



A CONTRIBUIÇÃO DE TELHADOS VERDES PARA A DRENAGEM URBANA SUSTENTÁVEL: ESTUDOS E SOLUÇÕES

**OKOMURA, Celí Kiyomi (1); VASCONCELLOS, Virginia Maria Nogueira (2);
VERÓL, Aline Pires (3)**

- (1) Universidade Federal do Rio de Janeiro, celiokumura@globocom
(2) Universidade Federal do Rio de Janeiro, virginia.vasconcellos@gmail.com
(3) Universidade Federal do Rio de Janeiro, alineverol@fau.ufrj.br

RESUMO

A crescente concentração populacional nos centros urbanos altera a ocupação e o uso do solo. Áreas verdes e permeáveis são substituídas por edificações e infraestrutura urbanas, que impermeabilizam o solo, alterando o ciclo hidrológico e gerando ilhas de calor urbanas. O aquecimento acarreta eventos hídricos extremos, como precipitações intensas que causam inundações, cada vez mais frequentes e mais severas. Em resposta ao rápido crescimento das áreas urbanas, surgem as técnicas de drenagem sustentável, que complementam a técnica tradicional existente, agregando soluções alternativas integradas à paisagem e ao ambiente construído. Telhados verdes, por exemplo, apresentam potencial para contribuir com a redução e o retardo do escoamento superficial, diminuindo o volume de águas pluviais que sobrecarregam a infraestrutura de drenagem urbana. Este trabalho tem como objetivo identificar e compilar os principais elementos que devem ser considerados na instalação de telhados verdes, contribuindo com a elaboração de futuros estudos e/ou projetos. O método aplicado partiu da busca de referências bibliográficas e pré-seleção de estudos com distintos critérios de análise: (1) medição por precipitação simulada; (2) medição por precipitação real; e (3) modelagem computacional. Os resultados indicam o consenso sobre a capacidade do telhado verde diminuir o escoamento superficial, quando comparado a telhados convencionais. Adicionalmente, corrobora-se com a importância da bacia hidrográfica no desenvolvimento de uma solução de drenagem urbana sustentável por meio de modelagem computacional, capaz de proporcionar soluções mais abrangentes, através da análise de múltiplos cenários.

Palavras-chave: Telhado verde, Drenagem urbana sustentável, Escoamento superficial, Águas pluviais.

ABSTRACT

The population growth in urban centers alters land use and occupation. Green and permeable areas are replaced by buildings and urban infrastructure leading to impervious soil, modifying the hydrological cycle and generating urban heat islands. Weather warming triggers extreme stormwater events, such as intense rainfall that causes more frequent and more severe flooding. In response to the urban area's fast growth, sustainable drainage techniques were developed to complete the existing traditional technique, adding integrated alternative solutions to the landscape and built environment. Green roofs, i.e., have the potential to contribute to reduce and delay the runoff, decreasing the amount of rainwater volume discharged into the urban drainage infrastructure. This paper aims to identify and bring together the main components that should be considered when implementing a green roof, in order to contribute to future studies and/or development designs. The methodology included a bibliographic search and pre-selection of different criteria papers related to (1) simulated precipitation measurement, (2) real precipitation measurement, (3) computational modeling. The results indicate a consensus on the green roof ability to reduce runoff when compared to regular roofs. Additionally, it corroborates

the importance of the watershed when developing a sustainable urban drainage system through computational modeling, that tends to provide more comprehensive solutions since it allows the analysis of several scenarios.

Keywords: *Green roof, Sustainable urban drainage, Runoff, Rainwater.*

1 INTRODUÇÃO

Em resposta ao processo de degradação ambiental e o potencial esgotamento dos recursos naturais, decorrentes do crescimento urbano, discutiu-se durante a Conferência das Nações Unidas sobre o Ambiente Humano, em junho de 1972, em Estocolmo, Suécia, um novo conceito de desenvolvimento, racionalizando e otimizando o uso dos recursos naturais.

Em 1992, o conceito de desenvolvimento sustentável foi consolidado após a Conferência das Nações Unidas sobre Meio Ambiente e Desenvolvimento, realizado no Rio de Janeiro. Criou-se, então, a Agenda 21 que definia objetivos para promover o desenvolvimento sustentável dos assentamentos humanos, incluindo: proporcionar habitação adequada para todos; melhorar a gestão dos assentamentos humanos; promover o planejamento e a gestão sustentável do uso do solo; e promover a prestação integrada de infraestrutura ambiental: água, esgoto, drenagem e manejo de resíduos sólidos.

A partir dessa perspectiva, observou-se que para assegurar um ambiente construído de forma sustentável seria preciso adotar uma construção racionalizada que otimizasse o processo produtivo, racionalizasse materiais e tempo, padronizasse projetos, automatizasse processos e usasse novas tecnologias. Podem ser citados como exemplos: o reuso de água nos canteiros de obra, o uso de resíduos de construção civil como material reciclado e a opção por materiais cujo ciclo de vida possua menor impacto no meio ambiente (VERÓL; VAZQUEZ; MIGUEZ, 2019).

Portanto, as edificações, unidades básicas que compõe o tecido urbano, desempenham papel fundamental no âmbito das soluções voltadas para o ambiente construído, na escala da cidade. Em relação à questão hídrica, pode-se adotar técnicas que economizam água, como aparelhos economizadores de água, tratamento de águas residuais e reuso para fins não potáveis, coleta e reuso de águas pluviais para uso não potável. Quanto a drenagem urbana, para reduzir o escoamento superficial, pode-se aplicar medidas de armazenamento e reservação de águas pluviais, pavimentos permeáveis que contribuam para infiltração no solo, telhados verdes para aumentar a evapotranspiração, entre outros (MIGUEZ; VERÓL; REZENDE, 2016) (MIGUEZ; VERÓL; REZENDE, 2016).

Nesse contexto, o objetivo deste estudo é identificar e compilar os principais elementos que devem ser considerados na instalação de telhados verdes, através de revisão bibliográfica de publicações, contribuindo com a elaboração de futuros estudos e/ou projetos.

2 REFERENCIAL TEÓRICO

Miguez et al. (2016) destaca que no ambiente natural, as cheias ocorrem periodicamente, compondo uma parcela do ciclo hidrológico, sistema fechado que representa o movimento contínuo da água no planeta, e constituído, resumidamente, por: precipitação, interceptação vegetal, escoamento superficial, infiltração, evaporação de corpos hídricos superficiais. Cheias naturais resultam do excesso do escoamento superficial causadas por precipitações intensas. Civilizações antigas, como sumérios e egípcios, desenvolveram-se próximas aos cursos hídricos, beneficiando-se da fertilidade do solo nas áreas marginais aos rios, continuamente renovada pelo regime de cheias (GARRIDO NETO, 2016; LOURENÇO et al., 2016).

No entanto, com o processo de urbanização, a mudança da ocupação e uso do solo reduz áreas vegetadas e permeáveis, substituindo-as por superfícies impermeáveis como edificações e infraestrutura urbana. Adicionalmente, rios são retificados, perdendo seus meandros e áreas marginais. Tais alterações aumentam a velocidade do escoamento superficial, adiantando o pico de vazão e provocando cheias urbanas, mais severas e mais frequentes, que causam danos ao meio ambiente, à infraestrutura urbana e aos bens pessoais, interrupção de atividades econômicas e perdas de vidas humanas.

A drenagem urbana data de 3000 AC e, historicamente, foca em captar e conduzir as águas para longe das áreas urbanas (FLETCHER et al., 2015). A drenagem urbana tradicional, iniciada durante a Revolução Industrial, foi concebida como princípio higienista: captar e afastar as águas pluviais, adequar o dimensionamento das calhas para dar vazão aos novos aumentos de volume. O contínuo aumento da população nos centros urbanos, no entanto, intensificou o processo de impermeabilização das superfícies, aumentando o escoamento superficial em volume e velocidade. Nesse cenário, evidenciaram-se as limitações das soluções tradicionais adotadas para o manejo de água. As inundações voltam a se agravar e as técnicas existentes muitas vezes transferem o problema para regiões a jusante (MIGUEZ; VERÓL; REZENDE, 2016; TASSI et al., 2014).

Aas principais alternativas de drenagem sustentável, desenvolvidas para atenuar o agravamento das cheias urbanas, constituem-se de conceitos mais amplos e sistêmicos que procuram integrar o planejamento e o crescimento das cidades com o desenho urbano e o paisagismo. Técnicas tradicionais são preservadas e somam-se a ações distribuídas na bacia hidrográfica para aumentar/recuperar a disponibilidade de áreas permeáveis, reproduzindo as funções naturais e atenuando os impactos da urbanização. Destacam-se os conceitos das seguintes terminologias (FLETCHER et al., 2015; MIGUEZ; VERÓL; REZENDE, 2016):

- *SUDS – Sustainable Urban Drainage System* (Sistemas de Drenagem Urbana Sustentável), Reino Unido: propõe o uso estruturas de controle

de chuva distribuído, para redução do escoamento superficial, mimetizando as condições naturais anteriores à urbanização;

- *BMPs – Best Management Practices* (Melhores Práticas de Gestão), Estados Unidos: ações implantadas ao longo da bacia para evitar a poluição e assegurar água em quantidade e qualidade.
- *LID – Low Impact Development* (Desenvolvimento de Baixo Impacto), Estados Unidos e Nova Zelândia: incorpora aos projetos características que reproduzem o ciclo hidrológico natural junto a fonte.
- *WSUD – Water Sensitive Urban Design* (Desenho Urbano Sensíveis à Água), Austrália: propõe a gestão do balanço hídrico, manutenção e melhoria da qualidade da água, aproveitamento das águas pluviais reuso de águas cinza, uso recreacional de áreas próximas aos corpos hídricos.
- Técnicas Compensatórias em Drenagem Urbana, Brasil: ações focadas em infiltração e armazenamento, para compensar os impactos da urbanização sobre o ciclo hidrológico. Medidas de armazenamento incluem: reservatório de detenção, reservatórios de retenção e reservatórios de lote. Medidas de infiltração abrangem: pavimento permeável, vala de infiltração, trincheira de infiltração e telhado verde (MIGUEZ; VERÓL; REZENDE, 2016).
- *GI - Green Infrastructure* (Infraestrutura verde), Estados Unidos: maximiza o uso de corredores e espaços verdes no planejamento e desenho urbano para promover uma infiltração distribuída e reduzir o escoamento superficial, beneficiando o ecossistema, a saúde e bem-estar social (FLETCHER et al., 2015; LI et al., 2017).

Os conceitos citados anteriormente servem para ilustrar as abordagens atuais da drenagem urbana sustentável e, à exceção do telhado verde, não serão aprofundados.

Em geral, telhados verdes são compostos pelas seguintes camadas: laje estrutural, impermeabilização, leito de drenagem, membrana filtrante, substrato e vegetação. Podem ser classificados como intensivo, semi-intensivo ou extensivo de acordo com a altura do substrato e o tipo de cobertura vegetal, conforme ilustrado no Quadro 1.

Quadro 1 – Tipos e características de telhados verdes

Característica	Extensivo	Semi-intensivo	Intensivo
Altura do substrato (cm)	até 10	10 a 20	maior que 20
Tipo de vegetação	Gramínea	Arbustivo	Arbóreo
Carga (kg/m ²)	até 100	100 a 700	700 a 1200

Fonte: Adaptado de Konasova (2017) e Garrido Neto (2016), pelas autoras.

Além da capacidade de retenção e retardo do escoamento das águas pluviais, os telhados verdes contribuem para melhoria do conforto ambiental, por criar uma camada de isolamento térmico, diminuindo a temperatura interna e consequente demanda energética para resfriamento do ambiente; atenuam o efeito de ilha de calor, pois a radiação solar é absorvida pela vegetação e apenas de 10% a 30% é refletido de volta para o ambiente; reduzem a carga de emissão de CO₂, pela própria absorção através da fotossíntese como pela redução da necessidade de resfriamento dos ambientes internos; melhoram a biodiversidade, pois atraem aves, insetos e microrganismos expulsos pela aridez da urbanização; melhoram a qualidade do ar decorrente da absorção de poluentes emitidos pela queima de combustíveis fósseis; contribuem para tornar o ambiente urbano mais agradável esteticamente, criando possíveis áreas de contemplação e redução de estresse.

A desvantagem do telhado verde é econômica, decorrente do maior custo inicial quando comparado ao telhado convencional. Outros entraves incluem manutenção periódica, irrigação, proliferação de insetos indesejáveis (GARRIDO NETO, 2016; KONASOVA, 2016).

3 MÉTODO E MEIOS

A revisão bibliográfica adotou como estratégia investigar o uso de telhado verde para redução e controle de escoamento superficial, como contribuição para a drenagem urbana. A pesquisa, realizada no Google Acadêmico, foi realizada em duas etapas. A primeira considerou (1) referências nacionais; (2) as palavras-chave "telhado verde" (entre aspas, para busca da frase exata), "drenagem urbana" e "escoamento superficial"; (3) pré-seleção dos 20 títulos ordenados por relevância dentre 522 resultados apontados; (4) seleção de dois artigos que mediam o escoamento superficial utilizando precipitação simulada e precipitação real, (foram descartados trabalhos de conclusão de curso, modelagens, estudos de outras técnicas compensatórias, aproveitamento de água pluvial, mapeamento de áreas alagáveis, e outros com foco distinto deste estudo). A segunda pesquisou (1) qualquer idioma; (2) as palavras-chave "green roof", "urban drainage", "modelling", "retrofit"; (3) pré-seleção dos 20 títulos ordenados por relevância dentre 326 resultados obtidos; (4) seleção de modelagem computacional sobre área existente para avaliar o impacto na drenagem urbana considerando a escala de um distrito. Por fim, os resultados foram consolidados para apresentar análise dos fatores que influenciam a eficácia do telhado verde para reduzir e retardar o escoamento superficial, bem como o impacto na drenagem urbana, quando aplicados em larga escala.

4 RESULTADOS

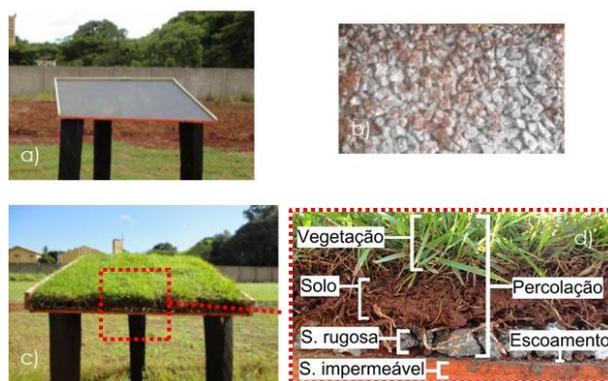
Os resumos dos estudos selecionados nas pesquisas são apresentados a seguir:

Telhado verde com medição de chuva simulada, Toledo-PR (COSTA; COSTA; POLETO, 2012)

Estudo realizado no Campus da Universidade Tecnológica Federal do Paraná, no Município de Toledo – PR, com intuito de apresentar solução para atenuar os impactos ambientais decorrentes da impermeabilização do solo nos centros urbanos.

Adotou-se como método: (1) construir 3 protótipos (Figura 1) de 1,22 x 1,22 m com inclinação de 12% e as seguintes características: (i) Superfície lisa de compensado resinado e impermeabilizado, simulando um telhado convencional; (ii) Superfície rugosa composta de isopor, cimento e água, aplicada sobre placa de compensado resinado e impermeabilizado; (iii) Telhado verde aplicado sobre superfície rugosa, utilizando vegetação (grama esmeralda, Zoysia japônica) cultivada sobre 4 cm de substrato do tipo Latossolo¹; (2) Simular chuvas com vazões próximas e contínuas (cerca de 86 ml s⁻¹); (3) obter a vazão em função do tempo através de monitoramento do volume de água recolhido no coletor a cada 5 s; (4) realizar novos testes com inclinação de 15%, em local sombreado; (5) realizar 5 testes por tipo de superfície para obter uma média da vazão².

Figura 1 – Detalhe do protótipo: a) superfície lisa; b) superfície rugosa; c) telhado verde; d) detalhe do telhado verde



Fonte: Adaptado de Costa et al (2012), pelas autoras.

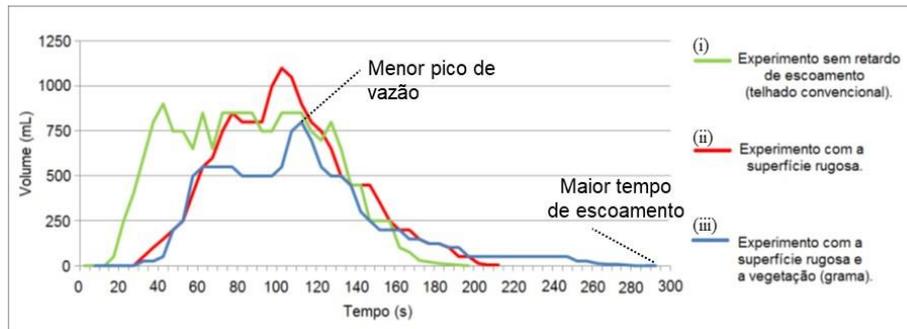
Os resultados demonstraram que os protótipos com inclinação de 12% e 15% apresentaram vazões semelhantes. A irregularidade da superfície rugosa é mais eficiente para retardar o escoamento superficial da água, que a

¹ Latossolo: solo mineral e homogêneo.

² Os testes realizados com a vegetação foram feitos com uma umidade relativamente alta do solo.

superfície lisa, conforme demonstrado na Figura 2, gráfico de vazão em função do tempo dos três experimentos. Observa-se que os experimentos (ii) e (iii) apresentam um retardo no início e fim do escoamento em relação ao experimento (i) que simula telhados convencionais. O experimento (iii), superfície rugosa com vegetação, apresenta um pico de vazão menor em volume e melhor em distribuição ao longo do tempo.

Figura 2 - Resultados da experiência: vazões das simulações 1, 2 e 3 (inclinação 15%)



Fonte: Adaptado de Costa et al (2012), pelas autoras.

O estudo conclui que telhados verdes retêm parcialmente a água de chuva e sua liberação para os sistemas de drenagem ocorre mais lentamente, contribuindo para minimizar as cheias urbanas, diminuir erosões do solo e assoreamento de corpos hídricos

4.1 Telhado verde com medição de eventos pluviométricos reais, Santa Maria – RS (TASSI et al., 2014)

Estudo realizado nas dependências da Universidade Federal de Santa Maria, RS, para avaliar a contribuição de um telhado verde no controle quantitativo do escoamento pluvial ao longo de 21 meses.

O método seguiu os passos: (1) construir estrutura de telhado de 2 águas, com cerca de 12 m² e inclinação de 1%, sendo uma água coberta com telha de fibrocimento e outra água com sistema de telhado verde extensivo, composto por módulos pré-fabricados preenchidos com substrato com 8 cm de altura e plantio da vegetação, assentados sobre uma estrutura plástica (galocha) com 3 cm de altura; (2) coletar e monitorar volumes escoados para reservatórios, através de sensores de nível, ligados a *datalogger*, que registram o aumento de nível no interior dos reservatórios a cada 2 minutos (Figura 3); (3) realizar leitura manual ao final de cada evento chuvoso para ratificar a medição realizada pelos sensores; (4) determinar o hidrograma correspondente para cada evento; (5) drenar e lavar o reservatório após cada evento chuvoso; (6) instalar pluviômetro e pluviógrafo no centro da estrutura do telhado para determinar o volume total de chuva incidente a cada evento; (7) comparar dados do pluviômetro e pluviógrafo com os registros do INMET (Instituto Nacional de Meteorologia) para fins de consistência; (8) avaliar condições climáticas e

de evapotranspiração através de dados climatológicos fornecidos pelo INMET; (9) determinar o coeficiente de escoamento em cada um dos telhados (balanço hídrico simplificado), considerando a Equação 1:

$$C = \frac{\text{volume escoado superficialmente}}{\text{volume precipitado}} \quad (1)$$

onde, C= coeficiente de escoamento

(10) aplicar Equação 2, modelo matemático de balanço simplificado de volumes para cálculo do volume escoado superficialmente

$$(Q): Q = P - S - EVT \quad 2)$$

onde, P= precipitação total, S= armazenamento de água no telhado verde, EVT= perda de água por evapotranspiração.

(11) calibrar o modelo matemático considerando o resultado do monitoramento de 43 eventos ao longo 17 meses; (12) determinar o valor médio para o armazenamento de água no telhado verde (S), com base no monitoramento; (13) ajustar armazenamento (S) de acordo com volume escoado calculado e observado; (13) estender a análise do comportamento do telhado verde para uma série contínua de chuva diária obtidas através de dados INMET de jan2005 a abr2010; (14) determinar a capacidade máxima de armazenamento ($S_{m\acute{a}x}$) a partir da qual haverá volume escoado, através da Equação 3.

$$S_{t+1} = P_{t+1} + S_t - EVT_{t+1} - Vesc_{t+1} \quad (3)$$

$$\text{onde } Vesc_{t+1} = P_{t+1} + S_t - EVT_{t+1} - S_{m\acute{a}x} \quad \text{se } P_{t+1} + S_t - EVT_{t+1} > S_{m\acute{a}x}$$

$$Vesc_{t+1} = 0 \quad \text{se } P_{t+1} + S_t - EVT_{t+1} \leq S_{m\acute{a}x}$$

onde, S= volume armazenado no telhado verde;

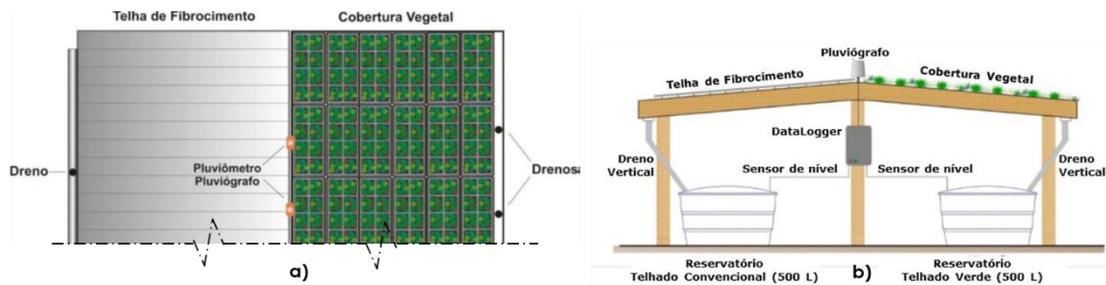
$S_{m\acute{a}x}$ = capacidade máxima de armazenamento de água no TV;

EVT= evapotranspiração; Vesc= volume resultante do escoamento superficial do telhado; t= um dia qualquer.

(15) verificar os efeitos da Umidade Antecedente do Solo (UAS) na eficiência do telhado verde.

Observou-se que o telhado verde reduziu o volume escoado em cerca de 56%, e a média de armazenamento de água foi de 12,1 mm/m², que corresponde a cerca de 73 litros de água retida. Comparado ao telhado convencional, em média, o telhado verde reduz 62% do volume escoado superficialmente.

Figura 3 – a) Planta esquemática; b) corte esquemático



Fonte: Adaptado de Tassi et al.(2014), pelas autoras.

Adicionalmente, o monitoramento ao longo de 17 meses permitiu mapear a influência das estações climáticas no desempenho dos telhados verdes. Os resultados indicam que no verão, estação chuvosa, o escoamento superficial foi inferior, evidenciando a baixa umidade do solo. Por outro lado, no evento observado em agosto de 2011, todo volume precipitado escoou em decorrência da alta UAS, apesar do baixo volume de precipitação de 2mm. Tais resultados ratificam a influência da UAS e das condições climáticas na eficiência da retenção e retardo do escoamento superficial do telhado verde.

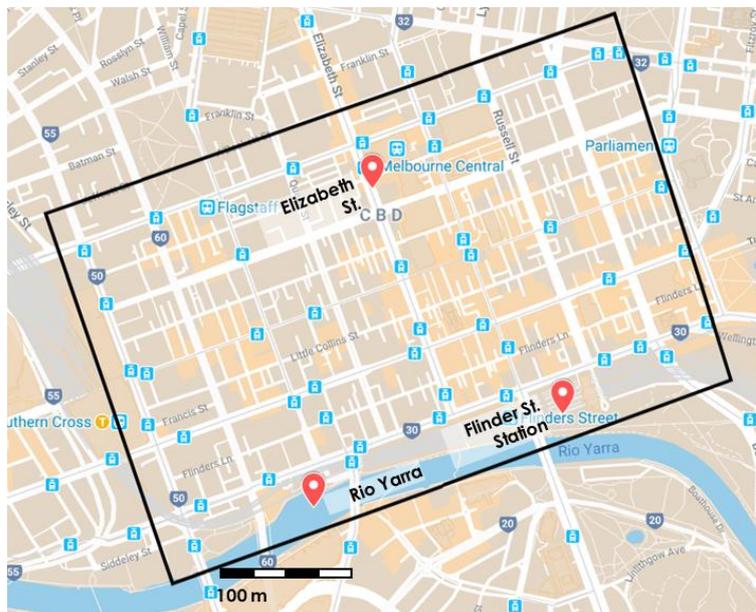
4.2 Telhado verde com modelagem computacional, Melbourne-Austrália (WILKINSON et al., 2014)

A Cidade de Melbourne, Austrália, adotou como meta neutralizar carbono até 2020, adequando 1200 edifícios a conceitos sustentáveis. Nesse contexto, o estudo propõe o uso da tecnologia de telhado verde nos edifícios corporativos construídos entre 1998 e 2011 no Distrito Econômico, para mitigar o escoamento de águas pluviais e se antecipar às mudanças climáticas.

Como metodologia adotou-se (1) avaliar quais edifícios corporativos no distrito econômico de Melbourne eram adequados para aplicar o uso do telhado verde; (2) coletar e compilar dados digitais dos terrenos e edificações de Melbourne; (3) modelar um evento de inundação considerando três cenários: (i) sem telhado verde, (ii) 100% dos edifícios corporativos com telhado verde, (iii) edifícios corporativos com estrutura adequada para implantação de telhados verdes. Para modelagem, empregou-se o software CityCat, sistema de modelagem de inundação urbana, que utiliza dados disponíveis no LiDAR (Light Detection and Ranging) Digital Terrain Models e no GIS.

Após o levantamento e classificação dos edifícios corporativos como adequado ou não à implantação do telhado verde no Distrito Econômico de Melbourne (Figura 4), o estudo revelou que apenas 15% apresentavam estrutura compatível para adoção da medida. O estudo não considerou edifícios comerciais, residenciais ou educacionais.

Figura 4 - Distrito econômico de Melbourne. Área da modelagem demarcada com linha preta.



Fonte: Adaptação de WILKINSON, et al. (2014), pelas autoras, Google Maps.

Os resultados da modelagem indicam que no cenário (i), edifícios sem telhado verde, a inundação no entorno da Flinder Street Station atinge 1 m de profundidade, enquanto no cenário (iii), implantação de telhado verde nas edificações identificadas como adequadas, a profundidade da inundação no local reduz para 0,5 m.

Adicionalmente, a modelagem revelou que o maior fluxo no distrito econômico de Melbourne durante eventos pluviométricos intensos origina-se fora da área demarcada para o estudo. Um rio tributário do Rio Yarra passa sob a Elizabeth Street e desagua ao sul da Flinder Street Station.

5 CONSIDERAÇÕES FINAIS E CONCLUSÃO

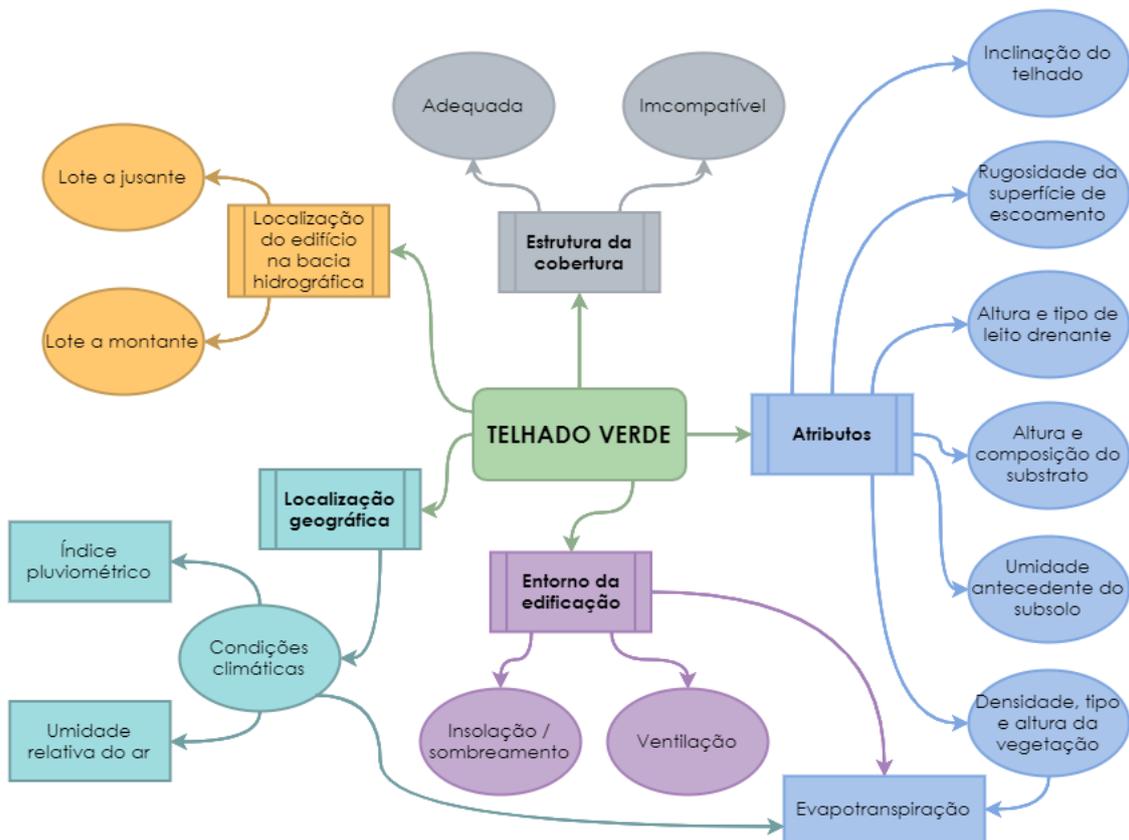
O crescimento urbano proporcionou a melhoria da qualidade de vida das pessoas em termos de disponibilidade de bens e serviços. Em contrapartida, a substituição massiva de áreas verdes por superfícies impermeáveis contribuiu para aumentar a velocidade de escoamento superficial e causar inundações, afetando o bem-estar da população e causando prejuízos sociais, econômicos e ambientais. Nesse contexto, técnicas compensatórias adicionadas à drenagem urbana tradicional indicam grande potencial para mitigar cheias urbanas.

O objetivo de identificar e compilar os principais elementos que devem ser considerados na instalação de telhados verdes, contribuindo com a elaboração de futuros estudos e/ou projetos, é sintetizado na Figura 5.

A Figura 5 indica os principais elementos identificados nas pesquisas para a aplicação de telhados verdes, que abrangem: as características estruturais da cobertura das edificações, a localização geográfica, a localização do

lote na bacia hidrográfica, o entorno da edificação e os atributos do telhado verde.

Figura 5 - Elementos que influenciam a eficácia do telhado verde para atenuar o escoamento superficial



Fonte: Elaboração das autoras.

Os resultados dos estudos dos telhados verdes indicam um consenso sobre a capacidade do telhado verde em diminuir e retardar o escoamento superficial, quando comparado a telhados convencionais, bem como apresentam contribuições individuais complementares.

O custo de implantação e manutenção de telhados verdes ainda é uma forte barreira. O estudo de Melbourne, por exemplo, considera apenas edifícios corporativos, o que sugere a relevância do fator econômico. Aspectos estruturais e econômicos, portanto, são fatores limitantes para adoção da solução em maior escala.

O telhado verde, no entanto, indica ser uma solução capaz armazenar parte da precipitação e contribuir para mitigar o escoamento superficial. Devendo-se observar que para maior efetividade no controle de inundações, deve-se considerar a bacia hidrográfica como elemento base e a associação da drenagem tradicionais e técnicas sustentáveis de drenagem distribuídas.

Adicionalmente, ações integradas com planejamento da ocupação e uso do solo, do desenho urbano e do paisagismo devem ser incorporadas para assegurar a eficiência da drenagem urbana e corroborar para um crescimento urbano sustentável.

REFERÊNCIAS

- COSTA, J.; COSTA, A.; POLETO, C. Telhado verde: redução e retardo do escoamento superficial. **Revista de estudos ambientais** (Online), [s.l.], v. 14, nº 2, p. 50–56, 2012.
- FLETCHER, T. D. et al. SUDS, LID, BMPs, WSUD and more – The evolution and application of terminology surrounding urban drainage. **Urban Water Journal**, [s.l.], v. 12, nº 7, p. 525–542, 2015.
- GARRIDO NETO, P. de S. **Telhados verdes como técnica compensatória em drenagem urbana na cidade do Rio de Janeiro: estudo experimental e avaliação de sua adoção na bacia do rio Joana a partir do uso de modelagem matemática**. Dissertação (Mestrado). Rio de Janeiro, UFRJ/COPPE, 2016.
- KONASOVA, S. **Um estudo comparativo sobre a contribuição dos telhados verdes para a mitigação do efeito de ilha de calor urbana: um experimento na Cidade do Rio de Janeiro**. Dissertação (Mestrado), Rio de Janeiro, UFRJ / PROARQ, 2017.
- LOURENÇO, I. B. **Rios urbanos e paisagens multifuncionais: o projeto paisagístico na requalificação urbana e ambiental**. Dissertação (Mestrado), Rio de Janeiro, UFRJ / PROURB, 2013
- LI, F. et al. Urban ecological infrastructure: an integrated network for ecosystem services and sustainable urban systems. **Journal of Cleaner Production**, [s.l.], v. 163, p. S12–S18, 2017.
- MIGUEZ, M. G.; VERÓL, A. P.; REZENDE, O. M. **Drenagem urbana: do projeto tradicional à sustentabilidade**. Rio de Janeiro: Elsevier, 2016.
- TASSI, R. et al. Telhado verde: uma alternativa sustentável para a gestão das águas pluviais. **Ambiente Construído**, [s.l.], v. 14, nº 1, p. 139–154, 2014.
- VERÓL, A. P.; VAZQUEZ, E. G.; MIGUEZ, M. G. **Sistemas prediais hidráulicos e sanitários: projetos práticos e sustentáveis**. Rio de Janeiro: Elsevier, 2018.
- WILKINSON, S. J. et al. Modelling a green roof retrofit in the Melbourne Central Business District. **WIT Transactions on Ecology and the Environment**, [s.l.], v. 184, p. 125–135, 2014.