



Universidade Federal do Rio de Janeiro
Escola Politécnica
Programa de Engenharia Urbana

Silvana Rivaldo Silva

**A CONTRIBUIÇÃO DA INFRAESTRUTURA VERDE PARA AS
CIDADES**

Rio de Janeiro
2017



UFRJ

Silvana Rivaldo Silva

A CONTRIBUIÇÃO DA INFRAESTRUTURA VERDE PARA AS CIDADES

Dissertação de Mestrado apresentada ao Programa de Engenharia Urbana, Escola Politécnica, da Universidade Federal do Rio de Janeiro, como parte dos requisitos necessários à obtenção do título de Mestre em Engenharia Urbana.

Orientadora: Prof. Angela Maria Gabriella Rossi, D.Sc.

Rio de Janeiro
2017

SILVA, Silvana Rivaldo.

A Contribuição da Infraestrutura Verde para as Cidades/
Silvana Rivaldo Silva. – 2017. f. : il. ; 30 cm.

Dissertação (Mestrado em Engenharia Urbana) –
Universidade Federal do Rio de Janeiro, Escola Politécnica,
Programa de Engenharia Urbana, Rio de Janeiro, 2017.

Orientador(es): Angela Maria Gabriella Rossi

1. Jardins Verticais. 2. Infraestrutura Verde. 3. Urbanismo
Sustentável. 4. Sustentabilidade Urbana. I. Rossi, Angela Maria
Gabriella. II. Universidade Federal do Rio de Janeiro. Escola
Politécnica. III. Título.



UFRJ

Silvana Rivaldo Silva

A CONTRIBUIÇÃO DA INFRAESTRUTURA VERDE PARA AS CIDADES

Dissertação de Mestrado apresentada ao Programa de Engenharia Urbana, Escola Politécnica, da Universidade Federal do Rio de Janeiro, como parte dos requisitos necessários à obtenção do título de Mestre em Engenharia Urbana.

Aprovada pela Banca:

Prof. Dr.-Ing. Camilo Michalka Jr., POLI/UFRJ

Profa. D.Sc. Gisele Silva Barbosa, POLI/UFRJ

Profa. D.Sc. Maria Maia Porto, FAU/UFRJ

DEDICATÓRIA

À Deus, por sempre cumprir suas promessas.

*“Ó profundidade das riquezas, tanto da sabedoria, como de ciência de Deus!
Quão insondáveis são os seus juízos, e quão inescrutáveis os seus caminhos.”
Romanos 11 vc 33*

Aos portadores de dislexia, pessoas com dificuldade na aprendizagem da leitura e na escrita, mas que apesar disso, não desistem, como Thomas Jefferson, principal autor da declaração de independência dos Estados Unidos da América.

AGRADECIMENTOS

Agradeço primeiramente a Deus, meu Pai eterno.

Agradeço aos meus pais Severino e Delia (*in memoriam*), por confiarem em mim. Mesmo sabendo que eu era diferente, acreditaram e vibraram com minhas conquistas.

Um agradecimento carinhoso às minhas irmãs Deborah, Silvia Marcia e Elisabeth e ao meu cunhado Márcio, por estarem sempre comigo e a meu favor, por entenderem minhas dificuldades e me ajudarem.

Um agradecimento especial ao Massimo, meu esposo e companheiro, por estar sempre presente em todos os momentos desde que nos conhecemos.

Agradeço também à minha amiga Geise Quinhões, por compartilhar comigo o desejo por um ambiente urbano mais verde e aconchegante.

Um agradecimento à Angela Cristina Santos e à Wanda Santos, que na UFRJ trabalham respectivamente no Programa de Engenharia Urbana e no Departamento de Expressão Gráfica, ambos da Escola Politécnica, pelo apoio recebido, do início ao fim do curso.

Agradeço aos professores do Programa de Engenharia Urbana, que com seu conhecimento nos desafiam a crescer. Um agradecimento especial à Profa. Rosane Alves, de metodologia científica, por sua atenção, comprometimento, e por me deixar uma frase na memória que mudou a minha comunicação escrita e falada: “você lê o que escreve?”. Um agradecimento especial ao Prof. Camilo Michalka por sua autenticidade e coragem em sala, provocando debates e se expondo a críticas, e pela contribuição enriquecedora que dedicou a essa dissertação. Agradeço também à Profa. Claudia Pfeiffer, por me incentivar a continuar a investir tempo em pesquisas sobre empreendedorismo.

Um agradecimento especial à Profa. Gisele Barbosa, pelo apoio, confiança e frases de incentivo como: “você vai conseguir”, e por participar da banca de minha defesa.

Agradeço à Profa. Maria Maia Porto, da Faculdade de Arquitetura e Urbanismo da UFRJ, por ter aceito participar de minha banca de defesa e contribuir com meu trabalho.

Agradeço ao Prof. Alex Abiko, da POLI/USP, mesmo não tendo sido, meu professor. Foi a partir de sua aula inaugural no Curso de Especialização em Engenharia Urbana da POLI/UFRJ, que comecei a pensar e a sonhar com este mestrado.

Um agradecimento especial à Profa. Gabriella Rossi, minha orientadora e líder, que mesmo sabendo das minhas dificuldades com a dislexia aceitou estar comigo e me levar aonde não conseguiria chegar sem sua ajuda, compreensão e carinho incondicional.

*No mistério do sem-fim
Equilibra-se um planeta
E, no jardim, um canteiro
No canteiro, uma violeta
E, sobre ela, o dia inteiro
A asa de uma borboleta.*

Cecília Meireles

RESUMO

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.

Muitas cidades e áreas metropolitanas sofreram ao longo dos anos uma série de intervenções que modificaram a sua paisagem e a sua funcionalidade, acarretando uma alta densidade construída, alto consumo de energia e forte poluição. Paisagens verdes e naturais foram substituídas por densas manchas cinzentas de construção, criando um afastamento crescente do Homem com a Natureza. Os Jardins Verticais surgem como uma contribuição importante para a reintegração da Natureza nas cidades, revestindo de forma verde e natural as fachadas das edificações, numa tentativa de diminuir o afastamento entre ambos, proporcionando inúmeras vantagens para a edificação, tais como melhoria da eficiência energética, do isolamento acústico e da qualidade do ar interior. Além disso, contribuem para a redução do efeito ilha de calor no ambiente urbano e para a melhoria da qualidade do ar exterior. A presente dissertação procura contextualizar a inserção do “verde” nas cidades traçando sua cronologia e seus modos de intervenção, além de abordar sua relação com o surgimento do urbanismo, da emergência do movimento para a construção das cidades-jardim, assim como o aparecimento do movimento modernista, no qual a inserção do verde era parte integrante do projeto urbano. Os conceitos de infraestrutura verde e jardim vertical são apresentados ressaltando suas características, tipologias e modos de intervenção de forma a construir um referencial analítico para a apreciação dos exemplos de introdução do verde nas cidades. Os casos do Museu Quai Branly em Paris, Bosco Verticale em Milão e Edifício Harmonia em São Paulo são apresentados e analisados de forma a melhorar a compreensão dos conceitos apontados no texto. As principais conclusões do trabalho apontam para os Jardins Verticais como uma solução viável para projetos urbanos e como uma contribuição factível para a melhoria do nível de sustentabilidade urbana.

Palavras-chave: jardins verticais; infraestrutura verde; urbanismo sustentável; sustentabilidade urbana.

ABSTRACT

SILVA, Silvana Rivaldo. **The Contribution of Vertical Gardens to Green Infrastructure in Cities.** Rio de Janeiro, 2017. Dissertação (Mestrado) – Programa de Engenharia Urbana, Escola Politécnica, Universidade Federal do Rio de Janeiro, Rio de Janeiro, 2017.

Many cities and metropolitan areas have undergone a series of interventions over the years that have modified their landscape and functionality, resulting in high population density, high energy consumption and stark pollution. In this sense, the green and natural landscapes were replaced by dense gray building patches, creating a growing distance from Man and Nature. The Vertical Gardens appear as an important contribution to the reintegration of nature in the cities, covering the facades of buildings with green and natural coating, in an attempt to reduce the distance between both, providing several advantages for the building, such as improved energy efficiency, sound isolation and indoor air quality. In addition, they contribute to the reduction of the “island heat effect” in the urban environment and to the improvement of outdoor air quality. This dissertation tries to contextualize the insertion of the "green" in the cities, tracing its chronology and its modes of intervention, besides addressing its relation with the emergence of urbanism, the emergence of the movement for the construction of garden cities, as well as the appearance of the modernist movement, in which the insertion of green was an integral part of the urban project. The concepts of green infrastructure and vertical garden are presented highlighting their characteristics, typologies and modes of intervention in order to build an analytical framework for the appreciation of examples of green introduction in cities. The cases of Quai Branly Museum in Paris, Bosco Verticale in Milan and Edifício Harmonia in São Paulo are presented and analyzed in order to better understand the concepts pointed out in the text. The main conclusions of the study point to the Vertical Gardens as a viable solution for urban projects and as a viable contribution to the improvement of the level of urban sustainability.

Key-words: vertical gardens; green infrastructure; sustainable urbanism; urban sustainability.

LISTA DE FIGURAS

Figura 1 – Exemplos de parques urbanos construídos no século XIX.....	09
Figura 2 – Esquema da Cidade-Jardim de Ebenezer Howard, Reino Unido	11
Figura 3 – Letchworth, cidade-jardim na região de Hertfordshire, Inglaterra	12
Figura 4 – Welwyn, cidade-jardim na região de Hertfordshire, Inglaterra	12
Figura 5 – <i>Emerald Necklace Parks</i> , Estados Unidos	14
Figura 6 – Esquema de <i>Hubs e Links</i> de uma rede de infraestrutura verde	22
Figura 7 – Canteiros pluviais	28
Figura 8 – Jardins de chuva	29
Figura 9 – Valas de Infiltração.....	30
Figura 10 – Charcos construídos	31
Figura 11 – Reservatório de retenção	32
Figura 12 – Reservatório de detenção	32
Figura 13 – Pavimentos permeáveis	33
Figura 14 – Telhados verdes	34
Figura 15 – Jardim vertical	34
Figura 16 – Os Jardins Suspensos da Babilônia	38
Figura 17 – As <i>Turf Houses</i> da Islândia	39
Figura 18 – O cultivo da uva nas paredes das casas na Itália	39
Figura 19 – Tipologias de Jardins Verticais	42
Figura 20 – Localização do Museu Quai Branly, Paris, França	45
Figura 21 – O Museu Quai Branly e os quatro volumes construídos da edificação	46
Figura 22 – Parte da Parede Viva do Museu Quai Branly	47
Figura 23 – Localização do projeto de reabilitação urbana <i>Porta Nuova</i> , Milão, Itália	48
Figura 24 – O projeto <i>Porta Nuova</i> e o <i>Bosco Verticale</i> , Milão, Itália	49
Figura 25 – O empreendimento <i>Bosco Verticale</i> , Milão, Itália	50
Figura 26 – Sistema de jardim vertical adotado no <i>Bosco Verticale</i> , Milão, Itália	51
Figura 27 – Detalhes do jardim vertical adotado no <i>Bosco Verticale</i> , Milão, Itália	51
Figura 28 – Localização do empreendimento <i>Harmonia 57</i> , São Paulo, Brasil	52
Figura 29 – Sistema de jardim vertical do <i>Harmonia 57</i> , São Paulo, Brasil	53
Figura 30 – Sistema de irrigação do jardim vertical do <i>Harmonia 57</i>	54
Figura 31 – Volumetria e fachada lateral do <i>Harmonia 57</i>	54

LISTA DE QUADROS

Quadro 1 – Exemplos de criação de espaços verdes - século XVII ao século XIX.....	09
Quadro 2 – Análise comparativa dos parâmetros de infraestrutura verde e dos demais tipos de infraestrutura.....	26
Quadro 3 – Tipologias de infraestrutura verde segundo a escala territorial	27
Quadro 4 – Mecanismo hídricos	36
Quadro 5 – Síntese da análise comparativa dos exemplos de referência estudados	55

SUMÁRIO

1	INTRODUÇÃO	01
1.1	TEMA	01
1.2	OBJETIVOS	04
1.3	JUSTIFICATIVA	05
1.4	METODOLOGIA	05
1.5	ESTRUTURA DO TRABALHO	06
2	HISTÓRICO DA INSERÇÃO DA VEGETAÇÃO NAS CIDADES	07
2.1	O SÉCULO XIX E OS PRIMEIROS PARQUES URBANOS	07
2.2	O SÉCULO XIX E AS CIDADES-JARDINS EUROPEIAS	10
2.3	O SÉCULO XIX E OS PARQUES URBANOS DOS ESTADOS UNIDOS	13
2.4	O SÉCULO XX E O URBANISMO DO MOVIMENTO MODERNO	15
2.5	O SÉCULO XXI E O URBANISMO SUSTENTÁVEL	16
3	INFRAESTRUTURA VERDE	19
3.1	CARACTERIZAÇÃO	19
3.2	PARÂMETROS DA INFRAESTRUTURA VERDE E DO URBANISMO SUSTENTÁVEL.....	24
3.3	INTEGRAÇÃO ENTRE AS INFRAESTRUTURAS VERDE E TÉCNICA	27
3.4	OUTROS BENEFÍCIOS DA INFRAESTRUTURA VERDE	36
4	JARDINS VERTICAIS.....	38
4.1	CARACTERIZAÇÃO.....	38
4.2	TIPOLOGIAS DE JARDINS VERTICAIS.....	40
4.3	EXEMPLO DE REFERÊNCIA: MUSÉE QUAI BRANLY, PARIS, FRANÇA	45
4.4	EXEMPLO DE REFERÊNCIA: BOSCO VERTICALE, MILÃO, ITÁLIA	48
4.5	EXEMPLO DE REFERÊNCIA: EDIFÍCIO HARMONIA 57, SÃO PAULO, BRASIL.....	52
4.6	ANÁLISE COMPARATIVA DOS EXEMPLOS DE REFERÊNCIA	54
5	CONSIDERAÇÕES FINAIS	56
5.1	CONCLUSÕES	56
5.2	SUGESTÕES PARA TRABALHOS FUTUROS	57
	REFERÊNCIAS BIBLIOGRÁFICAS	58

1 INTRODUÇÃO

1.1 TEMA

A humanidade está enfrentando uma crise ambiental nunca ocorrida na sua história, desde que a espécie se desenvolveu e as civilizações prosperaram a partir da engenhosidade e da exploração dos recursos naturais (HERZOG, 2013). O foco nas questões ambientais urbanas vem crescendo nos últimos anos e o tema está cada vez mais presente nas agendas e na discussão sobre formulação de políticas públicas dos países.

Considerando que 54% da população do planeta reside em cidades e que esse percentual deve chegar a 65% em 2050, gerir áreas urbanas tem se tornado um dos desafios mais importantes do Século XXI (UN-HABITAT, 2016). Muito do esperado crescimento urbano terá lugar nos países das regiões em desenvolvimento como o Brasil e, conseqüentemente, esses países enfrentarão inúmeros desafios para atender às necessidades do crescimento da população urbana, como habitação, transportes, energia, emprego, educação e a saúde, entre outros.

As cidades e as áreas metropolitanas são as principais fontes de geração de riqueza para as economias dos países, tendo um papel chave nos mercados globais. As regiões metropolitanas tornaram-se alvo de uma vasta gama de intervenções públicas numa época de aprofundamento da globalização e aumento a nível internacional da concorrência pelo investimento público. As cidades consomem três quartos de toda a energia do planeta e, conseqüentemente, são responsáveis por três quartos da poluição global. São elas que produzem e consomem a maior parte dos bens industriais, tornando-se “grandes parasitas da paisagem” (ROGERS, 2008).

Na União Européia (UE), por exemplo, as políticas de desenvolvimento urbano procuram abordar uma série de questões, incluindo desde a gestão da expansão urbana, da mobilidade, do saneamento, até a promoção da competitividade, da inovação, da inclusão social e da sustentabilidade ambiental.

O objetivo da legislação ambiental da UE é garantir cidades com ar e água limpos, com baixa exposição a ruídos excessivos, cidades que lidem adequadamente com seus resíduos, que protejam a sua natureza e sua biodiversidade e que promovam uma melhor infraestrutura verde. O conceito “infraestrutura verde” vem sendo estudado e aplicado, tanto no Brasil como no exterior, como uma forma de reconciliação do ambiente construído com o ambiente natural, assim como uma ferramenta da sustentabilidade urbana (UNIÃO EUROPEIA, 2013).

As áreas urbanas consomem grande parte dos recursos naturais do território onde são construídas, utilizam energia de forma intensiva, e geram grande quantidade de resíduos sólidos, líquidos e gasosos.

No que diz respeito ao Brasil, a ocupação do território resulta de um planejamento urbano baseado em uma estrutura socialmente desigual de acesso à terra e às riquezas sociais, causando vários problemas, tais como a exclusão social e a periurbanização. As reformas urbanas entre o final do século XIX e as primeiras décadas do século XX foram realizadas sem considerar os fatores sociais, culturais e ecológicos, dando início ao conflito entre urbanização, sociedade e meio físico (LOURENÇO, 2013).

Em 1945 apenas 25% de um total de 45 milhões de pessoas viviam em cidades no Brasil. Em 2000, a parcela da população urbana já se tornou maior do que a rural. De 2000 a 2010, quando a população total aumentou em 20%, a população nas cidades cresceu 40%, principalmente nas nove áreas metropolitanas habitadas por um terço da população. Por volta de 2060 a população brasileira deverá atingir um total de 260 milhões de habitantes, regredindo após esse período (IBGE).

O processo de urbanização brasileira proporcionou uma súbita concentração de indústrias, serviços e trabalhadores nas cidades que, somados à mecanização do campo, transformaram o déficit habitacional e a escassez de empregos para a mão de obra sem qualificação profissional, um dos maiores problemas sociais das cidades urbanizadas. A expansão urbana brasileira se deu, em sua maioria, sob um modelo de adensamento excessivo com a concentração de população em cidades e regiões metropolitanas sem infraestrutura, particularmente no que se refere à infraestrutura de transporte público de grande capacidade e ao saneamento.

Esse modelo cria problemas de trânsito trazendo dificuldade de locomoção com a ocupação muito adensada em áreas extensas, particularmente em regiões metropolitanas. Isso faz com que a população perca muito tempo em deslocamento.

Nesse contexto, a cidade pós-industrial brasileira vive um urbanismo onde prevalece a ausência da integração com a natureza e a perda do sentido sócio espacial entre os habitantes e a cidade (SILVA e ROMERO, 2010).

A infraestrutura técnica composta pelos sistemas de redes físicas de saneamento ambiental e drenagem urbana, entre outras, tem sido concebida, a partir do início do século XX até recentemente, separadamente dos sistemas que visam prover infraestrutura social, como áreas verdes e equipamentos públicos e comunitários. Esse paradigma começou a ser

questionado a partir dos anos 1970, com o aumento da conscientização dos impactos ambientais provocados pela urbanização, levando à necessidade de abordar a cidade e o município de forma sistêmica, ou seja, considerando todas as interrelações.

A concentração de população em cidades e regiões metropolitanas brasileiras vem contribuindo para o aumento das chamadas "ilhas de calor". Para um melhor aproveitamento de espaço físico, a habitação vem assumindo a forma de edifícios altos, o que dificulta a ventilação, aumentando a temperatura, essas "ilhas de calor urbano" e aumentando o consumo de energia através do uso constante de aparelhos de ar-condicionado tornando, atualmente, quase impossível viver sem climatização artificial.

Nas regiões metropolitanas brasileiras a população está cada vez mais distante do ambiente natural. A ocupação do solo com suas edificações, vias, estacionamentos e outras superfícies impermeáveis vêm contribuindo cada vez mais para a ocorrência de enchentes, trazendo prejuízos às vezes irreparáveis. A saúde da população em meio a tanta poluição esta comprometida. Há vários estudos que comprovam que viver em ambientes poluídos favorece a proliferação de doenças respiratórias, isquêmicas, cardiovasculares, neurovasculares e câncer de pulmão, entre outras.

A Constituição Federal de 1988, a primeira a tratar de forma específica a questão ambiental, deu um novo rumo em busca da qualidade de vida. Pela primeira vez na história brasileira, foram inseridos dois artigos sobre política urbana, regulamentados somente 13 anos depois, com a aprovação do Estatuto da Cidade, Lei Federal 10.257 de 10 de julho de 2001.

Não há como pensar em qualidade de vida sem o contato direto com o verde, seja na zona rural ou nos grandes centros urbanos. A diferença é que na zona rural ele está naturalmente presente, enquanto em zonas urbanas muito adensadas vem perdendo espaço para o ambiente construído. A conservação das áreas verdes existentes no ambiente urbano, assim como o aumento da cobertura vegetal urbana através da construção de tipologias verdes fazendo parte integrante das edificações e do sistema de espaços livres contribuirá para a sustentabilidade urbana.

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, assim como para o resgate do meio ambiente frente à degradação por agentes poluidores, como a fuligem provocada pelos veículos que usam derivados de petróleo (gasolina e diesel) e pela indústria. As áreas verdes não só atuam

como agentes de equilíbrio do meio ambiente urbano, como também de equilíbrio emocional e de sustentação da autoestima dos moradores das localidades.

Algumas tipologias verdes vêm sendo introduzidas em áreas urbanas com a finalidade de aumentar a cobertura vegetal em superfícies verticais ou horizontais ou ainda se integrando com a infraestrutura técnica. Em alguns casos, a própria população pode fazer a sua parte e escolher dentre essas opções a que melhor se adequa em suas comunidades, "reconstruindo" o verde de seus bairros.

A construção civil, por sua vez, vem investindo no uso de tecnologias sustentáveis que colaborem com o ambiente natural, estudando novas alternativas que revertam certos efeitos destrutivos e utilizando materiais reciclados em suas construções. Uma tecnologia que vem sendo utilizada com resultados positivos é o "jardim vertical", tema desta dissertação.

Esse trabalho pretende contribuir para que os tomadores de decisão, tanto do setor público como do setor privado, assim como a sociedade brasileira em geral incorporem o verde na cidade, seja pelo aumento do número de árvores nas, a criação de praças e parques com vegetação abundante, ou dos telhados verdes e dos e dos jardins verticais em seus projetos urbanos e de arquitetura como uma opção para uma vida sustentável nos ambientes construídos.

1.2 OBJETIVOS

O objetivo geral deste trabalho é destacar a importância da infraestrutura urbana verde em ambientes urbanos.

Este objetivo se desdobra nos seguintes objetivos específicos:

- Articular o conceito de infraestrutura verde com urbanismo sustentável;
- Fazer um histórico da inserção do verde nas cidades;
- Caracterizar infraestrutura verde e suas tipologias;
- Caracterizar e classificar os tipos de jardins verticais;
- Exemplificar e comparar casos de jardins verticais construídos;
- Discutir sobre a implantação de jardins verticais nas cidades como componentes da infraestrutura verde.

1.3 JUSTIFICATIVA

As cidades que entram em processo acelerado e descontrolado de crescimento associado à falta de políticas e legislação adequadas vêm acarretando sérios problemas ambientais. A intensificação do uso do solo leva a uma redução das áreas verdes, uma vez que esse processo se dá de forma desordenada e selvagem no qual enormes áreas de cobertura vegetal vêm sendo eliminadas para a construção de novas edificações.

A presença da infraestrutura verde na cidade favorece um microclima agradável e minimiza os efeitos das ilhas de calor provocadas pelo adensamento urbano, contribuindo para o conforto térmico e diminuindo a necessidade da climatização artificial. Além disso, o verde contribui para a drenagem das águas das chuvas que, no caso de uma cidade tropical como é o Rio de Janeiro, poderia ajudar bastante na prevenção de enchentes e inundações.

Os benefícios estéticos e psicológicos também representam importantes justificativas para o aumento do verde, na medida em que aumenta o contato da população com a natureza e potencializa a imagem de uma cidade como destino turístico, situação bastante relevante para cidades tais como o Rio de Janeiro e outras que têm no turismo fonte relevante de receita.

É fundamental definir políticas públicas e soluções em planos e projetos urbanos que promovam a integração entre ambiente natural e ambiente construído, em favor da qualidade de vida dos cidadãos. Não basta a inserção de uma praça ou canteiros de forma arbitrária. Para que os elementos da natureza de fato sejam parte da vida cotidiana, é preciso que sejam integrados com o restante da infraestrutura urbana. Some-se a isso a necessidade de integrar as áreas verdes por meio de corredores ecológicos de forma a preservar o bioma da região.

1.4 METODOLOGIA

Para realizar o presente trabalho, foi realizada a revisão da literatura técnica sobre o tema escolhido através do levantamento bibliográfico de livros, teses, dissertações, artigos científicos, tanto sobre a teoria quanto sobre experiências bem-sucedidas.

Com esse material, foi realizada uma pesquisa exploratória de natureza qualitativa buscando colaborar para a disseminação do conhecimento científico no tema escolhido.

Os exemplos de referência foram escolhidos em função de sua relevância e pela frequência com que são citados na bibliografia sobre o tema. Além disso, esses exemplos de jardins verticais apresentam uma característica comum: todos fazem parte integrante do projeto original da edificação, sendo, portanto, concebidos em sintonia com o partido

arquitetônico adotado, assim como se relacionam com o ambiente urbano em que estão inseridos.

1.5 ESTRUTURA DO TRABALHO

Esta dissertação de mestrado está estruturada em cinco capítulos. O primeiro capítulo introduz o tema, apresentando alguns dados relativos à urbanização no mundo e o contexto dentro do qual o tema se insere. Em seguida, são definidos os objetivos deste estudo, sua justificativa e a metodologia adotada para o desenvolvimento do trabalho, além de sua estrutura.

O segundo capítulo apresenta um histórico da relação entre cidades e natureza ressaltando experiências anteriores e os princípios urbanísticos empregados nos exemplos apresentados.

No terceiro capítulo buscou-se caracterizar a infraestrutura verde, apresentando suas tipologias, seus princípios e as diferentes abordagens propostas pelos autores consultados.

O quarto capítulo é dedicado à tipologia de infraestrutura verde denominada Jardim Vertical, clarificando seu conceito e tipificação, além de apresentar três exemplos de referência.

O quinto e último capítulo sintetiza as principais contribuições dos capítulos anteriores procurando fazer comparações, analisando vantagens e desvantagens dos exemplos apresentados.

2 HISTÓRICO DA INSERÇÃO DA VEGETAÇÃO NAS CIDADES

2.1 O SÉCULO XIX E OS PRIMEIROS PARQUES URBANOS

As primeiras manifestações de uma civilização urbana se deram na Mesopotâmia por volta dos anos 4.000 a.C. As civilizações grega e romana criaram as primeiras metrópoles, mas perderam poder ao longo do tempo, até que durante a Idade Média, com o advento do sistema feudal, surge uma organização social e econômica descentralizada.

O relógio do tempo continuou sua marcha e, chegando ao período conhecido por Revolução Industrial no século XIX, surge a cidade industrial na Europa, aglomeração urbana que se adensa por conta do crescimento demográfico explosivo. Os centros urbanos se multiplicaram e cresceram ao longo do século XIX tornando-se densos, caóticos e degradados ambientalmente, resultado da destruição de grandes áreas de florestas para a expansão das cidades.

Desde o período renascentista ocorreu uma mudança de atitude em relação à natureza, que passou a ser observada sob uma abordagem científica e artística. Os primeiros jardins planejados surgem inicialmente na Itália, os “jardins renascentistas”, sucedidos pelo “jardim francês” e “jardim romântico inglês”, exemplos da manifestação da arte na paisagem natural construída. Esse período coincide com o aparecimento em toda Europa das idéias higienistas que vieram provocar a reforma da estrutura verde das cidades, assim como o aparecimento dos movimentos e associações voltados para o embelezamento natural.

A partir da segunda metade do século XIX surge uma série de urbanistas tais como os engenheiros Georges Eugene Haussmann e Jean Charles Alphand, além de outros, pertencentes a diversas correntes de pensamento que passaram a introduzir o espaço verde no ambiente construído.

No período do reinado de Louis Bonaparte se iniciam as grandes mudanças urbanas em Paris dirigidas por Haussmann, prefeito no período de 1853 a 1870. Foi o período das grandes transformações, que passou a ter um conjunto de ruas e avenidas largas e planejadas para a circulação do ar e de veículos, sem as restrições das ruelas da antiga Paris. Nesse período foram regulamentados as fachadas, o mobiliário urbano, o sistema de esgotos e o sistema de abastecimento de água, assim como foram planejados os espaços verdes da cidade.

Nessa época, foi criada uma rede hierárquica de espaços verdes, definidos pelas dimensões e funcionalidade (PANZINI, 2013), tendo sido projetados grandes espaços situados em quadrantes opostos de Paris, assim como parques em dimensões menores nos bairros em formação. Pequenos jardins foram implantados no centro histórico e iniciada a arborização das ruas. Alphand foi o responsável pelos grandes parques nas bordas leste e oeste de Paris, *Bois de Vincennes* e *Bois de Boulogne*, assim como os diversos parques existentes até hoje nos bairros parisienses tais como o *Parc Montsouris*, *Parc Monceau*, *Parc Butte Chaumont*, entre outros.

Foram colocadas ao longo das avenidas e contornando as praças da cidade, árvores de espécies resistentes a doenças e que apresentassem crescimento rápido de forma a oferecer sombra generosa. Foram plantados olmos, castanheiras da Índia, plátanos, tílias e, onde não havia necessidade de copas muito grandes, foram plantados acácias, aliantos e quiris. Além disso, esses jardins receberam um “mobiliário urbano” tais como gazebos, quiosques, grades, bancos, pequenas fontes, forjando um novo paisagismo.

O paisagismo praticado na França no final do século XIX se difundiu rapidamente entre as outras capitais europeias, assim como nas Américas, sendo comum a presença de paisagistas franceses em projetos no Rio de Janeiro, Buenos Aires e Washington. No Rio de Janeiro temos o exemplo do Passeio Público originalmente projetado por Mestre Valentin que sofre uma profunda modificação por volta de 1860 capitaneada por Auguste François Marie Glaziou, assim como a presença de Jules Charles Thays que projetou os Bosques de Palermo e a Plaza de Mayo em Buenos Aires (BAHLS, 1998).

O Quadro 1 apresenta uma lista com alguns exemplos de espaços verdes criados em diversas cidades, enquanto a Figura 1 mostra alguns parques urbanos inaugurados no século XIX.

Quadro 1: Exemplos de criação de espaços verdes- século XVII até o século XIX

Nome	Cidade	Ano de Criação
Hyde Park	Londres	1630
Unter den Linden	Berlin	1647
Nieuwe Plantage	Amsterdam	1682
Jardim Royal	Bordeaux	1746
Paseo del Prado	Madrid	1745
Passeio Público	Lisboa	1764
Central Park	Nova York	1858
Bois de la Cambre	Bruxelas	1864
Passeio Público	Rio de Janeiro	1862
Parc Montsouris	Paris	1869
Bosques de Palermo	Buenos Aires	1875

Fonte: A autora, adaptado de BAHLS, 1998.

Figura 1 – Exemplos de parques urbanos construídos no século XIX



Parc Montsouris, Paris – 1869
<http://bit.ly/2slccuJ>



Parc Monceau, Paris – 1869
<http://bit.ly/1AGxPh>



Central Park, Nova York – 1858
<http://bit.ly/2taJ4gB>



Bois de la Cambre, Bruxelas – 1864
<http://bit.ly/2s8vjid>



Bosques de Palermo, Buenos Aires – 1875

<http://bit.ly/2slmMIN>



Passeio Público, Rio de Janeiro – 1862

<http://bit.ly/2s8VqXd>

2.2 O SÉCULO XIX E AS CIDADES-JARDIM EUROPEIAS

O movimento da *Garden City* (Cidade Jardim) liderado no Reino Unido por Ebenezer Howard veio em resposta às más condições de vida das cidades industrializadas do século XIX. A proposta da cidade-jardim de Howard era de baixa densidade edilícia, para uma população de não mais que 35 mil habitantes, numa abordagem de fundir cidade e campo, aproveitando as vantagens de ambos, cujos princípios foram sintetizados em 1909 na obra “*Town Planning in Practice*” onde é apresentada uma gama de soluções para a criação de cidades-jardim.

A cidade-jardim adota o partido de concentrar no centro os órgãos públicos e de lazer, enquanto as indústrias seriam localizadas nas áreas periféricas. As zonas agrícolas se situavam ao redor do núcleo urbano servindo como barreira ao crescimento das cidades. Dessa forma a cidade jardim não teria superpopulação porque, quando tal pressão ocorresse, a solução seria construir outra. A Figura 2 mostra o esquema da Cidade-Jardim idealizada por Ebenezer Howard.

Figura 2 – Esquema da Cidade-Jardim de Ebenezer Howard, Reino Unido



Fonte: <http://www.vitruvius.com.br/revistas/read/arquitextos/04.042/637>

Letchworth foi a primeira cidade-jardim, projetada em 1903 na Inglaterra e apresentava um modelo base com seis bairros, cada qual com capacidade para 5.000 habitantes, seis avenidas e uma grande avenida central com 125m de largura. O centro urbano era composto de edifícios municipais e árvores de porte. As habitações para as diversas classes sociais formavam blocos isolados entre si, com jardins fronteiros e as ruas apresentavam acesso secundário com “*cul de sac*” (rua sem saída) e passeios com gramado, arbustos e árvores que dão continuidade ao verde dos espaços públicos.

Welwyn, a segunda cidade-jardim projetada segundo os princípios de Howard por Louis de Soissons em 1919, deu continuidade à aplicação dos conceitos de Howard, tendo tido cuidado com a preservação das condições ambientais, projetando amplos espaços verdes para recreação, principalmente na periferia da cidade central, ao longo dos limites dos cinturões agrícolas. As Figuras 3 e 4 mostram, respectivamente, as cidades de Letchworth e Welwyn.

Figura 3 – *Letchworth*, cidade-jardim na região de *Hertfordshire*, Inglaterra.



Fonte: <https://www.thehouseshop.com/property-blog/garden-villages-the-new-phenomenon-explained/9369/>

Figura 4 – *Welwyn*, cidade-jardim na região de *Hertfordshire*, Inglaterra.



Fonte: <http://cngreenlife.blogspot.com.br/2012/06/cidades-jardins.html>

Na mesma época, na Alemanha, surge *Hellerau*, a primeira cidade-jardim alemã projetada por Karl Schmidt, seguida de *Köln* (Colônia) onde o arquiteto Fredricch Willen Schumacher optou por deixar os espaços naturais em metade da área urbana, promovendo um sistema de anéis verdes que avançassem em direção às áreas rurais.

Após a Primeira Guerra Mundial foram construídos inúmeros bairros-jardim respondendo à carência de moradias e à necessidade de reconstrução no pós-guerra. A partir de 1920 foram construídas em Roma duas novas áreas residenciais em meio ao verde, onde

predominavam pequenas residências ajardinadas. Em Barcelona o arquiteto Antoni Gaudi foi responsável pelo projeto do bairro-jardim *Parque Güell* inaugurado em 1914.

O movimento das cidades-jardim teve repercussão nos Estados Unidos, porém seus princípios foram parcialmente adotados. As cidades-jardim nos Estados Unidos foram empreendimentos privados, tais como o bairro de *Riverside* em Chicago seguido da criação da cidade de *Radburn* em Nova Jersey com moradias e jardins individuais, ruas em “*cul de sac*” (sem saída) com separação de pedestres e veículos. Os acessos ao centro comunitário, compostos por um sistema de caminhos interceptados pelos parques, repercutiam a ideia de unidades de vizinhança. O conceito de cidade-jardim nos Estados Unidos excluiu o cinturão agrícola e industrial, sendo muito mais bairros (na maioria das vezes subúrbios), apresentando apenas algumas características da cidade-jardim.

2.3 O SÉCULO XIX E OS PARQUES URBANOS DOS ESTADOS UNIDOS

Na mesma época da Europa, a iniciativa da formação dos parques públicos chegou a algumas grandes cidades dos Estados Unidos, principalmente aquelas situadas na Costa Leste do país. Em 1853 uma lei federal autorizou o município de Nova York a adquirir, fora do perímetro urbano, o terreno para construir sua primeira área verde pública.

O *Central Park*, obra do inglês Calvert Vaux e do norte-americano Frederick Law Olmsted, inaugurado em 1858, teve o mérito de conceber um parque aproveitando as irregularidades do terreno disponível, assim como a presença de lagoas e afloramentos de granito. Apesar das críticas devido aos altos custos, o *Central Park* foi um sucesso, seja pela alta frequência que teve desde o início, seja pela sua transformação em ícone da cidade de Nova York, servindo de influência para a criação de outros parques urbanos nos Estados Unidos (PANZINI, 2013).

Frederick Law Olmsted foi o primeiro arquiteto-paisagista a lançar bases para o planejamento ecológico da paisagem. Ele tinha uma visão sistêmica das complexas funções e processos naturais que ocorrem na paisagem urbana. Olmsted considerava que para as pessoas serem saudáveis física e mentalmente, elas precisavam desfrutar da natureza diariamente. Ele foi o responsável por projetos pioneiros de parques que tinham o objetivo de conservar áreas naturais e recuperar a qualidade de vida urbana (HERZOG, 2013).

Além de responsável pela concepção do *Central Park*, Olmsted concebeu e supervisionou, junto com o arquiteto Charles Eliot, a reabilitação do Boston's Back Bay, um

bairro histórico residencial e comercial no oeste de Boston, Massachusetts, nos Estados Unidos, situado ao longo do rio Charles.

O projeto, realizado de 1879 a 1895 e denominado *Emerald Necklace* (Colar de Esmeraldas), é atualmente parte importantíssima do tecido urbano de Boston, uma área verde que atravessa todos os bairros periféricos. Olmsted projetou uma área de cerca 11km composta por parques interligados por *parkways* (alamedas) e cursos d'água, em traçado que envolve boa parte dos setores norte e oeste da cidade, conforme pode ser observado na Figura 5.

O conceito de *parkway* (alamedas) está vinculado a uma tipologia paisagística criada por Olmsted e Calvert Vaux em 1866 no projeto do *Central Park* em Nova York. Originalmente designava uma via larga densamente arborizada, com tratamento cênico, conectada a um parque. Além de suprir a necessidade da realização de um parque, o projeto de Olmsted melhorou a drenagem do local, ajudando a limpar e purificar as águas e mitigar inundações no local. O *Emerald Necklace* é um dos projetos de paisagem urbana mais importante dos Estados Unidos e exemplifica o conceito de paisagem integrada à infraestrutura urbana (RIVALDO; ROSSI, 2016).

Figura 5 – *Emerald Necklace Parks*, Estados Unidos



Fonte: <http://www.emeraldnecklace.org/park-overview/emerald-necklace-map/>

Olmsted tornou-se o paisagista de maior projeção de sua época nos Estados Unidos, tendo seus princípios sido aplicados no plano de Washington que previa envolver o eixo verde do *Mall* com majestosos prédios públicos substituindo sub-habitações que estavam alojadas nesse espaço. Dentro dessa mesma abordagem foi construída a capital australiana de *Camberra*, obra do arquiteto americano Walter Burley Griffin que venceu um concurso internacional.

Na segunda metade do século XIX, os sistemas de parques de Paris, Londres Nova York e Boston tornaram-se modelos de diversas iniciativas congêneres. Nos Estados Unidos

nascia o movimento *City Beautiful* (Cidade bonita), com a intenção de promover a melhoria estética das cidades, assim como no Reino Unido o urbanista Howard apresentava o conceito de cidade jardim pela primeira vez em 1898.

Os conceitos de Olmsted foram sendo postos de lado à medida que os automóveis proliferaram e a construção de estradas e intervenções que alimentaram a expansão metropolitana na era pós-Segunda Guerra Mundial. Contudo, na segunda metade do século XX ressurgiu como um método importante de planejamento e projeto urbanos.

2.4 O SÉCULO XX E O URBANISMO DO MOVIMENTO MODERNO

Diante do rápido e desorganizado crescimento das cidades industrializadas foi criada em 1933 a Carta de Atenas, documento resultante das discussões do Congresso Internacional de Arquitetura Moderna – CIAM, que alertava para as condições de insalubridade apresentada na época pelas grandes cidades europeias.

A Carta de Atenas enumerava uma série de propostas e soluções para os diferentes usos do solo, como habitação, trabalho, circulação e lazer. Em relação ao lazer a principal preocupação se relacionava com a falta de espaços verdes nos centros urbanos. A fim de solucionar a carência de espaços verdes e vegetação nas cidades, a Carta propunha uma série de ideias, dentre as quais uma maior importância dada ao sol, ao espaço livre e à vegetação como elementos indispensáveis para os seres humanos. Porém, a divisão da cidade em áreas com funções específicas obriga a necessidade de grandes deslocamentos da população. Esse fato tornou-se face negativa da Carta de Atenas. Hoje é sabido que a cidade, para ser ambientalmente sustentável, necessita contemplar funções mixtas de habitação, comércio e serviços para evitar a mobilidade excessiva da população, além de ser contemplada com muitas áreas verdes.

O arquiteto franco-suíço Le Corbusier, sempre atuante nas questões urbanísticas e autor de modelos e teorias para o desenvolvimento urbano, ganhou especial destaque no ano de 1941, data em que apresentou uma nova proposta na qual as questões de lazer da população, inclusive a relação do ser humano com a vegetação na cidade, continuavam a merecer grande destaque (ANDRADE, 2010).

A base conceitual da cidade moderna de Le Corbusier assentava-se num modelo racionalista, que defendia os grandes aglomerados urbanos, a verticalidade dos edifícios integrada com grandes áreas ajardinadas e o uso de pilotis. Alguns exemplos das suas ideias podem ser apreciados no *Plano Voisin* para Paris em 1925, assim como no Plano de

Habitação de Marselha em 1945, que evidenciam a presença dos espaços verdes e sua permeabilidade, assim como a qualidade do ar no local. Nessa época a ventilação e a iluminação, assim como as questões energéticas, começavam a ser consideradas pelos arquitetos modernistas (DAVI, 2009).

A presença do espaço verde urbano se integrou naturalmente às questões ecológicas e ambientais, uma vez que o ser humano é o grande transformador do meio ambiente natural e a arquitetura seu principal instrumento de intervenção.

Mais tarde, em 1969, nos Estados Unidos, Ian McHarg publica o livro “Design with Nature” no qual escreve sobre o ordenamento do território respeitando os sistemas naturais. McHarg foi o pioneiro do método da “sobreposição de camadas” para analisar uma paisagem e determinar sua adequação para a urbanização. Tal método consiste no mapeamento e na análise de vários fatores ecológicos, incluindo o clima, geologia, hidrologia, solos, vegetação e vida selvagem. A análise de adequação com base na síntese desses fatores revela a capacidade do solo para suportar o impacto da urbanização sobre os recursos naturais (ROUSE e BUNSTER-OSSA, 2013).

McHarg, arquiteto paisagista escocês que estudou na Escola de Arquitetura da Universidade de Harvard nos Estados Unidos e fundador do Departamento de Arquitetura da Paisagem da Universidade da Pensilvânia estabeleceu a noção de “serviços ecológicos”, ou seja, a natureza possui um valor direto e mensurável para o bem-estar humano. Os princípios do projeto com a natureza foram institucionalizados em regulamentos ambientais federais e estaduais, influenciando, assim, o desenvolvimento de uma boa parte das paisagens urbanas nos Estados Unidos.

2.5 SÉCULO XXI E O URBANISMO SUSTENTÁVEL

Conforme apresentado no item 2.1, a implantação dos parques urbanos no século XIX coincide com o aparecimento em toda Europa das idéias higienistas que vieram a provocar a reforma da estrutura verde das cidades, assim como o aparecimento dos movimentos e associações voltados para o embelezamento natural das cidades. O principal exemplo foi a cidade de Paris, na qual foi criada uma rede hierárquica de espaços verdes definidos pelas dimensões e funcionalidade, desde grandes espaços situados em quadrantes opostos da capital, assim como parques em dimensões menores nos bairros em formação.

Na atualidade, as necessidades de reintegração dos processos naturais com o ambiente urbano têm levado a novas práticas, denominadas por meio de diversas terminologias, como “Urbanismo Sustentável”, “Urbanismo Ecológico” ou ainda “Biourbanismo”.

Neste trabalho será utilizada a expressão “urbanismo sustentável” por ser a mais comumente utilizada. A infraestrutura verde está vinculada ao conceito de urbanismo sustentável, que ressalta que o acesso humano à natureza nas cidades é elemento fundamental para alcançar a sustentabilidade urbana. Além disso, o urbanismo sustentável enfatiza a importância dos benefícios sociais da vida no bairro (ou vizinhança), onde deve ser possível satisfazer necessidades diárias a pé, contrária à divisão da cidade por funções, como preconizava a Carta de Atenas de 1933. A vizinhança e a rede social definem o espaço da sociabilidade, permitindo o relacionamento das pessoas e sua identificação com a comunidade. A vizinhança deve ser bem dimensionada de forma a atender as necessidades ambientais e sociais; seu crescimento deve ser controlado para não desmotivar o deslocamento das pessoas. Por outro lado, uma vizinhança bem definida motiva e incentiva o potencial da região; seu tamanho não deve ser nem muito pequeno nem muito grande e vai depender do porte e das características de cada cidade.

Ambos os benefícios (integração com a natureza e as relações de vizinhança) são maiores em áreas urbanas que integram cinco parâmetros: definição, compacidade, totalidade, conexão e biofilia (FARR, 2013).

A definição contempla a necessidade de definir um tamanho para uma vizinhança, após ser realizado um diagnóstico territorial. Contudo, destaca-se que a vizinhança (ou bairro) deve ter uma centralidade e limites definidos.

A compacidade se obtém por meio de um aumento de densidade controlado, em oposição à dispersão urbana. Normalmente, áreas urbanas com baixos coeficientes de ocupação não justificam a disponibilidade do transporte público e sua escala não permite que os destinos sejam todos alcançáveis a pé. O aumento da densidade construída de um bairro (com seus devidos limites) induz a um menor uso de automóveis para deslocamentos das famílias, assim como favorece o aumento do mercado primário de bens e serviços contribuindo para a redução do impacto ambiental como um todo. Entretanto o aumento da densidade não pode ser feito com a destruição da cidade existente, como acontece no Brasil. Isso leva a que o cidadão perca suas referências de vida, fazendo com que o seu patrimônio histórico individual seja perdido e com ele sua identificação com a cidade.

A totalidade se refere à diversidade dos bairros, isto é, à inclusão de grande variedade de usos do solo e tipos de edificações, assim como ampla gama de bens e serviços ofertados na região e diversidade de população. O conceito de totalidade aqui usado tem o sentido de completude, isto é, os bairros devem oferecer os bens e serviços necessários ao alcance de uma caminhada. Esse conceito também engloba a diversidade dos tipos de habitação uma vez que as necessidades de moradia variam ao longo da vida útil das edificações.

A conexão ou conectividade representa a integração de transportes e uso do solo, promovendo a caminhada, o uso da bicicleta e da cadeira de rodas pela vizinhança. Além disso, objetiva oferecer transporte público confortável para bairros próximos e destinos regionais. Os corredores de transporte público são a espinha dorsal do urbanismo sustentável, pois conectam bairros com distritos e estes com outros destinos regionais.

A biofilia consiste na necessidade do homem de se conectar com a natureza e descreve em que medida os seres humanos necessitam da conexão com a natureza e outras formas de vida. Esse parâmetro pretende fazer essa conexão mesmo em ambientes urbanos mais densos. “Para os seres humanos, os benefícios passivos da luz natural do dia e do ar fresco dentro de ambientes fechados são praticamente desprezíveis quando comparados à realização de estratégias para uma vida ativa na rua”. (FARR, 2013)

O urbanismo sustentável deve se comprometer a preservar espécies não humanas localizadas em *habitats* próximos aos assentamentos humanos. É necessário entender não só a extensão do impacto das atividades antrópicas, mas também reconhecer os benefícios oriundos de serviços ambientais e os benefícios mentais e sociais de estar em parques ou região integrada aos sistemas naturais.

É relevante salientar que estes cinco atributos servem como princípios balizadores do urbanismo sustentável e, além disso, dialogam com diversos princípios de infraestrutura verde que serão apresentados neste trabalho.

3 INFRAESTRUTURA VERDE

3.1 CARACTERIZAÇÃO

O conceito “infraestrutura verde” vem sendo estudado e aplicado, tanto no Brasil como no exterior, como uma forma de reconciliação do ambiente construído com o ambiente natural, assim como uma ferramenta da sustentabilidade urbana. Benedict e McMahon (2006) afirmam que apesar do termo infraestrutura verde ser novo, o conceito teórico já existe há mais de 150 anos.

Uma primeira definição de infraestrutura verde foi concebida em 1994, na Flórida, Estados Unidos, quando o termo foi utilizado pela primeira vez em um relatório endereçado ao governo americano sobre estratégias de conservação do meio ambiente. Tal relatório tinha a intenção de refletir sobre a noção de que os sistemas naturais são tão ou até mais importantes que os componentes de uma infraestrutura técnica para o funcionamento e o desenvolvimento de uma comunidade.

Assim como é importante e necessário planejar uma infraestrutura convencional, também é fundamental planejar uma infraestrutura verde para conservar ou restaurar os sistemas naturais e integrá-los ao planejamento urbano (FIREHOCK e WALKER, 2015).

Uma segunda definição de infraestrutura verde evoluiu da necessidade de abordar os impactos das águas pluviais urbanas na qualidade da água em resposta à Lei da Água Limpa e às exigências regulatórias relacionadas nos Estados Unidos. De acordo com a Agência de Proteção Ambiental dos Estados Unidos (EPA), infraestrutura verde refere-se a sistemas e práticas que usam ou mimetizam processos naturais para infiltração, evapotranspiração (o retorno da água para a atmosfera, quer por evaporação ou por plantas), ou reutilização das águas pluviais ou de escoamento no local onde são geradas.

Embora as definições da Comissão de Corredores Verdes da Flórida e do Fundo de Conservação enfatizem grandes elementos da paisagem, como parques, áreas naturais, áreas verdes, florestas e áreas agricultáveis, a EPA identifica características de menor escala em contextos urbanos: telhados verdes, árvores, jardins de chuva, e assim por diante, como componentes típicos de infraestrutura verde.

Rouse e Bunster-Ossa (2013), por sua vez, juntaram as duas definições e as enriqueceram visualizando a infraestrutura urbana através da lente da paisagem, considerando-a como a manifestação física de processos que ligam os ambientes construídos

e naturais com várias funções e produzindo benefícios associados para a saúde e o bem-estar das pessoas e da vida selvagem.

Essa perspectiva liga forma física e estética com a função e como tal, não está separada da infraestrutura técnica, da social ou da econômica. Em outras palavras, não há nenhum limite fixo entre elas. O apagamento das fronteiras obriga a uma abordagem holística e interdisciplinar no planejamento e no projeto de infraestrutura urbana.

Para Benedict e McMahon (2006), a infraestrutura verde é uma rede de espaços verdes interligados, que conserva os valores e as funções dos ecossistemas naturais e, ao mesmo tempo, oferece benefícios para os seres humanos. Os autores a definem ainda como uma estrutura ecológica necessária para a sustentabilidade ambiental, juntamente com as infraestruturas social e econômica, sendo que a infraestrutura verde enfoca particularmente um sistema de sustentação da vida natural, que contribui para a saúde e a qualidade de vida das pessoas. Segundo eles, os elementos de uma rede de infraestrutura verde devem ser protegidos em longo prazo e para isso é necessário planejamento, gestão e compromisso contínuos.

Ainda segundo Benedict e McMahon (2006), o objetivo de planejar uma infraestrutura verde é promover a conservação dos espaços, identificando, protegendo e manejando as redes de espaços verdes interconectadas. Normalmente, essas redes se estendem sobre diversas paisagens, não se limitando aos limites municipais. Assim, o planejamento de uma rede de infraestrutura verde facilita a identificação prévia de locais importantes para as futuras ações de conservação e restauração, assim como as futuras áreas de desenvolvimento.

Os autores sugerem que um dos maiores desafios da infraestrutura verde é conscientizar a população a respeito da importância da proteção de espaços livres urbanos, que devem ser parte integrante de um sistema de infraestruturas interconectadas em diferentes escalas.

Os autores consideram que o objetivo da infraestrutura verde em si é proteger os sistemas naturais e a biodiversidade, porém uma rede de infraestrutura verde inclui muitos elementos que nem sempre possuem apenas esse objetivo. Enquanto algumas redes se concentram na saúde dos processos naturais da paisagem e seus benefícios ecológicos, outras se preocupam em incluir áreas de lazer para as pessoas.

Normalmente, os elementos de infraestrutura verde já se encontram no local antes do planejamento da sua rede, porém, quando se tornam efetivamente uma rede é que ganham verdadeiro valor. Assim, promover a ligação entre os diversos elementos para que eles

possam trabalhar juntos como um grande sistema multifuncional é o grande desafio adotado nessa abordagem.

Os autores listam uma série de tipos de áreas que poderiam ser objeto de intervenção e conservação, a saber:

- Terras públicas, como áreas militares, porções de florestas, terras abandonadas, e outros espaços livres;
- Áreas sensíveis, tais como encostas íngremes, áreas costeiras e áreas sujeitas a alagamento;
- Áreas cultiváveis, como as destinadas à agricultura, silvicultura e à caça;
- Áreas de lazer, como campos de golfe, parques, ciclovias e trilhas; áreas privadas, como parques industriais;
- Zonas destinadas à passagem de serviços concessionários como, adutoras e linhas de alta tensão;
- Lugares abandonados ou subutilizados, como aterros sanitários desativados e vazios urbanos;
- Corredores de transporte, como linhas férreas.

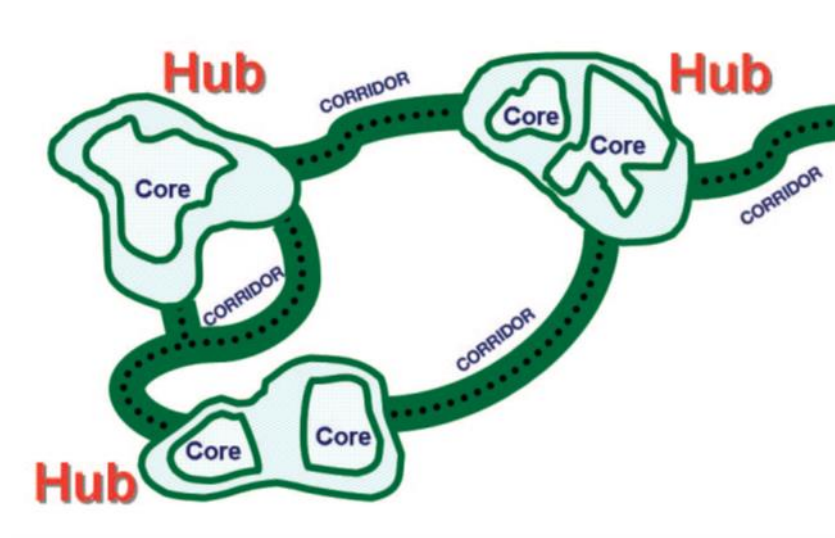
O sistema de infraestrutura verde não compreende somente as áreas verdes. Os rios e córregos são elementos essenciais para o funcionamento da rede, que deve ser planejada com base no sistema hídrico e de drenagem para manter suas funções ecológicas. Em um segundo momento podem ser adicionados outros elementos ao projeto de infraestrutura verde, tais como hortas, áreas de cultivo, trilhas, áreas de lazer e locais turísticos e culturais, dependendo das necessidades locais e da manutenção da saúde e da qualidade de vida da cidade.

Os benefícios que a infraestrutura verde oferece geralmente são diferentes para cada situação. Em locais de subúrbio ou periferia, poderá auxiliar nos problemas causados pela ocupação espraiada, enquanto que em áreas urbanas centrais, poderá promover espaços abertos para lazer, contribuindo para a saúde física, mental e espiritual da população. Por outro lado, onde há abastecimento limitado de água, poderá ajudar a purificar as águas, assim como em locais vulneráveis a alagamentos e enchentes a infraestrutura verde poderá protegê-los com seu sistema natural.

Um dos atributos mais importantes da infraestrutura verde é a conectividade entre seus diversos componentes, devendo a rede conectar as paisagens e os ecossistemas através de áreas preservadas (*hubs*) e corredores (*links*), de diversos tamanhos e funções, conforme a Figura 6. São consideradas áreas preservadas as reservas naturais ou áreas de proteção, os parques estaduais, assim como áreas particulares tais como fazendas, sítios e parques comunitários. Os corredores são as ligações que conectam o sistema, elementos fundamentais para a ocorrência dos fenômenos ecológicos, podendo ter formatos variados desde que cumpram a sua missão de conexão entre os ecossistemas. Os corredores devem ser empregados para conectar áreas preservadas de paisagem com a mesma natureza, ou então para suprir as necessidades de uma determinada espécie.

Tanto as áreas preservadas como os corredores são igualmente importantes na eficiência de uma infraestrutura verde e a conectividade entre os sistemas naturais é um dos indicadores mais importantes para definir o estado de saúde de uma paisagem.

Figura 6 – Esquema que representa os elementos de conectividade de uma infraestrutura verde



Fonte: http://www.littleforks.org/wp-content/uploads/2011/05/Vision_of_Green.pdf

Em alguns países da União Europeia (UE), por sua vez, por ser um território densamente povoado com grande parte das terras em uso, a maioria das áreas naturais que existem estão sob pressão e em risco de se tornar fragmentadas. Isso afeta o funcionamento dos ecossistemas, os quais precisam de espaço para crescer e oferecer seus serviços. Estatísticas recentes da Agência Europeia do Ambiente (AEA) ilustram o quão importante são essas tendências. Cerca de 8.000km² foram impermeabilizados durante os anos 1990, o que representa um aumento de 5% de áreas artificiais em apenas 10 anos. Além disso, 15.000km

de novas autoestradas foram construídos na UE entre 1990 e 2003 (UNIÃO EUROPEIA, 2013).

No Brasil, o conceito da “infraestrutura verde” tem sido estudado principalmente por paisagistas e arquitetos urbanistas, juntamente com conceitos como “paisagens multifuncionais”, “sistemas de espaços livres”, ou ainda “projeto ou desenho ambiental urbano”.

Herzog (2013) salienta que a natureza da infraestrutura verde é interdisciplinar e é necessário considerar seis sistemas que estão totalmente conectados, três deles naturais (geológico, biológico e hidrológico) e três deles antrópicos (social, circulatório e metabólico). A autora acredita que a infraestrutura verde propõe uma transformação de áreas impermeabilizadas com funções específicas em áreas multifuncionais. O objetivo é “desimpermeabilizar” as superfícies reintroduzindo a biodiversidade urbana e, assim, permitir que os serviços ecossistêmicos estejam disponíveis para as pessoas. Ainda segundo a autora, a infraestrutura verde compreende as cidades como um sistema socioecológico no qual seus elementos de infraestrutura verde devem fazer parte de uma rede de fragmentos permeáveis e vegetados, interligados por corredores verdes para que a biodiversidade possa proteger e melhorar a qualidade das águas.

Lourenço (2013) esclarece que paisagens multifuncionais são intervenções urbanísticas normalmente associadas à definição do uso e ocupação do solo que preveem mais de um uso para o mesmo local. A infraestrutura técnica dá suporte ao uso e ocupação do solo dada pelo projeto urbanístico, para que este seja viável. É comum os urbanistas separar seus projetos urbanísticos das necessidades de infraestrutura para eles; só fazem um desenho urbano e deixam para os outros resolver depois como fazer funcionar a cidade. Vide o Projeto de Urbanização da Barra da Tijuca.

Queiroga (2011) afirma que os espaços livres são todos os espaços sem edificação, ou seja, todos os espaços descobertos sejam eles urbanos ou não, vegetados ou pavimentados, públicos ou privados. No entanto, o sistema de espaços livres urbanos deve estar inter-relacionado com outros sistemas de infraestrutura técnica, cujas funções devem ser integradas tecendo relações de conectividade e complementaridade com a preservação, a conservação e a requalificação ambientais, a circulação e a drenagem urbanas, as atividades de lazer, o imaginário, a memória e o convívio social públicos.

Franco (2001) chama a atenção para a necessidade de um projeto ambiental para incluir o paradigma ecológico na arquitetura da paisagem e vai além, enfatizando a importância de

reintroduzir, nas práticas do planejamento urbano e territorial, o planejamento ambiental preconizado por Frederick Law Olmsted mencionado anteriormente.

A definição adotada nesta dissertação considera a infraestrutura verde como uma rede ecológica urbana que, associada às infraestruturas técnicas, social e econômica, auxilia o projeto paisagístico e o projeto urbano a reestruturar a paisagem e mimetizar os processos naturais a fim de manter ou restaurar as funções do ecossistema urbano, oferecendo serviços ecossistêmicos ao local (RIVALDO; ROSSI, 2016).

3.2 PARÂMETROS DOS DEMAIS TIPOS DE INFRAESTRUTURA

Rouse e Bunster-Ossa (2013) definem seis parâmetros, indicando como a infraestrutura verde pode ser inserida nos serviços e métodos de planejamento e outras profissões já estabelecidas, a saber: multifuncionalidade, conectividade, habitabilidade, resiliência, identidade, retorno do investimento.

A multifuncionalidade caracteriza-se pelos benefícios sociais promovidos pela infraestrutura verde à comunidade. Também chamados de “serviços ecossistêmicos”, esses benefícios derivam das múltiplas e integradas funções fornecidas por diferentes sistemas (hidrologia, transporte, energia, e assim por diante), que se cruzam na infraestrutura verde.

A conectividade determina que a infraestrutura verde é mais eficaz na prestação de serviços e benefícios quando é parte de um sistema conectado fisicamente ao longo da paisagem. Por exemplo, um parque que está ligado a outros parques através de uma trilha para caminhada ou para ciclismo serve mais pessoas que um parque circundado por um bairro residencial local.

A habitabilidade focaliza relação entre infraestrutura verde e de saúde (vida social), promovendo espaço com vida ao ar livre para pessoas, flora e fauna, através da melhoria da qualidade do ar e da água, o aumento da oportunidade para recreação ao ar livre e para o exercício, além da restauração de habitats nativos.

A resiliência, definida como a capacidade de se recuperar de uma mudança ou perturbação e de se adaptar às mesmas; é particularmente relevante em um momento em que os ecossistemas naturais e humanos estão experimentando uma instabilidade que inclui os altos preços da energia e os efeitos das mudanças climáticas.

A identidade se refere à promoção do caráter comunitário de um local, que seja agradável para viver ou visitar. A infraestrutura verde possui potencial para contribuir para a

definição visual de um lugar. Uma árvore, por exemplo, pode atuar tanto como um dissipador de carbono quanto para a conservação de energia, através do sombreamento que proporciona.

Finalmente, em uma época de recursos financeiros escassos, o princípio do retorno do investimento leva planejadores, gestores e projetistas a demonstrar como a infraestrutura verde pode reduzir custos e produzir resultados financeiros positivos para governos, instituições, negócios e cidadãos. Infraestruturas verdes podem ser um catalisador para o desenvolvimento econômico da região, para a diminuição do consumo de energia e para a redução de custos de infraestrutura técnica.

Por meio de uma análise comparativa entre os parâmetros de Urbanismo Sustentável descritos no item 3.5 e os parâmetros de Infraestrutura Verde descritos no presente item, pode-se perceber a relação dos mesmos com a busca pela sustentabilidade urbana.

A “definição” e a “identidade” são parâmetros adicionais. O primeiro aponta para a necessidade de definir um tamanho para uma vizinhança, após ser realizado um diagnóstico territorial. Contudo, destaca-se que a vizinhança (ou bairro) deve ter uma centralidade e limites definidos. O segundo parâmetro salienta que é fundamental que as espécies vegetais e o projeto da paisagem acoplada à infraestrutura urbana promovam o sentido de lugar. Tal sentido de lugar é aplicável a um determinado tamanho de espaço que pode corresponder à vizinhança (ou bairro).

A “compacidade” e a “habitabilidade” são outros parâmetros que a definição de densidades ótimas permitirá que a água, o ar e o solo tenham qualidade suficiente de modo a promover espaços habitáveis pelos seres humanos, flora e fauna.

A “totalidade” e a “multifuncionalidade” também são parâmetros relevantes. Enquanto o primeiro enfatiza a importância da adoção de diferentes usos do solo, de tipos de habitação e de população, o segundo salienta a importância da adoção de diferentes funções para uma mesma paisagem, o que confirma a necessidade da integração entre diferentes sistemas.

O termo “conectividade” é comum ao urbanismo sustentável e às infraestruturas verde e técnica. A conectividade do primeiro refere-se à integração entre transporte e uso do solo, papel exercido pelos elementos da paisagem, no caso da infraestrutura verde. Nesse caso, os elementos do sistema de transportes e os elementos de infraestrutura verde podem, em uma mesma intervenção urbana, contribuir para o urbanismo sustentável. Na infraestrutura técnica o termo conectividade refere-se às características funcionais de diferentes redes.

A “biofilia” e a “resiliência” são parâmetros complementares, uma vez que a adoção de elementos de infraestrutura verde contribui tanto para a capacidade de recuperação de um ambiente urbano frente a mudanças quanto para aproximar o homem da natureza, beneficiando sua saúde mental e anímica.

Finalmente, acredita-se que o “retorno do investimento” pode ser obtido através da adoção tanto dos parâmetros de urbanismo sustentável quanto dos parâmetros de infraestrutura verde, uma vez que todos podem contribuir para qualificar o espaço urbano.

O Quadro 2 sintetiza o que foi exposto, de modo a tornar mais clara a análise comparativa realizada.

Quadro 2 – Análise comparativa dos parâmetros da infraestrutura verde e dos demais tipos de infraestrutura

Urbanismo Sustentável (FARR, 2013)	Descrição	Infraestrutura Verde (ROUSE e BUNSTER-OSSA, 2013)	Descrição
Definição	Tamanho, centro e limites da vizinhança.	Identidade	Sentido de lugar, possível nos limites da vizinhança.
Compacidade	Densidade ótima.	Habitabilidade	Espaço habitável para todos os seres vivos, através da melhoria da qualidade do ar, da água, do solo.
Totalidade	Diversidade de usos do solo, de tipos de habitação, de população.	Multifuncionalidade	Diversidade de funções para uma mesma paisagem: hidrologia, transportes, energia, recreação.
Conectividade	Transportes e Uso do Solo.	Conectividade	Ligações físicas e funcionais entre os elementos da paisagem natural e as escalas territoriais.
Biofilia	Filiação do homem à natureza, benefícios trazidos pelos serviços ecossistêmicos.	Resiliência	Capacidade de se recuperar após uma perturbação.
		Retorno do Investimento	Geração de valor para as áreas urbanas. Economia de energia de água etc.

Fonte: RIVALDO; ROSSI, 2016.

3.3 INTEGRAÇÃO ENTRE AS INFRAESTRUTURAS VERDE E TÉCNICA

A construção de uma rede ecológica urbana, resultado da concepção integrada do projeto urbano com o projeto de drenagem urbana, fundamenta a concretização da infraestrutura verde. Tal rede é criada através de ações na escala regional e na escala urbana, conforme mostra o Quadro 3.

Na escala regional, a infraestrutura verde pode se concentrar na construção de ligações entre paisagens e diferentes *habitats* animais ou ainda na construção de corredores verdes, seja para a conexão de parques já existentes como para novos parques.

Na escala urbana, a infraestrutura verde pode se traduzir na integração entre ela e a drenagem urbana, como jardins de chuva, canteiros pluviais, alagados construídos, e pavimentação permeável, ou outras práticas de gestão que contribuam para a infiltração, detenção, condução ou purificação das águas pluviais.

Sempre nessa escala, as ações são também direcionadas às edificações, com a criação de tetos verdes e jardins verticais, ou a espaços verdes, como quintais e jardins (BENEDICT e MCMAHON, 2006).

Quadro 3 – Tipologias de infraestrutura verde segundo a escala territorial

Escala Territorial	Tipologias de Infraestrutura Verde	
Regional	Paisagens Conectadas <i>Landscape linkages</i>	
	Corredores Verdes <i>Greenways</i>	
Urbana	Manejo de Águas Pluviais	Canteiros Pluviais
		Jardins de Chuva
		Valas de Infiltração
		Trincheiras de Infiltração
		Charcos construídos (Retenção)
		Reservatórios de Retenção
		Reservatórios de Detenção
		Pavimentos Permeáveis
	Edificações	Telhados Verdes
		Jardins Verticais

Fonte: a autora, com dados de Benedict e McMahon, 2006.

Neste item são descritas algumas das principais tipologias de Infraestrutura verde para a escala urbana.

Canteiros Pluviais são jardins de pequena dimensão localizados em cotas mais baixas como parte integrante das calçadas de vias públicas ou de condomínios com o objetivo de receber águas do escoamento superficial proveniente de áreas impermeáveis.

Canteiros pluviais podem ser construídos em diversas vias, sejam elas públicas ou privadas, conforme mostra a Figura 7. Apesar de ser uma tecnologia não muito difundida, é possível encontrar guias técnicos com projetos e detalhamento de como construir canteiros pluviais e jardins de chuva.

Figura 7- Canteiros pluviais



Fonte: <https://goo.gl/images/JNbSkK>

Os Jardins de Chuva operam de maneira extremamente similar aos canteiros pluviais. No entanto, diferem do sistema anterior quanto à sua localização. Enquanto os canteiros pluviais são construídos próximos do meio fio, os jardins de chuva encontram-se incorporados à paisagem, no meio do caminho entre o sistema de drenagem e as localizações impermeáveis, fonte do escoamento superficial.

Não existem restrições quanto ao espaço ser público ou privado, pequeno, médio ou grande. Conforme a Figura 8, os jardins de chuva podem ser implantados em qualquer local que seja desejável, pois são facilmente incorporados à paisagem e se assemelham a um jardim tradicional, de forma que é possível terem maior aceitação pública do que outras infraestruturas que aparentem ser mais inovadoras.

Figura 8 – Jardins de chuva



Fonte: <https://goo.gl/images/ePfvuX>

Valas de Infiltração são dispositivos de drenagem lateral, muitas vezes utilizados paralelos às ruas, estradas, estacionamentos e conjuntos habitacionais. Concentram o fluxo das áreas adjacentes e criam condições para infiltração ao longo do seu comprimento, devendo ter volume suficiente para não ocorrer transbordamento enquanto não ocorre toda a infiltração. Funcionam como um reservatório de detenção na medida em que a vazão que escoar para a vala seja maior do que a sua capacidade de infiltração.

Trincheira de Infiltração fazem armazenamento da água por tempo suficiente para sua infiltração no solo, tendo bom desempenho na redução dos volumes escoados e das vazões máximas de enchentes. Ao interceptar o escoamento superficial, a trincheira de infiltração propicia a recarga do lençol freático, preservando a vazão de base, também funcionando como um dispositivo de tratamento da qualidade de água do escoamento superficial, permitindo remoção de até 80% dos sólidos em suspensão (AMEC, 2001)

A Figura 9 mostra que as valas de infiltração possuem um esquema similar aos jardins de chuva, possuindo também vegetação em seu interior, um leito arenoso de filtragem que opera como meio filtrante (menor granulometria), uma camada de transição de areia mais grossa (maior granulometria) e a camada para descarga do percolado devidamente tratado que será transportado através de cano. As valas podem ser implementadas em rodovias, estacionamentos e outras áreas pavimentadas com tráfego de veículos.

Apesar de o objetivo das valas de infiltração não ser a infiltração, dependendo das condições do terreno (tais quais existência de solo altamente drenante, baixa topografia sem

risco de alagamento ou aquíferos a serem recarregados), pode ser oportuno não contar com o sistema de descarga do percolado e permitir a infiltração da água tratada. É importante salientar que diferentes localizações demandam diferentes especificações de projeto.

Figura 9 – valas de infiltração



Fonte: <https://goo.gl/images/w2E21m>

Charcos Construídos são regiões alagadas rasas que mimetizam corpos hídricos com extensa vegetação. Seu processo de funcionamento é baseado em criar formas de fazer a água percorrer lentamente por áreas de vegetação densa, de forma que os sedimentos e poluentes sejam decantados ou sejam absorvidos pelos microorganismos contidos nas plantas. O termo alagado construído é uma tradução do inglês “*constructed wetland*”, de forma que uma tradução alternativa pode ser “Pântano Construído”. A Figura 10 é um bom exemplo.

É importante destacar que um alagado construído não é um projeto trivial, requerendo gastos iniciais e de manutenção mais altos e um projeto técnico de maior envergadura, elaborado por profissionais qualificados, de acordo com os parâmetros adequados para o local de sua implantação, como o dimensionamento, as ligações com a rede atual e os materiais corretos e também a escolha de espécies adequada.

Figura 10 – Charcos Construídos



Fonte: <https://goo.gl/images/tPdbQF>

Fonte: <https://goo.gl/images/ySmZRR>

Reservatórios de Detenção e Retenção

Os reservatórios podem ser dimensionados para permanecerem secos durante a estiagem (detenção) ou manterem uma lâmina mínima, e conseqüente volume morto (retenção). Reservatórios de detenção atuam sobre a quantidade d'água, amortecendo o escoamento, enquanto os reservatórios de retenção agregam a possibilidade de tratar também a qualidade da água.

O Reservatório de Retenção opera como uma lagoa artificial com o objetivo de reter grandes quantidades de chuva. O reservatório de retenção possui um volume permanente de água que se mantém em condições normais e é capaz de aportar uma maior quantidade de água até atingir o seu nível de transbordamento

Os reservatórios de retenção podem ser construídos em áreas de pequenas, médias ou grandes dimensões, podendo funcionar como um elemento paisagístico de um condomínio ou de um parque, conforme a Figura 11. Como a maior parte dos piscinões é construído no subsolo, é difícil imaginar que exista área disponível para substituí-los por reservatórios de retenção de grande porte. No entanto, essa limitação não impede o uso das mesmas para outro tipo de aproveitamento que não seja para prevenir riscos de enchentes.

Figura 11 – Reservatório de retenção



Fonte: <https://goo.gl/images/yfTa2F>

Os Reservatórios de Detenção são infraestruturas que operam normalmente em dias não chuvosos e que possuem capacidade de receber consideráveis quantidades de água de chuva em eventos de grandes chuvas. Pode-se exemplificar com um projeto de um campo de futebol ou uma praça em uma área de baixa cota. Em dias secos, operará normalmente com seus serviços de lazer e em eventos de chuva perderá sua função de lazer para poder aportar consideráveis volumes de água.

Os reservatórios de detenção, conforme Figura12, necessitam de áreas mais extensas e estão diretamente relacionadas à drenagem urbana. Dentro de cidades com alta densidade construída, é possível que essa tipologia encontre barreiras para a sua implantação, dada a dificuldade de conseguir espaço disponível para sua construção.

Figura 12 – Reservatórios de detenção



Fonte: <https://goo.gl/images/aVj5Ss>

Pavimentos Permeáveis são pavimentações que possuem maior capacidade de permeabilidade do que os pavimentos tradicionais. Os pavimentos drenantes podem ser construídos com diferentes materiais e técnicas: asfalto poroso, concreto permeável, blocos intertravados semipermeáveis, brita e pedriscos, conforme Figura 13. Existem ainda os blocos de concreto vazados preenchidos com grama, popularmente conhecidos como pisogramas ou concretogramas.

O uso de pavimentação permeável e semipermeável pode ser realizado em praticamente qualquer localização, seja comercial ou residencial, pública ou privada, ao longo de calçadas, vias e estacionamentos. É importante, porém, pensar na funcionalidade desses pisos. Alguns tipos de pavimentos permeáveis ou semipermeáveis possuem menor resistência do que os pavimentos tradicionais e não devem ser implantados em locais com movimentação de carros ou veículos pesados, a fim de assegurar a integridade estrutural do pavimento.

Para fazer uso de pavimentos permeáveis, deve-se tomar cuidado com uma série de parâmetros locais, como: condição ambiental da bacia de drenagem, condição do nível freático, da capacidade de permeabilidade do solo e de movimentação de veículos.

O uso de pavimentos permeáveis já se tornou relativamente popular dentro da engenharia civil, sendo possível encontrar diversos prestadores de serviço capazes de realizar a sua fabricação e instalação.

Figura 13 – Pavimentos permeáveis



Fonte: <https://goo.gl/images/rcwNiV>

Telhados Verdes consistem basicamente na utilização de vegetação nas coberturas de edificações, de forma que a água da chuva encontre primeiramente uma vegetação ao invés de uma superfície impermeável, de acordo com a Figura 14.

Os telhados verdes podem ser classificados como extensivos e intensivos. Os sistemas extensivos possuem substrato mais fino e comportam gramíneas ou outro tipo de vegetação de pequeno porte, necessitando de menos gastos com manutenção e irrigação. Já os sistemas intensivos possuem substrato mais robusto e são capazes de comportar vegetação de médio e grande porte, como arbustos e árvores e, devido à sua maior complexidade necessitam de maiores gastos com manutenção e rega.

Figura 14 – Telhados verdes



Fonte: <https://goo.gl/images/18hA3z>

Os Jardins Verticais consistem em cobrir fachadas de edificações ou muros com vegetação, de forma que a água da chuva, as radiações térmicas e ondas sonoras encontrem primeiramente uma vegetação ao invés de uma superfície artificial. A Figura 15 demonstra uma estrutura de jardim vertical.

Figura 15 – Jardim vertical



Fonte: <https://goo.gl/images/KWpEFD>

A esta tipologia é dada ênfase no capítulo 4.

São vários os benefícios que a integração entre planejamento urbano e drenagem urbana podem trazer tanto ao meio ambiente quanto aos habitantes de uma área ou aglomeração urbana.

Devido à forte relação entre vegetação e os cursos d'água, assim como com o manejo das águas pluviais em áreas urbanas, a maioria dos benefícios da utilização de infraestrutura verde está diretamente ligada à redução do escoamento das águas pluviais, as quais podem ser explicadas a partir de cinco mecanismos hídricos: purificação, detenção, retenção, condução e infiltração, conforme mostra o Quadro 4 (SINGAPORE, 2014).

Por purificação entende-se a limpeza das águas pluviais escoadas para que águas mais limpas entrem em nossos reservatórios, inclusive embelezando as águas para que as pessoas possam apreciá-las. As águas pluviais escoadas podem ser purificadas através da combinação de processos de tratamento como sedimentação, filtração ou absorção biológica.






A detenção tem a função de desacelerar o fluxo de escoamento das águas pluviais, de maneira a aliviar a pressão sobre o sistema de drenagem a jusante. A velocidade de escoamento pode ser abrandada através de uma variedade de métodos como a infiltração através da vegetação. Sendo assim, há um aumento da permeabilidade da área e ao mesmo tempo um controle do escoamento superficial, possibilitando a armazenagem da água por algumas horas em alguma instalação local.

A retenção também alivia a pressão sobre o sistema de drenagem a jusante. A água é retida por um longo período de tempo em uma cisterna, bacia ou lagoa, podendo ser reutilizada posteriormente ou podendo ser lançada no sistema de drenagem ou nos cursos d'água.

A convergência se refere à forma pela qual o escoamento superficial é transportado e dirigido desde o ponto inicial de chuva até sua descarga final.

A infiltração é o processo pelo qual a água da chuva se infiltra no solo para reabastecimento do lençol freático e dos aquíferos, com o benefício adicional de purificação.

Quadro 4 – Mecanismos hídricos

	Purificação	As águas pluviais escoadas podem ser purificadas através de um ou uma combinação dos seguintes processos de tratamento: sedimentação; filtração ou absorção biológica.
	Detenção	Tem a função de desacelerar o fluxo das águas pluviais para aliviar a pressão sobre o sistema de drenagem a jusante através de uma série de métodos como a infiltração através da vegetação; aumentando a permeabilidade de uma área e assim diminuindo o escoamento superficial ; ou armazenando-o temporariamente (por algumas horas) em alguma instalação local.
	Retenção	O objetivo é aliviar a pressão sobre o sistema de drenagem a jusante. A água é retida por um longo período de tempo (em uma cisterna, bacia ou lagoa), quer para utilização numa fase posterior, ou até que esteja pronto, para ser lançado no sistema de drenagem ou nos corpos d'água.
	Convergência	Refere-se à forma pela qual o escoamento superficial é transportado e dirigido a partir do ponto inicial de chuva para a sua descarga final
	Infiltração	É o processo pelo qual a água se infiltra no solo para recarga do lençol freático e aquíferos, com o benefício adicional de purificação

Fonte: VASCONCELLOS, 2011 baseado em SINGAPORE, 2014

Os benefícios do manejo de águas pluviais, como abordado acima, para a infraestrutura verde são (CNT, 2010):

- a) Redução do escoamento das águas pluviais: algumas tipologias de drenagem urbana podem reduzir alagamentos e melhorar a qualidade da água devido aos seus mecanismos de retenção e detenção de água;
- b) Redução da demanda de água: pelos mecanismos de retenção de água, pode-se fazer uso da água retida, aproveitamento a água disponibilizada naturalmente.

3.4 OUTROS BENEFÍCIOS DA INFRAESTRUTURA VERDE

- a) Redução do consumo energético: algumas tipologias de infraestrutura verde são capazes de amenizar os efeitos relacionados à radiação solar excessiva, ilhas de calor ou outros

efeitos térmicos prejudiciais. Estes efeitos de amenização de calor trazem benefícios diretos de economia de energia, uma vez que serão necessários menores gastos com climatização;

- b) Redução do CO₂ na atmosfera: da mesma forma como a vegetação contribui para a melhoria da qualidade do ar, há também a contribuição para a redução das concentrações de CO₂ na atmosfera através dos mecanismos de sequestro de carbono relacionados à fotossíntese;
- c) Melhoria da qualidade estética da paisagem urbana: a introdução da vegetação no ambiente urbano é capaz de agregar valor paisagístico a esse ambiente, transformando elementos monofuncionais em elementos multifuncionais, de forma que um canteiro verde, por exemplo, passe não só a ter a função estética;
- d) Redução da poluição sonora: algumas tipologias de infraestrutura verde são capazes de reduzir efeitos de poluição sonora, contribuindo para a absorção das ondas sonoras, diminuindo sua transmissão;
- e) Aumento de áreas para lazer e recreação: o aumento das áreas verdes dentro das cidades traz mais oportunidades de bem-estar, de lazer e de recreação para a população, uma vez que o ser humano sente bem-estar estando próximo à natureza;
- f) Promoção da Agricultura Urbana: algumas tipologias de infraestrutura verde podem oferecer espaço disponível para o plantio de espécies não somente com função decorativa e paisagística, mas também para hortaliças, promovendo a agricultura urbana através da criação de hortas e canteiros;
- g) Promoção de *habitat* para espécies: existem tipologias de infraestrutura verde que são capazes de aumentar significativamente a cobertura vegetal ou a cobertura hídrica de uma região, tornando-se um *habitat* em potencial não só para a flora, mas também para a fauna;
- h) Criação de oportunidades para Educação Ambiental: as tipologias de infraestrutura verde podem ser tema de educação ambiental, sendo esta uma peça essencial para a promoção de infraestrutura verde, uma vez que dentro dos seus princípios encontra-se a necessidade de participação popular, que deve ser motivada através da explicação do funcionamento das tipologias e que auxilia a conscientização ambiental das comunidades. Fornecer informação de qualidade para estimular a reflexão interna das pessoas, auxiliando-as à conscientização.

4. JARDINS VERTICAIS

4.1 CARACTERIZAÇÃO

Atualmente, uma questão que se busca responder, relacionada aos impactos urbanos, reside em como reduzir as “ilhas de calor” provocadas pela grande quantidade de superfícies de concreto em uma cidade densa. Uma das soluções consiste em permitir que a vegetação possa estar integrada a algumas paredes ou muros, constituindo-se num Jardim Vertical. Essa solução já foi usada na antiguidade.

Um dos exemplos mais antigos são os Jardins Suspensos na Babilônia, considerados uma das Sete Maravilhas do Mundo Antigo, que foram construídos na fachada de um um palácio com altura de 20 metros, conforme ilustra a Figura 16.

Figura 16 – Os Jardins Suspensos da Babilônia



Fonte: <http://www.museudeimagens.com.br/jardins-suspensos-babilonia/>

Outros exemplos são as *Turf Houses* da Islândia, casas construídas pelos Vikings com materiais locais e cobertas pela vegetação, com a finalidade de proteção das condições climáticas da região, conforme ilustra a Figura 17.

Figura 17 – As *Turf Houses* da Islândia



Fonte: https://commons.wikimedia.org/wiki/File:Icelandic_turf_houses.jpg

Na Itália e no Centro da Europa, o cultivo das videiras junto à fachada das casas, as plantas trepadeiras, que se agarram naturalmente nas paredes, são soluções difundidas desde o século XIV e utilizadas até os dias de hoje, conforme mostra a Figura 18.

Figura 18 – O cultivo da uva nas paredes das casas na Itália



Fonte: <http://www.vivatoscana.com.br/2014/09/colhendo-uvras-no-chianti.html>

Atualmente, Jardim Vertical é um termo descritivo usado para as formas de vegetalizar na totalidade ou parcialmente as fachadas de edifícios, sendo também o termo para referir um sistema de anexação de plantas a outros tipos de estruturas construídas (OTTELÉ, 2011).

O uso dessas estruturas tem grande potencial para uma mudança ambiental positiva em zonas urbanas, particularmente devido às grandes áreas de superfície das edificações que estão disponíveis para se adaptar a essa tecnologia (SOUSA, 2012).

O fator determinante para ser considerado um jardim vertical é a necessidade de a vegetação crescer e se desenvolver pela parede ou pela estrutura, que pode ser plantada no solo ou ainda em jardineiras.

Na realidade, o conceito trata essencialmente da característica construtiva e destaca o local aonde a planta irá se fixar, crescer, desenvolver e permitir a cobertura de superfícies verticais pela massa vegetativa (BARBOSA; FONTES, 2016)

No sentido de reduzir a poluição, o escoamento e o calor sensível, a cidade de São Paulo tem tomado algumas medidas de ampliação da infraestrutura verde urbana, como a conversão da compensação ambiental em jardins verticais, a partir do Decreto 55.994 de março de 2015 (SÃO PAULO, 2015).

A importância desse decreto se traduz na complementaridade a outras leis ambientais, que buscam ampliar as áreas verdes e transformar os jardins verticais em novos componentes na paisagem construída, caracterizando-os como instrumentos de política ambiental urbana.

Embora existam diferentes nomenclaturas, a literatura mostra que determinados termos referem-se apenas a um ou outro modelo baseado nas características de construção.

Os termos “parede verde”, “sistemas de vegetação vertical” e “jardim vertical” referem-se a todos os sistemas que permitem o crescimento e desenvolvimento de vegetação em superfícies verticais, diretamente nas paredes ou em outra estrutura que sustenta a vegetação e esteja presa ou adjacente a elas (PECK et al., 1999; SHARP et al., 2008; KONTOLEON; EUMORFOPOULOU, 2010; PÉREZ et al., 2011; MANSO; CASTRO-GOMES, 2015 *apud* BARBOSA; FONTES, 2016).

4.2 TIPOLOGIAS DE JARDINS VERTICAIS

Os Jardins Verticais classificam-se em fachadas verdes e paredes vivas.

As Fachadas Verdes são um sistema de jardim vertical que implica no uso de substrato (terra), podendo as plantas ser:

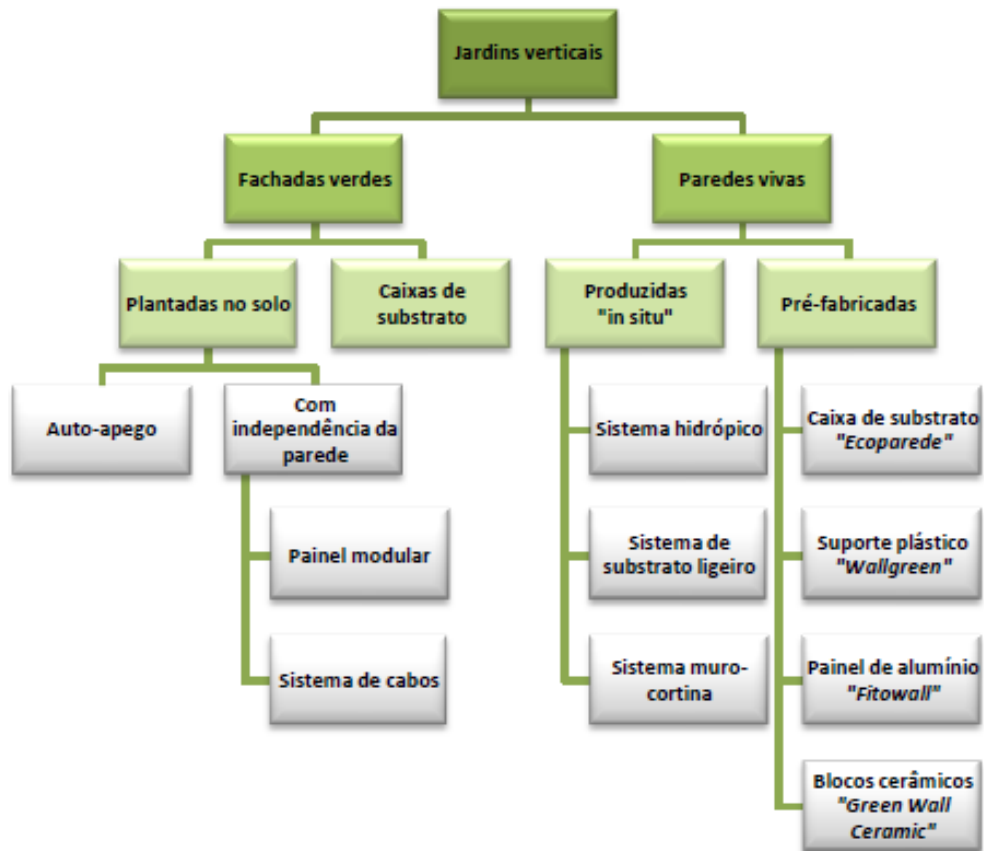
- a) **plantadas no solo:** nesse sistema as plantas possuem suas raízes no solo e crescem ao longo da fachada, tendo a desvantagem de levar cerca de três a cinco anos até cobrir toda a(s) parede(s) da fachada; sua vantagem é ser de fácil montagem e manutenção; podem ser feitas em sistema de auto apego ou com estruturas de suporte independente da parede, onde as plantas mantêm um relativo afastamento da parede estrutural, podendo-se usar painéis modulares ou sistemas de cabo de aço. A distância da parede estrutural possibilita a circulação do ar e contribui para o arrefecimento da superfície;
- b) **plantadas em caixas suspensas de substrato:** nesse sistema o plantio não é feito no solo, mas em caixas de substrato que podem ser posicionadas na margem das fachadas, nas coberturas ou em sistemas de suspensão. Essa modalidade exige um sistema de regas contínuo, uma vez que as plantas não estão enraizadas no solo, e devido ao pequeno espaço disponível nas caixas, elas não podem crescer ilimitadamente.

As Paredes Vivas são sistemas de ajardinamento mais complexos, podendo ser:

- a) **produzidas no local:** esses sistemas são realizados diretamente na parede, aplicando camadas de lã de rocha, feltro ou geotêxteis, que servem de suporte vital às plantas, substituindo o substrato; embora seja necessária a rega constante, é um sistema que permite um interessante jogo de plantas;
- b) **pré-fabricadas:** esses sistemas incluem produtos desenvolvidos por diversas empresas, como por exemplo: caixas de substrato *Ecoparede*, suportes plásticos *Wallgreen*, painéis de alumínio *Fytowall*, blocos pré-fabricados cerâmicos *Green Wall Ceramic*.

A figura 19 apresenta um quadro sintético dos diferentes tipos de jardins verticais.

Figura 19 – Tipologias de Jardins Verticais



Fonte: SOUZA, 2012.

Praticamente nenhum jardim vertical pode sobreviver sem um sistema de irrigação concebido especificamente para esse fim. É importante escolher sistemas concebidos com preocupação ambiental, considerando o aproveitamento das águas das chuvas ou reaproveitamento da própria água usada na rega.

Para Fachadas Verdes não é necessário um sistema próprio de rega se o substrato se encontra no solo. Já as caixas de substrato suspensas exigem a utilização de um sistema automático de regas, uma vez que as plantas não se beneficiam diretamente dos nutrientes vindos do solo. Mas mesmo nesse caso o sistema é simples, constituído por pontos de gotejamento junto à raiz da planta.

Nas Paredes Vivas a sobrevivência das plantas depende quase que exclusivamente de sua rega. A água é o único meio de fazer chegar os nutrientes até a planta. As frequências e quantidades de regas deverão ser estudadas levando-se em conta as condições ambientais.

Os sistemas de rega para Parede Viva Pré-fabricada consistem em sistemas previamente desenvolvidos no projeto visando uma montagem simples e rápida com seu próprio sistema de gotejamento. Os sistemas de rega para Parede Viva produzida no local são mais complexos, pois a isenção de umidade poderá provocar imediata secagem das plantas. Muitas vezes é necessário um sistema eletrônico de controle de nutrientes e de vazão.

A manutenção de um Jardim Vertical implica em uma série de atividades periódicas, como podas, adubações, limpeza de plantas invasoras, substituição de plantas ou de espécies de plantas. A demanda por manutenção varia de acordo com o sistema empregado. Uma grande diversidade de espécies é o segredo para manter um jardim vertical vivo. Essa diversidade ajuda na prevenção de doenças e também contra a proliferação de insetos nocivos.

Cabe ressaltar a importância da inspeção estrutural para garantir a estabilidade da edificação e do próprio jardim vertical. Caso haja uma estrutura de impermeabilização, cabe monitorar o surgimento de possíveis infiltrações.

A manutenção de Fachadas Verdes está associada a uma maior frequência de rega e adição de nutrientes por empregar plantas à base de trepadeiras e videiras. No entanto, as tarefas de poda e educação dos ramos para controlar a correta trajetória e dimensão da vegetação são de menor intensidade. No sistema de cabos eventualmente serão necessários reajustamentos de tensão e substituição de cabos danificados.

A manutenção de Paredes Vivas, devido à densidade e à diversidade de plantas nesses sistemas, requer um nível de manutenção mais intenso e constante, especialmente no caso de florescências e efeitos paisagísticos. A adição de nutrientes deverá ser constante, acontecendo preferencialmente em conjunto com as regas. Na cultura em ausência de solo, sobre um suporte inerte em feltros, geotexteis e outros, não há nenhum suporte nutricional natural para além da grande molécula orgânica tipo COV (Compósitos Orgânicos Voláteis) degradados pela microflora das camadas de rega e transformadas em pequenas moléculas absorvidas pelas raízes das plantas.

É importante salientar que as atividades de poda são constantes nesse tipo de jardim e também a substituição de plantas devido à seca. Um sistema de regas inapropriado pode causar a fuga de água danificando os bolsos de feltro que poderão rasgar provocando a queda da planta. Já a manutenção insuficiente da estrutura pode causar a instabilidade do sistema, podendo a parede viva se soltar da parede estrutural do edifício.

A seleção de plantas para Jardins Verticais deve respeitar o clima local e observar a escolha do sistema adotado. As espécies de plantas devem se adaptar ao sistema escolhido e deverão ser levados em conta aspectos como: volume das raízes, forma de crescimento das plantas, comportamento dentro da comunidade vegetal, compatibilidade entre as espécies e necessidades de regas. Clima, preferência pessoal, aromas, cores e texturas também devem ser levados em consideração.

Nas Fachadas Verdes, devem ser escolhidas plantas que produzam raízes com característica de rápido crescimento.

Nas Paredes Vivas, devido ao substrato mínimo, a escolha deve ser mais cuidadosa e devem ser utilizadas plantas que sobrevivam com pouca dependência de nutrientes, de rápido crescimento e de reduzidas dimensões.

A vegetação pode ser plantada na base das estruturas ou da parede, diretamente no chão ou em jardineiras intermediárias fixadas ao longo da estrutura de suporte. Em sistemas combinados com jardineiras são necessários mecanismos de irrigação e fertilização adequados, com o objetivo de levar água e nutrientes para as plantas que estiverem alguns níveis acima do solo.

Outro fator importante é a dimensão destas jardineiras, pois o tamanho delas é que vai determinar o espaço para desenvolvimento das raízes. Jaafar, Said e Rasidi (2011 *apud* BARBOSA; FONTES, 2016) consideram o mínimo de 30 centímetros de profundidade, mas dependendo da espécie é mais adequado ter 60 centímetros de profundidade e 50 centímetros de largura. Sua fixação deve ser cuidadosamente projetada.

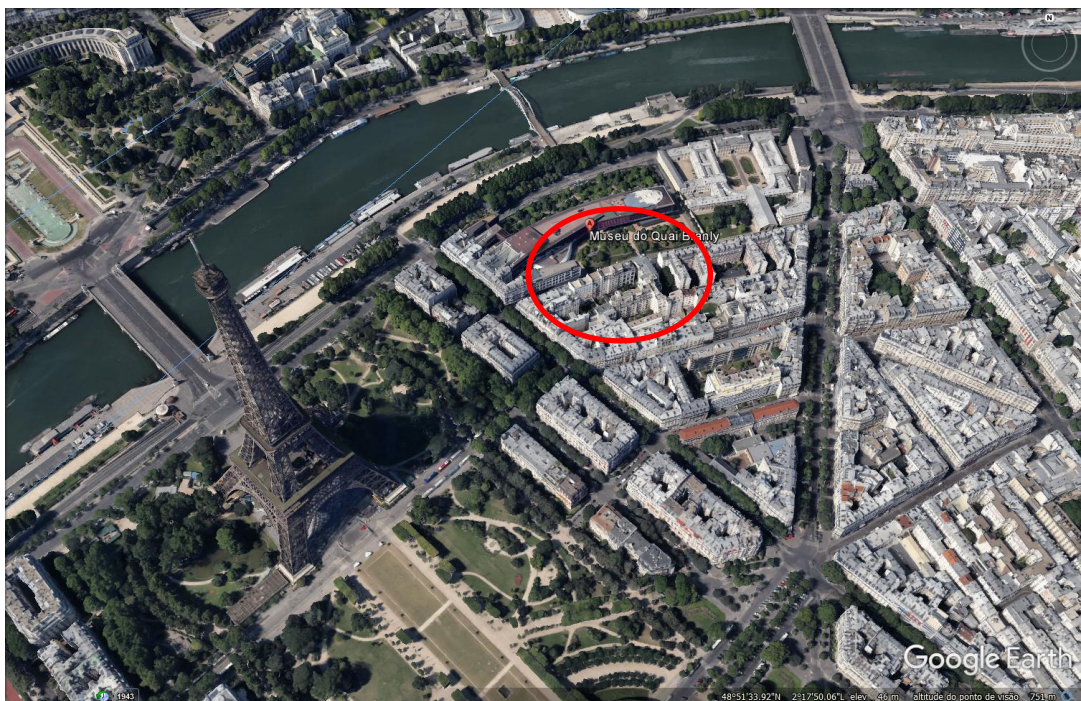
Os fatores impostos pelo clima referem-se à maior ou menor proximidade com a linha do equador, altitude, proximidade com o mar, secas constantes, exposição ao vento, iluminação. A temperatura pode ser uma grande inimiga das plantas. Nos países frios, por exemplo, deve-se optar por plantas rústicas que sobrevivam mesmo com as raízes congeladas. Em regiões quentes, a opção recai sobre espécies resistentes e de baixo consumo de água e nutrientes. Locais expostos ao vento trazem como consequência a secagem do substrato.

4.3 EXEMPLO DE REFERÊNCIA: MUSÉE QUAI BRANLY, PARIS, FRANÇA

O Museu Quai Branly (*Musée Quai Branly*), inaugurado em 2006, localiza-se na cidade de Paris, capital da França, e destaca-se por sua localização e forma construída, que inclui um jardim vertical concebido como parte integrante do projeto de arquitetura da edificação.

Concebido pelo arquiteto francês Jean Nouvel para ser um Museu sobre arte primitiva de todas as civilizações, o Quai Branly foi construído em terreno situado na margem esquerda do Rio Sena, próximo à Torre Eiffel, conforme mostra a Figura 20.

Figura 20 – Localização do Museu Quai Branly, Paris, França



Fonte: Google Earth

Essa localização privilegiada, em um ambiente urbano traçado por Haussmann no final do século XIX e marcado pelas exposições mundiais de 1889 e 1937 foi levada em consideração na concepção da edificação, que se estende pelo terreno em quatro partes.

A primeira parte, de maiores dimensões, é considerada o “coração” do museu e engloba espaços de exposição em cinco pavimentos, um auditório, salas de cinema e espaços para pesquisa e conservação de obras, possuindo terraços com vista para os jardins envolventes

e para marcos urbanos importantes como a Torre Eiffel, o Rio Sena ou o Grande Palácio (*Grand Palais*).

A segunda parte abriga a administração e mais uma sala de cinema, tendo como destaque uma Parede Viva instalada na fachada voltada para o Rio Sena. A terceira parte, destinada a lojas, biblioteca, estúdio de fotografia e gravação de vídeo e sala de leitura, conecta-se diretamente com a segunda parte através de passagens elevadas e transparentes.

A quarta e última parte possui uma livraria aberta ao público e espaços para oficinas de restauração e gestão de coleções (SOUZA, 2012).

Galerias, jardins suspensos e espaços para exposições temporárias complementam um projeto arquitetônico que diferencia explicitamente os diferentes usos dos volumes construídos, conforme pode ser observado na Figura 21

Figura 21 – O Museu Quai Branly e os quatro volumes construídos da edificação



Fonte: <https://www.e-architect.co.uk/paris/musee-quai-branly>

A Parede Viva do Museu Quai Branly, com uma superfície de 800m² mostrada na Figura 22, foi concebida pelo botânico francês Patrick Blanc, pesquisador do *Centre National de la Recherche Scientifique – CNRS* (Centro Nacional da Pesquisa Científica), que é a maior

instituição pública de pesquisa científica da França e uma das mais importantes instituições de pesquisa do mundo.

Patrick Blanc desenvolveu um sistema denominado *Mur Végétal* (Muro Vegetal), uma Parede Viva separada da parede da edificação por uma estrutura metálica em aço inoxidável, que por sua vez suporta uma placa de PVC expandido com 10 mm de espessura e garante o afastamento pretendido. Sobre a placa de PVC são fixadas duas camadas de feltro de 3mm de espessura cada uma, responsáveis pelo suporte das raízes das plantas.

Entre as duas camadas de feltro são colocados tubos perfurados, que têm a função de fazer chegar a solução nutritiva até as raízes das plantas através da água. Esse sistema de três partes é autoportante, sem solo e suficientemente leve para ser pendurado na parede ou mesmo suspenso no ar, pesando menos de 30kg por metro quadrado.

Visando traduzir a vocação do museu, voltado para a arte oriunda de diversas culturas, Patrick Blanc optou pela biodiversidade, utilizando cerca de 15.000 plantas de 150 espécies diferentes, trazidas de diversas partes dos planetas. A Parede Viva protege e isola as paredes do museu, sustentando diversas espécies que dão o colorido da arquitetura. Localizado próximo a Torre Eiffel, dá um interessante contraste para a escultura de ferro mais famosa do mundo.

Figura 22 – Parte da Parede Viva do Museu Quai Branly



Fonte: <http://inhabitat.com/the-musee-du-quai-branly-in-paris-boasts-a-luscious-vertical-garden-by-patrick-blanc/>

4.4 EXEMPLO DE REFERÊNCIA: BOSCO VERTICALE, MILÃO, ITÁLIA

O primeiro exemplo de uma floresta vertical foi inaugurado em 2014 na cidade de Milão, na Itália, denomina-se *Bosco Verticale* e consiste em um empreendimento residencial, composto por edificações multifamiliares que por sua vez fazem parte de um projeto de reabilitação urbana de uma area central de Milão, conhecida por *Porta Nuova*, cuja localização é mostrada na Figura 23.

Figura 23 – Localização do projeto de reabilitação urbana *Porta Nuova*, Milão, Itália



Fonte: Google Earth.

O projeto urbano *Porta Nuova* teve por objetivo reabilitar a antiga área industrial degradada de Milão que engloba três bairros: *Garibaldi*, *Varesine* e *Isola*. Era por esses bairros que passavam os trens ao chegar à *Stazione Milano Centrale*, que até o século XIX se localizava na *Piazza della Repubblica*.

Figura 24 – O projeto *Porta Nuova* e o *Bosco Verticale*, Milão, Itália



Fonte: <https://urbandesigndpoliba.wordpress.com/2015/03/31/porta-nuova-milano/>

O projeto de reabilitação urbana *Porta Nuova* foi concebido segundo alguns princípios de sustentabilidade, como a ênfase no transporte público, a mobilidade não motorizada e o aumento de cobertura vegetal, contribuindo para a redução da emissão de CO². Com cerca de 160.000m² de superfície, a área representa um dos nós intermodais mais importantes da cidade, por onde passam os principais eixos de transporte, com a presença de duas estações ferroviárias, quatro linhas de metrô.

O empreendimento residencial *Bosco Verticale*, foi concebido pelo arquiteto italiano Stefano Boeri com o objetivo de contribuir para o aumento da cobertura vegetal da área. O empreendimento consiste de duas torres, uma de 80 e outra de 112 metros de altura, que abrigam 480 árvores de porte médio e grande e outras 300 de pequeno porte, 11.000 plantas perenes e rasteiras e ainda 5.000 arbustos. Essa quantidade de plantas equivale a uma superfície urbana de 1.500 m² ou a 20.000 m² de floresta de vegetação rasteira. A Figura 25 mostra o empreendimento.

Figura 25 – O empreendimento *Bosco Verticale*, Milão, Itália



Fonte: <http://www.archdaily.com.br/br/778367/edificio-bosco-verticale-boeri-studio>

A Floresta Vertical pode ser classificada como Fachada Verde e se trata de um conceito arquitetônico que substitui os materiais tradicionais nas fachadas das edificações utilizando uma policromia de folhas em suas paredes. O conceito se baseia numa camada de vegetação, necessária para criar o microclima adequado e filtragem da luz solar, contribuindo para a sustentabilidade ambiental. A Figura 26 ilustra o sistema adotado.

Utilizando placas de vidro para otimizar o uso de iluminação natural, a fachada dos edifícios tem varandas proeminentes desuniformes que criam pequenos jardins individuais. O microclima criado pelo empreendimento ajudará na produção de umidade, dando frescor aos apartamentos, e na absorção de gás carbônico. As torres abrigarão ainda sistema de energia solar e de reuso de água para irrigar a vegetação.

O *Bosco Verticale* foi eleito vencedor do *International Highrise Award*, considerado um dos mais importantes prêmios da arquitetura. Concorrendo com outros 800 arranha-céus de 17 países, o projeto foi reconhecido como o prédio do ano de 2014 pelo Museu de Arquitetura de Frankfurt, na Alemanha (<http://www.au.pini.com.br/arquitetura-urbanismo/edificios/primeira-floresta-vertical-do-mundo-e-inaugurada-em-milao-na-335166-1.aspx>).

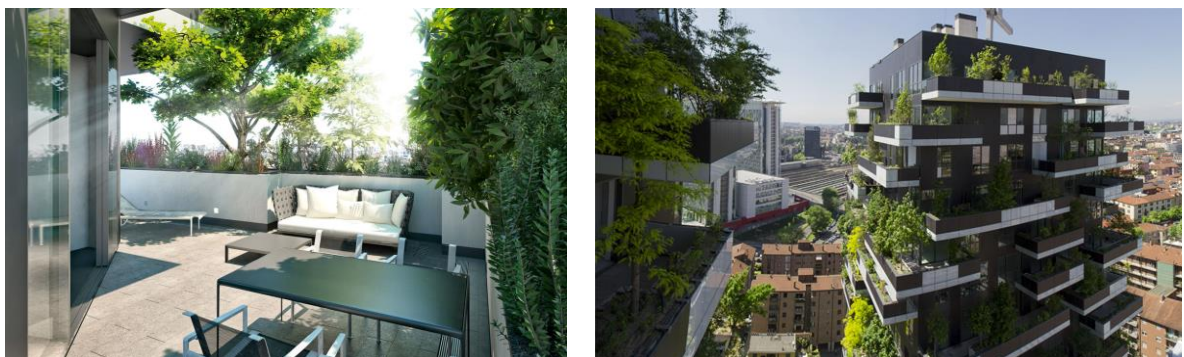
Figura 26 – Sistema de jardim vertical adotado no *Bosco Verticale*, Milão, Itália



Fonte: <http://www.archdaily.com.br/br/778367/edificio-bosco-verticale-boeri-studio>

A Figura 27 apresenta detalhes do jardim vertical do Bosco Verticale.

Figura 27 – Detalhes do jardim vertical adotado no *Bosco Verticale*, Milão, Itália



Fonte: <http://www.archdaily.com.br/br/778367/edificio-bosco-verticale-boeri-studio>

4.5 EXEMPLO DE REFERÊNCIA: EDIFÍCIO HARMONIA 57, SÃO PAULO, BRASIL

O edifício comercial Harmonia 57 foi inaugurado em 2008 e está localizado no bairro Vila Madalena na cidade de São Paulo, Brasil, e sua localização consta na Figura 28.

Figura 28 – Localização do empreendimento *Harmonia 57*, São Paulo, Brasil



Fonte: Google Earth.

Concebido pelo escritório franco-brasileiro Triptyque Architecture, o *Harmonia 57* possui volumetria marcante, apresentando dois grandes blocos vegetais conectados por uma passarela metálica e recortados por janelas e terraços de concreto e vidro, conforme pode ser observado na Figura 29.

No primeiro bloco, encontram-se o térreo e dois pavimentos, cada um com um escritório de 85 m² e terraço. O segundo bloco é formado por três pavimentos e um pequeno estúdio de 40 m² sobre ele. Neste, cada andar possui um escritório de 120 m² e terraço.

As paredes externas de concreto poroso são duplas, grossas e com poros preparados para receber a camada vegetal que funciona como uma pele. Dos poros brotam 5.000 plantas, dando às fachadas uma aparência única e modificável.

Figura 29 – Sistema de jardim vertical do *Harmonia 57*, São Paulo, Brasil



Fonte: <http://www.au.pini.com.br/arquitetura-urbanismo/187/obra-concluida-mencao-honrosa-a-arquitetura-ver-de-153311-1.aspx>

São várias as vantagens oferecidas pela parede dupla. A cobertura de vegetação e o sistema de irrigação podem vir a contribuir para o conforto térmico e acústico ao interior do edifício.

O sistema de captação e armazenamento de água da chuva assegura até 90% de economia de água. Já as grandes aberturas e janelas estrategicamente localizadas permitem o aproveitamento da luz natural, resultando em menor consumo de energia (ar-condicionado, luz e água).

A Figura 30 mostra uma das fachadas do *Harmonia 57*, evidenciando o sistema de irrigação do jardim vertical.

Figura 30 – Sistema de irrigação do jardim vertical do *Harmonia 57*, São Paulo, Brasil



Fonte: <http://www.archdaily.com.br/br/01-16694/harmonia-57-triptyque>

A Figura 31, por sua vez, mostra a volumetria e a fachada lateral do *Harmonia 57*.

Figura 31 – Volumetria e fachada lateral do *Harmonia 57*



Fonte: <http://www.archdaily.com.br/br/01-16694/harmonia-57-triptyque>

4.6 ANÁLISE COMPARATIVA DOS EXEMPLOS DE REFERÊNCIA

Cada um dos exemplos apresenta características e tipologias diferentes. O *Quai Branly* tem a tipologia de Parede Viva idealizada por Patrick Blanc, na qual placas de PVC (Policloreto de Vinila) revestidas de mantas de feltro servem de suporte à vegetação substituindo o seu

substrato. Esse sistema garante o afastamento entre a estrutura verde e a parede da edificação e permite a colocação de 20-30 plantas/m² (GARRIDO, 2011 *apud* SOUSA, 2012), porém apresenta maiores dificuldades para a alimentação das plantas e requer técnicas mais apuradas na fixação das mesmas ao suporte.

No caso do *Bosco Verticale* o arquiteto responsável pelo projeto da edificação adotou a tipologia de Fachada Verde. O projeto de arquitetura incorporou varandas dispostas assimetricamente no edifício com espaços destinados a “jardineiras” para acomodar as plantas, de modo a que o potencial de crescimento das plantas possa ser usado. Nesse caso foram escolhidas plantas comuns encontradas nos jardins das praças das cidades, ajustando-se a escolha àquelas de menor porte, restringidas pelo tamanho da caixa ou jardineira e que terão crescimento compatível com o partido arquitetônico adotado.

No caso do *Harmonia 57* a tipologia de Parede Viva adotada possui características diferentes do partido usado no *Quai Branly*. As paredes do *Harmonia 57* são grossas e feitas em concreto, sendo recobertas por outra parede de concreto poroso, que funciona como uma “pele” em cujos poros brotam as plantas. As tubulações de água são aparentes e interconectadas a um sistema de aproveitamento de água, para consumo não potável na própria edificação, baseado na coleta, tratamento e armazenamento de águas de chuva e da água de drenagem, decorrente do rebaixamento de nível de terreno localizado sobre lençol freático alto.

O Quadro 5 sintetiza e compara as informações relacionadas aos três exemplos de referência escolhidos.

Quadro 5 – Síntese da análise comparativa dos exemplos de referência estudados

	MUSÉE QUAI BRANLY	BOSCO VERTICALE	HARMONIA 57
Localização	Paris, França	Milão, Itália	São Paulo, Brasil
Ano de Inauguração	2006	2014	2008
Concepção	Jean Nouvel	Boeri Studio	Triptyque
Área Construída	40.600m ²	40 000m ²	500m ²
Superfície de Jardim Vertical	800m ²	equivalente a 1.500m ²	dado não encontrado
Tipologia	Parede Viva	Fachada Verde	Parede Viva

Fonte: a autora.

5. CONSIDERAÇÕES FINAIS

5.1 CONCLUSÕES

Ao longo da Dissertação foi abordada a questão da importância do verde na cidade e apresentados diversas maneiras de inseri-lo nas áreas urbanas.

No caso particular dos Jardins Verticais, eles possuem grande potencial estético e funcional, exercendo seu papel de aumentar a cobertura vegetal das cidades densas e proporcionar, ao mesmo tempo, conforto ambiental e visual.

Empresas têm desenvolvido tecnologias inovadoras para permitir seu uso de maneira mais segura e eficaz, buscando solucionar aspectos relacionados à rega, fixação e manutenção.

No Brasil, são poucos os projetos de integração de construções com a natureza que causam impacto social e viabilizam a conscientização na sociedade.

Salienta-se que o Jardim Vertical deve ser tratado como parte integrante de uma rede de infraestrutura verde para que se obtenham resultados melhores em sua aplicação.

Essa dissertação buscou clarificar e sistematizar as questões técnicas e conceituais relacionadas à infraestrutura verde, com foco no detalhamento de uma de suas tipologias, o Jardim Vertical.

Além de descrever cada tipologia de infraestrutura verde adotada em escala urbana, foram descritas também as tipologias de Jardim Vertical existentes, incluindo as questões técnicas relacionadas à rega, à fixação e à manutenção dos diferentes tipos.

Contudo, muitas dúvidas e contradições sobre a eficiência de cada sistema ainda persistem como, por exemplo, a relação entre umidade e danos estruturais pela ação de trepadeiras.

Os exemplos de referência são projetos com qualidade arquitetônica e que contribuem para a melhoria do ambiente urbano no qual estão inseridos, mostrando a concretização da teoria que justifica a necessidade do aumento de cobertura vegetal nas cidades de maneira viável e eficaz.

Os jardins verticais devem ser aplicados coerentemente com o clima do lugar, numa composição ajustada às demais estratégias bioclimáticas aplicadas à edificação e suas fachadas, como por exemplo, em harmonia e compatível com as aberturas (janelas).

Aberturas grandes demais permitem que o calor externo entre tornando o ambiente mais quente. É necessário um equilíbrio entre sombreamento para o sol não entrar no ambiente e o tamanho da janela nas regiões quentes do Brasil. Por outro lado, nas regiões frias o sol e o calor são bem-vindos na maior parte do ano. Não pode existir uma regra geral.

As reflexões e considerações desenvolvidas neste trabalho apontam os Jardins Verticais como uma solução viável para projetos urbanos de infraestrutura verde assim como representam uma contribuição factível para a melhoria do nível de sustentabilidade urbana.

5.2 SUGESTÕES PARA TRABALHOS FUTUROS

Ainda há um longo caminho para um total entendimento da infraestrutura verde e dos jardins verticais, em particular, sendo para isso fundamental o desenvolvimento de estudos mais aprofundados sobre o tema.

A questão do desenvolvimento da tecnologia adequada e resistente ao longo do tempo ainda exige pesquisa de materiais e formas de implantação dos dispositivos nos edifícios, assim como das espécies vegetais mais indicadas para cada caso.

Também ainda são necessários estudos da integração de ações pontuais, como as paredes verdes, com os demais elementos do verde nas cidades.

A presente Dissertação apontou que existem diversas possibilidades reais de tornar as cidades brasileiras mais verdes. Entretanto, ainda há carência de pesquisas tanto para escolha e execução de cada sistema, como também de sua integração com o meio ambiente urbano.

REFERÊNCIAS BIBLIOGRÁFICAS

- ANDRADE, I.E. A Idealização do Espaço Verde Moderno. Cadernos de Arquitetura e Urbanismo. V17, n20. FAU/USP. São Paulo, 2010.
- BAHLS, A.V.S (1998). **O Verde na Metrópole: A Evolução das Praças e Jardins em Curitiba (1885-1916)**. Dissertação de Mestrado. Universidade Federal do Paraná, 1998.
- BARBOSA, M.C.; FONTES, M.S.G.C. “Jardins Verticais: Modelos e Técnicas”. **Revista PARC Pesquisa em Arquitetura e Construção**. v7. v2. p.114-124. Campinas, junho de 2016.
- BENEDICT, M. A.; MCMAHON, E. T. **Green Infrastructure – Linking Landscapes and Communities**. Washington, D.C.: Island Press, 2006.
- CNT. Center for Neighborhood Technology. **The Value of Green Infrastructure. A Guide to Recognizing Its Economic, Environmental and Social Benefits**. Chicago, 2010.
- DAVI, L.M. Alison e Peter Smithson: Uma Arquitetura da Realidade. Dissertação de Mestrado. Universidade Federal do Rio Grande do Sul. Porto Alegre, 2009.
- FARR, D. **Urbanismo Sustentável: Desenho Urbano com a Natureza**. 1 ed. Porto Alegre: Bookman, 2013.
- FIREHOCK, K; WALKER, A. **Strategic Green Infrastructure Planning: a Multi-Scale Approach**. Wasington: Island Press, 2015.
- FRANCO, M.A.R. Planejamento Ambiental para a Cidade Sustentável. São Paulo, Annablume, FAPESP, 2001.
- HERZOG, C. P. **Cidade para todos: (Re)aprendendo a Conviver com a Natureza**. 1 ed. Rio de Janeiro: Mauad X; Inverde, 2013.
- LOURENÇO, I.B. **Rios Urbanos e Paisagens Multifuncionais: O Projeto Paisagístico na Requalificação Urbana e Ambiental**. Dissertação de Mestrado. Programa de Pós-Graduação em Arquitetura Paisagística, FAU/UFRJ, 2013.
- OTTELÉ, M. **The Green Building Envelope: Vertical Greening**. University of Delft. Delft, 2011.
- PANZINI, F. **Projetar a Natureza: Arquitetura da Paisagem e dos Jardins desde as Origens até a Época Contemporânea**. São Paulo: SENAC, 2013.
- QUEIROGA, E.F. Sistemas de Espaços Livres e Esfera Pública em Metrópoles Brasileiras. In: RESGATE. Revista Interdisciplinar de Cultura. vol. XIX, nº21, pp. 25-35. Campinas: UNICAMP, jan/jun 2011.
- RIVALDO, S.; ROSSI, A.M.G. **Integrando a Paisagem Natural à Infraestrutura Urbana através da Abordagem da Infraestrutura Verde**. XVI Encontro Nacional de Tecnologia do Ambiente Construído. São Paulo, 21 a 23 de setembro de 2016.
- ROGERS, R.; GUMUCHDJIAN, P. **Cidades para um Pequeno Planeta**. Trad. Anita Regina

Di Marco. Barcelona: Gustavo Gili, 2008.

ROUSE, D.C.; BUNSTER-OSSA, I. F. **Green Infrastructure: A Landscape Approach. Report Number 571.** Chicago: Planning Advisory Service. American Planning Association, 2013.

SÃO PAULO (Estado). **Decreto nº 55.994**, de 10 de março de 2015. Introduz alterações no artigo 4º do Decreto nº 53.889, de 08 de maio de 2013, que regulamenta o termo de compromisso ambiental – TCA. Diário Oficial, São Paulo, SP, 11 de mar. de 2015.

SILVA, G.J.A.; ROMERO, M.A.B. **Novos Paradigmas do Urbanismo Sustentável no Brasil: Revisão de Conceitos Urbanos para o Século XXI.** In: PLURIS 2010: 4º Congresso Luso-Brasileiro para o Planeamento Urbano, Regional, Integrado e Sustentável. Universidade do Algarve, Faro, Portugal, 2010.

SINGAPORE. Public Utilities Board – PUB. Singapore’s National Water Agency. **Active Beautiful Clean Waters. Design Guidelines.** 3rd. Edition. Singapore, 2014.

SOUSA, R.B. **Jardins Verticais: um Contributo para os espaços Verdes Urbanos e Oportunidade na Reabilitação do Edificado.** Dissertação de Mestrado. Mestrado Integrado em Arquitectura. Universidade Lusófona do Porto. Porto, 2012.

UN-HABITAT. United Nations Human Settlements Programme. **World Cities Report 2016. Urbanization and Development. Emerging Futures.** Nairobi, 2016.

UNIÃO EUROPEIA. **The EU Strategy on Green Infrastructure.** Bruxelas, 2013. Disponível em: http://ec.europa.eu/environment/nature/ecosystems/strategy/index_en.htm. Acesso em 13/04/2017.

VASCONCELLOS, A. A. **Infraestrutura Verde Aplicada ao Planeamento da Ocupação Urbana na Bacia Ambiental do Córrego D’Antas, Nova Friburgo – RJ.** Dissertação de Mestrado em Engenharia Urbana e Ambiental. PUC/RJ, Rio de Janeiro, 2011.