



Universidade Estadual de Campinas
Faculdade de Engenharia Civil Arquitetura e Urbanismo

Pamela Diniz Sobral Santos

**Aplicação de Infraestrutura Verde como solução alternativa de
drenagem do campus de Barão Geraldo da Universidade Estadual de
Campinas - UNICAMP**

Campinas

2019





Universidade Estadual de Campinas
Faculdade de Engenharia Civil Arquitetura e Urbanismo

Pamela Diniz Sobral Santos

**Aplicação de Infraestrutura Verde como solução alternativa de
drenagem do campus de Barão Geraldo da Universidade Estadual de
Campinas – UNICAMP**

Trabalho Final de Curso apresentado como
requisito parcial para obtenção do título de
Bacharel em Engenharia Civil à Faculdade
de Engenharia Civil, Arquitetura e
Urbanismo da Universidade Estadual de
Campinas.

Orientadora: Mariana Rodrigues Ribeiro dos Santos

A handwritten signature in cursive script, reading "Mariana R R dos Santos".

Campinas

2019



**Aplicação de Infraestrutura Verde como solução alternativa de
drenagem do campus de Barão Geraldo da Universidade Estadual de
Campinas – UNICAMP**

Pamela Diniz Sobral Santos

BANCA EXAMINADORA

.....
Profa. Mariana Rodrigues Ribeiro dos Santos
Orientadora

.....
Prof(a). Rafael Costa Freiria

.....
Prof(a). Francisco José Peña y Lillo Madrid

Aprovado em: _____

Ficha catalográfica
Universidade Estadual de Campinas
Biblioteca da Área de Engenharia e Arquitetura
Luciana Pietrosanto Milla - CRB 8/8129

Santos, Pamela Diniz Sobral, 1994-
Sa59a Aplicação de infraestrutura verde como solução alternativa de drenagem do
campus de Barão Geraldo da Universidade Estadual de Campinas - UNICAMP /
Pamela Diniz Sobral Santos. – Campinas, SP : [s.n.], 2019.

Orientador: Mariana Rodrigues Ribeiro dos Santos.
Trabalho de Conclusão de Curso (graduação) – Universidade Estadual de
Campinas, Faculdade de Engenharia Civil, Arquitetura e Urbanismo.

1. Infraestrutura. 2. Meio ambiente. 3. Urbanização. I. Santos, Mariana
Rodrigues Ribeiro dos. II. Universidade Estadual de Campinas. Faculdade de
Engenharia Civil, Arquitetura e Urbanismo. III. Título.

Informações adicionais complementares

Título em outro idioma: Green Infrastructure application as an alternative for drainage solution
of Barão Geraldo campus of the State University of Campinas - UNICAMP

Palavras-chave em inglês:

Infrastructure

Environment

Urbanization

Titulação: Engenheiro Civil

Banca examinadora:

Mariana Rodrigues Ribeiro dos Santos [Orientador]

Francisco José Peña y Lillo Madrid

Rafael Costa Freiria

Data de entrega do trabalho definitivo: 04-12-2019



DEDICATÓRIA

Dedico à minha família que esteve ao meu lado durante todos os momentos e sempre foram os meus maiores apoios. Dedico aos meus amigos, pelo exemplo e pelo suporte ao longo do desenvolvimento deste trabalho.



AGRADECIMENTOS

Meus sinceros agradecimentos à UNICAMP, por proporcionar tantas oportunidades de conhecimento e, principalmente, de crescimento pessoal.

Às pessoas que estiveram ao meu lado durante todas as minhas etapas da graduação, por todo suporte, apoio e carinho.

Aos professores, por tantos anos de ensino e que foram essenciais para a minha formação como engenheira. Agradeço em especial à minha orientadora Mariana, pela paciência, compreensão, atenção e dedicação durante o desenvolvimento do projeto. Obrigada por insistir e principalmente, por me fazer persistir.

RESUMO

Com o crescimento populacional acelerado, o desenvolvimento urbano cresce e seu planejamento demanda novas alternativas e soluções para os problemas que causa. Com o intuito de amenizar os fatores que impactam diretamente nosso cotidiano como poluição do ar, enchentes, mobilidade urbana, entre outros, a infraestrutura verde surge como alternativa para alinhar e solucionar os problemas ambientais, econômicos e até mesmo sociais da urbanização.

A infraestrutura verde pode ser entendida como um instrumento complementar à infraestrutura “cinza”, de caráter tradicional, trazendo e adaptando soluções naturais que visam a melhoria na qualidade de vida da sociedade. O conceito de infraestrutura verde ainda é novo e complexo, sendo assim, a maioria dos estudos e aplicações se encontram em países desenvolvidos.

O objetivo desta pesquisa foi estudar a possível contribuição da infraestrutura verde na drenagem de áreas urbanas e na melhoria da qualidade de vida, tomando como estudo de caso o campus da Universidade Estadual de Campinas e elencando possíveis locais de aplicação.

A metodologia da pesquisa explora o conceito nos dias atuais, estudando as relações ambientais, o planejamento do campus e da cidade de Campinas e o apontamento das tipologias de infraestrutura verde aplicáveis como melhoria dos aspectos do campus.

Palavras-chave: Infraestrutura verde; meio ambiente; áreas urbanas; Unicamp; soluções alternativas.

ABSTRACT

With accelerated populational growth, urban development increases and its planning demands new alternatives and solutions for its issues. Green infrastructure appears as an alternative to line up and solve environmental, economical and even social issues caused by urbanization, softening factors such as air pollution, floods, urban mobility and others, which impact directly in our daily activities.

Green Infrastructure may be understood as a complementary tool to the “gray” infrastructure, meant as traditional, bringing and adapting natural solutions aiming the improvement of life quality of society. Green infrastructure is a new and complex concept yet. Hence, the majority of researches and its applications are found in developed countries.

The objective of this research was to study the possible contribution of green infrastructure in the drainage of urban areas and improving the quality of life, taking as case study the campus of the State University of Campinas and point possible places of application.

The research methodology explores the concept nowadays, studying the environmental relations, the campus and Campinas city planning, indicating applicable green infrastructure typologies as improvement for some campus aspects.

Key-words: Green Infrastructure; environment; urban areas; Unicamp; alternatives solutions.

LISTA DE FIGURAS

Figura 1: Plano original do Emerald Necklace (1894)	7
Figura 2: Mapa atual do Emerald Necklace	7
Figura 3: Visão superior do Parque do Ibirapuera	22
Figura 4: Esquematização Bacia de Sedimentação	24
Figura 5: Seção de uma Bacia de Biorretenção	24
Figura 6: Exemplo esquemático de Biovaleta	26
Figura 7: Exemplo de aplicação de biovaleta	26
Figura 8: Esquematização de Canteiro Pluvial	27
Figura 9: Esquematização de uma Lagoa Pluvial	28
Figura 10: Exemplo de bacia de detenção na cidade de Porto Alegre	29
Figura 11: Cidade de Portland, EUA	30
Figura 12: Imagem da área do Rio Olona	32
Figura 13: Alternativas de propostas de implementação de infraestrutura verde no rio Olona, Italia	32
Figura 14: Imagem da cidade próxima a bacia de Laden-Aen em períodos de chuva..	34
Figura 15: Simulação da cidade de Copenhague em dias de chuva e Cloudburst	34
Figura 16: Imagem adaptada do plano de ação determinado durante o estudo de caso	37
Figura 17: Esquematização do pontos de criação dos parques na cidade de Tupã	38
Figura 18: Obras para revitalização das praças e jardins públicos da cidade	39
Figura 19: Recursos vegetais da área do córrego Belini	40
Figura 20: Localização do Campus	42
Figura 21: Mapa de tipos de cobertura do terreno na área de estudo	46
Figura 22: Permeabilidade por quadras no Campus de Barão Geraldo, Unicamp	47
Figura 23: Mapa Ambiental, Unicamp	48
Figura 24: Mapa de rede de abastecimento de água potável	49
Figura 25: Estacionamento do Instituto de Estudos da Linguagem (esquerda) e do Instituto de Física (direita)	50

Figura 26: Inundação da Biblioteca do Instituto de Matemática, Estatística e Computação Científica	50
Figura 27: Mapa de estacionamentos e pontos levantados	52
Figura 28: Estacionamento Biblioteca Central (imagem esquerda), estacionamento Instituto de Economia (centro) e estacionamento Instituto de Química (direita)	53
Figura 29: Esquematização de pisos drenantes	53
Figura 30: Exemplo de pavimento permeável utilizado no campus, próximo ao Instituto de Economia	54
Figura 31: Localização do córrego dentro da Universidade	55
Figura 32: Imagem do córrego, com pouca visibilidade	56
Figura 33: Esquematização de aplicação de Biovaletas	57
Figura 34: Exemplo de aplicação de jardim de chuva	58
Figura 35: Localização da região proposta de implementação	59
Figura 36: Localização da FEC, Unicamp	60
Figura 37: Detalhamento do local proposto	60
Figura 38: Localização da Praça do Ciclo Básico, Unicamp	61
Figura 39: Detalhamento da estrutura localizada na Praça do Ciclo Básico, Unicamp ..	62
Figura 40: Esquematização de implantação de água pluvial	63
Figura 41: Destaque dos pontos propostos dentro da Universidade	64

SUMÁRIO

1 INTRODUÇÃO.....	1
2 OBJETIVOS	3
2.1.1 OBJETIVO GERAL	3
2.1.2 OBJETIVOS ESPECÍFICOS.....	3
3 METODOLOGIA	4
4 REVISÃO BIBLIOGRÁFICA.....	5
4.1 HISTÓRICO.....	5
4.2 DEFINIÇÃO	8
4.2.1 PRINCÍPIOS E BENEFÍCIOS	10
4.2.2 ELEMENTOS E CONCEITOS.....	13
5 INFRAESTRUTURA VERDE APLICADA À DRENAGEM URBANA	17
5.1 TIPOLOGIAS DE INFRAESTRUTURA VERDE APLICADAS À DREANGEM URBANA	19
5.1.1 ESPAÇOS VERDES PERMEÁVEIS.....	21
5.1.2 BACIA DE SEDIMENTAÇÃO.....	23
5.1.3 JARDINS PLUVIAIS (BACIA DE RETENÇÃO).....	24
5.1.4 BIOVALETAS.....	25
5.1.5 CANTEIRO PLUVIAL	27
5.1.6 LAGOAS PLUVIAIS	27
5.1.7 BACIA DE DETENÇÃO (LAGO SECO)	29
5.1.8 PAVIMENTOS PERMEÁVEIS	29
6 CASOS DE ESTUDO.....	31
6.1 APLICAÇÕES INTERNACIONAIS	31
6.1.1 Gorla Maggiore, Itália	31
6.1.2 Copenhague, Dinamarca	33
6.2 APLICAÇÕES NACIONAIS.....	37
6.2.1 Tupã, São Paulo	37

6.2.2 Córrego Belini, São Paulo	40
7 ESTUDO DE CASO	42
7.1 HISTÓRICO UNICAMP – CAMPUS ZEFERINO VAZ.....	43
7.2 CARACTERIZAÇÃO.....	45
7.3 ANÁLISE DE APLICAÇÃO DE INFRAESTRUTURA VERDE	50
7.3.1 CENÁRIO 1 – ESTACIONAMENTOS.....	51
7.3.2 CENÁRIO 2 – REGIÃO DE CÓRREGOS.....	54
7.3.3 CENÁRIO 3 – REGIÃO DA BIBLIOTECA CENTRAL.....	58
7.3.4 CENÁRIO 4 – FACULDADE DE ENGENHARIA CIVIL, ARQUITETURA E URBANISMO (FEC).....	59
7.3.5 CENÁRIO 5 – PRAÇA DO CICLO BÁSICO	61
8 CONCLUSÃO	64
9 CONSIDERAÇÕES FINAIS	65
10 REFERÊNCIAS	66

1 INTRODUÇÃO

Grande parte das cidades de diversas regiões do mundo, sofrem com um crescimento urbano acelerado e muitas vezes desorganizado. Este crescimento é inevitável considerando que o número de habitantes cresce cada vez mais, assim como a necessidade de busca por uma vida melhor.

Em consequência do grande avanço tecnológico e ambiental em conjunto com o aumento da densidade urbana, novas preocupações surgem relacionadas a qualidade de vida da população. Mobilidade urbana, meio ambiente, poluição do ar, do solo, desmatamento de áreas verdes, extinção de espécies, drenagem urbana mal gerida, enchentes e graves mudanças climáticas são apenas alguns resultados deste crescimento desenfreado.

O planejamento e a gestão do uso e da ocupação dos centros urbanos é limitada e muitas vezes planejada de forma que os impactos ambientais causados por essas ações não sejam totalmente previstos durante a fase de implementação. Atualmente, mais da metade da população mundial vive em cidades sendo que, segundo o IBGE, no Brasil, a taxa de urbanização ultrapassa 80%. O grande desafio atual é o desenvolvimento das cidades e a alta demanda por uma infraestrutura adequada.

O crescimento populacional no Brasil tem sido desordenado e insustentável. Por consequência disto, surgem diversos problemas, especialmente aqueles de natureza socioambiental, tais como: ocupação de áreas de risco (margens de rio, áreas com declividade acentuada, encostas, etc.), carência de serviços públicos, disposição inadequada de resíduos sólidos, ausência ou deficiência de saneamento básico, contaminação de mananciais, comprometimento do sistema de drenagem, inundações, entre outros (BARBOSA, 2006).

O modelo de urbanização convencional, com soluções baseadas em infraestrutura cinza, determinada basicamente por gestão de mobilidade de veículos, pavimentação, sistemas de águas pluviais e de esgoto, não oferece uma relação saudável entre vida urbana e os elementos naturais da paisagem, causando danos à cidade e grandes impactos ambientais como diminuição de áreas verdes, criação de

áreas de inundação, contaminação do solo e etc. Segundo Herzog (2009) a infraestrutura cinza suprime áreas naturais alagadas/alagáveis e florestadas que prestam serviços ecológicos insubstituíveis em áreas urbanas.

O crescimento populacional e a expansão urbana acelerada geram impactos que causam o desequilíbrio do meio ambiente como um todo. Este desequilíbrio se dá por meio de diversos fatores, tais como, a impermeabilização do solo, a poluição do ar, o uso intenso de materiais condutores de energia térmica no meio urbano, o aumento das edificações e redução das superfícies vegetadas (TUCCI, 2007; MOTA, 2008).

Durante a última década, diversas cidades americanas como Nova York, Chicago, Portland, Seattle etc, vêm se desenvolvendo de forma ecológica e sustentável como forma de melhoria de qualidade de vida e de amenizar os impactos causados por suas ações no passado. É fundamental que os processos de transformação de áreas urbanas sejam baseados em aspectos ambientais, respeitando o ecossistema que os compõe e projetando soluções inovadoras, ecológicas e sustentáveis tanto para uma melhoria contínua no conforto dos seus habitantes quanto para a paisagem e manutenção das áreas verdes do local.

A partir desses aspectos, emerge o conceito de infraestrutura verde. Esse conceito foi utilizado pela primeira vez em 1994, em um documento elaborado pela Florida Greenways Commission, que apontava a importância dos sistemas naturais no contexto urbano, sendo até mais importantes que a infraestrutura convencional, chamada de cinza (FIREHOCK, 2010).

Por definição, as infraestruturas verdes são parques, praças, jardins, corredores verdes, entre outros elementos que, quando interconectados, promovem melhorias nas condições ambientais, de fauna e de flora, além de melhorar as condições de vida das pessoas que convivem com aquele espaço. As infraestruturas verdes associadas às infraestruturas cinzas promovem, além de sustentabilidade, resiliência para o meio urbano através de um sistema integrado e multifuncional.

Este trabalho busca compreender os conceitos de infraestrutura verde na atualidade e suas alternativas como aplicação para a Universidade Estadual de Campinas afim de contribuir para a melhoria da qualidade de vida dos frequentadores e da preservação do meio ambiente do local.

2 OBJETIVOS

2.1.1 OBJETIVO GERAL

Realizar uma proposta preliminar de delineamento de infraestrutura verde na realidade do campus de Barão Geraldo da Universidade Estadual de Campinas – UNICAMP.

2.1.2 OBJETIVOS ESPECÍFICOS

- Identificar elementos de infraestrutura verde com potencial de serem inseridos de forma complementar na solução de problemas de drenagem relacionados a infraestrutura cinza inserida no campus.
- Proporcionar melhorias ambientais e ampliar a oferta de serviços ambientais ao campus de Barão Geraldo.

3 METODOLOGIA

A metodologia utilizada para desenvolver este trabalho baseou-se em uma pesquisa bibliográfica sobre infraestrutura verde e sua problemática no mundo atual.

Os estudos foram baseados em revisões bibliográficas sobre a história da urbanização das cidades e o conceito de infraestrutura verde. A partir disso, foi feito um levantamento de casos de infraestrutura verde pelo mundo e no cenário brasileiro, a fim de compreender o crescimento dessa aplicação na atualidade.

Como segunda etapa, tem-se o estudo das diferentes aplicações da infraestrutura verde, a fim de aprofundar a visão desses casos citados. Durante essa etapa houve o estudo de casos internacionais e nacionais, escolhidos e citados a partir da implementação utilizada nos planos dessas cidades.

Apoiado nessas informações, como terceira etapa, tem-se a aplicação ao estudo de caso com a identificação das possíveis opções de aplicação da infraestrutura verde. A identificação foi feita com base teórica, sem dimensionamentos, considerando conceitos em aspectos gerais como concentração de pessoas, tamanho do local e proximidade da rede de drenagem, elencando futuros estudos para que possa haver a viabilidade da aplicação.

Ao final, contempla-se o estudo de alguns locais pré-determinados dentro da área do campus, visando a discussão da possibilidade de aplicação de estruturas de Infraestrutura Verde como melhoria dos aspectos atuais do local como qualidade do meio ambiente, de problemas de drenagem e a prestação de serviços ambientais.

4 REVISÃO BIBLIOGRÁFICA

4.1 HISTÓRICO

O conceito de infraestrutura verde foi empregado pela primeira vez em 1994, em documento elaborado pela Florida Greenways Commission que apresentava estratégias de conservação do meio ambiente, refletindo sobre a importância dos ambientes naturais em contraposição às infraestruturas cinzas (HANNES, 2015; VASCONCELLOS, 2015).

Contudo, apesar do termo “infraestrutura verde” ser recente na nossa sociedade, a preocupação com os recursos da natureza em decorrência do grande avanço das áreas urbanas já ocorria desde o final do século XIX. Algumas cidades pelo mundo, como Londres (Plano de Abercrombie – 1943) e Estocolmo (Plano Regional de Estocolmo- 1967), basearam seus planejamentos urbanos visando a melhoria da relação espaço urbano e natureza com o intuito de introduzir nessas cidades elementos naturais como forma de embelezamento e aproveitamento social.

Somente na década de 1970, com os problemas decorrentes do rápido crescimento das cidades, como perda da qualidade de vida, degradação dos espaços livres e a dispersão urbana pelo território, foi que começou a se introduzir a preocupação de aspecto ecológico aos planos urbanos. A partir de então, a cidade deixa de ser apenas uma questão social e passa a incorporar a questão ambiental. (VASCONCELLOS, 2015). A sociedade deixa de ser objeto central da ação e passa a estar inserida na caracterização da natureza, em um sistema global. Um marco na introdução da preocupação com a ecologia no planejamento urbano é a publicação do urbanista e paisagista Ian McHarg “Design With Nature”, em 1969, na qual defende a análise dos aspectos abióticos, bióticos e culturais como a base do planejamento urbano (TARDIN, 2008; HERZOG, 2009).

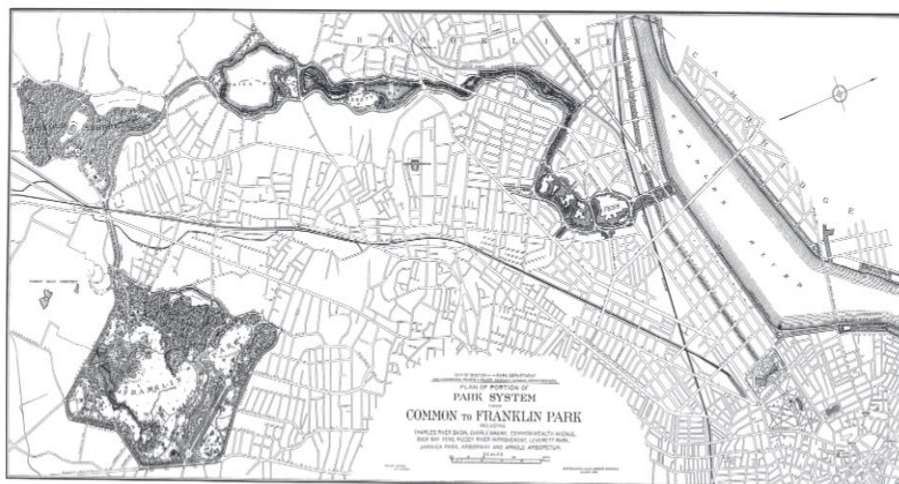
Segundo Vasconcellos (2015), na década de 1990, com a evolução das preocupações com o meio ambiente e com os recursos naturais, e com a oficialização do termo “desenvolvimento sustentável”, em 1987, pelo relatório “Nosso Futuro Comum”, se passa a incorporar a busca pela sustentabilidade como parâmetro

urbanístico. Planos como o de Paris, Berlim e Barcelona buscam integrar a ocupação urbana e o respeito aos recursos do território a partir de sistemas de ligações de áreas verdes, não apenas como um mecanismo de ordenação, mas como garantia da sustentabilidade da paisagem.

Ainda assim, um dos grandes desafios da implementação da infraestrutura verde é a percepção popular de que áreas verdes livres não são necessariamente espaços ociosos aguardando desenvolvimento ou ocupação (VASCONCELLOS, 2015). Herzog e Rosa (2010) apresenta como solução o diagnóstico social como parte do estudo para implementação da infraestrutura verde, com o objetivo de identificar dores e anseios da comunidade e entender quais são as principais necessidades que poderiam ser atendidas através da infraestrutura verde. Este engajamento social proporciona a conscientização popular, essencial para que o projeto seja sustentável no longo prazo.

Pelo mundo, a cidade de Boston foi alvo de um dos projetos pioneiros na introdução desse conceito. O projeto Emerald Necklace (Colar de Esmeraldas), liderado por Frederick Law Olmsted entre 1878 e 1895, consiste em uma rede de parques interligados pelas matas dos rios que cruzam a cidade, aliando a conservação desta e o tratamento do esgoto do local. O projeto restabeleceu a dinâmica hídrica da região e, além de alinhar infraestrutura e paisagem, segundo Herzog e Rosa (2010, p.95) “[...] alia o controle de enchentes com qualidade do ar, das águas e do solo, proteção da biodiversidade, circulação de pessoas (bicicletas e caminhadas), amenização do clima, recreação e lazer”.

Figura 1: Plano original do Emerald Necklace (1894).



Fonte: Boston “Emerald Necklace” Case Study (2015).

Figura 2: Mapa atual do Emerald Necklace.



Fonte: Boston “Emerald Necklace” Case Study (2015).

Uma das diferenças que possui em relação às estratégias convencionais de conservação ambiental é a abertura para planejamento, pois associa os valores da conservação ao desenvolvimento do território, gestão do crescimento do espaço e planejamento de infraestruturas prediais. Além disso, os tipos de convencionais de preservação geralmente consideram importante o isolamento das áreas verdes em relação ao desenvolvimento (BENEDICT e MCMAHON, 2002). A infraestrutura verde incentiva o planejamento holístico do uso do solo e frisa a integração dos objetivos ambientais e econômicos (VASCONCELLOS, 2015).

4.2 DEFINIÇÃO

Infraestrutura verde é uma rede interconectada de espaços verdes que conserva os valores e funções do ecossistema natural e fornece benefícios associados às populações humanas (BENEDICT, 2006). A infraestrutura verde possui diversos benefícios que resultam não apenas em cidades mais sustentáveis, mas mais resilientes para enfrentar os efeitos causados pelas mudanças ambientais (AHERN, 2009 apud HERZOG e ROSA, 2010).

Hoje o termo 'infraestrutura verde' tornou-se frequente em conservação e desenvolvimento do solo em todo o mundo. Porém o termo significa diferentes coisas dependendo do contexto no qual ele é empregado: pode ser desde o plantio de árvores que tragam benefícios ecológicos em áreas urbanas; para outros refere-se a estruturas de engenharia tais como manejo de enchentes ou tratamento de águas projetado para tornar-se ambientalmente amigável. No entanto infraestrutura verde pode ter um significado mais ambicioso e abrangente. (FRANCO, 2010, p. 141).

Infraestrutura verde é o sistema nacional de suporte de vida natural - uma rede interligada de cursos de água, zonas úmidas, florestas, habitats selvagens, e outras áreas naturais; greenways, parques e outras áreas de conservação; fazendas, ranchos e florestas; desertos e outros espaços abertos que funcionam como suporte de espécies nativas, mantém o processo ecológico natural, conservam os recursos de ar e água e contribuem para a saúde e qualidade de vida para as comunidades e pessoas (BENEDICT; MCMAHON, 2006). Ou seja, a infraestrutura verde visa a conservação da biodiversidade em conjunto com a mitigação dos efeitos de outras infraestruturas como transporte, energia e drenagem além do desenvolvimento econômico, reduzindo assim os impactos ambientais causados pela urbanização desordenada e colaborando para uma melhoria na qualidade de vida.

Seguindo a didática de Duarte (2011), a gestão de uma cidade deve ser iniciada pelo planejamento urbano, seja para uma fase de melhoria ou para a implementação de uma nova área. Neste planejamento devem ser considerados todos os objetivos desejados visando os recursos disponíveis naquele local como recursos ambientais, econômicos, territoriais, dentre outros, e os fatores externos que possam influenciar.

Segundo a Constituição Federal, o Plano Diretor é o instrumento básico da política de desenvolvimento e de expansão urbana. Um conjunto de propostas para o futuro desenvolvimento socioeconômico e futura organização espacial dos usos do solo urbano, das redes de infraestrutura e de elementos fundamentais da estrutura urbana, para a cidade e para o município, propostas estas definidas para curto, médio e longo prazos, e aprovadas por lei municipal (VILLAÇA, 1999). Nos últimos anos, com a frequente utilização do conceito de sustentabilidade e visando a melhoria da qualidade de vida da sociedade, o Plano Diretor de diversas cidades vem evoluindo, criando um equilíbrio entre meio ambiente e meio urbano.

Torna-se, portanto, necessário priorizar as políticas públicas que valorizem o verde, não simplesmente pela estética ou pela promoção do lazer, mas também para atender às necessidades de higiene e saúde da população e dos sistemas públicos atuais. A partir disso, temos então a criação do Estatuto da Cidade, criado pela Lei Federal nº 10.257/2001, que visa regulamentar a política urbana no país, oferecendo meios para que os municípios possam atuar no planejamento e na gestão urbana e territorial.

O Estatuto da Cidade tem como objetivo possibilitar às cidades brasileiras um crescimento de forma ordenada, proteger o meio ambiente e garantir direitos fundamentais como a moradia digna e os transportes sustentáveis. Ele estabelece a obrigação de elaborar planos diretores atualizados a cada dez anos.

Desta forma, quando o planejamento urbano é concretizado a partir de princípios de infraestrutura verde, ele possibilita a incorporação de componentes da natureza as áreas urbanizadas minimizando assim diversos impactos ambientais decorrentes do processo de urbanização do local, colaborando assim para uma melhor sustentabilidade urbana. Segundo Jacobi (1999), “a noção de sustentabilidade implica uma necessária interpelação entre justiça social, qualidade de vida, equilíbrio ambiental e a necessidade de desenvolvimento com capacidade de suporte. Mas também se associa a uma premissa da garantia de sustentação econômico-financeira e institucional. A ênfase é na direção de práticas pautadas por um desenvolvimento de políticas sociais que se articulam com a necessidade de recuperação, conservação, melhoria do meio ambiente e da qualidade de vida.”.

4.2.1 PRINCÍPIOS E BENEFÍCIOS

Para Benedict e McMahon (2002) a infraestrutura verde é baseada em 7 (sete) princípios:

- *Princípio 1: A Infraestrutura verde deveria funcionar como a estrutura para conservação e desenvolvimento*

Com o objetivo de minimizar os impactos dos processos de desenvolvimento das cidades, a infraestrutura verde deve surgir como forma de integração dos elementos de conservação, áreas verdes e paisagem.

- *Princípio 2: Desenhar e planejar a infraestrutura verde antes de desenvolver*

Princípio como forma de esclarecimento da necessidade de planejamento da infraestrutura verde durante e antes do desenvolvimento acelerado das cidades.

- *Princípio 3: Sistema articulado é a chave*

Proposta da infraestrutura verde como conexão entre os espaços para que esses funcionem como uma rede, adotando um sistema ecológico.

- *Princípio 4: Infraestrutura verde funciona através de jurisdições e em escalas diferentes*

Este princípio parte da ideia de que a infraestrutura verde pode ser usada para iniciativas de qualquer abrangência ou escala, incluindo parques para recreação, dentro de empreendimentos, espaços abertos e etc.

- *Princípio 5: Infraestrutura verde é fundamentada na voz da ciência e nas teoria e práticas do uso da terra*

Princípio como forma de multidisciplinaridade dos âmbitos ambientais, científicos, práticos, técnicos, econômicos e sociais.

- *Princípio 6: Infraestrutura verde é um investimento público crítico*

Neste princípio, Benedict e McMahon (2002a) explicam que a viabilização da infraestrutura verde deve ser prevista no orçamento público, a exemplo das demais

obras de infraestruturas convencionais.

- *Princípio 7: Infraestrutura verde engaja parcerias chave e envolve várias partes interessadas*

O último princípio relata o envolvimento de organizações públicas e privadas para a implantação e eficiência da infraestrutura verde.

Seguindo o mesmo aspecto, para Franco (2010), existem 4 grandes princípios que definem infraestrutura verde:

- *Conectividade*

A infraestrutura verde delineia a força do seu foco em conectividade, entre espaços naturais e os parques e outros espaços abertos, entre as pessoas e os programas.

- *Contexto*

O entendimento dos ecossistemas e da paisagem requer uma análise do contexto onde esses ecossistemas existem isto é a compreensão dos fatores físicos e biológicos das áreas de entorno

- *Estrutura*

Infraestrutura verde pode funcionar como estrutura para a conservação e o desenvolvimento.

- *Comprometimento*

Infraestrutura verde requer comprometimento de longo prazo por parte do governo e dos agentes sociais.

Portanto, a partir da leitura de todos os princípios citados, pode-se inferir que a implementação da infraestrutura verde não ocorre de maneira fácil ou rápida, devendo haver não apenas um plano de aplicação mas também uma ação conjunta da sociedade

como um todo, população, sistema privado e político. Um plano de infraestrutura verde pode ajudar na previsão e priorização de opções para conservação e restauração de aspectos ambientais.

Herzog e Rosa (2010), listam os benefícios da infraestrutura verde no espaço urbano: promover a infiltração, detenção e retenção das águas das chuvas no local, evitando o escoamento superficial; filtrar as águas de escoamento superficial nos primeiros 10 minutos da chuva, provenientes de calçadas e vias pavimentadas contaminadas por resíduos de óleo, borracha de pneu e partículas de poluição; criar habitat e conectividade para a biodiversidade; amenizar as temperaturas internas em edificações e mitigar as ilhas de calor; promover a circulação de pedestres e bicicletas em ambientes sombreados, agradáveis e seguros; diminuir a velocidade dos veículos; conter encostas e margens de cursos d'água para evitar deslizamentos e assoreamento.

Herzog e Rosa (2010), ainda complementam que a infraestrutura verde ainda pode contribuir para a adaptação de áreas urbanas para enfrentar ocorrências climáticas ao converter áreas monofuncionais que causam impactos ecológicos em elementos que mimetizam os processos naturais, além de prover serviços ambientais.

Na literatura, serviço ambiental é um termo que possui várias definições. Algumas delas sugerem serviços ecossistêmicos e serviços ambientais como sinônimos (BERNARDES, 2010), enquanto outras entendem que serviços ambientais são um dos diversos tipos de serviços ecossistêmicos (GONZAGA, 2015). Resumidamente, serviços ambientais são os benefícios positivos que as pessoas adquirem do meio ambiente, que geram externalidades positivas para além da localidade onde são gerados, independente da fonte (sistema natural ou manejado), garantidos e controlados por intervenções humanas (FAVARO e ROSSIN, 2012; BERNARDO, 2016). Exemplo desse serviço são áreas de reflorestamentos, definição de áreas de proteção, mudança das práticas agrícolas, extrativismo sustentável, entre outros.

Como cita o autor,

A infraestrutura verde na forma de arborização das vias públicas, áreas verdes e parques urbanos [...], proporciona diversos serviços ambientais muitas vezes não percebidos no cotidiano dos moradores, tais como a diminuição das ilhas de calor, de poluição atmosférica e sonora, de danos

aos asfaltos por aquecimento e dilatação e da amplitude térmica. A oportunidade de viver próximo às áreas verdes também proporciona uma melhoria na saúde, diminuindo os índices de doenças respiratórias e obesidade (SILVA FILHO; TOSETTI, 2010, p. 13).

Herzog (2010) entende que é de extrema importância que a infraestrutura verde contemple intervenções de baixo impacto na paisagem e alto desempenho, com espaços multifuncionais e flexíveis, que possam exercer diferentes funções ao longo do tempo – e que seja adaptável às necessidades futuras.

4.2.2 ELEMENTOS E CONCEITOS

A infraestrutura verde pode ser implementada em várias escalas: particular, local, estadual, regional ou até nacional. Na escala particular, as intervenções se retingem às edificações, por exemplo, com a criação de tetos e muros verdes, ou a espaços verdes, como quintais e jardins. Na escala local pode se traduzir na criação de *greenways* para conectar parques já existentes ou nas possibilidades de manejo das águas pluviais, como jardins de chuva, canteiros pluviais, alagados construídos, pavimentação permeável ou uma série de outras melhores práticas de gestão que contribuam para a infiltração, retenção, condução ou purificação das águas pluviais⁴⁹. E nas escalas estadual, regional ou nacional pode concentrar-se na proteção das principais ligações da paisagem (*landscape linkages*) e do habitat para os animais. (VASCONCELLOS, 2015).

Na tabela 1, adaptada de Benedict e McMahon (2002), os autores definem os principais elementos e suas funções.

Tabela 1 – Elementos e Funções de Infraestrutura verde

Elementos	Funções
Parques públicos ou privados; reservas ou áreas de preservação.	Recupera e protege a fauna e a flora, aumenta a biodiversidade, conserva e restitui as características da paisagem natural.
Refúgios / corredores da vida silvestre e cinturões verdes.	Proporciona habitat para a vida selvagem, favorece a migração e reprodução animal e mantém a saúde da população.
Terras ribeirinhas, pântanos, mangues, planícies de inundação e áreas de recarga de aquíferos, rios e lagos.	Protege e recupera a quantidade e a qualidade da água, atua no manejo das águas pluviais e mitigação das inundações, proporciona habitat para organismos aquáticos e favorece o ciclo hidrológico.
Parques, corredores verdes e corredores ripários, trilhas, ciclovias e vias arborizadas.	Provê espaço para atividades ao ar livre, oportunidades de transporte alternativo, conexão e proteção dos componentes da rede e conecta as pessoas à natureza.
Sítios históricos e arqueológicos.	Preserva uma ligação com herança cultural e natural.
Cinturões verdes, monumentos naturais, mirantes, espaços abertos públicos.	Melhora os padrões de crescimento e desenvolvimento, cria paisagens com apelo visual, aumenta o orgulho e a identidade comunitária.
Fazendas, ranchos, pomares, hortas e florestas controladas.	Protege as terras cultiváveis, mantém características e tradições rurais e sustenta setores econômicos.

Fonte: Adaptação de Benedict e McMahon (2006).

Os elementos principais de composição da infraestrutura verde, conforme tabela 1 acima, formam uma rede de hubs (nós, em português) e links (corredores, em português). Os hubs possuem a função de ancorar o sistema de infraestrutura verde, ou seja, são os destinos e onde ocorre os processos ecológicos do sistema como grandes reservas, áreas verdes públicas e etc. Os links são responsáveis por fazer a conexão com todo o sistema e devem possuir tamanho suficiente para que plantas e animais possam se desenvolver ao longo do trecho. Alguns exemplos são: conexões da paisagem – grandes áreas naturais protegidas que conectam parques e reservas existentes e possuem tamanho o suficiente para que plantas nativas e animais possam se desenvolver, além de possuírem espaço para uso recreacional; corredores de conservação – menos extenso linearmente, são áreas protegidas que tem o propósito de conduzir os animais silvestres e talvez proporcionar áreas de lazer; greenways e cinturões verdes (greenbelts), também são áreas conservadas que propiciam a conservação de recursos naturais, a diferença entre os dois conceitos está em greenbelts que também pode ser usado como áreas de produção rural (BENEDICT; MCMAHON, 2002).

Na preservação de processos naturais, ou seja, os serviços ambientais, algumas soluções de bioengenharia presentes na lista de tipologias que visam mimetizar processos naturais vinculados tanto às infraestruturas urbanas tradicionais, em especial a de circulação de pedestres, automóveis, transporte público, como aos espaços livres públicos (praças) e privados (jardins internos), e também às edificações, podem ser enquadradas dentro dos conjuntos descritos a seguir: sistema de drenagem urbana sustentável, soluções de conectividade ecológicas, soluções de estabilização de taludes e encostas – (naturalizadas), soluções de regulação e amenização climática (SCHULTZER, 2014).

Considerando estas possibilidades, Franco (2010) enfatiza sua relevância ao explicitar que o “Planejamento e o Desenho Ambiental, podem ser entendidos como uma rede interconectada de áreas verdes naturais e outros espaços abertos”, os quais “conservam valores e funções ecológicas, sustentam ar e água limpos e ampliam a variedade de benefícios para as pessoas”.

Tais prerrogativas explicitam a necessidade de uma metodologia adequada para orientação na concepção de um plano de infraestrutura verde. Segundo a Compañía de Parques Nacionales de Puerto Rico (2005), alguns fatores contribuem para o sucesso de um plano de infraestrutura verde:

1. Utilizar uma abordagem adequada no processo de planejamento
2. Organizar grupo de trabalho.
3. Ter uma visão clara do que você quer fazer.
4. Identificar os elementos que devem ser incluídos no sistema ou rede, e a escala em que ele vai funcionar.
5. Projetando o futuro: é mais fácil e mais eficaz, em termos de custos e resultados, proteger o meio ambiente para restaurar os processos naturais que foram alteradas.
6. Sustentar o sistema de infraestrutura verde, com dados e conhecimentos científicos.
7. Reforçar o processo de participação dos cidadãos, incluindo as ONGs e órgãos públicos, como o Departamento de Recursos Naturais e Meio Ambiente, da Diretoria de Planejamento, o Departamento de Transportes e Obras Públicas e do National Parks empresa, entre outros.

8. Incluem diversos ecossistemas na net que mostram a variedade e riqueza ecológica.

9. Incorporar as pessoas, suas necessidades e desejos, em projeto de rede, proporcionando espaços e oportunidades para uso.

10. Incorporar mecanismos para a manutenção das instalações.”

Além de todas as possibilidades citadas, há também alguns mecanismos mais simples de infraestrutura verde como: desconexão de calhas, coleta de água da chuva; jardins da chuva; pavimentos permeáveis; ruas e trechos verdes; estacionamento verde; telhados verdes; conservação do solo etc.

5 INFRAESTRUTURA VERDE APLICADA À DRENAGEM URBANA

No processo de planejamento e gestão urbana é consenso a dificuldade de desconstrução dos sistemas de drenagem já implantados, ainda que obsoletos e ineficientes, o que vem justificar a relevância de estudos e alternativas que possibilitem a integração de estratégias inovadoras de adequações, ao incorporarem medidas corretivas e complementares dos sistemas de drenagem convencionais. A partir desses pressupostos, o planejamento urbano e o desenho ambiental possibilitam a conjugação de conceitos e técnicas ao incorporar princípios e técnicas com capacidade de respostas adequadas aos efeitos decorrentes das deficiências do sistema de drenagem, que vêm produzindo inundações em diversas cidades do país (BENINI, 2015).

Neste sentido, diversos autores, dentre eles, Botelho (2011) defendem a ideia de que é preciso desenvolver novas formas de ocupação, novos materiais, novas técnicas, novas leis, estabelecendo novas relações de uso do espaço urbano, considerando que a ideia de ‘desconstruir’ cidades é inconcebível e ilusória, pois não podemos deixar de construir moradias, asfaltar ruas, erguer centros empresariais etc., é preciso criar mecanismos alternativos que possam substituir o processo hidrológico fundamental de infiltração, expandindo e diversificando o tempo de chegada das águas ao final de cada sistema hidrográfico.

Os mecanismos alternativos de Infraestrutura Verde apontados como melhorias para a drenagem não requerem qualquer inovação tecnológica deste século para que sejam adicionadas ao sistema de drenagem atual. Essas técnicas estão sendo implementadas por arquitetos, engenheiros, projetistas, entre outros, e podem ser consideradas infraestrutura verde pois utilizam o meio ambiente como forma de melhoria no controle da drenagem urbana.

Ferreira e Machado (2010) explicam que infraestrutura verde, quando utilizada em projetos urbanos, insere, conserva ou recupera a “estrutura ecológica” do local da intervenção, por possibilitar a integração do sistema azul (circulação da água) com o sistema verde (produção de biomassa) e por esta razão, a infraestrutura verde se

apresenta como ferramenta de valorização das estruturas ecológicas presentes nos ecossistemas locais.

Deste modo, a adoção da infraestrutura verde em projetos de intervenções urbanas, pode representar a quebra de paradigmas através da promoção da construção de cidades sustentáveis e inteligentes, que contribuem para a oferta de espaços multifuncionais (drenagem urbana, serviços ambientais, equilíbrio e convivência com a natureza, lazer e recreação, dentre outros) que buscam a melhoria da qualidade de vida e ambiental para todos que vivem em cidades (BENINI, 2015).

5.1 TIPOLOGIAS DE INFRAESTRUTURA VERDE APLICADAS À DREAGEM URBANA

Segundo Benini (2015), podemos considerar como principais tipologias de infraestrutura verde aplicadas à drenagem:

- Espaços Verdes Permeáveis (jardins, parques, corredores verdes, praças, dentre outros);
- Bacia de Sedimentação;
- Bacias de Biorretenção (Jardins de Chuva);
- Biovaleta;
- Canteiro Pluvial;
- Lagoas Pluviais (Bacia de Retenção)
- Lago Seco (ou Bacia de Detenção);
- Pavimentos Permeáveis/ Porosos;
- Teto Verde;

Além de tipologias direcionadas à limpeza como Fitodepuração, Biótopos de limpeza, Bioengenharia, dentre outras.

Diante de tantas aplicações e variações de possibilidades de implementação, podemos classificar a infraestrutura verde ainda como utilizadora do sistema verde com a finalidade de controle do sistema de águas urbanas com as funções descritas na Tabela 2 abaixo.

Tabela 2 – Funções exercidas pela infraestrutura verde na problemática de drenagem pluvial

Função	Definição
Purificação	O escoamento da água da chuva pode ser purificado através de uma ou mais combinações de sedimentação, filtração ou captação biológica
Detenção	Para diminuir o fluxo do escoamento da água da chuva ou para aliviar o estresse do sistema de gerenciamento de águas pluviais a jusante. O escoamento pode desacelerar através de uma variedade de métodos, como drená-lo através da vegetação, aumentando a rugosidade de uma área ou diminuindo o gradiente da superfície do escoamento e armazenando-o temporariamente (por algumas horas) em uma instalação no local
Retenção	O objetivo é aliviar o estresse nas águas pluviais a jusante. A água é retida por um longo período de tempo (em uma cisterna, bacia ou lagoa) para uso posterior ou até que esteja pronto para ser liberado para a drenagem superficial ou corpos d'água
Trasnporte	Refere-se à medida pela qual o escoamento superficial é transportados e direcionados desde o ponto de precipitação inicial até a sua descarga. Isso é necessário para o controle de inundações
Infiltração	É o processo pelo qual a água penetra no solo para recarregar as águas subterrâneas e os aquíferos e tem o benefício adicional de purificação

Fonte: Adaptação de Singapore, 2011.

A infraestrutura verde ainda, deverá ser o “suporte dos ecossistemas autóctones e da paisagem, deverá ter funções de corredor ecológico ao providenciar habitats para fauna e flora”, bem como “constituir um filtro de ar e água, funções sociais e culturais ao promover um equilíbrio estético e paisagístico, propiciando à população espaços livres de recreio, lazer e educação ambiental” (FERREIRA; MACHADO, 2010).

Antes de qualquer intervenção urbana, devem ser considerados os problemas e potencialidades ambientais do local, tendo em vista a incorporação dos princípios e técnicas da infraestrutura verde, a qual permite identificar os espaços de maior fragilidade – ambientalmente mais sensíveis, portanto prioritários para o tratamento e alcance das possibilidades oferecidas (BENINI, 2015). Além do mais, características como clima, declividade do terreno, vegetação, solo dentre outros, devem ser considerados durante a fase de implementação e planejamento.

5.1.1 ESPAÇOS VERDES PERMEÁVEIS

Para Liu, Chen e Peng (2014), as áreas urbanas são distribuídas dentro de quatro classes de superfícies: a impermeável, representada pelas calçadas, edificações, ruas e estacionamentos; a permeável, constituída por espaços verdes, solo nu e gramados; os recursos hídricos, naturais ou artificiais, englobando pântanos, rios, lagos; e, as infraestruturas verdes. A partir desta classificação, esses pesquisadores realizaram um estudo em Beijing, onde constataram que o escoamento da água das chuvas em superfícies impermeáveis atingiu de 83,8% a 95,4% do volume da precipitação, enquanto que nas áreas permeáveis, o escoamento variou de 10,9% a 42,4%. Concluindo assim, que a instalação de infraestrutura verde aliada à ampliação dos espaços verdes seriam medidas cruciais para a mitigação das enchentes urbanas.

Dentre as tipologias dos espaços verdes permeáveis, destacam-se as áreas verdes públicas que, segundo Benini (2009) são todos os espaços livres (área verde/lazer) que foram definidos como de “uso comum” e que apresentam algum tipo de vegetação (espontânea ou plantada), que possam contribuir em termos ambientais (fotossíntese, evapotranspiração, sombreamento, permeabilidade, conservação da biodiversidade e mitigue os efeitos da poluição sonora e atmosférica) e que também sejam utilizados com objetivos sociais, ecológicos, científicos ou culturais.

Neste sentido, Herzog (2010) define os parques lineares e os corredores verdes como parques lineares ao longo de rios, estes devem ser corredores verdes multifuncionais. Devem ter vegetação adequada às condições variáveis de umidade e ser nativa. Os corredores verdes, além de proteger e manter a biodiversidade, têm função de infiltrar as águas das chuvas, evitar o assoreamento dos corpos d’água, abrigar vias para pedestres e ciclistas, áreas de lazer e contemplação.

A exemplo dessa multifuncionalidade temos o Parque do Ibirapuera em São Paulo (Figura 3), que serve como modelo para muitos parques em diversas regiões do país por se tornar sinônimo de bem estar social e práticas sustentáveis.

Figura 3: Visão superior do Parque do Ibirapuera



Fonte: Disponível em: < <http://www.parquedoibirapuera.com> > Acesso em 15 mar. 2019

5.1.2 BACIA DE SEDIMENTAÇÃO

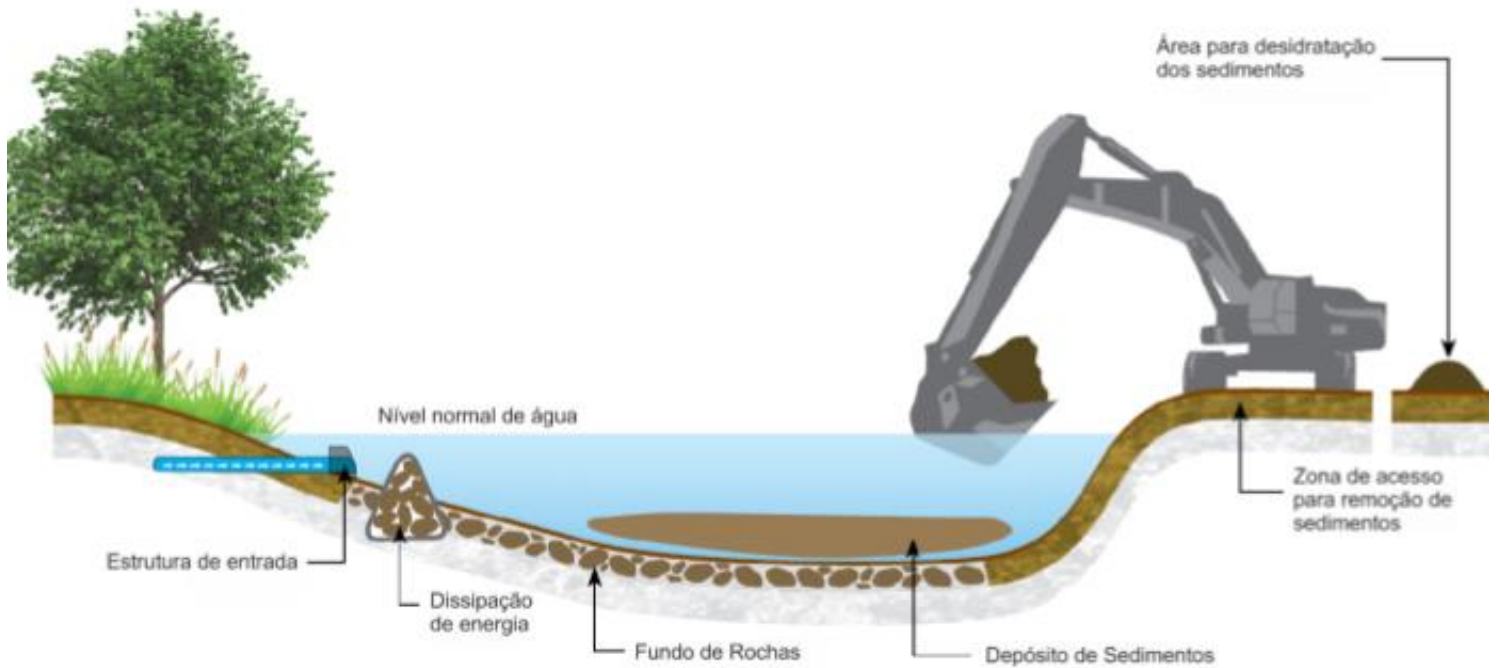
Bacias de sedimentação são lagos que proporcionam retenção temporária e redução da velocidade do fluxo da água pluvial para promover a fixação de partículas pela gravidade. Elas são designadas a capturar 70% a 90% dos sedimentos grandes e médios (tipicamente acima de 125 μ m) que podem assim serem removidos periodicamente. As bacias de sedimentação são abertas como unidades de pré-tratamento que podem ser aplicadas para pantanais construídos e diques de biorretenção (SINGAPORE, 2011).

Para Singapore (2011), a bacia de sedimentação pode vir a oferecer os seguintes benefícios:

- Diminuir o escoamento para proteger as características da jusante;
- Fácil remoção dos sedimentos;
- Duração com manutenção apropriada;
- Benefício ambiental adicional com plantas de pântanos ao redor da borda;
- Pode ser desenhado como uma característica estética de água;
- A água armazenada pode ser usada para fins não potáveis”.

A bacia de sedimentação possui entre suas principais funções, a captura de grandes sedimentos, como uma forma de pré-tratamento, controlando assim o fluxo que entra no sistema de drenagem.

Figura 4: Esquemática Bacia de Sedimentação



Fonte: Benini, 2015.

5.1.3 JARDINS PLUVIAIS (BACIA DE RETENÇÃO)

Os jardins de chuva, também conhecidos como Sistema de Biorretenção, representam pequenas depressões em meio à urbanização, o que permite que a água infiltre lentamente, reabastecendo os lençóis subterrâneos, tendo como função ecológica, a redução do escoamento, a infiltração de água no solo e a manutenção dos aquíferos (LIU; CHEN; PENG, 2014), além da valorização paisagística.

Figura 5: Seção de uma Bacia de Biorretenção



Fonte: Benini, 2015.

Em síntese, a bacia de biorretenção permite a redução da velocidade do fluxo, assim como a infiltração e purificação natural das águas pluviais (SINGAPORE, 2011). Apesar do sistema não ser comumente usado em grandes áreas, a utilização dessa técnica, aliada a uma manutenção constante, une paisagismo a baixo custo financeiro e auxilia na remoção de sedimentos, metais, bactérias e impurezas, ajudando no reuso e na permeabilidade do local.

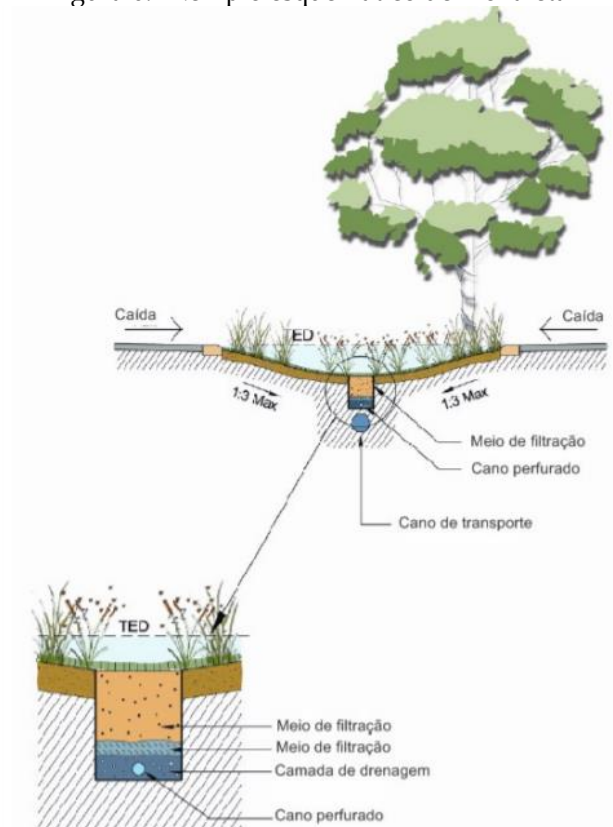
Segundo Herzog (2010) e Singapore (2011), são jardins em cotas mais baixas que recebem as águas de chuva de superfícies impermeáveis adjacentes, podendo ser incorporados de maneira relativamente fácil e integrar de forma eficaz os sistemas de drenagem urbanos não só para fins de retenção, para diminuir o fluxo de água para bueiros e canais, mas também como forma de purificação das águas pluviais antes de serem descarregadas nos cursos d'água receptores além de proporcionar benefícios provenientes da vegetação como manutenção da biodiversidade, aumento da evapotranspiração e moderação de ilhas de calor.

5.1.4 BIOVALETAS

Para Cormier e Pellegrino (2008) as biovaletas, ou valetas de biorretenção vegetadas, são semelhantes aos jardins de chuva, mas geralmente se referem a depressões lineares preenchidas com vegetação, solo e demais elementos filtrantes, que processam uma limpeza da água da chuva, sendo que nesta estrutura, ao mesmo tempo em que aumentam seu tempo de escoamento, dirigindo este para os jardins de chuva ou sistemas convencionais de retenção e retenção das águas.

As biovaletas promovem tratamento eficiente para águas pluviais e são desenhados com leve declive e lagoa temporária (retenção estendida) para facilitar a infiltração. A água é limpa enquanto se infiltra. A água filtrada é então coletada por canos perfurados no subsolo e transportados para os lençóis freáticos (SINGAPORE, 2011).

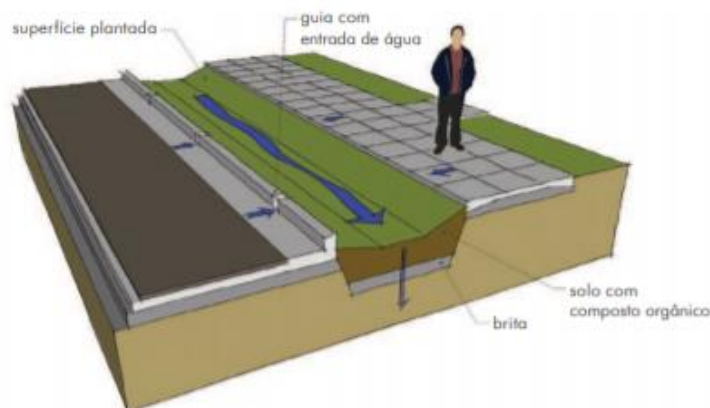
Figura 6: Exemplo esquemático de Biovaleta



Fonte: Benini, 2015.

A água da superfície é filtrada primeiramente através de uma vegetação de superfície, removendo sedimentos grossos e médios. Então, é transportado por um filtro onde partículas finas são removidas e nutrientes solúveis são captados por raízes e micróbios do solo. A vegetação tem um papel importante na manutenção da porosidade do solo, meio do sistema de biorretenção e também na captação de nutrientes desde a infiltração na superfície (SINGAPORE, 2011).

Figura 7: Exemplo de aplicação de biovaleta



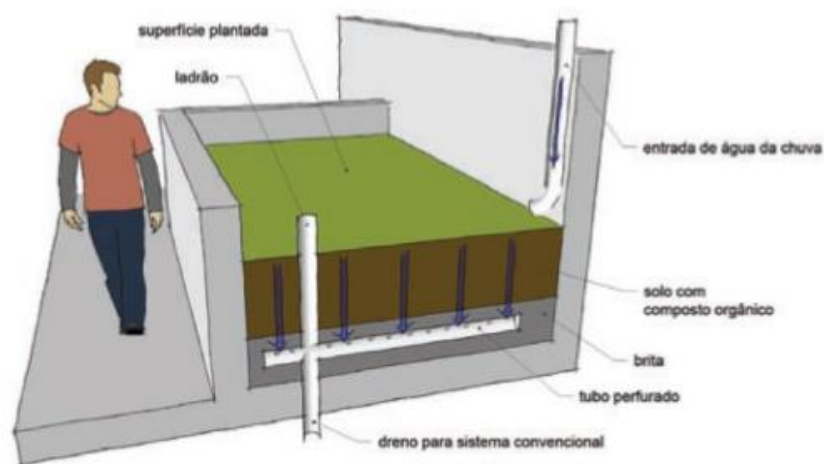
Fonte: Cormier; Pellegrino, 2008.

5.1.5 CANTEIRO PLUVIAL

São jardins de chuva de pequenas dimensões em cotas mais baixas, que podem ser projetados nas ruas ou em edifícios, para receber as águas do escoamento superficial de áreas impermeáveis. Os principais benefícios são retenção e filtragem preliminar da água, infiltração, diminuição do escoamento superficial, promoção da biodiversidade, moderação da ilha de calor, evapotranspiração, captura de carbono, dentre outros (HERZOG, 2009; MARTIN, 2011; SINGAPORE, 2011).

Para Cormier e Pellegrino (2008) os canteiros pluviais são basicamente jardins de chuva que foram compactados em pequenos espaços urbanos. Um canteiro pode contar, além de sua capacidade de infiltração, com um extravasador, ou, em exemplos, sem infiltração, conta só com a evaporação, evapotranspiração e transbordamento.

Figura 8: Esquemática de Canteiro Pluvial



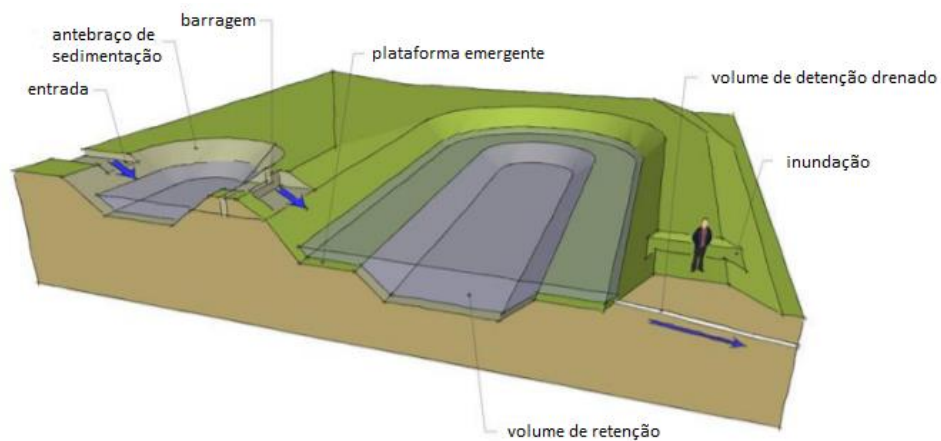
Fonte: Cormier; Pellegrino, 2008.

5.1.6 LAGOAS PLUVIAIS

Segundo Herzog (2010) a lagoa pluvial é “composta por uma bacia de retenção integrada ao sistema de drenagem da infraestrutura verde. Acomoda o excesso de água das chuvas, alivia o sistema de águas pluviais, evita inundações ao mesmo tempo em que pode contribuir para a descontaminação de águas poluídas por fontes difusas. Pode se constituir num habitat para diversas espécies dentro de áreas urbanas, além

da possibilidade de se integrar a áreas de lazer e recreação públicas e privadas. Possibilita a infiltração e a recarga de aquíferos. Deve ser projetada em diversos pontos da bacia hidrográfica, e receber águas de biovaletas coletoras de outras superfícies impermeáveis. Podem substituir com vantagens os “piscinões” que têm sido usados em projetos de drenagem urbana”.

Figura 9: Esquematização de uma Lagoa Pluvial



Fonte: Cormier; Pellegrino, 2008.

5.1.7 BACIA DE DETENÇÃO (LAGO SECO)

Consiste em uma depressão vegetada que durante as chuvas recebe as águas, contribuindo para a diminuição do escoamento superficial (grande resposta-lhe pelas inundações), retardando a entrada das águas no sistema de drenagem e possibilitando a infiltração com a recarga de aquíferos. Pode ser projetada em diversos pontos da bacia de drenagem, localizando-se, por exemplo, ao longo de vias, rios, em parques lineares ou jardins públicos ou privados. Em tempos secos, pode ser usada para atividades diversas, principalmente as de lazer, como campo de futebol gramado por exemplo. (HERZOG, 2010)

Suas principais funções são a purificação, retenção e infiltração.

Figura 10: Exemplo de bacia de retenção na cidade de Porto Alegre



Fonte: Disponível em: <http://www2.portoalegre.rs.gov.br/dep/default.php?p_secao=69>. Acesso em 15 de mar 2019.

5.1.8 PAVIMENTOS PERMEÁVEIS

Os pavimentos porosos ou drenantes são utilizados como forma de redução da impermeabilidade de locais urbanos já que permitem a infiltração das águas pluviais.

Segundo Herzog (2010), existem diversas “formas de pavimento poroso (drenante), como: asfalto poroso, concreto permeável, blocos intertravados, brita e pedriscos, entre outros”, os quais auxiliam a “infiltração das águas, e fazem filtragem, além de reduzir o escoamento superficial”, sendo na maioria das vezes utilizados em “calçadas, vias, estacionamentos, pátios e quintais residenciais, parques e praças, entre outros”.

Figura 11: Cidade de Portland, EUA.



Fonte: Disponível em: < <http://www.solucoesparacidades.com.br>>. Acesso em 15 mar. 2019.

6 CASOS DE ESTUDO

6.1 APLICAÇÕES INTERNACIONAIS

Em comparação, os países desenvolvidos estão substancialmente mais avançados na implementação dessa infraestrutura em seus planejamentos urbanos do que outros. Segundo a Comissão Europeia (2013), a Europa possui algumas metas já implementadas desde 2011 para atingir alguns objetivos até 2020 a partir da estruturação da infraestrutura verde em seus projetos como a restauração de pelo menos 15% dos ecossistemas degradados em diversas cidades, a implementação de um suporte para ampliação da infraestrutura verde por toda União Europeia e a melhoria do financiamento desses projetos como fonte de inovação e intervenção.

Cidades europeias e americanas são referências de aplicação da infraestrutura verde na atualidade.

6.1.1 Gorla Maggiore, Itália

O projeto visava a criação de zonas úmidas com infraestrutura verde multiuso na cidade de Gora Maggiore. A área é caracterizada por ter aproximadamente 5.000 habitantes na região da Lombardia, norte da Itália e a população economicamente ativa é de 54% e uma área total de quase 6,5 hectares, segundo o estudo.

O projeto foi baseado na construção de um conjunto de zonas úmidas, cercadas por um parque na margem do rio Olona que era usualmente utilizado para plantações e este estudo comparou diferentes alternativas para o tratamento de águas poluídas, ou seja, nenhuma intervenção, uma infraestrutura cinza e uma infraestrutura verde. A análise foi baseada em critérios de qualidade da água, custo-benefício e biodiversidade.

Figura 12: Imagem da área do Rio Olona.



Fonte: Oppla (<https://oppla.eu/casestudy/17252>). Acesso em 21 jul. 2019.

A alternativa 1 seria a manutenção da situação atual, região com plantação de choupo (espécie de árvore plantada na região). A alternativa 2 seria a implementação de uma infraestrutura cinza, um tanque de primeira lavagem subterrâneo e uma lagoa de retenção seca ao ar livre. A alternativa 3 seria baseada na infraestrutura verde, um sistema de depuração e uma lagoa para retenção.

Figura 13: Alternativas de propostas de implementação de infraestrutura verde no rio Olona, Italia.



Fonte: Oppla (<https://oppla.eu/casestudy/17252>). Acesso em 21 jul. 2019.

A implementação da infraestrutura verde visava a redução da poluição da água através da monitoração dos componentes da água como poluentes e oxigênio; a redução do risco de inundação da região e melhoria do gerenciamento da água do local; o aumento da disponibilidade das áreas verdes como forma de manutenção da

biodiversidade e da recreação social; o aumento do valor da produção de madeira local e a minimização dos custos de manutenção do local.

Os principais resultados, para cada alternativa está na Tabela 3.

Tabela 3 – Objetivos, critérios e indicadores por alternativa.

Objetivos	Crítérios	Indicadores	Alternativa 1	Alternativa 2	Alternativa 3
Controle de Cheias	Reduzir o risco de cheias	Redução do fluxo de pico	0	80	86
		Redução de inundações a jusante	0	8100	8900
Melhoria qualidade da água	Reduzir poluição da água	Redução da quantidade de carbono na água	0	9.5	11.7
		Redução da carga de nitrogênio	0	0.2	0.4
Suporte biodiversidade	Disponibilidade de habitats naturais	Julgamento especializado sobre biodiversidade	baixo	baixo	alto
		Índice de diversidade de paisagem	1.89	1.85	2
Recreação Social	Disponibilidade e uso de área verde e áreas de lazer	Número de visitantes	muito baixo	moderado	alto
		Frequência de visitas	muito baixo	moderado	alto
Produção de bens de mercado	Valor da produção da madeira	Benefício estimado da madeira produção	21420	0	0
Custos públicos	Minimização de custos	Custos de construção totais	0	844750	90000
		Custos totais de manutenção por 20 anos	0	27824	29590

Fonte: Oppla (<https://oppla.eu/casestudy/17252>). Acesso em 21 jul. 2019. Adaptação do Autor.

Os resultados, então, revelaram que a infraestrutura verde realiza as mesmas funções que a infraestrutura cinza, porém de maneira mais qualificada como melhor qualidade da água e uma frequência de visitantes maior. Além disso, a área para controle da biodiversidade é maior referente as demais sendo, além desses benefícios, a possibilidade de aplicação do mesmo sistema em outros locais da região como forma de melhor manejo da água e da manutenção das zonas ribeirinhas como forma de preservação. Por fim, antes da apresentação das alternativas foi feita uma pesquisa com a população local e a maioria mostrou-se disposta a pagar uma quantia até três vezes mais por uma infraestrutura verde.

6.1.2 Copenhague, Dinamarca

O Plano de gerenciamento da cidade de Copenhague, planejado em 2012, ainda está em desenvolvimento, ao longo dos próximos 20 anos, incluindo quase 300 projetos por vários locais da cidade ao longo de uma área de 34 km² segundo o Governo da Dinamarca (2012).

Para o Plano de gerenciamento para o Cloudburst, um dos maiores problemas enfrentados hoje na cidade, foi selecionada a bacia de Laden-Aen como área de teste devido ao seu alto risco de inundação e maresia.

Figura 14: Imagem da cidade próxima a bacia de Laden-Aen em períodos de chuva.



Fonte: Oppla (<https://oppla.eu/casestudy/18017>). Acesso em 21 jul. 2019.

Durante os últimos 10 anos, a cidade recebeu uma quantidade de chuva imprevista para o período, chamado de Cloudburst devido ao alto volume de água pluvial. Através de pesquisas percebeu que as chuvas fortes ocorriam à medida que o nível do mar subia. Na Dinamarca, muitas cidades se encontram abaixo do nível do mar, assim como Copenhague, e seu sistema de tubulação é combinada, ou seja, ao ocorrer as enchentes a água contaminada se infiltra nas edificações.

Figura 15: Simulação da cidade de Copenhague em dias de chuva e Cloudburst.



Fonte: Oppla (<https://oppla.eu/casestudy/18017>).

Segundo o estudo, diversos elementos da infraestrutura convencional (ou cinza) já foram orçados e levantados mas, devido ao pouco espaço físico e subterrâneo, essas opções não se tornam atrativas ambientalmente e nem economicamente para a atual situação. Logo, a cidade optou pela formalização de um plano de implementação de infraestrutura verde com as seguintes etapas definidas:

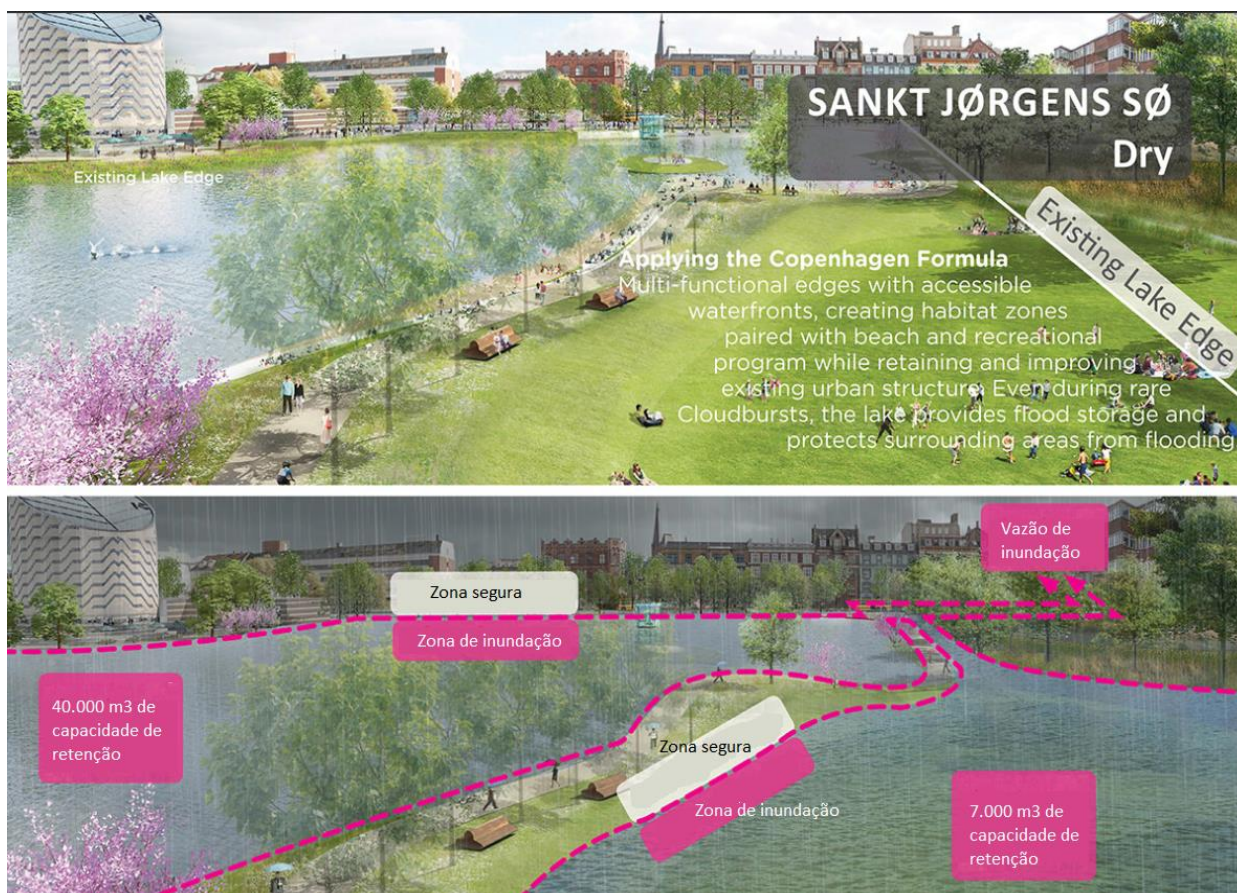
1. Dados e Investigação: Pesquisa e classificação das áreas com a ameaça geral e em relação ao seu risco para a cidade, tanto em aspectos sociais quanto financeiros e ambientais;
2. Modelagem e Mapeamento: Os municípios foram divididos em diferentes bacias para que recebessem diferentes modelos hídricos para as águas superficiais, esgoto, paisagem e riscos;
3. Sistema atual: Manter a situação da cidade custaria para a cidade em torno de 55 a 80 milhões de euros por ano até 2110;
4. Qualificação: Localização e análise dos principais locais identificados, focando no planejamento estratégicos dessas áreas com a visão de ampliar o modelo encontrado para outras cidades que também sofrem com esse fenômeno.
5. Iteração: Como a influência do fenômeno afeta os habitantes como um todo, durante sua fase de avaliação dos principais requisitos, foi realizado um programa de participação pública para saber a opinião dos cidadãos;
6. Análise custo-benefício: Foram realizados estudos com aplicações direcionadas a infraestrutura verde e a infraestrutura cinza. O projeto focado na infraestrutura verde teve uma economia de quase 50% em relação a convencional. Além do mais, os benefícios sociais e ambientais também seriam maiores e impactariam de forma a elevar a análise sócio econômica da implementação verde. O Plano Diretor Convencional tem um valor líquido de desempenho (VPL) total de 78 milhões de euros, enquanto a verde é quase duas vezes mais efetiva, com um VPL de 142 milhões de euros (American Society of Landscape Magazine, 2016).

Diante do plano citado foram avaliadas diversas aplicações pela cidade. A primeira aplicação ocorreu na bacia de Ladegads-Aen que fica no centro da cidade e tem um alto risco de inundação. As soluções foram baseadas em soluções superficiais com o intuito de aumento da impermeabilidade do local e melhoria do convívio social.

Além do mais, durante a fase de avaliação do projeto foram avaliados algumas variações do plano diretora da cidade. Uma das variações se basearia no modelo convencional de infraestrutura e outra no modelo verde mas a principal diferença entre as duas seria a mitigação do lago ao redor da bacia, Sankt Jorgens. Para o modelo convencional, há um valor cultural em manter o traçado histórico do lago mas este se encontra acima do nível do mar e para isso seria necessário a criação e instalação de um tubo de 5m de diâmetro para canalização da água proveniente da chuva. Para o modelo de infraestrutura verde, o investimento técnico seria menor e aumentaria os espaços verdes da região além da criação de uma conexão a beira do lago revitalizada que drenaria a água excedente durante os períodos de chuva reduzindo o nível do lago de 5,8m para 2,8m.

Os principais benefícios revelados no estudo foram: redução do pico de inundação; aumento da infiltração e do armazenamento de água; redução do excesso de carga do sistema de esgoto e do escoamento; aumento da biodiversidade; aumento da qualidade dos habitantes locais, dentre outros. Como benefícios socioeconômicos foram identificados o aumento no valor dos imóveis locais e economia em danos de seguros da cidade.

Figura 16: Imagem adaptada do plano de ação determinado durante o estudo de caso.



Fonte: Oppla (<https://oppla.eu/casestudy/18017>). Adaptação do Autor, 2019.

6.2 APLICAÇÕES NACIONAIS

Ainda que diversos países desenvolvidos já possuam estudos, regulamentações e aplicações de infraestrutura verde em suas cidades, como citado acima, o Brasil vem caminhando com grandes passos com pesquisas dentro de grandes Universidades e com o desenvolvimento do tema na aplicabilidade de pequenas cidades.

6.2.1 Tupã, São Paulo

Localizada a oeste do Estado de São Paulo com uma área de uma área de 628,5 km². Os dados do IBGE (2010) demonstram que a população de Tupã é urbana, visto que 60.930 pessoas residem na área urbana e 2.546 na área rural, seguindo a tendência dos demais municípios. O grau de urbanização no município é de 95%.

O estudo de Benini (2015) visou o estudo da cidade de Tupã em diferentes aspectos como socioeconômico, hidrológico, ambiental e geomorfológico afim de entender todos as interferências do sistema de drenagem do local. Durante todo o plano de revisão da cidade foram feitas propostas de melhorias ao que tange a drenagem das ruas, em relação ao Plano de Macrodrenagem, e a revitalização de locais arborizados.

Segundo Benini (2015), de modo a possibilitar o início da execução das medidas emergenciais em pontos estratégicos da cidade que, além das obras de engenharia orientadas pelos princípios da infraestrutura verde, foi marcada pela implantação dos três parques urbanos: Parque do Atleta com uma área de 19.361,93 metros quadrados; Parque Linear da Rua Estados Unidos com 670 metros lineares e o Parque Linear Alexandre José Loureiro Rodrigues com 1.650,00 metros de extensão.

Figura 17: Esquematisação do pontos de criação dos parques na cidade de Tupã



Fonte: Benini, 2015

As áreas verdes públicas são tipologias da infraestrutura verde que contribuem para a permeabilidade do solo devido à oferta de espaços vegetados, compostos por

espécies arbóreas de pequeno, médio e grande porte, além da vegetação rasteira. Como equipamento público, as áreas verdes públicas são elementos estruturantes da paisagem urbana que ofertam lazer e recreação para a população, além de colaborar para melhoria da qualidade ambiental urbana (BENINI; 2015).

Figura 18: Obras para revitalização das praças e jardins públicos da cidade



Fonte: Benini, 2015.

Além disso, conforme as recomendações do Plano de Macrodrenagem da cidade, o setor público começou a utilizar pisos permeáveis na execução de algumas obras que permitiu a melhoria da permeabilidade de chuvas do local e auxilia esteticamente.

No que se refere à infraestrutura verde verificou-se que apenas algumas tipologias foram implantadas como reservatório de detenção, aumento da permeabilidade pela implantação de parques, praças e jardins, antecipando as ações previstas ao próprio Plano de Macrodrenagem da época.

Como principais benefícios foram levantados melhorias de permeabilidade no local, aumento de qualidade de vida, qualidade do ar e do meio ambiente na região.

6.2.2 Córrego Belini, São Paulo

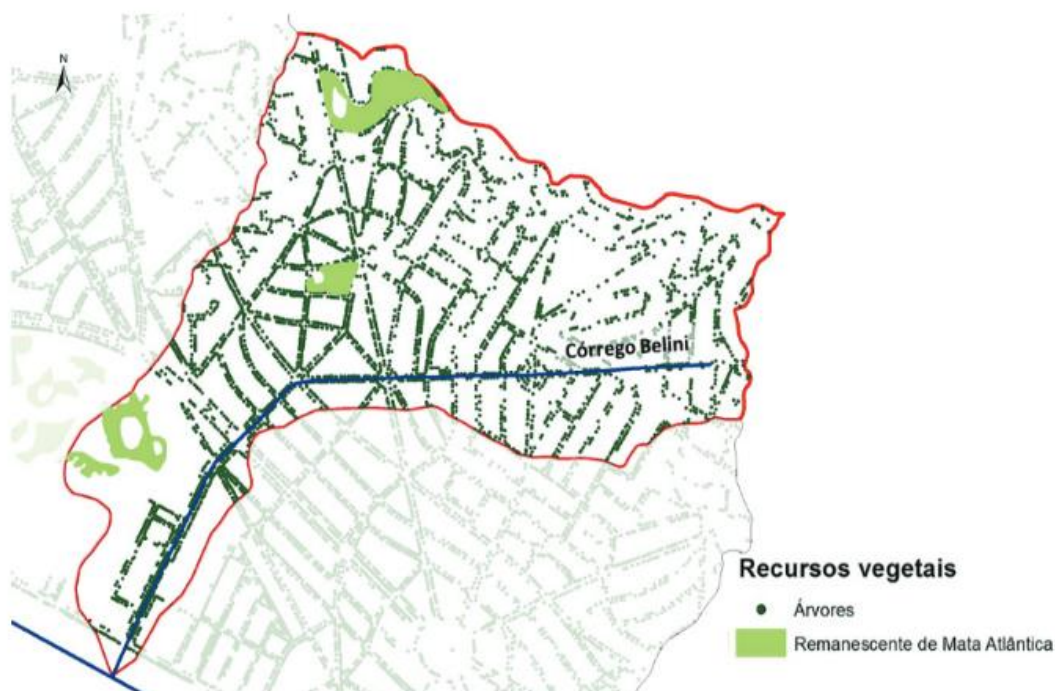
O estudo desenvolvido na cidade de São Paulo, na região do córrego Belini, visou o estudo da potencialidade de aplicação de infraestrutura verde no local. A bacia é gerida pelo Comitê da Bacia do Alto Tietê a sua área de drenagem total possui cerca de 2,0 km².

O local apresenta uma área com grandes problemas de inundações uma vez que se encontra entre a várzea do rio Pinheiros e o espigão de São Paulo, com uma topografia plana e vegetação abundante. A cabeceira da bacia de drenagem do rio Belini está no espigão da cidade de São Paulo e é uma região de nascentes.

Segundo Cristina, Rodolfo e Sampaio (2019), a proposta de intervenção na bacia de drenagem do córrego Belini baseia-se na metodologia proposta por Schutzer (2012) do zoneamento ambiental e adotada por Bonzi (2015), sendo a infraestrutura verde aplicada como busca de alterações na paisagem com vistas a uma região ecologicamente sustentável.

A análise do relevo da região indica que é uma região de alto potencial para a implantação de Infraestrutura Verde, elencando assim dispositivos de acordo com os locais identificados.

Figura 19: Recursos vegetais da área do córrego Belini



Fonte: Cristina, Rodolfo, Sampaio, 2019.

Segundo estudo, na região da cabeceira do córrego, há áreas propícias para a implantação de jardins de chuva e pavimentos permeáveis com infiltração, com o intuito de controlar o escoamento superficial além da transformação e revitalização das áreas verdes próximas. Nas cotas mais baixas, foi proposto a utilização de biovaletas em ligação com os jardins de chuvas das cotas mais altas.

Ainda assim, foi sugerido que por toda bacia deve se projetar o uso de micro reservatórios que são utilizados para retenção da água de chuva que pode ser utilizada na manutenção de gramados e jardins lembrando que o dimensionamento deve ser proposto de forma a não prejudicar regiões próximas.

Como principal conclusão, foi destacado que há o potencial de aplicação porém novos estudos e novas diretrizes devem ser consideradas ao estudo de futura implementação da proposta como um melhor entendimento da dinâmica de urbanização da região, preservação da biodiversidade, do microclima, do uso e ocupação do solo além do alinhamento com a SABESP (Serviços de Saneamento de São Paulo).

7 ESTUDO DE CASO

A Universidade Estadual de Campinas – UNICAMP no campus Zeferino Vaz está localizada no distrito de Barão Geraldo, município de Campinas, sendo próxima a Rodovia D. Pedro I e Rodovia Campinas-Paulínia.

Fundada em 1962, a área ocupada totaliza 2,4 milhões de metros quadrados, sendo adquirida em 2014 a Fazenda Argentina, que agregou uma área de 1,4 milhões de metros quadrados e foi adquirida pela UNICAMP em 2014 por 157 milhões de reais, sendo a segunda maior expansão da universidade desde sua criação.

Figura 20: Localização do Campus



Fonte: Google Maps e Unicamp. Adaptação do Autor, 2019.

7.1 HISTÓRICO UNICAMP – CAMPUS ZEFERINO VAZ

Durante os primeiros doze anos de existência, o campus da Unicamp, obedeceu a um plano diretor pautado nas figuras da continuidade e equilíbrio, típicas da modernidade. Após esse período, o plano urbanístico original foi abandonado e o campus passou a ser construído a partir de demandas sujeitas a interferências de variadas naturezas, passando a vigorar a figura do fragmento, uma política de intervenções fragmentárias e cumulativas (GARBOGGINI, 2012).

A ausência de uma instância dedicada ao planejamento físico-territorial, além da descaracterização do plano urbanístico inicial do campus, acarretou uma série de disfunções urbanas como, por exemplo, a existência de espaços subaproveitados, criação de barreiras à mobilidade, conflitos no uso do espaço, impermeabilização excessiva e falta de segurança em locais em baixa iluminação e baixo fluxo de pessoas. O Plano Diretor Integrado da Unicamp (PD-Integrado) é um instrumento de gestão que estabelece princípios, diretrizes e normas de desenvolvimento territorial voltadas à sustentabilidade (Unicamp, 2019).

O PD Integrado da Unicamp tem como missão integrar a gestão da Unicamp com sustentabilidade e planejamento ao seu uso e ocupação. O Plano é dividido em seis dimensões para atuação:

- Qualificação do uso urbano e patrimônio,
- Eficiência na infraestrutura urbana,
- Responsabilidade ambiental,
- Promoção da mobilidade inclusiva e
- Acessibilidade, incentivo à vivência e fricção social e integração universidade e sociedade.

A Unicamp integra a ISCN (International Sustainable Campus Network), fórum global criado para apoiar universidades a alcançar operações sustentáveis nos campi e integrar a sustentabilidade a sua realidade, desde 2015. Sua elaboração também está

sendo feita em colaboração direta com o Grupo Gestor Universidade Sustentável buscando atender às legislações ambientais vigentes; reduzir o impacto ambiental das instalações da universidade; melhorar a vivência universitária e as relações externas com órgãos públicos e privados, valorizar a experiência dos estudantes e pesquisadores no campo da sustentabilidade e melhorar o papel social da Unicamp.

Com o objetivo de avaliar a situação atual da Unicamp quanto à sustentabilidade e de criar um instrumento de gestão para melhoria contínua na transição para universidade sustentável, o PD-Integrado está coordenando o levantamento de indicadores de sustentabilidade na Unicamp. Esse processo envolve a participação de diferentes setores da universidade: infraestrutura, água, energia, mudanças climáticas, resíduos, transporte, educação, pesquisa e relações sociais (Unicamp, 2019).

Segundo o Departamento de Planejamento Integrado da Unicamp (DEPI), o campus enfrenta alguns problemas como por exemplo:

- Descaracterização de conceitos do plano urbanístico inicial do campus;
- Desvalorização dos espaços abertos, criação de barreiras e falta de continuidade e de conexão dos espaços urbanos e caminhos de pedestres;
- Implantação de edifícios novos ou ampliações de edifícios existentes gerando interferências entre a edificação, as redes de infraestrutura e a vegetação;
- Construção de edificações e estruturas urbanas de baixa qualidade, que comprometem a qualidade do ambiente interno e externo;
- Locais com excessiva impermeabilização, como os muitos bolsões de estacionamento.

Como panorama geral no campus Zeferino Vaz, tem-se que, a maior parte ocupada do território, possui infraestrutura de redes antigas que necessita manutenção e atualização. Existem áreas no campus totalmente desprovidas de infraestrutura, dificultando o planejamento urbano e a estimativa de custo e de tempo de implantação de novos empreendimentos. Também foram identificados pontos sujeitos a

alagamento, cursos d'água e redes de água pluvial contaminados por ligações indevidas de esgoto, prejudicando ainda mais um sistema já defasado (Unicamp, 2019).

7.2 CARACTERIZAÇÃO

O município de Campinas está em uma área de transição entre o clima tropical e subtropical, sendo assim, ocorre influência das massas de ar equatorial continental, tropical atlântica e polar atlântica (Campinas, 2013). A precipitação pluviométrica média anual é de 1.381 mm com o período chuvoso de outubro a março e o período seco entre abril e setembro, sendo os meses mais quentes os mais chuvosos e os meses mais frios os menos chuvosos (Campinas, 2013). O clima da região possui verões quentes e úmidos sendo Janeiro o mês de maior precipitação ($\approx 226\text{mm}$), chegando a uma temperatura máxima média de 30°C e invernos frios e secos.

Com relação à hidrografia, o campus está localizado na micro bacia do Ribeirão das Pedras, pertencente à bacia do Ribeirão das Anhumas, formado pelos rios Mato Dentro, Proença, e Lago do Café, que nascem e/ou percorrem a região central do município de Campinas, São Paulo, e que, por sua vez, está na grande bacia do Piracicaba, Capivari e Jundiaí – PCJ.

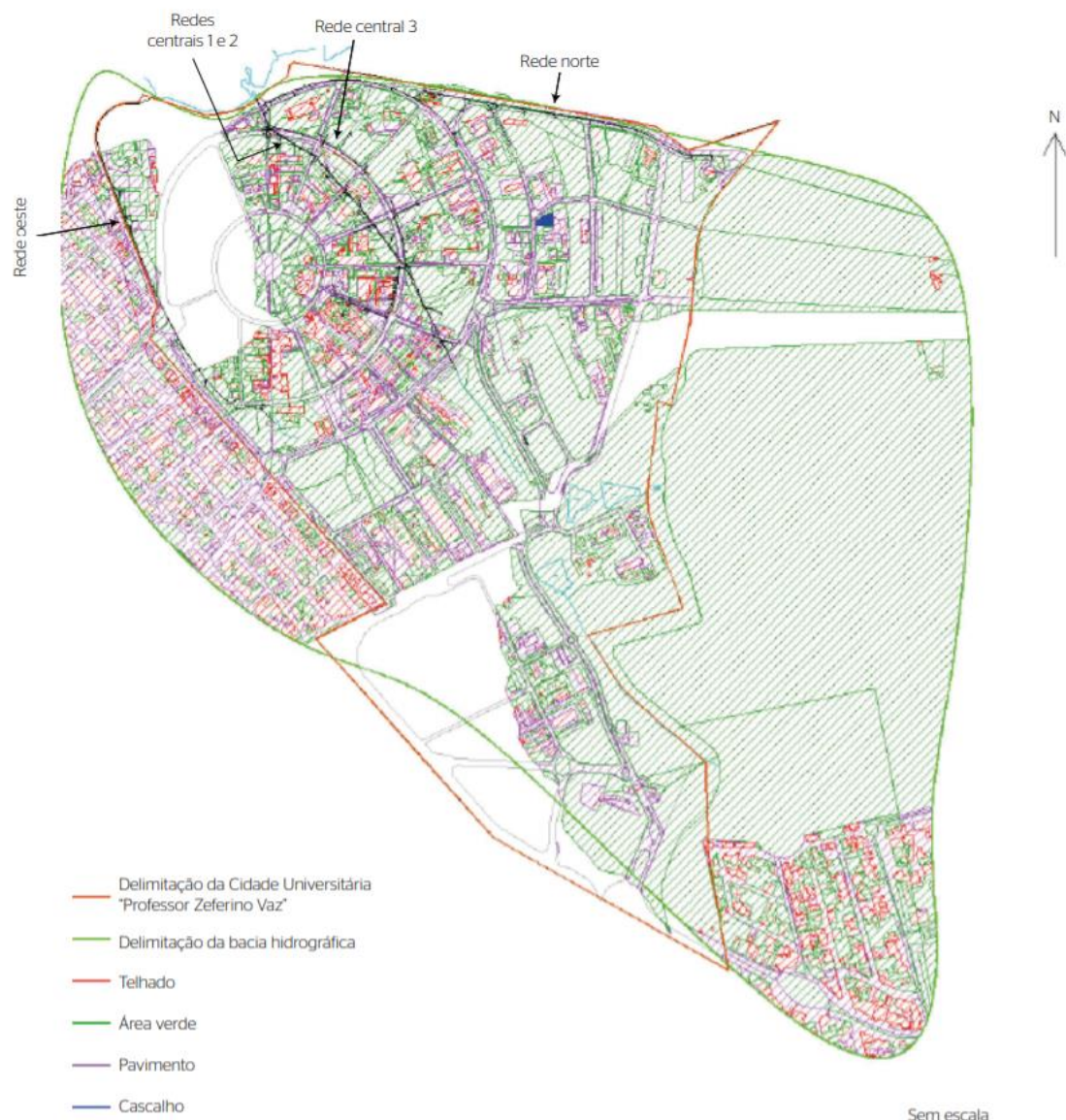
Campinas está inserida dentro da Unidade de Gerenciamento de Recursos Hídricos – UGRHI nº 05, administrada pelo Comitê das Bacias Hidrográficas dos Rios Piracicaba, Capivari e Jundiaí – CBH-PCJ, sendo dividida em cinco sub-bacias hidrográficas, sendo elas: Bacia do Rio Jaguari, Bacia do Rio Atibaia, Bacia do Ribeirão Quilombo, Bacia do Rio Capivari e Bacia do Rio Capivari-Mirim. Os rios que mais abastecem a cidade são o rio Atibaia e Capivari, com vazão disponível de $8,54\text{ m}^3/\text{s}$ e $2,38\text{ m}^3/\text{s}$, respectivamente (Campinas, 2013).

Segundo o Plano Diretor de Campinas, a área macrometropolitana, em que a Unicamp está inserida, visa a qualidade urbanística e ambiental vinculada ao desenvolvimento econômico, com implantação de atividades econômicas nas áreas de influência direta das rodovias. A Prefeitura de Campinas decidiu retirar do Plano Diretor a proposta de verticalização em Barão Geraldo devido à maior necessidade e

habitacional da região assim como o aumento da expansão rural e urbana. A principal ideia da Prefeitura é realizar um plano de desenvolvimento de um Polo Estratégico na região.

A área de drenagem do campus inclui 1,5 km² de área externa ao campus, correspondente às porções de arruamentos reticulares encontrados a oeste e a sul da área. O sistema de drenagem pluvial do campus corresponde a cinco redes independentes, sendo três delas destinadas à drenagem de áreas internas ao campus, localizadas na porção central (redes centrais 1, 2 e 3) e duas destinadas a evitar intercâmbio de águas pluviais para dentro do campus (rede oeste) e para fora do campus (rede norte) (BOLDRIN, 2018).

Figura 21: Mapa de tipos de cobertura do terreno na área de estudo



Fonte: Boldrin, 2018.

A delimitação das áreas de contribuição para os córregos canalizados do campus são delimitados por 5 micro bacias. Porém, os limites dessa contribuição ultrapassam os limites da Universidade sendo necessário um planejamento em conjunto com a Prefeitura do Município de Campinas para tomada de decisões.

Considerando que a área é de ocupação consolidada e impermeabilizada e que há grande contribuição no escoamento de águas pluviais para as lagoas do Parque Professor Hermógenes de Freitas, mesmo local onde desembocam os córregos canalizados do campus Zeferino Vaz. Estudos realizados nas micro bacias da Unicamp, ainda que preliminares e genéricos, indicam que a permeabilidade atual das áreas de contribuição varia entre 57% e 70%. Porém, quando se considera cada uma das quadras do campus, estudos indicam que enquanto algumas quadras, afastadas das áreas de ocupação inicial da Unicamp, apresentam permeabilidade acima de 90%, outras quadras, que representam áreas de ocupação inicial e urbanização consolidada, apresentam permeabilidade abaixo de 25%. (Unicamp, 2019).

Figura 22: Permeabilidade por quadras no Campus de Barão Geraldo, Unicamp.



Fonte: DEPI, 2019. Áreas claras: maior permeabilidade.

Dentro da Universidade encontramos duas situações: áreas de preservação permanente e áreas verdes protegidas, que segue o mesmo regime de utilização para as áreas de preservação permanente segundo o termos de compromisso ambiental da Universidade.

Figura 23: Mapa Ambiental, Unicamp

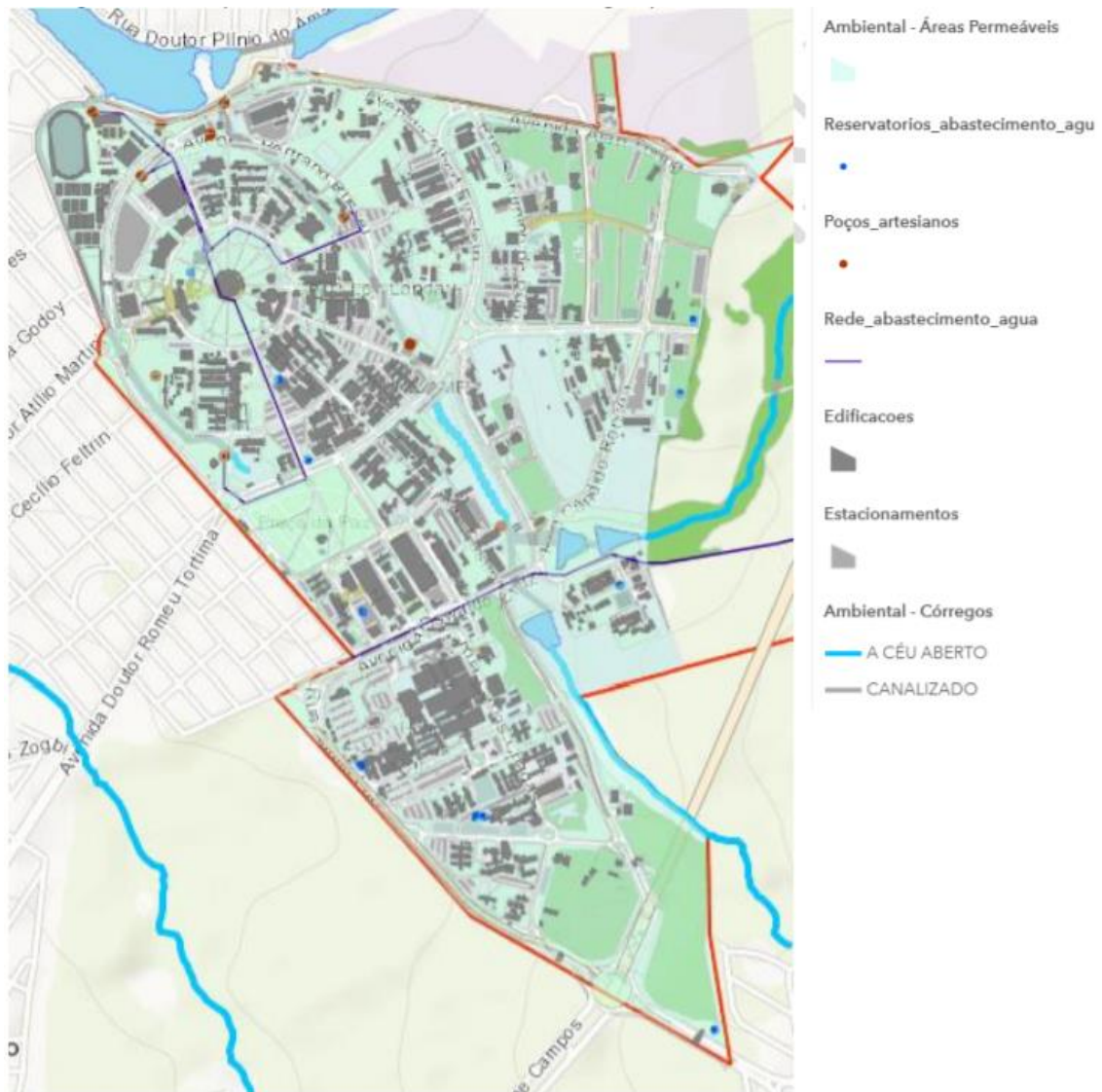


Fonte: DEPI, 2019. Adaptação do Autor.

Para o sistema de drenagem do campus, tem-se os seguintes componentes:

- Fundos de vale, linhas e canais de drenagem, planícies aluviais e talvegues;
- Elementos de micro drenagem, como guias, sarjetas, meio-fio, bocas de lobo, tubulações, entre outros;
- Elementos de macrodrenagem, como canais naturais e artificiais, galerias e reservatórios de retenção ou contenção e dissipadores de energia;
- Sistema de áreas protegidas, áreas verdes e espaços livres.

Figura 24: Mapa de rede de abastecimento de água potável



Fonte: DEPI/Geo 2019.

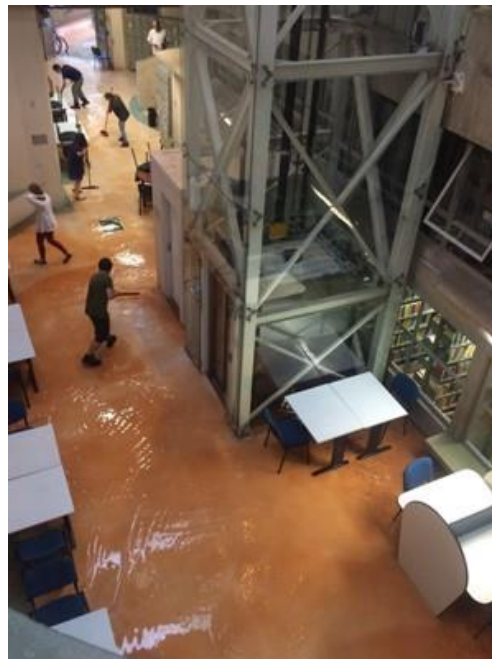
Segundo a Departamento de Planejamento Integrado da Universidade, a área de contribuição do sistema de drenagem ultrapassa os limites do campus e devido aos longos anos de manutenção e ocupação, ocasionou aumento da impermeabilização do solo, acelerando a velocidade de escoamento superficial e agravando o uso de condutos e canais. Os principais problemas identificados foram áreas com deficiência de drenagem, ocupação de áreas naturalmente alagadas e ampliação de locais sem permeabilidade de solo.

Figura 25: Estacionamento do Instituto de Estudos da Linguagem (esquerda) e do Instituto de Física (direita)



Fonte: Reportagem Globo, 2016.

Figura 26: Inundação da Biblioteca do Instituto de Matemática, Estatística e Computação Científica



Fonte: Reportagem Globo, 2016

7.3 ANÁLISE DE APLICAÇÃO DE INFRAESTRUTURA VERDE

Considerando os dados históricos e as práticas atuais do campus, realizou-se a proposição de ideias relacionadas às possibilidades de aplicação de elementos de infraestrutura verde no campus. As propostas partiram de coletas de dados de

pesquisas realizadas dentro do campus referentes à aspectos do meio físico, abiótico, biótico e ocupação do solo da região.

A partir da análise de locais, de aspectos com enfoque estratégico e teórico de aproveitamento dos serviços ambientais e de drenagem, além de áreas multifuncionais para o Campus, foram identificados alguns locais passíveis de receber as tecnologias apresentadas anteriormente.

As opções apresentadas visam a utilização de elementos naturais de forma mista às infraestruturas cinzas já existentes nas regiões considerando novos benefícios, que irão contribuir para o melhor manejo das águas de chuva pelas redes de drenagem como para a qualidade do ar, paisagismo e aumento de áreas verdes.

O estudo se baseou em 3 questões para a definição de possíveis locais para a implementação de infraestrutura verde:

1 ° - Problemas enfrentados nos locais;

2° - Quais objetivos e metas devem ser atingidos através da implementação da infraestrutura verde.;

3° - Quais elementos da infraestrutura verde poderão auxiliar nesses objetivos, os benefícios e quais os possíveis passos para a viabilidade.

A partir desses pontos, os locais foram elencados a partir de análises do tamanho do local, disponibilidade de espaço teórica para inserção das técnicas, viabilidade econômica considerando o tamanho da obra e concentração de pessoas na região.

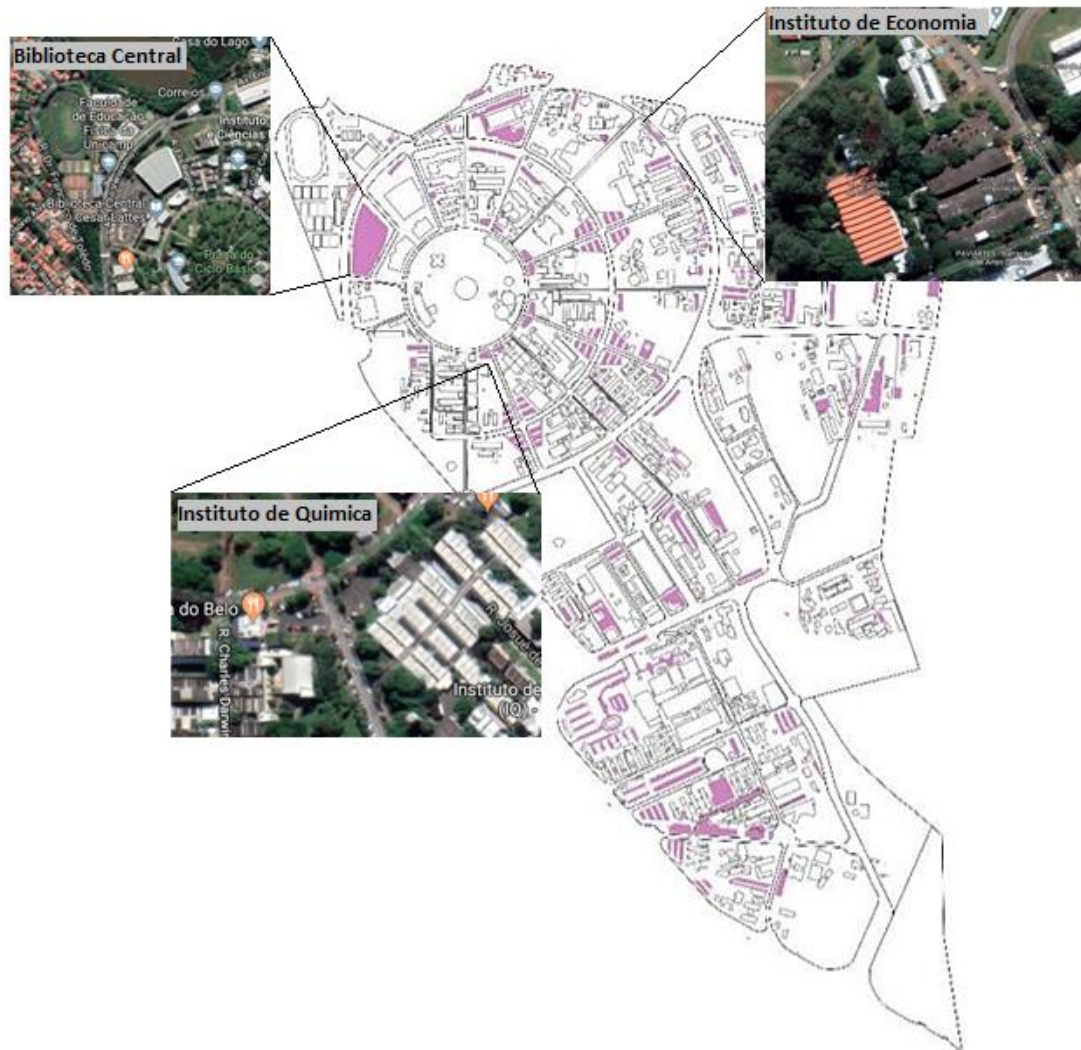
7.3.1 CENÁRIO 1 - ESTACIONAMENTOS

O primeiro cenário se baseia na situação atual dos estacionamentos do Campus da Universidade. Considerando a Figura 21, os quais, em sua maioria, são locais que apresentam pavimentos impermeáveis e sofrem em alguns períodos do ano com transbordamento ou alagamentos pontuais.

Elencando a partir da dimensão dos estacionamentos e tendo em vista os maiores locais de fluxo de pessoas, 3 possíveis aplicações foram apontadas:

estacionamento da Biblioteca Central, do Instituto de Economia e do Instituto de Química (próxima ao Ciclo Básico).

Figura 27: Mapa de estacionamentos e pontos levantados



Fonte: Google Maps e DEPI. Adaptação do Autor, 2019.

Nesse cenário, o caráter de retenção de água pluvial seria o mais utilizado a partir da utilização de pisos drenantes nos pontos destacados. Seria feito o revestimento, possibilitando o aumento da permeabilidade do local através da infiltração de parte do fluxo do local, reduzindo a vazão de escoamento para as redes próximas.

Figura 28: Estacionamento Biblioteca Central (imagem esquerda), estacionamento Instituto de Economia (centro) e estacionamento Instituto de Química (direita).



Fonte: Fotografia. Autor, 2019.

O piso drenante pode ser executado com blocos, sejam vazados ou intertravados, assim como por pisos filtrantes que além do aumento de permeabilidade auxilia na filtração de partículas.

Considerando as possibilidades do pavimento permeável há o auxílio na retenção do fluxo pluvial, ajudando no retardamento da entrada de água pluvial nas redes de drenagem, como a reutilização da água retida a partir de um sistema de armazenamento construído próximo aos locais, sendo necessário nessa última questão um estudo completo da qualidade da água e dimensões para o armazenamento.

Figura 29: Esquematização de pisos drenantes



Fonte: Labverde (2015) e Revista Abril (2014).

Para a utilização de pavimentos intertravados, como na figura 29, a infiltração ocorre através das juntas ou de aberturas específicas. A velocidade de infiltração de água depende da área total das aberturas e das características do material de

rejuntamento, e do sistema de drenagem. As peças de concreto devem atender aos requisitos da norma ABNT NBR 9781.

Figura 30: Exemplo de pavimento permeável utilizado no campus, próximo ao Instituto de Economia.



Fonte: Fotografia do Autor, 2019.

Apesar da viabilidade de estruturação dessa proposta nesses locais, para que seja possível a implementação, outros estudos devem ser considerados como quantidade de fluxo pluvial no local, efetividade da implantação *versus* custos, o alinhamento com o DEPI Unicamp e análise da rede de drenagem na região.

7.3.2 CENÁRIO 2 - REGIÃO DE CÓRREGOS

O segundo cenário se baseia na situação atual de um dos córregos a céu aberto que está dentro da Universidade. O córrego está na Avenida Antônio da Costa Santos, que possui aproximadamente 600m de extensão, próximo ao Laboratório de Mecânica Computacional.

O local hoje se encontra com uma vegetação completamente desordenada, não

Figura 32: Imagem do córrego, com pouca visibilidade.



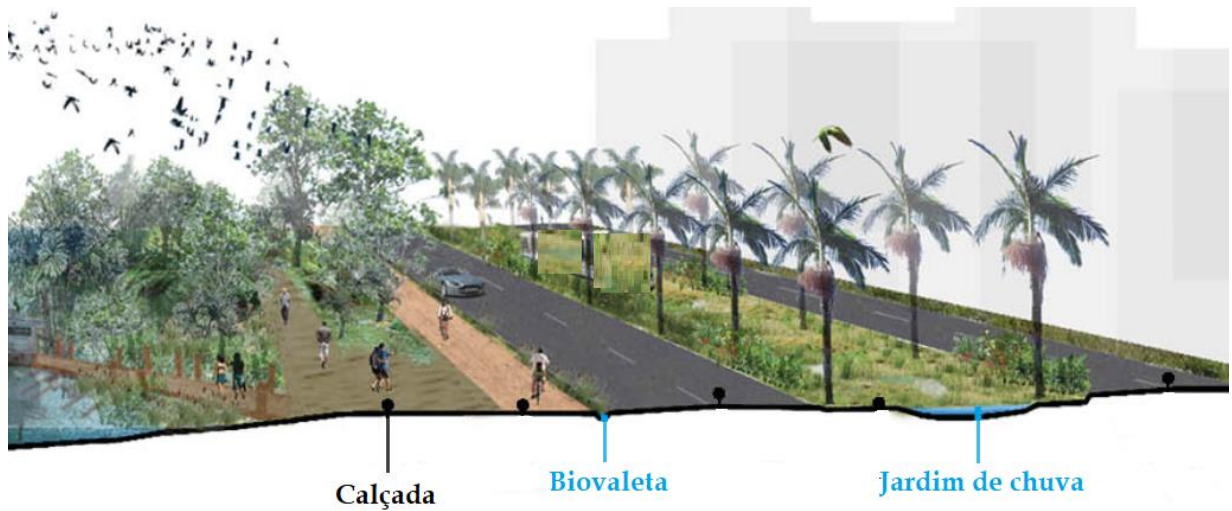
Fonte: Autor, 2019.

Como observado na Figura 32, a passagem de pedestres pela calçada é dificultada pela presença de árvores assim como não há a nitidez da presença de um córrego à direita e a ausência de um canteiro útil ao local.

A proposta para esse cenário está relacionada à melhoria dos itens acima através de sistemas como biovaletas, jardins de chuva e revitalização da vegetação.

Cornier e Pellegrino (2008) esclarecem que “[...] as biovaletas são compostas de células ligadas em série, de modo a seu extravasamento dar-se em sequência, seguindo a declividade do terreno. Contribuindo para a sedimentação dos poluentes, cada trecho é iniciado por uma bacia de sedimentação.”. O primeiro fluxo de água da chuva, se infiltra no solo e, somente isso já contribui para melhorar a qualidade da água que corre superficialmente pelo sistema. A vegetação então, atua filtrando contaminantes conduzidos pela água. Porém, para a implantação de biovaletas, segundo a EPA (Agencia de Proteção Ambiental dos Estados Unidos), não é recomendável a utilização em locais aonde o lençol freático é muito baixo (um metro e meio) pois o solo poderá ficar instável.

Figura 33: Esquematização de aplicação de Biovaletas



Fonte: SMAC Rio, 2014. Adaptação do Autor.

Logo, as biovaletas seriam implementadas próximas as calçadas de acordo com estudos do tipo de solo da região, declividade, fluxo pluvial e dimensões para aplicação. Os principais benefícios através dessa proposta seriam a utilização da vegetação como filtro que permite a limpeza da água de chuva, auxiliando no aumento do tempo de escoamento da água para o córrego, além da melhoria estética ao ambiente.

Em paralelo ao córrego, ainda analisando a Figura 31, há um canteiro construído por toda a extensão da Avenida Antônio da Costa Santos. Para esse canteiro seria possível a implementação de jardins de chuva.

O jardim de chuva consiste em um canteiro com plantas, que através do rebaixamento do solo irá coletar parte da água pluvial através de aberturas pré-determinadas ao seu entorno. Pode possuir dimensões variáveis e segundo Cornier e Pellegrino (2008) o jardim de chuva age como “..uma esponja a sugar a água, enquanto microrganismos e bactérias no solo removem os poluentes difusos trazidos pelo escoamento superficial. Adicionando-se plantas, aumenta-se a evapotranspiração e a remoção dos poluentes.” Após a chuva, não deve haver água acumulada na superfície.

Figura 34: Exemplo de aplicação de jardim de chuva



Fonte: Infra Verde, 2015.

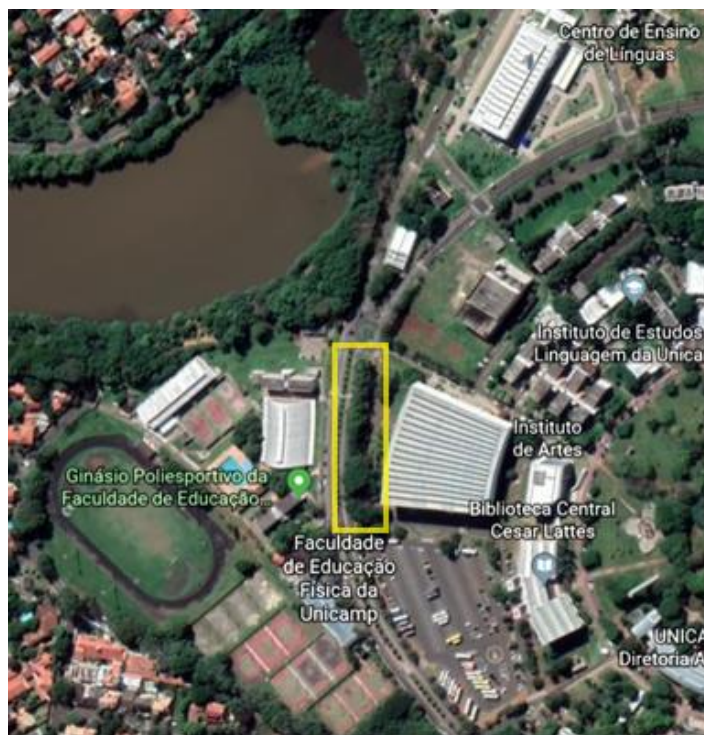
Os principais benefícios seriam o auxílio na evapotranspiração, retardamento do escoamento de água pluvial da região, remoção de poluentes, melhoria da qualidade do ar e estética do local. A implementação deverá seguir os mesmos requisitos citados acima como estudo do solo, da taxa de infiltração e de chuva, declividade do terreno, dimensionamento do projeto e vegetação existente.

Além dos pontos elencados, seria importante a revitalização da vegetação local através dos estudos das plantas nativas da região e como forma de manutenção posterior para uma melhor qualidade do ar e de segurança aos frequentadores da Universidade.

7.3.3 CENÁRIO 3 – REGIÃO DA BIBLIOTECA CENTRAL

No cenário 3, região da Biblioteca Central, próximo a Faculdade de Educação Física da Universidade, encontramos conjunturas parecidas ao cenário 2, sendo possível a aplicação de biovaletas, rearborização da região e aplicação de jardins de chuva aos canteiros.

Figura 35: Localização da região proposta de implementação



Fonte: Google Maps, 2019.

Os benefícios seriam próximos aos do cenário 2, considerando que os jardins de chuva e as biovaletas auxiliariam na condução de água de forma natural para que possa ser absorvida de maneira mais lenta durante sua passagem, diminuindo assim a sua velocidade ao chegar a rede de coleta e de drenagem.

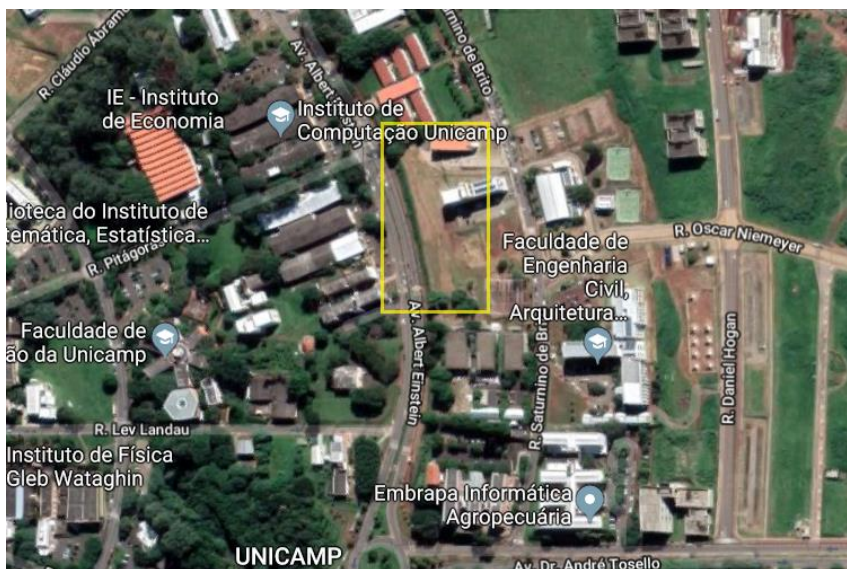
Como a região se encontra próxima ao Parque Ecológico Professor Hermógenes de Freitas Leitão Filho e com uma alta declividade, considerando uma faixa de aproximadamente 300m de extensão, para implementação seria necessário o estudo do solo, taxa de permeabilidade do local, vegetação nativa, trechos de drenagem, dimensões dos projetos propostos e viabilidade econômica.

7.3.4 CENÁRIO 4 - FACULDADE DE ENGENHARIA CIVIL, ARQUITETURA E URBANISMO (FEC)

Nesse cenário, a proposta é caracterizada a partir da arborização dos locais próximos à Faculdade de Engenharia Civil, Arquitetura e Urbanismo.

A partir da Avenida Albert Einstein, encontramos uma grande declividade do terreno e um baixo volume de vegetação do local.

Figura 36: Localização da FEC, Unicamp



Fonte: Google Maps, 2019.

Figura 37: Detalhamento do local proposto



Fonte: Google Maps, 2019.

Como visto na Figura 37, o local possui uma falta de manutenção de vegetação e a ausência de calçada, dificultando a passagem de pedestres no local.

Os elementos propostos de infraestrutura verde seriam focados a partir da implementação de nova vegetação, considerando a vegetação nativa do local,

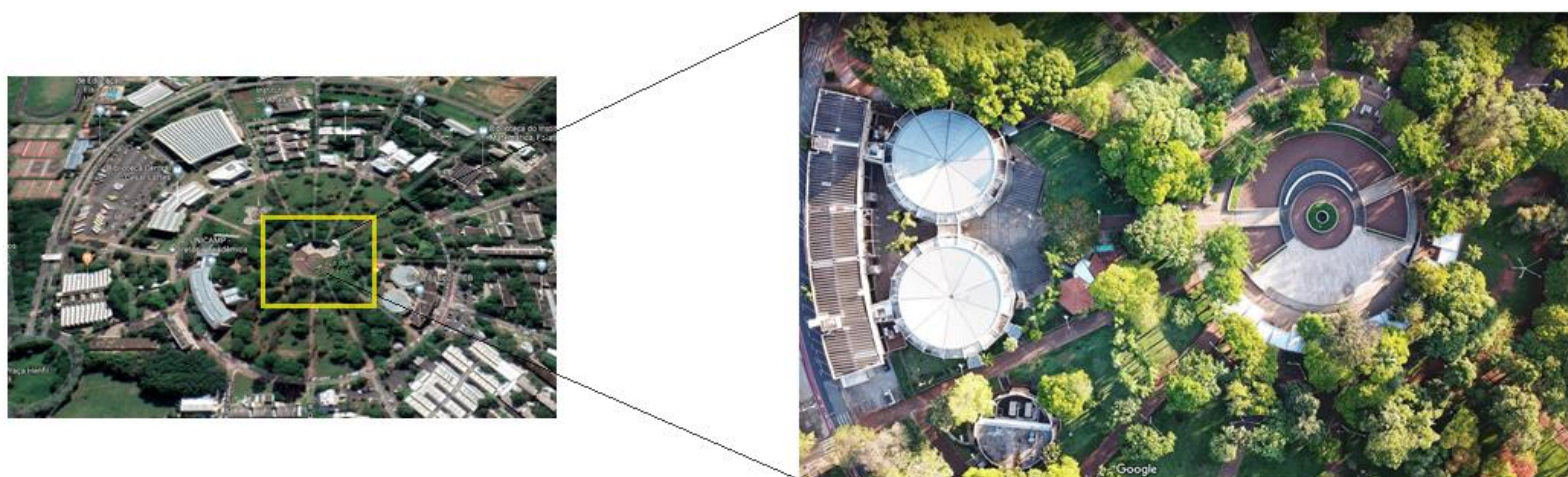
arborização e criação de calçadas em conjunto com jardins de chuva pois assim aumentaria o tempo de escoamento da água até aos novos jardins.

Esses elementos de infraestrutura verde corroborariam com o alívio da rede de drenagem local e com a melhoria na qualidade do ar e do clima. Mas, para a viabilidade do projeto, é necessário, assim como em outros cenários, novas diretrizes e informações sobre o solo, a topografia do local, a dimensão das possíveis calçadas e os custos de implementação.

7.3.5 CENÁRIO 5 - PRAÇA DO CICLO BÁSICO

A Praça do Ciclo Básico tem aproximadamente 300 metros de diâmetro, e 70.000 m² de área construída. Todo o perímetro é cercado por via pavimentada.

Figura 38: Localização da Praça do Ciclo Básico, Unicamp.



Fonte: Google Earth, acesso em 2019.

Nesse cenário, o caráter de retenção de água pluvial seria o mais utilizado. O ponto direcional da proposta seria a realização da canalização de pontos próximos com destino ao ponto da praça do ciclo básico, seja pela superfície ou subterrâneo. O ideal, devido a declividade do terreno, é a proposição da queda a partir do Ciclo Básico 2 em direção ao ponto central.

Hoje a praça do Ciclo Básico conta com espaços vazios, passíveis de armazenamento de água, com pisos drenantes ao redor e com cascalhos ao fundo da estrutura.

Figura 39: Detalhamento da estrutura localizada na Praça do Ciclo Básico, Unicamp



Fonte: Autor, 2019.

Com a possibilidade de retenção de parte do fluxo pluvial, a chegada desse fluxo à rede central ao sistema de drenagem do campus seria mais lenta, evitando assim possíveis transbordamentos próximos a região.

Para este cenário, há a viabilidade de aplicação e adaptação de uma lagoa pluvial. Elas funcionam, segundo Cormier e Pellegrino (2018) “como bacias de retenção e recebem o escoamento superficial por drenagens naturais ou tradicionais. Uma característica dessas estruturas é que uma parte da água pluvial captada permanece retida entre os eventos de precipitação das chuvas. Dessa forma, essas tipologias paisagísticas acabam se caracterizando como um alagado construído, mas que não está destinado a receber efluentes de esgotos domésticos ou industriais. Sua capacidade de armazenamento acaba sendo o volume entre o nível permanente da água que contém e o nível de transbordamento aos eventos para os quais foi dimensionada. A lagoa pluvial é uma estrutura a exigir mais espaço que as tipologias anteriores, mas desempenha um papel importante por sua possibilidade de armazenar grandes volumes de água.”

Figura 40: Esquematização de implantação de água pluvial



Fonte: Cormier; Pellegrino; 2018.

A lagoa pluvial necessita de uma quantidade mínima de água presente, mesmo sem ocorrência de chuvas, e podem ser utilizadas, a partir da caracterização da qualidade de água, como forma recreativa ou de reutilização de água para rega de jardins ou lavagem de pavimentos.

Para haver a possibilidade de aplicação dessa estrutura, outras diretrizes devem ser levantadas como qual a utilização do local hoje, quais sistemas e pontos escoariam para a região, quais adaptações são necessárias, se há suporte para o sistema proposto e se está de acordo com o Plano de Planejamento Integrado da Unicamp. Além do mais, outros estudos como topografia, clima, tipo de solo, tipo de ocupação e condições da rede de drenagem, devem ser considerados.

8 CONCLUSÃO

A partir das propostas teóricas destacadas, conclui-se que a utilização de infraestruturas-verdes em âmbitos urbanos podem auxiliar na revitalização das áreas, conservando os valores naturais das regiões, controlando o meio ambiente, a regulação climática, diminuição do escoamento superficial, melhoria estética, entre vários outros benefícios.

Os pontos elencados, em resumo, abrangem diversas regiões diferentes da Universidade.

Figura 41: Destaque dos pontos propostos dentro da Universidade



Fonte: Autor, 2019.

Além do mais, outros locais como rotatórias, ciclovias, corredores verdes e ligações multifuncionais podem ser aplicadas ao redor e dentro da Universidade. Entretanto, assim como para os cenários propostos, outras diretrizes e processos devem ser considerados para a futura e real aplicação de elementos de infraestrutura verde.

9 CONSIDERAÇÕES FINAIS

O objetivo deste trabalho de final de curso foi a discussão de infraestrutura verde como alternativa para a drenagem urbana e para a melhoria da qualidade ambiental do campus de Zeferino Vaz da Universidade Estadual de Campinas. A partir das propostas elencadas, foi possível apontar áreas destacadas como possíveis locais de estudo e implementação de infraestrutura verde como forma de minimização de problemas veiculados a drenagem do campus e melhoria de qualidade de vida dos frequentadores da Universidade, visando a discussão, planejamento e viabilidade de estratégias e técnicas de Infraestrutura Verde.

Entende-se que a infraestrutura verde é hoje a estratégia de conservação ambiental que melhor dialoga com a realidade de desenvolvimento de grandes cidades. Portanto, as ideias apresentadas aliam-se à infraestrutura cinza hoje presente no campus, promovendo uma harmonia entre os processos naturais e o meio urbano. As diretrizes levantadas precisam ser detalhadas e pormenorizadas através de projetos específicos antes de qualquer aplicação, além do incentivo à pesquisa sobre estudos de caracterização das áreas da Universidade. Conjuntamente, há a necessidade de intervenção das unidades de planejamento do campus para que os planos sejam desenvolvidos e se tornem viáveis, contribuindo assim para a melhoria na qualidade ambiental do campus.

Considerando que neste trabalho foram elencados apenas alguns pontos de destaque, seria importante iniciar um estudo mais aprofundado e novos mapeamentos de áreas onde haja o interesse de melhoria ambiental e redução de danos causados pela infraestrutura atual.

10 REFERÊNCIAS

ARAÚJO, P.R. Análise experimental da eficiência dos pavimentos permeáveis na redução do escoamento superficial. Dissertação (Mestrado) – Instituto de Pesquisas Hidráulicas, Universidade Federal do Rio Grande do Sul, Porto Alegre, 1999.

BATISTA, José Anderson; BOLDRIN, Andressa Juliana. Avaliação do desempenho hidráulico de um sistema de drenagem de águas pluviais urbanas. Artigo Técnico, doi: 10.1590/S1413-41522018170663. Mar/Abr 2018. Disponível em: <http://www.scielo.br/pdf/esa/v23n2/1809-4457-esa-23-02-263.pdf>. Acesso em 07 de agosto de 2019.

BENEDICT, Mark A.; MCMAHON, Edward T. Green Infrastructure – Linking Landscapes and Communities. Island Press, Washington, 2006.

BENEDICT, Mark A.; MCMAHON, Edward T. Green infrastructure: smart conservation for the 21st century. Renewable Resources Journal, 2002.

BENINI, Sandra Medina. Áreas Verdes Públicas: A construção do conceito e a análise geográfica desses espaços no ambiente urbano. Dissertação (mestrado) - Universidade Estadual Paulista, Faculdade de Ciências e Tecnologia. 283 f., 2009.

BENINI, Sandra Medina; MARTINS, Encarnita Salas. Infraestrutura verde como prática sustentável para subsidiar a elaboração de planos de drenagem urbana: Estudo de Caso da cidade de Tupã/SP. Dissertação (pós-doutorado) - Universidade Estadual Paulista, Faculdade de Ciências e Tecnologia. 2015.

BERNARDES, A. C. Pagamento por serviços ambientais: experiências brasileiras relacionadas à água. In: ENCONTRO NACIONAL DA ANPPAS, 5., 4-7 outubro 2010. Anais... Florianópolis: ANPPAS, 2010

BLOOMBERG, M. R. e HALLOWAY, C. NYC Green Infrastructure Plan: A sustainable strategy for clean waterways. New York, 2010.

BOTELHO, Rosângela Garrido Machado. Solos Urbanos. In. GUERRA, Antônio José Teixeira (org.) Geomorfologia Urbana. Rio de Janeiro: Bertrand Brasil, 2011.

CANHOLI, Aluísio Pardo. Drenagem urbana e controle de enchentes. São Paulo: Oficina de Texto, 2005.

Case studies: Cloudburst Management Plan, Copenhagen. Disponível em: <https://oppla.eu/casestudy/18017>. Acesso em: 10 de maio de 2019.

Case studies: Constructed wetlands as a multipurpose green infrastructure in Gorla Maggiore, Italy. Disponível em: <https://oppla.eu/casestudy/17252>. Acesso em: 10 de maio de 2019.

Comissão Europeia. Building a Green Infrastructure for Europe. Europa, 2013. Disponível em: https://ec.europa.eu/environment/nature/ecosystems/docs/green_infrastructure_broc.pdf. Acesso em: 20 de abril de 2019.

COMPAÑÍA DE PARQUES NACIONALES DE PUERTO RICO. Infraestrutura Verde y Nuestros Parques. Puerto Rico: Doris J. Morales Rodríguez, 2005.

CORMIER, Nathaniel S.; PELLEGRINO, Paulo Renato Mesquita. Infra-estrutura verde: uma estratégia paisagística para a água urbana. Rev. Paisagem e Ambiente, São Paulo, n.25, 2008.

Departamento de Planejamento Integrado da Unicamp. Disponível em: <http://www.depi.unicamp.br/a-construcao-do-plano-diretor-integrado-da-unicamp/>. Acesso em: 10 de setembro de 2019.

DUARTE, F. Planejamento Urbano. Curitiba: I bpex, 2011.

ECKERT, Natalia Hauenstein; MASCARÓ, Juan José. Atuação da infraestrutura verde como qualificadora da ambiência urbana em centros consolidados – O caso de Passo Fundo RS. Revista de Arquitetura IMED, Passo Fundo, v. 3, n. 2, fev. 2015. Disponível

em: <https://seer.imed.edu.br/index.php/arqimed/article/view/734/540>. Acesso em: 17 jun.2019.

FARR, David. Sustainable Urbanism – Urban design with nature. John Wiley & Sons, Inc. Hoboken, NJ, 2008.

FERREIRA, José Carlos; MACHADO, João Reis. Infra-Estruturas Verdes para um Futuro Urbano Sustentável. O Contributo da Estrutura Ecológica e dos Corredores Verdes. Rev. LABVERDE, São Paulo, v.1, n.1, 2010.

FIREHOCK, Karen. A short history of the term green infrastructure and selected literature. 2010. Disponível em: <<http://www.gicin.org/pdfs/GI%20history.pdf>> Acessado em: 20.maio.2019.

FRANCO, M. Infraestrutura Verde em São Paulo: o caso do Corredor Verde Ibirapuera-Villa Lobos. Revista LABVERDE, n. 1, 11 set. 2010.

GARBOGGINI, Flavia Brito. O potencial dos espaços abertos na qualificação urbana: uma experiência piloto na cidade Universitária Zeferino Vaz. Dissertação (doutorado) - Universidade Estadual de Campinas, Faculdade de Engenharia Civil, Arquitetura e Urbanismo. Campinas, 2012.

GONZAGA, Maridelia Rios. Avaliação da influência dos pagamentos por serviços ambientais sobre a estrutura da paisagem. 2016. Dissertação (Mestrado em Ciências da Engenharia Ambiental) - Escola de Engenharia de São Carlos, Universidade de São Paulo, São Carlos, 2016.

HERZOG, C. P. Infraestrutura Verde e Resiliência no Paisagismo. Entrevista concedida a LABVERDE. LABVERDE, São Paulo - SP, V. 1, n. 1, outubro de 2010.

HERZOG, C.; ROSA, L. Infraestrutura Verde: Sustentabilidade e resiliência para a paisagem urbana. Revista LABVERDE, n. 1, 11 set. 2010.

LI, Chunhui; Peng, Cong ; CHIANG, Pen-Chi; CAI, Yanpeng; WANG, Xuan; YANG, Zhifeng. Mechanisms and applications of green infrastructure practices for stormwater control: A review. *Journal of Hydrology*, 2019. Edition 568.

LIMA, Herlander Mata; SILVA, Evaristo Santos; RAMINHOS, Cristina. Bacias de retenção para gestão de escoamento: métodos de dimensionamento e instalação. *Rev. Esc. Minas*, vol.59, n.1.Ouro Preto, 2006.

MARKS A. et al. Boston “Emerald Necklace” Case Study. Report MIT Wescoat. July, 2015.

MAROPO, V. L. B. et al. Planejamento urbano sustentável: um estudo para implantação de infraestrutura verde no Bairro Bancários, João Pessoa –PB, Brasil. *Rev. Bras. Gest. Urbana*, vol.11, Curitiba, 2019.

MELL, Ian C. *Green Infrastructure: concepts and planning*. England, 2008.

MONTES, Arlindo Vizelli et al. *Tupã: Depoimento de uma cidade*. Ed. MultiGrafica:Tupã, 2004.

MOTA, S. *Gestão ambiental de recursos hídrico*. 3, ed Rio de Janeiro: ABES,2008.

PELLEGRINO, Paulo Renato Mesquita. Plano de viabilidade de Infraestrutura Verde para o Campus da Universidade de São Paulo- Cidade Universitária Armando Salles de Oliveira- São Paulo- SP. *Revista LABVERDE*, 2015.

PEREIRA, M.; MARTINS, J.; MARTINS, R. Potencial de Aplicação de Infraestrutura Verde na bacia de drenagem do córrego Belini. *Revista LABVERDE* v.9 n.2, artigo 02. Maio, 2019.

Plano Diretor Integrado. Portal Unicamp. Campinas, 2018. Disponível em: http://www.depi.unicamp.br/wp-content/uploads/2019/04/PLANO_DIRETOR_INTEGRADO_1.2.pdf. Acesso em: 08 de agosto de 2019.

POMPÊO, C. A. Drenagem urbana sustentável. Revista Brasileira de Recursos Hídrica. Porto Alegre, RS. v. 5, n. 1, 2000.

RAMÓN STOCK BONZ. Emerald Necklace- Infraestrutura Urbana Projetada como paisagem. Revista LABVERDE, SP, nº9, Artigo 06, Dezembro 2014.

SCHUTZER, José Guilherme. Cidade e Meio Ambiente: A apropriação do relevo no desenho ambiental urbano. São Paulo: Editora da USP, 2012.

SILVA, A. B.; BERGAMO, J.C.; MELO, V. A.; BARBEIRO, M. F. Elemento para uma Infraestrutura Verde. Artigo Técnico. Departamento de Arquitetura e Urbanismo - Faculdades Integradas de Ourinhos-FIO/FEMM. Ourinhos, SP - Brasil. 2016.

SILVA, P.; CAMPOS, A. B.; CARVALHO, D. Classificação geotécnica dos solos da Fazenda Argentina - Campus da UNICAMP, Campinas, SP. Dissertação (trabalho de conclusão de curso) - Universidade Estadual de Campinas, Instituto de Geociências. Campinas, 2018.

SILVA FILHO, Demóstenes Ferreira da; TOSETTI, Larissa Leite. Valoração das Árvores no Parque do Ibirapuera - SP: Importância da Infraestrutura Verde Urbana. Rev. LABVERDE, São Paulo, 2010.

SILVA, Silvana Rivaldo. A Contribuição dos Jardins Verticais para a Infraestrutura Verde das Cidades. Rio de Janeiro, 2017. Dissertação (Mestrado) - Programa de Engenharia Urbana, Escola Politécnica, Universidade Federal do Rio de Janeiro, Rio de Janeiro, 2017.

Temporal alaga campus da Unicamp e deixa carros quase submersos. G1. Campinas, 02 de março de 2016. Disponível em: <http://g1.globo.com/sp/campinas-regiao/noticia/2016/03/chuva-alaga-campus-da-unicamp-e-deixa-carros-quase-submersos.html>. Acesso em 07 de agosto de 2019.

The City of Copenhagen - Cloudburst Management Plan, Copenhagen. Disponível em: https://en.klimatilpasning.dk/media/665626/cph_-_cloudburst_management_plan.pdf. Acesso em: 10 de maio de 2019.

TIEPO, C. et al. Permeabilidade urbana e infraestrutura verde: alternativas para a sustentabilidade urbana. 3º SNCS – Seminário Nacional de Construções Sustentáveis. Passo Fundo, RS – Brasil, 2014.

TUCCI, Carlos Eduardo Morelli. Inundações Urbanas. Porto Alegre: ABRH/RHAMA, 2007.

Unicamp define aquisição de área. Portal Unicamp. Campinas, 25 de março de 2014. Disponível em: <https://www.unicamp.br/unicamp/noticias/2014/03/26/unicamp-define-aquisicao-de-area>. Acesso em: 08 de agosto de 2019.

VASCONCELLOS, Andréa Araujo de. Infraestrutura verde aplicada ao planejamento da ocupação urbana. 1. ed. Curitiba : Appris, 2015.

VILLAÇA, Flávio. Dilemas do Plano Diretor. In: CEPAM. O município no século XXI: cenários e perspectivas. São Paulo: Fundação Prefeito Faria Lima – Cepam, 1999.

VILTUS, J.; PICANÇO, J. L. Avaliação da permeabilidade e da suscetibilidade ao alagamento do Campus da Unicamp. Dissertação (trabalho de conclusão de curso) - Universidade Estadual de Campinas, Instituto de Geociências. Campinas, 2017.