

UNIVERSIDADE FEDERAL DO AMAZONAS
FACULDADE DE TECNOLOGIA
DEPARTAMENTO DE ENGENHARIA CIVIL

FERNANDA SALIGNAC DE OLIVEIRA

DRENAGEM SUSTENTÁVEL: ANÁLISE DE SUA APLICAÇÃO EM VIA DE ACESSO
AO POLO INDUSTRIAL DE MANAUS (PIM)

MANAUS

2022

FERNANDA SALIGNAC DE OLIVEIRA

DRENAGEM SUSTENTÁVEL: ANÁLISE DE SUA APLICAÇÃO EM VIA DE ACESSO
AO POLO INDUSTRIAL DE MANAUS (PIM)

Trabalho de Conclusão de Curso apresentado ao curso de Engenharia Civil, da Universidade Federal do Amazonas, como requisito parcial para a Obtenção do grau de Bacharel em Engenharia Civil.

Orientadora: Prof.^a Dr.^a. Ellem Cristiane Morais de Sousa Contente

MANAUS
2022

Ficha Catalográfica

Ficha catalográfica elaborada automaticamente de acordo com os dados fornecidos pelo(a) autor(a).

O48d Oliveira, Fernanda Salignac de
Drenagem sustentável : análise de sua aplicação em via de acesso ao Polo Industrial de Manaus (PIM) / Fernanda Salignac de Oliveira . 2022
73 f.: il. color; 31 cm.

Orientadora: Ellem Cristiane Morais de Sousa Contente
TCC (Engenharia Civil) - Universidade Federal do Amazonas.

1. Drenagem sustentável. 2. SUDS - Sistemas de drenagem urbana sustentáveis. 3. Polo industrial de Manaus. 4. Avenida Ephigênio Salles. I. Contente, Ellem Cristiane Morais de Sousa. II. Universidade Federal do Amazonas III. Título

FERNANDA SALIGNAC DE OLIVEIRA

DRENAGEM SUSTENTÁVEL: ANÁLISE DE SUA APLICAÇÃO EM VIA DE ACESSO
AO POLO INDUSTRIAL DE MANAUS (PIM)

Trabalho de Conclusão de Curso apresentado ao curso de Engenharia Civil, da Universidade Federal do Amazonas, como requisito parcial para a Obtenção do grau de Bacharel em Engenharia Civil.

Manaus, 28 de abril de 2022

BANCA EXAMINADORA

Prof.^a Dr.^a. Ellem Cristiane Morais de Sousa Contente, Presidente
Universidade Federal do Amazonas – UFAM

Prof.^a Dr.^a Ana Maria Guerra Seráfico Pinheiro
Universidade Federal do Amazonas - UFAM

Prof.^a Dr.^a Maria de Nazaré Alves da Silva
Universidade Federal do Amazonas - UFAM

Dedico a Fernanda Salignac de Oliveira de 17 anos, que escolheu engenharia civil com um brilho nos olhos. Que esse brilho possa iluminar a sua alma, pois tudo nela brilha e queima com a paixão existente por essa profissão.

AGRADECIMENTOS

Agradeço a Deus por me permitir realizar mais uma etapa na graduação e por ser o pilar mais importante dentro dos meus objetivos.

Agradeço a minha família, por me apoiar nessa árdua caminhada que a engenharia proporciona, mesmo com diante de todas as dificuldades, minha família nunca deixou de me amparar nos momentos difíceis e de comemorar comigo os momentos bons. Lembro com carinho dos momentos em que eu quis desistir e eles estavam lá para me dá forças, se hoje cheguei aqui, foi por vocês, mãe, pai, vovó, mano, meus tios e tias, primos queridos, gratidão a todos.

Agradeço ao meu querido e paciente esposo por além de ficar quatro meses longe de mim, ainda teve paciência nos dois meses de estudos intensificados que eu fiz na construção deste trabalho. Obrigada Raiff, você é um ser humano incrível, amo você.

Agradeço a minha orientadora maravilhosa por ter tanta paciência durante o TCC, monitoria, PIBIC, assuntos da vida, ensinamentos que levarei para sempre comigo. Feliz por ter a conhecido e poder aprender todo dia um pouco mais.

Agradeço a cada um que de alguma forma contribuiu, seja com dicas, dados técnicos, um abraço, um desejo de “Forças, Fernanda”, com palavras amigas, obrigada por me ajudarem a chegar aqui.

*“Eu também quero a volta à natureza. Mas essa volta
não significa ir para traz, e sim para a frente.”*

(Friedrich Nietzsche)

RESUMO

A urbanização das cidades sem um planejamento adequado trouxe ao longo das últimas décadas, alterações no ciclo hidrológico natural, grandes áreas impermeabilizadas, habitações em lugares inadequados, onde esses pontos convergem para a ocorrência de alagamentos e enchentes, trazendo grandes prejuízos físicos, econômicos, sociais e ambientais a cidade. Os sistemas sustentáveis de drenagem urbana - SUDS (Sustainable Drainage Systems) fazem parte de uma evolução da visão humana sobre a drenagem, onde essa abordagem visa otimizar os sistemas de drenagem convencional agindo na fonte da drenagem, aumentando a infiltração das águas pluviais, controlando o escoamento superficial e diminuindo assim as vazões pluviais, e minimizar a problemática envolvendo enchentes e alagamentos que ainda atingem fortemente o Brasil, e cidades como Manaus. Neste ensejo, o trabalho buscou apresentar baseada no aporte teórico e perceptivo visual as potencialidades de implantação das técnicas do SUDS na avenida Ephigênio Salles, importante via, com apelo socioeconômico e ambiental, como por exemplo o acesso ao Polo Industrial de Manaus. Com base na pesquisa teórica, de natureza descritiva-exploratória e da contextualização das fragilidades do sistema existente de drenagem urbana observadas em visita de campo, foi relacionada as técnicas potenciais, inferindo sobre sua aplicação na área. Por fim, a análise demonstrou que tais técnicas sustentáveis quando adotadas poderiam contribuir com a minimização da demanda do sistema existente, onde atualmente possui muitos desafios como sobrecarga, deficiências na operação e/ou manutenções e instabilidades técnicas e estruturais, alinhados ainda, a efetivamente de instrumentos de gestão pública para alcançar a sustentabilidade do sistema de drenagem urbana na via e na cidade de Manaus.

Palavras-chave: Drenagem Sustentável, SUDS, Polo Industrial de Manaus, Avenida Ephigênio Salles.

ABSTRACT

The urbanization of the occurrences of the last plannings a decades-old planning, great changes in the natural hydrological cycle, waterproofed areas in long places, where the cities are converging for the occurrence of floods, bringing great habitations and natural resources, environmental, social and environmental to City. Sustainable Drain Systems (SUDS) are part of an evolution of the human view on drainage, where it aims to optimize conventional drainage systems at the source of the drainage, increasing the infiltration of plural waters, attending to superficial and as well as problems that serve Brazil, and cities such as floods that serve Manaus. In this sense, the work sought, based on a theoretical framework and visual presentation, as potential for the implementation of SUDS avenues on Avenue Ephigênio Salles, an important road, with socioeconomic and environmental appeal, such as technical access to the Industrial Pole of Manaus. Based on the research, of a theoretical descriptive-exploratory nature and contextualization of the observations of the existing urban drainage system observed in a field visit, it was listed as potential techniques, indicating its application in the area. The analysis that still included, finally, that such changes can still be implemented with an attempt to reduce the current system, which currently has as overload, deficiencies in the operation and many operations and technical and structural changes, aligned management, the urban of instruments public service to achieve sustainability of the drainage system on the road and in the city of Manaus.

KEYWORDS: Sustainable Drainage, SUDS, Industrial Pole of Manaus, Avenue Ephigênio Salles.

LISTA DE FIGURAS

Figura 1: Estrutura do plano diretor de manejo de águas pluviais	20
Figura 2: Base objetiva do SUDS.....	26
Figura 3: Comparativo entre sistemas	27
Figura 4: Sistema de captação de águas pluviais.....	28
Figura 5: Diferença de sistemas.....	29
Figura 6: Camadas de um telhado verde	30
Figura 7: Vala de Infiltração.....	31
Figura 8: Bacia de infiltração	32
Figura 9: Trincheira de Infiltração.....	33
Figura 10: Poço de Infiltração	33
Figura 11: Pavimento permeável.....	34
Figura 12: sistemas de biorretenção (A) Jardins de chuva (B) Canteiros Pluviais	35
Figura 13: Sistema de biorretenção	36
Figura 14: A influência da árvore na drenagem urbana	37
Figura 15: Bacia de Detenção.....	38
Figura 16: Wetland	39
Figura 17: Fluxograma das etapas da pesquisa	40
Figura 18: Avenida Efigênio Salles.....	41
Figura 19: Bacia Hidrográfica do Mindu	42
Figura 20: Trechos de estudo definidos.....	43
Figura 21: Meio- Fio Inexistente	46
Figura 22: Sarjeta descaracterizada pelos recapeamentos da via.	47
Figura 23: Sarjeta descaracterizadas e uso de grades.	48
Figura 24: Sarjeta com acúmulo de resíduos sólidos	48
Figura 25: Passeio Público danificado	49
Figura 26: Boca de Lobo irregular	50
Figura 27: Boca de lobo sem manutenção.....	50
Figura 28: Bocas de lobo deterioradas	51
Figura 29: Ocorrências de má conservação das Bocas de lobo.....	51
Figura 30: Boca de lobo engolida pela pavimentação.....	52

Figura 31: Localização da Boca de lobo em local inadequado.	53
Figura 32: Condição existente no Canal de drenagem localizado na avenida.	54
Figura 33: Pista cedida decorrente da rede de drenagem profunda existente.....	55
Figura 34: Elevação do terreno na avenida Ephigênio Salles.	56
Figura 35: Pontos de alagamento na avenida durante a ocorrência de chuvas intensas.....	57
Figura 36: Sistema de Captação em Osasco/SP	59
Figura 37: Telhado verde aplicado em edificação na comunidade	60
Figura 38: Vala e trincheira de infiltração aplicadas em conjunto	61
Figura 39: Jardins em Condomínios	61
Figura 40: Pavimento Permeável aplicado em um estacionamento	62
Figura 41: Jardim de chuva em Copacabana	63
Figura 42: Áreas verdes nas laterais da Avenida.....	64

LISTA DE QUADROS

Quadro 1: Fragilidades da Gestão de Drenagem Urbana no Brasil.....	20
Quadro 2: Tipos de Drenagem	21
Quadro 3: Medidas de Controle da Drenagem	24
Quadro 4: Características dos setores.....	42
Quadro 5: Técnicas de SUDS selecionadas e o local aplicável.....	63

SUMÁRIO

1. INTRODUÇÃO	15
2. OBJETIVOS	17
2.1. GERAL.....	17
2.2. ESPECÍFICOS	17
3. REFERENCIAL TEÓRICO	18
3.1. URBANIZAÇÃO E O CICLO HIDROLÓGICO	18
3.2. GESTÃO DO SISTEMA DE DRENAGEM DE ÁGUAS PLUVIAIS	19
3.3. DRENAGEM URBANA CONVENCIONAL <i>VERSUS</i> DRENAGEM URBANA SUSTENTÁVEL.....	21
3.3.1. DRENAGEM CONVENCIONAL.....	21
3.3.2. DRENAGEM SUSTENTÁVEL.....	23
3.4. SISTEMAS URBANOS DE DRENAGEM SUSTENTÁVEL (SUDS).....	26
3.4.1. SISTEMAS DE CAPTAÇÃO DE ÁGUAS DA CHUVA	27
3.4.2. TELHADOS VERDES	29
3.4.3. SISTEMAS DE INFILTRAÇÃO	31
3.4.4. SISTEMAS DE BIORRETENÇÃO	34
3.4.5. ÁRVORES.....	36
3.4.6. TANQUES DE ARMAZENAMENTO E ATENUAÇÃO	37
3.4.7. BACIAS DE DETENÇÃO.....	38
3.4.8. LAGOAS E ZONAS ÚMIDAS.....	38
4. MATERIAIS E MÉTODOS	40
4.1. DELIMITAÇÃO DA ÁREA DE ESTUDO.....	41
4.2. PROCEDIMENTOS E INSTRUMENTOS DE COLETA DE DADOS	43
4.3. ATIVIDADE DE CAMPO.....	43
4.4. ANÁLISE DOS DADOS	44
5. RESULTADOS E DISCUSSÕES	45

5.1. DIAGNÓSTICO DO SISTEMA DE MICRODRENAGEM DA AVENIDA EFIGÊNIO SALLES	45
5.2. APLICABILIDADE DO SUDS NO CONTEXTO LOCAL	57
6. CONCLUSÃO	65
REFERÊNCIAS	67

1. INTRODUÇÃO

O crescimento acelerado das cidades no ápice da urbanização trouxe um aumento considerável na área impermeabilizada por falta de planejamento e técnicas, tendo assim um desequilíbrio no ciclo hidrológico natural nas áreas urbanizadas, ocasionando o aumento de volume pluvial, enchentes, inundações, alagamentos, os quais agregam problemas extremamente críticos para as cidades, prejudicando a população e os meios em que esses fenômenos atingem.

O Brasil é o segundo país mais atingido por inundações na América Latina, onde 70 milhões de pessoas foram afetadas entre 2000 e 2019 (ONU, 2019). No Brasil e no mundo tem-se observado um crescimento nos eventos envolvendo cheias, no qual esse fato fica evidenciado ao se observar os números registrados pelo Instituto Brasileiro de Geografia e Estatística - IBGE. No ano de 2018, 93% dos municípios brasileiros com mais de 500 mil habitantes foram atingidos por alagamentos, e 62% deles por deslizamentos. Ademais, o levantamento indica que mais da metade das cidades do país não possuía instrumentos legais de gerenciamento e planejamento de riscos no ano de 2017, piorando a situação (LOSCHI, 2018).

Neste contexto, o planejamento urbano e as infraestruturas básicas (energia, edificações, pavimentação, transporte público, serviços de saneamento, e outras) tem uma relevância para o desenvolvimento social, econômico e ambiental ocorra em equilíbrio para a cidade e a sua população. Dentro desses serviços básicos, o saneamento traz um componente que faz toda a diferença: o manejo de águas pluviais. O escoamento superficial das águas pluviais que conforme item c do art. 3º da Lei 14.026/2020 são:

“[...] constituídos pelas atividades, pela infraestrutura e pelas instalações operacionais de drenagem de águas pluviais, transporte, detenção ou retenção para o amortecimento de vazões de cheias, tratamento e disposição final das águas pluviais drenadas, contempladas a limpeza e a fiscalização preventiva das redes” (BRASIL, 2020)

Diante dessa conjuntura, têm-se que os atuais sistemas de drenagem no Brasil não têm suportam o aumento da exigência. Tem-se uma cultura convencional higienista de manejo de águas pluviais, onde o princípio é escoar rapidamente o volume pluviométrico. Com esse fator, o surgimento de tecnologias que tragam o reequilíbrio do ciclo hidrológico vem surgindo, destacando-se a drenagem sustentável.

Nesse contexto, este trabalho busca fazer um estudo sobre as potencialidades de aplicação dessas tecnologias, que são os sistemas sustentáveis de drenagem urbana (SUDS), onde

essa abordagem objetiva o controle pluvial na fonte, aumentando a infiltração no solo e reduzindo o escoamento superficial. Tendo como referência de estudo uma das principais vias de acesso ao PIM, um seguimento do corredor urbano Darcy Vargas, a avenida Efigênio Sales, definido no Plano Diretor Urbano e Ambiental do município de Manaus (MANAUS, 2019).

As análises e pesquisas foram realizadas na avenida Efigênio Salles e a sua drenagem atuante, descrevendo o processo de urbanização na via e examinando os pontos de fragilidades do sistema. Com essas análises foram indicadas as técnicas do SUDS em pontos da avenida para otimizar a concepção do sistema atual.

Compreende-se que a temática sugerida seja de grande importância no âmbito acadêmico por possibilitar a discussão no contexto voltado a práticas mais sustentáveis em projetos de drenagem urbana, além de fomentar o poder público para a adoção mais concreta de tais práticas visando melhorar o cenário da drenagem urbana na cidade de Manaus.

2. OBJETIVOS

2.1. GERAL

Analisar potenciais alternativas técnicas no contexto da drenagem sustentável para contribuir com o sistema atual de manejo das águas pluviais em via de acesso ao Polo Industrial de Manaus (PIM), avenida Ephigênio Salles.

2.2. ESPECÍFICOS

- Caracterizar o atual sistema de drenagem na via de acesso de estudo;
- Pesquisar o contexto sobre “Drenagem Convencional e Drenagem Sustentável”;
- Inventariar e descrever alternativas técnicas no contexto da drenagem sustentável;
- Indicar e analisar alternativas potenciais aplicáveis na via de acesso de estudo.

3. REFERENCIAL TEÓRICO

3.1. URBANIZAÇÃO E O CICLO HIDROLÓGICO

O desenvolvimento urbano levou o homem do campo para os ambientes condensados da cidade em busca de condições melhores, segundo Tucci (2010, p. 114), “a urbanização é um processo de desenvolvimento econômico e social resultado da transformação de uma economia rural para uma economia de serviços concentrada em áreas urbanas”, logo esse aumento populacional trouxe novos desafios para a área que a cidade se encontra.

As primeiras grandes cidades se estabeleceram perto de cursos d’águas para facilitar o consumo, a agricultura, o abastecimento, navegação, etc., então a população se ajustou a área próxima às várzeas e rios. Os humanos usam os recursos ofertados pela natureza, dentre eles a água é de suma importância para a vida humana, mas com esse aumento populacional na mesma área, soluções precisaram ser definidas e aplicadas para uma demanda maior dos mesmos recursos.

De acordo com Rocha e Santos (2018, p.2):

O ciclo hidrológico funciona como uma série de armazenagens de água (caixas d’água), ligadas por transferências. Alguns destes depósitos ou caixas apresentam-se como tal devido à velocidade de transferências, que podem ser mais demoradas (por exemplo, da água subterrânea) ou mais rápidas (por exemplo, os rios), que também podem exercer limitada função de armazenagem. Em cada ponto de intervenção nestes locais, podem ocorrer diferentes intensidades de impactos.

Portanto, o ciclo hidrológico natural é formado por diversos processos em sequência, quando o ser humano começa a integrar esse sistema e se concentra na área que faz parte do ciclo hidrológico, causa fortes modificações que frequentemente são negativas para o ciclo, gerando impactos que em sua maioria são irreversíveis (ROSA, 2017). O desenvolvimento urbano muitas vezes está ligado ao preenchimento de ambientes naturais por ambientes construídos, e com isso acontece o direcionamento das águas pluviais e dos esgotos para os corpos d’água adjacentes (HAUGHTON e HUNTER, 1994 apud BENINI e MEDIONDO, 2015). Com o avanço das cidades, a impermeabilização do solo faz com que ocorra o aumento do escoamento superficial e da vazão do córrego, contribuindo para aumentar enchentes à jusante.

Agra (2001) destaca que o crescimento da cidade traz maiores vazões e volumes escoados, redução da evapotranspiração, a degradação da qualidade da água por conta do carregamento de resíduos pelas águas pluviais, consoante Benini e Mediondo (2015, p. 2) afir-

mam que “a urbanização de forma desordenada, sem diretrizes de ocupação, impacta gravemente no ciclo hidrológico, pois causa drásticas alterações na drenagem, elevando a possibilidade de ocorrência de enchentes e deslizamentos, impondo riscos à saúde e à vida humana”.

3.2. GESTÃO DO SISTEMA DE DRENAGEM DE ÁGUAS PLUVIAIS

De acordo com Tucci (2012, p.7) “A gestão da drenagem urbana envolve o manejo do escoamento no tempo e no espaço, visando a minimizar danos à sociedade e ao ambiente. ”, portanto essa gestão tem uma atribuição essencial para a população, cidade e ao meio ambiente visto que ela contribui com critérios para o controle de cheias, o reuso de águas pluviais, a melhoria da qualidade de água e pretendendo adotar medidas de baixo custo.

Agra (2001) mostra alguns componentes de controle para integrar uma gestão de drenagem urbana consistente, sendo eles: bacia hidrográfica vista como um sistema ao todo; avaliação dos cenários futuros; plano diretor de drenagem urbana; não ampliação da cheia natural e educação ambiental. A gestão de drenagem não pode ser uma solução apenas para quando problemas surgem e sim um planejamento contínuo.

As principais leis do Brasil que regem a questão de águas, incluindo a drenagem urbana são:

- Lei nº 14.026/ 2020: Atualiza o marco legal do saneamento, onde a drenagem é um de seus componentes.
- Lei nº 9.984/2000: Dispõe sobre a criação da Agência Nacional de Águas e Saneamento Básico (ANA), entidade federal de implementação da Política Nacional de Recursos Hídricos, integrante do Sistema Nacional de Gerenciamento de Recursos Hídricos (SINGREH) e responsável pela instituição de normas de referência para a regulação dos serviços públicos de saneamento básico
- Lei nº 9.433/1997: Institui a Política Nacional de Recursos Hídricos e cria o Sistema Nacional de Gerenciamento de Recursos Hídricos

Apesar de saber-se os componentes de uma boa gestão, Tucci (2012) evidencia algumas fragilidades que o Brasil tem em relação à gestão conforme o quadro 1:

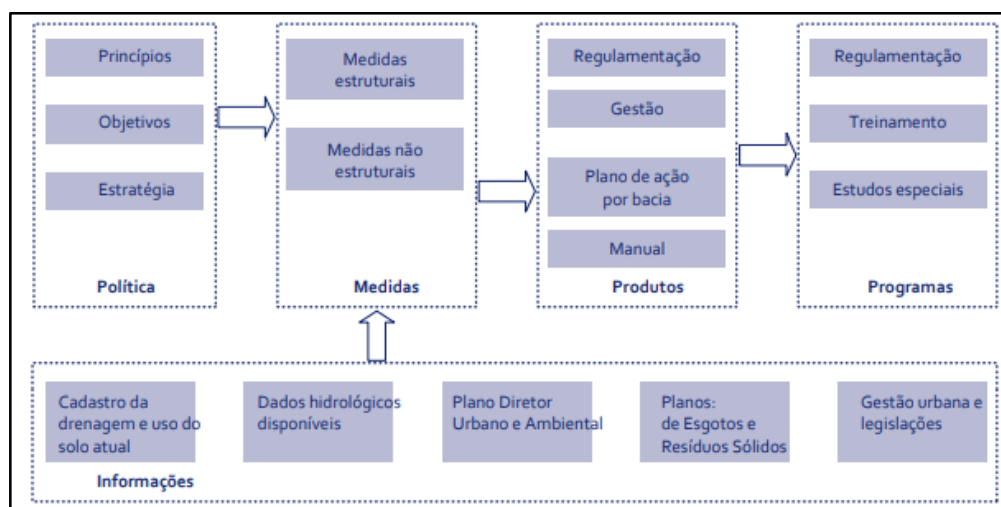
Quadro 1: Fragilidades da Gestão de Drenagem Urbana no Brasil

TIPO	CARACTERÍSTICAS
Gestão municipal	Geralmente nos municípios não existe um prestador de serviço, apenas pessoas isoladas que atuam no assunto, frequentemente na secretaria de obras. Na grande parte das cidades não existe uma visão dos impactos causados pela falta da gestão, desenvolvendo assim projetos de canalização que acabam aumentando os problemas existentes.
Licenciamento ambiental	Conforme verificações de projetos de drenagem urbana, apesar de alguns apresentarem efeito destrutivo, ainda assim não ultrapassam o licenciamento ambiental. Isto se deve principalmente pela falta de conhecimento nas entidades de meio ambiente.
Limitações profissionais	Regularmente o profissional que atua no saneamento trata da microdrenagem com o conceito de drenar a água pluvial o mais rápido possível até encontrar a macrodrenagem urbana, não considerando o agravamento a jusante.

Fonte: Adaptado de Tucci, 2012

Um instrumento legal municipal que está cada vez mais em desenvolvimento nas cidades para combater essas fragilidades é o plano diretor de manejo de águas pluviais (figura 1), onde este plano deve ser desenvolvido em consonância com outros planos da cidade, como o plano diretor urbano, o de saneamento.

Figura 1: Estrutura do plano diretor de manejo de águas pluviais



Fonte: Tucci, 2012.

3.3. DRENAGEM URBANA CONVENCIONAL *VERSUS* DRENAGEM URBANA SUSTENTÁVEL

3.3.1. DRENAGEM CONVENCIONAL

Segundo a Lei Nº 14.026/2020, drenagem urbana é constituída por atividades, infraestrutura e instalações operacionais de drenagem de águas pluviais, transporte, detenção ou retenção para o amortecimento de vazões de cheias, tratamento e disposição final das águas pluviais drenadas, contempladas a limpeza e a fiscalização preventiva das redes; No sistema de drenagem de modo geral estão inseridas a microdrenagem e a macrodrenagem, onde a junção de sistemas de microdrenagem deságua no sistema de macrodrenagem, onde cada tipo de sistema apresenta suas características como visto no Quadro 2.

Quadro 2: Tipos de Drenagem

MICRODRENAGEM	MACRODRENAGEM
Estruturas de menor dimensão. Orientadas pelo traçado das ruas, drenam água pluvial em áreas públicas (lotes, ruas, calçadas, praças, dentre outros).	Estruturas de maior dimensão. Orientadas pela rede de drenagem natural, são formadas por galerias subterrâneas, canais superficiais e cursos d'água (rios, córregos, riachos).
Principais estruturas	Principais estruturas
<ul style="list-style-type: none">• Meio – Fio: borda da calçada, marca o desnível entre a calçada de pedestres e o pavimento onde passam os carros.• Sarjeta - Canaleta entre o limite da rua e da calçada que escoam a água da chuva.• Boca-de-lobo e de leão - Capta água da chuva conduzida pelas sarjetas e a direciona para galerias.• Galerias - Tubulações que levam a água captada em bocas-de-lobo aos sistemas de macrodrenagem.• Poços de visita - Estruturas (câmaras) para inspeção e serviços de manutenção ao longo da rede de galerias.	<ul style="list-style-type: none">• Canais naturais ou artificiais - Cursos d'água naturais (rios, córregos, dentre outros) ou artificiais que recebem escoamento final das águas pluviais captadas pela microdrenagem.• Reservatórios de amortecimento - Estruturas (reservatórios, piscinões, tanques bacias de detenção e retenção) que amortecem vazões e minimizam impactos do escoamento das águas pluviais.

Fonte: Sistema Nacional de Informações sobre Saneamento, 2020.

Concordante com a percepção humana em relação aos recursos hídricos, a gestão de águas pluviais passou a inteirar o ciclo hidrológico com o avanço das formas de atuação técnica. Esses avanços técnicos foram associados à evolução do processo de percepção hídrica, e a partir desse novo olhar tivemos o engenho de progredir os sistemas de drenagem convencional para o sistema de drenagem sustentável.

A natureza tem a sua forma de lidar com as águas pluviais, por processos como o escoamento superficial, escoamento subterrâneo e a evapotranspiração, o ser humano em suas primeiras construções de cidade tinham o olhar de não deixar acumular as águas pluviais, e com isso veio a drenagem convencional. Segundo Christofidis et al (2019, p. 97),

“Caracterizou-se no Brasil por uma abordagem denominada Higienista que ocorreu no período entre 1850 e 1990, na qual havia a coleta e o afastamento imediato das águas pluviais para jusante, causando a elevação do pico de cheias nos cursos de água e a diminuição do tempo de concentração, agravando a situação das cidades, dos cidadãos e das águas, pelas características das soluções parciais que resultam em inúmeros problemas intersetoriais”.

Logo a drenagem convencional projeta escoar as águas pluviais no menor tempo possível através de tubos e canais que levem essas águas para as áreas a jusante, isto é, a área de menor cota. Portanto, os rios são transvertidos em canalizações ou comportam espaços para as vias geralmente, tornando-se ruas, e com isso as vias apresentam altas possibilidades de se tornarem rios nas ocasiões de intensas chuvas (DIAS e ANTUNES, 2010).

Essa abordagem convencional foi conveniente enquanto as cidades não eram populosas e de grande tamanho, contudo Dias e Antunes (2010) comentam que com a intensa urbanização e sem um planejamento adequado esse tipo de drenagem traz alguns problemas como:

- Elevação da temperatura: Áreas mais impermeabilizadas tem uma capacidade de absorção maior do calor, muitos prédios juntos atrapalham a circulação das correntes de vento, o aumento de aparelhos condicionadores de ar que aumentam o aquecimento da atmosfera, entre outros fatores que transformam essas áreas em ilhas de calor, e é justamente nas mesmas que as chuvas são mais intensas, onde “o ar quente tende a subir ainda mais, sendo a altitude proporcional à instabilidade e a probabilidade de ocorrência de tempestades, raios e granizos” (DIAS e ANTUNES, 2010, p. 20)

- Acúmulo de Sedimentos: a impermeabilização do solo diminui a rugosidade do terreno fazendo com que a velocidade do escoamento aumente, e essa lâmina de água vai carregando consigo o material solto pelas vias e calçadas até o curso d'água destinado, assoreando-o e conseqüentemente reduzindo sua capacidade de transporte.
- Qualidade da água pluvial: Como o escoamento vai levando o que tem pelo trajeto, isso inclui poluentes como: óleo de automóveis, lascas de pneus, fezes de animais, resíduos de materiais de construção, restos de vegetação, fuligem, poeira, enxofre, metais, compostos químicos, resíduos sólidos, entre outros afetando então a potabilidade das águas.

Em vista do desejo de querer melhorar a qualidade da drenagem urbana tanto para o meio ambiente como para o ser humano, afilaram a percepção para reequilibrar os aspectos do ciclo hidrológico natural, surgindo a drenagem urbana sustentável.

3.3.2. DRENAGEM SUSTENTÁVEL

A transição da drenagem convencional para a drenagem sustentável foi de “uma abordagem amplamente focada na mitigação de inundações e proteção da saúde para uma em que uma ampla gama de considerações ambientais, sanitárias, sociais e econômicas é levada em consideração” (NETO, 2019, p. 24).

Segundo Christofidis *et al* (2019) a partir da década de 80 vários países começaram a avançar nas técnicas de manejo de águas pluviais, e essas medidas pretendem integrar a cidade ao ciclo hidrológico daquela bacia deixando o mais próximo do que era sem a intervenção humana, com medidas como:” a indução à maior infiltração e percolação das águas nos solos com sentido de controle, manejo quantitativo, qualitativo e de regularização da oferta hídrica; e à adoção de medidas de retenção de águas, incluindo obras alternativas para redução do pico de cheias e da velocidade das águas” (CHRISTOFIDIS *et al*, 2019).

A drenagem sustentável une medidas tanto estruturantes quanto não-estruturantes (quadro 3), onde:

- As medidas estruturantes “são aquelas que envolvem obras construídas para reduzir o prejuízo causado pelas enchentes” (DIAS e ANTUNES, 2010, pag.23), consistindo em 2 tipos: as extensivas que fazem intervenções diretas

na bacia hidrográfica e as intensivas que são de natureza hidráulica criados diretamente para a microdrenagem e macrodrenagem;

- As medidas não estruturantes são as práticas que envolvem o gerenciamento, indo diretamente nas causas dos problemas.

Quadro 3: Medidas de Controle da Drenagem

MEDIDAS ESTRUTURAIS	MEDIDAS NÃO ESTRUTURAIS
EXTENSIVAS	<ul style="list-style-type: none"> • Sistemas de Previsão e Alerta • Plano Diretor de Drenagem • Zoneamento de áreas de risco • Disciplinamento do uso do solo
<ul style="list-style-type: none"> • Cobertura Vegetal • Controle da Erosão 	
INTENSIVAS	
<ul style="list-style-type: none"> • Bacias de Detenção e Retenção • Trincheiras de Infiltração • Armazenamento Domiciliar • Pavimento Permeável 	

Fonte: Adaptado de Medeiros, 2021.

Fletcher et al (2014) destacou que durante o desenvolvimento da drenagem sustentável vários termos e nomes foram surgindo de modo informal, conduzida por visões, perspectivas e contextos regionais. O resultado disto é que vários termos são utilizados para explicar conceitos semelhantes em diferentes partes do mundo. Temos as seguintes abordagens para a drenagem sustentável:

➤ **Desenvolvimento de baixo impacto (LID) e projeto e desenvolvimento urbano de baixo impacto (LIUDD):** Apareceu na década de 80 como um plano de manejo de águas pluviais por um programa multidisciplinar integrando práticas de tratamento e controle em pequena-escala para assemelhar o ciclo natural de águas em configurações residenciais, comerciais e industriais. Apresenta destaque no manuseio de sistemas naturais como infraestrutura, por meio da preservação e utilização de características de solo e vegetação. Aplicações desta abordagem são encontradas em muitas regiões dos Estados Unidos, no Canadá e na Europa. (SOUZA; CRUZ; TUCCI, 2012);

➤ **Projeto urbano sensível à água (WSUD):** Sua concepção surgiu na década de 90, sendo a integração do ciclo hidrológico natural ao desenvolvimento urbano, como conceituado pelo Código Geral Water Sensitive Urban Design (WSUD) da Austrália, apresentado em

2009 (WSUD Australian Code, 2009). A principal finalidade desta abordagem é englobar a água em todas as suas formas no projeto urbano, sendo elas: águas de chuvas, águas negras, cinzas e água potável. (BORGES, 2018);

➤ **Gestão integrada de águas urbanas (IUWM):** É relacionada com a gestão integrada de todas as partes do ciclo hidrológico da água inclusas em uma bacia, onde foi formulado a primeira vez em 1990. O seu foco é unir a garantia do acesso à água, serviços de esgotamento sanitário, manejo das águas pluviais, controle de epidemias e doenças de veiculação hídrica, redução do risco relacionado a água (como inundações e enchentes), além de precaver a piora dos recursos naturais. Em tese, o conceito procura considerar todos os possíveis sistemas em que a água participa, principalmente considerando a relação causa-efeito (MIRANDA et al, 2017);

➤ **Sistemas de drenagem urbana sustentável (SUDS):** Acredita-se que essa abordagem foi citada a primeira vez em 1997 por Jim Conlin da Scottish Water, onde o SUDS versa uma variedade de técnicas utilizadas para drenar águas pluviais de uma maneira mais sustentável do que as soluções convencionais. Eles são embasados na filosofia de imitar o mais próximo possível a drenagem natural pré-desenvolvimento de um local, consistente com os princípios descritos no LID (FLETCHER et al, 2014);

➤ **Melhores práticas de gestão (BMPs):** O termo “BMP” vem sendo utilizado desde da década de 60, porém sua consolidação se deu como parte do Clean Water Act (CWA) nos EUA quando foi originalmente elaborado em 1972, onde o BMP aborda as ações de caráter mitigatório dos impactos negativos gerados pela ação humana. Então o BMP é um intermédio feito para lidar com as águas das chuvas almejando a melhoria de sua qualidade e o controle de cheias no espaço urbano, resultando na melhora das condições ambientais e a qualidade de vida da população local (LOFRANO et al, 2011);

➤ **Medidas de controle de águas pluviais (SCMs):** O Conselho Nacional de Pesquisa dos EUA pediu uma revisão abrangente do BMP no ano de 2008, resultando em um acordo universal para abandonar o termo BMP em favor da medida de controle de águas pluviais (SCM), para se referir a medidas de controle estruturais e não estruturais, sendo que o elemento-chave desse novo termo é que ele não narra um julgamento sobre ser “melhor” (FLETCHER et al, 2014);

➤ **Técnicas alternativas (ATs) ou técnicas compensatórias (CTs):** Começou a ser usado em 1980 na França e é uma abordagem destinada a amortizar o efeito da expansão urbana otimizando o uso do solo urbano e limitando os custos de investimento, compensando

os impactos da urbanização. Essa abordagem foi vista como um novo paradigma de desenho urbano muito próximo do conceito de WSUD, embora sem foco no abastecimento de água (FLETCHER et al, 2014).

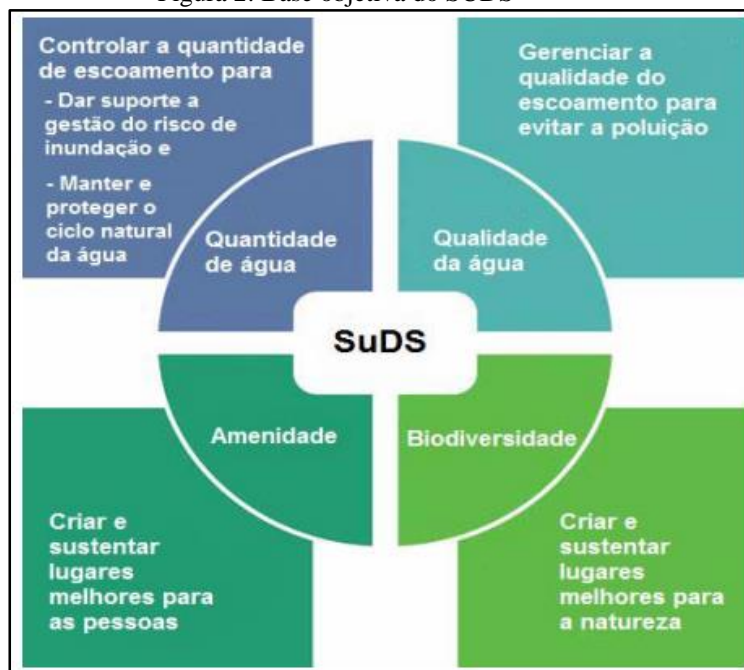
Fletcher (et al, 2014) infere essa paridade entre as abordagens e nota a semelhança entre os objetivos, já que o fator comum entre elas é a otimização, a conversão da drenagem convencional para uma drenagem sustentável. Para efeito de terminologia, o SUDs foi a abordagem selecionada.

3.4. SISTEMAS URBANOS DE DRENAGEM SUSTENTÁVEL (SUDS)

Segundo Neto (2019, pag. 25) “no Sistema de Drenagem Urbana Sustentável (SUDS), os princípios de desenvolvimento sustentável estão incorporados na etapa de projeto do sistema de drenagem, dessa forma, os impactos sobre a bacia serão minimizados no tempo e/ou espaço”.

O SUDS tem como base a premissa de que se deve gerenciar o escoamento de águas pluviais para ter o máximo de beneficiação. Nessa essência, averigua-se a diminuição dos impactos negativos da urbanização em qualidade e quantidade de escoamento superficial e, ao mesmo tempo ajudar na proposta de amenidade e biodiversidade para a natureza. A solução na sua idealidade visa integralizar esses elementos conforme a figura 2.

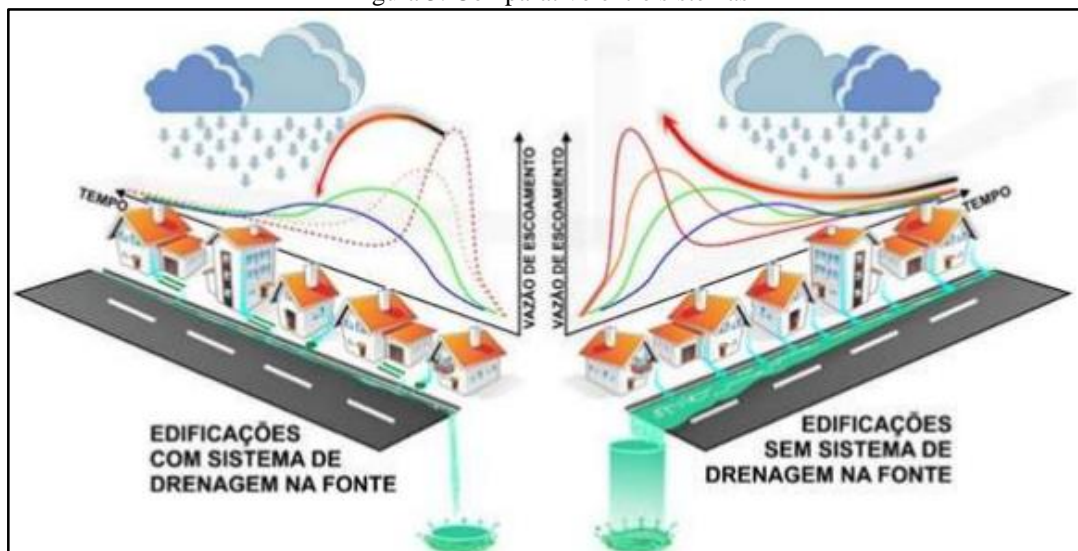
Figura 2: Base objetiva do SUDS



Fonte: Neto (2019) adaptado de Woods- Ballard (2015)

Diferente do sistema convencional, onde a drenagem se sucede por tubos enterrados, os SUDS têm como traço essencial o controle do escoamento próximo do local atingido pelas chuvas como visto na figura 3 (NETO, 2019).

Figura 3: Comparativo entre sistemas



Fonte: Santos, Calvário e Souza, 2021.

Portanto, com essas técnicas, o SUDS vem para amenizar as consequências da urbanização como: atenuação do escoamento superficial, aumento da área de infiltração, áreas de retenção das águas pluviais fazendo parte de um todo maior, que é o gerenciamento dos recursos hídricos (POLETO 2011). De acordo com Woods- Ballard (2015, apud ALMEIDA 2019, p.18) os principais dispositivos são: sistemas de captação de água pluvial, telhados verdes, sistemas de infiltração, faixas filtrantes, valas revestidas com cobertura vegetal, sistemas de biorretenção, árvores, pavimentos permeáveis, tanques de armazenamento e atenuação, bacias de retenção e lagoas e zonas úmidas.

3.4.1. SISTEMAS DE CAPTAÇÃO DE ÁGUAS DA CHUVA

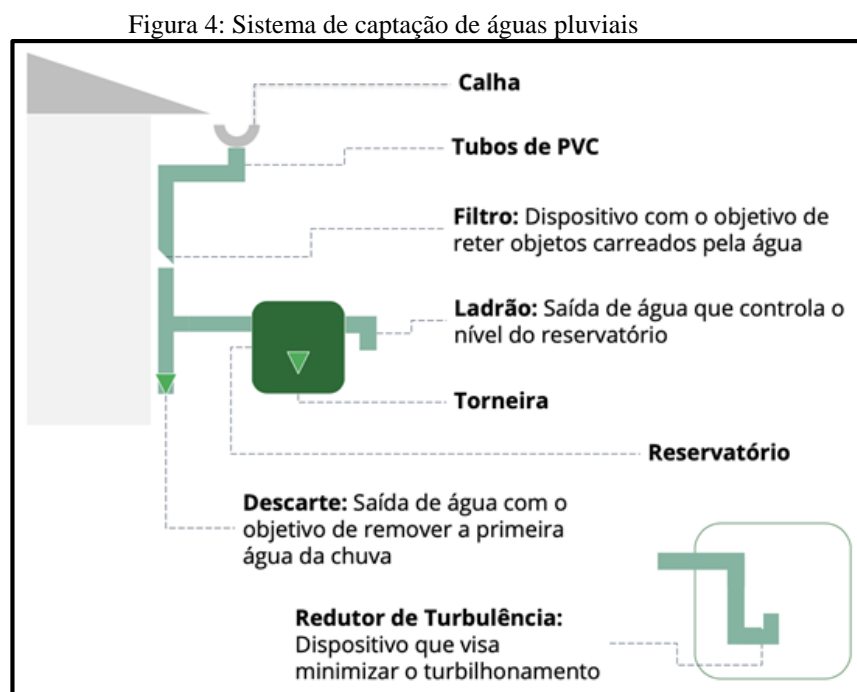
Esses sistemas visam perdurar as águas pluviais para usos não potáveis, conservando assim os recursos hídricos. Eles recolhem a água da chuva através de superfícies e a direcionam para um reservatório de águas pluviais para uso futuro (SACADURA, 2011).

Em Manaus a Lei Ordinária nº 1.192/2007: Lei Pro-Águas trata no capítulo 3 sobre o reúso de águas pluviais na cidade através de sistemas de captação. Recomendado para atividades que não exijam potabilidade como a irrigação, jardinagem, limpeza de ambientes externos e descarga de vasos sanitários (ABRAHÃO et al, 2019).

Segundo Sacadura (2011) o sistema é constituído de:

- Superfície de captação: superfície de recolhimento da água, geralmente é o telhado da edificação;
- Sistema de transporte: é composto por tubos e calhas, componentes que conduzem a água do telhado para o reservatório
- Dispositivos de filtração: composto por filtros e dispositivo de primeiro descarte, eles têm o encargo de remover os sedimentos da água captada antes de ir para o reservatório.
- Dispositivos de armazenamento: compostos por um ou mais reservatórios para armazenamento;
- Rede de distribuição: é o sistema de tubos que levam a água pluvial para o seu uso final através de conjunto motor bomba ou gravidade.

Na figura 4 é ilustrado o sistema de captação de águas pluviais.



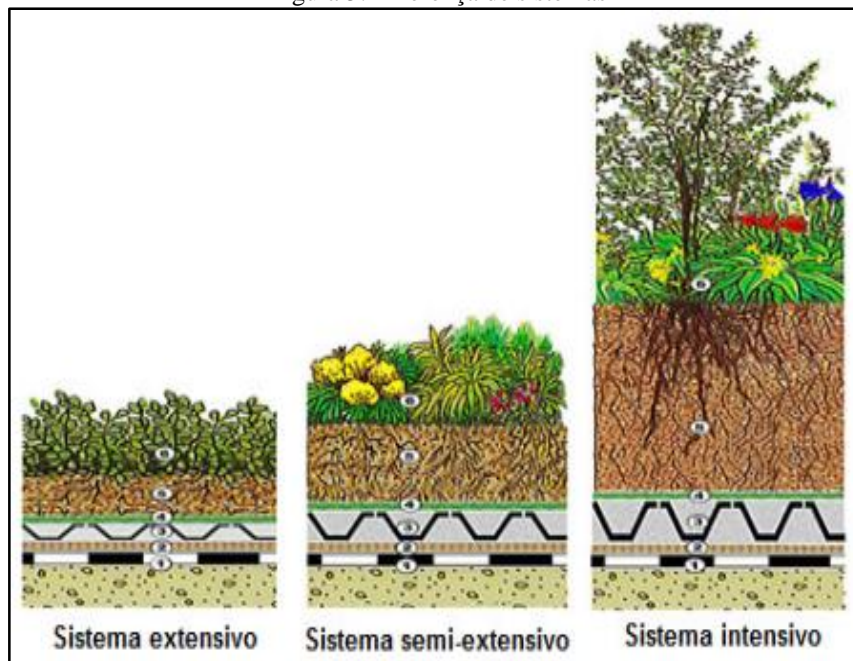
Fonte: Engenheiro Sem Fronteira, 2019.

3.4.2. TELHADOS VERDES

Telhados verdes são conjuntos construtivos que possuem o propósito de trazer benefícios socioeconômicos e ambientais como: isolamento térmico e acústico, biodiversidade, redução do escoamento superficial, redução das ilhas de calor urbanas, melhoria da qualidade da água pluvial (JOBIM, 2013). Transformam a área de cima de um telhado convencional em um espaço multifuncional, utilizando a flora.

Segundo Tassi (et al, 2014, p. 142), “os telhados verdes podem ser concebidos com diferentes conceitos, com relação ao tipo de uso previsto e de vegetação que vai comportar. Costuma-se separar os diferentes tipos de telhados verdes em duas grandes categorias: os sistemas extensivos e sistemas intensivos” como visto na figura 5. Os sistemas extensivos são estruturas leves com pouco substrato e com a vegetação resistente a climas severos, já os sistemas intensivos possuem uma camada de solo mais significativa, podendo ter o cultivo de plantas maiores. O sistema extensivo pode ser desenvolvido na prática todos os tipos de coberturas (telhas cerâmicas, de fibrocimento, coberturas de aço e lajes), enquanto o sistema intensivo precisa de uma análise prévia devido suas características físicas.

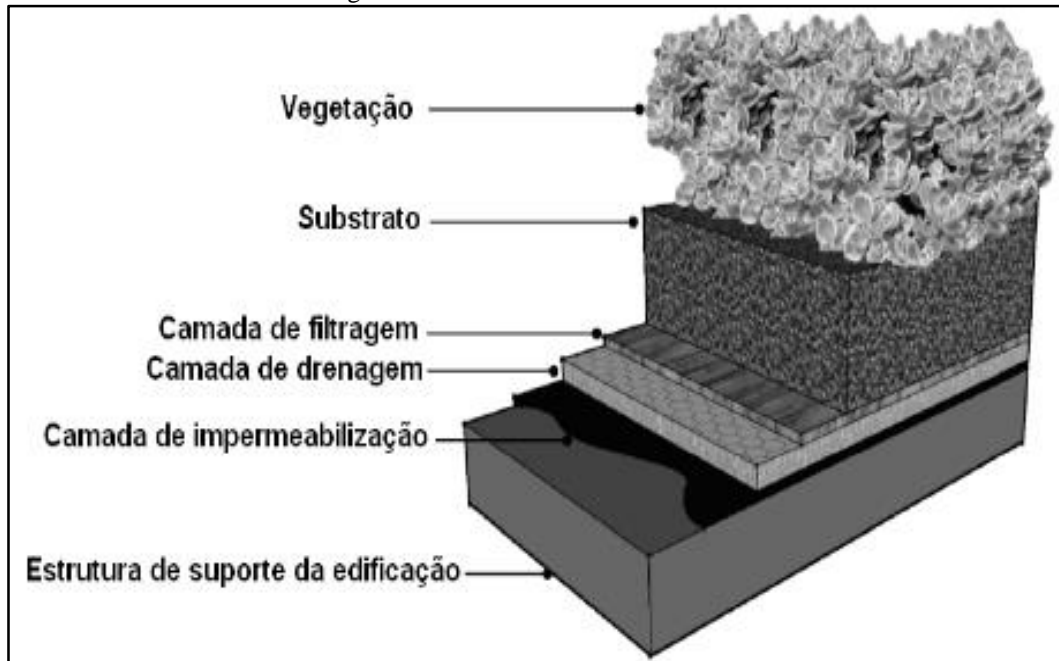
Figura 5: Diferença de sistemas



Fonte: Jobim, 2013.

Segundo Jobim (2013) a composição padrão de um telhado verde consiste em cinco camadas (figura 6)

Figura 6: Camadas de um telhado verde



Fonte: Jobim, 2013.

- Vegetação: É a camada mais superficial do telhado, logo a mais visível. Está ligada ao fator principal da estética da cobertura. A escolha da vegetação decorre de fatores “como incidência de radiação solar, índices pluviométricos, temperatura do local, ventos dominantes, inclinação do telhado, substrato e previsão de manutenção que serão realizadas” (JOBIM, 2013, p. 21);
- Substrato: A tarefa é “propiciar um meio de fixação e desenvolvimento das plantas, fornecendo água e os nutrientes necessários ao seu crescimento e desenvolvimento. ” (JOBIM, 2013, p. 21). Podendo ser composto de areia, cascalho, terra, etc., dependendo do tipo de projeto adotado;
- Camada de filtragem: seu objetivo é filtrar a água e separar a camada de drenagem da camada de solo, evitando que ele caia no sistema de drenagem causando a obstrução do sistema. O tipo de material mais utilizado é o geotêxtil, uma manta fina, leve, permeável e de alta durabilidade;
- Camada de drenagem: Tem como função assegurar a drenagem da água pluvial, evitando que o sistema fique com água em demasia, armazenando uma quantidade que pode ser utilizada pela vegetação durante o período de seca do local. “Pode ser composta de materiais granulares, tecidos poroso, módulos

de plástico ou poliestireno como bandejas ou caixas vazadas que permitam a circulação da água até seu destino final, os drenos.” (JOBIM, 2013, p. 22);

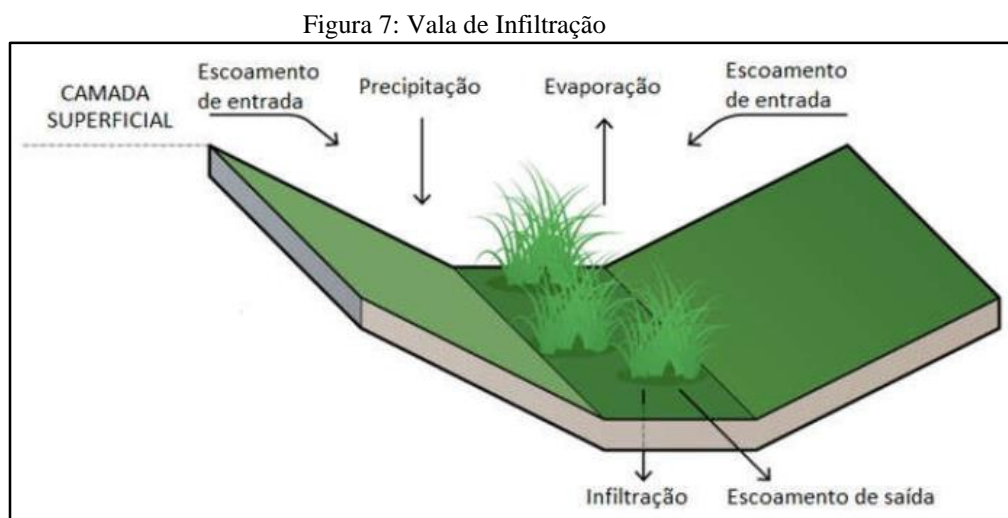
- Camada de impermeabilização: É muito importante, pois é responsável pela efetividade e durabilidade do telhado verde, sendo indispensável a análise da estrutura que ela irá ficar por cima para que a escolha do tipo de material seja condizente com a estrutura.

3.4.3. SISTEMAS DE INFILTRAÇÃO

Os sistemas de infiltração são mecanismos que permitem a descarga de água das chuvas, atuando na diminuição do escoamento superficial, limitando as vazões de pico, permitindo uma redução da carga poluidora e favorecendo o abastecimento dos lençóis freáticos (MOURA; BARRAUD; BAPTISTA, 2009).

Um ponto importante é que a taxa de infiltração por esses sistemas sujeita-se a permeabilidade do solo onde são implantadas; esses sistemas atuam junto a fonte de escoamento e/ou podem ser centralizados, recolhendo o escoamento superficial de grandes bacias. Eles podem ser do tipo ao ar livre como:

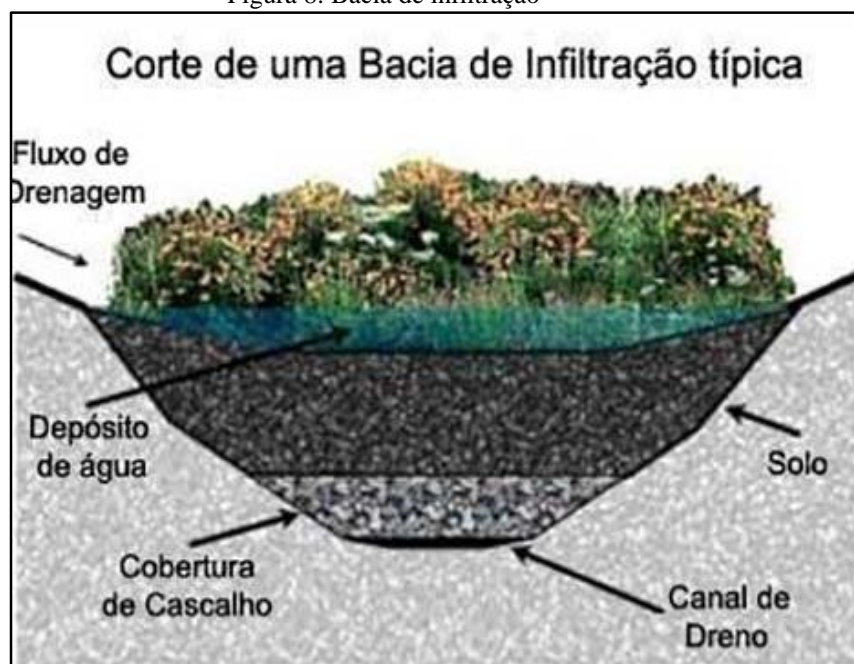
➤ Valas de Infiltração: são dispositivos feitos por aberturas alinhadas no solo, que podem ser cobertas por vegetação ou preenchidas por agregados graúdos. Elas agem através da infiltração das águas das chuvas por toda sua extensão, reduzindo a velocidade do escoamento e armazenando o volume pluvial. São facilmente integradas ao ambiente urbano, porém atentando que elas não suportam um grande fluxo de água, não podem ser colocadas em terrenos muito íngremes, com lençol freático muito próximo e necessitam de manutenção periódica (FRELLO, 2017).



Fonte: Delci, Costa e Koide, 2019.

➤ Bacias de Infiltração: é um local cercado por declives que armazena as águas pluviais onde estas infiltram por sua base e laterais. Frequentemente são cavadas, contudo, podem aproveitar inclinações já existentes na área. Para sua instalação é necessário checar o nível do lençol freático e a permeabilidade do solo (BEUX; OTTONI, 2015).

Figura 8: Bacia de infiltração

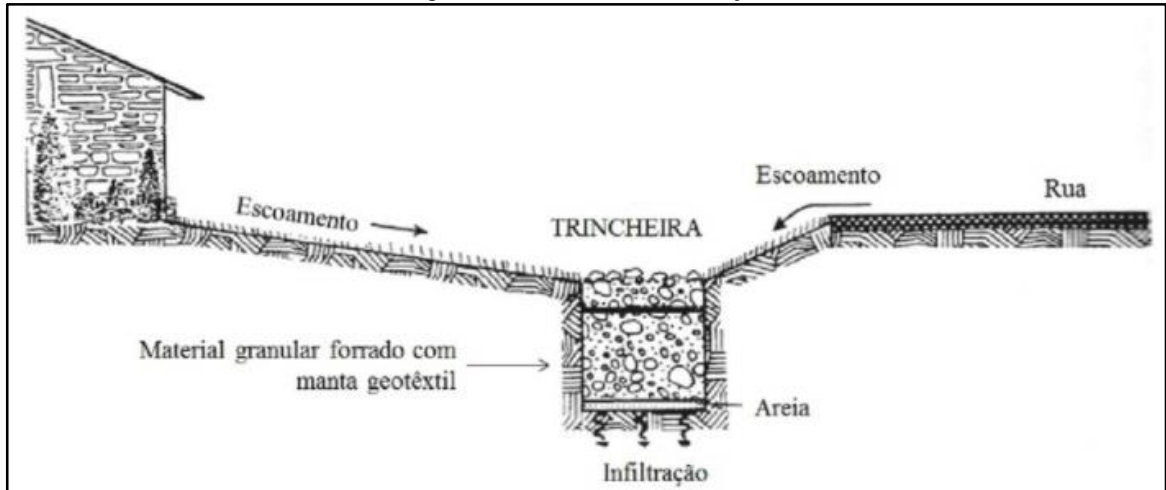


Fonte: Larissa Fereguetti, s.d.

Ou tipo enterrados como:

➤ Trincheiras de Infiltração: são buracos rasos escavados no formato retangular preenchidos com agregado graúdo e agregado miúdo ao fundo (figura 9) para criar um depósito subterrâneo provisório que ajude na infiltração do escoamento pluvial. A trincheira geralmente recebe o escoamento de uma área impermeável facilitando a drenagem desse volume de águas, sendo de fácil implantação para locais com pouco espaço (BEUX; OTTONI, 2015).

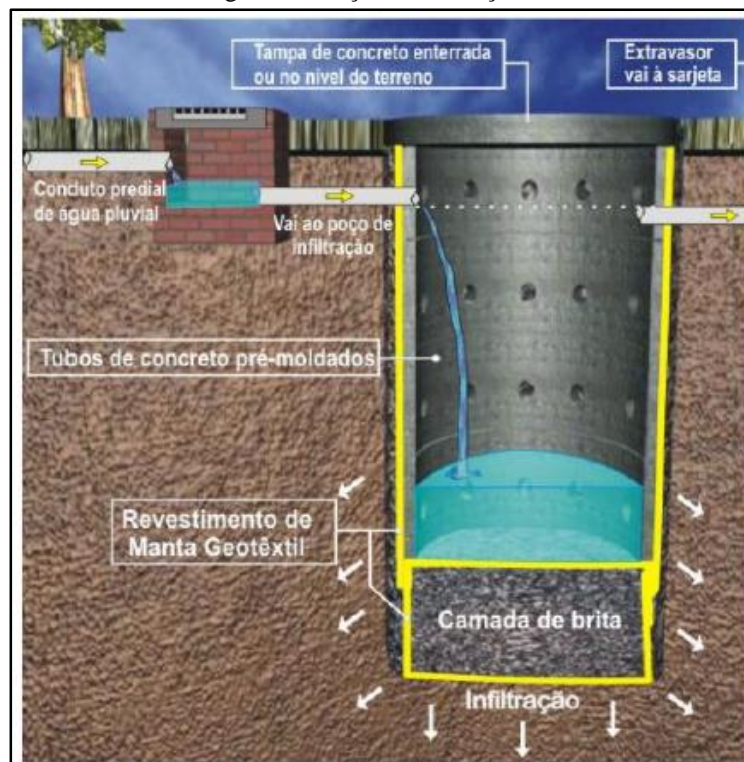
Figura 9: Trincheira de Infiltração



Fonte: Rossi e Gonçalves, 2012.

➤ Poços de Infiltração: é um pequeno antro escavado, do tamanho de uma cisterna (figura 10), O sistema consiste em um poço escavado no solo, revestido por tubos de concreto perfurados ou tijolos assentados em crivo frequentemente preenchido por agregado graúdo no fundo para ajudar no armazenamento temporário das águas pluviais e é envolto em uma manta geotêxtil para impedir que os finos obstruam os poros, permitindo apenas a infiltração da água e sua passagem (BEUX; OTTONI, 2015). Quando o poço fica cheio, a água excedente vai para um extravasor ligado à rede de drenagem (ROSSI; GONÇALVES, 2012).

Figura 10: Poço de Infiltração

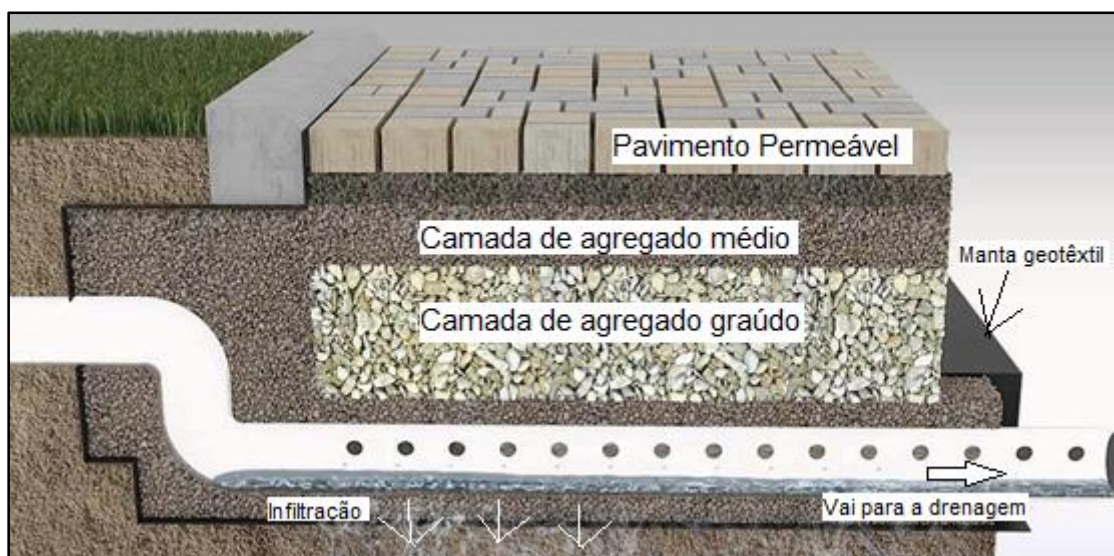


Fonte: Reis, Oliveira e Sales, 2008.

➤ Pavimentos permeáveis: é uma técnica aplicada em estacionamentos, passeios públicos e jardins, onde o escoamento superficial é mudado através de uma camada permeável para um reservatório de pedras subterrâneas para que a sua drenagem ocorra gradualmente através da infiltração (ARAUJO; TUCCI; GOLDENFUM, 2000). Os pavimentos permeáveis são feitos por: uma de agregado médio ou fino, agregado graúdo e, por fim, a camada do pavimento permeável. Esses pavimentos quase não levam agregados finos, pois eles dificultam a criação de vazios que propiciam a infiltração (BEUX; OTTONI, 2015).

A camada de revestimento permeável age como um acesso rápido para o volume escoado passar pela camada de agregado médio e então chegar ao reservatório de agregados graúdos. O escoamento na camada reservatório poderá então ser infiltrada para o subsolo (revestido de uma manta geotêxtil) e/ou ser recolhida por tubos de drenagem e levada para uma saída. A capacidade de reservar o volume pluvial da camada reservatório é definida pela espessura da camada de pedras subterrâneo (ARAUJO; TUCCI; GOLDENFUM, 2000). Na figura 11 é ilustrado um corte na secção de um pavimento permeável.

Figura 11: Pavimento permeável



Fonte: Adaptado de Oaks Pavers, 2018.

3.4.4. SISTEMAS DE BIORRETENÇÃO

São depressões rasas utilizados no controle das águas das chuvas e sua ampla utilização o destacam pois são de fácil integração ao ambiente, baixo impacto e baixo custo (SILVA e FILHO, 2020). São sistemas que buscam trazer o reequilíbrio do ciclo hidrológico natural através da infiltração, retenção e evapotranspiração. Como exemplos de sistemas de biorretenção temos: os jardins de chuva e canteiros pluviais, como observados na figura 12.

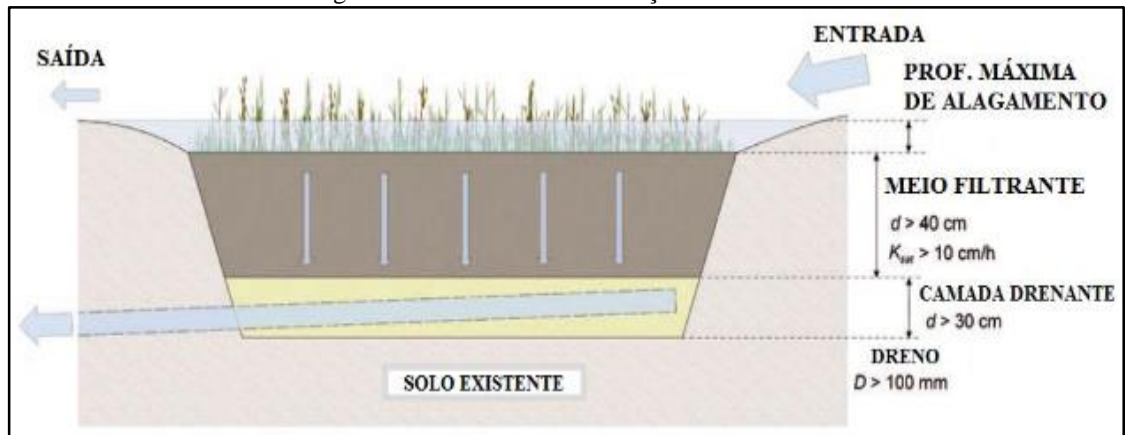
Figura 12: sistemas de biorretenção (A) Jardins de chuva (B) Canteiros Pluviais



Fonte: A) Braga, 2022. B) Viver o verde, 2021.

Sua extensa utilização é devido a sua fácil integração ao ambiente urbano, fazendo uma boa atuação no impedimento de poluentes e na diminuição das vazões de pico, cujo desempenho é definido em projeto. Embora tenha benefícios apresentados, esses sistemas requerem manutenção periódica, não suportam um grande fluxo e exigem a devida atenção ao nível do lençol freático, não podendo ser muito próximo ao sistema de biorretenção (SILVA et al, 2020). A figura 13 apresenta um exemplo de sistema de biorretenção.

Figura 13: Sistema de biorretenção



Fonte: Sila et al, 2020.

3.4.5. ÁRVORES

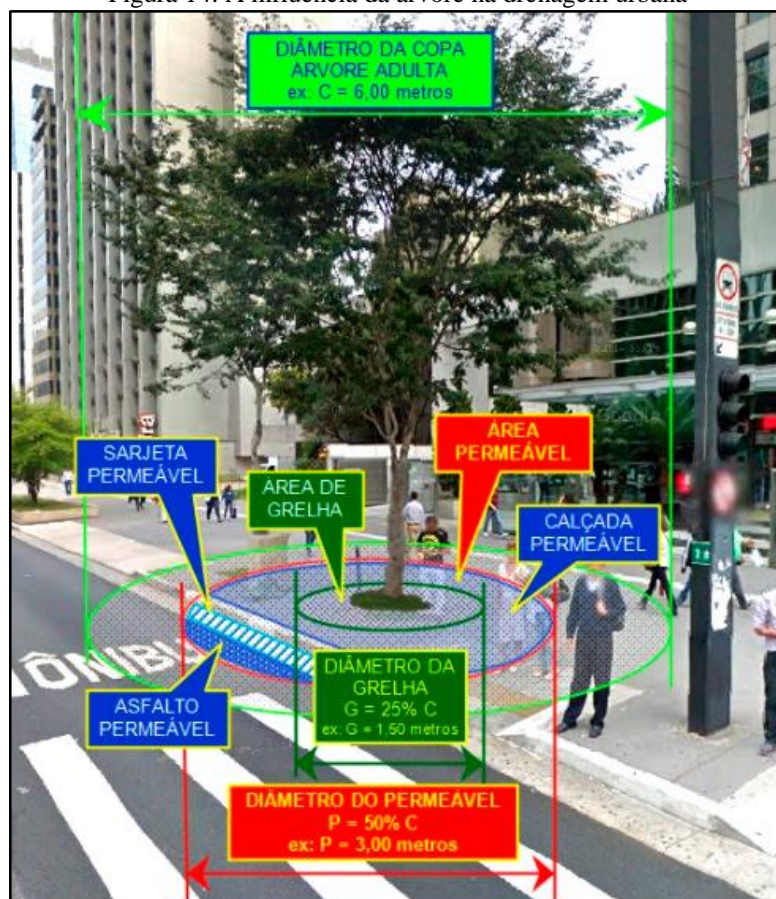
As árvores trazem uma grande mudança nos centros urbanos, a interceptação das águas pluviais ocorre no topo da árvore e é repartida em suas copas, temos uma parte que escoa pelo caule, a parte que evapora e uma parte que fica retida temporariamente nas folhas (ARCOVA; CICCIO; ROCHA, 2003).

De acordo com Alves (2019), nesse quesito de interceptação de águas das chuvas, podemos ressaltar pontos chaves que influenciam a retenção das chuvas como:

- Intensidade e duração da precipitação;
- O tipo de árvore;
- Árvores caducifólias ou não (que as folhas caem conforme a estação);
- Temperatura;
- Tempo;
- Umidade relativa,
- Radiação solar e velocidade dos ventos.

É pelo processo de captação da precipitação que a floresta urbana influencia na repartição das águas pluviais sobre o solo. Os resultados obtidos com a presença das árvores são mudanças na distribuição temporal e espacial das chuvas, elas interceptam a precipitação e a redistribuem pelo solo e com isso temos uma atenuação ao escoamento superficial aliviando assim a rede de drenagem (ALVES, 2019).

Figura 14: A influência da árvore na drenagem urbana



Fonte: Watanabe, 2021.

3.4.6. TANQUES DE ARMAZENAMENTO E ATENUAÇÃO

Os tanques de armazenamento e atenuação, também conhecidos como bacias de retenção, são implantados em área urbana e permitem uma acumulação maior por não serem mecanismos ocupados por agregados. A localização de implante é regida pelos seguintes parâmetros: declive do terreno, área de exposição, tipo de solo e volume pluvial local. O escoamento e precipitação de uma seguinte chuva é levada para o tanque e armazenado, não sendo descarregado posteriormente no sistema de drenagem urbano. São versáteis quanto ao tamanho e forma, possibilitando seu ajuste conforme as características específicas de cada localidade (ALMEIDA, 2019).

Tem-se então que o tanque de retenção que fica sempre com algum volume de água, logo essa água armazenada pode ser reutilizada, entretanto, a desvantagem é acumular sedimentos e resíduos sólidos carreados e ficam depositados nos tanques, tendo a necessidade de manutenção e limpeza periódica.

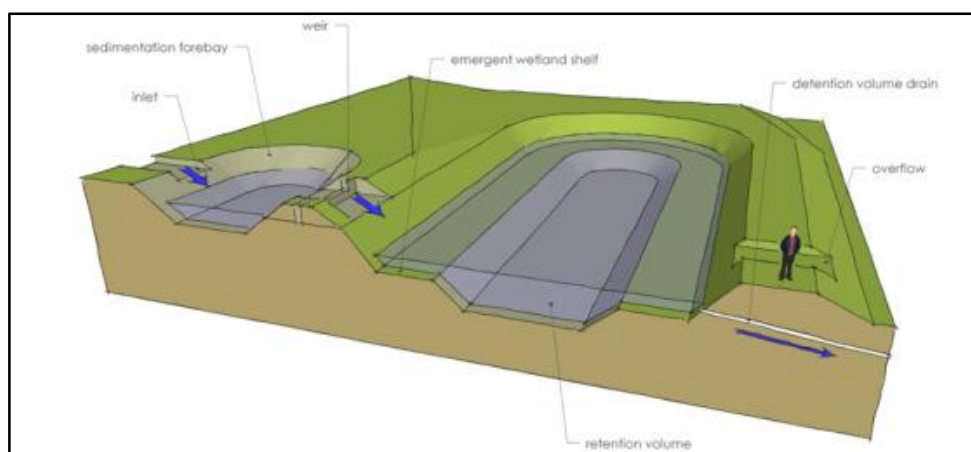
3.4.7. BACIAS DE DETENÇÃO

Bacias de detenção são estruturas geralmente escavadas que atuam no controle do escoamento superficial, projetadas para recolher um certo volume de águas pluviais, reter temporariamente e liberá-la gradualmente em seguida (SOUZA, 2014).

Tem-se como foco o controle de um volume pluvial, com isso temos a redução da vazão do escoamento superficial, trazendo alívio a drenagem urbana, entretanto, tendo poucos benefícios de qualidade da água.

As bacias podem ser recobertas por vegetação, trazendo uma melhoria na qualidade da água e podem ser utilizadas como estruturas recreativas no ambiente urbano, entretanto neste caso, seria ineficiente para o tratamento da água.

Figura 15: Bacia de Detenção



Fonte: Rezende, 2013.

3.4.8. LAGOAS E ZONAS ÚMIDAS

Também conhecidas por Wetlands, as áreas úmidas são elementos pouco profundos que não ajudam apenas na drenagem, mas em todo o ecossistema participante. Elas trazem atenuação no escoamento superficial, pois ficam com o volume pluvial em seu interior e nessa retenção faz com que a qualidade nas águas pluviais melhore, pois, sua vegetação integrante retém contaminantes e ajuda a estabilizar os sedimentos (GOMES, 2017).

Sua implantação requer a utilização de sistemas de pré-tratamento ao seu montante, evitando assim maus odores provenientes das águas paradas ao ambiente aberto. Ademais, reduz-se o risco de sedimentação rápida que possa ser difícil de limpar no futuro. Os lagos e zonas úmidas contribuem vigorosamente para a amenidade e biodiversidade local, trazendo também benefícios em termos estéticos, podendo ser criados como elementos naturais do ambiente. (WOODS-BALLARD et al., 2015 apud ALMEIDA, 2019).

Figura 16: Wetland



Fonte: Ecotelhado, 2016.

4. MATERIAIS E MÉTODOS

O presente trabalho possui natureza qualitativa ao buscar identificar e relacionar técnicas de drenagem sustentável com objetivos fundamentados na pesquisa descritiva e exploratória conforme preconiza Severino (2010), levantamento de critérios sobre a temática e sua potencial aplicação na área estudo, sustentado na base da pesquisa bibliográfica e documental, a partir de dados ou de categorias teóricas já trabalhados por outros pesquisadores e devidamente registrados, os textos tornam-se fontes dos temas a serem pesquisados (SEVERINO, 2010), sendo então organizado nas seguintes abordagens:

- Pesquisa exploratória: “busca apenas levantar informações sobre um determinado objeto, delimitando assim um campo de trabalho, mapeando as condições de manifestação desse objeto” (SEVERINO, 2010, p. 123);
- Pesquisas bibliográficas: é recorrente ao uso de dados ou de categorias teóricas já trabalhados por outros pesquisadores e devidamente registrados, onde os textos tornam-se fontes dos temas a serem pesquisados (SEVERINO, 2010);
- Pesquisa Qualitativa: Tem o objetivo de compreender os fenômenos através da coleta de dados narrativos, estudando as particularidades e experiências individuais (DIANA, c2022);
- Pesquisa Documental: A pesquisa documental recorre a fontes diversas e dispersas, sem tratamento analítico, tais como: tabelas estatísticas, jornais, revistas, relatórios, documentos oficiais, cartas, filmes, fotografias, pinturas, tapeçarias, relatórios de empresas, vídeos de programas de televisão, etc. (FONSECA, 2002, p. 32).

Tendo as particularidades e aplicações das técnicas de sustentabilidade para o sistema de drenagem urbana inserido na avenida Efigênio Salles, cidade de Manaus/AM.

O desenvolvimento da pesquisa foi conduzido conforme as etapas apresentadas na figura 17.

Figura 17: Fluxograma das etapas da pesquisa



Fonte: Autoria Própria

4.1. DELIMITAÇÃO DA ÁREA DE ESTUDO

Como ponto de aplicação e análise do objeto de estudo deste trabalho, a drenagem sustentável, foi selecionado um trecho da Avenida Efigênio Salles por configurar uma via relevante no contexto local da cidade de Manaus/AM, uma vez que faz parte do corredor urbano Darcy Vargas e dá acesso ao Polo Industrial de Manaus, considerada segmento que contém centros comerciais, uso residencial, com a presença de empreendimentos verticalizados e densidade que começa da confluência com a Avenida Mario Ypiranga e vai até à confluência com as Avenidas Cosme Ferreira e André Araújo (MANAUS, 2019), como mostra a figura 18.

Figura 18: Avenida Efigênio Salles

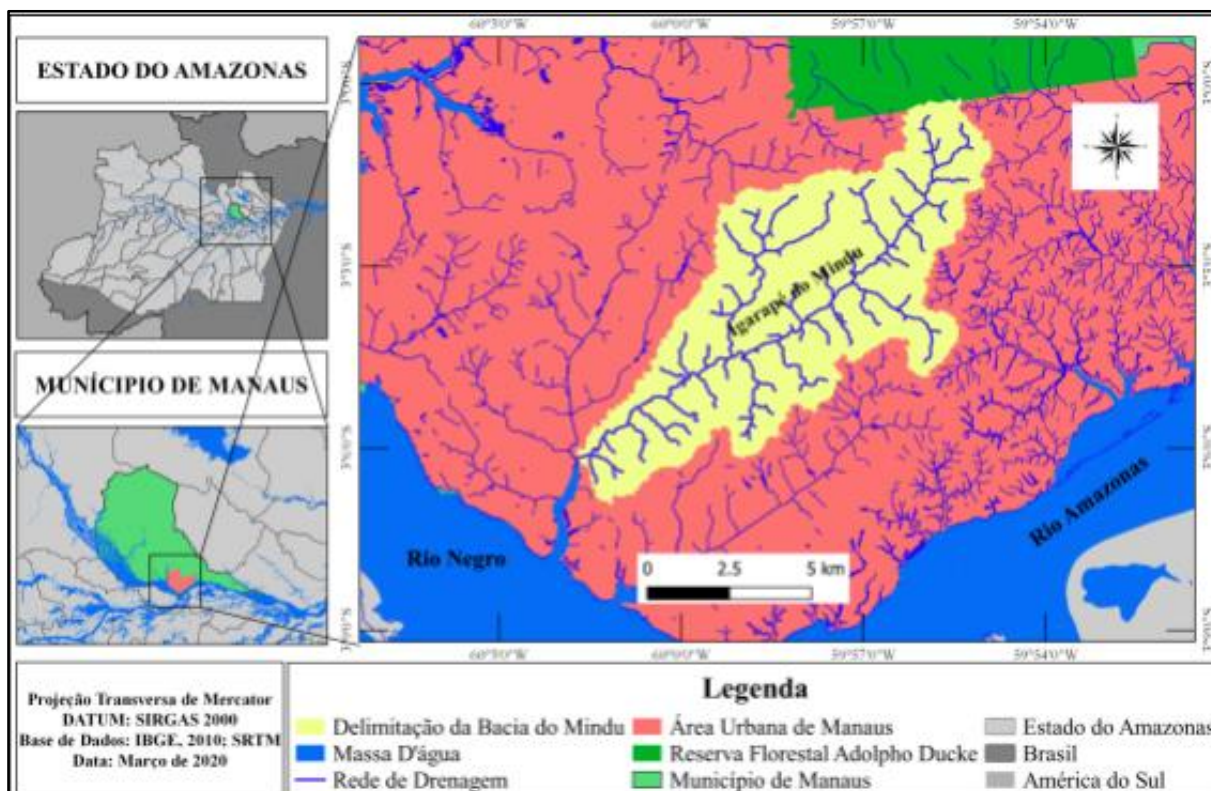


Fonte: Adaptado de Google Earth, 2015.

É composta por duas transversais: uma Leste-Oeste e outra Oeste-Leste, uma das maiores vias de ligação dos bairros da Zona leste e Zona centro-sul ao centro de Manaus e à Zona Oeste, com 7,61 km de extensão (MANAUS, 2019).

Quanto a hidrografia, a avenida encontra-se inserida na sub-bacia do Mindu com área de 66 km² e possui o igarapé do Mindu como curso d'água principal (QUEIROZ; ALVES, 2020) como mostrado na figura 19.

Figura 19: Bacia Hidrográfica do Mindu



Fonte: Queiroz; Alves, 2020.

Considerando a extensão da avenida e dadas suas características de uso e ocupação do solo, a via foi delimitada em trechos, tendo uma setorização sistemática conforme as características predominantes (Quadro 4) e ilustrados na figura 20.

Quadro 4: Características dos setores.

TRECHO	EXTENSÃO	ALTITUDE INICIAL	ALTITUDE FINAL	CARACTERÍSTICAS /DESCRIÇÃO
1	550 m	78 m	58 m	Inicia no Complexo Viário Gilberto Mestrinho (Coroado) até ao acesso a Av. das Torres.
2	1100 m	58 m	47 m	Inicia do acesso à Av. das Torres, englobando uma área com maior número de condomínios residenciais, bem como um polo gerador de viagens que é o V8 center e comércios ao redor, finalizado no início da curva no Condomínio Bosque Imperial
3	700 m	47 m	43 m	Inicia logo após o Condomínio Bosque Imperial e finaliza no Tribunal de contas do Estado do Amazonas (TCE- AM), contendo um declive nessa curva em que a altitude chega a 34 m.
4	500 m	43 m	38 m	Inicia no TCE-AM e finaliza na saída para a avenida Jornalista Umberto Cal-

				derado Filho onde são localizados supermercado, instituições públicas, além de restaurantes e academia, clubes e etc.
5	650 m	38 m	31 m	Inicia na saída da Av. Jorn. Umberto Calderado Filho até o viaduto do entroncamento das ruas Recife com Efigênio Salles (MIGUEL ARRAES), tendo a presença de estabelecimento comerciais e residenciais.

Fonte: Autoria Própria, 2022.

Figura 20: Trechos de estudo definidos



Fonte: adaptado de Google Earth, 2015.

Assim, dentre a delimitação apresentada, foram utilizadas para fins de aplicação da pesquisa de campo a área dos trechos 2, 3 e 4.

4.2. PROCEDIMENTOS E INSTRUMENTOS DE COLETA DE DADOS

Sucintamente a pesquisa seguiu com o aporte de pesquisa essencialmente teórica inferindo sobre livros, artigos científicos, monografias, dissertações, teses e outros, fundamentada no objeto de estudo e nos aspectos técnicos da drenagem urbana.

Com as pesquisas feitas, as técnicas que podem ser aplicadas na drenagem urbana local foram selecionadas por meio do SUDS, adotado por ser o que mais trata a drenagem na fonte. Analisando a potencialidades sobre a realidade local, destaca-se o levantamento de exemplos de SUDS utilizados no Brasil.

4.3. ATIVIDADE DE CAMPO

Com o auxílio do software Google Earth e visitas de campo nos trechos selecionados foi possível observar, coletar e analisar os dados para uma proposta de aplicação das técnicas do SUDS, medidas estruturais que podem integrar o sistema de drenagem atual. Para indicar a

potencialidade de uso das técnicas aplicadas na drenagem urbana sustentável focada nas SUDS foram realizadas atividades de campo para reconhecimento da área e visão geral dos elementos de drenagem urbana existente ao longo da via.

Foram utilizados mapas de localização, registros fotográficos e anotações das observações diretas “*in loco*” sobre o estado de conservação e funcionamento do sistema. Vale destacar que tais visitas foram, na maioria das vezes, realizadas no momento da ocorrência de chuvas e foram também observados e registrados pontos alinhados com as diretrizes das SUDS na área de estudo, como áreas verdes que ajudam na infiltração.

4.4. ANÁLISE DOS DADOS

Com base na indicação das experiências desenvolvidas ou em desenvolvimento, exemplificadas aplicadas no Brasil e das especificadas locais com potencialidade de uso de tais técnicas foi sistematizado por quadro síntese a indicação das técnicas que poderão, ser posteriormente estudadas e ajustadas à revitalização (ou renaturalização) para fins de alcançar a drenagem urbana sustentável.

5. RESULTADOS E DISCUSSÕES

5.1. DIAGNÓSTICO DO SISTEMA DE MICRODRENAGEM DA AVENIDA EFIGÊNIO SALLES

Analisar e diagnosticar o sistema de drenagem urbana não é tão simples, segundo Baum e Goldenfum (2021) apud Kolsky e Butler (2002), o desempenho da rede de drenagem depende de fatores como: o objetivo da rede na sua região, a composição de seus elementos, a percepção da sociedade a rede, a manutenção para ficar adequada aos processos hidrológicos.

Somado a estes elementos tem-se ainda os desafios na elaboração dos projetos de engenharia dada as orientações técnicas mais acertadas para a realidade local, sua construção, visto que integra outras obras de infraestrutura como pavimentação das vias ou recapeamento e muitas vezes ações de operação e manutenção como medidas preventivas e corretivas. Tais elementos devem estar alinhados a uma gestão adequada, voltados ao planejamento urbano das cidades.

A área de estudo como descrita anteriormente representa um local estratégico associado aos aspectos econômicos, pois representa uma via de acesso principal ao PIM da cidade de Manaus e também, como observado tem um considerável apelo comercial, com a instalação de diversos pontos comerciais (farmácias, galerias comerciais, estabelecimentos em geral), ligado a estes aspectos pode ser alinhado ainda o aspecto social e ambiental, este último ligado a localização geográfica da via a qual entrecorta cursos de água afluente ao igarapé do Mindu.

Nesse ensejo, percebe-se a necessidade da via em possuir um sistema de microdrenagem, mas eficiente possível. No entanto, com as observações “*in loco*” e registros fotográficos foi possível observar o estado de conservação dos elementos existentes na Avenida Efigênio Salles e inferir sobre as possíveis fragilidades do sistema em função do seu desempenho no trecho delimitado da via.

As observações foram realizadas por cada elemento componente descritas a seguir:

- I. **Meio-fio (ou guias):** Como citado por Botelho (2011) este elemento tem a função de definir os limites entre o passeio e a pista. No entanto, foram observados diversos pontos ao longo da via onde o meio-fio apresentava irregularidades, como a sua descontinuidade (trechos inexistentes), sem uniformidade construtiva ou danificados (quebrados). A inexistência e/ou patologia interfere no desempenho do escoamento superficial pelo elemento sarjeta, visto que o meio-fio serve para fazer a separação entre o pavimento e

a calçada (passeio), formando a unidade de sarjeta. Além disso, compromete o escoamento da água longitudinal pelo elemento sarjeta contribuindo com pontos de alagamento nestes trechos, como pode ser observado na figura 21 que ilustra o alagamento de determinado ponto, inclusive contribuindo para que a água avance para a calçada, podendo assim comprometer o trânsito de pedestres nesta área.

Figura 21: Meio- Fio Inexistente



Fonte: Autoria Própria

- II. **Sarjeta:** Conforme preconizado pelo Departamento Nacional de Infraestrutura de Transportes - DNIT (2006), as sarjetas são “dispositivos de drenagem longitudinal construído lateralmente às pistas de rolamento, destinados a interceptar os deflúvios, que escoam pelos taludes ou terrenos marginais que podem comprometer a estabilidade dos taludes, a integridade dos pavimentos e a segurança do tráfego, e geralmente têm, por razões de segurança a forma triangular. Considerando a assertiva foram observadas inúmeras irregularidades ao longo do trecho da via pois podem estar associadas a:
- a. Falta de integração das operações de recapeamento da via com o elemento do sistema existente, ou seja, fica evidente visualmente a descaracterização das sarjetas considerando aspectos técnicos de profundidade e declividade transversal, por exemplo. Na figura 22 é ilustrada as observações acima descritas.

Figura 22: Sarjeta descaracterizada pelos recapeamentos da via.



Fonte: Autoria própria.

- b. Outro aspecto também foi a descaracterização em alguns pontos, até sua ausência decorrentes da relação com item anterior descrito ou mesmo de pontos de acesso aos estabelecimentos (residenciais e comerciais);
- c. Falta de manutenção ou construções que interferem no fluxo da água interceptada.

Na figura 23 observa-se a que a geometria difere do usualmente utilizado formato triandular e a presença de sarjeta (ou sarjetão) com uso de grade utilizada em alguns pontos de acesso aos estabelecimentos (residências e empreendimentos), inclusive sendo descontínua em alguns trechos, podendo associar-se a interferência de desempenho do sistema, bem como a

manutenção da mesma, pois acumulam resíduos sólidos (Figura 24) que deixam a passagem obstruída, dificultando a passagem das águas captadas, é a função da sarjeta.

Figura 23: Sarjeta descaracterizadas e uso de grades.



Fonte: Autoria Própria

Figura 24: Sarjeta com acúmulo de resíduos sólidos



Fonte: Autoria Própria

Nesse conjunto meio-fio e sarjeta, tem-se o passeio público como parte das calçadas, destinadas exclusivamente para a circulação de pedestres. Em alguns pontos foram identificados um comprometimento da mobilidade dos pedestres ora por falta de manutenção, pontos

com alagamentos decorrentes do desempenho ineficiente das sarjetas, como ilustrado na figura 25. Situação bem delicada na ocorrência de chuvas na área.

Figura 25: Passeio Público danificado



Fonte: Autoria Própria

- III. **Boca coletora (ou boca de Lobo):** Este dispositivo tem a função de captar e conduzir as vazões superficiais para as galerias por isso, são distribuídos em pontos convenientes, na sarjeta, para haver um melhor desempenho na captação de águas pluviais como discorre Botelho (2011). Na literatura e nos manuais técnicos, como do DNIT, as bocas de lobo seguem indicações de modelos (tipos e padrões) e critérios associados à sua disposição considerando a capacidade de engolimento (vazão a ser captada).

Considerando tais aspectos e as observações visuais obtidas em campo, ficou novamente evidente a fragilidade sobre aspectos estruturais (estado de conservação), de projeto, operação e manutenção destes dispositivos existentes na via, assim como a falta de integração com outras infraestruturas, como a pavimentação ou recapeamento da via.

Primeiramente, tem-se diferentes tipos de boca de lobo que pelo seu estado de conservação não se enquadram na classificação de tipologias clássicas, como pode ser observado na figura 26.

Figura 26: Boca de Lobo irregular



Fonte: Autoria Própria

Observa-se ainda na figura 27 que ao longo do trecho percorrido, têm-se bocas de lobo sem a limpeza regular, acarretando acúmulo de resíduos sólidos nas suas grades, comprometendo a drenagem da água nestes pontos ao reduzir a capacidade de engolimento das mesmas, o que poderá acarretar inundações e alagamento a montante dos dispositivos.

Figura 27: Boca de lobo sem manutenção.



Fonte: Autoria própria

Na Figura 28 pode ainda ser reforçado a atual situação destas unidades no trecho da via analisada, onde se verifica a falta de manutenção, de descaracterização de aspectos técnicos como a altura de pavimento da via e acesso ao dispositivo das águas que advém da via, da

insegurança estrutural, visto que sendo uma boca de lobo do tipo simples com depressão, apresenta estado de conservação ou possivelmente de construção comprometidos com abertura irregular e mais ainda a colocação de um bloco na entrada da boca, talvez para minimizar os riscos de acidentes com pedestres e/ou veículos, mas que interferem no desempenho do dispositivo.

Figura 28: Bocas de lobo deterioradas



Fonte: Autoria própria

Na figura 29 ilustra-se bocas de lobo deterioradas, permitindo uma entrada maior de resíduos sólidos podendo causar obstruções da passagem de água pluvial e possibilitando acidentes para os transeuntes do passeio público.

Figura 29: Ocorrências de má conservação das Bocas de lobo



Fonte: Autoria própria

Outro aspecto verificado foi sobre a localização e instalação atual de tais dispositivos na via observando bocas de lobo em pontos inadequados, como observado na figura 30. Percebe-se que este elemento já começa a formar uma leve depressão por conta da falta de harmonia com a pavimentação da rua e na figura 31 a boca de lobo se encontra na esquina, local não apropriado já que esse elemento deve ser posto antes do cruzamento, evitando a formação de pontos de alagamento, conforme discorre no manual do DNIT (2006) e citado ainda por Botelho (2011).

Figura 30: Boca de lobo engolida pela pavimentação



Fonte: Autoria Própria

Figura 31: Localização da Boca de lobo em local inadequado.



Fonte: Autoria Própria

IV. **Canal de Drenagem:** Este elemento identificado fica localizado no ponto mais baixo da via (Figura 32) onde concentra as vazões que afluem das bocas de lobo e sarjetas, representa um canal retificado do curso de água que entrecorta a via e recebe as contribuições pluvias a montante, da via e segue a jusante. É um ponto que possui importância no fluxo das águas, mas apresenta insegurança estrutural para o trânsito dos pedestres nessa área, bem como para veículos dada sua abertura e profundidade observadas visualmente.

Figura 32: Condição existente no Canal de drenagem localizado na avenida.



Fonte: Autoria Própria

Há registros neste ponto de reparos no pavimento na via, pois representa um ponto crítico de recorrência de erosão, dada sua localização, inclusive com registro de obras emergências para conter abertura (cratera) que surgem na rede de drenagem profunda como pode ser observado na figura 33 como o último caso registrado em reportagem data em 2021.

Figura 33: Pista cedida decorrente da rede de drenagem profunda existente



Fonte: Acrítica, 2021

A figura 34 ilustra por imagem do Google Earth (2015) a indicação de elevação do terreno da avenida no trecho 3 onde se observa que os pontos de recorrência de erosão na via e de manutenções emergenciais são os pontos baixos (talvegue) e de concentração dos volumes captados de água.

Figura 34: Elevação do terreno na avenida Ephigênio Salles.



Fonte: Adaptado de Google Earth.

Vale ressaltar que as condições apresentadas na vistoria *in loco* não se limitam apenas às citadas no presente trabalho, no entanto, demonstram a fragilidade dos elementos que constituem o sistema de microdrenagem, englobando aspectos associados ao estado de conservação, de projeto técnico, operação e manutenção e na visão ampliada com a gestão e planejamento urbano. Tais fragilidades podem implicar em diversos problemas para a mobilidade urbana da área em questão dada sua importância na dinâmica da cidade de Manaus, trazendo consequências de insegurança e impactos socioeconômicos e ambientais, dado o apelo que a via possui.

Ao longo dos últimos anos a avenida apresentou uma intensificação do uso e ocupação do solo nas áreas do entorno da via, impactando diretamente o sistema público de água pluvial existente, pois com o aumento das áreas impermeabilizadas aumenta o volume e a velocidade da água a ser captada e transportada por unidade de tempo ao seu destino final, ou seja, o sistema deveria estar idealizado para atender. No entanto, com os problemas identificados fica evidente também o efeito de sobrecarga no sistema existente e vai sendo assim repassado a jusante.

O desempenho ineficiente do sistema existente pode ser visualizado na via quando da ocorrência de chuvas intensas como observado na figura 35.

Figura 35: Pontos de alagamento na avenida durante a ocorrência de chuvas intensas.



Fonte: Autoria Própria

De maneira geral, o cenário identificado não se alinha a discussão atual sobre a sustentabilidade incluindo os sistemas de infraestrutura, pois se percebe que a contextualização sobre as práticas de drenagem sustentável ainda são incipientes na cidade acompanhando a realidade nacional.

Inserir o conhecimento sobre tais práticas no contexto de formação de profissionais, bem como delinear instrumentos legais mais efetivos e visão ampliada da gestão pública são de suma importância para a implantação de projetos mais sustentáveis e incremento de ações de melhoria no sistema existente. Desse modo, percebeu-se que no processo de urbanização da avenida poderia ter sido arquitetado com base em ações mais efetivas para amortização das vazões que chegam até os elementos do sistema, ou seja, técnicas mais sustentáveis, sob análise preliminar e indicativa, seriam ou podem ser aplicáveis na dinâmica da via, o que será assim desdobrado a seguir.

5.2. APLICABILIDADE DO SUDS NO CONTEXTO LOCAL

No decorrer da pesquisa observou que o contexto das SUDS no Brasil, tais práticas ainda carecem de maior regulação e efetividade nas políticas públicas e no diálogo com outras áreas no contexto do planejamento urbano.

Portanto, foram identificadas poucas experiências de aplicação dessas medidas em cidades brasileiras, principalmente focadas no controle das águas pluviais na fonte, ou seja, na retenção das águas nas ocupações no entorno da bacia de contribuição.

O Brasil é um país que sofre com a falta de gerenciamento mais efetivo em relação aos recursos hídricos, compondo estes recursos temos a drenagem urbana. O SUDS é uma otimização da drenagem convencional onde já não se busca apenas escoar as águas pluviais e sim reequilibrar o ciclo hidrológico natural presente.

Percebe-se que certas questões devem ser acertadas em relação à implantação de SUDS no Brasil, já que se trata de uma experiência ainda recente no país como afirma Neto (2019).

Com os dados observados em campo e sabendo das técnicas existentes, tem-se então uma perspectiva do que pode ser potencialmente aplicado e como isso vai coexistir harmoniosamente com o sistema de drenagem atual, visto que existem técnicas que não podem ser aplicadas, como lagoas que exigem uma grande área molhada. Contudo, vale ressaltar que não apenas medidas estruturais devem ser estudadas, Medeiros (2021) comenta sobre o conjunto de medidas não estruturais e medidas estruturais unidos para uma boa gestão e planejamento da drenagem urbana. Um ponto crítico quanto a medidas não estruturais é que Manaus apresentam um grande entrave na gestão por não possuir um Plano Diretor de Drenagem Urbana, e isso para uma metrópole com alto índice de pluviosidade anual, como Manaus que chega a 3000 mm por ano (CLIMA, s.d.) é preocupante.

Diante da proposta inicial do trabalho, as técnicas do SUDS selecionadas podem contribuir em visão mais ampliada sobre a drenagem urbana local e se adequar as situações mostradas, tomando vantagem no reequilíbrio do ciclo hidrológico e se integralizando ao sistema existente, ficando então as seguintes técnicas.

Sistemas de Captação de Água Pluvial: aplicado nas edificações onde busca fazer a coleta das águas pluviais por superfícies da cobertura. Cada edificação pode se tornar um microponto de denteção das águas pluviais ao utilizar esta técnica. Além de diminuir o escoamento pluvial, as águas captadas podem ser reutilizadas para fins não potáveis. Nesta categoria, pode-se exemplificar edificação no parque Chico Mendes em Osasco/SP (Figura 36).

Figura 36: Sistema de Captação em Osasco/SP



Fonte: Cruz, 2015.

A cidade de Manaus dispõe da LEI N° 1.192, DE 31 DE DEZEMBRO DE 2007, Art. 16. A água das chuvas poderá ser captada nas edificações e encaminhada a um reservatório para ser utilizada, após tratamento adequado, em atividades que não requeiram o uso de água potável, tais como: Rega de vegetação; inclusive hortas; Lavagem de roupa; lavagem de veículos; Lavagem de vidros, calçadas e pisos; descarga em vasos sanitários; Combate a incêndios; recarga de lençol freático. (Trecho retirado da Lei); porém se refere relativamente as construções a se enquadrarem conforme ela mesma. Há uma necessidade de implementar dispositivos legais voltado a realidade, um plano de ação para solucionar os problemas já existentes.

Telhado Verde: Esta técnica influencia diretamente na redução do escoamento superficial ao reter as águas da chuva, armazenando temporariamente. Jobim(2013) comenta sobre as vantagens dessa abordagem, onde o ponto interessante é o reequilíbrio que essa técnica traz, aumentando a biodiversidade e diminuindo as ilhas de calor das cidades, pontos em desvantagem devido à alta verticalização dos edifícios e da acelerada urbanização.

Tassi (et al, 2014) fala sobre os três tipos de telhado verde e nesse contexto pode-se notar como ele se adequa bem as coberturas, desde grandes áreas como grandes telhados a pequenas áreas como a cobertura de um ponto de ônibus. Os telhados verdes trazem grandes benefícios para ao local aplicado, como é ilustrado na figura 37, localizado em casa no morro da Babilônia no Rio de Janeiro/RJ (COIMBRA, 2017).

Figura 37: Telhado verde aplicado em edificação na comunidade



Fonte: Coimbra, 2017.

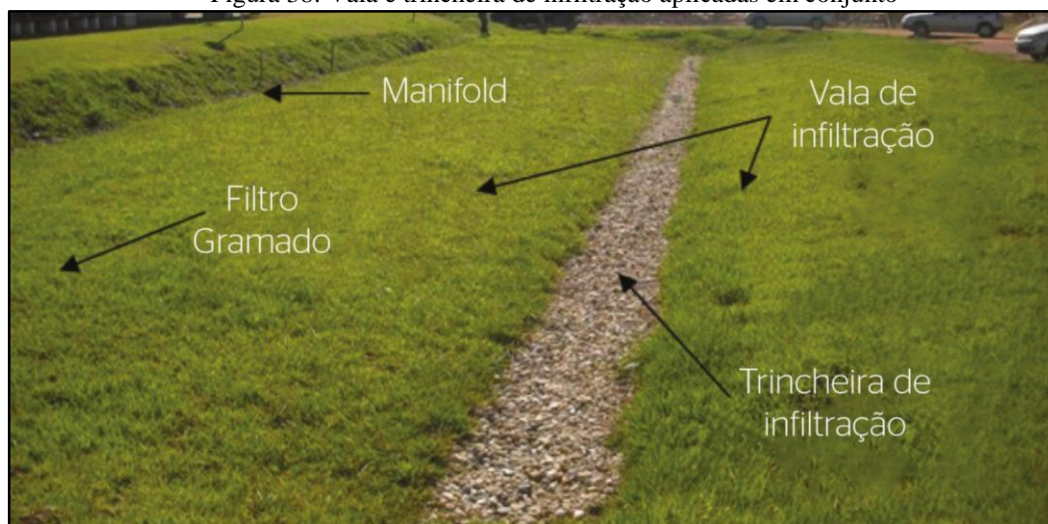
Conforme aponta Coimbra (2017), essa aplicação de telhado verde possibilitou ao morador ter uma economia de mais de 50% no consumo de água, já que a água captada serve para fins não potáveis da residência.

Considerando a realidade local, com a presença de residências, prédios, edificações comerciais e públicas, essa prática poderia ter sido instalada no planejamento ou buscar estratégias técnicas de implementação nas edificações existentes.

Trincheiras Infiltrantes: Aumenta a área de infiltração para as águas das chuvas, ajudando a diminuir as vazões pluviais em áreas grandes impermeabilizadas. Essa técnica exige estudos com um detalhamento maior, pois envolve a capacidade de absorção do solo, onde Beux e Otonni (2015) ressaltam sobre a necessidade de pouco espaço para essa técnica, já que sua necessidade principal é o comprimento.

Os diversos tipos de sistemas de infiltração trazem essa otimização a espaços com grandes áreas impermeabilizadas, como a vala de infiltração e trincheira de infiltração nas dependências de Universidade Federal de São Carlos (figura 38), campus de São Carlos em São Carlos/SP apontada por Lucas (2015).

Figura 38: Vala e trincheira de infiltração aplicadas em conjunto



Fonte: Lucas, 2015.

Analisando ao longo da via tem-se a percepção que poderia ser implementada tais técnicas com a possibilidade de favorecer a infiltração das águas que caem na pista, utilizando, por exemplo os próprios canteiros centrais e, também, calçadas próximo ao limite do terreno particular, bem como nos espaços de condomínio e terrenos particulares. Como exemplo, na figura 39 é indicado uma área sem impermeabilização na frente de condomínio localizado na avenida que de certa forma funciona como um elemento estratégico de minização da parcela de água a ser escoada superficial para o sistema público.

Figura 39: Jardins em Condomínios



Pavimento Permeável: A natureza estrutural do pavimento permeável institui que eles não suportem altas cargas. Logo, essa técnica é mais adequada para projetos comerciais e residenciais, concordante com Araujo, Tucci e Goldefum (2000). Sua aplicação ideal é em áreas externas, como estacionamentos, ambientes de circulação, jardins, ciclovias, calçadas, parques e caminhos verdes.

O pavimento permeável também pode ser um microponto de detenção e retenção, que dependendo de onde for aplicado e o tipo escolhido, pode ser aproveitado o reuso das águas pluviais para fins não potáveis, como ilustrado na figura 40 localizado no estacionamento da Escola Politécnica da USP em São Paulo/SP.

Figura 40: Pavimento Permeável aplicado em um estacionamento



Fonte: Ono; Balbo; Carginin, 2017.

Outra técnica potencial que poderia ser mais praticado pelos empreendimentos construídos, embora seja observado algumas áreas que fazem uso desta alternativa, ainda sim carecem de maior efetividade de adoção e implantação na percepção geral ao longo da via.

Sistemas de Biorretenção: Eles permitem a infiltração gradativa das águas pluviais através do amortecimento das águas pluviais. Silva et al (2020) comenta que esses sistemas são de fácil aplicação e integralização, se ajustando a ambientes que não dispõem de muito espaço, já que não foram feitos para grandes volumes, e esse é um fator importante, pois a manutenção periódica permite seu melhor aproveitamento, evitando o transbordo.

Um exemplo é ilustrado na figura 41 com jardim instalado na rua Almirante Gonçalves, Rio de Janeiro/RJ (O Globo, 2021).

Figura 41: Jardim de chuva em Copacabana



Fonte: O Globo, 2021.

Neste exemplo replicado para a realidade local, o canteiro central da avenida poderia ser uma estratégia, assim como a implantação de jardins nos estabelecimentos existentes, como pode ser indicado pela figura 39 citada anteriormente pela existência de jardins em frente a condomínios residenciais, por exemplo.

Para consolidar a análise apresenta-se no quadro 5 um resumo das possíveis técnicas selecionadas a partir da percepção visual e de características peculiares da área contribuinte na avenida e locais aplicáveis.

Quadro 5: Técnicas de SUDS selecionadas e o local aplicável

TÉCNICA SELECIONADA	LOCAL APLICÁVEL
Sistema de Captação de Água Pluvial	Edificações.
Telhado Verde	Residências, estabelecimentos comerciais, paradas de ônibus e outros
Trincheiras Infiltrantes	Partes não impermeabilizadas do passeio público
Pavimento Permeável	Estacionamentos e calçadas
Sistemas de Biorretenção	Áreas verdes nos condomínios, casas e calçadas

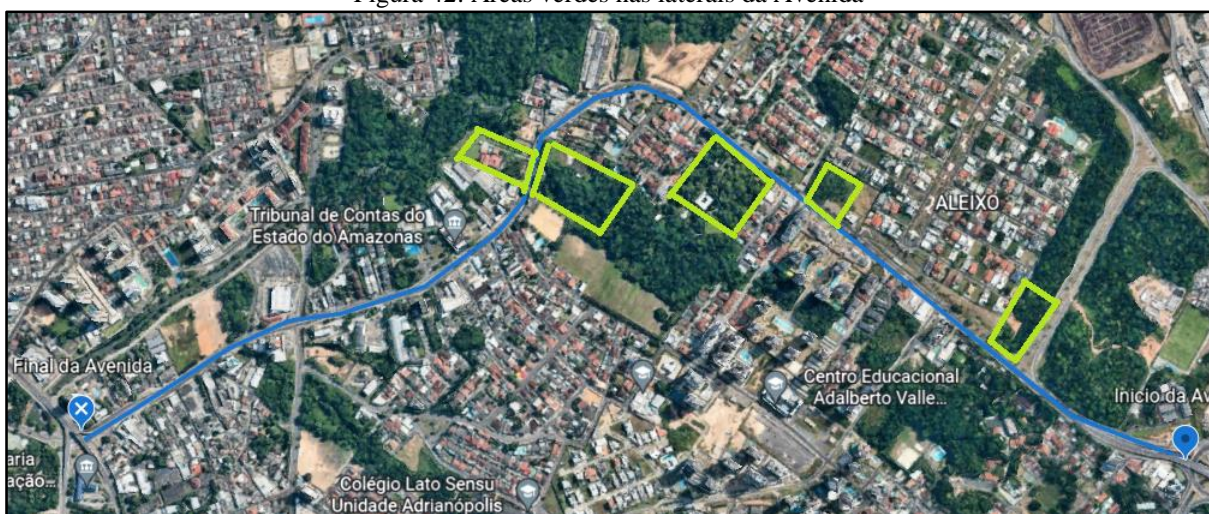
Fonte: Autoria própria

A lei municipal ordinária 1.192 de 2007 aborda sobre o tratamento e o uso racional das águas, onde no terceiro capítulo da lei ela traz o incentivo a captação e aproveitamento das águas pluviais em novos empreendimentos. Abrahão(2019) e outros autores comentam sobre o uso para fins não potáveis, a mesma finalidade abordada na lei pro-águas, e com esse reuso além de diminuir o pico de escoamento, tem-se a diminuição dos custos das contas e consumo de água vinda da concessionária, integrando ao contexto de uso sustentável do recurso hídrico.

Apesar da lei tratar para novos empreendimentos, o sistema de captação pode ser implantado em edificações já construídas, necessitando de estudos de aplicação para cada caso específico, já que Sacadura(2011) indica que a captação é feita por meio dos telhados, onde cada edificação tem sua particularidade.

Sob esta perspectiva de medidas sustentáveis foi possível observar pontos ao longo do trecho analisado na via que facilitam a drenagem como: árvores no canteiro central e áreas com grama, áreas de jardinagem presente nos condomínios que ajudam na infiltração como visto na figura 39 e grandes áreas verdes que ajudam também na infiltração, como na figura 42.

Figura 42: Áreas verdes nas laterais da Avenida



Fonte: Adaptado de Google Earth, 2015.

6. CONCLUSÃO

Este trabalho trouxe os dados sobre os sistemas de drenagem urbana sustentáveis (SUDS) em relação à drenagem urbana convencional. Consequente, tem-se o conhecimento a respeito da Avenida Ephigênio Salles e seus componentes da microdrenagem urbana, para refletir sobre soluções sustentáveis potencialmente aplicáveis de modo a reduzir problemas de drenagem pluvial e otimizar o desempenho do sistema existente, sendo a avenida um segmento importante de acesso ao Polo Industrial de Manaus.

A drenagem sustentável vem com a proposta característica de reequilibrar, renaturalizar o ciclo hidrológico presente nas cidades, tirando a visão de apenas levar as águas pluviais a jusante, onde o foco será no controle do escoamento superficial. Com esse objetivo de controle, pode-se atingir situações similares a de antes da urbanização.

Nesta perspectiva dos Sistemas de Drenagem Urbana Sustentável (SUDS), que traz técnicas que atuam na fonte de drenagem, pode ser observado que ainda precisa avançar em estudo e aplicação das técnicas com base nas suas características, particularidades construtivas e funcionalidades nos projetos de drenagem urbana.

Desta forma, com base na percepção visual obtidas nas visitas de campo nos trechos selecionados, este trabalho teve com sua essência teórico inferir sobre possíveis soluções, no entanto, é necessário estudos mais aprofundados pontuais para uma real aplicação, dado que esta pesquisa não detalhou aspectos para uma execução, como acesso às plantas do sistema de drenagem atual, dos empreendimentos existentes, verificações do lençol freático existente, solos presentes e suas taxas de infiltração, etc.

Neste contexto de mais estudos, vale ressaltar que também é necessário e imprescindível a criação e regularização de instrumentos legais para a cidade de Manaus, como o Plano Diretor de drenagem urbana e um Plano de zoneamento, pois sua inexistência deixa um lapso na organização e gerenciamento, como, por exemplo a introdução de técnicas sustentáveis.

Perante o exposto, entende-se que para diminuir os problemas de drenagem ocorrentes na via e otimizar o sistema de drenagem urbana atual, medidas estruturais e não estruturais devem ser analisadas em conjunto para dialogar com a gestão dos recursos hídricos, não só uma intervenção em forma construtiva, mas sim uma intervenção que vai além das obras, onde se tenha um planejamento adequado para aquela área, visto que representa um dos pilares principais desta problemática.

Quanto à implantação de sistemas de drenagem urbana sustentáveis na Avenida Ephi-
gênio Salles, propõe-se para futuras pesquisas que além da análise detalhada dos pontos mos-
trados neste trabalho, também é necessária uma simulação das técnicas aqui propostas. Deste
modo, obtém-se uma maior concepção quanto a efetividade de cada uma e a mudança que as
mesmas irão influenciar. No mais, é fundamental a avaliação da aplicabilidade técnica e a via-
bilidade econômica a respeito de tais técnicas, possibilitando então uma análise de custo-bene-
fício das proposições.

REFERÊNCIAS

ABRAHÃO, V.; et al. **Fique por dentro de como fazer um sistema de captação de água da chuva.** Engenheiro Sem Fronteiras, 2019. Disponível em: < <https://esf.org.br/captacao-de-agua-de-chuva/> > . Acesso em: 02 mar. 2022

Agência Reguladora de Águas, Energia e Saneamento Básico do Distrito Federal (ADASA). **Drenagem Urbana.** Disponível em: < <https://www.adasa.df.gov.br/areas-de-atuacao/drenagem-urbana> > . Acesso em: 25 fev. 2022.

ALMEIDA, I. C. **Sistemas sustentáveis de drenagem urbana: uma proposta para a bacia hidrográfica do córrego são pedro, em Juiz de Fora – MG.** Trabalho Final de Curso (Graduação). 64 p. Engenharia Ambiental, Faculdade de Engenharia. Universidade Federal de Juiz de Fora.

ALVES, P. L. **Capacidade de interceptação pelas árvores e suas influências no escoamento superficial urbano.** 2015. 110 p. Tese (Doutorado) - Curso de Ciências Ambientais, Estrutura e Dinâmica Ambiental, Universidade Federal de Goiás, Goiânia, 2015.

ARAÚJO, P. R., TUCCI, C. E. M., GOLDENFUM, J. A. **Avaliação da eficiência dos pavimentos permeáveis na redução do escoamento superficial.** RBRH – Revista Brasileira dos Recursos Hídricos. Volume 5, n. 3, Jul/Set 2000. 21-29.

A UTILIZAÇÃO de wetlands no paisagismo e desenho urbano: parque na França contribui para a despoluição do rio sena. **Ecotelhado**, 2016. Disponível em: < <https://ecotelhado.com/atuacao-de-wetlands-no-paisagismo-e-desenho-urbano-parque-na-franca-contribui-para-a-despoluicao-do-rio-sena/> > . Acesso em: 15 mar. 2022

BARBASSA, A. P.; SOBRINHA, L. A.; MORUZZI, R. B. **Poço de infiltração para controle de enchentes na fonte: avaliação das condições de operação e manutenção.** Ambiente Construído [online]. 2014, v. 14, n. 2 pp. 91-107. Disponível em: <<https://doi.org/10.1590/S1678-86212014000200007>>. Acesso em: 26 mar. 2022.

BENINI, R. M.; MENDIONDO, Eduardo Mario. **Urbanização e impactos no Ciclo hidrológico na Bacia do Mineirinho.** Floresta e Ambiente, v.22, n.2, p.211-222, 2015. Disponível em: <<http://www.bibliotecaflorestal.ufv.br/handle/123456789/15774> > . Acesso em: 29 de abril de 2016.

BEUX, F. C.; OTTONI, A. B. **Métodos alternativos de drenagem a partir da retenção e infiltração das águas de chuva no solo, visando a redução das enchentes urbanas.** Revista Nacional de Gerenciamento de Cidades, v. 3, n. 17, p. 01-13, 2015.

BORGES, M. I. A. **Desenho urbano sensível à água: padrões e exemplos de aplicação para áreas vulneráveis às mudanças climáticas em belo horizonte, brasil**. Belo Horizonte, 2018. 35 p. Monografia (Especialização em Sistemas Tecnológicos e Sustentabilidade Aplicados ao Ambiente Construído) – Escola de Arquitetura, Universidade Federal de Minas Gerais.

BRAGA, R. **Biorretenção é um dispositivo eficaz para remoção de poluentes**. Blog Sobratema, 2022. Disponível em: < <https://www.sobratema.org.br/Blog/Exibir/348836> >. Acesso em: 10 abr. 2022

BRASIL. **Lei N° 9.433, de 08 de janeiro de 1997**. Institui a Política Nacional de Recursos Hídricos, cria o Sistema Nacional de Gerenciamento de Recursos Hídricos. 2020. Disponível em: < http://www.planalto.gov.br/ccivil_03/leis/19433.htm >. Acesso em: 27 fev. 2022.

BRASIL. **Lei N° 9.984, de 17 de julho de 2000**. Dispõe sobre a criação da Agência Nacional de Águas e Saneamento Básico (ANA). Disponível em: < http://www.planalto.gov.br/ccivil_03/leis/19984.htm >. Acesso em: 27 fev. 2022.

BRASIL. **Lei N° 14.026, de 15 de julho de 2020**. Atualiza o Marco Legal do Saneamento Básico. 2020. Disponível em: < <https://www.in.gov.br/web/dou/-/lei-n-14.026-de-15-de-julho-de-2020-267035421> >. Acesso em: 27 fev. 2022.

CHRISTOFIDIS, D.; et al. **A evolução histórica da drenagem urbana: da drenagem tradicional à sintonia com a natureza**. Saúde em Debate. v. 43, n. spe3, p. 94-108, 2019. DOI: <https://doi.org/10.1590/0103-11042019s307>. Disponível em: http://scielo.br/scielo.php?script=sci_arttext&pid=S0103-11042019000700094. Acesso em: 25 fev. 2022.

CLIMA Manaus. **Climate Date Org**, s.d. Disponível em: < <https://pt.climate-data.org/americado-sul/brasil/amazonas/manaus-1882/> >. Acesso em: 28 mar. 2022

COIMBRA, C. **Captação de água da chuva gera economia de até 55%; veja potencial do seu telhado**. Extra, 2017. Disponível em: < <https://extra.globo.com/noticias/rio/captacao-de-agua-da-chuva-gera-economia-de-ate-55-veja-potencial-do-seu-telhado-22083346.html> >. Acesso em: 25 mar. 2022

CRATERA 'engole' parte da Av. Ephigênio Salles; trânsito fica lento. **Acrítica**, 2021. Disponível em: < <https://www.acritica.com/policia/cratera-engole-parte-da-av-ephigenio-salles-transito-fica-lento-1.7655> >. Acesso: 01 abr. 2022

CRUZ, I. **Captação de água da chuva em prédios novos poderá ser obrigatória**. Agência Senado, 2015. Disponível em: < <https://www12.senado.leg.br/noticias/materias/2015/07/28/sistema-de-captacao-de-agua-da-chuva-em-predios-novos-podera-ser-obrigatoria> >. Acesso em: 25 mar. 2022

DELICI, F.; COSTA, M. E.; KOIDE, S. (2019). **Estudo de implantação de sistemas de drenagem sustentável em santa maria -df**. In: SIMPÓSIO DE SISTEMAS SUSTENTÁVEIS, 5., 2019, Porto Alegre/RS. Código:5SSS295

DIAS, F. S.; ANTUNES, P. T. S. C. **Estudo Comparativo de projeto de drenagem convencional e sustentável para controle de escoamento superficial em ambientes urbanos**. Projeto (graduação em Engenharia Civil) - Rio de Janeiro: Universidade Federal do Rio de Janeiro, 2010.

DIANA, J. **Pesquisa Quantitativa e Pesquisa Qualitativa**. Diferença, c2022. Disponível e: < <https://www.diferenca.com/pesquisa-quantitativa-e-pesquisa-qualitativa/> >. Acesso em: 25 mar. 2022

FEREGUETTI, L. **Saiba mais sobre o controle da drenagem na fonte**. IBDA- Instituto Brasileiro de Desenvolvimento da Arquitetura. s.d. Disponível em: < <http://www.forumdaconstrucao.com.br/conteudo.php?a=36&Cod=2018> >. Acesso em: 13 mar. 2022

FLETCHER, T. D. et al. **SUDS, LID, BMPs, WSUD and more – The evolution and application of terminology surrounding urban drainage**. Urban Water Journal, p. 525–542, jul. 2014.

FONSECA, J. J. S. **Metodologia da pesquisa científica**. Fortaleza: UEC, 2002. Apostila.

FRELLO, A. S. **Avaliação quantitativa de uma vala de infiltração como técnica compensatória em drenagem urbana**. 2017. 109 p. Trabalho de Conclusão de Curso (graduação) - Universidade Federal de Santa Catarina. Centro Tecnológico. Engenharia Sanitária e Ambiental.

GONZAGA, F. **Ribeirão Preto marca presença no World Skate Park Skateboarding World Championship**. Ribeirão Preto, 2019. Disponível em: < <https://www.ribeirao-preto.sp.gov.br/portal/noticia/ribeirao-preto-marca-presenca-no-world-skate-park-skateboarding-world-championship> >. Acesso em: 27 mar. 2022

GOMES, C.; PEREIRA, A. **Aparato conceitual sobre áreas úmidas (wetlands) no brasil: desafios e opiniões de especialistas**. Boletim Goiano de Geografia, Goiânia, v. 37, n. 3, p. 484–508, 2017.

GOMES, G. **Mamirauá - Uacari Lodge**. Viverde, 2022. Disponível em: < <https://www.viverde.tur.br/mamiraua.html> > Acesso em: 28 mar. 2022

GOOGLE Earth website, 2015. Disponível em: < <https://earth.google.com/web/search/Avenida+Efig%C3%AAnio+Salles+++Aleixo,+Manaus+++AM/@-3.0878249,->

59.9965667,56.99324176a,1054.82474974d,35y,0h,0t,0r/data=CigiJgok-

CdUAlZ_GkgjAEfr8Y9wp1wjAGdKxPpu8-03AIStFgJwXBU7A >Acesso em 21 fev. 2022

INFRAESTRUTURA verde. **Instituto de Pesquisas Tecnológicas (IPT)**, 2018. Disponível em: < <https://tecnoblog.net/responde/referencia-site-abnt-artigos/#:~:text=sem%20autor%3A%20T%C3%8DTULO%20da%20mat%C3%A9ria,Dispon%C3%AD-vel%20em%3A%20.> >. Acesso em: 14 mar. 2022

JARDINS de Chuva: universidade e prefeitura fazem parceria para estudar técnica contra alagamentos. **O Globo**, 2021. Disponível em: < <https://oglobo.globo.com/rio/bairros/jardins-de-chuva-universidade-prefeitura-fazem-parceria-para-estudar-tecnica-contralagamentos-25143162> >. Acesso em: 01 abr. 2022

JARDINS de chuva. **Viver o verde**, 2021. Disponível em: < <https://viveroverde.com/cidades/jardins-de-chuva> >. Acesso em: 14 mar. 2022

LOFRANO, F. C.; et al. **Avaliação de melhores práticas de gestão para requalificação urbana da bacia do bananal na região metropolitana de São Paulo**. Trabalho de Formatura em Engenharia Ambiental – Departamento de Engenharia Ambiental., Escola Politécnica da Universidade de São Paulo. São Paulo, 131 p. 2011.

LOSCHI, M. **Desastres naturais: 59,4% dos municípios não têm plano de gestão de riscos**. Agência IBGE Notícias, 5 jul. 2018. Perfil dos municípios brasileiros. Disponível em: < <https://agenciadenoticias.ibge.gov.br/agencia-noticias/2012-agencia-de-noticias/noticias/21633-desastres-naturais-59-4-dos-municipios-nao-tem-plano-de-gestao-de-riscos> > . Acesso em: 13 out. 2021

LUCAS, A. H. et al. **Avaliação da construção e operação de técnicas compensatórias de drenagem urbana: o transporte de finos, a capacidade de infiltração, a taxa de infiltração real do solo e a permeabilidade da manta geotêxtil**. Engenharia Sanitária e Ambiental [online]. 2015, v. 20, n. 1, pp. 17-28. Disponível em: <<https://doi.org/10.1590/S1413-41522015020000079923>>. Acesso em: 26 mar. 2022.

MANAUS. Prefeitura Municipal de Manaus. **Plano de Diretor Urbano e Ambiental do município de Manaus. Manaus**, 2019. Disponível em: < <https://www2.manaus.am.gov.br/docs/portal/secretarias/implurb/PLANO%20DIRETOR%20-%20LIVRO%20DIGITAL/LEGISLA%C3%87%C3%83O%20URBAN%C3%8dSTICA%20MUNICIPAL%20-%20PLANO%20DIRETOR%20E%20AMBIENTAL%20DE%20MANAUS%20E%20SUAS%20LEIS%20COMPLEMENTARES%20-%20Vers%C3%A3o%2001.pdf>>. Acesso em: 28 out. 2021.

MEDEIROS, G. C. S. **Aula 12 – Medidas de Controle em Drenagem Urbana (Parte I - Introdução)**. Youtube, 2021. Disponível em: < <https://www.youtube.com/watch?v=jZKSXncUNBU&list=PLR3u40ibFTuIifkezmov5MEzxHuDi7oXR> >. Acesso em: 01 jan. 2021

MIRANDA, F. M.; et al. **A bacia hidrográfica como unidade de planejamento urbano**. In: SÍMPOSIO BRASILEIRO DE RECURSOS HÍDRICOS, 22., 2017, Florianópolis/SC. Anais, código: PAP022005.

MOURA, P. M.; BARRAUD, S.; BAPTISTA, M. B. **O funcionamento dos sistemas de infiltração de águas pluviais urbanas**. In: SIMPÓSIO BRASILEIRO DE RECURSOS HÍDRICOS, 18., 2009, Campo Grande/MS. Anais, código: SBRH01825.

NETO, A. T. **Simulação de sistemas de drenagem urbana sustentável aplicada em um loteamento urbano utilizando o EPA SWMM**. 2019. Dissertação (Mestrado em Programa de Pós-Graduação em Engenharia Civil) - Universidade Tecnológica Federal do Paraná, Pato Branco, 2019.

OAKS PAVER. **How Permeable Pavements Work**. Youtube, 2018. Disponível: < <https://www.youtube.com/watch?v=7LHPzybDWtc> >. Acesso em: 14 mar. 2022

OLIVEIRA, L. F. G. S. **Dimensionamento e análise de desempenho hidráulico de estacionamentos com drenagem convencional e pavimento permeável, apoiado por modelagem computacional**. 2018. Monografia (Graduação) - Escola Politécnica da Universidade Federal do Rio de Janeiro, Rio de Janeiro, 2018.

ONO, B. W.; BALBO, J. T.; CARGNIN, A. **Análise da capacidade de infiltração em pavimento permeável de bloco de concreto unidirecionalmente articulado**. TRANSPORTES, [S. l.], v. 25, n. 3, p. 90–101, 2017. DOI: 10.14295/transportes. v. 25i3.1314. Disponível em: < <https://www.revistatransportes.org.br/anpet/article/view/1314> >. Acesso em: 26 mar. 2022.

ONU. **Latin America and the Caribbean: Natural Disasters 2000-2019**. Escritório das Nações Unidas para a Coordenação de Assuntos Humanitários, 2020. Disponível em: <<https://www.humanitarianresponse.info/en/operations/latin-america-and-caribbean/document/latin-america-and-caribbean-natural-disasters-2000>>. Acesso em: 13 out. 2021.

POLETO, C. **SUDS (Sustainable Urban Drainage Systems): Uma contextualização Histórica**. Revista Thema, v. 8, n. 1, p. 1-10, 2011

QUEIROZ, M. S. DE; ALVES, N. DE S. **Análise Geomorfométrica da Bacia Hidrográfica do Mindu – Manaus – Amazonas**. Geopauta, v. 4, n. 2, p. 3, 2020.

REIS, 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.

REZENDE, O. M. **Um pouco mais sobre retenção das águas pluviais**. AquaFluxus, 2013. Disponível em: < <https://www.aquafluxus.com.br/um-pouco-mais-sobre-detencao-das-aguas-pluviais/?lang=en> >. Acesso em: 15 mar. 2022

ROCHA, P. C.; SANTOS, A. A. **Análise hidrológica em bacias hidrográficas**. Mercator (Fortaleza), v. 12, p. 1-18, 2018.

ROSA, Z. F. **Os impactos da urbanização sobre o ciclo hidrológico no município de Patrocínio - MG**. 2017. 35 p. Trabalho de Conclusão de Curso (Graduação em Engenharia Ambiental) - Universidade Federal de Uberlândia, Uberlândia, 2017.

ROSSI, E.; GONÇALVES, L. **Ecotécnicas de drenagem urbana: urbanização de impacto ambiental reduzido**. In: SIMPÓSIO DE PÓS GRADUAÇÃO EM ENGENHARIA URBANA, 3., 2012. Maringá/PR.

SACADURA, F. **Análise de sistemas de aproveitamento de água pluvial em edifícios**. Orientador: João Leal. 2011. 153 p. Dissertação – Engenharia Civil, Departamento de Engenharia Civil. Universidade Nova de Lisboa, Lisboa, 2011. Disponível em : < https://run.unl.pt/bitstream/10362/6153/1/Sacadura_2011.pdf >. Acesso em: 02 mar. 2022.

SANTOS, A. A. M.; CALVÁRIO, A. C.; SOUZA, J. F. **Sistemas compensatórios de drenagem urbana: estudo sobre a aplicabilidade de poços de infiltração**. 2021 49 p. Trabalho de Conclusão de Curso (Especialização) - Pós-Graduação em Engenharia de Infraestrutura Urbana, Instituto Federal do Espírito Santo, Vitória, 2021.

SEVERINO, A. J. **Metodologia do trabalho científico**. 23. ed. São Paulo: Cortez, 2010.

SILVA, L. H.; et al. **Bioretention systems for stormwater management: overview and design criteria**. Research, Society and Development, [S. l.], v. 9, n. 11, p. e69591110335, 2020.

SILVA, L. H.; MENEZES FILHO, F. C. M. **Avaliação da eficiência hidrológica de pavimentos permeáveis e sistemas de biorretenção em loteamento residencial**. REEC - Revista Eletrônica de Engenharia Civil, Goiânia, v. 15, n. 2, p. 17-34, 2019.

Sistema Nacional De Informações Sobre Saneamento – SNIS. **Do SNIS ao SINISA; Informações para o planejar a Drenagem e o Manejo das Águas Pluviais Urbanas**. Brasília, 2020. Disponível em: < http://www.snis.gov.br/downloads/cadernos/2019/DO_SNIS_AO_SINISA_AGUAS_PLUVIAIS_SNIS_2019_REPUBLICACAO.pdf >. Acesso em: 10 mar. 2022

SOUZA, C. F.; CRUZ, M. A. S.; TUCCI, C.E.M. **Desenvolvimento Urbano de Baixo Impacto: Planejamento e Tecnologias Verdes para a Sustentabilidade das Águas Urbanas.** Revista Brasileira de Recursos Hídricos Volume 17 n.2 - Abr/Jun 2012, p. 9-18

SOUZA, F. P. **Monitoramento e modelagem hidrológica da sub-bacia do Lago Paranoá - Brasília/DF - e avaliação de bacias de retenção.** 139 p., Dissertação (Mestrado em Tecnologia Ambiental e Recursos Hídricos) - Universidade de Brasília, Brasília, 2014

TASSI, R.; et al. **Telhado verde: uma alternativa sustentável para a gestão das águas pluviais.** Ambiente Construído, Porto Alegre, v. 14, n. 1, p. 139-154, jan. /mar. 2014.

TUCCI, C. E. M. **Hidrologia: ciência e aplicação.** 4º ed. Porto Alegre: UFRGS/ABRH, 2014.

TUCCI, C. E. M. **Gestão da drenagem urbana/Carlos E. M. Tucci.** Brasília, DF: CEPAL. Escritório no Brasil/IPEA, 2012. (Textos para Discussão CEPAL-IPEA, 48). 50p.

TUCCI, C. E. M. **Urbanização e recursos hídricos.** In: BICUDO, Carlos E. de M.; TUNDIS, José Galizia; SCHEUENSTUHL, Marcos C. Barnsley. Águas do Brasil: análises estratégicas. São Paulo: Instituto de Botânica, 2010. p. 111-128.

VILLANUEVA, A. O. N.; TASSI, R.; ALLASIA, D. G.; BEMFICA, D.; TUCCI, C. **Gestão da drenagem urbana, da formulação à implementação.** REGA, v. 8, n. 1, p. 5–18, 2011.

WATANABE, M. **Árvore na calçada.** Pagina pessoal de Roberto Massaru Watanabe, 2021. Disponível em: <<https://www.ebanataw.com.br/trafegando/arvore.htm>>. Acesso em: 15 mar. 2022