



XVI ENCONTRO NACIONAL DE TECNOLOGIA DO AMBIENTE CONSTRUÍDO

Desafios e Perspectivas da Internacionalização da Construção
São Paulo, 21 a 23 de Setembro de 2016

CONSTRUÇÃO DE MÓDULO EXPERIMENTAL DE TELHADO VERDE PARA REALIZAÇÃO DE ESTUDOS EXPERIMENTAIS: DIFICULDADES E POSSIBILIDADES¹

GARRIDO NETO, Pedro de Souza (1); MIRANDA, Francis Martins (2); SHAN, Viviane Li Xiao (3); VAZQUEZ, Elaine Garrido (4); MIGUEZ, Marcelo Gomes (5); ROMANHOLI, William Michel de Moura (6)

(1) UFRJ, e-mail: pedrouu@poli.ufrj.br; (2) UFRJ, e-mail: francismiranda@gmail.com;
(3) UFRJ, e-mail: viviane_li@poli.ufrj.br; (4) UFRJ, e-mail: elainevazquez@poli.ufrj.br;
(5) UFRJ, e-mail: marcelomiguez@poli.ufrj.br; (6) UFRJ, e-mail: romanholi@poli.ufrj.br

RESUMO

Após séculos de tratamento inadequado das águas pluviais urbanas, abordagens recentes buscam técnicas capazes de mitigar as causas e consequências de inundações no meio urbano. O processo de impermeabilização do solo, intrínseco à urbanização, acaba por reduzir a capacidade natural de armazenamento e infiltração do terreno, aumentando os volumes escoados superficialmente. Dentre uma série de técnicas compensatórias em drenagem urbana que buscam reduzir os efeitos da urbanização sobre os processos hidrológicos, destaca-se o “telhado verde” pelo seu potencial de controle na fonte. Neste contexto, este estudo tem como objetivo apresentar o processo construtivo de um protótipo de telhado verde em uma bancada experimental. Um experimento piloto é apresentado de forma a atestar a capacidade de retenção do volume precipitado e o retardo em iniciar a geração de escoamento superficial frente a uma chuva intensa. Nesse experimento, o telhado verde foi capaz de reter 21% do volume de água produzido por uma chuva com intensidade de 105 mm/h e duração de 30 minutos e atrasar em 20 minutos o início da geração de escoamento superficial. Destaca-se também uma série de outros possíveis estudos que podem ser desenvolvidos a partir do módulo experimental construído, bem como suas limitações.

Palavras-chave: Telhado verde. Drenagem urbana sustentável. Técnicas compensatórias.

ABSTRACT

After centuries of inadequate treatment of urban stormwater, recent approaches have been looking for techniques, which can reduce the causes and consequences of floods in urban areas. The impervious process of land intrinsic to urbanization reduces the natural capacity of storage and infiltration of lands, increasing runoff volumes. In a spectrum of compensatory techniques in urban drainage that aim to reduce the urbanization impact in the hydrologic processes, the “green roofs” stand out due to their potential for being a source control. In this context, the aim of this paper is to present a constructive methodology of a green roof prototype in an experimental bench. An example of the use of the green roof prototype is also presented in this study, showing its capacity in stormwater retention and peak flows delay under intense precipitation events. In this experiment, the green roof has been able to

¹ GARRIDO NETO, Pedro de Souza; MIRANDA, Francis Martins; SHAN, Viviane Li Xiao; VAZQUEZ, Elaine Garrido; MIGUEZ, Marcelo Gomes; ROMANHOLI, William Michel de Moura. Construção de módulo experimental de telhado verde para realização de estudos experimentais: Dificuldades e possibilidades. In: ENCONTRO NACIONAL DE TECNOLOGIA DO AMBIENTE CONSTRUÍDO, 16., 2016, São Paulo. **Anais...** Porto Alegre: ANTAC, 2016.

retain 21% of the volume of water produced by a rainfall intensity of 105 mm / h and 30-minute duration, and delay in 20 minutes the start of the generation of runoff. Furthermore, a series of other possible studies using green roof prototypes will be highlighted, as well as their limitations.

Keywords: Green roof. Sustainable urban drainage. Compensatory techniques.

1 INTRODUÇÃO

A adaptação para um futuro incerto, com grandes chances de aumento de frequência e magnitude de eventos naturais extremos, está entre os principais desafios das cidades do século XXI (FIELD *et al.*, 2014). As inundações urbanas originadas por precipitações intensas se apresentam como o mais frequente dentre os desastres naturais registrados. A cada ano são registrados aumentos de ocorrências, número de pessoas atingidas e prejuízos associados (SAYERS *et al.*, 2013; JHA *et al.*, 2012; WHITFIELD, 2015).

Apesar de precipitações intensas e enchentes serem fenômenos naturais, o acréscimo populacional em áreas sujeitas à inundação, a expansão da “fronteira urbana” e as variabilidades climáticas explica a dimensão dos impactos associados às inundações urbanas (TUCCI, 2007). Áreas vegetadas cada vez mais cedem espaço ao ambiente construído como ruas, edificações, pátios e estacionamentos, principais responsáveis pela impermeabilização do solo no espaço urbano.

Abordagens relativamente recentes, iniciadas na década de 70 do século XX, buscam refletir, discutir e reconsiderar a drenagem urbana sob uma perspectiva mais sustentável (URBONAS & STAHR, 1993). Principalmente através da potencialização da infiltração e do armazenamento, esta nova concepção tem como objetivo o reestabelecimento dos padrões de escoamento em condições pré-urbanização. Nesse contexto, diversas abordagens sustentáveis em drenagem urbana ganharam espaço pelo mundo, por exemplo, o de “Cidades Sensíveis à Água” (*Water Sensitive Cities*, de sigla WSC), originado na Austrália, o de “Desenvolvimento de Baixo Impacto” (*Low Impact Development*, de sigla LID), iniciado nos EUA e o de “Sistemas de Drenagem Urbana Sustentável” (*Sustainable Urban Drainage Systems*, de sigla SuDS), com origem no Reino Unido.

Os reservatórios de detenção, de retenção e de lote, assim como os telhados verdes, pavimentos permeáveis, trincheiras e valas de infiltração são exemplos de técnicas utilizadas em projetos que estão atreladas à concepção sustentável para a drenagem urbana.

Considerando que as edificações representam grande parcela do espaço urbano e, geralmente, suas coberturas são subutilizadas, verifica-se um potencial para que a tecnologia conhecida como “telhados verdes” assuma papel importante como medida estrutural na mitigação da geração de escoamento superficial na fonte.

Diversos estudos comprovam o potencial desse sistema no controle de escoamento de águas pluviais. Seu desempenho em relação à retenção e detenção da água de chuva pode ser avaliado em função da intensidade

da chuva, composição e profundidade do substrato, clima local, entre outros. Os telhados verdes podem retardar e diminuir os picos de vazão de escoamento superficial, aliviando a demanda sobre o sistema urbano de drenagem (TEIXEIRA *et al.*, 2011).

Devido à carência de estudos sobre a tecnologia de telhados verdes em países de clima tropical (LOIOLA, 2015), o presente artigo visa apresentar a construção de um protótipo de cobertura verde, no município do Rio de Janeiro, que poderá ser palco de diversos ensaios experimentais.

A construção, não só do módulo experimental de cobertura verde, descrita no presente trabalho, mas também da bancada experimental na qual este se insere, foi motivada pela participação da Universidade Federal do Rio de Janeiro – UFRJ no projeto “Manejo de Águas Pluviais em Meio Urbano”, de sigla “MAPLU”, referente à Chamada Pública MCT/MCidades/FINEP/Ação Transversal Saneamento Ambiental e Habitação – 07/2009, financiado pela Financiadora de Estudos e Projetos – FINEP, no qual a UFRJ participa em conjunto com outras universidades do Brasil. Para o desenvolvimento do referido projeto, a UFRJ criou um grupo de pesquisa, envolvendo diversos professores, alunos e pesquisadores.

2 OBJETIVOS

O presente trabalho tem como objetivo apresentar o processo construtivo de um protótipo de telhado verde em uma bancada experimental; apresentar um experimento realizado para verificar a capacidade de retenção de água de chuva do protótipo diante de uma precipitação com intensidade e duração controladas por um simulador de chuvas; e apontar as principais limitações e dificuldades encontradas para a realização de estudos experimentais a respeito desta técnica compensatória.

3 LOCALIZAÇÃO DO PROTÓTIPO

O protótipo de cobertura verde está localizado em uma bancada experimental construída no Centro Experimental de Saneamento Ambiental da UFRJ – CESA/UFRJ, situado na Ilha do Fundão, cidade do Rio de Janeiro.

4 METODOLOGIA

4.1 Apresentação da bancada experimental em que foi implantado o protótipo de telhado verde

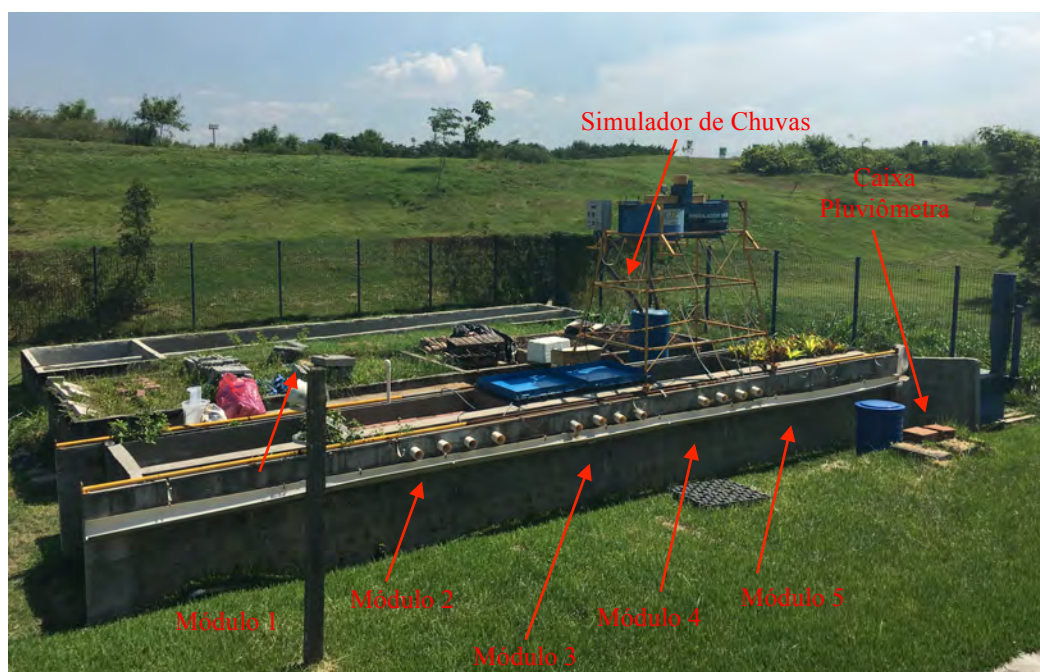
A bancada experimental foi construída, no âmbito do projeto “MAPLU”. O projeto desta bancada foi desenvolvido a partir de discussões entre participantes do grupo do projeto “MAPLU” e está devidamente descrito e apresentado no Trabalho de Conclusão de Curso de Garrido Neto (2012).

A bancada experimental foi construída, no período de março a julho de 2013, em área aberta do CESA/UFRJ. Toda a etapa construtiva da bancada está relatada no Trabalho de Conclusão de Curso de Pontes (2013).

Apresentando 5 módulos separados e limitados por paredes de alvenaria o que permite que sejam implantadas diferentes concepções de pavimentos permeáveis e telhados verdes para a realização de ensaios experimentais.

Acoplados à bancada experimental (Figura 1) estão dois equipamentos: a Caixa Pluviômetra (Figura 2) e o Simulador de Chuvas (Figura 3). Na Figura 1 observa-se a bancada experimental, com destaque para os módulos e equipamentos.

Figura 1 – Bancada experimental e seus equipamentos acessórios.



Fonte: Acervo dos autores, novembro de 2015.

Figura 2 – Caixa Pluviômetra.



Fonte: LIBERATO (2015).

Figura 3 – Simulador de Chuvas.



Fonte: LIBERATO (2015).

A Caixa Pluviômetra é um equipamento desenvolvido pela Escola

Politécnica da UFRJ sendo o pedido de sua patente depositado pela Universidade junto ao Instituto Nacional da Propriedade Industrial – INPI sob o número BR2020120286942. O idealizador desse equipamento é o professor Theophilo Benedicto Ottoni Filho, participante do grupo de pesquisa do projeto “MAPLU” e docente da Escola Politécnica da UFRJ. Trata-se de um equipamento concebido para mensurar os principais processos hidrológicos associados à chuva (precipitação total, infiltração e escoamento superficial). Na bancada experimental, a principal função deste equipamento é medir os deflúvios oriundos de um determinado módulo alvo de estudo. Os aspectos conceituais, construtivos e de funcionamento deste equipamento encontram-se detalhados em Liberato (2015).

O Simulador de Chuvas, modelo *InfiAsper – Double*, foi projetado pelo professor Teodorico Alves Sobrinho, da Universidade Federal do Mato Grosso do Sul – UFMS, possuindo capacidade de produzir precipitações na faixa de 30 a 200 mm/h. Detalhes sobre o Simulador de Chuvas estão descritos nos trabalhos de Alves Sobrinho *et al.* (2008) e Alves Sobrinho *et al.* (2002).

4.2 Concepção do protótipo de telhado verde

O espaço destinado à construção do telhado verde foi o módulo 5 (Figura 4) da bancada experimental, que possui forma retangular (0,88 m x 2,02 m), com 1,78 m² de área. As alturas das paredes da face leste a oeste variam, respectivamente, de 27,5 cm a 23,5 cm, garantindo ao módulo uma declividade de cerca de 3,7%.

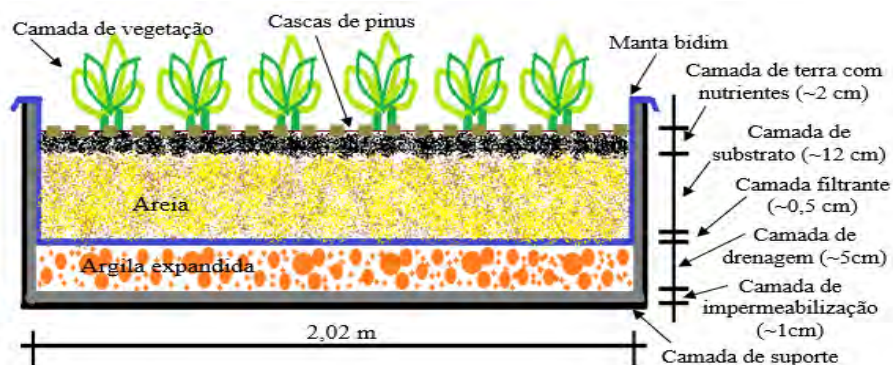
Figura 4 – Módulo 5 da bancada experimental.



Fonte: Acervo dos autores, novembro de 2015.

Após processo de revisão bibliográfica e discussões com profissionais de várias áreas do conhecimento, decidiu-se pela implantação de um telhado verde com a configuração de camadas e com os materiais e suas respectivas espessuras conforme ilustradas na Figura 5.

Figura 5 – Esquema ilustrativo do protótipo de cobertura verde.



Fonte: Elaborado pelos autores, 2016.

As bromélias do gênero *Neoregelia* foram escolhidas para compor a camada vegetal do protótipo de telhado verde, por serem comumente encontradas na região sudeste brasileira (MATUANO, 2008), resistentes ao clima tropical, e por possuírem tanques de armazenamento em sua estrutura vegetal (COGLIATTI-CARVALHO *et al.*, 2010), fato que permite o acúmulo de água de chuva.

A água precipitada sobre a área do protótipo escoará através das camadas do telhado verde, até chegar na camada de drenagem, onde, devido à inclinação para a face leste, é direcionada para duas tubulações de saída do protótipo, com diâmetro de 1" e controladas, em suas extremidades por torneira. Quando abertas, as torneiras liberam o fluxo da água que se encontra no interior do protótipo para uma calha que direciona o escoamento à Caixa Pluviômetra, conforme ilustrado na Figura 6.

Figura 6 – Saídas da drenagem do protótipo.



Fonte: Acervo dos autores, novembro de 2015.

4.3 Construção do protótipo de telhado verde

Primeiro, a face leste do protótipo, indicada na Figura 4, foi coberta com manta geotêxtil², para evitar o carreamento de sedimentos e possível entupimento dos tubos de drenagem do módulo. O processo é demonstrado nas Figuras 7 e 8.

Figura 7 – Recorte da manta geotêxtil nas dimensões necessárias.



Fonte: Acervo dos autores, novembro de 2015.

Figura 8 – Colocação da manta geotêxtil para proteção dos tubos.



Fonte: Acervo dos autores, novembro de 2015.

Em seguida, foi executada a camada de drenagem do protótipo (Figura 9), utilizando argila expandida, como sugerido em algumas referências brasileiras sobre o tema (GUERRA JÚNIOR, 2013; LOIOLA, 2015; PINTO, 2015). Após conclusão da camada drenante, esta camada foi coberta por manta geotêxtil, conforme observado na Figura 10.

Figura 9 – Camada de drenagem executada.



Fonte: Acervo dos autores, novembro de 2015.

Figura 10 – Manta geotêxtil colocada sobre a camada drenante.



Fonte: Acervo dos autores, novembro de 2015.

A próxima etapa realizada foi a implantação da camada de substrato, composto por duas subcamadas: uma de areia, com aproximadamente 12 cm, e outra composta por um substrato comercial, com cerca de 2 cm de espessura.

A subcamada de areia foi disposta no protótipo do seguinte modo: primeiro,

² Trata-se de manta têxtil, bastante permeável, que possui diversas finalidades como permitir que somente água transpasse através dela, funcionando como drenagem e filtro, e separar materiais heterogêneos sem que haja mistura de material.

dispôs-se todos os sacos em fileiras sequenciais (Figura 11) e, em seguida, realizou-se um corte no fundo dos sacos e os mesmos foram removidos em movimento para cima, de modo que a areia fosse saindo do saco e espalhando-se pela área (Figura 12). Este procedimento de lançamento da areia visa garantir um padrão de compactação.

Figura 11 – Primeira fileira de sacos com areia para compor o substrato.



Fonte: Acervo dos autores, novembro de 2015.

Figura 12 – Processo de lançamento da areia dos sacos para o protótipo.



Fonte: Acervo dos autores, novembro de 2015.

A subcamada de areia foi regularizada, com o uso de uma vassoura, até se atingir uma espessura de aproximadamente 12 cm.

Sobre a subcamada de areia, foi lançada a subcamada do substrato comercial (Figura 13), com cerca de 2 cm. A conclusão desta subcamada é apresentada na Figura 14, estando, desta forma, finalizada a implantação da camada de substrato.

Figura 13 – Saco do substrato comercial.



Fonte: Acervo dos autores, novembro de 2015.

Figura 14 – Protótipo após conclusão da camada de substrato.



Fonte: Acervo dos autores, novembro de 2015.

Por fim, foi realizado o plantio das bromélias na camada de substrato. Nas superfícies livres remanescentes, foram espalhadas cascas de pinus para proteger o substrato exposto da ação erosiva da chuva.

4.4 Exemplo de um ensaio experimental com o objetivo de avaliar a capacidade de retenção de chuva do protótipo de telhado verde

Para o arranjo do protótipo de telhado verde apresentado no item anterior, em 15/12/2015 foi realizado o primeiro ensaio experimental. Buscou-se observar o comportamento do telhado verde em uma situação de precipitação com intensidade de 105 mm/h e duração de 30 minutos, condições estas controlada pelo Simulador de Chuvas. Esta chuva foi escolhida por representar uma chuva intensa, de acordo com o documento “Instruções técnicas para elaboração de estudos hidrológicos e dimensionamento hidráulico de sistemas de drenagem urbana” (Rio-Águas, 2010), a ser considerada no dimensionamento de dispositivos de microdrenagem, no município do Rio de Janeiro.

O ensaio experimental, mencionado no parágrafo anterior, foi executado seguindo-se os passos apresentados no Quadro 1.

As vazões drenadas através das camadas do telhado verde eram direcionadas para a Caixa Pluviômetra e registradas a cada intervalo de tempo. Conhecendo-se as vazões drenadas em cada intervalo de tempo, construiu-se um hidrograma de saída, referente às vazões efluentes do sistema do telhado verde.

Conhecendo-se a intensidade da chuva, assumida como constante durante todo o ensaio, e as vazões de saída do protótipo, foi possível verificar o volume de água que ficou armazenado no sistema planta-substrato no referido evento.

Quadro 1 – Etapas para a execução do ensaio experimental.

- | |
|---|
| <ol style="list-style-type: none"> 1- Realizar a primeira medição de intensidade de chuva produzida pelo Simulador de Chuvas (antes do experimento), para fins de calibração do mesmo; 2- Ligar o Simulador de Água de Chuva sobre o protótipo para que seja iniciada a chuva, com a duração já prevista; 3- Registrar, a cada minuto a partir do início da chuva, as vazões afluentes à Caixa Pluviômetra; 4- Desligar o Simulador de Água de Chuva após o tempo de duração de chuva pré-estabelecido; 5- Continuar registrando as vazões afluentes à Caixa Pluviômetra, para caracterizar o deplecionamento do sistema; 6- Realizar a segunda medição de intensidade de chuva produzida pelo Simulador de Chuvas (após o experimento); 7- Calcular a média das intensidades de chuva, obtidas antes e após o experimento, e adotar o esse valor como a intensidade de chuva considerada como constante durante todo experimento. |
|---|

5 RESULTADOS

Como resultado têm-se a conclusão de protótipo de telhado verde, conforme foto apresentada na Figura 15, tais como os listados no Quadro 2.

Figura 15 – Protótipo de telhado verde concluído.



Fonte: Acervo dos autores, novembro de 2015.

Quadro 2 – Potencial de utilização do módulo de cobertura verde para desenvolvimento de pesquisas.

- | |
|---|
| <ol style="list-style-type: none"> 1- Medição da capacidade de armazenamento do volume de água de chuva no protótipo para diferentes eventos de chuvas (intensidade e duração); 2- Estudo da capacidade de amortecimento das vazões de pico para esta configuração de telhado, bem como o atraso que o sistema vegetação-substrato fornece na liberação de águas drenadas; 3- Pesquisas sobre camada da vegetação: verificar as taxas de evapotranspiração das bromélias, a capacidade de armazenamento em seus tanques, acompanhar seu crescimento frente às intempéries locais, estudos sobre a proliferação de mosquitos transmissores de doenças; 4- Utilização dos dados obtidos na escala experimental em modelos matemáticos para aplicação em lotes e bacias hidrográficas; |
|---|

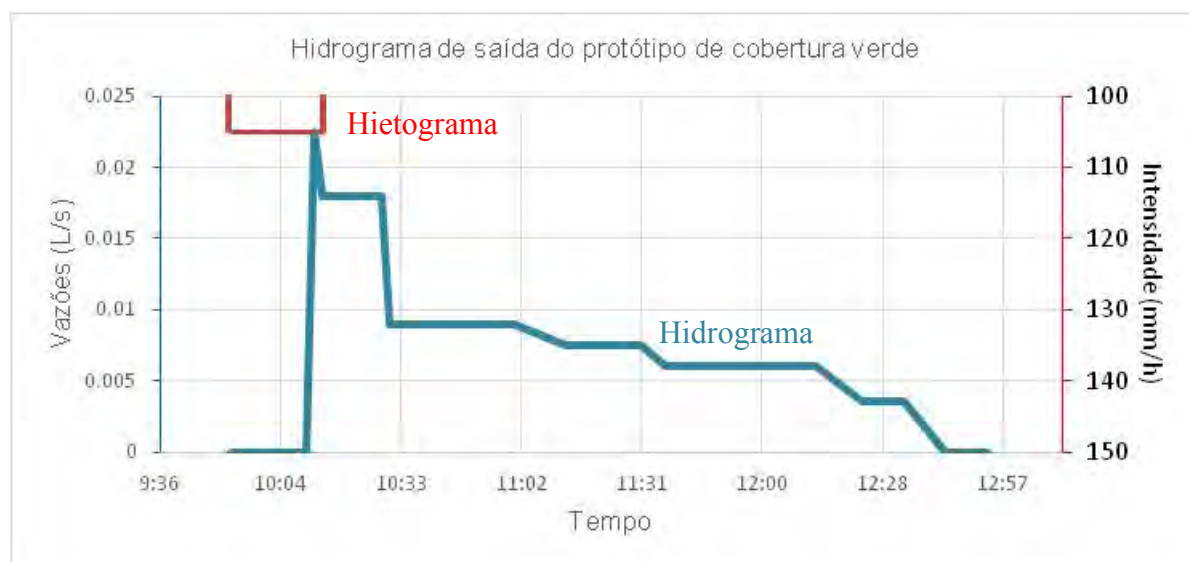
Como principais limitações do uso do protótipo construído, destacam-se as apresentadas no Quadro 3. Espera-se que estas limitações sirvam de base para o planejamento de outros protótipos.

Quadro 3 – Principais limitações do protótipo construído.

- 1- Escolha do equipamento de simulação de chuvas. O simulador utilizado possui estruturas acopladas difíceis de serem transportadas, exigindo elevado esforço físico. Além disso, o processo de troca de intensidade de chuva não é simples;
- 2- Não é possível realizar experimentos a partir de chuvas reais. A exposição do local não conta com abrigo para a equipe de ensaio. Além disso, nessas ocasiões haveria contabilização de escoamentos provenientes não só da área do protótipo, mas também da calha de escoamento e da Caixa Pluviômetro.
- 3- A Caixa Pluviômetro utilizada não era dotada de sensores que a tornassem automatizada, o que melhoraria significativamente a precisão das medições;
- 4- Para o desenvolvimento de pesquisas que visem estabelecer a relação do comportamento do telhado verde com fatores climáticos, é necessária a implantação de uma estação climatológica próxima;
- 5- Influência do vento e horário da realização do ensaio.

Para o primeiro ensaio, realizado em 15/12/2015, com a simulação de uma chuva com intensidade média de 105 mm/h durante 30 minutos, foi obtido, a partir de dados medidos na Caixa Pluviômetro, o hidrograma de saída (Figura 16) do módulo experimental descrito neste trabalho.

Figura 16 – Hidrograma de saída do protótipo para o evento simulado.



Fonte: Elaborado pelos autores, 2016.

A área sob o hidrograma da Figura 16, ou seja, a integral da curva apresentada, representa o volume total drenado através das camadas do protótipo e que foram conduzidas à Caixa Pluviômetro.

Desta forma, para a configuração do protótipo apresentado e para o

evento descrito, tem-se que o volume precipitado foi 0,093 m³ e o volume total direcionado para a Caixa Pluviômetra foi 0,073 m³. Portanto, o volume retido no sistema equivale a 0,020 m³, caracterizando uma capacidade de retenção de, aproximadamente, 21%.

Observou-se também nesta simulação que somente 20 minutos após o início da precipitação ocorreram variações de nível d'água pela Caixa Pluviômetra, o que caracteriza o potencial de atrasar os escoamentos superficiais gerados em um evento.

6 CONCLUSÕES

Este trabalho apresentou a metodologia executiva de um protótipo de cobertura verde, que pode ser palco de vários estudos experimentais que buscam incentivar o uso da técnica, bem como promover sua consolidação na engenharia.

O primeiro ensaio já realizado no protótipo construído, demonstrou que, para tal configuração de telhado verde, o mesmo é capaz de reter cerca de 21% do volume precipitado em uma ocasião de chuva com intensidade constante e duração de 30 minutos. Trata-se apenas de um exemplo de uma gama de pesquisas que podem ser desenvolvidas a partir deste.

É de extrema importância que técnicas como esta, capazes de transformar a qualidade de vida nas cidades, ganhem cada vez mais espaço no meio científico e profissional.

A confiabilidade da configuração adotada no telhado só pode ser confirmada após um acompanhamento a médio/longo prazo, de forma a avaliar o crescimento vegetal, eficiência do sistema de drenagem e a validade do processo de impermeabilização da superfície.

Além do contexto da drenagem urbana sustentável, coberturas verdes estão difundidas entre diversas áreas do conhecimento com múltiplos benefícios, podendo citar a produção de hortaliças, conforto térmico, eficiência energética, aspectos paisagísticos, entre outros.

AGRADECIMENTOS

À FINEP e à CAPES pelo apoio e suporte financeiro para a realização desta pesquisa.

REFERÊNCIAS

ALVES SOBRINHO, T. A., FERREIRA, P. A., PRUSKI, F. F., 2002, "Desenvolvimento de um infiltrômetro de aspersão portátil", **Revista Brasileira de engenharia Agrícola e Ambiental**, v. 6, n. 2, p. 337-344, Campina Grande, PB, Brasil.

ALVES SOBRINHO, T. A., GÓMEZ-MACPHERSON, H., GÓMEZ, J. A., 2008, "A portable integrated rainfall and overland flow simulator", **Soil Use and Management**, n. 24, p. 163-170.

COGLIATTI-CARVALHO, L., ROCHA-PESSOA, T. C., NUNES-FREITAS, A. F., ROCHA, C. F. D., 2010, "Volume de água armazenado no tanque de bromélias, em restingas da costa brasileira", **Acta Botanica Brasilica**, v. 24, n. 1, p. 84-95.

FIELD, C.B., BARROS, V.R., DOKKEN, D.J., MACH, K.J., MASTRANDEA, 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., MASTRANDEA, P.R., WHITE, L. L., 2014, IPCC, **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, p. 1132, Cambridge, United Kingdom and New York, NY, USA: Cambridge University Press.

GARRIDO NETO, P. S., 2012, **Telhados verdes associados com sistema de aproveitamento de água de chuva: projeto de dois protótipos para futuros estudos sobre esta técnica compensatória em drenagem urbana e prática sustentável na construção civil**, Projeto Final de Graduação, Escola Politécnica/UFRJ, Rio de Janeiro, RJ, Brasil.

GUERRA JÚNIOR, J. C., 2013, **Coberturas vivas, algumas observações técnicas para a sua implantação**, Dissertação de Mestrado, Pós-Graduação da Faculdade de Arquitetura e Urbanismo, USP, São Paulo, SP, Brasil.

JHA, A. K.; BLOCH, R.; LAMOND, J., 2012, **Cities and Flooding: A Guide to Integrated Urban Flood Risk Management for the 21st Century**, Washington: The World Bank.

LIBERATO, D. B., 2015, **Avaliação da Caixa Pluviômetro: Um novo equipamento desenvolvido para medir a precipitação, infiltração de chuva, escoamento superficial e índice de erosão em terrenos com diversos tipos de cobertura**, Dissertação de Mestrado, COPPE/UFRJ, Rio de Janeiro, RJ, Brasil.

LOIOLA, C. M. N., 2015, **Avaliação das relações chuva-vazão em telhados verdes modulares sob chuva simulada induzida**, Dissertação de Mestrado, Programa de Pós-Graduação em Engenharia Ambiental, UERJ, Rio de Janeiro, RJ, Brasil.

MATUANO, D. G., 2008, **Crescimento clonal em *Neoregelia cruenta* na Restinga de Jurubatiba: estrutura populacional, plasticidade morfo-anatômica e integração fisiológica**, Tese de Doutorado em Botânica, Programa de Pós-Graduação em Botânica, Instituto de Pesquisas Jardim Botânico do Rio de Janeiro, Rio de Janeiro, RJ, Brasil.

PINTO, L. A., SILVA, J. S., CALMANT, S., 2015, "Análise experimental da retenção de águas pluviais em protótipo de telhado verde extensivo", **XXI Simpósio Brasileiro de Recursos Hídricos**, Brasília, DF, Brasil.

PONTES, K. L. F., 2013, **Estudo de caso da construção de um protótipo experimental para ensaios sobre técnicas compensatórias em drenagem urbana: pavimentos permeáveis e telhados verdes**, Projeto Final de Graduação, Escola Politécnica/UFRJ, Rio de Janeiro, RJ, Brasil.

RIO-ÁGUAS, 2010, **Instruções técnicas para elaboração de estudos hidrológicos e dimensionamento hidráulico de sistemas de drenagem urbana**, 1ª versão, Rio de Janeiro, RJ, Brasil.

SAYERS, P., YUANYUAN, L., GALLOWAY, G., PENNING-ROSWELL, E., FUXIN, S., KANG, W., YWEL, C. LE QUESNE, T., 2013, UNESCO - Organização das Nações Unidas para a educação, a ciência e a cultura. Flood Risk Manangement: A strategic Approach.

TEIXEIRA, P. C., ILHA, M. S. O., REIS, R. P. A., 2011, "Análise da qualidade da água de chuva drenada por coberturas verdes: Estudo piloto", **XII Simpósio Nacional de Sistemas Prediais**, Passo Fundo, RS, Brasil.

TUCCI, C. E. M., 2007, **Inundações Urbanas**, Porto Alegre: ABRH/RHAMA. 393p.

URBONAS, B., STAHR, P., 1993, **Best Management Practices and Detention for Water Quality, Drainage and CSO Management**, New Jersey: Prentice Hall, 449 p.

WHITFIELD, P.H., 2015, Floods in future climates: a review, **Journal of Flood Risk Management**, DOI:10.1111/j.1753-318X.2012.01150.x.