

INFLUÊNCIA DO TELHADO VERDE NO CONFORTO AMBIENTAL E ESCOAMENTO PLUVIAL

INFLUENCE OF THE GREEN ROOF IN THE ENVIRONMENTAL COMFORT AND PLUVIAL FLOW

JAMILLY CAROLINI LIMA TERAMATSU¹, OSVALDO VALARINI JUNIOR², ACÁCIO PEDRO DA SILVA JÚNIOR³, JACKSON TSUKADA⁴, FERNANDO MARCOS WERONKA^{5*}

1. Acadêmica do nono semestre do Curso de Engenharia Civil pela Instituição de Ensino Faculdade de Engenharia e Inovação Técnico e Profissional - FEITEP, Maringá - PR.; 2. Doutor em Engenharia Química pela Universidade Estadual de Maringá. Professor da Faculdade de Engenharia e Inovação Técnico e Profissional - FEITEP, Maringá-PR; 3. Mestre em Matemática pela Universidade Estadual de Maringá. Professor da Faculdade de Engenharia e Inovação Técnico e Profissional - FEITEP, Maringá-PR; 4. Doutor em Engenharia Elétrica pela Universidade Estadual de Campinas. Professor da Faculdade de Engenharia e Inovação Técnico e Profissional - FEITEP, Maringá-PR; 5. Mestre em Engenharia Ambiental pela Universidade Federal do Paraná. Professor da Faculdade de Engenharia e Inovação Técnico e Profissional - FEITEP, Maringá-PR.

* Avenida Paranavaí, 1164, Parque Industrial Bandeirantes, Maringá, Paraná, Brasil. Cep: 87070-130. prof.fernandomarcos@feitep.edu.br

Recebido em 01/04/2019/2019. Aceito para publicação em 14/05/2019

RESUMO

O presente trabalho aborda a influência do telhado verde no conforto ambiental das edificações e seu impacto no escoamento pluvial, tendo por base um modelo proposto para o clima temperado úmido com verão quente (Cfa). O telhado verde é uma tecnologia que auxilia na regulação térmica das construções, e as variáveis de desempenho que compõem o conforto ambiental, entretanto, uma cobertura verde atua também como um receptor de águas pluviais, contribuindo para o escoamento pluvial. Através de pesquisas bibliográficas e da montagem do protótipo de um telhado verde, um comparativo de eficiência entre tipos diferentes de cobertura, onde foi possível explorar as vantagens, desvantagens e qual melhor alternativa em relação ao conforto térmico e acústico das edificações. O modelo proposto de telhado verde tanto para o desempenho térmico quanto para o desempenho acústico, obteve um nível de desempenho intermediário próximo ao superior, sendo que para a cobertura apenas de laje, os níveis obtidos ficaram abaixo do mínimo permitido por norma. Em relação a capacidade de permeabilidade, a estrutura do protótipo mostrou-se resistente a infiltração da chuva artificial, mantendo a vegetação, mesmo com uma vazão de chuva elevada. Com isso, o modelo apresentado de telhado verde mostrou-se satisfatório, evidenciando sua influência no conforto térmico, acústico e na sua capacidade de drenagem, sendo uma tecnologia viável e sustentável na construção civil.

PALAVRAS-CHAVE: Telhado Verde, conforto ambiental, escoamento pluvial, sustentabilidade.

ABSTRACT

The present work deals with the influence of the green roof on the environmental comfort of the buildings and their aid in the rainfall flow, comparing by means of a model proposed for the temperate climate humid with hot summer (Cfa) the benefits of green roof in relation to roof only with the support slab. The green roof is a technology that assists in the thermal regulation of buildings, and the performance variables that make up the environmental comfort, however, a green cover also acts as a receiver of rainwater, contributing to the rainfall. Through

bibliographic research and the assembly of the prototype of a green roof, a comparative of efficiency between different types of cover, where it was possible to explore the advantages, disadvantages and what better alternative in relation to the thermal and acoustic comfort of the buildings. The proposed green roof model, both for thermal performance and acoustic performance, obtained an intermediate performance level close to the upper one, and for the slab-only coverage, the levels obtained were below the minimum allowed by norm. Regarding the permeability capacity, the prototype structure proved to be resistant to infiltration of the artificial rain, maintaining the vegetation, even with a high rainfall. The green roof model was satisfactory, evidencing its influence on thermal, acoustic and drainage capacity, being a viable and sustainable technology in the construction industry.

KEYWORDS: Green Roof, environmental comfort, rainfall, sustainability

1. INTRODUÇÃO

Ao longo dos anos ocorreu o crescimento acelerado da área urbana, por conta de vários fatores sociais e econômicos, com isso houve a expansão desordenada das cidades, modificando assim muitos aspectos naturais¹. O crescimento urbano traz consigo aspectos positivos e negativos, assim como, por um lado essa urbanização facilita benefícios como apropriação dos progressos técnico/científico, oportunidades laborais, culturais, melhor infraestrutura e etc². Por outro viés, diz que, o adensamento populacional ocasiona a diminuição do solo exposto e conseqüentemente da infiltração da água da chuva³. Além disso a canalizações de rios aceleram o escoamento provocando grandes ondas de propagação de cheias relacionadas às enchentes.

Desde o censo realizado em 2000, junto com o crescimento da população é acarretado o aumento das áreas urbanas, conseqüentemente o aumento de áreas impermeáveis, com a construção de obras para a infraestrutura urbana (ruas, passeios públicos, estacionamentos, telhados, etc.), esse fenômeno ocasiona uma menor infiltração das águas pluviais no

solo, aumentando assim a quantidade a ser drenada⁴.

Para suprir esta necessidade conduzir adequadamente a água pluvial através das cidades surgiram os Sistemas de Drenagem Urbana Sustentável (SUDS)⁴. Este sistema propõe controlar o escoamento superficial, aumentar a infiltração do solo, busca melhorar o equilíbrio do ciclo hidrológico e incentivar o uso sustentável da água. A diminuição de cobertura vegetal, acarreta na minimização do tempo entre a queda da chuva e o aumento do nível de rios, diminuição da evapotranspiração, retenção de água nas bacias de drenagem e aumenta o pico das cheias, logo a quantidade de água que é recebida, não é conseguida ser totalmente suportada pelos recursos hídricos atuais, levando aos problemas do cotidiano⁵.

Nessas circunstâncias, são extremamente necessárias algumas intervenções para que se auxilie esse processo de escoamento e para que sirva como apoio para uma maior eficiência desses métodos recursos hídricos, elas têm como função principal minimizar o excesso de água escoadas devido a essa impermeabilização do solo, existe uma restrição para o uso de métodos para a drenagem urbana, a mesma não deve favorecer a instabilidade do ciclo ecológico⁶.

O conceito de sustentabilidade já é discutido há muito tempo, mas não como nos dias atuais, pois a necessidade de projetos limpos e sustentáveis vem mostrando como os telhados verde é uma medida para amenizar os efeitos do crescimento urbano descontrolado⁷. O conceito de Telhado Verde não é tão atual como se pensa, essa consciência ambiental já havia sido tomada a muito tempo, mais precisamente no Egito antigo, porém só foi caracterizado com conceito arquitetônico em 1920, pelo arquiteto francês, Le Corbusier⁸.

Em países de primeiro mundo como França, Dinamarca e Canadá já existem dispositivos legais, que não apenas incentivam, mas obrigam o uso de telhados verdes. Além destes, em diversos outros o uso deste tipo de cobertura tem se popularizado fomentado pela busca de ambientes mais saudáveis nas grandes metrópoles, sendo vistos como pequenos pulmões verdes em meio a floresta cinza das cidades.

No Brasil, esse sistema construtivo ainda não é muito usado, mas já começam a surgir leis de incentivo visando a disseminação desse sistema⁹. Toda cobertura plana ou inclinada, impermeabilizada e com sistema de drenagem para a água da chuva, que integra a sua estrutura uma camada de solo e por fim uma camada de vegetação, é considerada um telhado verde. Que são classificados quanto ao porte da vegetação que pode ser extensivo ou intensivo¹⁰.

Os telhados verdes influenciam no conforto termo acústico, no escoamento pluvial e paisagismo, para prevenir inundações, podendo reter totalmente ou parcialmente o escoamento auxiliando na redução da poluição ambiental das grandes cidades¹¹.

Os benefícios originados pelo uso do telhado verde, mesmo que sejam revertidos a longo prazo¹². Nas comparações relacionando retenção de volume de água,

qualidade do ar, conservação de energia, redução das taxas de drenagem urbanas, vida útil, manutenções, e entre algumas outras, o telhado verde dispõe de vantagens sobre os telhados convencionais, possuindo apenas como desvantagem seu elevado custo de para execução pois é necessária mão de obra especializada em várias etapas, como paisagistas, arquitetos, instaladores e operários.

A construção civil é responsável por 50% dos resíduos gerados no país, sendo umas das atividades que mais consomem recursos naturais, ou seja, é neste momento em que os olhos da sociedade devem estar voltados à conceitos sustentáveis como este⁸.

2. MATERIAL E MÉTODOS

Com base em uma revisão bibliográfica este trabalho buscou alcançar a formulação do telhado verde adaptado a região de Maringá. Este telhado deveria ser impermeável para evitar a o excesso de umidade no interior das edificações, e possíveis patologias construtivas relacionadas, tais como fissuras, mofo, problemas na pintura, entre outras. A baixa densidade do modelo projetado é outro fator essencial, uma vez que comumente a estrutura existente não está apta para o suporte de grandes cargas. A camada de solo, que servirá de substrato, deve ser capaz de manter-se íntegro quando exposto as intempéries climáticas, além de dar suporte as plantas que recobrirão a estrutura.

Inicialmente foram estudados os materiais acessíveis na região de Maringá para a montagem do protótipo, tratando-se de um modelo simples, a classe extensiva foi a escolhida, pois é um sistema que necessita pouca manutenção. O telhado verde provoca um peso extra sobre a estrutura. As massas específicas dos materiais constituintes e as espessuras das camadas utilizadas serviram de parâmetros para quantificar esta carga, e então comparada com a NBR 6118¹³ que trata das estruturas de concreto e seus limites. Os cálculos de desempenho térmico foram realizados de acordo com a NBR 15220¹⁴ como previsto e recomendado pela NBR 15575¹⁵ que trata, entre outras exigências, dos níveis de desempenho térmico (mínimo, intermediário e superior) e seus respectivos aspectos de conforto térmico.

De acordo com a NBR 15575¹⁵ que aborda entre outras exigências de desempenho, os níveis de desempenho acústico e da NBR 10152¹⁶, foram calculados os parâmetros de desempenho e determinado o nível de conforto acústico proporcionado pelo telhado verde. Um alto tempo de retenção hidráulica poderia conferir uma grande quantidade de massa extra ao telhado verde, transformado uma estrutura leve em pesada, podendo exercer esforços demasiadamente intensos sobre a estrutura. Diante desta demanda, o modelo proposto deve ser capaz de conduzir rapidamente o escoamento, sem perder sua estrutura e propriedades.

Para quantificar esta capacidade, um sistema hidráulico de simulação de precipitações foi montado sobre o telhado, capaz de criar chuvas artificiais com

vazões que a caracterizariam como intensas. Para que se possa observar a integridade do modelo de telhado verde quanto exposto a estas condições por longos períodos. Para observar a manutenção das propriedades microscópicas do solo, observou-se a cor e turbidez da água lixiviada.

3. RESULTADOS

O protótipo foi montado no laboratório de hidráulica na sede da Faculdade Feitep. No qual, a primeira camada utilizou-se a geomembrana de PEAD com a função de impermeabilização da cobertura da edificação. Em seguida, optou-se pela argila expandida, devido sua baixa densidade e alta capacidade de drenagem, possibilitando o rápido escoamento vertical e horizontal da água da chuva.

A terceira camada, consistiu em um material filtrante denominado lã acrílica, com a função de evitar o contato direto do solo (quarta camada) com a argila expandida (segunda camada). No solo devidamente adubado, foram semeadas plantas de rápido desenvolvimento, que conferirão estrutura ao solo, as quais serão gradualmente substituídas por gramíneas e vegetação rasteiras, em um processo de sucessão ecológica, visando a criação de um ecossistema.



Figura 1. Montagem do protótipo. **Fonte:** Autora (2018).

O peso estimado do telhado verde sobre a estrutura, apontaram o valor de $0,662 \text{ kNm}^{-2}$ em condições normais e $0,830 \text{ kNm}^{-2}$ quando saturado. Em uma estimativa, bastante conservadora, um veículo ao ocupar uma vaga de estacionamento de 8 m^2 exerce sobre a laje uma tensão de $3,75 \text{ kNm}^{-2}$, ou seja 4,5 vezes maior do que a exercida pelo telhado verde proposto sobre a estrutura. Desta forma, observa-se a possibilidade do uso de telhados verdes neste tipo de estrutura, desde que construídas de acordo com a norma supracitada.

De acordo com os limites da norma, o nível de desempenho do telhado verde para o verão foi intermediário, mas muito próximo ao nível superior. E para o inverno, o desempenho térmico do protótipo teve como resposta um nível intermediário. Para ambas as estações os valores calculados para o modelo estão dentro dos limites especificados por norma de desempenho. Para critérios de comparação, calculou-se o nível de desempenho térmico para a laje de sustentação, sem a cobertura proposta. De acordo com

os limites da norma, o nível de desempenho da laje sem o telhado verde, tanto para o verão quanto para o inverno, mostrou-se fora dos limites especificados por norma, não alcançando o nível de desempenho mínimo.

A atenuação calculada esperada pelo telhado verde sobre a laje é de $52,75 \text{ dB}$, enquanto uma cobertura apenas com a laje tem atenuação estimada em $47,6 \text{ dB}$. De acordo com as normas ISO 140-4 e 717-1, que caracteriza desempenho mínimo para unidades habitacionais autônomas os pisos com a diferença padronizada de nível ponderada entre 45 e 49 dB , no qual enquadraria-se o desempenho proporcionado apenas pela laje. Já com o telhado verde, a cobertura estaria na faixa correspondente ao desempenho intermediário que vai de 50 a 54 dB e portando próximo ao superior qualificado por atenuações acima de 55 dB .

Durante todos os dias de experimento a capacidade de infiltração do solo manteve-se constante. Deste modo possibilitando que a chuva coletada alcançasse a camada de argila expandida, permitindo a vazão dos 1700 mm/h . A rápida infiltração, associada a propriedade de conduzir grandes volumes de água conferidos pela camada de argila expandida, possibilitaram a redução do tempo o qual a água permanece sobre a estrutura. Esta importante capacidade de escoamento, por sua vez, reduz o pico de peso extra conferido pela água da chuva retida.



Figura 2. Raízes da vegetação no protótipo. **Fonte:** Autora (2018).

O ensaio indicou que pouco do material fino foi transportado, o que aponta a capacidade do solo manter a vegetação. Este resultado corrobora, com observado no período de estudo, onde as plantas mantiveram-se saudáveis

4. DISCUSSÃO

A utilização do Telhado Verde nas edificações ainda é pouco difundida, porém nas grandes cidades já é considerado uma opção de cobertura com propriedades bastante interessantes. Diante disso, se fez necessário analisar a importância do telhado verde no conforto ambiental e no escoamento pluvial para um clima Cfa (Clima temperado úmido).

O sistema de telhado verde ou cobertura vegetal foi primordialmente feita para o auxílio na regulação térmica das construções, isto é, variáveis que compõem o conforto ambiental, essas são

características essenciais para que o projeto tenha um bom desempenho, os problemas de conforto estão associados a função térmica, luminosa e acústica do ambiente. Entretanto, o telhado verde coopera não somente para a regulação térmica das residências, mas também como um grande receptor de águas pluviais, ajudando para a diminuição de alagamentos em cidades.

O trabalho analisou através de pesquisas bibliográficas e da montagem do protótipo de um telhado verde, um comparativo de eficiência entre tipos diferentes de cobertura, onde foi possível explorar as vantagens, desvantagens e qual melhor alternativa em relação ao conforto térmico e acústico das edificações.

Após isso, as duas coberturas foram comparadas, e o telhado verde mostrou-se superior à laje convencional, seu desempenho térmico foi de intermediário quase superior, sendo que apenas a laje de sustentação não chegou ao nível de desempenho mínimo, isso representa melhoria no conforto térmico das edificações, melhor qualidade de vida para os habitantes e a redução dos impactos ambientais.

Na comparação de desempenho acústico, a laje obteve um desempenho mínimo em relação a norma, já a laje com a estrutura verde alcançou um desempenho intermediário próximo ao superior, beneficiando para um conforto acústico melhor nas construções.

A capacidade de permeabilidade do modelo proposto alcançou além do esperado, mesmo com a infiltração constante da chuva artificial que teve uma vazão de 1700 mm/h, o que corresponde a uma precipitação muito acima do natural, a estrutura manteve-se íntegra e o solo mostrou-se capaz de manter a vegetação.

5. CONCLUSÃO

O modelo proposto de telhado verde mostrou-se bastante satisfatório, sugerindo forte influência no conforto térmico, acústico. Além disso apresentou formidável capacidade de drenagem, sendo uma tecnologia viável e sustentável na construção civil. Como sugestão para futuros trabalhos, propor um modelo de telhado verde com materiais acessíveis e testar a estrutura verde em condições reais de clima, para analisar seu desempenho ambiental.

AGRADECIMENTOS

Agradecimentos a instituição Feitep pela disponibilização de suas instalações para desenvolvimento da pesquisa, assim como de seu corpo docente.

REFERÊNCIAS

[1] TUCCI, Carlos E. M.. Drenagem urbana. Ciência e Cultura, São Paulo, v. 55, n. 4, out./dez. 2003.

- [2] BAENINGER, R. Migrações Internacionais Recentes: o caso do Brasil. In: (Coord.). Emigração e imigração internacionais no Brasil Contemporâneo. Campinas: NESUR/NEPO/FNUAP, v.1, 1995.
- [3] NUCCI, J. C. Qualidade Ambiental e Adensamento Urbano. São Paulo: Humanitas/FFLCH-USP, 2008.
- [4] POLETO, C. SUDS (Sustainable Urban Drainage Systems): Uma Contextualização Histórica. Revista Thema, 2011.
- [5] VARGAS, Marcelo Coutinho. O Gerenciamento Integrado Dos Recursos Hídricos Como Problema Socioambiental. Ambiente & Sociedade, São Paulo, v. 2, n. 5, p. 1809-4422, jul. 1999.
- [6] SILVEIRA, André L. L. Desempenho de fórmulas de tempo de concentração em bacias urbanas e rurais. Revista Brasileira de Recursos Hídricos. Porto Alegre, v. 10, n.1, p. 6 - 6, março.2004. Disponível em <https://www.researchgate.net/publication/305304627_Desempenho_de_Formulas_de_Tempo_de_Concentrac_ao_em_Bacias_Urbanas_e_Rurais>. Acesso em: 17 de nov. de 2018.
- [7] LIPTAN, T.; STRECKER E. Ecoroofs (Greenroofs) – A More Sustainable Infrastructure. In: national conference on urban storm water: enhancing programs at the LOCAL LEVEL, 2003, Chicago. Proceedings... Cincinnati: U.S. Environmental Protection Agency. 2003. p. 198-214.
- [8] PEREIRA, C.D.O., Quando o telhado verde vira lei. 2015. Disponível em <<http://caroldaemon.blogspot.com.br/2015/04/quando-o-telhado-verde-vira-lei.html>>. Acesso em: 05 mar. 2018.
- [9] SILVA, Vinicius Luis Arcangelo; KASHIWA, Larissa. SUSTENTABILIDADE E CONFORTO A APLICAÇÃO DO TELHADO VERDE COMO SOLUÇÃO SUSTENTAVEL. MIX Sustentável, v. 4, n. 1, p. 117-122, 2011.
- [10] CORREA, C.B.; GONZALEZ, F.J.N. O uso de coberturas ecológicas na restauração de coberturas planas. In: NÚCLEO DE PESQUISA EM TECNOLOGIA DE ARQUITETURA E URBANISMO-NUTAU. Anais. São Paulo: Pró-reitora de Pesquisa, Universidade de São Paulo, 2002.
- [11] INGRA - INTERNATIONAL GREEN ROOF ASSOCIATION. Disponível em: <<http://www.igra-world.com>>. Acesso em 15 maio. 2018.
- [12] LIPTAN, T.; STRECKER E. Ecoroofs (Greenroofs) – A More Sustainable Infrastructure. In: national conference on urban storm water: enhancing programs at the LOCAL LEVEL, 2003, Chicago. Proceedings... Cincinnati: U.S. Environmental Protection Agency. 2003. p. 198-214.
- [13] ASSOCIAÇÃO BRASILEIRA DE NORMAS TÉCNICAS. NBR6118. Projeto de estrutura de concreto - procedimento. Rio de Janeiro. 2014.
- [14] ASSOCIAÇÃO BRASILEIRA DE NORMAS TÉCNICAS. NBR15220-3. Desempenho térmico de edificações. Rio de Janeiro. 2005.
- [15] ASSOCIAÇÃO BRASILEIRA DE NORMAS TÉCNICAS. NBR15575. Normas de desempenho. Rio de Janeiro. 2013.
- [16] ASSOCIAÇÃO BRASILEIRA DE NORMAS TÉCNICAS. NBR10152. Níveis de ruído para conforto acústico. Rio de Janeiro. 1987.