

UNIVERSIDADE ESTADUAL DE CAMPINAS
FACULDADE DE TECNOLOGIA - CAMPUS I LIMEIRA

GABRIELA DE PAULA

**TELHADOS VERDES NO CONTEXTO DE CIDADES SUSTENTÁVEIS:
ASPECTOS TÉCNICOS E LEGAIS**

Limeira
2019

GABRIELA DE PAULA

**TELHADOS VERDES NO CONTEXTO DE CIDADES SUSTENTÁVEIS:
ASPECTOS TÉCNICOS E LEGAIS**

Trabalho de Conclusão de Curso apresentado à Faculdade de Tecnologia da Universidade Estadual de Campinas como parte dos requisitos exigidos para a obtenção do título de Bacharel em Engenharia Ambiental.

Orientador: Prof. Dr. Felipe Benavente Canteras

Co-orientador: Prof. Dr. Rafael Costa Freiria

LIMEIRA

2019

RESUMO

Este trabalho tem como objetivo analisar se os Telhados Verdes Extensivos cumprem requisitos propostos em legislações e Políticas Públicas em vigor no que se refere à prestação de serviços ambientais em áreas urbanas e o desenvolvimento sustentável. Para atingir este objetivo, realizou-se revisão bibliográfica de artigos e trabalhos científicos relacionados aos critérios técnicos dos temas de infraestruturas verdes e telhados verdes. Também foi feito levantamento e análise de conteúdo de legislações e Políticas Públicas relacionadas aos mesmos temas nos níveis federal, estadual e municipal dentro da bacia hidrográfica dos rios Piracicaba, Capivari e Jundiaí. Os resultados mostram que os Telhados Verdes Extensivos possuem características técnicas que permitem que eles prestem os serviços ambientais reguladores de clima, disponibilidade hídrica e de qualidade do ar. Estes serviços são incentivados em diversas Políticas nacionais, algumas Políticas e Programas estaduais e Programas e Projetos municipais. A maioria deles atua de forma indireta já que se aplicam mais amplamente à recuperação de áreas de proteção ou rurais. Um exemplo de incentivo direto é o IPTU Verde aplicado pela Prefeitura Municipal de Jundiaí, o qual prevê benefício fiscal para imóveis que adotem telhados verdes. Assim conclui-se que os Telhados Verdes Extensivos cumprem os requisitos propostos em legislações e Políticas Públicas que incentivam a prestação de serviços ambientais. Porém, fica clara a necessidade de estruturação dentro de todos os entes federativos para que iniciativas como a de Jundiaí possuam referencial institucional e ganhem estabilidade, garantindo que o incentivo aos serviços ambientais perdure e promova a adaptação do ambiente urbano no enfrentamento das questões ambientais derivadas da expansão urbana desordenada.

Palavras-chave: Infraestrutura verde, Telhado verde, Serviços ambientais, Políticas Públicas.

ABSTRACT

This study aims to analyze whether Extensive Green Roofs meet the requirements proposed in current public policies and legislations regarding the provision of environmental services in urban areas and the sustainable development. In order to achieve this objective, it was carried out a bibliographic review of scientific articles and studies related to the technical criteria of themes such as green infrastructures and green roofs. It was also surveyed and analyzed the content of laws and public policies related to the same themes at the federal, state and municipal levels within the Piracicaba, Capivari and Jundiaí river basin. The results show that Extensive Green Roofs have technical characteristics that allow them to provide environmental services such as climate regulation, water availability and air quality. These services are encouraged in several national policies, some state policies and programs, and municipal programs and projects. Most of them apply indirectly to the restoration of protected or rural areas. An example of direct incentive is the Green Property Tax applied in Jundiaí City, which provides tax benefits for properties that adopt green roofs. In conclusion, Extensive Green Roofs meet the requirements proposed in legislation and public policies that encourage the provision of environmental services. However, it is necessary to structure within all federative entities so that initiatives such as Jundiaí's have institutional reference and gain stability ensuring that the incentive to environmental services endures and promotes urban environment adaptation to address environmental issues from unplanned urban sprawl.

Keywords: Green infrastructure, Green roof, Environmental services, Public Policy.

SUMÁRIO

1 INTRODUÇÃO	5
2 OBJETIVO GERAL	7
2.1 Objetivos Específicos.....	7
3 METODOLOGIA	7
3.1 Da seleção de artigos científicos	7
3.2 Da seleção de legislações	8
3.3 Da relação entre aspectos técnicos e legais.....	8
4 REVISÃO BIBLIOGRÁFICA	9
4.1 Elementos técnicos.....	9
4.1.1 Infraestruturas Cinzas – Modelo atual e Impactos.....	9
4.1.2 Cidades Sustentáveis e Inteligentes.....	10
4.1.3 Infraestruturas Verdes Urbanas.....	11
4.1.4 Telhados Verdes.....	14
4.1.4.1 Telhado Verde Extensivo	15
4.1.5 Serviços Ecossistêmicos e Ambientais.....	16
4.1.5.1 Serviços Ambientais prestados pelo TVE.....	17
4.2 Elementos legais.....	24
4.2.1 Voltados ao meio ambiente	25
4.2.2 Voltados ao meio urbano.....	33
5 DISCUSSÃO	37
5.1 Regulação térmica.....	37
5.2 Regulação hídrica	38
5.3 Regulação da qualidade do ar	39
5.4 Regulação do meio ambiente urbano	39
6 CONCLUSÃO	40
7 REFERÊNCIAS	41

LISTA DE ABREVIATURAS E SIGLAS

IV	Infraestrutura Verde
TV	Telhado Verde
TVE	Telhado Verde Extensivo
CONAMA	Conselho Nacional de Meio Ambiente
CETESB	Companhia Ambiental do Estado de São Paulo
PP	Políticas Públicas
CF	Constituição Federal
PNMA	Política Nacional de Meio Ambiente
PNMC	Política Nacional de Mudanças do Clima
PNSB	Política Nacional de Saneamento Básico
ANA	Agência Nacional de Águas
PNRH	Política Nacional de Recursos Hídricos
PNPSA	Política Nacional de Pagamento por Serviços Ambientais
PEMA	Política Estadual de Meio Ambiente
PEMC	Política Estadual de Mudanças Climáticas
PECCS	Programa Estadual de Construção Civil Sustentável
PERH	Política Estadual de Recursos Hídricos
PCJ	Piracicaba, Capivari e Jundiá
PPSA	Programa de Pagamento por Serviços Ambientais
IPTU	Imposto Predial e Territorial Urbano

1 INTRODUÇÃO

Antes mesmo da aprovação da Constituição Federal de 1988 (BRASIL, 1988) e da publicação da Lei Federal 10.257/2001 (BRASIL, 2001), que estabelece diretrizes gerais da política urbana e é conhecida como Estatuto da Cidade, a base das estruturas urbanas tem sido o concreto e suas infraestruturas cinzas. As infraestruturas cinzas são largamente utilizadas nas grandes cidades, uma vez que são tecnologias convencionais que buscam a solução dos problemas por meio da engenharia civil, sendo aplicadas aos sistemas de energia, águas e esgotos, incluindo as soluções convencionais de drenagem urbana. Exemplos clássicos são as vias, telhados, estacionamentos e demais sistemas de drenagem pluvial, que devido às suas características e propriedades geram diversos problemas ambientais e urbanísticos (ONUMAA; TSUGE, 2018).

Estas estruturas em geral são monofuncionais e caracterizadas pelo alto consumo energético em seu ciclo de vida, alta absorção e retenção de calor que influenciam na formação de ilhas de calor (JIANG; TANG, 2017; UNGARO *et al*, 2014). Também causam a impermeabilização do solo, carreamento de partículas por aumento do escoamento superficial de água, assoreamento de corpos d'água, e elevam o potencial de contaminação de solo, águas superficiais e subterrâneas (HERZOG; ROSA, 2010). Segundo o censo de 2010 cerca de 84% da população brasileira reside em áreas urbanas (IBGE, 2010), gerando uma demanda dessas infraestruturas maior do que elas conseguem atender.

Com a Agenda 2030 dos Objetivos de Desenvolvimento Sustentável das Nações Unidas (UN, 2015), espera-se um incentivo de políticas públicas que fomentem atividades intergeracionais, economicamente viáveis, ambientalmente adequadas e que reforcem a justiça social. No Brasil isso já é internalizado, por exemplo, pela Lei Federal 8.666 de 21 de junho de 1993 (BRASIL 1993a), que recebeu alteração pela Lei Federal 12.349 de 15 de dezembro de 2010 (BRASIL, 2010), acrescentando no seu Art. 3º, que a licitação pública deve consistir em forma de promoção do desenvolvimento sustentável.

Neste contexto, observa-se um crescente interesse nacional e internacional sobre cidades inteligentes, que trazem uma combinação de sistemas de informações, como sensores e programas, e tecnologias de comunicação aliadas à materiais

sustentáveis aplicados às estruturas urbanas a fim de otimizá-las (SONG; SRINIVASAN, 2017).

Como resultado dessa integração interdisciplinar, tem-se as infraestruturas verdes urbanas que atuam como redes multifuncionais e adaptáveis, compostas por fragmentos permeáveis e vegetados. São, portanto, planejadas para apresentar alto desempenho em diversas funções, dentre as quais, o restabelecimento dos processos naturais mimetizando-os, promovendo a desimpermeabilização de áreas pavimentadas através da filtração, infiltração, detenção e retenção de águas pluviais, amenizando a variação térmica dentro de edificações e de ilhas de calor, melhorando a qualidade do ar, ou seja, estimulando a economia dentro do paradigma do desenvolvimento sustentável (BENEDICT; MCMAHON, 2006).

O telhado verde é uma infraestrutura verde onde sob a laje convencional de telhado são dispostas camadas de vegetação, substrato, drenagem e geomembranas, configuração que possibilita que o telhado verde preste diversos serviços ambientais trazendo benefícios privados e públicos. Os privados estão associados ao proprietário e ocupantes da edificação que tem telhados verdes, sendo eles menor custo global, menor consumo de energia em seu ciclo de vida devido aos materiais utilizados, maior conforto térmico através da redução da temperatura interna e a preservação da umidade e a possibilidade de aproveitamento da água da chuva para reuso (FARIAS, 2012; PORCARO *et al*, 2019).

Os benefícios públicos implicam na vida de toda a comunidade de entorno sendo eles a mitigação dos efeitos das ilhas de calor (BESIR; CUCE, 2018), maior retenção de água da chuva aliviando os sistemas de drenagem e evitando pontos de alagamento (RESENDE *et al*, 2019), melhora da qualidade do ar (GETTER *et al*, 2009), abertura de oportunidades para a agricultura urbana e maior integração com a biodiversidade (HOPKINS; GOODWIN, 2011).

Tendo em vista os serviços ambientais prestados pelos telhados verdes e a já iniciada pressão sobre legislações e políticas públicas para incentivar o paradigma da sustentabilidade, este trabalho é motivado pela hipótese de que os telhados verdes cumprem demandas de legislações já em vigor, passíveis de serem ampliadas e aprimoradas, podendo então se tornar instrumento operacional de concretização de ações sustentáveis, acelerando o movimento de adaptação do ambiente urbano no enfrentamento de questões ambientais.

2 OBJETIVO GERAL

Fazer o levantamento dos critérios técnicos de telhados verdes extensivos que possibilitam a prestação de serviços ambientais. Levantar e detalhar os serviços ambientais prestados que configuram os telhados verdes extensivos como instrumento prático de cumprimento de legislações em vigor observando potencialidades e fragilidades destas.

2.1 Objetivos Específicos

- Levantar e detalhar serviços ambientais prestados por telhados verdes;
- Levantar legislações e políticas públicas em contexto nacional, estadual e municipal sobre infraestruturas verdes;
- Realizar a análise de conteúdo dos documentos levantados;
- Correlacionar as legislações e políticas públicas vigentes com as características técnicas de telhados verdes.

3 METODOLOGIA

A metodologia adotada no presente trabalho é de revisão bibliográfica de trabalhos científicos sobre o grande tema de infraestrutura verde, e levantamento e análise de conteúdo de legislações nacionais sobre meio ambiente e organização do ambiente urbano. Com isso, busca-se avaliar como os TVE são um instrumento viável para promoção de serviços ambientais e adequação do ambiente urbano no enfrentamento de suas questões ambientais apontando como a legislação atual já estimula esse tipo de solução. Além disso, busca-se influenciar na construção de novas políticas públicas que utilizem esse tipo de estrutura para promover o desenvolvimento sustentável e a melhoria da qualidade de vida em escalas locais e regionais.

3.1 Da seleção de artigos científicos

Foram consultadas as bases Science Direct, Scielo, Google Acadêmico, Biblioteca Digital Brasileira de Teses e Dissertações (BDTD) e livros sobre o tema. A busca por artigos se deu através das palavras chaves como: infraestrutura cinza,

superfícies impermeabilizadas, impactos da urbanização, temperatura urbana, temperatura urbana, qualidade do ar urbano, cidades sustentáveis, cidades inteligentes, infraestrutura verde, telhados verdes, serviços ecossistêmicos, serviços ambientais, entre outras.

Os artigos pesquisados em inglês e português foram filtrados por ano de publicação onde considerou-se apenas artigos publicados há menos de 20 anos.

3.2 Da seleção de legislações

As legislações revisadas por este trabalho foram extraídas diretamente da plataforma online dos governos federais, estaduais e municipais. O recorte territorial começa em nível federal e depois estadual sendo o Estado de São Paulo o escolhido por possuir o histórico vanguardista em legislações ambientais. Para o recorte local foi utilizada a bacia hidrográfica pensando na unidade internacional de planejamento e gerenciamento ambiental, tomando a Unidade de Gerenciamento de Recursos Hídricos 5 ou Bacia PCJ.

Foram selecionadas legislações em vigor até a publicação deste trabalho e algumas ainda em fase final de tramitação devido à sua relevância e proximidade com os temas anteriormente citados.

3.3 Da relação entre aspectos técnicos e legais

A fim de alcançar o objetivo do trabalho a partir da revisão de artigos e legislações buscou-se fazer a relação entre os aspectos técnicos do TVE que possibilitam a prestação dos serviços ambientais demandados e incentivados por legislações existentes sobre conservação do meio ambiente e planejamento urbano sustentável.

Buscou-se também encontrar pontos potenciais de legislações onde o TVE atue como ferramenta influenciadora de políticas públicas para a restauração dos serviços ecossistêmicos no ambiente urbano melhorando a qualidade de vida local e regional.

4 REVISÃO BIBLIOGRÁFICA

4.1 Elementos técnicos

4.1.1 Infraestruturas Cinzas – Modelo atual e Impactos

A estrutura urbana conta com infraestruturas monofuncionais que são planejadas e executadas tendo o concreto como material básico e sendo assim denominadas infraestruturas cinzas (ONUMAA; TSUGE, 2018). Alguns exemplos são telhados e paredes em edificações, vias e estacionamentos em sistemas de transporte, canais e tubulações em sistemas de saneamento, drenagem e energia, todos construídos à base de recursos naturais e com alta emissão carbono em seu ciclo de vida (YE *et al*, 2018).

As infraestruturas cinzas possuem características que associadas a seu uso indiscriminado devido à expansão urbana desenfreada e não planejada causam problemas ambientais e urbanísticos. Uma dessas características é alta impermeabilidade que, em eventos de precipitação, leva ao aumento do escoamento superficial, ou seja, o aumento do volume da água escoada pelas superfícies (UNGARO *et al*, 2014). Esse volume é utilizado como parâmetro de projeto de sistemas de micro e macrodrenagem. Estes sistemas uma vez dimensionados se tornam insuficientes ao tentar atender uma demanda crescente causada pelo aumento das populações e da área impermeabilizada urbana (LI *et al*, 2018a). Essa insuficiência, agravada pelas mudanças climáticas, causa impactos como pontos de alagamento, carreamento de poluentes, assoreamento de corpos d'água e degradação dos ecossistemas aquáticos, além de desviar o fluxo de água das áreas de recarga de aquífero (FERREIRA; WALSH; FERREIRA, A., 2018; MUKHERJEEA; TAKARA, 2018).

Outra característica da substituição de sistemas naturais por infraestruturas em concreto, é a alta absorção de calor durante o dia e a lenta emissão desse calor durante a noite (JIANG; TANG, 2017). Esse acúmulo de calor somado às emissões provenientes de atividades humanas nos ambientes urbanos, como processos industriais e o sistema de transporte, causa a formação de ilhas de calor (LEVERMORE *et al*, 2018).

As ilhas de calor trazem mudanças no ambiente interno das edificações e no microclima regional. Em ambientes internos observa-se o aumento da temperatura

que degrada o conforto térmico e eleva o consumo energético de equipamentos de 2 a 4% com o aumento de temperatura de 1°C (AKBARI; POMERAN; ZHTAHA, 2001; MOHAJERANI; BAKARIC; JEFFREY-BAILEY, 2017). Em ambientes externos, ainda há a contribuição dos pavimentos asfálticos que absorvem até 95% do calor irradiado pelo sol. Para a cidade o aumento de temperatura varia de 5 a 15°C (SANTAMOURIS, 2013). Esse elevado aumento de temperatura causa alterações no microclima, eleva a concentração de poluentes atmosféricos e aumenta a demanda energética de equipamentos e instalações.

Estes impactos são ainda agravados pela supressão de vegetação que também levam à fragmentação da paisagem alterando as funcionalidades de grandes áreas, alteram o ciclo do carbono com a redução da retirada de carbono da atmosfera (BUCHHOLZ, 2016) e ainda causa uma degradação sensorial da população que vive em ambientes altamente urbanizados (LUCK *et al*, 2011).

Com as diversas alterações ambientais provocadas pela expansão urbana não planejada a qualidade de vida fica prejudicada por não ter o suporte de processos reguladores naturais. Através da tecnologia e planejamento é possível recuperar e aumentar a qualidade de vida em ambientes urbanos, porém, é um processo lento por estar condicionado à restauração dos sistemas ecológicos dessas áreas (XU; DONG; YANG, 2018).

4.1.2 Cidades Sustentáveis e Inteligentes

Seguindo o paradigma do desenvolvimento sustentável, reforçado no próprio Estatuto da Cidade em seu artigo 2º, surge a discussão de cidades inteligentes e cidades sustentáveis (BRASIL, 2001). Elas integram novas tecnologias de diversas áreas à diferentes estratégias de planejamento urbano com o objetivo de garantir maior eficiência das estruturas, menor consumo energético e um planeta adequadamente habitável com recursos naturais suficientes para as presentes e futuras gerações (MACKE; SARATE; MOSCHEN, 2019).

As cidades inteligentes trazem o uso de tecnologias de informação e comunicação que proporcionam precisão, controle e eficácia na gestão de serviços urbanos impactando positivamente no desempenho das cidades em estratégias de mobilidade, saneamento, infraestrutura, entre outros (AHVENNIEMI, 2016).

Cidades sustentáveis, um conceito ainda não bem definido na literatura, buscam aliar o controle, precisão e eficácia das cidades inteligentes com tecnologias

estruturais associadas à visão holística e integrada de governo e sociedade afim de mitigar os problemas enfrentados no ambiente urbano em âmbito econômico, social, ambiental e cultural (MACKE; SARATE; MOSCHEN, 2019).

Devido à soma de todas essas questões complexas e por tratar-se de uma mudança de paradigma de como a sociedade enxerga a implicação de suas posições e ações para o meio ambiente, toma-se a expressão de transição para cidades sustentáveis. Este processo de transição necessita de instrumentos eficazes que promovam sua evolução, ou seja, ferramentas eficazes projetadas com conhecimento técnico pelos gestores que sejam efetivamente utilizadas pela população de maneira geral (OLIVEIRA, 2016).

4.1.3 Infraestruturas Verdes Urbanas

Conciliar o emprego de novas tecnologias sustentáveis com edificações já estabelecidas e reforçá-lo em novas construções é o desafio da infraestrutura verde urbana. As infraestruturas verdes (IV) são elementos permeáveis e vegetados que mimetizam ecossistemas naturais. Estas podem ser combinadas com infraestruturas cinzas a fim de mitigar impactos e aumentar eficiência. Apesar da escassez de estudos e divergência entre autores sobre a classificação das infraestruturas verdes, elas podem ser diferenciadas quanto a escala em quatro gêneros, sendo eles: local, regional, estadual e nacional (KOC; OSMOND; PETERS, 2017).

A infraestrutura local é aquela de pequeno porte, associada às edificações que terão domínio único público ou privado (Figura 1). São exemplos deste gênero: paredes e telhados verdes, jardim de chuva, pisos drenantes. Estas terão efeito sobre o microclima, microdrenagem de superfícies e biodiversidade local (RAHMAN *et al*, 2017).

Figura 1 - Infraestrutura verde local



Fonte: Próprio autor.

Já a IV regional tem escala de comunidade, portanto seus benefícios atingem simultaneamente várias pessoas. Como exemplos pode-se citar as biovaletas, canteiros pluviais, lagoas de infiltração, bioengenharia de encostas e taludes (Figura 2). Apresentam grande influência sob os sistemas de macrodrenagem urbana, sob o clima regional e sob a biodiversidade na escala dos ecossistemas.

Figura 2 - Infraestrutura verde de escala regional

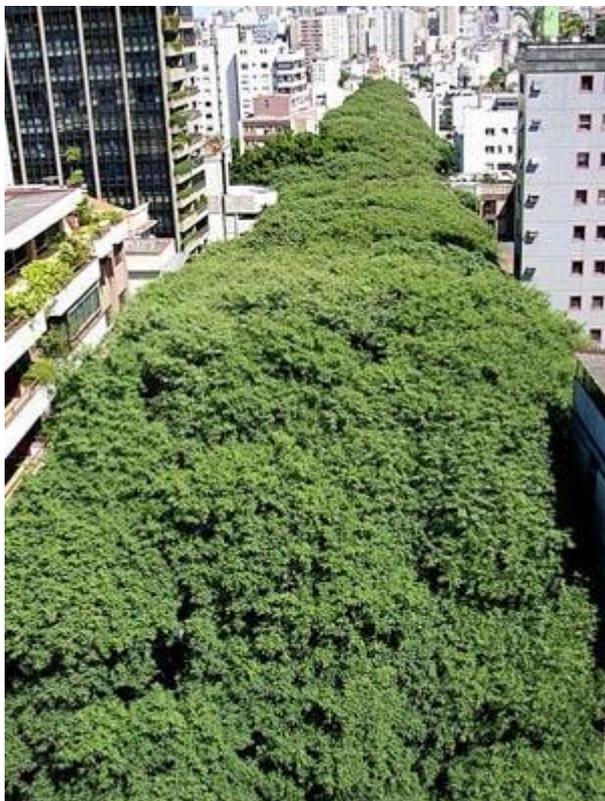


Fonte: MARTIN, 2011

A infraestrutura estadual é composta pela somatória das infraestruturas locais e regionais e ainda contém grandes espaços abertos e com cobertura vegetal como

os corredores verdes e parques (Figura 3). Seus benefícios também compõem uma somatória que vai influenciar a drenagem em escala de bacias hidrográficas, a biodiversidade em nível de biomas e o clima em maior escala.

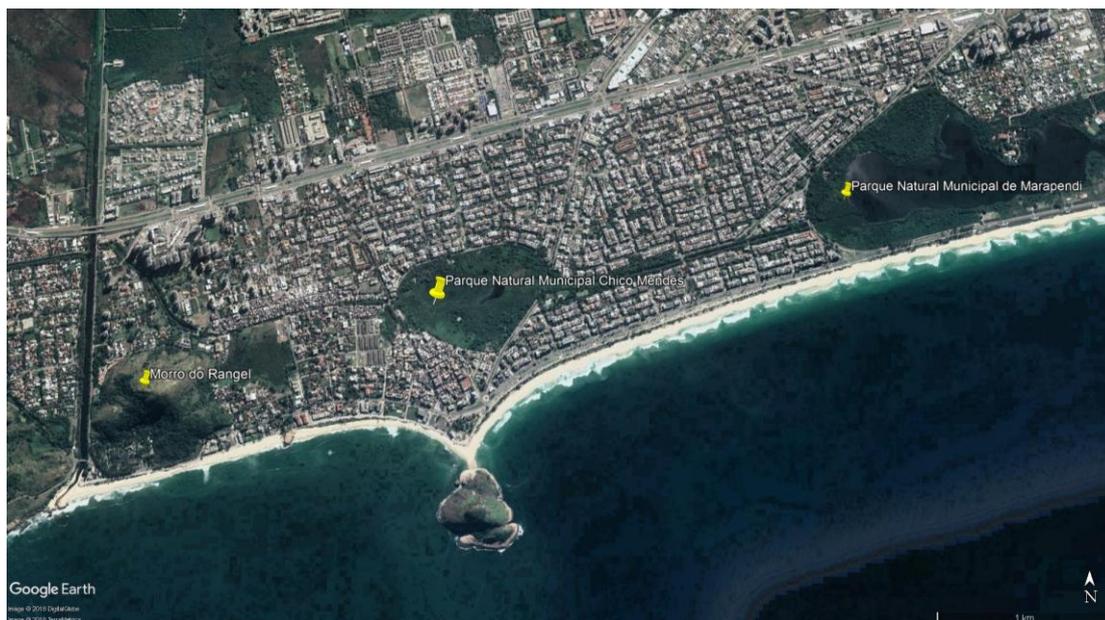
Figura 3 - Corredor verde da Rua Gonçalo de Carvalho em Porto Alegre



Fonte: STRICHER, 2012.

A infraestrutura nacional é composta pela interligação das infraestruturas estaduais (Figura 4). Formam grandes redes naturais de circulação de material biológico e genético. Vão influenciar o clima global como um todo já que tratam de grandes extensões de vegetação (BENEDICT; MCMAHON, 2002).

Figura 4 - Corredor verde conectando três elementos naturais no Recreio dos Bandeirantes no Rio de Janeiro



Fonte: Google Earth, 2018

4.1.4 Telhados Verdes

Dentre as infraestruturas verdes locais, destaca-se o telhado verde, que é uma estrutura vegetada instalada na laje de edificações substituindo o telhado em cerâmica convencional. Por ser composto de camadas, pode ser classificado de algumas formas quanto as diferentes configurações possíveis.

A classificação pode ser de acordo com o porte de vegetação utilizada no TV, sendo extensivo se utilizadas plantas rasteiras ou de pequeno porte, o que garante pouca manutenção. Semi-intensivo, se utilizadas plantas arbustivas ou de médio porte, apresentando um nível de manutenção e custo mais elevado que o primeiro. E intensivos, que utilizam plantas de grande porte como árvores apresentando os maiores números em custo e manutenção (VIJAYARAGHAVAN; RAJA, 2014).

Os TV podem ainda ser classificados como contínuos ou modulares. Os contínuos são alocados diretamente em contato com a laje da edificação. Os modulares têm suas camadas montadas sobre uma estrutura ou módulos apoiados na laje evitando o contato direto (TEIXEIRA, 2013).

A escolha das configurações possíveis de telhado verde implicará na variação de peso da estrutura, não só devido aos elementos empregados em cada tipo de telhado verde e em cada camada, mas também ao volume de água que cada tipo pode reter. Telhados extensivos podem variar seu peso de 60 a 150 kg/m² de telhado,

os semiextensivos chegam a uma variação de 120 a 200 kg/m² e os intensivos podem variar entre 180 e 500 kg/m² (SKJELDRUMA; KVANDE, 2017)

Com isso, a estrutura da edificação deve ser dimensionada considerando essa variação de peso. Para edificações já estabelecidas deve-se levar em conta o peso que a estrutura pode suportar na escolha do tipo de TV, por ser a opção mais leve, o TV extensivo é o que se apresenta como alternativa mais viável.

4.1.4.1 Telhado Verde Extensivo

Visando estender a abrangência das políticas públicas não só às novas construções, mas também às já consolidadas, escolheu-se o Telhado Verde Extensivo (TVE) como foco deste estudo dada sua possibilidade de configuração compacta e de fácil adaptação às estruturas de telhados já existentes.

A utilização de plantas rasteiras ou de pequeno porte possibilita várias configurações das camadas do telhado. Contudo, faz-se necessária a preparação da laje com camada impermeabilizante devido ao frequente acúmulo e passagem de água. Em seguida, é possível escolher diversas configurações de camadas drenantes, de substrato e de separação. A escolha dessa configuração implica diretamente nos serviços prestados pela estrutura do telhado (TAM; WANG; LE, 2016).

A camada de drenagem pode ser composta por quaisquer estruturas porosas que propiciem elevados índices de vazio. Alguns exemplos são agregados naturais como brita e argila expandida ou artificiais como elementos em concreto ou plástico. A escolha dos materiais influencia no peso da estrutura e na qualidade água que pode ser coletada e reaproveitada.

Camadas de separação podem ser projetadas com o uso de manta antirraiz para separar a laje de concreto da ação invasiva das raízes. Também pode ser utilizada como elemento divisor das camadas as membranas geotêxteis que vão atuar retraindo o substrato, evitando que ele seja carregado por toda a estrutura do telhado.

A camada de substrato proporcionará a estrutura e os nutrientes necessários ao desenvolvimento das plantas. Também devido ao desenvolvimento vegetal, é a camada que retém maior volume de água o que aumenta o potencial regulador de temperatura da estrutura (SPEAK *et al*, 2013; WANG, C. *et al*, 20156).

Finalmente, a camada vegetal que cobre toda a estrutura do TVE contém as plantas que podem variar em espécie, porém devem restringir-se às de pequeno porte.

Suculentas são largamente utilizadas por não demandarem irrigação. Entretanto, vê-se o uso de gramíneas, musgos e até ervas (MECHELEN; DUTOIT; HERMY, 2015).

4.1.5 Serviços Ecosistêmicos e Ambientais

Ecosistemas são sistemas complexos compostos por organismos e relações naturais. Os organismos produtores, consumidores e decompositores, relacionam-se entre si e com o ambiente que habitam, através de diversos processos físico-químicos estabelecendo fluxos de energia e matéria fundamentais à sua sobrevivência. O ser humano como parte do ecossistema terrestre tem necessidade fundamental à comida, água, ar limpo, abrigo e também depende de outras espécies, processos e relações existentes na Terra (WHO, 2005).

Os Serviços Ecosistêmicos são os resultados obtidos da combinação das características e condições de um ecossistema. Suas características contam com seus indivíduos, estruturas e processos, já suas condições refletem a integridade e qualidade de suas características, ou seja, se seus indivíduos ou estruturas estão disponíveis em quantidade e qualidade para manter os processos. Ecosistemas que possuem suas características íntegras e em boas condições serão prestadores de serviços que contribuem para o equilíbrio dinâmico da vida. Aqueles que não contam com todos os elementos característicos ou que estão em condições ruins, prestam serviços deficientes. Aqueles cuja estrutura é provida pelo homem e atuam diretamente como influenciadores do bem-estar e da melhoria de qualidade de vida são chamados de Serviços Ambientais (TEEB, 2010).

Estes serviços podem ser classificados em quatro categorias. Serviços de provisão, que são a oferta de bens de consumo naturais como alimento, água, madeira, fibras, combustíveis, recursos genéticos, fármacos etc. Os serviços reguladores são resultado dos processos ecosistêmicos que regulam condições ambientais como a regulação local e global do clima, regulação de gases e da qualidade do ar, moderação e prevenção de desastres, recarga de aquíferos, (ZHANG; RAMÍREZ, 2019). Já os serviços de suporte são serviços intermediários que produzem ou mantêm os demais como o ciclo da água, formação do solo etc. E ainda os serviços culturais que agregam benefícios não materiais como atividades espirituais, contemplativas, educacionais e recreacionais (BURKHARD; MAES, 2017).

O desenvolvimento das sociedades urbanas e suas atividades, causaram diversas alterações dos ecossistemas naturais. Desde a extinção e modificação de

espécies vegetais e animais associadas a necessidades alimentícias, como a pesca de captura, a criação de rebanhos e as grande monoculturas. Também podemos citar as mudanças topográficas com a construção de cidades e grandes redes rodoviárias. E ainda mudanças hidrográficas com a alteração de cursos hídricos por retificação ou mudança da paisagem o que causa áreas alagadas. Além da alteração do curso, há também a mudança dos fluxos de água pela superfície devido às redes de drenagem urbana que coletam e afastam grandes volumes de água (VIERO *et al*, 2019).

Essas alterações implicam em um desequilíbrio nas condições favoráveis à disponibilidade dos serviços ambientais. Sendo assim, busca-se com alternativas tecnológicas e construtivas, como as infraestruturas verdes, retomar as condições e características dos ecossistemas naturais nos elementos urbanos (WHO, 2005). Em pequena escala elas prestam serviços reguladores de clima (ASCIONE *et al*, 2013; PORCARO *et al*, 2019), disponibilidade hídrica (BERNDTSSON, 2010), qualidade de ar (GETTER *et al*, 2009; YANG; YU; GONG, 2008) e prevenção de desastres (LIU; LI, Y.; LI, J., 2017; SHUBERT *et al*, 2017). Em larga escala as IV aumentam a eficiência dos serviços reguladores e podem prover habitat para diversas espécies provocando um aumento de variabilidade genética e portanto aumento de biodiversidade (DUNNETT; NAGASE; HALLAM, 2008), e também culturais fornecendo espaços naturais que podem ser utilizados para educação ou recreação (BRAAT; GROOT, 2012; ZHAO *et al*, 2019).

4.1.5.1 Serviços Ambientais prestados pelo TVE

Os TVE são infraestruturas verdes compactas, com vegetação de pequeno porte e de pouca manutenção, o que os tornam facilmente adaptáveis à telhados e estruturas já estabelecidas (PORCARO *et al*, 2019). Sendo assim, os TVE podem caracterizar-se como ferramenta eficaz no reestabelecimento de condições ecossistêmicas das regiões urbanas, através da prestação dos Serviços Ambientais listados nos itens à seguir.

4.1.5.1.1 Regulação térmica – local e global

A condição ambiente dentro de uma edificação é diretamente influenciada pelos seus elementos estruturais, sendo o conforto térmico, relacionado principalmente a temperatura e a umidade do ar diretamente influenciados pelos materiais e sua disposição na composição da construção (TRGALA; PAVELEK;

WIMMERC, 2019). Uma edificação que não absorve muita energia solar terá menor temperatura em seu interior se comparada ao ambiente externo. Menor temperatura implica em maior umidade, essas condições propiciam maior conforto térmico dentro do ambiente fechado (KUMAR; MAHALLE, 2016; ONMURA; MATSUMOTO; HOKOI, 2001).

Os TVE possuem camadas que atuam como isolante térmico diminuindo a quantidade de energia solar que é absorvida pela edificação durante o dia. As camadas drenantes e de substrato possuem altos índices de vazios, essa característica permite que a energia absorvida não penetre pela estrutura como um todo, diminuindo a temperatura interna da edificação (GAMAGE; BISWAS; STRACHAN, 2019; LATA *et al*, 2018).

Considerando locais com elevadas temperaturas, edificações com telhados verdes, quando comparadas às edificações convencionais, podem apresentar temperaturas máximas diárias inferiores na ordem de 2,1 até 4,4°C, (KUMAR; MAHALLE, 2016; TAM, *et al*, 2016). A diminuição de temperatura não significa apenas a melhoria do conforto térmico, mas também a redução do gasto energético com equipamentos de refrigeração que pode ser de 4% para edificações com TVE não irrigados e de até 12% para edificações com telhados irrigados (MUNK *et al*, 2018). Além de amenizar temperaturas elevadas, os TVE também podem amenizar a perda de temperatura durante o inverno em 10 a 30% já que suas camadas formam um isolante que retém o calor dentro da edificação (SAADATIAN *et al*, 2013; TALEBI *et al*, 2019). Similarmente, no período da noite quando a estrutura tende a perder energia para o ambiente externo, os TVE mais uma vez atuam como camada isolante.

De maneira geral a temperatura dentro da edificação é regulada pela característica de isolante dos TVE que diminuem a troca térmica do interior com o exterior da edificação, o que aumenta o conforto térmico e contribui para o menor consumo energético (LEVERMORE *et al*, 2018).

Pensando em uma escala maior, em que várias edificações de uma região urbana possuam TVE, a regulação de temperatura deixa de se manifestar apenas dentro da edificação. Como a variação de temperatura é menor devido à baixa absorção e energia pela estrutura, ela não perde energia lentamente para o ambiente, ou seja, reduzem-se os efeitos causadores das ilhas de calor (BESIR; CUCE, 2018).

Além da menor absorção de energia, o mecanismo de evapotranspiração da camada vegetal aumenta a umidade do ar potencializando a regulação do clima em larga escala, principalmente quando pensamos em Telhados Intensivos ou Infraestruturas Verdes mais robustas como corredores ecológicos ou parques lineares (BALLINAS; BARRADAS, 2015; MOGHBEL; SALIM, 2017,).

4.1.5.1.2 Regulação e disponibilidade hídrica

A contribuição dos ecossistemas no ciclo hidrológico é fundamental para a quantidade de água disponível ao homem, sua qualidade e sua distribuição sazonal, fatores que influenciam o abastecimento público, diversos processos industriais, agropecuária, entre outros. A qualidade da água implica diretamente nas condições de saúde das populações e é considerada um direito humano fundamental segundo a Resolução nº 64/292 da ONU (UN, 2010).

Em sistemas naturais o ciclo hidrológico é lento. A percolação da água através de superfícies porosas como solos e rochas permite que ela seja filtrada. Uma vez no subsolo, o acúmulo de água forma os aquíferos que são direcionados por pontos de pressão geológicos, que faz com que as águas aflorem à superfície, formando os cursos de água superficial, que são utilizados pelos seres vivos, e através de diversas formas a água chega até a atmosfera por meio de evaporação. Com as condições de temperatura e pressão a água presente na atmosfera precipita e tem a oportunidade de mais uma vez percolar pelos solos e escoar pela superfície reiniciando todo o ciclo (BRITTO; KRONZUCKER, 2018).

O aumento não planejado da urbanização influencia diretamente neste ciclo acelerando vários desses processos sem que a próxima etapa consiga acompanhar. O solo altamente impermeabilizado causa o aumento do escoamento superficial, o volume escoado ao atingir regiões permeáveis onde terá a chance de penetrar no solo e seguir o ciclo, rapidamente causa a satura o solo, assim, a água é acumulada e pode causar alagamentos. Além disso, grandes volumes escoando pelas superfícies impermeáveis alcançam altas velocidades aumentando a erosão seja de solo, concreto ou asfalto e diminui o tempo de reação em situações de emergência (REZENDE *et al*, 2019). Maior velocidade de escoamento também implica em menor tempo de detenção da água na bacia hidrográfica que significa menor volume filtrado e infiltrado pelo solo de maneira que a recarga de aquíferos fica comprometida (LI, C. *et al*, 2018).

Os aquíferos têm como ponto de descarga os rios e lagos, dessa maneira, o efeito negativo da urbanização na regulação da água dentro da bacia hidrográfica é cíclico. Observa-se mais água transbordando dos corpos hídricos e sistemas de drenagem, e invadindo áreas urbanas, algumas delas que deveriam servir como ponto de recarga dos aquíferos e permitir a infiltração da água, porém estão impermeabilizadas, aumentando por sua vez o volume escoado (NOGUEIRA, 2017).

Os TVE propiciam uma superfície permeável onde a água é barrada por suas camadas, sendo uma parte absorvida pela estrutura e pelas plantas (LIU *et al*, 2019). Essa propriedade mimetiza solos naturais, oferecendo o serviço de retenção pluvial. Com a água retida, diminui-se o volume escoado e aumenta-se o tempo de detenção da água dentro da bacia (VERSINI *et al*, 2015). A retenção de parte do volume de água quando pensada em níveis regionais regula o volume que chega aos sistemas de drenagem urbana, resgatando a sua eficiência e evitando pontos de alagamento e transbordamento de cursos d'água (GREGOIRE; CLAUSEN, 2011)

É possível prever a implantação de sistemas simples de captação da água pluvial escoada pelos TVE a fim de promover o reaproveitamento dentro da própria edificação (FARIAS, 2012). Alternativas construtivas dos TVE podem possibilitar a obtenção de água, o que expande as possibilidades de reuso para fins menos nobres dentro das edificações ou para irrigação de regiões de recarga de aquífero, técnica já utilizada em alguns lugares do mundo (KLEIN, 2017).

Dessa forma, os TVE contribuem com os serviços ambientais de provisão de água, criando uma reserva para diversos usos diretos ou indiretos não potáveis. Eles ainda prestam serviço de regulação hídrica local que quando aplicado em larga escala, através do incentivo de políticas públicas por exemplo, pode contribuir para a regulação hídrica regional e até global (BALDESSAR, 2012).

4.1.5.1.3 Regulação da qualidade do ar

Qualquer forma de matéria em quantidade, concentração, tempo ou outras características, que tornem ou possam tornar o ar impróprio ou nocivo à saúde, inconveniente ao bem-estar público, danoso aos materiais, à fauna e flora ou prejudicial à segurança, ao uso e gozo da propriedade ou às atividades normais da comunidade é considerado poluente atmosférico segundo Resolução do Conselho

Nacional de Meio Ambiente, CONAMA, nº 491 de 19 de novembro de 2018 (BRASIL, 2018a).

A influência de poluentes atmosféricos na qualidade do ar urbano é perceptível e isto se deve, na maioria das vezes, às diversas atividades humanas (LI, Y. *et al*, 2018). Sendo assim, estabeleceu-se padrões para qualidade do ar cuja Resolução CONAMA 491 define como uma associação entre a concentração de determinada substância química e o tempo de exposição a ela que seja seguro para preservação do meio ambiente e para a saúde humana. Este padrão se aplica à parâmetros que comprovadamente podem comprometer a qualidade do ar, sendo eles: Material particulado (MP), dióxido de enxofre (SO₂), ozônio no nível do solo (O₃), dióxido de nitrogênio (NO₂) e monóxido de carbono (CO) (BRASIL, 2018a; CANTERAS; MOREIRA; FARIA, 2013; JERIČEVIĆ *et al*, 2019; QUEROL *et al*, 2016; ZHOU *et al*, 2014)

No Estado de São Paulo, a Companhia Ambiental do Estado de São Paulo (CETESB) conta com 61 estações automáticas fixas, uma estação automática móvel e 26 pontos de monitoramento manual distribuídos pelo estado. Anualmente a Agência publica um relatório da qualidade do ar do estado e na edição de 2018 ela aponta como fonte de MP os processos de combustão industrial e veicular que podem diminuir a visibilidade, causar danos à vegetação e contaminar solo e água. NO₂ e SO₂ tem como fontes geradoras processos que utilizam queima de óleo combustível como veículos a diesel e refinarias de petróleo. Estes, em alta concentração na atmosfera podem levar a formação de chuva ácida que compromete materiais e vegetação. Em relação ao CO, a única fonte citada é a queima de combustível em veículos automotores e apesar não ter efeitos sobre o meio ambiente, é altamente prejudicial à saúde humana. Finalmente o ozônio tem como fonte a reação fotoquímica entre radiação solar sobre os óxidos de nitrogênio e compostos orgânicos voláteis que chegam à atmosfera por emissão de processos industriais (CETESB, 2019).

Além desses poluentes ainda são altas as emissões de CO₂, CH₄ e vapor de água (H₂O_{gas}) que se devem à queima de combustíveis fósseis, atividades industriais e criação de bovinos (BUCHHOLZ *et al*, 2016). Esses compostos quando em altas concentrações na atmosfera contribuem para o agravamento do efeito estufa e das mudanças climáticas (ZHENG *et al*, 2019).

A alta concentração de todos esses compostos na atmosfera tem influência direta sob a saúde humana, que além do conhecimento público como causa de doenças respiratórias como asma e inflamação dos brônquios (GUARNIERI; BALMES, 2014; MORAES *et al*, 2019), é altamente relacionada às doenças cardiovasculares (RODRIGUES *et al*, 2017; WANG, J. *et al*, 2019), pode também ser causa de doenças mentais (LIM *et al*, 2012), contribuir para ocorrência de câncer de próstata (WEICHENTHAL *et al*, 2017), impactar a reprodução humana (ZHOU *et al*, 2014) e a formação fetal (REIS *et al*, 2017). Além disso, aqueles que contribuem para o efeito estufa influenciam nas temperaturas globais impactando no clima, no meio ambiente e no conforto térmico (BAYAT *et al*, 2019).

Outra característica de ambientes urbanos é que não há apenas a emissão de poluentes para a atmosfera, mas também a redução da parcela de solo vegetada (CARVALHO; SZLAFSZTEIN, 2019). Sendo que há evidências de que poluição atmosférica e áreas verdes urbanas possuem uma relação inversamente proporcional, ou seja, as áreas verdes urbanas contribuem para o sequestro de poluentes da atmosfera e para a retenção de material particulado (ZUPANCIC; WESTMACOTT; BULTHUIS, 2015).

A presença de plantas interfere de diversas formas na qualidade do ar. Os estômatos presentes nas folhas absorvem ar e juntamente poluentes, porém durante o processo de fotossíntese poluentes como CO, SO₂ NO₂ e CO₂ principalmente ficam retidos dentro das estruturas celulares (ROWE, 2011). A configuração das folhas pode agir como uma barreira que através dos mecanismos de impactação inercial e interceptação devido às suas superfícies rugosas retendo principalmente MP na superfície foliar (GOMEZ-MORENO *et al*, 2019). Além disso, como tratado no item 3.1.5.1.1, a diminuição das temperaturas causada pela presença de vegetação diminui as concentrações de poluentes atmosféricos (MORVAN-QUÉMÉNER *et al*, 2018).

Grande parte do sequestro de CO₂ é atribuído às áreas agrícolas e algas marinhas (BÓRAWSKI *et al*, 2019; TSAI; CHEN; RAMARAJ, 2017). Entretanto, a proximidade da vegetação é fator decisivo na quantidade de poluente que pode ser retida, ou seja, quanto mais próxima à fonte poluidora, melhor seu desempenho em reter poluentes. Portanto o aumento de vegetação dentro da área urbana é mais significativo para este ambiente e assim as IV tem alto potencial de impacto positivo na qualidade de ar urbano (LI *et al*, 2003).

As características estruturais dos TVE permitem sua proximidade com a urbanização e suas estruturas vegetais acima, abaixo do substrato e o próprio substrato em si possuem potencial de sequestro de carbono total de 375 gramas de carbono por metro quadrado de TVE durante um ano (GETTER *et al*, 2009). Além do carbono, a retenção de ozônio pode chegar à 52%, de NO₂ à 27%, de MP 14%, e SO₂ 7% (YANG; YU; GONG, 2008). A retenção de MP além de trazer benefícios diretamente ligados à saúde ainda proporciona uma diminuição no desconforto de percepção visual da poluição atmosférica (LI, Y. *et al*, 2018). Somados os outros serviços ambientais reguladores prestados e a menor emissão de carbono no ciclo de vida dos materiais dos TVE o uso dessa infraestrutura se mostra como alternativa sustentável às infraestruturas cinzas (BAIK *et al*, 2012).

4.1.5.1.4 Regulação do meio ambiente urbano

Para que o ambiente urbano possa sustentar a alta densidade populacional suas estruturas artificiais, ou infraestruturas cinza, são amplamente utilizadas sem planejamento. Assim, a gestão e manutenção da qualidade de vida fica dificultada e os serviços básicos de saúde, segurança e saneamento são insuficientes provocando doenças, violência e poluição. Além disso, a alta densidade de veículos intensifica a poluição atmosférica e torna o ambiente urbano barulhento. Ou seja, as estruturas urbanas têm influência direta na qualidade de vida e na saúde física e mental da população (GUILTE; CLARK; ACKRILL, 2006; MCKENZIE; MURRAY; BOOTH, 2013).

Devido à estruturação urbana as áreas verdes são suprimidas, isso afasta a população do contato com a natureza e com a biodiversidade local. Portanto é dever do poder público garantir e incentivar áreas verdes urbanas. A utilização de IV auxilia na naturalização da paisagem e aumenta o sentimento de pertencimento, proporcionando ambientes de escape e recreação (LUCK *et al*, 2011; WANG, Y. *et al*, 2019). Além disso, a presença de vegetação atrai e serve de habitat para diversas espécies de insetos, aves e morcegos. Isso representa um aumento de diversidade genética vegetal e animal além de auxiliar no resgate dos ecossistemas e, portanto, na oferta dos serviços ambientais (PARKINGS; CLARK, 2015; THRELFALL *et al*, 2016).

Apesar dos TVE estarem localizados no topo das edificações e permitirem um acesso mais restrito, eles proporcionam àqueles que os frequentam um espaço verde urbano onde é possível entrar em contato com a natureza e biodiversidade local e

ainda praticar atividades ao ar livre benéficas à saúde física e mental como a própria manutenção das plantas e toda a estrutura dos TVE. Além disso, o aumento da densidade vegetal na área urbana promove também a diminuição dos ruídos e barulhos causados pelos veículos e outras atividades humanas (WILLIAMS *et al*, 2019).

Introduzir ao meio ambiente urbano soluções baseadas na natureza que prestam serviços ambientais a fim restaurar relações ecossistêmicas entre a rotina humana e as dinâmicas naturais é o propósito da IV. Esses fatores promovem maior qualidade de vida no ambiente urbano e influenciam também na diminuição de doenças físicas e mentais (GASCON *et al*, 2018). Além disso, apesar da humanidade ter se adaptado à ambientes artificiais ainda somos parte do planeta e dependentes de seus recursos e processos naturais, e as IV podem trazer o equilíbrio necessário pilar do desenvolvimento sustentável garantindo os direitos de futuras gerações.

4.2 Elementos legais

O Estado Brasileiro é dividido em 3 (três) poderes. O Legislativo é incumbido de elaborar legislações que irão reger as interações sociais e Políticas Públicas (PP) que vão listar diretrizes e ações para que alcancemos objetivos comuns de interesse público (FREIRIA, 2011). O Executivo deve seguir essas diretrizes em sua tomada de decisão transformando seu texto em ações concretas utilizando para isso instrumentos como Programas e Projetos. O terceiro poder, o Judiciário, deve atuar quando um dos poderes anteriores não cumpriu o seu papel ou foi contra alguma lei.

Nos tópicos a seguir são levantadas as legislações e Políticas Públicas voltadas ao desenvolvimento sustentável, ao incentivo de serviços ambientais dentro do planejamento urbano.

Como será apresentado, existe um conjunto significativo de legislações e políticas públicas ambientais no Brasil que podem ser utilizadas como fundamento para a maior implantação dos telhados verdes no sentido de cidades mais sustentáveis. Devido a importância do potencial de geração de serviços ambientais pelos mesmos, estas legislações já em vigor, podem e devem ser ampliadas e aprimoradas.

4.2.1 Voltados ao meio ambiente

Respeitando a hierarquia normativa brasileira, temos como máxima dentro do conjunto de leis a Constituição Federal (CF) de 1988 (BRASIL, 1988). Esta, em questões de modernização da visão sobre a gestão pública e democrática do país, avança em temas como a determinação dos princípios da ordem econômica, as conquistas da seguridade social, a defesa do meio ambiente, entre outras (BONAVIDES, 1991).

Especificamente sobre o meio ambiente, a Constituição de 1988 com seu Art. 225 representa um marco para a questão ambiental pois atribui à toda a sociedade e ao governo a responsabilidade pela preservação e conservação do meio ambiente (RUTKOWSKI, 1999). Para tanto, o Poder Público deve utilizar de políticas públicas, ou seja, um conjunto de medidas ou ações que vão nortear sua tomada de decisão em prol do alcance de metas de objetivos do interesse público, bem como indicar à sociedade seu papel nessas ações. O Art. 225 em seu §1º, inciso I deixa incumbido ao Poder Público “Preservar e restaurar os processos ecológicos essenciais e prover o manejo ecológico das espécies e ecossistemas” (BRASIL, 1988).

Neste caso, restaurar processos ecológicos essenciais pode ser a restauração propriamente dita de processos naturais através da recuperação de áreas degradadas, mas também pode significar a adaptabilidade de processos humanos.

Assim, a própria CF incentiva a busca por soluções não somente de forma técnica, como é o caso da Emenda Constitucional n. 42 de 2003 que incluiu nos princípios gerais da atividade econômica a “defesa do meio ambiente, inclusive mediante tratamento diferenciado conforme o impacto ambiental dos produtos e serviços e de seus processos de elaboração e prestação”.

Descendo na hierarquia normativa da legislação brasileira, a Lei Federal nº 6.938 de 31 de agosto de 1981 (BRASIL, 1981), que dispõe sobre a Política Nacional do Meio Ambiente (PNMA) é a primeira Política Pública a abordar o paradigma do desenvolvimento sustentável conforme seu Art. 2º:

A Política Nacional do Meio Ambiente tem por objetivo a preservação, melhoria e recuperação da qualidade ambiental propícia à vida, visando assegurar, no País, condições ao desenvolvimento socioeconômico, aos interesses da segurança nacional e à proteção da dignidade da vida humana[...]

Isto significa o estímulo às atividades humanas se tornarem intergeracionais, economicamente viáveis, socialmente justas e ambientalmente adequadas. A combinação desses princípios deve ser norte para tomadas de decisões, dessa forma, o Art. 4º, inciso IV e V dessa mesma legislação dizem que a PNMA visará:

IV- Ao desenvolvimento de pesquisas e de tecnologias nacionais orientadas para o uso racional de recursos ambientais.

V- À difusão de tecnologias de manejo do meio ambiente[...]

Outra política importante nesse sentido é a Política Nacional de Saneamento Básico (PNSB), instaurada pela Lei Federal nº 11.445 de 5 de janeiro de 2007 (BRASIL, 2007), que em seu Art. 2º indica como princípios da Política os seguintes incisos:

VI - Articulação com as políticas de desenvolvimento urbano e regional, de habitação, de combate à pobreza e de sua erradicação, de proteção ambiental, de promoção da saúde e outras de relevante interesse social voltadas para a melhoria da qualidade de vida, para as quais o saneamento básico seja fator determinante;

VII - Eficiência e sustentabilidade econômica;

Isso significa garantia de incentivo à outras políticas que buscam a preservação do meio ambiente, a melhoria de qualidade de vida, a eficiência e a sustentabilidade econômica. E mais, garante a relação desta com outras políticas como a Política Nacional de Recursos Hídricos (PNRH), instituída pela Lei Federal nº 9.433 de 8 de janeiro de 1997 (BRASIL, 1997), que teve o inciso IV do Art. 2º incluído pela Lei Federal nº 13.501 de 30 de outubro de 2017 (BRASIL, 2017), trazendo como objetivo “incentivar e promover a captação, a preservação e o aproveitamento de águas pluviais” e “a prevenção e a defesa contra eventos hidrológicos críticos”. Criada ainda em 17 de julho de 2000 pela Lei Federal 9.984 (BRASIL, 2000), conhecida como Lei das Águas do Brasil, a Agência Nacional de Águas (ANA), é responsável implantar a PNRH e gerir os recursos hídricos em nível federal.

Ainda em âmbito federal a Política Nacional de Mudanças do Clima (PNMC), instituída pela Lei n 12.187, de 29 de dezembro de 2009 (BRASIL, 2009), traz definições em seu Art. 2º como as dos incisos:

I - adaptação: iniciativas e medidas para reduzir a vulnerabilidade dos sistemas naturais e humanos frente aos efeitos atuais e esperados da mudança do clima; [...]

VII - mitigação: mudanças e substituições tecnológicas que reduzam o uso de recursos e as emissões por unidade de produção, bem como a implementação de medidas que reduzam as emissões de gases de efeito estufa e aumentem os sumidouros; [...]

IX - sumidouro: processo, atividade ou mecanismo que remova da atmosfera gás de efeito estufa, aerossol ou precursor de gás de efeito estufa; [...]

Assim a Política deixa claro o que esperar de medidas, ações e aportes tecnológicos de adaptação, mitigação e sumidouros de gases de efeito estufa (GEE). Sendo que nos artigos que seguem ela traz como objetivo a redução das emissões e a implementação de medidas para promover a adaptação à mudança do clima pelos três entes federativos e toda a sociedade. A PNMC tem como um de seus instrumentos o texto do Art. 6º, inciso XII:

As medidas existentes, ou a serem criadas, que estimulem o desenvolvimento de processos e tecnologias, que contribuam para a redução de emissões e remoções de gases de efeito estufa, bem como para a adaptação, dentre as quais o estabelecimento de critérios de preferência nas licitações e concorrências públicas, compreendidas aí as parcerias público-privadas e a autorização, permissão, outorga e concessão para exploração de serviços públicos e recursos naturais, para as propostas que propiciem maior economia de energia, água e outros recursos naturais e redução da emissão de gases de efeito estufa e de resíduos;

O Decreto nº 9.578, de 22 de novembro de 2018 (BRASIL, 2018b), que regulamenta a PNMC, garante o Fundo Nacional sobre Mudança do Clima, define quais os recursos que o constituem e em seu Art. 7º diz que sua aplicação será destinada à:

XI - pagamentos por serviços ambientais às comunidades e aos indivíduos cujas atividades comprovadamente contribuam para a estocagem de carbono, atrelada a outros serviços ambientais;

Outra notória legislação federal a ser considerada é a Lei nº 12.651 de 25 de maio de 2012 (BRASIL, 2012) que dispõe sobre a preservação de vegetação nativa e é conhecida como Código Florestal que tem como princípio em seu Art. 1º inciso IV

Responsabilidade comum da União, Estados, Distrito Federal e Municípios, em colaboração com a sociedade civil, na criação de políticas para a preservação e restauração da vegetação nativa e de suas funções ecológicas e sociais nas áreas urbanas e rurais.

Além disso, em seu Art. 41 inciso I e seguintes alíneas, o Código Florestal traça diretrizes que incentivam a preservação de vegetação através de:

pagamento ou incentivo a serviços ambientais como retribuição, monetária ou não, às atividades de conservação e melhoria dos ecossistemas e que gerem serviços ambientais, tais como, isolada ou cumulativamente:

- a) o sequestro, a conservação, a manutenção e o aumento do estoque e a diminuição do fluxo de carbono;
- b) a conservação da beleza cênica natural;
- c) a conservação da biodiversidade;
- d) a conservação das águas e dos serviços hídricos;
- e) a regulação do clima;
- f) a valorização cultural e do conhecimento tradicional ecossistêmico;
- g) a conservação e o melhoramento do solo; [...]

Apesar de citado o pagamento por serviços ambientais no Código Florestal, seu caráter amplo é programático, ou seja, sua eficácia depende de legislações mais específicas. Recentemente aprovado no Congresso Nacional e agora tramitando no Senado o Projeto de Lei (PL) nº 312 de 2015 (BRASIL, 2015), busca instituir a Política Nacional de Pagamento por Serviços Ambientais (PNPSA) cujo texto traz em seu Art. 1º inciso IV:

responsabilidade comum da União, Estados, Distrito Federal e Municípios, em colaboração com a sociedade civil, na criação de políticas para a preservação e restauração da vegetação nativa e de suas funções ecológicas e sociais nas áreas urbanas e rurais;

Além disso, seu Art. 2º traz à luz importantes definições como as dos incisos:

II – serviços ecossistêmicos: benefícios relevantes para a sociedade gerados pelos ecossistemas, em termos de manutenção, recuperação ou melhoria das condições ambientais

III - serviços ambientais: iniciativas individuais ou coletivas que podem favorecer a manutenção, a recuperação ou a melhoria dos serviços ecossistêmicos

Ou seja, o Projeto define conceitos que embasarão diretrizes e normas norteadoras das tomadas de decisões dos entes federativos e na elaboração de suas próprias legislações. Ela traz ainda como objetivo em seu Art. 3º, inciso IX o fomento às ações humanas voltadas à promoção de serviços ambientais.

Entretanto, anos antes da concepção do PL, ações desse caráter em nível federal já eram vistas como o Projeto Produtor de Água, criado pela ANA em 2009 (ANA, 2009), que possibilita o uso de recursos provenientes da cobrança pelo uso da água para o incentivo financeiro à produtores rurais pela conservação da bacia em três frentes: práticas de conservação do solo, conservação e mata ciliar e restauração da mata ciliar (GUEDES *et al*, 2011).

Iniciando o recorte territorial escolhido por este trabalho, a influência das legislações federais anteriormente citadas se reflete no estado de São Paulo com as Leis nº 7.663, de 30 de dezembro de 1991 (SÃO PAULO, 1991), que institui a Política Estadual de Recursos Hídricos (PERH), e a lei nº 9.509 de 20 de março de 1997 (SÃO PAULO, 1997), a Política Estadual de Meio Ambiente (PEMA), cujo textos acompanham linhas federais porém com o enfoque territorial.

A PEMA em seu Art. 4º visará com os incisos:

IV - a preservação e restauração dos recursos ambientais com vistas à sua utilização sustentada e disponibilidade permanente, concorrendo para a manutenção do equilíbrio ecológico propício à vida;

VII - a disponibilização de tecnologias de manejo sustentado do meio ambiente;

Outra legislação estadual de interesse é a Política Estadual de Mudanças do Clima (PEMC), instituída pela Lei Estadual nº 13.798, de 9 de novembro de 2009 (SÃO PAULO, 2009a) e regulamentada pelo Decreto Estadual nº 55.947, de 24 de junho de 2010 (SÃO PAULO, 2010). Com o objetivo de estabelecer o compromisso do Estado

frente ao desafio das mudanças climáticas globais, dispor sobre as condições para as adaptações necessárias aos impactos derivados das mudanças climáticas, bem como contribuir para reduzir ou estabilizar a concentração dos gases de efeito estufa na atmosfera.

O Decreto traz em seu Art. 36 o Programa Estadual de Construção Civil Sustentável (PECCS), com a finalidade de implantar, promover e articular ações e diretrizes que visem à inserção de critérios sociais e ambientais, compatíveis com os princípios de desenvolvimento sustentável, nas obras e nas contratações de serviços de engenharia a serem efetivadas pelo Poder Público, em todas as suas etapas. Seu Art. 38 diz que a elaboração e concepção de projetos para a execução de obras e serviços de engenharia a serem contratados pela Administração devem prever, obrigatoriamente:

II - melhor desempenho ambiental durante a operação;

III - eficiência energética dos edifícios públicos durante as fases de construção e operação;

V - redução do consumo de água e de geração de efluentes;

VI - reúso de água, quando aplicável;

VII - uso racional de recursos naturais no processo construtivo;

A PERH em seu Art. 3º inciso II faz o recorte territorial para efetividade e operacionalidade de suas ações adotando a bacia hidrográfica como unidade físico-territorial de planejamento e gerenciamento. Com o Art. 4º assegura meios financeiros e institucionais para, dentre outros:

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

Para garantir a efetividade de suas diretrizes e a integração participativa dentro da unidade territorial de planejamento e gerenciamento a PERH cria em seu Art. 22 os Comitês de Bacias Hidrográficas e o Plano Estadual de Recursos Hídricos instituído pela Lei Estadual 16.337, de 14 de dezembro de 2016 (SÃO PAULO, 2016), divide o território do estado em suas Bacias Hidrográficas. Para a região escolhida por este

trabalho, fica instituído pelo Decreto não numerado de 20 de maio de 2002 (BRASIL, 2002b), o Comitê da Bacia Hidrográfica dos Rios Piracicaba, Capivari e Jundiáí.

Dentro da lógica administrativa da PNRH e da PERH para o recorte territorial de bacia hidrográfica o Comitê da Bacia PCJ cria pela Deliberação CBH-PCJ nº 05/93, de 18 de novembro de 1993 (SÃO PAULO, 1993), a Agência das Bacias dos rios PCJ, responsável por gerenciar os recursos hídricos nas bacias PCJ e os recursos arrecadados com a cobrança pelo uso da água em rios da União e do estado de São Paulo (PCJ, 2012). Fazendo então o uso de suas atribuições, a Agência lança em 2015 a Política de Mananciais PCJ (CBH-PCJ, 2015), que cria o Programa de Pagamento por Serviços Ambientais, PPSA, cujo objetivo é incentivar e fomentar a criação de Projetos que promovam serviços ambientais sendo alguns de seus instrumentos:

X. Políticas e Planos Municipais de Recursos Hídricos;

XI. Políticas Municipais de PSA;

XII. Fundos Municipais para PSA e Fundos Municipais para o Meio Ambiente;

XIII. Outros Programas e Projetos criados com objetivo de desenvolver ações para a produção e conservação das águas nas Bacias PCJ.

No exercício de 2018 foram selecionados projetos dos municípios de Artur Nogueira, Limeira, Piracicaba e Jaguariúna (CBH-PCJ, 2017). Em 2019 projetos de Salto, Charqueada, Jundiáí e Piracaia foram contemplados no Programa (CBH-PCJ, 2018).

Piracicaba, em 2017 já havia lançado através do Decreto nº 17.218 o PPSA municipal que traz a definição das áreas prioritárias, exigências como a implantação de saneamento básico com coleta e destinação ambientalmente adequada de efluentes e resíduos sólidos, a adoção de práticas conservacionistas do solo afim de evitar a erosão e melhorar a infiltração da água, e é claro a implantação, recuperação e manutenção da vegetação das Áreas de Proteção Permanente da propriedade (PIRACICABA, 2017).

Além disso, seu texto traz condicionantes ao pagamento como 30% do valor após a vegetação secundária se encontrar em estágio pioneiro ou inicial de

regeneração e 100% do valor depois da mesma se encontrar em estágio médio ou avançado de regeneração (PIRACICABA, 2017). Agora em fase de renovação o novo texto do Plano Diretor do município traz o fortalecimento e a expansão do Programa (PIRACICABA, 2019).

Fora o PPSA da Agência de Bacia do PCJ, a Lei Municipal nº 2.885 de 18 de setembro de 2014 do município de Nova Odessa instituiu seu PPSA que diferente dos outros citados anteriormente não se limita às propriedades rurais e busca fomentar as ações humanas voltadas à promoção de serviços ambientais em geral (NOVA ODESSA, 2014).

O maior município da Bacia, Campinas, teve seu Plano Diretor revisado em 2018 (CAMPINAS, 2018). Nele consta incentivo e suporte à corredores ecológicos e a articulação com municípios vizinhos para a implantação de programas de pagamento por serviços ambientais.

Em outras palavras, mesmo com a PNPSA ainda tramitando, já é possível observar o desenrolar de suas diretrizes em Políticas, Planos, Programas e Projetos à nível de Bacia, garantindo mais força legal para soluções técnicas prestadoras de serviços ambientais que objetivam tornar o ambiente antrópico mais equilibrado mitigando seus impactos negativos e maximizando impactos positivos, como a infraestrutura verde.

Outro Programa Estadual que vai atuar diretamente com os municípios é o Programa Município Verde Azul, instituído pela Resolução SMA nº 33 de 28 de março de 2018 (SÃO PAULO, 2018), de adesão voluntária o programa tem como objetivo medir e apoiar a eficiência da gestão ambiental através de critérios separados em diretrizes como Município Sustentável, Biodiversidade, Gestão das Águas, Qualidade do Ar, Uso do Solo, Arborização Urbana, entre outros. Os municípios participantes receberão notas por cada critério atendido como:

Demonstração de compras públicas de insumos, de materiais sustentáveis, ou de alimentos de origem sustentável, entre outros

Nota proporcional à porcentagem da área em processo de restauração ecológica.

Ação no Verde Azul que promova o uso racional da água.

Elaborar e implantar Plano Municipal de Arborização Urbana

Com as notas ranqueadas, o Governo do Estado deve utilizá-lo como norteador na formulação e aprimoramento de políticas públicas e demais ações sustentáveis.

Tanto para os programas e projetos de pagamento por serviços ambientais quanto as iniciativas de benefício fiscal, fica clara a potencialidade das legislações municipais em alavancar alternativas construtivas como o TVE que tornem a propriedade urbana resiliente e sustentável trazendo consigo não apenas vantagens financeiras, mas também a prestação dos serviços ambientais.

Porém, falta embasamento legal federal e estadual que seja referência institucional criando estabilidade para fortalecer e direcionar os municípios no incentivo de iniciativas como o TVE. Um marco importante deve ser a aprovação do PL 312 de 2015 que institui a PNPSA e traz de forma concreta a institucionalização dos serviços ambientais dentro da lógica de planejamento urbano.

4.2.2 Voltados ao meio urbano

Começando novamente pelo topo da pirâmide normativa, a Constituição Federal de 1988 em seu Art. 182 traz a norma programática da política urbana, posteriormente consolidada pela Lei Federal nº 10.257 de 10 de julho de 2001 (BRASIL, 2001), o Estatuto da Cidade, que tem o objetivo de ordenar o pleno desenvolvimento das funções sociais da cidade e da propriedade urbana tendo como diretrizes os seguintes incisos

I – garantia do direito a cidades sustentáveis, entendido como o direito à terra urbana, à moradia, ao saneamento ambiental, à infraestrutura urbana, ao transporte e aos serviços públicos, ao trabalho e ao lazer, para as presentes e futuras gerações;

IV – planejamento do desenvolvimento das cidades, da distribuição espacial da população e das atividades econômicas do Município e do território sob sua área de influência, de modo a evitar e corrigir as distorções do crescimento urbano e seus efeitos negativos sobre o meio ambiente;

XII – proteção, preservação e recuperação do meio ambiente natural e construído, do patrimônio cultural, histórico, artístico, paisagístico e arqueológico

Ou seja, está previsto que a propriedade urbana possua capacidade de suportar demandas básicas de moradia, educação, saúde, segurança, saneamento, assim como atividades humanas sociais e recreacionais, mas levando em

consideração os paradigmas do desenvolvimento sustentável prevendo e prevenindo os impactos negativos sobre o meio ambiente.

O Código Civil, instituído pela Lei nº 10.406, de 10 de janeiro de 2002 (BRASIL, 2002a), também traz em seu Art. 1.228, § 1º:

O direito de propriedade deve ser exercido em consonância com as suas finalidades econômicas e sociais e de modo que sejam preservados, de conformidade com o estabelecido em lei especial, a flora, a fauna, as belezas naturais, o equilíbrio ecológico e o patrimônio histórico e artístico, bem como evitada a poluição do ar e das águas.

Isto é, a propriedade deve cumprir sua função social e o proprietário deve gozar seus direitos sobre ela desde que preserve, entre outros, o equilíbrio ecológico. O Código impõe a condicionante de lei especial perdendo a oportunidade de incentivar de forma global a preservação do meio ambiente dentro da propriedade privada. Uma potencial ferramenta de lei especial que pode impulsionar essa iniciativa dentro da propriedade privada é o Plano Diretor Municipal.

Com o Art. 40 o Estatuto da Cidade define o Plano Diretor, aprovado por lei municipal, como instrumento básico da política de desenvolvimento e expansão urbana. Como as configurações urbanas se dão localmente, o recorte dessa legislação é focado no município com suporte da União, Distrito Federal e estados.

O Plano diretor deve conter, dentre outros, o disposto no Art. 42, inciso VI, o zoneamento territorial e ambiental, e a identificação e diretrizes para a preservação e ocupação das áreas verdes municipais, quando for o caso, com vistas à redução da impermeabilização das cidades. Estes são importantes instrumentos de controle e garantia de equilíbrio entre estruturas artificiais e naturais.

Incluso pela Lei Federal nº 12.836 de 2 de julho de 2013 (BRASIL, 2013), o Art. 2º do Estatuto da Cidade, diz em seu inciso XVII, que a política urbana deve buscar o estímulo à padrões construtivos e aportes tecnológicos que objetivem a redução de impactos ambientais e a economia de recursos naturais.

Em nível estadual a Lei nº 12.526 de 02 de janeiro de 2007 (SÃO PAULO, 2007) dita em seu Art. 1º:

É obrigatória a implantação de sistema para a captação e retenção de águas pluviais, coletadas por telhados, coberturas, terraços e pavimentos descobertos, em lotes, edificados ou não, que tenham área impermeabilizada superior a 500m² [...]

Este é um importante instrumento urbanístico cujo objetivo é reduzir velocidade de escoamento, amortecer e minimizar problemas das vazões de cheias e contribuir para a redução do consumo e uso adequado de água potável tratada.

Outra legislação estadual significativa é a Lei nº 13.580 de 24 de julho de 2009 (SÃO PAULO, 2009b), que institui o Programa Permanente de Ampliação das Áreas Verdes Arborizadas Urbanas, o qual se destina à recuperação e ao desenvolvimento ambiental dos perímetros urbanos dos Municípios paulistas, com ênfase na mitigação da formação de ilhas de calor e da poluição sonora e na conservação da biodiversidade, por meio de projetos de plantio de árvores. Segundo seu Art. 1º, § 2º:

Terão prioridade para o custeio os projetos a serem desenvolvidos em áreas urbanas habitadas as quais não perfaçam 12m² (doze metros quadrados) de área verde arborizada por habitante, assim como aqueles a serem implantados em áreas de alto índice de edificação e de impermeabilização do solo.

O texto cita um custeio de até 60% do valor total do projeto, mas falta detalhamentos de como submeter projetos e dos canais utilizados para publicação de maiores informações.

Ainda mantendo o recorte da Bacia PCJ, o Plano Diretor do município de Jundiaí instituído pela Lei nº 8.683 de 07 de julho de 2016 (JUNDIAÍ, 2016), traz no Art. 6 seus princípios orientadores sendo alguns deles os incisos:

I - função social e ambiental da cidade;

II - função social e ambiental da propriedade urbana;

III - função social e ambiental da propriedade rural;

IV - equidade e inclusão social, ambiental e territorial;

V - direito à cidade e ao meio ambiente ecologicamente equilibrado;

Ou seja, está previsto na legislação máxima do município que mesmo a propriedade urbana possui uma função ambiental esclarecida no parágrafo 3, inciso IV como a proteção e recuperação do patrimônio ambiental de modo a promover um meio ambiente equilibrado e saudável para toda a população do Município.

No parágrafo 5, ele esclarece que a equidade consiste na redução das desigualdades socioespaciais entre espaços urbanos e grupos sociais por meio:

I - da diminuição de vulnerabilidades urbanas, sociais e ambientais que expõem a população do Município a riscos, perigos e ameaças;

II - da distribuição socialmente justa dos ônus e bônus oriundos dos processos de produção de territórios e espaços urbanos;

III - da distribuição socialmente justa dos ônus e bônus oriundos dos processos de preservação, conservação, uso sustentável e recuperação da biodiversidade, dos recursos e ecossistemas naturais.

Sobre o Macrozoneamento, o município faz três divisões: uma de Estruturação e Qualificação Urbana, uma de Proteção Serra do Japi e outra também de Proteção Ambiental, Hídrica e de Desenvolvimento Rural. Apenas para as duas últimas está incluso como objetivo a conservação dos serviços ambientais. No entanto, dentro da Macrozona de Estruturação e Qualificação Urbana tem-se a subdivisão Zona de Desenvolvimento Periurbano 1 que tem como um de seus objetivos específicos “melhoria das condições urbanísticas e ambientais dos bairros existentes com oferta adequada de serviços, equipamentos e infraestruturas”.

Ainda no Plano diretor de Jundiaí, outro potencial instrumento encontrado em seu Art. 170 é o incentivo de iniciativas sustentáveis através do desconto sob o Imposto Predial e Territorial Urbano Verde (IPTU Verde) como instrumento de Gestão Ambiental. O Art. 187 define:

O IPTU Verde consiste em benefícios fiscais concedidos, na forma da legislação específica, em relação aos imóveis que adotem as seguintes práticas:

I - utilização de sistemas de reuso de água;

II - sistema de captação de água da chuva; [...]

IV utilização de material sustentável em construções;

V - manutenção de altos índices de permeabilidade e de área verde no imóvel; [...]

VII - horta urbana;

VIII - instalação de telhado verde e jardim vertical; [...]

XI - outras práticas que resultem em sustentabilidade ambiental definidas em lei.

No município São Carlos a Lei nº 13.692 de 25 de novembro de 2005 (SÃO CARLOS, 2005), que define critérios para o IPTU traz em sua subseção VI, regulamentada pelo Decreto nº 264, os incentivos ambientais sendo eles descontos de até 2% no valor do IPTU para propriedades urbanas que possuam árvores em sua frente ou que possuam áreas permeáveis com cobertura vegetal.

5 DISCUSSÃO

Tendo em vista a revisão bibliográfica dos critérios técnicos dos TVE que possibilitam a prestação de diversos serviços ambientais e o levantamento documental das legislações relacionadas ao tema, neste capítulo o trabalho aponta como o TVE pode ser instrumento de operacionalização e concretização das legislações atuais, além de apontar suas limitações e fragilidades.

5.1 Regulação térmica

O TVE como prestador do serviço de regulação térmica é uma das ferramentas que pode operacionalizar o texto federal da PNMC e da PEMC. Dentro da PEMC o PECCS institui que a elaboração e concepção de projetos para a execução de obras e serviços de engenharia públicos deve prever obrigatoriamente melhor desempenho ambiental, maior eficiência energética redução do consumo de água e recursos naturais. Os TVE desempenham o papel de camada isolante para troca térmica (GAMAGE; BUSWAS; STRACHAN, 2019; LATA *et al*, 2018), que juntamente à evapotranspiração da camada vegetal (MOGHBEL; SALIM, 2017) causa a diminuição da variação da temperatura dentro e fora da estrutura (SAADATIAN *et al*, 2013).

A diminuição da temperatura dentro da edificação melhora o conforto térmico e diminui o consumo energético promovendo o uso racional de recursos naturais (MUNK *et al*, 2018). Além disso, a diminuição da temperatura no entorno da edificação contribui para a adaptação da estrutura urbana e para a mitigação de efeitos da mudança climática como as ilhas de calor (BALLINAS; BARRADAS, 2015). Com essas propriedades, os TVE atendem às premissas dos projetos contemplados com

o PECS, incentivando a utilização de tecnologias não apenas mitigadoras, mas de resiliência urbana.

5.2 Regulação e disponibilidade hídrica

A PNRH tem como objetivo incentivar e promover a captação, a preservação e o aproveitamento de águas pluviais, e a prevenção e a defesa contra eventos hidrológicos críticos. A PERH internaliza meios financeiros e institucionais para garantir o cumprimento dos objetivos da legislação federal. Sendo assim, projetos que contam com TVE em área urbana possuem embasamento legal e financeiro para operacionalizar essas políticas já que sua característica permeável permite a retenção e a captação de águas pluviais.

Com suas camadas cheias de vazios capazes de reter água é possível o reaproveitamento de águas pluviais dentro da estrutura com TVE poupando os sistemas de abastecimento de água e diminuindo o uso de recursos naturais. Além disso, mesmo que não aproveitada, a retenção de água diminui o escoamento superficial contribuindo para a mitigação de eventos hidrológicos críticos poupando sistemas de drenagem urbana.

Esse potencial do TVE é reforçado pela Lei Estadual 12.526 que traz a obrigatoriedade de captação de águas pluviais em estruturas com área impermeabilizada superior a 500m². É importante lembrar que os TVE, além de atenderem esse critério prestam ainda outros serviços ambientais.

A tendência estrutural institucionalizada da Política Pública dentro dos entes federativos chega à nível de bacia através da Política de Mananciais PCJ com o PPSA municipal que visa impulsionar a produção e conservação das águas da bacia, influenciando os municípios a usar benefícios financeiros para impulsionar projetos sustentáveis. Alguns mais restritos às propriedades rurais como é o caso de Piracicaba, e outros mais abrangentes como o de Nova Odessa que busca estimular ações humanas voltadas à promoção de serviços ambientais em geral. Os TVE podem prestar esses serviços, então devem pleitear incentivos financeiros. Com textos mais específicos que tragam diretrizes mais claras para PPSA como o PL da Política Nacional de Pagamento por Serviços Ambientais, a institucionalização de estratégias de resiliência urbana ganha força.

Dentro da lógica de planejamento urbano outros instrumentos importantes para a efetivação das políticas federal e estadual é a determinação em plano diretor da

porcentagem permeável de cada terreno e definição do zoneamento. Ao determinar a porcentagem permeável do terreno em Plano Diretor, o município está definindo as áreas de interesse de projetos como PPSA.

Juntas essas ferramentas incentivam o aumento das áreas permeáveis dentro da malha urbana, possibilitando o uso de soluções tecnológicas adaptáveis como os TVEs para a readequação de estruturas urbanas à serem planejadas e já consolidadas.

5.3 Regulação da qualidade do ar

No que diz respeito à qualidade de ar, muito esforço legislativo concentra-se na diminuição da emissão de GEE. As PNMC e PEMC visam diminuir ou estabilizar a concentração desses gases por meio de instrumentos como o Plano Estadual de Energia e o Programa de Crédito à Economia Verde. Embora esses gases tenham maior influência na regulação térmica global, sua redução também interfere na concentração de outros poluentes e na melhora da qualidade do ar.

Programas como o Programa Permanente de Ampliação das Áreas Verdes Arborizadas Urbanas podem ter maior influência sobre a redução de poluentes atmosféricos uma vez que incentivam o aumento da arborização urbana que tem alto potencial como sumidouro de poluentes. Os TVE podem estar diretamente sobre a malha urbana retendo os poluentes através de sua camada vegetal.

No entanto, como o texto do Programa não operacionaliza a inscrição de projetos, a iniciativa perde a força de influenciar o aumento da arborização urbana. Outros programas mais bem estruturados como o PMVA, vão incentivar ao aumento da arborização urbana e outros fatores que melhoram a qualidade do ar, porém ainda de forma limitada, por ser de adesão voluntária e não possuir fundo financeiro delimitado.

5.4 Regulação do meio ambiente urbano

O planejamento urbano estabelecido no Estatuto da Cidade deve corrigir as distorções do crescimento urbano e seus efeitos negativos da urbanização promovendo a proteção, preservação e recuperação do meio ambiente natural e construído, e dialogando com todas as Políticas, Programas e Projetos voltados à melhoria da qualidade do meio ambiente. Movimentos como esse concretizam o paradigma do desenvolvimento sustentável de equilibrar as ações humanas. Os TVE

são a operacionalização dessa combinação já que podem ser inseridos na região urbana prestando os serviços anteriormente citados influenciando não apenas o planejamento urbano em si, mas também na percepção sensorial da população e da qualidade de vida (KOHLENER; POLL, 2010).

Em nível municipal, no caso de Jundiaí por exemplo, os TVE apresentam-se como uma ferramenta concreta de estrutura para melhoria das condições urbanísticas e ambientais dos bairros como destacado na Zona de Desenvolvimento Periurbano I. Porém, essa zona é caracterizada pelas franjas urbanizadas do território, ou seja, a ocupação predominantemente horizontal dispersa no território, configurando grandes vazios intraurbanos. Sendo assim, o Macrozoneamento perde a oportunidade estimular a recuperação de serviços ambientais em áreas altamente urbanizadas da cidade com alternativas construtivas como os TVE.

Outras legislações como a EC 42 que altera a Ordem Econômica e tantos outros fundos já citados até aqui garantem a destinação de verba para projetos voltados à prestação de serviços ambientais e ao desenvolvimento sustentável que são fundamentais para que ações como as que envolvam TVE ganhem força frente às estruturas convencionais consolidadas.

Além de ações de implementação, a PNMA traça como objetivo o desenvolvimento de pesquisas e a difusão de tecnologias orientadas para o uso racional de recursos ambientais. Ou seja, trabalhos acadêmicos devem ser incentivados para que as soluções sejam desenvolvidas com critério científico de forma a atender a demanda local de maneira eficiente.

6 CONCLUSÃO

Através da análise da revisão bibliográfica foi possível concluir que as características dos TVE são de fato multifuncionais e prestam serviços ambientais reguladores de condições climáticas dentro e fora da edificação, de escoamento superficial e disponibilidade hídrica, de qualidade do ar e do meio ambiente urbano.

Com a análise documental das legislações nacionais levantadas foi possível encontrar Políticas Nacionais, Políticas e Programas Estaduais, Projetos e ações pontuais à nível de bacia e municipais que incentivam e fomentam a prestação de serviços ambientais dentro das zonas urbanas.

Assim, conclui-se que os TVE cumprem demandas de legislações já em vigor a fim de acelerar o movimento de adaptação do ambiente urbano no enfrentamento de questões ambientais. No entanto, observa-se a necessidade de aprimoramento da política pública ambiental dentro de uma estrutura federativa que irá direcionar, garantir fundos e distribuir os temas por todo o país até que chegue em nível municipal influenciando o planejamento urbano para que as ações ocorram nos pontos críticos, de maneira a garantir o desenvolvimento de cidades economicamente viáveis, socialmente justas e ambientalmente adequadas para as presentes e futuras gerações.

7 REFERÊNCIAS

AHVENNIEMI, H.; HUOVILA, A.; PINTO-SEPPÄ, I.; AIRAKSINEN, M.; What are the differences between sustainable and smart cities? **Cities**, v. 60, Part A, p. 234-245, 2017; Disponível em: <https://doi.org/10.1016/j.cities.2016.09.009>.

AKBARI, H.; POMERAN, M.; ZHTAHA, T.; Cool surfaces and shade trees to reduce energy use and improve air quality in urban areas, **Solar Energy**, v. 70, p. 295-310, 2001; Disponível em: [https://doi.org/10.1016/S0038-092X\(00\)00089-X](https://doi.org/10.1016/S0038-092X(00)00089-X).

ANA, Agência Nacional de Águas, Brasil. **Programa Produtor de Água**. Brasília, 2009. Disponível em: <https://www.ana.gov.br/todos-os-documentos-do-portal/documentos-sip/produtor-de-agua/documentos-relacionados/folheto.pdf>. Acesso em: 06 de nov. 2019.

ASCIONE, F.; BIANCO, N.; ROSSI, F. DE'; TURNI, G.; VANOLI, G. P.; Green roofs in European climates. Are effective solutions for the energy savings in air-conditioning? **Applied Energy**, v. 104, p. 845-859, 2013. Disponível em: <http://dx.doi.org/10.1016/j.apenergy.2012.11.068>

BAIK, J.; KWAK, K.; PARK, S.; RYU, Y.; Effects of building roof greening on air quality in street canyons. **Atmospheric Environment**, v. 61, p. 48-55, 2012. Disponível em: <http://dx.doi.org/10.1016/j.atmosenv.2012.06.076>

BALDESSAR, S. M. N.; **Telhado verde e sua contribuição na redução da vazão de água pluvial escoada**. 2012. 125 p. Dissertação de mestrado. Universidade Federal do Paraná, Curitiba, 2012.

BALLINAS, M.; BARRADAS, V.L.; The urban tree as a tool to mitigate the urban heat island in Mexico City: a simple phenomenological model, **Journal of Environmental Quality**, v. 45, pp. 157-166, 2016. doi:10.2134/jeq2015.01.0056

BAYAT, R.; ASHRAFI K.; MOTLAGH, M. S.; HASSANVAND, M. S.; DAROUDI, R.; FINK, G.; KÜNZLI, N.; Health impact and related cost of ambient air pollution in Tehran, **Environmental Research**, v. 176, p. 108547, 2019. Disponível em: <https://doi.org/10.1016/j.envres.2019.108547>

BENEDICT, M. A.; MCMAHON, E. T.; Green Infrastructure: Smart Conservation for the 21st Century, **Renewable Resources Journal**, 36 p, 2002.

BENEDICT, M. A.; MCMAHON, E. T.; Green Infrastructure: Linking Landscapes and Communities. **IslandPress**, 300 p, 2006.

BERNDTSSON, J. C.; Green roof performance towards management of runoff water quantity and quality: A review. **Ecological Engineering**, v. 36, p. 351–360, 2010. doi: 10.1016/j.ecoleng.2009.12.014

BESIR, A. B.; CUCE, E.; Green roofs and facades: A comprehensive review, **Renewable and Sustainable Energy Reviews**, v. 82, p. 915–939, 2018. Disponível em: <https://doi.org/10.1016/j.rser.2017.09.106>

BONAVIDES, P. **Ciência Política**. 10. ed. São Paulo: Malheiros, 1994.

BORAWSKI, P.; BEŁDYCKA-BORAWSKA, A.; SZYMANSKA, E. J.; JANKOWSKI, K. J.; DUBIS, B.; DUNN, J. W.; Development of renewable energy sources market and biofuels in The European Union. **Journal of Cleaner Production**, v. 228, p. 467-484, 2019. <https://doi.org/10.1016/j.jclepro.2019.04.242>

BRAAT, L. C.; GROOT, R.; The ecosystem services agenda: bridging the worlds of natural science and economics, conservation and development, and public and private policy. **Ecosystem Services**, v. 1, pp. 4-15, 2012. Disponível em: <http://dx.doi.org/10.1016/j.ecoser.2012.07.011>

BRASIL. **Lei nº 6.938, de 31 de agosto de 1981**. Dispõe sobre a Política Nacional do Meio Ambiente, seus fins e mecanismos de formulação e aplicação, e dá outras providências. Brasília, DF: Presidência da República, 1981. Disponível em: http://www.planalto.gov.br/ccivil_03/Leis/L6938.htm. Acesso em: 25 ago. 2019.

BRASIL. **Constituição da República Federativa do Brasil de 1988**. Brasília, DF: Presidência da República, 1988. Disponível em: http://www.planalto.gov.br/ccivil_03/constituicao/constituicao.htm. Acesso em: 24 ago. 2018.

BRASIL. **Lei nº 8.666, de 21 de junho de 1993**. Regulamenta o art. 37, inciso XXI, da Constituição Federal, institui normas para licitações e contratos da Administração Pública e dá outras providências. Brasília, DF: Presidência da República, 1993a. Disponível em: http://www.planalto.gov.br/ccivil_03/LEIS/L8666cons.htm. Acesso em: 24 ago. 2018.

BRASIL. **Lei nº 8.666 de 21 de junho de 1993**. Regulamenta o art. 37, inciso XXI, da Constituição Federal, institui normas para licitações e contratos da Administração Pública e dá outras providências. Brasília, DF, Presidência da República, 1993b. Disponível em: http://www.planalto.gov.br/ccivil_03/leis/l8666cons.htm. Acesso em: 7 nov. 2019.

BRASIL. **Lei nº 9.433, de 8 de janeiro de 1997**. Institui a Política Nacional de Recursos Hídricos, cria o Sistema Nacional de Gerenciamento de Recursos Hídricos, regulamenta o inciso XIX do art. 21 da Constituição Federal, e altera o art. 1º da Lei nº 8.001, de 13 de março de 1990, que modificou a Lei nº 7.990, de 28 de dezembro de 1989. Brasília, DF: Presidência da República, 1993. Disponível em: http://www.planalto.gov.br/ccivil_03/LEIS/L9433.htm. Acesso em: 24 ago 2019.

BRASIL. **Lei nº 9.984 de 17 de julho de 2000**. Dispõe sobre a criação da Agência Nacional de Águas - ANA, entidade federal de implementação da Política Nacional de Recursos Hídricos e de coordenação do Sistema Nacional de Gerenciamento de Recursos Hídricos, e

dá outras providências. Brasília, DF: Presidência da República, 2000. Disponível em: http://www.planalto.gov.br/ccivil_03/LEIS/L9984.htm. Acesso em: 25 ago. 2019.

BRASIL. **Lei nº 10.257, de 10 de julho de 2001**. Regulamenta os Arts. 182 e 183 da Constituição Federal, estabelece diretrizes gerais da política urbana e dá outras providências. Brasília, DF: Presidência da República, 2001. Disponível em: http://www.planalto.gov.br/ccivil_03/leis/LEIS_2001/L10257.htm. Acesso em: 24 ago. 2018.

BRASIL. **Lei nº 10.406, de 10 de janeiro de 2002**. Institui o Código Civil. Brasília, DF: Presidência da República, 2002a. Disponível em: http://www.planalto.gov.br/ccivil_03/leis/2002/l10406.htm. Acesso em: 06 nov. 2019.

BRASIL. **Decreto Federal de 20 de maio de 2002**. Institui o Comitê da Bacia Hidrográfica dos Rios Piracicaba, Capivari e Jundiáí, localizados nos Estados de Minas Gerais e São Paulo, e dá outras providências. Brasília, SF, Presidência da República, 2002b. Disponível em: https://www.planalto.gov.br/ccivil_03/dnn/2002/dnn9554.htm. Acesso em: 20 ago. 2019.

BRASIL. **Lei nº 11.445, de 5 de janeiro de 2007**. Estabelece diretrizes nacionais para o saneamento básico; altera as Leis nos 6.766, de 19 de dezembro de 1979, 8.036, de 11 de maio de 1990, 8.666, de 21 de junho de 1993, 8.987, de 13 de fevereiro de 1995; revoga a Lei no 6.528, de 11 de maio de 1978; e dá outras providências. Brasília, DF: Presidência da República, 2007. Disponível em: http://www.planalto.gov.br/ccivil_03/_ato2007-2010/2007/lei/l11445.htm. Acesso em: 25 ago. 2019

BRASIL. **Lei nº 12.187 de 29 de dezembro de 2009**. Institui a Política Nacional sobre Mudança do Clima - PNMC e dá outras providências. Brasília, DF: Presidência da República, 2009. Disponível em: http://www.planalto.gov.br/ccivil_03/_ato2007-2010/2009/lei/l12187.htm. Acesso em: 10 set. 2019.

BRASIL. **Lei nº 12.349, de 15 de dezembro de 2010**. Altera as Leis nos 8.666, de 21 de junho de 1993, 8.958, de 20 de dezembro de 1994, e 10.973, de 2 de dezembro de 2004; e revoga o § 1º do art. 2º da Lei no 11.273, de 6 de fevereiro de 2006. Brasília, DF, Presidência da República, 2010. Disponível em: http://www.planalto.gov.br/ccivil_03/_Ato2007-2010/2010/Lei/L12349.htm. Acesso em: 7 nov. 2019.

BRASIL. **Lei nº 12.651 de 25 de maio de 2012**. Dispõe sobre a proteção da vegetação nativa; altera as Leis nºs 6.938, de 31 de agosto de 1981, 9.393, de 19 de dezembro de 1996, e 11.428, de 22 de dezembro de 2006; revoga as Leis nºs 4.771, de 15 de setembro de 1965, e 7.754, de 14 de abril de 1989, e a Medida Provisória nº 2.166-67, de 24 de agosto de 2001; e dá outras providências. Brasília, DF: Presidência da República, 2012. Disponível em: http://www.planalto.gov.br/ccivil_03/_Ato2011-2014/2012/Lei/L12651.htm. Acesso em: 26 ago. 2019.

BRASIL. **Lei nº 12.836 de 2 de julho de 2013**. Altera os Arts. 2º, 32 e 33 da Lei nº 10.257, de 10 de julho de 2001 - Estatuto da Cidade. Brasília, DF, Presidência da República, 2013. Disponível em: http://www.planalto.gov.br/ccivil_03/_Ato2011-2014/2013/Lei/L12836.htm. Acesso em: 7 set. 2019.

BRASIL. Câmara dos Deputados. **Projeto de Lei nº 312 de 10 de fevereiro de 2015**. Institui a Política Nacional de Pagamento por Serviços Ambientais; altera as Leis nºs 8.629, de 25 de fevereiro de 1993, e 8.212, de 24 de julho de 1991; e dá outras providências. Disponível em: <https://www.camara.leg.br/proposicoesWeb/fichadetramitacao?idProposicao=946475>. Acesso em: 28 nov. 2019.

BRASIL. **Lei nº 13.501, de 30 de outubro de 2017**. Altera o art. 2º da Lei nº 9.433, de 8 de janeiro de 1997, que institui a Política Nacional de Recursos Hídricos, para incluir o aproveitamento de águas pluviais como um de seus objetivos. Brasília, DF: Presidência da República, 2017. Disponível em: http://www.planalto.gov.br/ccivil_03/_Ato2015-2018/2017/Lei/L13501.htm. Acesso em: 06 nov. 2019.

BRASIL. **Resolução nº 491 de 19 de novembro de 2018**. Dispõe sobre padrões de qualidade do ar. Brasília, DF, Conselho Nacional de Meio Ambiente, 2018. Disponível em: <http://www2.mma.gov.br/port/conama/legiabre.cfm?codlegi=740>. Acesso em: 20 set. 2019.

BRASIL. **Decreto nº 9.578, de 22 de novembro de 2018**. Consolida atos normativos editados pelo Poder Executivo federal que dispõem sobre o Fundo Nacional sobre Mudança do Clima, de que trata a Lei nº 12.114, de 9 de dezembro de 2009, e a Política Nacional sobre Mudança do Clima, de que trata a Lei nº 12.187, de 29 de dezembro de 2009. Brasília, DF, Presidência da República, 2018. Disponível em: http://www.planalto.gov.br/ccivil_03/_Ato2015-2018/2018/Decreto/D9578.htm. Acesso em: 11 nov. 2019.

BRITTO, D. T.; KRONZUCKER, H.J.; From aquaporin to ecosystem: Plants in the water cycle, **Journal of Plant Physiology**, v. 227, p. 1–2, 2018. Disponível em: <https://doi.org/10.1016/j.jplph.2018.06.008>

BUCHHOLZ, R.R.; PATON-WALSH, C.; GRIFFITH, D.W.T.; KUBISTIN, D.; C. CALDOW; FISHER, J.A.; DEUTSCHER, N.M.; KETTLEWELL, G.; RIGGENBACH, M.; MACATANGAY, R.; KRUMMEL, P.B.; LANGENFELDS, R.L.; Source and meteorological influences on air quality (CO, CH₄ & CO₂) at Southern Hemisphere urban site. **Atmospheric Environment**, v. 126, p. 274-289, 2016.

BURKHARD, B.; MAES, J.; Mapping Ecosystem Services. **Pensoft Publishers**, Sofia, p 378, 2017.

CAMPINAS. **Lei Complementar nº 189 de 08 de janeiro de 2018**. Dispõe sobre o Plano Diretor Estratégico do município de Campinas. Campinas, SP, Prefeitura do Município de Campinas, 2018. Disponível em: <https://bibliotecajuridica.campinas.sp.gov.br/index/visualizar/id/132100>. Acesso em: 7 nov. 2019.

CANTERAS, F. B.; MOREIRA, S. FARIA, B. F.; Study of main and signature sources of particulate matter pollutants in Limeira City (Brazil) using SR-TXRF. **X-Ray Spectrometry**, v. 42, p. 290-298, 2013. Disponível em: <https://doi.org/10.1002/xrs.2468>.

CARVALHO, R. M. DE; SZLAFSZTEIN, C. F.; Urban vegetation loss and ecosystem services: The influence on climate regulation and noise and air pollution. **Environmental Pollution**, v. 245, p. 844-852, 2019. Disponível em: <https://doi.org/10.1016/j.envpol.2018.10.114>

CBH-PCJ. **Deliberação nº 238 de 23 de outubro de 2015**. Aprova a Política de Recuperação, Conservação e Proteção dos Mananciais no âmbito da área de atuação dos Comitês PCJ, que dispõe sobre as Ações para Produção e Conservação das Águas, Recuperação e Conservação do Solo e da Vegetação Nativa nas Bacias Hidrográficas dos Rios Piracicaba, Capivari e Jundiáí, seus fins e mecanismos de formulação e aplicação de recursos financeiros das Cobranças PCJ e demais fundos financeiros. Piracicaba, SP, Comitê de Bacia Hidrográfica dos Rios Piracicaba, Capivari e Jundiáí, 2015. Disponível em: <http://www.comitespcj.org.br/images/Download/DelibComitesPCJ238-15.pdf>. Acesso em: 27 ago. 2019.

CBH-PCJ. **Deliberação nº 285 de 15 de dezembro de 2017**. Define cronograma e regras para seleção de áreas e de propostas no âmbito da Política de Recuperação, Conservação e Proteção de Mananciais dos Comitês PCJ – Política de Mananciais PCJ, visando à contratação no âmbito do PAP-PCJ 2017-2020, com recursos da cobrança pelo uso dos recursos hídricos de domínio federal – Cobrança PCJ Federal. Piracicaba, SP, Comitê de Bacia Hidrográfica dos Rios Piracicaba, Capivari e Jundiá, 2017. Disponível em: https://drive.google.com/file/d/1ErhnHI0eco8XVu2OOmLF8F8FFfSqN_IJ/view. Acesso em: 16 ago. 2019.

CBH-PCJ. **Deliberação nº 308 de 14 de dezembro de 2018**. Define cronograma e regras para seleção de áreas e de propostas no âmbito da Política de Recuperação, Conservação e Proteção de Mananciais dos Comitês PCJ – Política de Mananciais PCJ, visando à contratação no âmbito do PAP-PCJ 2017-2020, com recursos da cobrança pelo uso dos recursos hídricos de domínio da União – Cobrança PCJ Federal – Exercício 2019. Piracicaba, SP, Comitê de Bacia Hidrográfica dos Rios Piracicaba, Capivari e Jundiá, 2018. Disponível em: <https://drive.google.com/file/d/1jkTnH91JFkkm1Z8nsacu6Y31YPqHGER/view>. Acesso em: 16 ago. 210019.

CETESB. **Qualidade do ar no estado de São Paulo 2018** [recurso eletrônico]. Companhia Ambiental do Estado de São Paulo, São Paulo, SP, 2019. Disponível em: <https://cetesb.sp.gov.br/ar/wp-content/uploads/sites/28/2019/07/Relat%C3%B3rio-de-Qualidade-do-Ar-2018.pdf>. Acesso em: 19 set. 2019.

DUNNETT, N.; NAGASE, A.; HALLAM, A.; The dynamics of planted and colonising species on a green roof over six growing seasons 2001–2006: influence of substrate depth. **Urban Ecosystems**, v. 11, p. 373–384, 2008. doi 10.1007/s11252-007-0042-7

FARIAS, M. M. M. W. E. C.; **Aproveitamento de águas de chuva por telhados: aspectos quantitativos e qualitativos**. Caruaru, PE, 2012. 115 f. Dissertação (mestrado) - Universidade Federal de Pernambuco. CTG. Engenharia Civil e Ambiental, 2012.

FERREIRA, C. S. S.; WALSH, R. P. D.; FERREIRA, A. J. D.; Degradation in urban areas, **Current Opinion in Environmental Science & Health**, v. 5, p. 19-25, 2018; Disponível em: <https://doi.org/10.1016/j.coesh.2018.04.001>. Acesso em 26 nov. 2018.

FRANCIS, L. F. M.; JENSEN, M. B.; Benefits of green roofs: A systematic review of the evidence for three ecosystem services, **Urban Forestry & Urban Greening**, v. 28, p. 167-176, 2017. Disponível em: <https://doi.org/10.1016/j.ufug.2017.10.015>

FREIRIA, R. C.; **Direito, Gestão e Políticas Públicas Ambientais**. 1. ed. São Paulo: Editora Senac, v. 1. 234p, 2011.

GAMAGE, D. N. V.; BISWAS, A.; STRACHAN, I. B.; Spatial variability of soil thermal properties and their relationships with physical properties at field scale, **Soil and Tillage Research**, v. 193 p. 50-58. 2019. Disponível em: <https://doi.org/10.1016/j.still.2019.05.012>

GASCON, M.; SÁNCHEZ-BENAVIDES, G.; DADVAND, P.; MARTÍNEZ, D.; GRAMUNT, N.; GOTSSENS, X.; CIRACH, M.; VERT, C.; MOLINUEVO, J. L.; CROUS-BOU, M.; NIEUWENHUIJSEN, M.; Long-term exposure to residential green and blue spaces and anxiety and depression in adults: A cross-sectional study. **Environmental Research**, v. 162, p. 231–239, 2018. Disponível em: <https://doi.org/10.1016/j.envres.2018.01.012>

GETTER, K. L.; ROWE, D. B.; ROBERTSON, G.P.; CREGG, B. M.; ANDRESEN, J. A.; Carbon Sequestration Potential of Extensive Green Roofs, **Environment Science Technology**, v. 43, p. 7564–7570, 2009.

GOMEZ-MORENO, F.J.; ARTÍ-NANO, B.; RAMIRO, E.D.; BARREIRO, M.; NÚÑEZ, L.; COZ, E.; DIMITROULOPOULOU, C.; VARDOULAKIS, S.; YAGÜE, C.; MAQUEDA, G. ; SASTRE, M.; ROMAN-CASCON, C.; SANTAMARÍA, J.M.; BORGE, R.; Urban vegetation and particle air pollution: Experimental campaigns in a traffic hotspot. **Environmental Pollution**, v. 247, p. 195-205, 2019. Disponível em: <https://doi.org/10.1016/j.envpol.2019.01.016>

GREGOIRE, B. G.; CLAUSEN, J. C.; Effect of a modular extensive green roof on stormwater runoff and water quality. **Ecological Engineering**, v. 37, p. 963–969, (2011). doi: 10.1016/j.ecoleng.2011.02.004

GUARNIERI, M.; BALMES, J. R.; Outdoor air pollution and asthma. **The Lancet**, v. 383, p. 1581-1592, 2014.

GUEDES, F. B.; SEEHUSEN, S. E.; **Pagamentos por Serviços Ambientais na Mata Atlântica: lições aprendidas e desafios** – Brasília: MMA, 2011.

GUITE, H. F.; CLARK C.; ACKRILL, G.; The impact of the physical and urban environment on mental well-being. **Public Health**, v. 120, p. 1117-1126, 2006. doi: 10.1016/j.puhe.2006.10.005

HERZOG, C.P.; ROSA, L.Z.; Infraestrutura verde: sustentabilidade e resiliência para a paisagem urbana, **Revista Labverde**, v. 1, p. 92 - 115, 2010. Disponível em: <https://doi.org/10.11606/issn.2179-2275.v0i1p92-115>. Acesso em: 25 ago. 2018.

HOPKINS, G; GOODWIN, C.; Living Architecture: Green Roofs and Walls, **Csiro Publishing**, p. 296, 2011.

IBGE, **Censo Demográfico**, 2010. Disponível em: <https://www.ibge.gov.br/estatisticas-novoportal/sociais/populacao/9662-censo-demografico-2010.html?=&t=destaques>. Acesso em: 25 ago. 2018.

JERIČEVIĆ, A.; GAŠPARAC, G.; MIKULEC, M. M.; KUMAR, P.; PRTENJAK M. T.; Identification of diverse air pollution sources in a complex urban area of Croatia. **Journal of Environmental Management**, v. 243, p. 67–77, 2019. Disponível em: <https://doi.org/10.1016/j.jenvman.2019.04.024>

JIANG, L.; TANG, M.; Thermal analysis of extensive green roofs combined with night ventilation for space cooling.; **Energy and Buildings**, v. 156, p. 238-249, 2017.

JUNDIAÍ. **Lei nº 8.683 de 07 de julho de 2016**. Institui o Plano Diretor do município de Jundiaí e dá outras providências. Jundiaí, SP, Prefeitura do município de Jundiaí, 2016. Disponível em: <https://planodiretor.jundiai.sp.gov.br/wp-content/uploads/2016/07/Lei-8.683-Plano-Diretor-do-Munic%c3%adpio-de-Jundia%c3%ad.pdf>. Acesso em: 7 nov. 2019.

KLEIN, L. B.; **Controle qualitativo e quantitativo do escoamento pluvial em diferentes tipos de coberturas**. Dissertação de mestrado. Universidade Federal de Santa Catarina, 2017.

KOC, C. B.; OSMOND, P.; PETERS, A.; Towards a comprehensive green infrastructure typology: a systematic review of approaches, methods and typologies, **Urban Ecosystem**, v. 20, p. 15-35, 2017. doi: 10.1007/s11252-016-0578-5

KOHLER, M.; POLL, P.; Long-term performance of selected old Berlin greenroofs in comparison to younger extensive greenroofs in Berlin, **Ecological Engineering**, v. 36, p. 722-729, 2010; Disponível em: <https://doi.org/10.1016/j.ecoleng.2009.12.019>

KUMAR, V. V.; MAHALLE, A. M.; Investigation of the thermal performance of green roof on a mild warm climate, **International Journal of Renewable Energy Research**, v. 6, n. 2, p. 487–493, 2016

LATA, J.-C.; DUSZAA, Y.; ABBADIE, L.; BAROT, S.; CARMIGNAC, D.; GENDREAU, E.; KRAEPIEL, Y.; MÉRIGUET, J.; MOTARD, E.; RAYNAUDA, X.; Role of substrate properties in the provision of multifunctional green roof ecosystem services, **Applied Soil Ecology**, v. 123, p. 464-468, 2018. Disponível em: <http://dx.doi.org/10.1016/j.apsoil.2017.09.012>

LEVERMORE, G.; PARKINSON, J.; LEEB, K.; LAYCOCK, P.; LINDLEY, S.; The increasing trend of the urban heat island intensity, **Urban Climate**, v. 24, p. 360–368, 2018; Disponível em: <https://doi.org/10.1016/j.uclim.2017.02.004>

LI, C.; LIU, M.; HU, Y.; SHI, T.; QU, X.; TODDWALTER, M.; Effects of urbanization on direct runoff characteristics in urban functional zones, **Science of The Total Environment**, v. 643, p. 301-311, 2018a; Disponível em: <https://doi.org/10.1016/j.scitotenv.2018.06.211>

LI, X.-B., CHEN, Y.-H., SHI, P.-J., CHEN, J.; Detecting vegetation fractional coverage of typical steppe in Northern China based on multi-scale remotely sensed data, **Acta Botanica Sinica**, v. 45, p. 1146-1156, 2003.

LI, Y.; GUAN, D.; TAO, S.; WANG, X.; HE, K.; A review of air pollution impact on subjective well-being: Survey versus visual psychophysics. **Journal of Cleaner Production**, v. 184, p. 959-968, 2018b. Disponível em: <https://doi.org/10.1016/j.jclepro.2018.02.296>

LIM, Y.-H.; KIM, H.; KIM, J. H.; BAE, S.; PARK, H. Y.; HONG, Y.-C.; Air Pollution and Symptoms of Depression in Elderly Adults, **Environmental Health Perspectives**, v. 120, p. 1023–1028, 2012.

LIU, C.; LI, Y.; LI, J.; Geographic information system-based assessment of mitigating flash-flood disaster from green roof systems. **Computers, Environment and Urban Systems**, v. 64, p. 321–331, 2017. Disponível em: <http://dx.doi.org/10.1016/j.compenvurbsys.2017.04.008>

LIU, W.; WEI, W.; CHEN, W.; DEO, R. C.; SI, J.; XI, H.; LI, B.; FENG, Q.; The impacts of substrate and vegetation on stormwater runoff quality from extensive green roofs. **Journal of Hydrology**, v. 576, p. 575–582, 2019.

LUCK, G. W.; DAVIDSON, P.; BOXALL, D.; SMALLBONE, L.; Relations between Urban Bird and Plant Communities and Human Well-Being and Connection to Nature. **Conservation Biology**, v. 25, p. 816–826, 2011. doi: 10.1111/j.1523-1739.2011.01685.x

MARTIN, P.; Sustentabilidade da paisagem: Infraestrutura verde para a cidade, Rio de Janeiro, Apresentação CAU-PUC, 2011.

MACKE, J.; SARATE, J. A. R.; MOSCHEN, S. A.; Smart sustainable cities evaluation and sense of community. **Journal of Cleaner Production**, v. 239, p. 118103, 2019. Disponível em: <https://doi.org/10.1016/j.jclepro.2019.118103>

MCKENZIE, K.; MURRAY, A.; BOOTH, T.; Do urban environments increase the risk of anxiety, depression and psychosis? An epidemiological study. **Journal of Affective Disorders**, v. 150, p. 1019–1024, 2013. Disponível em: <http://dx.doi.org/10.1016/j.jad.2013.05.032>

MECHELEN, C.; DUTOIT, T.; HERMY, M.; Vegetation development on different extensive green roof types in a Mediterranean and temperate maritime climate, **Ecological Engineering**, v. 82, p. 571-582, 2015. Disponível em: <http://dx.doi.org/10.1016/j.ecoleng.2015.05.011>

MOGHBEL, M.; SALIM, R. E.; Environmental benefits of green roofs on microclimate of Tehran with specific focus on air temperature, humidity and CO2 content. **Urban Climate**, v. 20, p. 46-58, 2017. Disponível em: <https://doi.org/10.1016/j.uclim.2017.02.012>

MOHAJERANI, A.; BAKARIC, J.; JEFFREY-BAILEY, T.; The urban heat island effect, its causes, and mitigation, with reference to the thermal properties of asphalt concrete, **Journal of Environmental Management**, v. 197, p. 522-538, 2017; Disponível em: <https://doi.org/10.1016/j.jenvman.2017.03.095>

MORAES, S. L.; ALMENDRA, R.; SANTANA, P.; GALVANI, E.; Variáveis meteorológicas e poluição do ar e sua associação com interações respiratórias em crianças: estudo de caso em São Paulo, Brasil. **Cadernos de Saúde Pública** [online], vol.35, 2019. doi: 10.1590/0102-311X00101418

MORVAN-QUÉMÉNER, A. L.; COLL, I.; KAMMER, J.; LAMAUD, E.; LOUBET, B.; PERSONNE, E.; STELLA, P.; Impact of parameterization choices on the restitution of ozone deposition over vegetation. **Atmospheric Environment**, v. 178, p. 49–65, 2018. Disponível em: <https://doi.org/10.1016/j.atmosenv.2018.01.003>

MUKHERJEEA, M.; TAKARA, K.; Urban green space as a countermeasure to increasing urban risk and the UGS-3CC resilience framework. **International Journal of Disaster Risk Reduction**, v. 28, p. 854–861, 2018.

MUNCK, C.; LEMONSU, A.; MASSON, V. LE BRASS, J., BONHOMME, M.; Evaluating the impacts of greening scenarios on thermal comfort and energy and water consumptions for adapting Paris city to climate change, **Urban Climate**, v. 23 p. 260-286. 2018. Disponível em: <http://dx.doi.org/10.1016/j.uclim.2017.01.003>

NOGUEIRA, S. H. M.; **Avaliação do risco à perda da qualidade ambiental do aquífero freático na região metropolitana de Goiânia**. 76 p. Dissertação (Mestrado em Ciências Ambientais) - Universidade Federal de Goiás, Goiânia, 2017.

NOVA ODESSA. **Lei Municipal nº 2.885 de 18 de setembro de 2014**. Institui o Programa Municipal de Pagamento por Serviços Ambientais, e dá outras providências. Nova Odessa, SP, Prefeitura do Município de Nova Odessa, 2014. Disponível em: <http://www.novaodessa.sp.gov.br/LegislacaoConteudo.aspx?IDLei=2879>. Acesso em: 07 nov. 2019.

OLIVEIRA, L. M.; **Critérios, procedimentos e práticas para cidades mais sustentáveis**. 102 p. Dissertação de Mestrado - Escola de Artes, Ciências e Humanidades, Universidade de São Paulo, São Paulo, 2016. doi 10.11606/D.100.2016.tde-14082016-220001.

WHO. **Ecosystems and human well-being: Health synthesis**. Organização Mundial da Saúde, 2015. Disponível em: <https://www.who.int/globalchange/publications/ecosystems05/en/>

ONMURA, S.; MATSUMOTO, M.; HOKOI, S.; Study on evaporative cooling effect of roof lawn gardens, **Energy and Buildings**, v. 33, p. 653-666, 2001.

ONUMAA, A.; TSUGE, T.; Comparing green infrastructure as ecosystem-based disaster risk reduction with gray infrastructure in terms of costs and benefits under uncertainty: A theoretical approach. **International Journal of Disaster Risk Reduction**, v. 32, p. 22–28, 2018.

PARKINS, K.L.; CLARK, J.A.; Green roofs provide habitat for urban bats. **Global Ecology and Conservation**, v. 4, p. 349–357, 2015. Disponível em: <http://dx.doi.org/10.1016/j.gecco.2015.07.011>

PCJ, Agência das Bacias Hidrográficas do; O que é a Agência. **Website da Agência**, Piracicaba 2012. Disponível em: <http://www.agencia.baciaspcj.org.br/novo/institucional/o-que-e-a-agencia>, Acesso em: 10 jul. 2019.

PIRACICABA. **Decreto Municipal nº 17218 de 19 de setembro de 2017**. Regulamenta a Lei nº 8013/14 que “autoriza o Município de Piracicaba a instituir o Programa Municipal de Pagamento por Serviços Ambientais aos Projetos de Proprietários Rurais, a estabelecer convênios com o Estado de São Paulo para a execução deste Programa e dá outras providências”. Piracicaba, SP, Prefeitura do Município de Piracicaba, 2017. Disponível em: <http://www.agenciapcj.org.br/docs/gestao/decreto-municipal-sp-17218-17.pdf>. Acesso em: 4 set. 2019.

PIRACICABA. **Projeto de Lei Complementar**. Aprova o Plano Diretor de Desenvolvimento de Piracicaba, revoga as Leis Complementares nº 186/06, nº 201/07, nº 213/07, nº 220/08, nº 222/08, nº 247/09, nº 249/09, nº 255/10, nº 257/10, nº 261/10, nº 287/11, nº 293/12, nº 295/12, nº 323/14, nº 346/15, nº 354/15, nº 367/16 e nº 394/18 e dá outras providências. Piracicaba, SP, Prefeitura Municipal de Piracicaba, 2019. Disponível em: <http://planodiretor.piracicaba.sp.gov.br/projeto-de-lei-complementar/>. Acesso em: 7 nov. 2019.

PORCARO, M.; ADANA, M. R.; COMINO ET AL, F.; PEÑA, A.; MARTÍN-CONSUEGRA, E.; VANWALLEGHEM, T.; Long term experimental analysis of thermal performance of extensive green roofs with different substrates in Mediterranean climate, **Energy & Buildings**, v. 197, p. 18–33, 2019.

QUEROL, X.; ALASTUEY, A.; RECHE, C.; ORIO, A.; PALLARES, M.; REINA, F.; DIEGUEZ, J.J.; MANTILLA, E.; ESCUDERO, ALONSO, M. L.; GANGOITI, G.; MILLÁN, M.; On the origin of the highest ozone episodes in Spain. **Science of the Total Environment**, v. 572, p. 379–389, 2016. Disponível em: <http://dx.doi.org/10.1016/j.scitotenv.2016.07.193>

RAHMAN, M.A.; MOSER, A.; RÖTZER, T.; PAULEIT, S.; Microclimatic differences and their influence on transpirational cooling of *Tilia cordata* in two contrasting street canyons in Munich, Germany. **Agricultural and Forest Meteorology**, vol 232, pp. 443-456, 2017.

REIS, M. M. GUIMARÃES, M. T.; BRAGA, A. L. F.; MARTINS, L. C.; PEREIRA, L. A. A.; Air pollution and low birth weight in an industrialized city in Southeastern Brazil, 2003-2006. **Revista Brasileira de Epidemiologia** [online], vol.20, 2017. doi: 10.1590/1980-5497201700020001

REZENDE, O. M. ; FRANCO, A. B. R.C.; OLIVEIRA, A. K. B.; JACOB A. C. P.; MIGUEZ, M. G.; A framework to introduce urban flood resilience into the design of flood control alternatives, **Journal of Hydrology**, v. 576, p. 478-493, 2019.

RODRIGUES, P. C. O.; SANTOS, E. S.; HACON, S. S.; IGNOTTI, E.; Fatores de risco para mortalidade por doenças cardiovasculares associados à alta exposição ao tráfego veicular. **Revista Brasileira de Epidemiologia** [online], vol.20, 2017. doi: 10.1590/1980-5497201700030006

ROWE, D. B.; Green roofs as a means of pollution abatement. **Environmental Pollution**, v. 159, p. 2100-2110, 2011. doi: 10.1016/j.envpol.2010.10.029

RUTKOWSKI, E.; **Desenhando a Bacia Ambiental – subsídios para planejamento das águas doces metropolitan(izad)as**. 1999. 160 p. Tese (Doutorado) – Faculdade de Arquitetura e Urbanismo, Universidade de São Paulo, São Paulo, 1999.

SAADATIAN, O.; SOPIAN, K.; SALLEH, E.; LIM, C.H.; RIFFAT, S.; SAADATIAN, E.; TOUDESCHI, A.; SULAIMAN, M.Y.; A review of energy aspects of green roofs. **Renewable and Sustainable Energy Reviews**, v. 23, p.155–168, 2013. Disponível em: <http://dx.doi.org/10.1016/j.rser.2013.02.022>

SANTAMOURIS, M.; Energy and Climate in the Urban Built Environment, **Routledge**, 410 p. 2001.

SÃO CARLOS. **Lei nº 13.692 de 25 de novembro de 2005**. Institui a Planta Genérica de Valores do Município, define critérios para lançamento do Imposto Predial e Territorial Urbano, e dá outras providências. São Carlos, SP, Prefeitura do município de São Carlos, 2005. Disponível em: <http://www.saocarlos.sp.gov.br/images/stories/pdf/lei13692%20com%20alteracao.pdf>. Acesso em: 7 nov. 2019.

SÃO PAULO (Estado). **Lei nº 7.663, de 30 de dezembro de 1991**. Estabelece normas de orientação à Política Estadual de Recursos Hídricos bem como ao Sistema Integrado de Gerenciamento de Recursos Hídricos. São Paulo, SP, Governo do Estado de São Paulo, 1991. Disponível em: <https://www.al.sp.gov.br/repositorio/legislacao/lei/1991/lei-7663-30.12.1991.html>. Acesso em: 15 set. 2019.

SÃO PAULO (Estado). **Deliberação nº 5 de 18 de novembro de 1993**. Aprova a proposta de criação de Agência das Bacias dos rios Piracicaba, Capivari e Jundiaí. Conselho Estadual de Recursos Hídricos, São Paulo, 1993. Disponível em: <https://www.comitespcj.org.br/images/Download/DelibPCJ005-93.PDF>. Acesso em: 28 nov. 2019.

SÃO PAULO (Estado). **Lei nº 9.509 de 20 de março de 1997**. Dispõe sobre a Política Estadual do Meio Ambiente, seus fins e mecanismos de formulação e aplicação. São Paulo, SP, Governo do Estado de São Paulo, 1997. Disponível em: <https://www.al.sp.gov.br/repositorio/legislacao/lei/1997/lei-9509-20.03.1997.html>. Acesso em: 18 set. 2019.

SÃO PAULO (Estado). **Lei nº 12.526 de 02 de janeiro de 2007**. Estabelece normas para a contenção de enchentes e destinação de águas pluviais. São Paulo, SP, Governo do Estado de São Paulo, 2007. Disponível em:

<https://www.al.sp.gov.br/repositorio/legislacao/lei/2007/lei-12526-02.01.2007.html>. Acesso em: 7 nov. 2019.

SÃO PAULO (Estado). **Lei nº 13.798, de 09 de novembro de 2009**. Institui a Política Estadual de Mudanças Climáticas - PEMC. São Paulo, SP, Governo do Estado de São Paulo, 2009a. Disponível em: <https://www.al.sp.gov.br/repositorio/legislacao/lei/2009/lei-13798-09.11.2009.html>. Acesso em: 10 ago. 2019.

SÃO PAULO (Estado). **Lei nº 13.580, de 24 de julho de 2009**. Institui o Programa Permanente de Ampliação das Áreas Verdes Arborizadas Urbanas, e dá outras providências. São Paulo, SP, Governo do Estado de São Paulo, 2009b. Disponível em: <https://www.al.sp.gov.br/repositorio/legislacao/lei/2009/lei-13580-24.07.2009.html>. Acesso em: 7 nov. 2019.

SÃO PAULO (Estado). **Decreto Estadual nº 55.947, de 24 de junho de 2010**. Regulamenta a Lei nº 13.798, de 9 de novembro de 2009, que dispõe sobre a Política Estadual de Mudanças Climáticas. São Paulo, SP, Governo do Estado de São Paulo, 2010. Disponível em: <https://www.al.sp.gov.br/repositorio/legislacao/decreto/2010/decreto-55947-24.06.2010.html>. Acesso em: 20 ago. 2019.

SÃO PAULO (Estado). **Lei nº 16.337, de 14 de dezembro de 2016**. Dispõe sobre o Plano Estadual de Recursos Hídricos - PERH e dá providências correlatas. Governo do Estado de São Paulo, 2016. Disponível em: <https://www.al.sp.gov.br/repositorio/legislacao/lei/2016/lei-16337-14.12.2016.html>. Acesso em: 28 nov. 2019.

SÃO PAULO (Estado). Secretaria Estadual de Meio Ambiente. **Resolução nº 33 de 28 de março de 2018**. Estabelece procedimentos operacionais e os parâmetros de avaliação da Qualificação para a Certificação e Certificação no âmbito do Programa Município VerdeAzul. São Paulo: Secretaria Estadual de Meio Ambiente, 2018. Disponível em: <https://smastr16.blob.core.windows.net/legislacao/2018/03/resolucao-sma-033-2018-processo-1009-2013-programa-municipio-verde-azul-2018.pdf>. Acesso em: 7 nov. 2019.

SCHUBERT, J. E.; BURNS, M. J.; FLETCHER, T. D.; SANDERS, B. F.; A framework for the case-specific assessment of Green Infrastructure in mitigating urban flood hazards. **Advances in Water Resources**, v. 108, p. 55–68, 2017. Disponível em: <https://doi.org/10.1016/j.advwatres.2017.07.009>

SKJELDRUMA, P. M.; KVANDE, T.; Moisture-resilient upgrading to blue-green roofs. **Energy Procedia**, v. 132, p. 417-422, 2017. Disponível em: <https://doi.org/10.1016/j.egypro.2017.09.649>

SONG, H.; SRINIVASAN, R.; Smart Cities: Foundations, Principles, and Applications. **John Wiley & Sons**, p. 912, 2017;

SPEAK, A.F.; ROTHWELL, J.J.; LINDLEY, S.J.; SMITH, C.L.; Reduction of the urban cooling effects of an intensive green roof due to vegetation damage, **Urban Climate**, v. 3, p. 40-55, 2013 Disponível em: <http://dx.doi.org/10.1016/j.uclim.2013.01.001>

STRICHER, R., '**Rua mais bonita do mundo**' vira ponto turístico em Porto Alegre. G1, Rio Grande do Sul, 2012. Disponível em: <http://g1.globo.com/rs/rio-grande-do-sul/noticia/2012/01/rua-mais-bonita-do-mundo-vira-ponto-turistico-em-porto-alegre.html>. Acesso em: 25 nov. 2018.

TALEBI, A.; BAGG, S.; SLEEP, B. E.; O'CARROLL, D. M.; Water retention performance of green roof technology: A comparison of Canadian climates. **Ecological Engineering**, v. 126, p. 1-15, 2019. Disponível em : <https://doi.org/10.1016/j.ecoleng.2018.10.006>

TAM, V. W. Y.; WANG, J.; LE, K. N.; Thermal Insulation and Cost Effectiveness of Green-roof Systems: an Empirical Study in Hong Kong. **Building and Environment**. v. 110, p. 46-54, 2016. Disponível em: <http://dx.doi.org/10.1016/j.buildenv.2016.09.032>

TEEB, **The Economics of Ecosystems and Biodiversity Ecological and Economic Foundations**. Edited by Pushpam Kumar. Earthscan, London and Washington, 2010.

THRELFALL, C.G.; WILLIAMS, N. S. G.; HAHS, A. K., LIVESLEY, S. J.; Approaches to urban vegetation management and the impacts on urban bird and bat assemblages. **Landscape and Urban Planning**, v. 153, p. 28–39, 2016. Disponível em: <http://dx.doi.org/10.1016/j.landurbplan.2016.04.011>

TEIXEIRA, P. D. C.; **Qualidade da água drenada por coberturas verdes para fins de aproveitamento em edifícios**. 119 p. Dissertação de mestrado - Faculdade de Engenharia Civil, Universidade Estadual de Campinas, Campinas, 2013.

TRGALA, K.; PAVELEK, M.; WIMMERC, R.; Energy performance of five different building envelope structures using a modified Guarded Hot Box apparatus - Comparative analysis. **Energy and Buildings**, v. 195, p. 116-125, 2019. Disponível em: <https://doi.org/10.1016/j.enbuild.2019.04.036>

TSAI, D. D.; CHEN, P. H.; RAMARAJ, R.; The potential of carbon dioxide capture and sequestration with algae. **Ecological Engineering**. v. 98, p. 17–23, 2017. <http://dx.doi.org/10.1016/j.ecoleng.2016.10.049>

UNGARO, F.; CALZOLARI, C.; PISTOCCHI, A.; MALUCELLI F.; Modelling the impact of increasing soil sealing on runoff coefficients at regional scale: a hydrogeological approach, **Journal of Hydrology and Hydromechanics**, vol 62 (1), pp. 33-42, 2014.

UN; Transforming our world: the 2030 Agenda for Sustainable Development, 2015. United Nations. Disponível em: https://www.un.org/ga/search/view_doc.asp?symbol=A/RES/70/1&Lang=E

UN; Resolution 64/292. adopted by the General Assembly The human right to water and sanitation, 2010. United Nations. Disponível em: https://www.un.org/en/ga/search/view_doc.asp?symbol=A/RES/64/292

VERSINI, P.-A.; RAMIER, D.; BERTHIER, E.; GOUVELLO, B.; Assessment of the hydrological impacts of green roof: From building scale to basin scale. **Journal of Hydrology**, v. 524, p. 562–575, 2015. Disponível em: <http://dx.doi.org/10.1016/j.jhydrol.2015.03.020>

VIERO, D. P.; RODER, G.; MATTICCHIO, B.; DEFINA, A.; TAROLLI, P.; Floods, landscape modifications and population dynamics in anthropogenic coastal lowlands: The Polesine (northern Italy) case study. **Science of The Total Environment**, v. 651, p. 1435-1450, 2019. Disponível em: <https://doi.org/10.1016/j.scitotenv.2018.09.121>

VIJAYARAGHAVAN, K.; RAJA, F. D.; Design and development of green roof substrate to improve runoff water quality: Plant growth experiments and adsorption, **Water Research**, v. 63, p. 94 – 101, 2014. Disponível em: <https://doi.org/10.1016/j.watres.2014.06.012>

WANG, C.; ZHENG, S.; WANG, P.; HOU, J.; Interactions between vegetation, water flow and sediment transport: A review, **Journal of Hydrodynamics, Ser. B**, v. 27, p. 24-37, 2015. doi: 10.1016/S1001-6058(15)60453-X

WANG, J.; CAO, H.; SUN, D.; QI, Z.; GUO, C.; PENG, W.; SUN, Y.; XIE, Y.; LIU, X.; LI, B.; LUO, Y.; PAN, Y.; LI, Y.; ZHANG, L.; Associations between ambient air pollution and mortality from all causes, pneumonia, and congenital heart diseases among children aged under 5 years in Beijing, China: A population-based time series study. **Environmental Research**, v. 176, p. 108531, 2019. Disponível em: <https://doi.org/10.1016/j.envres.2019.108531>

WANG, Y.; KOTZE, D. J.; VIERIKKO, K.; NIEMELÄ, J.; What makes urban greenspace unique – Relationships between citizens' perceptions on unique urban nature, biodiversity and environmental factors. **Urban Forestry & Urban Greening**, v. 42, p. 1-9, 2019. Disponível em: <https://doi.org/10.1016/j.ufug.2019.04.005>

WEICHENTHAL, S.; LAVIGNE, E.; VALOIS, M.; HATZOPOULOU, M.; VAN RYSWYK, K.; SHEKARRIZFARD, M.; VILLENEUVE, P.J.; GOLDBERG, M.S.; PARENT, M.; Spatial variations in ambient ultrafine particle concentrations and the risk of incident prostate cancer: a case-control study. **Environmental Research**, v. 156, p. 374-380, 2017. Disponível em: <http://dx.doi.org/10.1016/j.envres.2017.03.035>

WILLIAMS, K. J.H.; LEE, K. E.; SARGENT, L.; JOHNSON, K. A.; RAYNER, J.; FARRELL, C.; MILLER, R. E.; WILLIAMS, N. S.G.; Appraising the psychological benefits of green roofs for city residents and workers. **Urban Forestry & Urban Greening**, v. 44, p. 126399, 2019. <https://doi.org/10.1016/j.ufug.2019.126399>

XU, Q.; DONG, Y.; YANG, R.; Influence of land urbanization on carbon sequestration of urban vegetation: A temporal cooperativity analysis in Guangzhou as an example. **Science of The Total Environment**, v. 635, p. 26-34, 2018. Disponível em: <https://doi.org/10.1016/j.scitotenv.2018.04.057>

YANG, J.; YU, Q.; GONG, P.; Quantifying air pollution removal by green roofs in Chicago. **Atmospheric Environment**, v. 42, p. 7266–7273, 2008. doi: 10.1016/j.atmosenv.2008.07.003

YE, H.; REN, Q.; SHI, L.; SONG, J.; HU, X.; LI, X.; ZHANG, G.; LIN, T.; XUE, X.; The role of climate, construction quality, microclimate, and socio-economic conditions on carbon emissions from office buildings in China, **Journal of Cleaner Production**, v. 171, p. 911-916, 2018.

ZHANG, S.; RAMÍREZ, F. M.; Assessing and mapping ecosystem services to support urban green infrastructure: The case of Barcelona, Spain, **Cities**, v. 92, p. 59-70, 2019. Disponível em: <https://doi.org/10.1016/j.cities.2019.03.016>

ZHAO, W.; LI, A.; HUANG, Q.; GAO, Y.; LI, F.; ZHANG, L.; An improved method for assessing vegetation cooling service in regulating thermal environment: A case study in Xiamen, China, **Ecological Indicators**, v. 98, p. 531-542, 2019. Disponível em: <https://doi.org/10.1016/j.ecolind.2018.11.033>

ZHENG, X.; STREIMIKIENE, D.; BALEZENTIS, T.; MARDANI, A.; CAVALLARO, F.; LIAO, H.; A review of greenhouse gas emission profiles, dynamics, and climate change mitigation efforts across the key climate change players. **Journal of Cleaner Production**, v. 234, p. 1113-1133, 2019. Disponível em: <https://doi.org/10.1016/j.jclepro.2019.06.140>

ZHOU, N.; CUI, Z.; YANG, S.; HAN, X.; CHEN, G.; ZHOU, Z.; ZHAI, C.; MA, M.; LI, L.; CAI, M.; LI, Y.; AO, L.; SHU, W.; LIU, J.; CAO, J.; Air pollution and decreased semen quality: A comparative study of Chongqing urban and rural areas. **Environmental Pollution**, v. 187, p. 145-152, 2014. Disponível em: <http://dx.doi.org/10.1016/j.envpol.2013.12.030>

ZUPANCIC, T.; WESTMACOTT, C.; BULTHUIS, M.; The Impact of Green Space on Heat and Air Pollution in Urban Communities: A Meta-Narrative Systematic Review. **David Suzuki Foundation**, Vancouver, BC, Canada. 2015