo IV – Relativo ao Sistema de Água e Esgoto</p> <p>Art. 39 – É expressamente proibida a introdução de águas pluviais nos ramais de esgoto. Nos casos existentes é obrigatório a sua remoção ou inutilização.</p> <p>Art. 41 – Os edifícios, sempre que colocados nas divisas dos lotes ou dos alinhamentos, deverão apresentar calhas e condutores para escoamento das águas pluviais, de modo que essa água não caia diretamente no lote vizinho ou no logradouro público.</p> <p>Parágrafo Único – As águas pluviais provenientes dos lotes deverão ser canalizadas até as sarjetas ou galerias das imediações, passando sempre por</p>

baixo das calçadas.

Capítulo VI – Dos loteamentos e retalhamentos de imóveis em geral

Art. 88 – Atendendo as indicações do artigo anterior, o requerente, orientado pela via de planta que lhe será devolvida organizará projeto definitivo, na escala de 1:1000 em cinco vias. Este projeto será assinado por profissional devidamente habilitado pelo CREA e pelo proprietário, acrescido das seguintes indicações e esclarecimentos:

VIII – Projeto de rede de escoamento de **águas pluviais**, indicando o local de lançamento e forma de prevenção dos efeitos deletérios;

Capítulo XI – Disposições Finais

Art. 111 – Não poderão ser aprovados projetos de loteamento, nem permitida a abertura de via em terrenos baixos e alagadiços, sujeitos a **inundações**, sem que sejam previamente enterradas e executadas as obras de drenagem necessárias.

*Lei Orgânica
(1990)*

Art. 9 - Ao Município compete a tudo quanto diga respeito ao seu peculiar interesse e ao bem-estar da população, cabendo-lhe, privativamente, dentre outras, as seguintes atribuições:

Parágrafo Único – as normas de loteamentos e arruamento a que se refere o inciso XIV deste artigo deverão exigir reserva de áreas destinadas a:

b) vias de tráfego e de passagem de canalizações públicas, de esgotos e de **águas pluviais**;

c) passagens de canalizações públicas de esgoto e de **águas pluviais**, com largura mínima de dois metros, nos fundos dos lotes, cujo desnível seja superior a um metro da frente ao fundo.

Art. 196 - Caberá ao Município, no campo dos recursos hídricos:

I - Instituir programas permanentes de racionalização do uso, destinados ao abastecimento público e industrial e a irrigação, assim como de combate às **inundações** e à erosão urbana e rural, e de conservação do solo e da água;

IV - Proceder ao zoneamento das áreas sujeitas a riscos de **inundações**,

	<p>erosão e escorregamento do solo, bem como das áreas impróprias ou críticas, de forma a preservar a segurança e a saúde pública;</p> <p>VI - Implantar sistema de alerta e defesa civil, para garantir a saúde e segurança pública, quando de eventos hidrológicos indesejáveis;</p> <p>XI - Exigir, quando da aprovação dos loteamentos, completa infraestrutura urbana, correta drenagem das águas pluviais, proteção do solo superficial e a reserva de áreas destinadas ao escoamento de águas pluviais e às canalizações de esgotos públicos, em especial nos fundos do vale;</p> <p>XII - Controlar as águas pluviais de forma a mitigar e compensar os efeitos da urbanização no escoamento das águas e na erosão do solo;</p> <p>XVI - Adotar, sempre que possível, soluções não estruturais, quando da execução de obras de canalização e drenagem de água.</p>
<p><i>Plano Comunitário de Melhoramentos (1992)</i></p>	<p>Art. 2 – O plano comunitário municipal de melhoramentos compreenderá a execução de pavimentação, recapeamento, guias e sarjetas, extensão de rede de água e esgoto, galerias de águas pluviais e outras benfeitorias, e será acionado por iniciativa própria da Administração ou quando solicitado por 80% dos proprietários de imóveis localizados nas vias e logradouros públicos onde se dará a atuação, exceto para as obras de recapeamento, onde a anuência mínima deverá ser de 60%.</p>
<p><i>PDU (2006)</i></p>	<p>Capítulo III – Do parcelamento, uso e ocupação do solo</p> <p>Art. 31 – O parcelamento do solo nas Zonas Urbanas, de Expansão Urbana, de Expansão Urbana de Interesse Social e Industrial será regido pela lei de uso e ocupação do solo, obedecendo:</p> <p>IV – Preservação das linhas de drenagem natural das glebas, na posição original e a céu aberto;</p> <p>Art. 32 – O parcelador, à montante de área já urbanizada, não deverá provocar o aumento da vazão original efluente de águas pluviais nos momentos de pico de precipitação, devendo para tanto adotar medidas técnicas estruturais, a critério do executivo municipal.</p> <p>Anexo V – Taxa de permeabilidade 10% para todas as zonas, exceto rural. Lote residencial mínimo de 10 m x 25 m (8 m x 20 m quando de Interesse Social).</p>

5.2 Legislação Municipal de Saneamento

Nas legislações sanitárias municipais, os trechos que tratam das águas pluviais seguem conforme o Quadro 2, majoritariamente discursando sobre a drenagem.

Apesar da existência do Plano Municipal de Saneamento Básico (*Prefeitura Municipal de Guararapes, 2018*), e este ser bastante atual, não é abordada a drenagem sustentável, o plano somente aponta soluções tradicionais para a drenagem de águas pluviais. Ademais, não há uma seção para a abordagem das águas pluviais, esta está mesclada com as demais medidas, não oferecendo o enfoque necessário para o detalhamento de particularidades.

O Plano de Macro e Micro Drenagem (*Prefeitura Municipal de Guararapes, 2018*), também bastante atual, possui mínimo tratamento discursivo, visto que o plano é indicado como um anexo digital à lei. No arquivo, somente estão apontados: tubos de drenagem e respectivos diâmetros; caixa de passagem; poço de visita; boca de lobo; dispositivo de saída; sarjetão; grelha e fluxo da água. Portanto, pouco é visto de plano, sem prospecções e possíveis continuidades, o chamado “plano” é somente um mapa digital.

Apesar da existência de duas bacias de retenção na cidade, estas não são sequer citadas nos planos específicos da área de saneamento. Sendo assim, percebe-se suas existências como projetos pontuais (e não acessíveis para a população), sem relação com os planejamentos urbanos, solução ineficaz quando se trata de questões cidadinas que são interdependentes para o desenvolvimento seguindo as diretrizes de planejamento.

Quadro 2 - Legislações sanitárias e manejo de águas pluviais (*Prefeitura Municipal De Guararapes, 2019, elaborado pelo autor, 2019*).

Legislação Menções relativas ao manejo de águas pluviais

<p><i>Plano Municipal de Saneamento Básico (2018)</i></p>	<p>Art. 3 - Para efeitos desta Lei, considera-se saneamento básico o conjunto de serviços, infraestruturas e instalações operacionais de:</p> <ul style="list-style-type: none"> - Drenagem e manejo das águas pluviais urbanas: conjunto de atividades, infraestruturas e instalações operacionais de drenagem urbana de águas pluviais, de transporte, detenção ou retenção para o amortecimento de vazões de cheias, tratamento e disposição final das águas pluviais drenadas nas áreas urbanas. <p>Art. 6 - Além dos princípios expressos acima, serão observados, para a implementação do plano, os seguintes princípios fundamentais:</p> <ul style="list-style-type: none"> - Disponibilidade dos serviços de drenagem e de manejo das águas pluviais
---	---

	urbanas;
<i>Plano de Macro e Micro Drenagem (2018)</i>	<p>Art. 2 - Este Plano tem como objetivo subsidiar o Poder Público e a iniciativa privada a elaborar um efetivo planejamento da infraestrutura urbana, em especial no tocante à drenagem, bem como propiciar o início da estruturação de um banco de dados digital de relatório e mapas, contendo os estudos topográficos, hidráulicos, hidrológicos e a determinação dos estudos de soluções.</p> <p>Art. 3 - Fica anexado a essa Lei o plano elaborado em mídia digital.</p>

6 RESULTADOS

Guararapes demonstra a existência de necessidade de planejamento mais eficaz e aplicável para eventos de alagamento e inundações mesmo sendo uma cidade de pequeno porte. Apesar das exigências urbanísticas e sanitárias das legislações – que abordam a implantação de sistemas de alarme para eventos hidrológicos indesejáveis, equipamentos de drenagem não tradicionais e evitar alterações demasiadas no ciclo hidrológico –, as construções físicas que não se utiliza da drenagem tradicional não fazem referências a nenhuma das legislações; são apenas soluções projetuais pontuais. A falta de especificação de possíveis modelos e abordagens a serem implantadas por meio de planos setoriais e termos de especificação técnica acaba por tornar ineficaz as exigências nas legislações.

Observou-se, então, grande desconexão da realidade apresentada pela cidade com as legislações urbanísticas e de manejo pluvial, reforçando a ausência de sustentabilidade e integração entre planejamento do desenvolvimento do território e ações de mitigação das águas pluviais em ambiente urbano.

7 CONCLUSÃO

Mesmo que em menores escalas, cidades deste porte repetiram padrões de impermeabilização e exclusão do curso natural de rios e córregos do ambiente urbano. No Brasil, diversas cidades de similar número de população acabam tendo imóveis invadidos por águas das chuvas, atingindo, principalmente, populações vulneráveis, que ocupam estes espaços devido ao inferior valor da terra, devido à suscetibilidade a esses eventos. O atual momento em que muitos municípios precisam realizar as revisões de seus PDUs - ou até colocarem em pauta

sua elaboração - deve ser utilizado como espaço para discussões voltadas ao desenvolvimento considerando as águas pluviais, de modo que possam ser incluídas na segunda geração de PDUs que serão executados.

A situação de desconexão entre as áreas de planejamento e execução de obras envolvendo setores municipais distintos, como a observada em Guararapes/SP, demonstra a necessidade de exigências mais específicas nas legislações, bem como o desenvolvimento de planejamentos menos genéricos e mais aplicáveis, que considerem as realidades locais existentes.

8 AGRADECIMENTOS

Agradecimentos à agência de financiamentos CAPES.

9 REFERÊNCIAS

Baptista, M. B., Nascimento, N. O. e Barraud, S. (2011) **Técnicas Compensatórias em Drenagem Urbana**, Associação Brasileira de Recursos Hídricos, Porto Alegre.

Barros, A. M. F. B., Carvalho, C. S. e Montandon, D. T. (2010) **Lei Nº 10.257 de 10 de julho de 2001, O Estatuto da Cidade: comentado**, Ministério das Cidades, Aliança das Cidades, São Paulo.

Brasil (1988) **Constituição da República Federativa do Brasil**, Senado Federal, Centro Gráfico, Brasília, DF.

Brasil (2001) **Estatuto da Cidade: lei 10.257/2001 que estabelece diretrizes gerais da política urbana**, Câmara dos Deputados, Brasília.

De Olho No Tempo (2017) **Chuva de até 122 mm gera alagamentos em Guararapes, Jales, Palmeira D'Oeste e Penápolis, SP**, Araçatuba, SP.

Fernandes, E. (2010) O Estatuto da Cidade e a ordem jurídico-urbanística, **O Estatuto da Cidade: comentado**, Ministério das Cidades, Aliança das Cidades, São Paulo.

FNEM - Fórum Nacional de Entidades Metropolitanas (2019) **Plano de Desenvolvimento Urbano Integrado**, São Paulo.

Guerra, R. A. (2018) **Cidade humana, cidade sustentável: Plano Base em Guararapes/SP**, Universidade Estadual Paulista, Presidente Prudente.

IBGE - Instituto Brasileiro de Geografia e Estatística (2010) **Sinopse do Censo Demográfico 2010**, Ministério do Planejamento, Orçamento e Gestão, Rio de Janeiro.

IBGE - Instituto Brasileiro de Geografia e Estatística (2016) **Pesquisa de Informações Básicas Municipais: Perfil dos municípios brasileiros**, Ministério do Planejamento, Orçamento e Gestão, Rio de Janeiro.

IBGE - Instituto Brasileiro de Geografia e Estatística (2019) **Estimativas da população residente no Brasil e Unidades da Federação com cata de referência em 1º de julho de 2019**, Ministério do Planejamento, Orçamento e Gestão, Rio de Janeiro.

INMET – Instituto Nacional de Meteorologia (2019) **Precipitação total anual: 2018**.

Oliveira, A. P. (2018) **Avaliação da multifuncionalidade e de custos de técnicas compensatórias de drenagem na revitalização de áreas urbanas em Guarulhos, SP**, Universidade Federal de São Carlos, São Carlos.

Prefeitura Municipal de Guararapes (1978) **Código de Obras**, Legislação Municipal, Guararapes.

Prefeitura Municipal de Guararapes (1990) **Lei Orgânica**, Legislação Municipal, Guararapes.

Prefeitura Municipal de Guararapes (1992) **Plano Comunitário de Melhoramentos**, Legislação Municipal, Guararapes.

Prefeitura Municipal de Guararapes (2006) **Plano Diretor Urbanístico**, Legislação Municipal, Guararapes.

Prefeitura Municipal de Guararapes (2018) **Plano Municipal de Saneamento Básico**, Legislação Municipal, Guararapes.

Prefeitura Municipal de Guararapes (2018) **Plano Municipal de Macro e Micro Drenagem**, Legislação Municipal, Guararapes.

Prefeitura Municipal de Guararapes (2019) **A cidade de Guararapes**, Urbanismo, Obras, Mobilidade Urbana e Habitação, Guararapes.

Prince George's County (1999) **Low-Impact Development Design Strategies: an integrated design approach**, Department of Environmental Resource, Maryland, United States of America.

Tucci, C. E. M. (2002) Gerenciamento da drenagem urbana, **RBRH - Revista Brasileira de Recursos Hídricos**, Porto Alegre, p. 5-27, jan./mar. 2002.

Ventura, K. S., Vaz Filho, P. e Gonçalves, L. M. (2019) Gestão integrada de projetos sustentáveis em municípios de médio porte, **Cidade Sustentável: um conceito em construção**, ANAP, Tupã, SP.

ANEXO 3 – ARTIGO APRESENTADO NO SINGEURB 2019



II Simpósio Nacional de Gestão e Engenharia Urbana

ABORDAGEM SISTÊMICA, ESCALAS E INTERSETORIALIDADE:
DESAFIOS E POTENCIAIS DO DESENVOLVIMENTO URBANO SUSTENTÁVEL

Águas pluviais urbanas: integração da drenagem sustentável ao Plano Diretor De Desenvolvimento Urbano (PDU) ¹

Urban stormwater: integrating sustainable drainage and Cities Master Plans

Guerra, Rodrigo Augusto¹; Gonçalves, Luciana Marcia²

¹ Programa de Pós-Graduação em Engenharia Urbana da Universidade Federal de São Carlos, São Carlos/SP, Brasil, rodrigoaguerra@gmail.com

² Programa de Pós-Graduação em Engenharia Urbana da Universidade Federal de São Carlos, Araraquara/SP, Brasil, arq.luciana.ufscar@gmail.com

A relação homem-água passou por diferentes momentos no decorrer dos anos, e a atual rejeição à sua presença em espaços urbanos é um reflexo das políticas higienistas, que apontavam a água em ambientes urbanos como vetor de epidemias e mau cheiro, o que, na realidade, relacionava-se à falta de manutenção e desuso do sistema, resultando em águas pluviais e cloacais escorrendo pelas ruas. A solução, na época, foi escondê-la e canalizá-la, ações estas que geram impactos até hoje. Os sistemas tradicionais, juntamente à alta taxa de urbanização e impermeabilização do solo, são insuficientes ao grande volume escoado, ocasionando inundações e danos. Abordagens alternativas de manejo das águas pluviais têm demonstrado resultados superiores a este, como a aplicação complementar de técnicas compensatórias e princípios do desenvolvimento de baixo impacto (LID). Este artigo resulta em uma revisão técnico-conceitual da drenagem pluvial urbana alternativa e sua relação com o desenvolvimento cidadão, representado pelos Planos Diretores de Desenvolvimento Urbano. A maioria das cidades brasileiras vê o manejo das águas como objeto de planos complementares, dificultando a execução eficiente e premeditada durante o desenvolvimento urbano, muitas vezes gerando impactos ambientais, sociais e econômicos.

Qualquer dúvida envie um e-mail para rodrigoaguerra@gmail.com.

Palavras-chave: Águas pluviais, Drenagem urbana, Drenagem sustentável, Planejamento urbano, Plano de Desenvolvimento Urbano.

ABSTRACT

The man-water relationship has passed through different moments over the years, and the current repudiation for its presence in urban spaces is a reflection of the hygienist policies, which pointed to water in urban environments as a vector of epidemics and bad smell, which actually was related to the lack of maintenance and disuse of the system, resulting in stormwater and sewage flowing through the streets. The solution, at the time, was to hide and pipe it, actions that cause impacts till nowadays. The traditional systems, beside the high rate of urbanization and soil imperviousness, are insufficient to the great volume drained, causing

¹ GUERRA, Rodrigo Augusto; GONÇALVES, Luciana Marcia. Águas pluviais urbanas: integração da drenagem sustentável ao Plano Diretor de Desenvolvimento Urbano (PDU). In: II SIMPÓSIO NACIONAL DE GESTÃO E ENGENHARIA URBANA: SINGEURB, 2019, São Paulo. Anais... Porto Alegre: ANTAC, 2019.

floods and damages. Alternative approaches to stormwater management have shown superior results, such as the complementary applications of compensatory techniques and Low Impact Development (LID) principles. This article results in a technical-conceptual review of alternative urban stormwater drainage and its relationship with urban development, represented by Cities Master Plans. Most Brazilian cities have water management as subject of supplementary plans, hindering efficient and premeditated execution during urban development, often generating environmental, social and economic impacts.

Keywords: Stormwater, Urban drainage, Sustainable drainage, Urban planning, Cities Master Plan.

1 INTRODUÇÃO

A relação dos seres humanos, e consequentemente da cidade, com a água passou por diferentes momentos no decorrer dos anos, desde seu apreço - no início da vida nômade, pela agricultura e higiene possibilitadas - até os primeiros sistemas de evacuação de águas, integradamente ao desenvolvimento urbano - nas Idades Antiga e Média (BAPTISTA et al., 2011). A separação através da canalização surgiu pelas ideias higienistas, que relacionaram a presença da água a algo patogênico e fétido - o que, na realidade, relacionava-se à falta de manutenção dos sistemas de evacuação das águas pluviais e do esgoto, acarretando em seu desuso, deixando-as escorrer pelas ruas (BAPTISTA et al., 2011).

No século XIX, com o aumento exponencial da população urbana, a precária infraestrutura de controle das águas urbanas favoreceu o alastramento de epidemias pela Europa, mudando a relação do urbanismo e as águas citadinas, que passou a pregar o escoamento mais rápido possível (BAPTISTA et al., 2011). O crescimento continuou durante o século XX, e, em 2010, o Brasil chegava a 84,36% da população vivendo em cidades (IBGE, 2010).

Devido à alta taxa de urbanização e ao aumento populacional urbano, foram necessários novos tratamentos do espaço citadino. Na legislação brasileira, o Estatuto da Cidade, de 2001, regulamenta os artigos 182 e 183 da Constituição Federal de 1988, e nele é apontado o Plano Diretor de Desenvolvimento Urbano (PDU) como o principal instrumento para o ordenamento territorial citadino. O planejamento municipal a partir do PDU e do zoneamento define o uso e ocupação dos espaços de modo a garantir o desenvolvimento dos cidadãos e o cumprimento da função social da cidade. A lei aponta normas a serem observadas pelos gestores municipais quanto a ordenação territorial, elaboração e execução das políticas urbanas (BARROS et al., 2010). Em 2003, com a criação do Ministério das Cidades - atualmente extinto -, houve maior apoio às cidades quanto a consolidação de modelos que englobassem saneamento, habitação e mobilidade urbana, com menções à cidade sustentável, apoiando a implementação da lei do Estatuto, de modo a facilitar o enfrentamento de questões sociais, ambientais e econômicas que afetam a vida de muitos brasileiros (FERNANDES, 2010).

2 JUSTIFICATIVA

Diante da dificuldade de implementação de abordagens alternativas de drenagem pluvial urbana e manejos integrados em obras de urbanização, verifica-se a necessidade de uma mais eficaz aproximação entre PDU e demais planos urbanos. Ou seja, não só objetivarem as mesmas premissas de redução de impactos, mas tratarem de diretrizes projetuais, que nem mesmos planos específicos têm apresentado.

A maioria das cidades que vêm desenvolvendo este modelo de planos integrados são grande porte, devido a exigências legais do Estatuto da Metrópole (FNEM, 2019). Entretanto, só o fazem pela urgência pelo número de problemas urbanos enfrentados e de pessoas afetadas. Tais planos são mais voltados a integrações territoriais e espaciais e menos a projetos urbanísticos, demonstrando a necessidade urgente do caráter integrador entre PDU e planos e projetos complementares. Cidades de pequeno e médio porte, apesar de não possuírem legislação que discipline a integração de planos, também apresentam problemas urbanos, necessitando de uma abordagem mais preventiva e corretiva.

A ausência de planos integrados resulta em problemas como enchentes e inundações, que provocam danos sociais, ambientais e econômicos, cuja origem pode estar nas ocupações em áreas próximas a mananciais e zonas de alagamento (TUCCI, 2002), ou por equipamentos urbanos de captação e controle das águas pluviais inadequados ou ineficientes, que ignoram os novos padrões de adensamento e desenvolvimento urbano.

3 OBJETIVO

Visa-se contribuir na compreensão da importância da abordagem integrada da drenagem sustentável e do planejamento urbano. Por meio da elaboração de premissas projetuais que visam o planejamento urbano sustentável, principalmente do ponto de vista das águas pluviais, nas elaborações e revisões de PDUs. Como resultado, apresentam-se condicionantes para a aprovação de loteamentos e zoneamentos urbanos integrado às diretrizes de drenagem urbana e manejo das águas pluviais, objetivando a diminuição dos problemas urbanos ocasionados pela visão higienista das águas independentemente ao projeto da cidade. O estabelecimento de novas relações entre águas urbanas e habitantes cidadãos diminui os impactos sociais, ambientais e econômicos, vindo ao encontro dos objetivos almejados pelos novos PDUs. A integração formal e legal desses instrumentos de desenho da cidade pode inverter a atual rejeição apresentada pelos habitantes cidadãos em relação às águas da chuva e dos córregos urbanos.

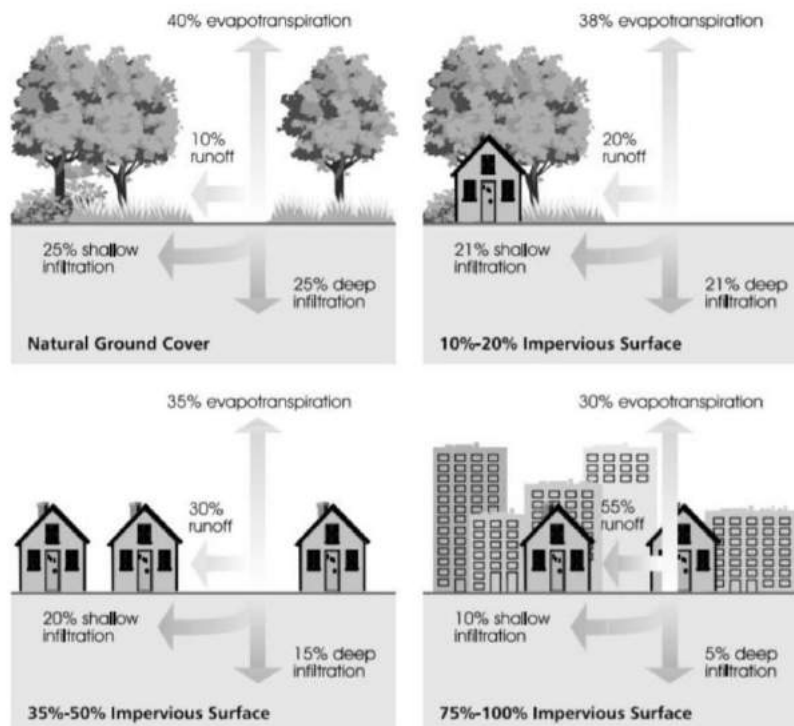
4 MATERIAL E MÉTODOS

As informações sobre técnicas compensatórias quanto a águas pluviais foram obtidas do banco de dados do grupo G-HIDRO, do Programa de Pós-Graduação em Engenharia Urbana da Universidade Federal de São Carlos, o qual realizou pesquisas científicas em estruturas construídas em escala real no campus. Também foram consultadas bibliografias brasileiras e estrangeiras nas áreas de: drenagem pluvial urbana (TUCCI); técnicas compensatórias em drenagem pluvial urbana (BAPTISTA); planejamento urbano sustentável (*Low Impact Development Design Strategies*, de Prince George's County, Maryland, EUA). As legislações brasileiras consultadas relativas ao planejamento urbano e gestão de cidades foram: Estatuto da Cidade; Programa de Drenagem Urbana Sustentável e Plano de Desenvolvimento Urbano Integrado. Após estudo, relacionou-se as abordagens teóricas e técnicas do manejo das águas pluviais urbanas e o planejamento territorial, apresentando o entendimento espacial necessário ao desenvolvimento de abordagens alternativas para a drenagem urbana.

5 DESENVOLVIMENTO

Na medida em que mais pessoas habitam a cidade, mais urbanizada e impermeável ela se transforma, devido ao atual padrão de ocupação, ocasionando mudanças no ciclo hidrológico (Figura 1).

Figura 1 – Balanço hídrico em ocupações



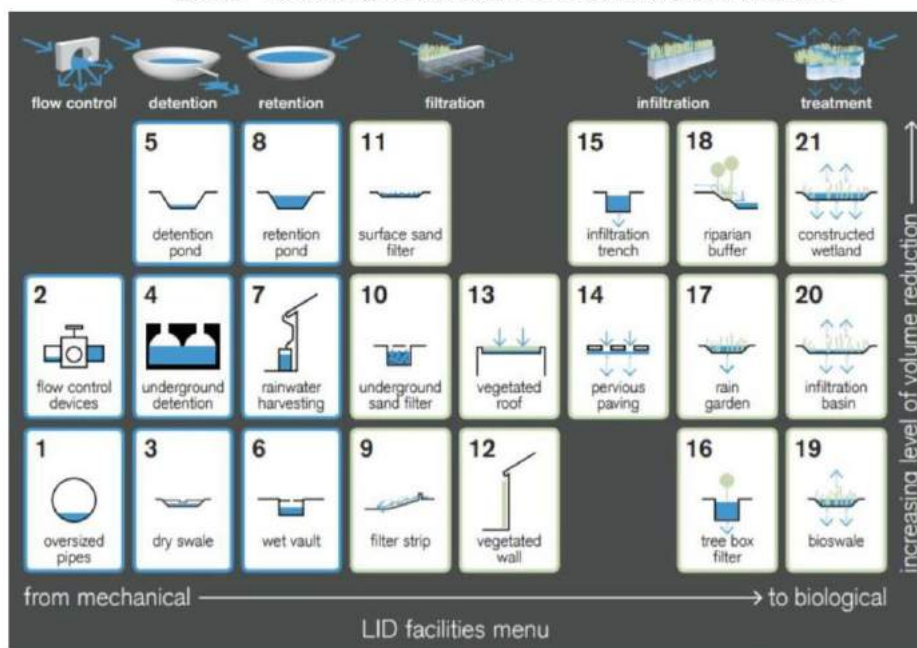
Fonte: PRINCE GEORGE'S COUNTY (1999)

Áreas à jusante são as mais atingidas, pois uma enorme quantidade de poluição e água chega rapidamente, através de tubulações, causando impactos sociais, econômicos e ambientais (TUCCI, 2002) (OLIVEIRA, 2018). Reduzindo-se a taxa de infiltração da água no solo, diminui-se o abastecimento de aquíferos e aumenta-se a quantidade e velocidade de seu escoamento superficial; e sua não retenção reduz a evapotranspiração natural – processo essencial para o balanço hídrico, auxiliado por folhagens e solos (OLIVEIRA, 2018).

Apesar de serem mais evidentes nos grandes aglomerados urbanos, os problemas de drenagem também atingem cidades de pequeno e médio porte, e, com o passar do tempo, o sistema tradicional de drenagem pluvial vem se demonstrando ineficaz no combate a enchentes e inundações, influenciando na qualidade de vida dos habitantes e até dos cursos d'água (VENTURA et al., 2019). A partir desta situação, novas posturas quanto a técnicas e abordagens alternativas ao sistema clássico de drenagem pluvial urbana estão em estudo e sendo empregadas (Figura 2), de modo a tornar mais natural e prolongada a presença da água pluvial nos espaços urbanos, como:

- Desenvolvimento de Baixo Impacto (LID);
- Técnicas Compensatórias (TCs);
- Desenho Urbano Sensível à Água (WSUD);
- Práticas de Gestão Integrada (BMPs).

Figura 2 – Comparação de sistemas mecânicos (tradicionais) e alternativos



Fonte: UNIVERSITY OF ARKANSAS COMMUNITY DESIGN CENTER (2010)

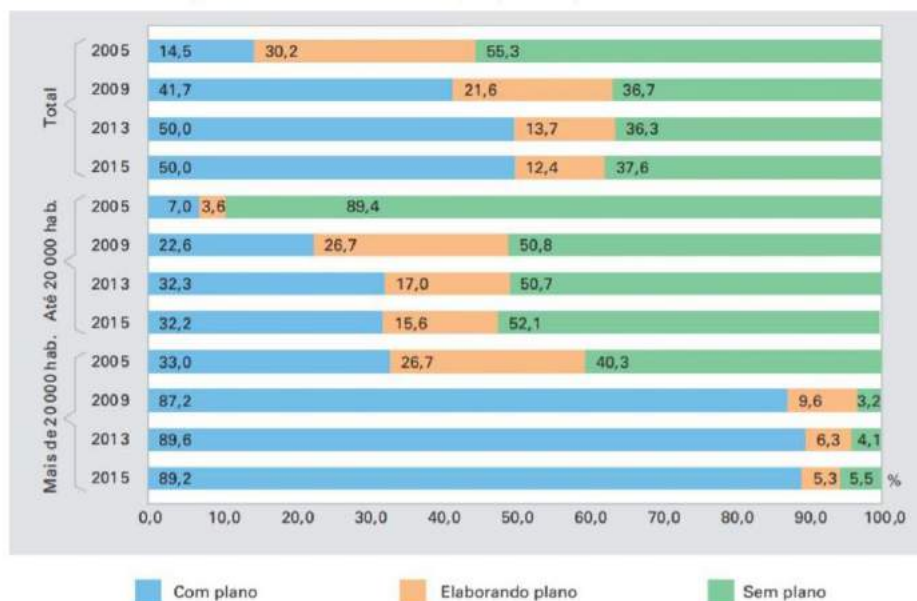
Para implementação de abordagens que possibilitem maior infiltração das águas pluviais no solo e tornem os escoamentos superficiais visíveis - ou seja, não canalizados e enterrados -, são requeridos espaços urbanos disponíveis. O acesso à terra urbana atualmente está relacionado diretamente a preço (MARICATO, 2010), tomando a espacialização de projetos e planos tema obrigatório a PDUs, principalmente por meio do zoneamento. Portanto, o manejo da água pluvial urbana precisa ser integrado ao ordenamento territorial.

As técnicas alternativas desenvolvidas devem ser discutidas nos PDUs, de modo que suas aplicabilidades atinjam a cidade real. Existem cidades brasileiras com TCs executadas, porém a minoria as abordava em seu PDU, sendo consideradas soluções momentâneas para enchentes. A gestão pública e os habitantes da cidade precisam compreender a necessidade da integração das águas pluviais aos planos urbanos desde seus princípios norteadores.

No Brasil, não há regulamentações quanto ao uso das técnicas alternativas, porém o extinto Ministério das Cidades estimulava a utilização do LID no desenvolvimento urbano através do Programa Drenagem Urbana Sustentável (BRASIL, 2006). Entretanto, a maior parte dos municípios brasileiros carece de planos específicos, como o Plano Diretor de Drenagem Urbana (PDDU), desvinculando as obras municipais de ações pré-planejadas. Em 2008, 78,6% dos municípios brasileiros tinha serviços de drenagem urbana, enquanto em municípios de até 20 mil habitantes essa porcentagem caía para 74,7%, e chegava a 100% naqueles com mais de 300 mil habitantes (IBGE, 2011). Entretanto, somente 12,7% dos municípios declaravam ter algum dispositivo coletivo de detenção e amortecimento da vazão das águas pluviais urbanas. A pesquisa apontou a criação de PDUs como um passo ao melhoramento do setor, de modo que deveriam ser considerados aspectos hidrológicos locais e definidos dimensionamentos e soluções alternativas para ocupação do solo.

Atribuindo ao PDU a recomendação e defesa do uso do manejo sustentável das águas urbanas, reforçam-se as motivações para a realização e revisão periódica dos PDUs, já que trata do gerenciamento dos espaços urbanos. Porém, quase metade dos municípios brasileiros não possuía PDUs em 2016 (Figura 3). Se forem considerados como aprovados os que, à época, estavam em aprovação, calcula-se que aproximadamente 40% dos municípios não possuem PDU.

Figura 3 – Percentual de municípios por situação do PDU, Brasil, 2005/2015



Fonte: IBGE (2016)

Quando realizada, a abordagem das águas pluviais no PDU é, em sua maioria, extremamente superficial, bem como a de diversos outros setores relacionados ao desenvolvimento urbano, tornando visível a falta de instrumentos urbanísticos para o controle ambiental e especialmente da drenagem no planejamento das cidades. Algumas cidades brasileiras implantaram iniciativas de compensação quanto a áreas impermeabilizadas ou incentivo ao uso de águas pluviais (CRUZ et al., 2007), porém a maioria continua a reproduzir o sistema tradicional de drenagem, sem instrumentos reguladores nos PDUs. A inclusão das técnicas alternativas da drenagem urbana pluvial se torna muito mais eficaz quando abordada integradamente ao PDU, já que este é o mecanismo mais eficiente e diretamente relacionado com a produção e manejo do espaço urbanizado. Para que novos loteamentos e regeneração de espaços consolidados sejam projetados simultaneamente ao manejo das águas pluviais, deve-se realizar o apontamento de requisitos na forma de diretrizes e instrumentos urbanísticos, a fim de integrar tais conceitos na construção de novas áreas.

5 CONCLUSÕES

O planejamento de urbanizações precisa ser atualizado, pois situações resultantes de comportamentos anteriores geram constantes impactos ambientais, sociais e econômicos. A busca por alcance de indicadores positivos de sustentabilidade está cada vez mais presente no planejamento de cidades, e mostra caminhos alternativos às tradicionais técnicas. Um dos conjuntos de indicadores é a necessidade da abordagem do manejo sustentável de águas

pluviais urbanas nos PDUs, de modo a garantir, dentre outros, a reserva de terra urbanizada destinada a estruturas de drenagem sustentável, possibilitando a minimização de danos causados por enchentes e descontroles de fluxos superficiais de água.

Foi demonstrado que abordagens alternativas de drenagem urbana necessitam de espaços exclusivos ou integrados a outros usos. Sendo assim, o PDU pode garantir sua destinação por meio do zoneamento e dos demais instrumentos de uso e ocupação do solo. Portanto, as abordagens de definição de áreas de uso específico relacionariam a drenagem urbana à função social da cidade.

AGRADECIMENTOS

Agradecimentos à agência de financiamentos CAPES.

REFERÊNCIAS

- BAPTISTA, M. B.; NASCIMENTO, N. O.; BARRAUD, S. **Técnicas Compensatórias em Drenagem Urbana**. Porto Alegre: Associação Brasileira de Recursos Hídricos, 2011. 318 p.
- BARROS, A. M. F. B.; CARVALHO, C. S.; MONTANDON, D. T. O Estatuto da Cidade comentado: Lei Nº 10. 257 de 10 de julho de 2001. In: CARVALHO, C. S.; ROSSBACH, A. **O Estatuto da Cidade**: comentado. São Paulo: Ministério das Cidades: Aliança das Cidades, 2010. Disponível em: http://www.cidades.gov.br/images/stories/ArquivosSNPU/Biblioteca/PlanelamentoUrbano/EstatutoComentado_Portugues.pdf. Acesso em: 9 abr. 2019.
- BRASIL. **Constituição Federal de 1988**. Constituição da República Federativa do Brasil. Brasília, DF: Senado Federal: Centro Gráfico, 1988. 292 p.
- BRASIL. **Estatuto da Cidade**: Lei 10.257/2001 que estabelece diretrizes gerais da política urbana. Brasília, Câmara dos Deputados, 2001, 1ª Edição.
- BRASIL. **Programa Drenagem Urbana Sustentável**. Ministério das Cidades. 2006. Manual para apresentação de propostas. 23 p. 2006.
- CRUZ, M. A. S.; SOUZA, C. F.; TUCCI, C. E. M. Controle da Drenagem Urbana No Brasil: avanços e mecanismos para sua sustentabilidade. In: XVII Simpósio Brasileiro de Recursos Hídricos, 2007, São Paulo. **8º Simpósio de Hidráulica e Recursos Hídricos dos Países de Língua Oficial Portuguesa**. São Paulo: Associação Brasileira de Recursos Hídricos, 2007. Disponível em: https://www.abrh.org.br/SGCv3/index.php?PUB=3&ID=19&SUMARIO=4674&ST=controle_da_drenagem_urbana_no_brasil_avancos_e_mecanismos_para_sua_sustentabilidade. Acesso em: 28 mar. 2019.
- FERNANDES, E. O Estatuto da Cidade e a ordem jurídico-urbanística. In: CARVALHO, C. S.; ROSSBACH, A. **O Estatuto da Cidade**: comentado. São Paulo: Ministério das Cidades: Aliança das Cidades, 2010. Disponível em: http://www.cidades.gov.br/images/stories/ArquivosSNPU/Biblioteca/PlanelamentoUrbano/EstatutoComentado_Portugues.pdf. Acesso em: 9 abr. 2019.
- FÓRUM NACIONAL DE ENTIDADES METROPOLITANAS - FNEM. **Plano de Desenvolvimento Urbano Integrado (PDUI)**. São Paulo, 2019. Disponível em: <http://fnembrasil.org/pdui/>. Acesso em: 23 mar. 2019.
- INSTITUTO BRASILEIRO DE GEOGRAFIA E ESTATÍSTICA - IBGE. **Sinopse do Censo Demográfico 2010**. [S. l.], 2010. Disponível em: https://ww2.ibge.gov.br/home/estatistica/populacao/censo2010/sinopse/sinopse_tab_brasil_zip.shtm. Acesso em: 25 mar. 2019.
- INSTITUTO BRASILEIRO DE GEOGRAFIA E ESTATÍSTICA - IBGE. **Pesquisa de Informações Básicas Municipais**: perfil dos municípios brasileiros. Rio de Janeiro: Ministério do Planejamento,

- Orçamento e Gestão, 2016. Pesquisa. Disponível em:
<https://biblioteca.ibge.gov.br/visualizacao/livros/liv95942.pdf>. Acesso em: 28 mar. 2019.
- MARICATO, E. O Estatuto da Cidade Periférica. In: CARVALHO, C. S.; ROSSBACH, A. **O Estatuto da Cidade: comentado**. São Paulo: Ministério das Cidades: Aliança das Cidades, 2010. Disponível em:
http://www.cidades.gov.br/images/stories/ArquivosSNPU/Biblioteca/PlanejamentoUrbano/EstatutoComentado_Portugues.pdf. Acesso em: 9 abr. 2019.
- PRINCE GEORGE'S COUNTY. **Low-Impact Development Design Strategies: an integrated design approach**. Maryland: Department of Environmental Resource, 1999. Disponível em:
<https://www.princegeorgescountymd.gov/1478/Design-Manuals>. Acesso em: 28 mar. 2019.
- TUCCI, C. E. M. Gerenciamento da drenagem urbana. **RBRH - Revista Brasileira de Recursos Hídricos**, Porto Alegre, p. 5-27, jan./mar. 2002. Disponível em:
<https://www.abrh.org.br/SGCv3/index.php?PUB=1&ID=99&SUMARIO=1583>. Acesso em: 23 mar. 2019.
- UNIVERSITY OF ARKANSAS COMMUNITY DESIGN CENTER. **LID - Low Impact Development: a design manual for urban areas**. Fayetteville: University of Arkansas Press, 2010. Disponível em:
<http://uacdc.uark.edu/work/low-impact-development-a-design-manual-for-urban-areas>. Acesso em: 24 mar. 2019.
- VENTURA, K. S.; VAZ FILHO, P.; GONÇALVES, L. M. Gestão integrada de projetos sustentáveis em municípios de médio porte. In: ROSIN, J. A. R. G.; BENINI, S. M. **Cidade Sustentável: um conceito em construção**. Tupã/SP: ANAP, 2019.

REFERÊNCIAS

ANGELINI SOBRINHA, L. A. **Monitoramento e modelagem de um poço de infiltração de águas pluviais em escala real e com filtro na tampa**. Orientador: Ademir Paceli Barbassa. 2012. 149 p. Dissertação (Mestrado em Engenharia Urbana) - Universidade Federal de São Carlos, São Carlos, 2012. E-book.

BAPTISTA, L. F. S. **Aspectos Ambientais, Sanitários, Hidrológicos e Urbanísticos na Concepção e Aplicação do LID (*Low Impact Development*) em Microbacia na UFSCar**. Orientador: Ademir Paceli Barbassa. 2015. Dissertação (Mestrado em Engenharia Urbana) - Universidade Federal de São Carlos, São Carlos, 2015. E-book.

BAPTISTA, L. F. S.; GONÇALVES, L. M.; RIBEIRO, R. A. O uso de técnicas compensatórias de drenagem para controle dos impactos da urbanização. **Anais do Fórum Ambiental da Alta Paulista: sociedade, meio ambiente e desenvolvimento**, Tupã, p. 1241-1256, 22 mar. 2016.

BAPTISTA, M. B.; NASCIMENTO, N. O.; BARRAUD, S. **Técnicas Compensatórias em Drenagem Urbana**. Porto Alegre: Associação Brasileira de Recursos Hídricos, 2011. 318 p.

BARROS, A. M. F. B.; CARVALHO, C. S.; MONTANDON, D. T. O Estatuto da Cidade comentado: Lei Nº 10. 257 de 10 de julho de 2001. In: CARVALHO, C. S.; ROSSBACH, A. **O Estatuto da Cidade: comentado**. São Paulo: Ministério das Cidades: Aliança das Cidades, 2010. Disponível em: http://www.cidades.gov.br/images/stories/ArquivosSNPU/Biblioteca/PlanelamentoUrbano/EstatutoComentado_Portugues.pdf. Acesso em: 9 abr. 2019.

BOM DIA CIDADE. **Chuva forte causa alagamentos e assusta moradores em Guararapes**. 2020. Disponível em: <https://globoplay.globo.com/v/8302249>. Acesso em: 10 mai. 2020.

BONFIM, F. C. R. **Urbanização de baixo impacto – manejo de águas pluviais com aplicação de LID (*Low Impact Development*): estudo de caso em área de expansão de campus universitário**. Orientador: Ademir Paceli Barbassa. 2016. Dissertação (Mestrado em Engenharia Urbana) - Universidade Federal de São Carlos, São Carlos, 2016. E-book.

BRASIL. Lei n. 6.766, de 19 de dez. de 1979. **Parcelamento do Solo Urbano**, Brasília, DF, dez. 1979.

BRASIL. Lei n. 9.433, de 8 de jan. de 1997. **Política Nacional de Recursos Hídricos**, Brasília, DF, jan. 1997.

BRASIL. Lei n. 10.257, de 10 de jul. de 2001. **Estatuto da Cidade**, Brasília, DF, jul. 2001.

BRASIL. Lei n. 11.445, de 5 de jan. de 2007. **Diretrizes nacionais para o saneamento básico**, Brasília, DF, jan. 2007.

BRASIL. **Programa Drenagem Urbana Sustentável**. Ministério das Cidades. 2006. Manual para apresentação de propostas. 23 p. 2006.

BUTLER, D.; DAVIES, J. W. **Urban drainage**. Londres: St. Edmundsbury Press, 489 p., 2000.

CAMBRIDGE CITY COUNCIL (Reino Unido, Cambridge). **Cambridge design and adoption guide: sustainable drainage**. Cambridge: Environment and Planning Cambridge City Council, 2009. Disponível em: <https://www.cambridge.gov.uk/media/5457/suds-design-and-adoption-guide.pdf>. Acesso em: 06 set. 2019.

CASA E IMÓVEL UOL. **Como é o sistema para aproveitar água da chuva?**. Uol Estilo, 2010. Disponível em: <http://casaeimoveis.uol.com.br/tire-suas-duvidas/arquitetura/como-e-o-sistema-para-aproveitar-agua-da-chuva.jhtm>. Acesso em: 25 mai. 2019.

CLIMATEMPO. **Climatologia**: Guararapes – SP. 2020. Disponível em: <https://www.climatepo.com.br/climatologia/2312/guararapes-sp>. Acesso em: 10 de mai. 2020.

CORMIER, N.S.; PELLEGRINO, P.R.M. Infraestrutura Verde: uma estratégia paisagística para água urbana. **Paisagem Ambiente**: ensaios – n. 25, São Paulo. 2008. p.125-142.

CRUZ, M. A. S.; SOUZA, C. F.; TUCCI, C. E. M. Controle da Drenagem Urbana No Brasil: avanços e mecanismos para sua sustentabilidade. In: XVII Simpósio Brasileiro de Recursos Hídricos, 2007, São Paulo. **8º Simpósio de Hidráulica e Recursos Hídricos dos Países de Língua Oficial Portuguesa**. São Paulo: Associação Brasileira de Recursos Hídricos, 2007. Disponível em:

https://www.abrh.org.br/SGCv3/index.php?PUB=3&ID=19&SUMARIO=4674&ST=controle_d_a_drenagem_urbana_no_brasil_avancos_e_mecanismos_para_sua_sustentabilidade. Acesso em: 28 mar. 2019.

DA SILVA, G. J. A.; ROMERO, M. A. B. urbanismo sustentável no Brasil e a construção de cidades para o novo milênio. **Perspectivas**, São Paulo, p. 1-11, jan. 2010. Disponível em:

https://www.usp.br/nutau/sem_nutau_2010/perspectivas/romero_marta.pdf. Acesso em: 14 jun. 2018.

DAVISON, A. Stuck in a Cul-de-Sac? Suburban history ad Urban Sustainability in Australia. **Urban Policy and Research**. v. 24, n. 2, p. 201-216, jun. 2006.

DE OLHO NO TEMPO. **Chuva de até 122 mm gera alagamentos em Guararapes, Jales, Palmeira D'Oeste e Penápolis, SP**. 2017. Disponível em:

<http://deolhonotempo.com.br/index.php/component/content/article?id=6878:chuva-de-ate-122-mm-gera-alagamentos-em-guararapes-jales-palmeira-d-oeste-e-penapolis-sp>. Acesso em: 20 abr. 2018.

ESCOLA JOÃO ARRUDA BRASIL, professores da área de humanas e alunos da E.E.P.S.G. **Guararapes: Entrando na sua história**. Guararapes, 1994. 325p. v. 1.

ESTADO DE SÃO PAULO. Lei n. 7.663, de 30 de dez. de 1991. **Política Estadual de Recursos Hídricos e Sistema Estadual de Saneamento**, São Paulo, SP, dez. 1991.

ESTADO DE SÃO PAULO. Lei n. 7.750, de 31 de mar. de 1992. **Política Estadual de Saneamento e Sistema Estadual de Saneamento**, São Paulo, SP, mar. 1992.

ESTADO DE SÃO PAULO. Lei n. 9.509, de 20 de mar. de 1997. **Política Estadual do Meio Ambiente e Sistema Estadual de Administração da Qualidade Ambiental, Proteção, Controle e Desenvolvimento do Meio Ambiente e Uso Adequado dos Recursos Naturais**, São Paulo, SP, mar. 1997.

ESTADO DE SÃO PAULO. Lei n. 12.526, de 2 de jan. de 2007. **Normas para Contenção de Enchentes e Destinação de Águas Pluviais**, São Paulo, SP, jan. 2007.

ESTADO DE SÃO PAULO. Lei n. 15. 684, de 14 de jan. de 2015. **Código Florestal do Estado de São Paulo**, São Paulo, SP, jan. 2015.

FARR, D. **Urbanismo Sustentável: Desenho urbano com a natureza**. Porto Alegre: Bookman, 2013. 326 p.

FAUSTINO, A. S. **Gestão de águas pluviais urbanas através da abordagem *Water Sensitive Urban Design***: desafios e potencialidades para o município de São Carlos – SP. 2017. Dissertação (Mestrado em Engenharia Urbana) - Universidade Federal de São Carlos, São Carlos, 2017. E-book.

FELIPE, M. C. **Avaliação da eficiência e modelagem matemática da remoção de material particulado em canal gramado integrante de técnica compensatória construída em escala real**. 2014. 104p. Dissertação de mestrado - Programa de Pós-

Graduação em Engenharia Urbana - Universidade Federal de São Carlos. São Carlos-SP, 2014.

FERNANDES, E. O Estatuto da Cidade e a ordem jurídico-urbanística. In: CARVALHO, C. S.; ROSSBACH, A. **O Estatuto da Cidade**: comentado. São Paulo: Ministério das Cidades: Aliança das Cidades, 2010. Disponível em: http://www.cidades.gov.br/images/stories/ArquivosSNPU/Biblioteca/PlanelamentoUrbano/EstatutoComentado_Portugues.pdf. Acesso em: 9 abr. 2019.

FERREIRA, T. S. **Avaliação do comportamento hidrológico de poços de infiltração de águas pluviais sob diferentes concepções**. Orientador: Ademir Paceli Barbassa. 2016. 149 p. Dissertação (Mestrado em Engenharia Urbana) - Universidade Federal de São Carlos, São Carlos, 2016. E-book.

FERREIRA, T. S.; BAPTISTA, L. F. S.; BARBASSA, A. P.; GONÇALVES, L. M.; SHINZATO, A. H.; VICENTE, T. Z.; SILVA, T. R. D.; FAVA, M. C. Escolha, projeto e integração urbanística de técnica compensatória em drenagem urbana. In: XX Simpósio Brasileiro de Recursos Hídricos, 2013, Bento Gonçalves/RS. **20º Simpósio Brasileiro de Recursos Hídricos: Água – desenvolvimento econômico e socioambiental**. São Paulo: Associação Brasileira de Recursos Hídricos, 2013.

FIRJAN - FEDERAÇÃO DAS INDÚSTRIAS DO ESTADO DO RIO DE JANEIRO. **Índice FIRJAN de Desenvolvimento Municipal**. Federação das Indústrias do Estado do Rio de Janeiro, 2018. Disponível em: <https://www.firjan.com.br/ifdm/downloads>. Acesso em: 18 mai. 2020.

FNEM - FÓRUM NACIONAL DE ENTIDADES METROPOLITANAS. **Plano de Desenvolvimento Urbano Integrado (PDUI)**. São Paulo, 2019. Disponível em: <http://fnembrasil.org/pdui/>. Acesso em: 23 mar. 2019.

GASPARINI, O. Drone em Guararapes SP #drone #mavic #guararapes #matriz #turismo #interiorsp. **Youtube**, 2017. Disponível em: https://www.youtube.com/watch?v=qLzv_DmvTzw. Acesso em: 11 mai. 2020.

GAZETA DO POVO. **Curso on-line ensina a construir sistema de captação da água da chuva**. Haus, 2015. Disponível em: <https://www.gazetadopovo.com.br/haus/arquitetura/curso-online-ensina-a-construir-sistema-de-captacao-da-agua-da-chuva/>. Acesso em: 20 mai. 2019.

GOOGLE MAPS. **Satélite**. Google, 2019. Disponível em: <https://www.google.com.br/maps/>.

GOOGLE MAPS. **Satélite**. Google, 2020. Disponível em: <https://www.google.com.br/maps/>.

GUARARAPES SORRISO NEWS. **Após forte chuva Guararapes registra vários pontos de alagamento**. 2020. Disponível em:

<https://www.guararapessorrisonews.com.br/2020/02/apos-forte-chuva-guararapes-registra.html>. Acesso em: 10 mai. 2020.

GUERRA, R. A. **Cidade humana, cidade sustentável**: Plano Base em Guararapes/SP. Orientadora: Arlete Maria Francisco. 2018. 211 p. Trabalho Final de Graduação (Bacharel em Arquitetura e Urbanismo) - Universidade Estadual Paulista, Presidente Prudente, 2018. E-book.

GUERRA, R. A.; GONÇALVES, L. M. Águas pluviais urbanas: integração da drenagem sustentável ao Plano Diretor De Desenvolvimento Urbano (PDU). In: Simpósio Nacional De Gestão E Engenharia Urbana, II., 2019, São Paulo. **Anais...** São Paulo: Escola Politécnica - Universidade de São Paulo - São Paulo/SP, 2019. p.498-507 p. v. vol. 6 num. 2. Tema: Meio ambiente urbano. ISSN : 2357-7592. Disponível em: <http://pdf.blucher.com.br.s3-sa-east-1.amazonaws.com/engineeringproceedings/singeurb2019/69.pdf>. Acesso em: 18 maio 2020.

HIGH POINT (Estados Unidos, Washington, Seattle). **Welcome to High Point**: an exceptional, green master planned community with sustainable design in charming West Seattle. Seattle: High Point, 2015. Disponível em: <https://highpointseattle.com/>. Acesso em: 14 jun. 2019.

IBGE – INSTITUTO BRASILEIRO DE GEOGRAFIA E ESTATÍSTICA. **Área dos Municípios**. [S. l.], 2018. Disponível em: <https://www.ibge.gov.br/geociencias/organizacao-do-territorio/estrutura-territorial/15761-areas-dos-municipios.html?=&t=downloads>. Acesso em: 19 nov. 2019.

IBGE – INSTITUTO BRASILEIRO DE GEOGRAFIA E ESTATÍSTICA. **Atlas de Saneamento**. Rio de Janeiro: Ministério do Planejamento, Orçamento e Gestão, 2011a. Atlas. Disponível em: https://ww2.ibge.gov.br/home/estatistica/populacao/atlas_saneamento/default_zip.shtm. Acesso em: 28 mar. 2019.

IBGE – INSTITUTO BRASILEIRO DE GEOGRAFIA E ESTATÍSTICA. **Cadastro de Localidades Brasileiras Selecionadas**. [S. l.], 2011b. Disponível em: ftp://geoftp.ibge.gov.br/organizacao_do_territorio/estrutura_territorial/localidades. Acesso em: 10 mai. 2020

IBGE – INSTITUTO BRASILEIRO DE GEOGRAFIA E ESTATÍSTICA. **Estimativas da população residente no Brasil e Unidades da Federação com cata de referência em 1º de julho de 2019**. Rio de Janeiro: Ministério do Planejamento, Orçamento e Gestão, 2019.

IBGE – INSTITUTO BRASILEIRO DE GEOGRAFIA E ESTATÍSTICA. **Pesquisa de Informações Básicas Municipais**: perfil dos municípios brasileiros. [S. l.], 2016. Pesquisa. Disponível em: <https://biblioteca.ibge.gov.br/visualizacao/livros/liv95942.pdf>. Acesso em: 28 mar. 2019.

IBGE – INSTITUTO BRASILEIRO DE GEOGRAFIA E ESTATÍSTICA. **Sinopse do Censo Demográfico 2010**. [S. l.], 2010. Disponível em: https://ww2.ibge.gov.br/home/estatistica/populacao/censo2010/sinopse/sinopse_tab_brasil_zip.shtm. Acesso em: 25 mar. 2019.

INMET – INSTITUTO NACIONAL DE METEOROLOGIA. **Precipitação total anual: 2018. 2019**. Disponível em: <http://www.inmet.gov.br/portal/index.php?r=clima/page&page=desvioChuvaAnual>. Acesso em: 22 nov. 2019.

JHA, A. K.; BLOCH, R.; LAMOND, J. **Cidades e Inundações**: um guia para a gestão integrada do risco de inundação urbana para o século XXI. Washington, D.C.: The World Bank, 2012. Disponível em: http://mi.gov.br/pt/c/document_library/get_file?uuid=3c3b9a72-9358-415f-9efe-89fad4cbb381&groupId=10157. Acesso em: 15 ago. 2019.

KIENTRUCTANVIET.VT (Vietnã, Hanói). **Biên nóc nhà cao tầng thành công viên mini**. Hanói: Tan Viet Investimento, Desenvolvimento e Consultora, 2019. Disponível em: <http://www.kientructanviet.vn/BIEN.NOC.NHA.CAO.TANG.THANH.CONG.VIEN.M%C3%94N.htm>. Acesso em: 20 set. 2019.

LEITE, C. **Cidades sustentáveis, cidades inteligentes**: desenvolvimento sustentável num planeta urbano. Porto Alegre: Bookman, 2012. 264 p.

LLOYD, S. D. Water Sensitive Urban Design in The Australian Context: Synthesis of a conference held 30-31 August 2000, Melbourne, Australia. **Cooperative Research Centre for Catchment Hydrology**, [s. l.], 1 set. 2001. E-book.

LOPES, D. M. F.; HENRIQUE, W. (org.). **Cidades médias e pequenas**: teorias, conceitos e estudos de caso. Salvador: SEI, 2010. 250 p. ISBN 978-85-85976-84-2. Disponível em: <http://www.redbcm.com.br/arquivos/bibliografia/cidades%20m%C3%A9dias%20e%20pequenas%20teorias,%20conceitos%20e%20estudos%20de%20caso.pdf>. Acesso em: 18 nov. 2019.

LUCAS, A. H. **Monitoramento e modelagem de um sistema filtro-vala-trincheira de infiltração em escala real**. Orientador: Ademir Paceli Barbassa. 2011. 159 f. Dissertação (Mestrado em Engenharia Urbana) - Universidade Federal de São Carlos, São Carlos, 2011. E-book.

MARICATO, E. O Estatuto da Cidade Periférica. In: CARVALHO, C. S.; ROSSBACH, A. O **Estatuto da Cidade**: comentado. São Paulo: Ministério das Cidades: Aliança das Cidades, 2010. Disponível em:
http://www.cidades.gov.br/images/stories/ArquivosSNPU/Biblioteca/PlanelamentoUrbano/EstatutoComentado_Portugues.pdf. Acesso em: 9 abr. 2019.

MELBOURNE WATER (Austrália, Victória, Melbourne). **Stormwater management**. Melbourne, 12 out. 2017. Disponível em: <https://www.melbournewater.com.au/planning-and-building/stormwater-management>. Acesso em: 1 out. 2019.

MELBOURNE WATER (Austrália, Victória, Melbourne). **Water Sensitive Urban Design Guidelines**: South Eastern Councils. 44 p. Melbourne, 2013. E-book.

MOTA, E. (coord.). **Projeto técnico**: calçadas acessíveis. [S. l.]: Soluções para Cidades, 2014. 22 p. Disponível em: <http://solucoesparacidades.com.br/mobilidade/projeto-tecnico-calcadas-acessiveis/>. Acesso em: 6 set. 2019.

OLIVEIRA, C. M. C. S.; ZILBOVICIUS, C.; TARCIA, R. M. L. Adoção da metodologia árvore de problemas em projetos de intervenção: TCC do curso de especialização em saúde da família da UNASUS/UNIFESP. **21º Congresso Internacional ABED de Educação a Distância**, São Paulo, ed. 21, p. 1-10, mai. 2015. Disponível em:
http://www.abed.org.br/congresso2015/anais/pdf/BD_344.pdf. Acesso em: 20 dez. 2019.

OLIVEIRA, A. P. **Avaliação da multifuncionalidade e de custos de técnicas compensatórias de drenagem na revitalização de áreas urbanas em Guarulhos, SP**. 2018. Dissertação (Mestrado em Engenharia Urbana) - Universidade Federal de São Carlos, São Carlos, 2018. E-book.

ONU - ORGANIZAÇÃO DAS NAÇÕES UNIDAS. **Agenda 2030**: Os 17 Objetivos de Desenvolvimento Sustentável. [S.l.], 2015. Disponível em:
<http://www.agenda2030.org.br/ods/15/>. Acesso em: 19 nov. 2019.

PAIVA, S. B. **Subprojeto LID/UFSCar**. Orientador: Luciana Márcia Gonçalves e Maria Fernanda Nóbrega dos Santos. 2016. 9 p. Relatório de iniciação científica - Universidade Federal de São Carlos, São Carlos, 2016. E-book.

PAMPLONA, L. G. C.; LIMA, J. W. O.; CUNHA, J. C. L.; SANTANA, E. W. P. Avaliação do impacto na infestação por *Aedes aegypti* em tanques de cimento do município de Canindé, Ceará, Brasil, após a utilização do peixe *Betta splendens* como alternativa de controle biológico. **Revista da Sociedade Brasileira de Medicina Tropical**, Uberaba, v. 37, n. 5, p. 400-404, set./out/ 2004. DOI S0037-86822004000500006. Disponível em: http://www.scielo.br/scielo.php?pid=S0037-86822004000500006&script=sci_arttext. Acesso em: 15 ago. 2019.

PARQUE BARIGUI (Brasil, Paraná, Curitiba). **Parque Barigui**: lazer para todos em Curitiba. Curitiba: Secretaria Municipal do Meio Ambiente, 2019. Disponível em: <https://www.parquebarigui.com.br/>. Acesso em: 15 out. 2019.

PARRA, G. G. **Estudo comparativo dos efeitos dos espaços de circulação e permanência de pedestres (E CPP) sobre o manejo das águas de chuva**. Orientador: Bernardo Arantes do Nascimento Teixeira. 2016. 120 p. Dissertação (Mestrado em Engenharia Urbana) - Universidade Federal de São Carlos, São Carlos, 2016. E-book.

PEREIRA, T. R. D. S. **Projeto paisagístico como instrumento de integração de técnicas compensatórias à paisagem urbana**: Estudo de caso aplicado em planos de infiltração do campus da UFSCar. Orientador: Ademir Paceli Barbassa. 2016. 127 p. Dissertação (Mestrado em Engenharia Urbana) - Universidade Federal de São Carlos, São Carlos, 2016. E-book.

PREFEITURA DE PORTO ALEGRE (Brasil, Rio Grande do Sul, Porto Alegre). **Detenção**: as bacias que ficam secas. Porto Alegre: Departamento de Esgotos Pluviais, 2008. Disponível em: http://www2.portoalegre.rs.gov.br/dep/default.php?p_secao=69#. Acesso em: 17 nov. 2019.

PREFEITURA DE SÃO PAULO (Brasil, São Paulo, São Paulo). **Subprefeituras**: dados demográficos. São Paulo: Secretaria Municipal das Subprefeituras, 2020. Disponível em: https://www.prefeitura.sp.gov.br/cidade/secretarias/subprefeituras/subprefeituras/dados_demograficos/index.php?p=12758. Acesso em: 11 mai. 2020.

PREFEITURA MUNICIPAL DE GUARARAPES (Brasil, São Paulo, Guararapes). **A cidade**: Guararapes. Guararapes: Urbanismo, Obras, Mobilidade Urbana e Habitação, 2017. Disponível em: <http://www.guararapes.sp.gov.br/portal/cidade/1/Acidade>. Acesso em: 29 de mar. 2017.

PREFEITURA MUNICIPAL DE MESQUITA (Brasil, Rio de Janeiro, Mesquita). Secretaria Municipal de Meio Ambiente e Urbanismo. **Calçada melhor**: manual prático para construção

e manutenção de calçadas no município de Mesquita. Mesquita: Secretaria Municipal de Meio Ambiente e Urbanismo, 2018. 94 p. Disponível em:
<http://www.mesquita.rj.gov.br/pmm/manual-de-acessibilidade-calcada-melhor.pdf>. Acesso em: 6 set. 2019.

PRINCE GEORGE'S COUNTY (Estados Unidos, Maryland, Condado de Prince George). **Low-Impact Development Design Strategies**: an integrated design approach. Maryland: Department of Environmental Resource, 1999. Disponível em:
<https://www.princegeorgescountymd.gov/1478/Design-Manuals>. Acesso em: 28 mar. 2019.

PUBLICSPACE.ORG. **"Water Square" in Benthemplein**. Barcelona: Centro de Cultura Contemporània de Barcelona, 2018. Disponível em: <https://www.publicspace.org/works/-/project/h034-water-square-in-benthemplein>. Acesso em: 20 dez. 2019.

REIS, R. P. A.; OLIVEIRA, L. H.; SALES, M. M. Sistemas de drenagem na fonte por poços de infiltração de águas pluviais. **Ambiente Construído**, Porto Alegre, v. 8, n. 2, p. 99-117, abr./jun. 2008.

RIGHETTO, A. M. (Coordenador). **Manejo de Águas Pluviais Urbanas**. Rio de Janeiro: ABES, 2009. Disponível em: https://www.finep.gov.br/images/apoio-e-financiamento/historico-de-programas/prosab/prosab5_tema_4.pdf. Acesso em: 14 ago. 2019.

SBT JORNALISMO. Jornal do SBT (15/12/14) SP: Guararapes tem duas bicicletas para cada habitante. **Youtube**, 2014. Disponível em: <https://www.youtube.com/watch?v=kLJm2J0sSE>. Acesso em: 15 mai. 2020.

SEATTLE HOUSING AUTHORITY (Estados Unidos, Washington, Seattle). **High Point redevelopment**. Seattle, 2019. Disponível em: <https://www.seattlehousing.org/about-us/redevelopment/high-point-redevelopment>. Acesso em: 13 set. 2019.

SHINZATO, A. H. **Avaliação da remoção de material particulado em canal raso gramado**. Orientador: Rodrigo Braga Moruzzi. 2015. 75 p. Dissertação (Mestrado em Engenharia Urbana) - Universidade Federal de São Carlos, São Carlos, 2015. E-book.

SIGRH - SISTEMA INTEGRADO DE GERENCIAMENTO DE RECURSOS HÍDRICOS DO ESTADO DE SÃO PAULO. **CBH Baixo Tietê**: Apresentação. Birigui: CBH-BT - Comitê da Bacia Hidrográfica do Baixo Tietê, 2019. Disponível em:
<http://www.sigrh.sp.gov.br/cbhbt/apresentacao>. Acesso em: 18 nov. 2019.

SOUZA, V. G. A. S.; CABRAL, J. J. S. P.; COUTINHO, A. P.; SILVA, P. O. Construção de trincheira de infiltração aplicada como técnica compensatória em uma bacia urbana na cidade do Recife-PE. In: **Encontro Nacional De Águas Urbanas**, XII, 2018, Recife/PE. [...]. Recife: ABRH, 2018. Disponível em: <https://s3-sa-east-1.amazonaws.com/abrh/Eventos/Trabalhos/82/10313.pdf>. Acesso em: 4 set. 2019.

SUSDRAIN (Reino Unido). **Infiltration basin, Sao Paulo**. Reino Unido, 30 mar. 2018. Disponível em: https://www.susdrain.org/case-studies/pdfs/suds_awards/010_18_03_30_susdrain_suds_awards_infiltration_basin_sao_paulo.pdf. Acesso em: 8 out. 2020.

TASSI, R.; PICCILLI, D. G. A.; BRANCHER, S. C.; ROMAN, C. A. Preferências da população de diferentes estratos sociais no manejo das águas pluviais urbanas. **Ambientes Construídos**, Porto Alegre, jul./set. 2016. Disponível em: http://www.scielo.br/scielo.php?script=sci_arttext&pid=S1678-86212016000300039. Acesso em: 28 mar. 2019.

TECEDOR, N. **Monitoramento e modelagem hidrológica de plano de infiltração construído em escala real**. Orientador: Ademir Paceli Barbassa. 2014. 94 p. Dissertação (Mestrado em Engenharia Urbana) - Universidade Federal de São Carlos, São Carlos, 2014. E-book.

TUCCI, C. E. M. Inundações Urbanas. In: Carlos E. M. Tucci; Rubem La Laina Porto; Mário T. de Barros. (Org.). **Drenagem Urbana**. 1ed. Porto Alegre: Editora da Universidade (UFRGS) - ABRH Associação Brasileira de Recursos Hídricos, v. 1,1995. p. 15-36.

TUCCI, C. E. M. Gerenciamento da drenagem urbana. **RBRH - Revista Brasileira de Recursos Hídricos**, Porto Alegre, p. 5-27, jan./mar. 2002. Disponível em: <https://www.abrh.org.br/SGCv3/index.php?PUB=1&ID=99&SUMARIO=1583>. Acesso em: 23 mar. 2019.

TUCCI, C. E. M. (coord.). **Plano Diretor De Drenagem Urbana**: Manual de Drenagem Urbana. Porto Alegre: PMPA/DEP, 2005. v. 4. E-book.

UGREEN. **Telhado verde**: uma estratégia com vantagens diversas. 2019. Disponível em: <https://www.ugreen.com.br/teelhado-verde/>. Acesso em: 28 mai. 2019.

TUCCI, C. E. M.; HESPANHOL, I.; NETTO, O. M. C. Cenários da gestão da água no brasil: uma contribuição para a “visão mundial da água”. **RBRH - Revista Brasileira de Recursos Hídricos**, Porto Alegre, p. 31-43, jul./set. 2000.

UNIVERSITY OF ARKANSAS COMMUNITY DESIGN CENTER (Estados Unidos, Arkansas, Fayetteville). **LID - Low Impact Development: a design manual for urban areas.**

Fayetteville: University of Arkansas Press, 2010. Disponível em:

<http://uacdc.uark.edu/work/low-impact-development-a-design-manual-for-urban-areas>.

Acesso em: 24 mar. 2019.

UNOESTE.BR (Brasil, São Paulo, Presidente Prudente). **Alagamento no Parque do Povo sugere ações pública e privada.** Presidente Prudente: Unoeste, 2019. Disponível em:

<https://www.unoeste.br/noticias/2019/7/alagamento-no-parque-do-povo-sugere-acoes-publica-e-privada>. Acesso em: 20 dez. 2019.

URBONAS, B.; STAHR, D. **Stormwater: Best management practices and detention for water quality, drainage and CSO management.** Englewood Cliffs: Prentice Hall, 449 p., 1993.

VENTURA, K. S.; VAZ FILHO, P.; GONÇALVES, L. M. Gestão integrada de projetos sustentáveis em municípios de médio porte. In: ROSIN, J. A. R. G.; BENINI, S. M. **Cidade Sustentável: um conceito em construção.** Tupã/SP: ANAP, 2019.

VICTORIA STORMWATER COMMITTEE (Austrália, Victória). CSIRO PUBLISHING. **Urban Stormwater: Best Practice Environmental Management Guidelines.** [S. l.: s. n.], 1999. ISBN 0 643 06453 2. Disponível em: <http://www.publish.csiro.au/ebook/download/pdf/2190>.

Acesso em: 2 out. 2019.

VITRINE TECNOLÓGICA/UFRGS. **Elementos de drenagem urbana utilizando concreto permeável.** Porto Alegre: Universidade Federal do Rio Grande do Sul, 2018. Disponível em:

<https://www.ufrgs.br/vitrinetecnologica/maquinas-e-equipamentos/elementos-de-drenagem-urbana-utilizando-concreto-permeavel/>. Acesso em: 14 out. 2019.