



## TELHADOS VERDES NO CONTEXTO DE CIDADES SUSTENTÁVEIS: ASPECTOS TÉCNICOS E LEGISLAÇÕES AMBIENTAIS VIGENTES.

*Green Roofs in the Context of Sustainable Cities: Technical Aspects and Current Environmental Legislation.*

### **Gabriela de Paula**

Universidade Estadual de Campinas - UNICAMP, Campinas, SP, Brasil  
E-mail:gdpgabriela@gmail.com

### **Rafael Costa Freiria**

Universidade Estadual de Campinas – UNICAMP, Campinas, SP, Brasil  
Lattes:<http://lattes.cnpq.br/9073019243607999> Orcid: <https://orcid.org/0000-0003-3993-3935>  
E-mail:rafaelcf@unicamp.br

### **Felippe Benavente Canteras**

Universidade Estadual de Campinas - UNICAMP, Campinas, SP, Brasil  
Lattes:<http://lattes.cnpq.br/8997705569834211> Orcid:<https://orcid.org/0000-0002-1979-0765>  
E-mail:canteras@unicamp.br

Trabalho enviado em 20 de abril de 2021 e aceito em 10 de junho de 2021



This work is licensed under a Creative Commons Attribution 4.0 International License.



## RESUMO

Este estudo tem como objetivo realizar uma discussão inovadora a respeito da implantação de telhados verdes no contexto de cidades sustentáveis, buscando analisar se tais infraestruturas verdes cumprem requisitos de legislações e políticas públicas em vigor no que se refere à prestação de serviços ambientais em áreas urbanas. Para atingir este objetivo, realizou-se revisão bibliográfica sobre 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 (SP). Os resultados mostram que Telhados Verdes Extensivos possuem características técnicas que permitem a prestação de serviços ambientais relacionados à regulação climática, disponibilidade hídrica e qualidade do ar. 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/SP 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, Telhados verdes, Serviços ambientais, Políticas Públicas, Cidades Sustentáveis.

## ABSTRACT

The study aims to conduct an innovative discussion regarding the implementation of green roofs in the context of sustainable cities, seeking to analyze whether such green infrastructures meet the requirements of legislation and public policies in force regarding the provision of environmental services in urban areas. To achieve this objective, a bibliographic review was carried out on technical criteria for green infrastructures and green roofs. A surveyed and content analysis of legislation and public policies related to the same themes was also carried out at the federal, state and municipal levels within the hydrographic basin of Piracicaba, Capivari and Jundiaí (SP) rivers. The results show that Extensive Green Roofs have technical characteristics that allow the provision of environmental services related to climate regulation, water availability and air quality. 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/SP'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 roofs, Environmental services, Public policies, Sustainable cities.

## 1. Introdução

O amplo e estabelecido uso do concreto como base das estruturas urbanas e suas infraestruturas cinzas aplicadas à diversos sistemas como de energia, águas e esgotos tem demonstrado cada vez maior participação na causa raiz de problemas ambientais e urbanísticos (ONUMAA; TSUGE, 2018). Estas estruturas possuem características de alta impermeabilidade que, em eventos de precipitação, leva ao aumento do escoamento superficial tornando sistemas de micro e macrodrenagem insuficientes, podendo gerar pontos de alagamento (LI *et al*, 2018a). Além disso, esses sistemas desviam o fluxo das águas de áreas de recarga de aquíferos e atuam no carreamento de poluentes e resíduos sólidos para corpos hídricos, provocando assoreamento e degradação dos ecossistemas aquáticos.

Outra característica da substituição de sistemas naturais por infraestruturas em concreto, é a alta absorção de calor que, somado às emissões provenientes de atividades humanas nos ambientes urbanos, causa a formação de ilhas de calor (JIANG; TANG, 2017). As ilhas de calor trazem mudanças no ambiente interno às edificações, degradando o conforto térmico e elevando o consumo energético de equipamentos de 2 a 4% a cada 1°C de aumento de temperatura (AKBARI *et al*, 2001; MOHAJERANI *et al*, 2017). Em ambientes externos, com a contribuição dos pavimentos asfálticos que absorvem até 95% do calor irradiado pelo sol, o aumento de temperatura varia de 5 a 15°C (SANTAMOURIS, 2013), causando alterações no microclima, elevando a concentração de poluentes atmosféricos e aumentando a demanda energética de equipamentos e instalações.

Estes impactos são ainda agravados pela supressão de vegetação que além de levar à fragmentação da paisagem que altera as funcionalidades de grandes áreas, também altera o ciclo do carbono com a redução de sua retirada da atmosfera e ainda causa degradação sensorial por parte 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 do uso de tecnologias e técnicas de 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.

Com a Agenda 2030 dos Objetivos de Desenvolvimento Sustentável das Nações Unidas, espera-se um incentivo de políticas públicas que fomentem atividades intergeracionais, economicamente viáveis, ambientalmente adequadas e que reforcem a justiça social.

Neste contexto, observa-se um crescente interesse nacional e internacional sobre cidades sustentáveis que trazem uma combinação de sistemas de informações, como sensores, programas e tecnologias de comunicação aliadas à materiais sustentáveis aplicados às estruturas urbanas a fim de otimizá-las.

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 (JALALI; RABOTYAGOV, 2020), amenizando os efeitos de ilhas de calor e a variação térmica dentro de edificações (BARTESAGHI-KOC *et al*, 2020), melhorando a qualidade do ar (ZHANG; RAMÍREZ, 2019), desta forma, estimulando a economia dentro do paradigma do desenvolvimento sustentável.

Telhados Verdes são um tipo de infraestrutura verde que apresentam enorme potencial de implantação em larga escala nas grandes cidades, podendo auxiliar na resolução ou na mitigação de diversos problemas ambientais. Esses telhados podem ser classificados pelo tipo de vegetação utilizada, sendo extensivo se utilizadas plantas rasteiras ou de pequeno porte, semi-intensivo se utilizadas plantas arbustivas ou de médio porte e intensivos que utilizam plantas de grande porte (VIJAYARAGHAVAN; RAJA, 2014).

A utilização de plantas rasteiras ou de pequeno porte possibilita uma menor sobrecarga na estrutura da edificação, uma vez que pode ser construído com camadas menos espessas e mais simples do que as necessárias para o telhado verde intensivo. Dessa forma, os telhados verdes extensivos (TVE) apresentam-se como os de mais fácil adaptação às estruturas já construídas e telhados já existentes.

Apesar das diversas opções construtivas, os telhados verdes extensivos apresentam construção simplificada, em geral com um número mínimo de camadas que visam garantir o suporte à vida vegetal (substrato), o escoamento, infiltração e armazenamento de água de chuva (camada de drenagem), e a impermeabilização da laje convencional, evitando danos à estrutura. As composições, especificações e dimensões dessas camadas, bem como das mantas de separação entre as camadas, implicam diretamente nos serviços ambientais prestados pelo telhado verde (TAM *et al*, 2016).

Estes serviços podem impactar positivamente o ambiente, trazendo maior conforto térmico através da redução da temperatura e da preservação da umidade interna à edificação (JIANG; TANG, 2017; PORCARO *et al*, 2019) e possibilitando o aproveitamento da água da chuva para fins não potáveis (JALALI; RABOTYAGOV, 2020). Com relação às melhorias ao ambiente externo às edificações, os telhados verdes podem mitigar os efeitos das ilhas de calor (BESIR; CUCE, 2018), melhorar a retenção de água da chuva, aliviando os sistemas de drenagem e evitando pontos de alagamento (VIJAYARAGHAVAN; RAJA, 2014; REZENDE *et al*, 2019) e melhorar da qualidade do ar ambiente (GETTER *et al*, 2009).

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, tem-se como hipótese que os telhados verdes já cumprem demandas de legislações ambientais em vigor, passíveis de serem ampliadas e aprimoradas, podendo então se consolidar como instrumento operacional de concretização de ações sustentáveis, acelerando o movimento de adaptação do ambiente urbano no enfrentamento de questões ambientais e dos desafios da sustentabilidade e resiliência urbana.

Desta forma, este trabalho tem como objetivo inicial identificar os principais serviços ambientais e ecossistêmicos prestados pelos Telhados Verdes Extensivos, considerando o cenário de necessidade de desenvolvimento de cidades sustentáveis e resilientes. Posteriormente, o trabalho tem ainda como objetivo analisar importantes legislações e políticas públicas brasileiras, com ênfase no Estado de São Paulo, com o propósito de demonstrar o potencial dos Telhados Verdes Extensivos para dar maior efetividade aos requisitos legais de incentivo à prestação de serviços ambientais.

## 2. Metodologia

Para atingir os objetivos propostos para o trabalho, foi realizada uma revisão bibliográfica sobre os temas de infraestruturas verdes e telhados verdes extensivos, com abordagem interdisciplinar. Foram selecionados artigos publicados nos últimos 20 anos sobre os temas já mencionados. A busca se deu utilizando três bases científicas: Science Direct, Scielo e Google Acadêmico. Os principais termos de busca utilizados foram: “serviços ecossistêmicos”; “infraestrutura verde”; “telhados verdes extensivos”; “coberturas verdes”; “cidades sustentáveis” e “cidades inteligentes”. Os termos de busca foram consultados em português, inglês e espanhol, resultando em um total de 102 artigos lidos integralmente. A seleção dos artigos finais se deu após a leitura dos títulos e resumos de todos os artigos, levando à eliminação de artigos repetidos e de artigos que não condiziam com o tema do trabalho.



Além da revisão bibliográfica também foi realizada pesquisa documental relacionada com os temas infraestruturas verdes e telhados verdes extensivos, mediante obtenção de documentos oficiais, jurídicos e legais. Levantou-se legislações, normas e regulamentos pertinentes à temática publicados em diários oficiais, jornais de circulação e websites governamentais.

A técnica adotada para os documentos levantados foi à análise de conteúdo (AC) como forma de descrever e interpretar o conteúdo dos documentos utilizados como fonte de pesquisa. Essa análise ajuda a reinterpretar os textos pesquisados atingir uma compreensão de seus significados num nível que vai além de uma leitura comum (MORAES, 1999; BARDACH, 2009), objetivando com isso descrever e verificar detalhes, evidências, constatações se ao se adotar as infraestruturas verdes, mais especificamente os Telhados Verdes Extensivos (TVE), estariam sendo cumpridos requisitos de legislações e políticas públicas em vigor no que se refere à prestação de serviços ambientais em áreas urbanas.

Para tal propósito, foram realizados o levantamento e a análise de conteúdo de legislações em vigor dos três entes federativos (federal, estadual e municipal). No caso, a verificação dos possíveis paralelos entre a concepção de telhados verdes extensivos e as legislações ambientais atuais vigentes, partiram da análise de conteúdo das principais legislações federais, depois percorreram legislações ambientais do Estado de São Paulo até chegar no recorte regional, tomando a bacia hidrográfica, unidade internacional de planejamento e gerenciamento ambiental, no caso de análise a Unidade de Gerenciamento de Recursos Hídricos 5 do Estado de São Paulo, conhecida como Bacia do PCJ (Piracicaba/Capivari/Jundiaí)<sup>1</sup>. A estratégia adotada dentro da Bacia do PCJ foi a busca inicial por legislações das cidades de maior porte, seguidas pela busca de legislações de acordo com a colocação dos municípios no Programa Município Verde e Azul (PMVA, 2020). A busca se deu através de qualquer menção feita a telhados verdes ou a serviços ambientais.

Com isso, buscou-se avaliar como os Telhados Verdes Extensivos podem ser instrumentos viáveis 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.

---

<sup>1</sup> Cabe destacar que o trabalho de pesquisa do presente artigo foi realizado no âmbito da Faculdade de Tecnologia da Unicamp, localizada no campus 1 de Limeira/SP, município inserido nas bacias hidrográficas do PCJ, o que justifica a escolha desse recorte territorial para a análise regional do objetivo da pesquisa.

### 3. Serviços Ecosistêmicos e Ambientais

Os serviços ecossistêmicos são as condições naturais fornecidas pelos ecossistemas que acabam dando suporte à vida dos seres humanos e lhes trazendo benefícios (HASAN *et al*, 2020). Já os benefícios relacionados às estruturas providas pelo homem, que atuam diretamente como influenciadoras 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: provisão; regulação; suporte e culturais. Serviços de provisão, que são a oferta de bens de consumo e produtos naturais como alimento, água, madeira, fibras, combustíveis, recursos genéticos, fármacos etc. Os serviços reguladores são resultado dos processos ecossistêmicos 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. Dessa forma, os serviços reguladores representam processos que garantem o funcionamento estável dos ecossistemas a longo prazo. Já os serviços de suporte são serviços subjacentes dos ecossistemas que produzem ou mantêm os demais como o ciclo da água, formação do solo, ciclagem de nutrientes etc. E ainda os serviços culturais que agregam benefícios não materiais como atividades espirituais, contemplativas, educacionais e recreacionais (MILLENNIUM ECOSYSTEM ASSESSMENT, 2005; ZHANG; RAMÍREZ, 2019; HASAN *et al*, 2020).

O aumento da população mundial, o crescimento econômico e o desenvolvimento de centros urbanos estão diretamente relacionados com a acelerada degradação dos serviços ecossistêmicos no mundo, provocando uma diferença cada vez maior entre as necessidades humanas e os serviços fornecidos pelos ecossistemas (MILLENNIUM ECOSYSTEM ASSESSMENT, 2005). Sendo assim, busca-se com alternativas tecnológicas e construtivas, retomar as condições e características dos ecossistemas naturais nos elementos urbanos (WHO, 2005). Estes, em pequena escala, prestam serviços reguladores de clima (PORCARO *et al*, 2019), disponibilidade hídrica (GREGOIRE; CLAUSEN, 2011), qualidade de ar (GETTER *et al*, 2009; YANG *et al*, 2008) e prevenção de desastres (LIU *et al*, 2017). Em larga escala as infraestruturas verdes aumentam a eficiência dos serviços reguladores e podem prover habitat para diversas espécies provocando um aumento de variabilidade genética e de biodiversidade. As infraestruturas verdes também podem fornecer espaços naturais que podem ser utilizados para educação ou recreação, tendo, portanto, importância cultural já reconhecida.

Nesse sentido, respeitando a hierarquia normativa brasileira, temos como máxima dentro do conjunto de leis a Constituição Federal brasileira (BRASIL, 1988). Esta, em questões de modernização da visão sobre a gestão pública e democrática do país, avança, dentre outros, na determinação dos princípios da ordem econômica e na defesa do meio ambiente

Especificamente sobre o meio ambiente, o Art. 225 da Constituição 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.

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 (BRASIL, 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 que dispõe sobre a Política Nacional do Meio Ambiente (BRASIL, 1981), 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 sócio-econômico, 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[...]

Publicada no Diário Oficial da União de 13 de janeiro de 2021, a Lei federal 14.119 institui a Política Nacional de Pagamento por Serviços Ambientais (BRASIL, 2021), PNPSA, cujo texto traz à luz em seu Art. 2º 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

IV - pagamento por serviços ambientais: transação de natureza voluntária, mediante a qual um pagador de serviços ambientais transfere a um provedor desses serviços recursos financeiros ou outra forma de remuneração (...)

Dentro dos objetivos da Política Nacional de Pagamento por Serviços Ambientais (PNPSA) está orientar a atuação do poder público, das organizações da sociedade civil e dos agentes privados em relação ao pagamento por serviços ambientais, de forma a manter, recuperar ou melhorar os serviços ecossistêmicos em todo o território nacional; (Art. 4º, I). Ou seja, o reconhecimento dos diversos serviços ambientais potencialmente prestados pelos Telhados Verdes Extensivos (TVE) ganha também significativa importância no contexto da nova PNPSA, uma vez sua implementação pode ser ainda mais incentivada com a institucionalização de novas práticas de pagamentos por serviços ambientais.

Além disso, a Política institui em seu Art. 6º o Programa Nacional de Pagamento por Serviços Ambientais:

(...) com o objetivo de efetivar a PNPSA relativamente ao pagamento desses serviços pela União, nas ações de manutenção, de recuperação ou de melhoria da cobertura vegetal nas áreas prioritárias para a conservação, de combate à fragmentação de habitats, de formação de corredores de biodiversidade e de conservação dos recursos hídricos.

Ou seja, além de reafirmar as vantagens ecossistêmicas do oferecimento de serviços ambientais, a política aumenta o interesse pelo tema agregando valor à essas ações.

Nesse contexto, vamos nos aprofundar nas legislações e políticas públicas que versam sobre serviços ambientais apresentando as características estruturais dos TVE que os permitem concretizar esses serviços mesmo em ambientes urbanos estabelecidos.

#### 4. Os Serviços Ambientais Prestados pelos Telhados Verdes Extensivos (TVE) e sua interface com as Legislações Ambientais

##### 4.1 Regulação Térmica

A condição ambiente dentro de uma edificação é diretamente influenciada pelos seus elementos estruturais, pelos materiais utilizados e sua disposição na composição da construção. Esses elementos influenciam diretamente no conforto térmico, que está relacionado principalmente a temperatura e a umidade do ar do interior da edificação. A absorção de energia solar moderada de um edifício propiciará menor temperatura em seu interior se comparada ao ambiente externo, podendo implicar também em uma maior umidade relativa do ar, condições favoráveis para um maior conforto térmico dentro do ambiente fechado.

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 solar não penetre completamente pela estrutura, garantindo um maior conforto térmico dentro da edificação (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, (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 (MUNCK *et al*, 2018). Além de amenizar temperaturas elevadas, os TVE também podem amenizar a perdas de temperatura de 10% a 30%, principalmente nos períodos noturnos, quando a estrutura tende a perder energia para o ambiente externo, e durante o inverno, já que suas camadas formam um isolante que retém o calor dentro da edificação (TAM *et al*, 2016).

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, diretrizes e instrumentos a serem seguidos e utilizados no planejamento de ações e aportes tecnológicos de adaptação, mitigação e sumidouros de gases de efeito estufa (GEE). O Art. 6, inciso XII traz como um de seus instrumentos o estabelecimento de critérios de preferências em compras públicas para propostas que propiciem

maior economia de energia, água e outros recursos naturais, redução da emissão de gases de efeito estufa e de resíduos.

O Decreto nº 9.578, de 22 de novembro de 2018 (BRASIL, 2018), 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;

Seguindo essa linha dentro da hierarquia dos entes, temos 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), que em seu Art. 36 apresenta o Programa Estadual de Construção Civil Sustentável (PECCS).

Este Programa tem 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 melhor desempenho ambiental e eficiência energética, entre outros.

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 de energia pela estrutura, diminuindo a transferência de energia 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 (MOGHBEL; SALIM, 2017).

Dessa forma, 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, como a regulação do clima.

A internalização dessas diretrizes em âmbito estadual aparece através da 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. Em seu Art. 1º, § 2º o projeto traz a prioridade para o custeio de até 60% do valor total de projetos a serem desenvolvidos em áreas de alto índice de edificação e de impermeabilização do solo. Porém, falta detalhamentos de como submeter projetos e dos canais utilizados para publicação de maiores informações.

Ainda que estadual o Programa Município Verde Azul (PMVA), instituído pela Resolução SMA nº 33 de 28 de março de 2018 (SÃO PAULO, 2018), vai atuar diretamente com os municípios. Tendo como objetivo medir e apoiar a eficiência da gestão ambiental através de critérios que, entre outros, contempla a Arborização Urbana. Inicialmente os municípios com melhor desempenho recebiam incentivos financeiros o que estimulava a participação mesmo sendo voluntária.

A diminuição da temperatura dentro da edificação melhora o conforto térmico e diminui o consumo energético promovendo o uso racional de recursos naturais (MUNCK *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. Com essas propriedades, os TVE atendem às premissas dos projetos contemplados pelo PECS e Programa Permanente de Ampliação das Áreas Verdes Arborizadas Urbanas, e podem ser impulsionados por normativas de aumento da arborização urbana como o Código Florestal e o PMVA incentivando a utilização de tecnologias não apenas mitigadoras, mas de resiliência urbana.

#### **4.2 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 (CONAMA, 2018).

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 *et al*, 2018b). 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 (SO<sub>2</sub>), ozônio no nível do solo (O<sub>3</sub>), dióxido de nitrogênio (NO<sub>2</sub>) e monóxido de carbono (CO) (CONAMA, 2018).

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, é altamente relacionada às doenças cardiovasculares (WANG *et al*, 2019a), pode também ser causa de doenças mentais (LIM *et al*, 2012), contribuir para ocorrência de câncer de próstata (WEICHTHAL *et al*, 2017), impactar a reprodução humana 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.

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. Ressalta-se que poluição atmosférica e áreas verdes urbanas possuem uma relação inversamente proporcional, evidenciando a contribuição de áreas verdes para o sequestro e retenção de poluentes atmosféricos.

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, principalmente CO, SO<sub>2</sub> NO<sub>2</sub> e CO<sub>2</sub>, 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, que retém principalmente MP na superfície foliar (GOMEZ-MORENO *et al*, 2019). Além disso, 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 CO<sub>2</sub> é atribuído às áreas agrícolas e algas marinhas. 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.

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 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, NO<sub>2</sub>, MP e SO<sub>2</sub> somados pode chegar à 8,5 g/m<sup>2</sup>/ano (YANG *et al*, 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 *et al*, 2018b). 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.

No que diz respeito à qualidade de ar, muito esforço legislativo concentra-se na diminuição da emissão de GEE. As Políticas Nacional e do Estado de São Paulo de Mudanças Climáticas, já mencionada, 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.

O Código Florestal em seu Art. 41 inclui o sequestro, a conservação, a manutenção e o aumento do estoque e a diminuição do fluxo de carbono como ações passíveis de pagamento por serviços ambientais. Assim, juntamente com o Programa Permanente de Ampliação das Áreas Verdes Arborizadas Urbanas, ambos podem estimular 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.

Em nível de Bacia e municipal o PMVA vai incentivar ao aumento da arborização urbana e outros fatores que melhoram a qualidade do ar, como o incentivo a utilização de fontes renováveis de energia, locomoção coletiva e/ou não motorizada no município, entre outros.

### 4.3 Regulação 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. Além disso, a qualidade da água implica diretamente nas condições de saúde das populações e é considerada um direito humano fundamental segundo a Resolução n° 64/292 da ONU (ONU, 2010).

O aumento não planejado da urbanização influencia diretamente neste ciclo acelerando seus processos levando a uma defasagem entre suas etapas. O solo altamente impermeabilizado causa o aumento do escoamento superficial, aumentando o volume escoado que, ao atingir regiões permeáveis terá a chance de penetrar no solo e seguir o ciclo. Porém, esse aumento de volume e escassez das áreas de infiltração acabam por ocasionar uma rápida saturação do solo, causando acúmulos e possíveis alagamentos (LI *et al*, 2018a).

Além disso, grandes volumes escoando pelas superfícies impermeáveis alcançam altas velocidades aumentando a erosão, seja de solo, concreto ou asfalto, acentua a ocorrência de enchentes 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 *et al*, 2018a).

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.

Os TVE propiciam uma superfície permeável onde a água é barrada por suas camadas, sendo uma parte absorvida pela estrutura e pelas plantas. 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. 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).

A Política Nacional de Recursos Hídricos (PNRH), instituída pela Lei Federal nº 9.433 de 8 de janeiro de 1997, que já possui como objetivo máximo a proteção e manutenção dos corpos hídricos, teve o inciso IV do Art. 2º incluído pela Lei Federal nº 13.501 de 30 de outubro de 2017 (BRASIL, 2017), trazendo como novo objetivo “incentivar e promover a captação, a preservação e o aproveitamento de águas pluviais” e “a prevenção e a defesa contra eventos hidrológicos críticos”.

Dentro do recorte territorial, 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), modificada e atualizada pela lei nº 16.337 de dezembro de 2016 (SÃO PAULO, 2016), 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;

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, 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.

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 as Políticas Municipais de PSA e outros Programas e Projetos criados com objetivo de desenvolver ações para a produção e conservação das águas nas Bacias PCJ.

Mas anteriormente e de forma proativa, Piracicaba em 2017 já havia lançado através do Decreto nº 17.218 o PPSA municipal que traz, entre outros, a adoção de práticas conservacionistas do solo afim de evitar a erosão e melhorar a infiltração da água, e a recuperação e manutenção da vegetação das Áreas de Proteção Permanente, ações infelizmente voltadas às propriedades rurais (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).

Da mesma forma, o município de Nova Odessa instituí seu PPSA através Lei Municipal nº 2.885 de 18 de setembro de 2014 e nele extrapola os limites das propriedades rurais buscando fomentar as ações humanas voltadas à promoção de serviços ambientais em geral (NOVA ODESSA, 2014).

Em outras palavras, mesmo com a PNPSA recém instituída, 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.

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. 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 a serem planejadas e já consolidadas.

#### **4.4 Regulação do 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 *et al*, 2006).

Devido à estruturação urbana as áreas verdes são suprimidas e 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 *et al*, 2019b). 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 (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 (ZHANG; RAMÍREZ, 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 a ambientes artificiais ainda somos parte do planeta e dependentes de seus recursos e processos naturais, e as IV podem trazer o equilíbrio necessário para o desenvolvimento sustentável, garantindo os direitos de futuras gerações.

A Constituição Federal de 1988 em seu Art. 182 traz a norma programática da política urbana, posteriormente consolida 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. 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.

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.

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.

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 reúso 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.

Além de ações de implementação, a PNMA (BRASIL, 1981) 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.

## 5. Considerações Finais

Por meio da análise da revisão bibliográfica foi possível concluir que os 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 e de conteúdo das legislações nacionais, estaduais e municipais levantadas, no caso do recorte federal, passando por legislações do Estado de São Paulo até chegar na análise regionalizada de legislações da Bacia Hidrográfica do PCJ, 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 Telhados Verdes Extensivos apresentam importante potencial para a maior efetividade de legislações e políticas públicas em vigor, sendo então um instrumento para a 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 e que perdurem as mudanças de gestão, de maneira a garantir o desenvolvimento sustentável de cidades economicamente viáveis, socialmente justas e ambientalmente adequadas para as presentes e futuras gerações.

## Referências

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

BARDACH, E. A practical guide for policy analysis: the eightfold path to more effective problem solving. 3rd. ed. Washington DC: CQ Press, 2009.

BARTESAGHI-KOC, C.; OSMOND, P.; PETERS, A. Quantifying the seasonal cooling capacity of 'green infrastructure types' (GITs): An approach to assess and mitigate surface urban heat island in Sydney, Australia. *Landscape and Urban Planning*, 203, 1-21, 2020. DOI: <https://doi.org/10.1016/j.landurbplan.2020.103893>

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

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](http://www.planalto.gov.br/ccivil_03/Leis/L6938.htm). Acesso em: 25 ago. 2019.

BRASIL. Constituição da República Federativa do Brasil, de 5 de outubro de 1988. Brasília, DF: Presidência da República, 1988. Disponível em: [http://www.planalto.gov.br/ccivil\\_03/constituicao/constituicao.htm](http://www.planalto.gov.br/ccivil_03/constituicao/constituicao.htm). Acesso em: 19 março. 2021

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](http://www.planalto.gov.br/ccivil_03/leis/LEIS_2001/L10257.htm). Acesso em: 19 março. 2021

BRASIL. Emenda Constitucional nº 42, de 19 de dezembro de 2003. Altera o Sistema Tributário Nacional e dá outras providências. Brasília: DOU de 19/12/2003. Brasília, DF. Disponível em:



[http://www.planalto.gov.br/ccivil\\_03/constituicao/emendas/emc/emc42.htm](http://www.planalto.gov.br/ccivil_03/constituicao/emendas/emc/emc42.htm). Acesso em: 10 abril. 2021

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](http://www.planalto.gov.br/ccivil_03/_ato2007-2010/2009/lei/l12187.htm) Acesso em: 10 abril. 2021.

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](http://www.planalto.gov.br/ccivil_03/_Ato2011-2014/2012/Lei/L12651.htm). Acesso em: 26 ago. 2020.

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](http://www.planalto.gov.br/ccivil_03/_Ato2011-2014/2013/Lei/L12836.htm). Acesso em: 7 set. 2019.

BRASIL. Lei nº 14.119, de 13 de janeiro de 2021. Institui a Política Nacional de Pagamento por Serviços Ambientais; e altera as Leis nº 8.212, de 24 de julho de 1991, 8.629, de 25 de fevereiro de 1993, e 6.015, de 31 de dezembro de 1973, para adequá-las à nova política. Brasília, DF: Presidência da República, 2021. Disponível em: <https://www.in.gov.br/en/web/dou/-/lei-n-14.119-de-13-de-janeiro-de-2021-298899394> . Acesso em: 10 de abril. 2021.

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](http://www.planalto.gov.br/ccivil_03/_Ato2015-2018/2017/Lei/L13501.htm). Acesso em: 06 nov. 2020.

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](http://www.planalto.gov.br/ccivil_03/_Ato2015-2018/2018/Decreto/D9578.htm) . Acesso em: 11 nov. 2020.

BRASIL. Lei nº 10.406, de 10 de janeiro de 2002. Institui o Código Civil. Brasília, DF: Presidência da República, 2002. Disponível em: [http://www.planalto.gov.br/ccivil\\_03/leis/2002/L10406compilada.htm](http://www.planalto.gov.br/ccivil_03/leis/2002/L10406compilada.htm) . Acesso em: 10 abril 2021.

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 jan. 2021.

CONAMA – Conselho Nacional de Meio Ambiente. Resolução nº 491 de 19 de novembro de 2018. Dispõe sobre padrões de qualidade do ar. Brasília, DF. Disponível em: <http://www2.mma.gov.br/port/conama/legiabre.cfm?codlegi=740> . Acesso em: 20 set. 2020.

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*, 162, 231–239, 2018. DOI: <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*, 43, 7564–7570, 2009. DOI: <https://doi.org/10.1021/es901539x>

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*, 247, 195-205, 2019. DOI: <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*, 37, 963–969, 2011. DOI: <https://doi.org/10.1016/j.ecoleng.2011.02.004>

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

HASAN, S. S.; ZHEN, L.; MIAH, M. G.; AHAMED, T.; SAMIE, A. Impact of land use change on ecosystem services: A review. *Environmental Development*, 34, 1-14, 2020. DOI: <https://doi.org/10.1016/j.envdev.2020.100527>

JALALI, P.; RABOTYAGOV, S. Quantifying cumulative effectiveness of green stormwater infrastructure in improving water quality. *Science of the Total Environment*, 731, 1-15, 2020. DOI: <https://doi.org/10.1016/j.scitotenv.2020.138953>

JIANG, L.; TANG, M. Thermal analysis of extensive green roofs combined with night ventilation for space cooling. *Energy and Buildings*, 156, 238-249, 2017. DOI: <https://doi.org/10.1016/j.enbuild.2017.09.080>

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%3adpio-de-Jundia%3ad.pdf>. Acesso em: 7 nov. 2020.

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*, 123, 464-468, 2018. DOI: <http://dx.doi.org/10.1016/j.apsoil.2017.09.012>

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*, 643, 301-311, 2018a. DOI: <https://doi.org/10.1016/j.scitotenv.2018.06.211>

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*, 184, 959-968, 2018b. DOI: <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*, 120, 1023–1028, 2012. DOI: <http://dx.doi.org/10.1289/ehp.1104100>

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*, 64, 321–331, 2017. DOI: <http://dx.doi.org/10.1016/j.compenvurbsys.2017.04.008>

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*, 25, 816–826, 2011. DOI: <https://doi.org/10.1111/j.1523-1739.2011.01685.x>

MILLENNIUM ECOSYSTEM ASSESSMENT. *Ecosystems and Human Well-being: Synthesis*. Island Press, Washington, DC, 2005. Disponível em: <https://www.millenniumassessment.org/documents/document.356.aspx.pdf>

MOGHBEL, M.; SALIM, R. E. Environmental benefits of green roofs on microclimate of Tehran with specific focus on air temperature, humidity and CO<sub>2</sub> content. *Urban Climate*, 20, 46-58, 2017. DOI: <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*, 197, 522-538, 2017. DOI: <https://doi.org/10.1016/j.jenvman.2017.03.095>

MORAES, R. Análise de conteúdo. *Revista Educação*, Porto Alegre, v. 22, n. 37, p. 7-32, 1999.

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*, 23, 260-286. 2018. DOI: <http://dx.doi.org/10.1016/j.uclim.2017.01.003>

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*, 178, 49–65, 2018. DOI: <https://doi.org/10.1016/j.atmosenv.2018.01.003>

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. 2020.

ONU. Organização das Nações Unidas; *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](https://www.un.org/en/ga/search/view_doc.asp?symbol=A/RES/64/292)

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*, 32, 22–28, 2018. DOI:  
<https://doi.org/10.1016/j.ijdrr.2018.01.025>

PIRACICABA. Decreto Municipal nº 17.218 de 19 de setembro de 2017. Regulamenta a Lei n 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. 2020.

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. 2020.

PMVA. Programa Município Verde e Azul, São Paulo, SP. Disponível em:  
<https://www.infraestruturameioambiente.sp.gov.br/verdeazuldigital/o-projeto/> . Acesso: dez. 2020.

PORCARO, M.; ADANA, M. R.; COMINOETAL, 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*, 197, 18–33, 2019. DOI:  
<https://doi.org/10.1016/j.enbuild.2019.05.041>

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*, 20 (2), 189-199, 2017. DOI: <https://doi.org/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*, 576, 478-493, 2019. DOI: <https://doi.org/10.1016/j.jhydrol.2019.06.063>

ROWE, D. B. Green roofs as a means of pollution abatement. *Environmental Pollution*, 159, 2100-2110, 2011 DOI: <https://doi.org/10.1016/j.envpol.2010.10.029>

SANTAMOURIS, M. Energy and Climate in the Urban Built Environment. London: James & James (Science Publishers) Ltd, 2001.



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. 2020.

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. 2020.

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. 2020.

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. 2020.

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. 2020.

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. 2020

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. São Paulo, SP: 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. 2020.

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. 2020.

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*, 110, 46-54, 2016. DOI: <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*, 153, 28–39, 2016. DOI: <http://dx.doi.org/10.1016/j.landurbplan.2016.04.011>

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

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*, 176, 1-11, 2019a. DOI: <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, 2019b. DOI: <https://doi.org/10.1016/j.ufug.2019.04.005>

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

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

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

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

#### Sobre os autores:

##### Gabriela de Paula

Engenharia Ambiental formada pela Universidade Estadual de Campinas. Membro do Laboratório de Políticas Públicas Ambientais (LAPPA/FT/Unicamp) desde 2018. Possui experiência nos temas de telhados verdes e seus serviços ambientais, tendo participado de projeto acadêmico sobre o tema.

Universidade Estadual de Campinas - UNICAMP, Campinas, SP, Brasil

E-mail: [gdp.gabriela@gmail.com](mailto:gdp.gabriela@gmail.com)



**Rafael Costa Freiria**

Graduação em direito pela UFPR (1995-1999); Especialista em direito público (2001); Mestre em direitos difusos e coletivos pela UNESP (2002/2005); Doutor em saneamento e meio ambiente pela UNICAMP (2006/2010); Pós-Doutorado em direito ambiental e sustentabilidade na Universidade de Alicante, Espanha (2013). Atua principalmente com os seguintes temas: Direito Ambiental, Políticas Públicas, Gestão Ambiental, Desenvolvimento Sustentável, Direito Humanos, Direito Agrário, Pesquisas Interdisciplinares. Atualmente é professor efetivo na UNICAMP na área ambiental da Faculdade de Tecnologia e Coordenador do Laboratório de Políticas Públicas Ambientais (LAPPA/FT/Unicamp).

Universidade Estadual de Campinas - UNICAMP, Campinas, SP, Brasil

Lattes:<http://lattes.cnpq.br/9073019243607999> Orcid: <https://orcid.org/0000-0003-3993-3935>

E-mail:[rafaelcf@unicamp.br](mailto:rafaelcf@unicamp.br)

**Felippe Benavente Canteras**

Possui graduação em Tecnologia em Saneamento Ambiental pelo Centro Superior de Educação Tecnológica Unicamp (2007). Mestrado (2010) e doutorado (2015) em Engenharia Civil pela Universidade Estadual de Campinas (2010), ambos na área de Saneamento Ambiental. Atuou como professor da Faculdade de Jaguariúna no período de 2014 a 2016. Em 2016 foi contratado como professor doutor nível MS 3.1 em RTC da Faculdade de Tecnologia da UNICAMP. Aprovado em novo concurso, assumiu a partir de setembro de 2016 como docente em regime de dedicação integral à docência e à pesquisa (RDIDP), nível MS 3.1, onde vem atuando principalmente nas áreas de Construção Sustentável e Saneamento Ambiental. Ocupou os cargos de Coordenador Associado de Graduação e Coordenador de Graduação dos cursos de Engenharia de Transportes e Tecnologia em Construção de Edifícios, nos anos de 2019 e 2020, respectivamente. Atua principalmente nos temas de qualidade do ar e material particulado; monitoramento ambiental; determinação de elementos potencialmente tóxicos (metais pesados) em matrizes ambientais; construções sustentáveis e serviços ambientais prestados por infraestruturas verdes.

Universidade Estadual de Campinas - UNICAMP, Campinas, SP, Brasil

Lattes:<http://lattes.cnpq.br/8997705569834211> Orcid:<https://orcid.org/0000-0002-1979-0765>

E-mail:[canteras@unicamp.br](mailto:canteras@unicamp.br)

**Os autores contribuíram igualmente para a redação do artigo.**