

XXVI SIMPÓSIO BRASILEIRO DE RECURSOS HÍDRICOS

INSTRUMENTAÇÃO DE PROJETO PILOTO PARA ANÁLISE DA EFICIÊNCIA DE TÉCNICAS COMPENSATÓRIAS EM RECIFE-PE

Alda Viana Duarte¹; Maria Luisa Gomes Cavalcante²; Luan Alves Furtado³; Paulo Gabriel dos Santos Furtado⁴; Antonio Celso Dantas Antonino⁵; Severino Martins dos Santos Neto⁶; Tassia dos Anjos Tenório de Melo⁷; Artur Paiva Coutinho⁸

Abstract: The accelerated urbanization process in the city of Recife, characterized by soil sealing and unregulated occupation of floodplain areas, has intensified the frequency and severity of flooding events, especially in the context of climate change. In this scenario, this study presents the implementation of a pilot project involving compensatory techniques for the sustainable management of stormwater, named the Experimental Ecotechnological Unit (EEU), located at the Nuclear Energy Department of the Federal University of Pernambuco (UFPE). The unit consists of seven operational modules, including three green roofs, three permeable pavements, and one control unit, all equipped with sensors and automated monitoring systems. The experiment aims to assess the installed techniques, with an emphasis on their water retention and infiltration capacities, and how they can contribute to mitigating the urban impacts caused by surface runoff. This research reinforces the need to integrate nature-based solutions into urban infrastructure as an effective strategy for climate adaptation and urban resilience, in alignment with the goals of the 2030 Agenda and local climate action plans.

Resumo: O acelerado processo de urbanização da cidade do Recife, marcado pela impermeabilização do solo e ocupação desordenada de áreas de várzea, tem acentuado a frequência e a severidade de eventos de alagamento, especialmente diante das mudanças climáticas. Nesse contexto, este estudo apresenta a montagem de um projeto piloto de técnicas compensatórias aplicadas ao manejo sustentável das águas pluviais, denominado Unidade Ecotecnológica Experimental (UEE), situada no Departamento de Energia Nuclear da Universidade Federal de Pernambuco (UFPE). A unidade é composta por 7 módulos operacionais, sendo 3 tetos verdes, 3 pavimentos permeáveis e uma unidade de controle, instrumentalizados com sensores e sistemas automatizados de monitoramento. O experimento tem como intuito analisar as técnicas instaladas, com destaque para a capacidade de retenção e infiltração hídrica, e como elas podem contribuir para a mitigação dos impactos urbanos causados pelo escoamento superficial. A pesquisa reforça a necessidade de incorporar soluções baseadas na natureza à infraestrutura urbana, como estratégia eficaz de adaptação climática e promoção da resiliência urbana, alinhando-se aos compromissos da Agenda 2030 e aos planos locais de ação climática.

Palavras-Chave – Águas pluviais; Teto Verde; Pavimento Permeável.

^{1, 2, 3, 4, 5, 6, 7, 8}) Universidade Federal de Pernambuco: Av. Prof. Moraes Rego, 1235, Cidade Universitária, Recife-PE. alda.viana@ufpe.br¹; maria.luisac@ufpe.br²; luan.furtado@ufpe.br³; paulo.sfurtado@ufpe.br⁴; antonioantonino@ufpe.br⁵; severino.martins@ufpe.br⁶; tassia.melo@ufpe.br⁷; arthur.coutinho@ufpe.br⁸

1. INTRODUÇÃO

O crescimento urbano acelerado e, muitas vezes, não planejado tem resultado em cidades vulneráveis a tragédias como inundações e alagamentos, principalmente pela priorização da construção civil e supressão de áreas naturais. Silva *et al.* (2024) destacam que o aumento das áreas impermeáveis é o principal agente de alteração do ciclo hidrológico, contribuindo para ilhas de calor, redução da vegetação urbana e intensificação do escoamento superficial, mesmo com baixos índices pluviométricos.

Recife, uma cidade altamente urbanizada, evidencia os impactos negativos dessa urbanização sem planejamento, agravados pelas mudanças climáticas, como o aumento das temperaturas locais e a ocorrência de eventos de precipitação mais intensos e frequentes (Guedes; Silva, 2020).

A adaptação às mudanças climáticas é um desafio central na gestão urbana. O relatório do Painel sobre Mudanças Climáticas (IPCC, 2014) da Organização das Nações Unidas (ONU) reforça a importância de fortalecer a resiliência dos sistemas urbanos por meio de mecanismos institucionais que reduzam vulnerabilidades e possibilitem respostas eficazes a eventos extremos. Soluções sustentáveis, embora demandem investimentos iniciais elevados, trazem benefícios a longo prazo, reduzindo custos com manutenção e impactos ambientais, essas soluções diferem-se das abordagens tradicionais por restaurarem o ciclo hidrológico e aumentarem a infiltração e o armazenamento de água no solo, contribuindo para a recarga de aquíferos e melhoria da qualidade da água (Manes *et al.*, 2024).

Diversas técnicas têm sido adotadas para o manejo das águas pluviais, com diferentes escalas de aplicação e níveis de intervenção humana, todas com o objetivo comum de mitigar alagamentos. Essas estratégias ampliam áreas verdes e permeáveis, promovem zonas de biorretenção e restauram o equilíbrio do ciclo hidrológico, reduzindo escoamentos superficiais e elevando evapotranspiração e infiltração. Além disso, integram funções urbanas como mobilidade, saneamento e lazer, promovendo o equilíbrio urbano-ambiental (Mander *et al.*, 2018; Rivers *et al.*, 2018; Li *et al.*, 2019; Zhu *et al.*, 2019).

Para uma compreensão ampla da implementação dessas técnicas compensatórias são necessários estudos que abordem o monitoramento em experimentos. Apesar da instrumentação instalada e o monitoramento estarem em andamento, não foi alvo deste trabalho apresentar os dados resultantes, mas sim o processo de montagem e instalação.

2. PROBLEMÁTICA

Recife, capital do estado de Pernambuco, está situada próxima ao nível do mar, a cerca de 4 metros de altitude, e possui características estuarinas, ou seja, é uma área de transição entre rios e o oceano, quando a maré fica muito alta chega a invadir os canais da cidade. Por suas condições naturais, a cidade apresenta uma planície de inundações (Paiva *et al.*, 2015).

As variações climáticas e hidrológicas são determinantes na avaliação dos recursos hídricos locais. Segundo a classificação de Köppen, o clima de Recife é do tipo Am, tropical úmido ou subúmido, com estação chuvosa entre março e agosto, concentrando cerca de 70% da precipitação anual. Junho é o mês mais chuvoso, com média de 19 dias de chuva. As temperaturas anuais variam geralmente entre 23°C e 31°C, raramente abaixo de 21°C ou acima de 34°C.

Assim como muitas capitais brasileiras, a capital pernambucana passou por um processo de urbanização marcado pelo aterramento dessas áreas e ocupação desordenada. Esse crescimento, sustentado pela cultura da impermeabilização e da substituição de áreas vegetadas por estruturas urbanas, comprometeu a capacidade do solo de absorver a água da chuva. Como consequência, há uma sobrecarga nos sistemas de drenagem, frequentemente obsoletos, sem manutenção adequada e obstruídos por resíduos sólidos e esgoto sanitário, devido à precariedade ou ausência de serviços básicos de saneamento.

A ocorrência de eventos que demonstram essa vulnerabilidade é recorrente, em 2022, a cidade enfrentou chuvas intensas que causaram inundações, alagamentos e movimentos de massa, como deslizamentos de encostas, levando à decretação de estado de calamidade pública, com perdas humanas e materiais. Em março de 2024, alagamentos foram registrados mesmo na ausência de chuvas, evidenciando falhas no sistema de drenagem, além de diversos outros eventos.

Esses episódios confirmam os cenários projetados pelo IPCC (2014), que classifica Recife como a 16^a cidade mais vulnerável às mudanças climáticas no mundo. Nesse contexto, a adoção de técnicas compensatórias sustentáveis que visam mitigar os impactos da urbanização tornam-se essenciais para o manejo das águas pluviais, atuando diretamente no local de geração do escoamento e minimizando os impactos a jusante. Estudos já vêm sendo conduzidos nesse sentido em Recife, utilizando técnicas como trincheiras de infiltração (Bezerra *et al.*, 2022; Melo *et al.*, 2016), pavimentos permeáveis (Coutinho *et al.*, 2020) e jardins de chuva (Melo *et al.*, 2014).

A compreensão da concepção e montagem dessas técnicas é bastante relevante para o seu aperfeiçoamento, como concretizar esses experimentos para que se possa monitorar o seu desempenho e, por fim, constatar se os mesmos cumprem sua função de compensar os efeitos da urbanização. Dessa forma, este trabalho compartilha a experiência da concepção de uma unidade experimental, entendendo a importância da disseminação desse conteúdo. Trata-se da Unidade Ecotecnológica Experimental (UEE), localizada no Departamento de Energia Nuclear (DEN) da Universidade Federal de Pernambuco (UFPE), no bairro da Várzea, em Recife-PE.

3. UNIDADE ECOLÓGICA EXPERIMENTAL (UEE)

3.1. O PROJETO

O bairro da Várzea é um dos maiores da capital, com área de 2,2 hectares e população estimada em 70 mil habitantes. A precipitação anual é elevada, ultrapassando os 2.000 mm, com maior concentração nos meses de inverno. Recife apresenta duas estações bem definidas: a seca, de setembro a fevereiro, e a chuvosa, de março a agosto, caracterizada por precipitações intensas (Barros; Lombardo, 2013).

A Unidade Ecotecnológica Experimental (UEE) constitui a área de estudo destinada à investigação e validação da eficácia de técnicas compensatórias voltadas à promoção da sustentabilidade e ao manejo das águas pluviais. Estruturado em 7 módulos experimentais, sendo 3 tetos verdes, 3 pavimentos permeáveis e um módulo de controle, o projeto permite a análise comparativa entre diferentes soluções tecnológicas, aplicadas a distintos contextos ambientais, visando à mitigação dos impactos decorrentes da urbanização.

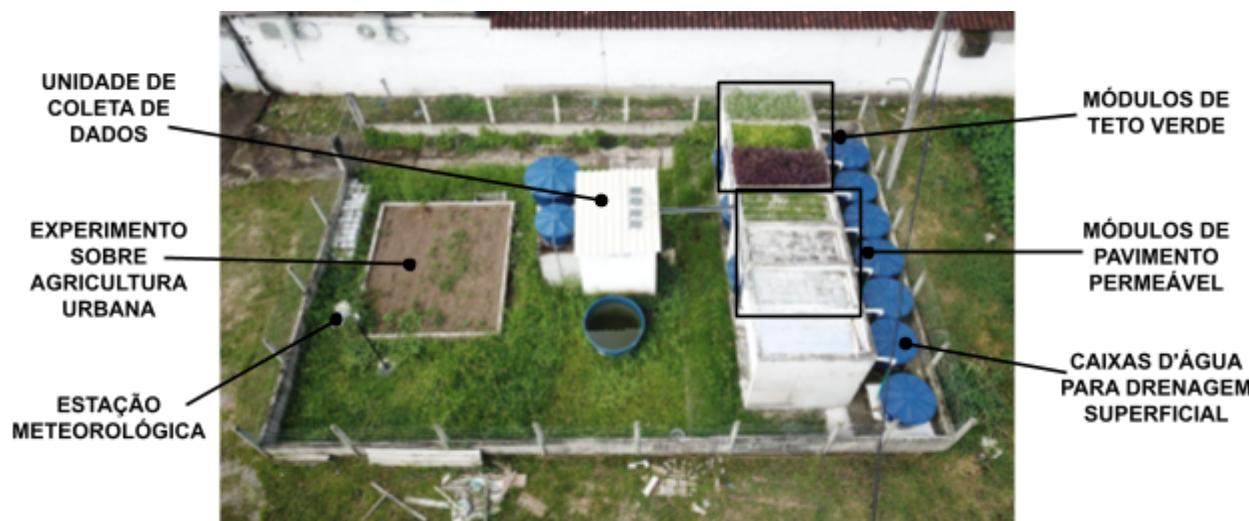
Instalada em uma área de 150 m² do DEN/UFPE, a unidade foi concebida de modo a integrar as diferentes técnicas, facilitando a observação dos efeitos ao longo do tempo e assegurando condições ideais para coleta e análise dos dados. A disposição dos módulos permite

avaliar o comportamento das soluções em escala experimental, com potencial de replicação em diferentes contextos urbanos reais.

Ressalta-se que, na UEE os pavimentos estão em níveis elevados, não recebendo assim, contribuições de escoamento superficial externo. Isso foi proposital para que a equipe pudesse ter uma maior controle sobre o sistema e, posteriormente, analisar os dados e entender o comportamento do mesmo de forma mais clara. Mas, em situações reais, o pavimento é implantado junto à superfície do solo, estando mais suscetível ao carreamento de finos pelo escoamento superficial.

Cada módulo experimental possui área de 2,15 m², construído sobre uma laje impermeabilizada com 12 cm de espessura e 7% de inclinação, favorecendo o escoamento das águas pluviais. A estrutura em alvenaria de tijolos cerâmicos possui espessura de 15 cm e altura total de 1,50 m (Figura 1).

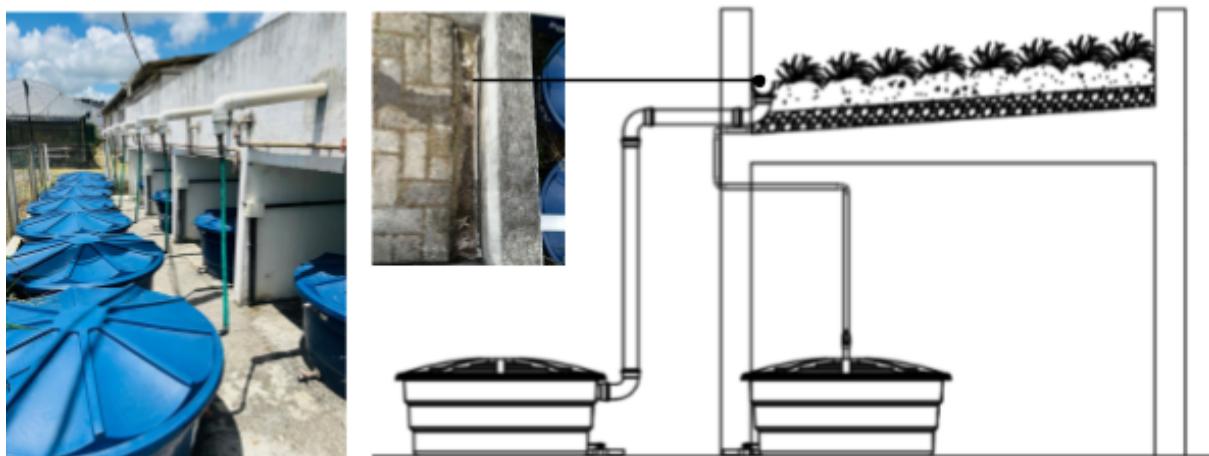
Figura 1 - Unidade Ecotecnológica Experimental.



Fonte: Autoria própria (2024).

Foram instalados drenos compostos por tubos perfurados de PVC de 25 mm no fundo da laje de cada módulo, conduzindo assim a água até caixas d'água conectadas, para captação do volume escoado subsuperficial. Já para captação do escoamento superficial, foram instaladas uma calha de 100 mm em cada módulo e conectadas as caixas d'água. Assim, cada módulo conta com 2 caixas de 500 litros — uma para a drenagem superficial e outra para a subsuperficial, totalizando 14 reservatórios nos 7 módulos operacionais (Figura 2).

Figura 2 - Esquema de montagem da coleta das águas sub e superficiais.



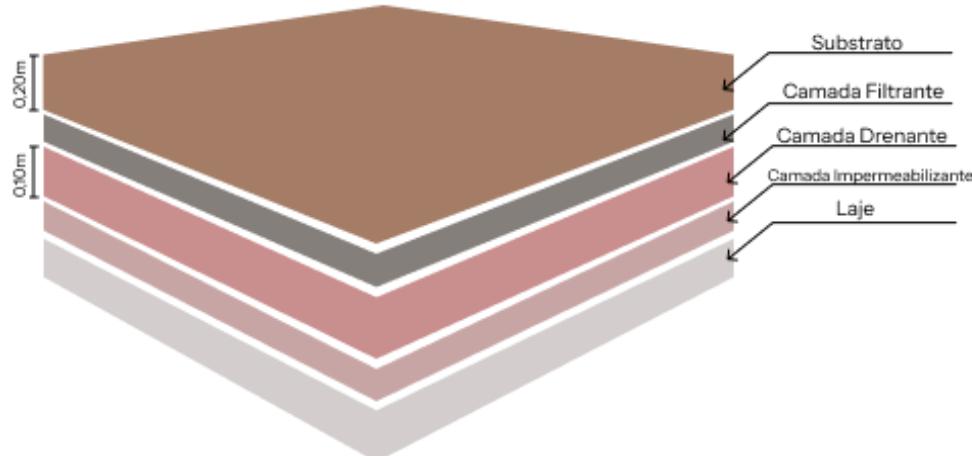
Fonte: Autoria própria (2024).

A estrutura interna dos módulos, tanto dos tetos verdes quanto dos pavimentos permeáveis, segue um padrão composto pelas seguintes camadas (Figura 3):

- Substrato (20 cm): Oriundo de leiras de compostagem da Biorrefinaria Experimental de Resíduos Sólidos Orgânicos (BERSO) da UFPE, processado para remoção de impurezas e adequado à análise ambiental;
- Camada Filtrante: Manta geotêxtil Bidim RT 14, 100% poliéster, que permite o fluxo da água e retém partículas finas;
- Camada Drenante (10 cm): Argila expandida tipo 3222, material cerâmico leve com núcleo alveolar, eficiente na drenagem e com baixo peso;
- Impermeabilização: impede infiltrações que possam comprometer a laje e os dados coletados, assegurando o funcionamento do sistema.

Essa composição permite controlar tanto a quantidade quanto a qualidade das águas pluviais, com destaque para a retenção, absorção e, em alguns casos, tratamento da água.

Figura 3 - Camadas internas dos tetos e pavimentos.



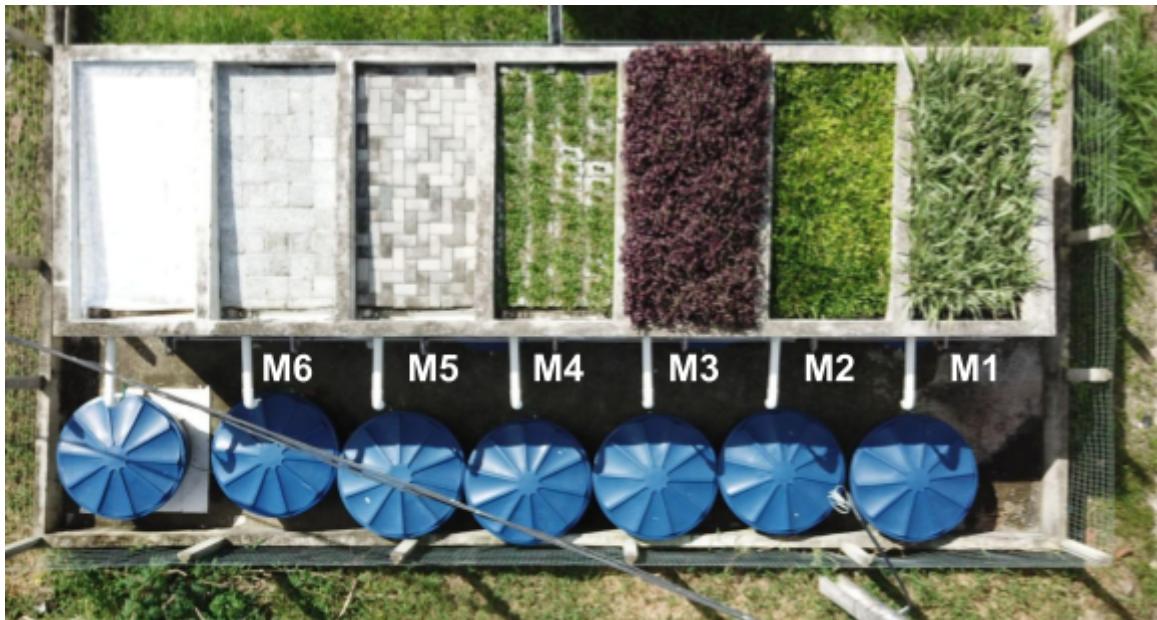
Fonte: Autoria própria (2024).

De acordo com o nível de manutenção e características estruturais, os tetos verdes são classificados como extensivos, intensivos e semi-intensivos. No presente projeto, os sistemas adotados são do tipo semi-intensivo, utilizando espécies vegetais de pequeno porte, selecionadas por sua resistência ao clima local e capacidade de absorção hídrica.

Os 7 módulos operacionais foram configurados da seguinte forma (Figura 4):

- M1: teto verde com a espécie *Dianella tasmanica* (Dionela);
- M2: teto verde com a espécie *Axonopus compressus* (Gramado São Carlos);
- M3: teto verde com a espécie *Alternanthera dentata* (Lutiela);
- M4: pavimento permeável com blocos vazados com grama São Carlos, dispostos sobre o substrato;
- M5: pavimento permeável com blocos intertravados, dispostos sobre o substrato;
- M6: pavimento permeável com placas quadradas de concreto poroso de 19 cm e espessura de 5 cm, rejuntadas com argamassa;
- M7: Laje impermeabilizada como superfície de controle.

Figura 4 - Vista superior dos módulos.



Fonte: Autoria própria (2024).

3.2. INSTRUMENTAÇÃO

A instrumentação da UEE foi projetada para permitir a coleta precisa de dados hidrológicos, fundamentais para a avaliação da eficiência das técnicas compensatórias implementadas. Todo o conjunto de instrumentos é conectado a uma rede Wi-Fi. Esses equipamentos automatizados registram, em tempo real, informações como volume de água escoada, volume infiltrado, umidade do substrato e índices pluviométricos, essenciais para caracterizar o desempenho dos módulos experimentais. Os dados são transmitidos e armazenados em um sistema remoto, o que permite o

acompanhamento constante e a comparação de desempenho entre os diferentes módulos, tanto tetos verdes quanto pavimentos permeáveis, sem necessidade de intervenção direta no campo.

Esse sistema automatizado possui uma estação meteorológica instalada na própria UEE, sendo responsável pelo monitoramento de variáveis atmosféricas como precipitação, radiação solar, velocidade do vento e temperatura do ar. Esses dados externos são cruciais para a interpretação dos resultados, permitindo avaliar a influência das condições climáticas sobre a eficiência das soluções testadas.

Os dados meteorológicos são registrados pela estação meteorológica da empresa Plugfield modelo Plugstation WS22. Para monitoramento da umidade do solo foram instalados em cada módulo equipamentos do tipo TDR (Reflectometria no Domínio do Tempo) modelo CS616 da Campbell Scientific. Para registros dos volumes infiltrados e escoados superficialmente são utilizados sensores de nível d'água da empresa Ampeq. Cada caixa d'água possui um sensor de nível para leitura da altura da lâmina d'água coletada superficialmente e subsuperficialmente (Figura 5).

Paralelamente à instrumentação automatizada, algumas atividades de suporte e manutenção dos módulos são realizadas manualmente. Dentre essas ações, destaca-se a irrigação das espécies vegetais dos tetos verdes, que ocorre diariamente por meio de regadores de 8 litros. Cada módulo recebe, em média, 16 litros de água por irrigação, garantindo a manutenção da umidade do substrato durante os períodos de estiagem, visando manter a regularidade do processo.

Figura 5 - Instrumentação: estação meteorológica, TDR e sensor de nível.



Fonte: Autoria própria (2024).

Outras ações manuais incluem a poda periódica das espécies vegetais e a remoção de plantas invasoras, práticas que contribuem para a preservação do equilíbrio ecológico dos módulos e asseguram a integridade dos dados obtidos. Dessa forma, a integração entre o monitoramento automatizado e as ações manuais de manutenção garante o funcionamento contínuo, eficiente e controlado da unidade experimental, assegurando a confiabilidade dos resultados produzidos ao longo da pesquisa.

4. RESULTADOS

Ao longo da pesquisa, foram realizadas visitas semanais à UEE, com o propósito de garantir a manutenção dos módulos e o cumprimento dos testes previstos. O acompanhamento constante e

as manutenções realizadas garantiram o funcionamento adequado da unidade experimental e a confiabilidade dos dados obtidos, permitindo ajustes metodológicos sempre que necessário.

Importante destacar o ponto da manutenção, pois, as condições climáticas locais favorecem o desenvolvimento das plantas, inclusive, as espécies invasoras que crescem nos pavimentos permeáveis intertravado (M5) e concreto poroso (M6). A vegetação, nesses casos, pode influenciar negativamente nos dados de desempenho dos pavimentos, podendo, por exemplo, obstruir a passagem de água (Figura 6).

Figura 6 - M5 e M6 com vegetação daninha; M5 após manutenção; adaptação da vegetação, respectivamente.



Fonte: Autoria própria (2024).

No caso dos módulos de teto verde (M1, M2 e M3), observa-se que as vegetações apresentaram bom desenvolvimento, mostrando a importância da utilização de espécies locais e que se adaptem às condições climáticas impostas (Figura 6).

Constata-se a importância da implementação de técnicas compensatórias para o manejo sustentável das águas pluviais em Recife, sendo parte dos volumes precipitados observados nas 14 caixas d'água, principalmente, nas caixas de drenagem interna que contabilizam o escoamento subsuperficial.

Observou-se também que algumas caixas apresentaram, em eventos chuvosos elevados, consideráveis volumes armazenados, chegando a extravasar, essa questão reflete dois pontos. Primeiro, as técnicas não são capazes de absorver a totalidade dos volumes precipitados, devido a questões como o processo de infiltração ser mais lento, e a chuva apresentar volumes maiores do que o sistema é capaz de suportar. O que é compreensível, por serem técnicas do tipo controle na fonte ou *in loco*, projetadas para pequenos volumes de precipitação ou de contribuição, diferentes de outras como bacias de detenção e retenção.

O segundo ponto é referente à capacidade de armazenamento do escoamento. Sabe-se que com as questões climáticas, extremos chuvosos já são uma realidade, compondo cenários de muita chuva ou de escassez. Nesse último caso, existe a possibilidade de reuso dessa água coletada pelos módulos de teto verde para fins não potáveis, como vaso sanitário e regas de jardins. No caso dos pavimentos a água contribui para a recarga do lençol freático. Isso reflete outros usos múltiplos dessas técnicas compensatórias e como são fundamentais para proporcionar um ciclo mais funcional

e prolongado da água no meio urbano, não sendo, esses escoamentos superficiais, encaminhados diretamente para a rede de drenagem urbana, geralmente sobrecarregada e deficiente.

O sistema de monitoramento automatizado, que inclui sensores de umidade do solo e nível de água, possibilitou um acompanhamento contínuo das condições dos módulos experimentais. Esses experimentos fortalecem a relevância dessas técnicas compensatórias como sistemas capazes de funcionar em paralelo ao sistema de drenagem urbana tradicional. Entender como podem ser idealizados e instrumentalizados é muito importante para que outros pesquisadores e a sociedade civil possam tomar como referência na replicação de tetos verdes e pavimentos permeáveis em meio urbano. Além disso, compreender como podem subsidiar políticas públicas e incentivos voltados para a adoção de infraestrutura sustentável, alinhando-se a diretrizes internacionais como a Agenda 2030 da ONU e ao Plano de Ação Climática do Recife.

5. CONCLUSÃO

A implementação da UEE foi demonstrada neste trabalho, com foco na concepção, instrumentação e organização de um sistema piloto para o monitoramento de técnicas compensatórias, como telhados verdes e pavimentos permeáveis. O experimento foi estruturado com sensores automatizados e módulos operacionais distintos, visando garantir a coleta sistemática de dados hidrológicos em condições reais. O sistema demonstra plena capacidade de registrar as variáveis chave do comportamento hidrológico, oferecendo uma base sólida para futuras análises sobre a eficácia das soluções adotadas.

A manutenção constante do experimento, por meio de irrigação, remoção de espécies invasoras e verificação do funcionamento dos sensores e sistemas de drenagem, revelou-se essencial para a continuidade e confiabilidade dos resultados obtidos. Esse acompanhamento cuidadoso garante não apenas o funcionamento adequado dos equipamentos, mas também a possibilidade de realizar ajustes metodológicos sempre que necessário, otimizando o desempenho dos módulos experimentais.

Além disso, o projeto piloto demonstra potencial para servir de base a novas iniciativas, podendo ser replicado ou adaptado por outros pesquisadores, inclusive em escalas menores ou maiores, como aplicações domiciliares. Dessa forma, este experimento não apenas contribui com evidências para o desenvolvimento de políticas públicas e estratégias de manejo sustentável das águas pluviais, mas também fomenta a disseminação de práticas sustentáveis acessíveis à sociedade em geral.

REFERÊNCIAS

- BARROS, H. R. de; LOMBARDO, M. A. (2013). “Zoneamento climático urbano da cidade do Recife: uma contribuição ao planejamento urbano”. Revista Brasileira de Climatologia, Londrina, v. 13, p. 98–115. Disponível em: <https://www.revistas.ufpr.br/revistaclima/article/view/31832>. Acesso em: 30 mai. 2025.
- BEZERRA, P. H. L.; COUTINHO, A. P.; LASSABATERE, L.; SANTOS NETO, S. M.; MELO, T. A. T.; ANTONINO, A. C. D.; ANGULO-JARAMILLO, R.; MONTENEGRO, S. M. G. L. (2022). “Water Dynamics in an Infiltration Trench in an Urban Centre in Brazil: Monitoring and Modelling”. Water, v. 14, p. 1-19.
- COUTINHO, A. P.; MELO, T. A. T.; ALCÂNTARA, L. R. P.; RABELO, A. E. C. G. C.; SANTOS NETO, S. M.; ANTONINO, A. C. D. (2020). “Caracterização hidráulica das camadas de um



pavimento permeável". Águas Subterrâneas, v. 34, n. 2, p. 191-203.

GUEDES, R. V. de S.; SILVA, T. L. V. (2020). "Análise descritiva da precipitação, temperatura, umidade e tendências climáticas no Recife-PE". Revista Brasileira de Geografia Física, Recife, v. 13, n. 7, p. 3234–3253, 2020. <https://doi.org/10.26848/rbgf.v13.07.p3234-3253>.

IPCC. (2014). *Climate Change 2014: Impacts, Adaptation, and Vulnerability*. Part A: Global and Sectoral Aspects. Contribution of Working Group II to the Fifth Assessment Report of the Intergovernmental Panel on Climate Change. Field, C.B., Barros, V.R., Dokken, D.J., Mach, K.J., Mastrandrea, M.D., Bilir, T.E., Chatterjee, M., Ebi, K.L., Estrada, Y.O., Genova, R.C., Girma, B., Kissel, E.S., Levy, A.N., MacCracken, S., Mastrandrea, P.R., White, L.L. (Eds.)]. Cambridge University Press, Cambridge, UK and New York, NY, USA, 1132 p.

_____. 2023. *Mudança do clima 2023: Relatório Síntese*. ROSE, A; ARAÚJO, L. T.; CRUZ, M. R.; PISTORI, M. F.; PINHEIRO, P. C. (coord). Tradução do Relatório Síntese do Sexto Relatório de Avaliação do IPCC. Ministério da Ciência, Tecnologia e Inovação, 182p.

LI, C., PENG, C., CHIANG, P., CAI, Y., WANG, X., YANG, Z. (2019). "Mechanisms and applications of green infrastructure practices for stormwater control: A review". Journal of hydrology, v. 568, p. 626-637.

MANDER, U.; KULL, A.; UUEMAA, E.; MÖISJA, K.; KÜLVIK, M.; KIKAS, T.; RAET, J.; TOURNEBIZE, J.; SEPP, K. (2018). "Green and brown infrastructures support a landscape-level implementation of ecological engineering". Ecological Engineering, v. 120, p. 23-35.

MANES, S.; VALE, M. M.; PIRES, A. P. F. (2024). "Nature-based solutions potential for flood risk reduction under extreme rainfall events". Ambio, [S.L.], v. 53, n. 8, p. 1168-1181. <http://dx.doi.org/10.1007/s13280-024-02005-8>.

MELO, T. A. T.; COUTINHO, A. P.; SANTOS, J. B. F.; CABRAL, J. J. S. P.; ANTONINO, A. C. D.; CIRILO, J. A. (2014). "Jardim de chuva: sistema de biorretenção para o manejo das águas pluviais urbanas". Ambiente Construído, v. 14, n. 4, p. 147-165.

MELO, T. A. T.; COUTINHO, A. P.; CABRAL, J. J. S. P.; ANTONINO, A. C. D.; CIRILO, J. A. (2016). "Trincheira de infiltração como técnica compensatória no manejo das águas pluviais urbanas". Ambiente Construído, v. 16, p. 53-72.

ONU BRASIL. ORGANIZAÇÃO DAS NAÇÕES UNIDAS – BRASIL. *A Agenda 2030 para o Desenvolvimento Sustentável*. (2015). Disponível em: <http://www.agenda2030.com.br/sobre/>. Acesso em: 08 fevereiro de 2025.

RIVERS, E. N.; McMILLAN, S. K.; BELL, C. D.; CLINTON, S. M. (2018). "Effects of urban stormwater control measures on denitrification in receiving streams". Water, v. 10.

SILVA, G. C. G.; CAMPOS, P. C. d. O.; REIS, M. d. M.; PAZ, I. (2024) "Spatiotemporal Land Use and Land Cover Changes and Associated Runoff Impact in Itaperuna, Brazil". Sustainability, v. 16, n. 1. Disponível em: <https://doi.org/10.3390/su16010325>. Acesso em: 9 jun. 2025.

PAIVA, A. L. R. de; CABRAL, J. J. S. P.; MONTENEGRO, S. M. G. L.; COSTA SOBRINHO, A. F. (2015). "Aumento do risco de salinização da água subterrânea na planície de Recife devido à elevação do nível do mar". Águas Subterrâneas, Brasília, v. 10, n. 1. Disponível em: <https://aguassubterraneas.abas.org/asubterraneas/article/view/28391>. Acesso em: 9 jun. 2025.

ZHU, Z.; CHEN, Z.; CHEN, X.; YU, G. (2019). "An assessment of the hydrologic effectiveness of low impact development (LID) practices for managing runoff with different objectives". Journal of Environmental Management, v. 231, p. 504–514.