

Estimativa da eficiência de um telhado verde baseado em método empírico

O presente artigo tem por objetivo demonstrar a estimativa da eficiência de um telhado verde baseado no método racional empírico na cobertura do Fórum Paula Batista, prédio anexo do Tribunal de Justiça, localizado no bairro de Santo Antônio na cidade do Recife. A partir da análise do panorama de como se encontram as cidades do século XXI, com o aumento da temperatura em nosso planeta, cuidados com o meio ambiente tem sido uma constante. Através das técnicas usadas na engenharia civil busca-se atualmente, novas técnicas construtivas visando compensar os impactos ambientais causados pelas edificações. Cada vez mais se discute a sustentabilidade, principalmente na construção civil, alertando para a importância de se agir positivamente em relação ao meio ambiente. O telhado verde como uma das técnicas compensatórias de drenagem das águas pluviais, resulta em benefícios ambientais, econômicos e sociais. A partir da análise do método empírico foi desenvolvido cálculos baseados em fórmulas para explicar a vantagem da utilização do telhado verde na edificação para efeito da sustentabilidade na construção civil nos centros urbanos, além de constatar a sua utilização. A problemática surgiu a partir do questionamento sobre como o Fórum Paula Batista poderia economizar despesas correntes de forma sustentável? A solução encontrada foi a construção de um telhado verde para minimizar o custeio com manutenção, através da captação de águas pluviais para sua reutilização. Diante dos resultados obtidos, a construção de um telhado verde extensivo, além de agregar valores e status à construção, oferece novas funções ambientais e urbanas. Incentivando assim, outros prédios públicos a utilizarem desta implementação para melhor economicidade de despesas e qualidade de vida dos servidores.

Palavras-chave: Método racional empírico; Drenagem; Sustentabilidade; Técnicas compensatórias.

Estimation of the efficiency of a green roof based on an empirical method

The present article aims to demonstrate the estimation of the efficiency of a green roof based on the rational empirical method on the roof of the Paula Batista Forum, annex building of the Court of Justice, located in the neighborhood of Santo Antônio in the city of Recife. From the analysis of the panorama of how the cities of the 21st century are, with the increase in temperature in our planet, care with the environment has been a constant. Through the techniques used in civil engineering, new construction techniques are currently being sought in order to compensate for the environmental impacts caused by buildings. Sustainability is increasingly being discussed, especially in civil construction, alerting to the importance of acting positively towards the environment. The green roof, as one of the compensatory techniques for rainwater drainage, results in environmental, economic and social benefits. From the analysis of the empirical method, calculations based on formulas were developed to explain the advantage of the use of the green roof in the building for the effect of sustainability in the civil construction in urban centers, besides verifying its use. The problem arose from the questioning of how the Paula Batista Forum could save current expenses in a sustainable way? The solution found was the construction of a green roof to minimize maintenance costs by capturing rainwater for its reuse. Given the results obtained, the construction of an extensive green roof, besides adding value and status to the building, offers new environmental and urban functions. Thus, encouraging other public buildings to use this implementation for better economy of expenses and quality of life for the public servants.

Keywords: Rational empirical method; Drainage; Sustainability; Compensatory techniques.

Topic: **Engenharia Urbana**

Reviewed anonymously in the process of blind peer.

Received: **04/07/2022**

Approved: **28/07/2022**

Eduardo Antonio Maia Lins 

Instituto Federal de Pernambuco, Brasil
<http://lattes.cnpq.br/614871863554184>
<http://orcid.org/0000-0002-9108-4179>
eduardomaialins@gmail.com

Marco Antônio Rodrigues Galvão

Universidade Católica de Pernambuco, Brasil
<http://lattes.cnpq.br/4650432889726646>
marcoantonio4987@gmail.com

Vicente de Paulo Silva 

Universidade Federal Rural de Pernambuco, Brasil
<http://lattes.cnpq.br/3590522665927472>
<http://orcid.org/0000-0002-1435-9335>
vicenteufrpe@yahoo.com.br

Diogo Henrique Fernandes da Paz 

Instituto Federal de Pernambuco, Brasil
<http://lattes.cnpq.br/9711778448759836>
<http://orcid.org/0000-0003-0507-0545>
diogo.paz@cabo.ifpe.edu.br

Daniele de Castro Pessoa de Melo 

Instituto de Tecnologia de Pernambuco, Brasil
<http://lattes.cnpq.br/4010783198064867>
<http://orcid.org/0000-0003-4058-092X>
danielecastro3@hotmail.com

Wanderson dos Santos Sousa 

Instituto de Tecnologia de Pernambuco, Brasil
<http://lattes.cnpq.br/2702592671280843>
<http://orcid.org/0000-0002-2081-3434>
wanderson.santos@itep.br



DOI: 10.6008/CBPC2179-6858.2022.007.0015

Referencing this:

LINS, E. A. M.; GALVÃO, M. A. R.; SILVA, V. P.; PAZ, D. H. F.; MELO, D. C. P.; SOUSA, W. S.. Estimativa da eficiência de um telhado verde baseado em método empírico. *Revista Ibero Americana de Ciências Ambientais*, v.13, n.7, p.193-210, 2022. DOI: <http://doi.org/10.6008/CBPC2179-6858.2022.007.0015>

INTRODUÇÃO

Muitos prédios públicos no Brasil apresentam vultosas despesas com manutenção para mantê-los em funcionamento. Os principais problemas enfrentados são as despesas contínuas, sendo talvez a maior destas o consumo de energia elétrica, seguido do consumo de água, insumos, manutenção e aquisição de novos equipamentos, e que o telhado verde funcionará como uma das técnicas compensatórias de minimização de gastos de custeio com a edificação para que a máquina pública continue prestando um bom serviço à sociedade.

O telhado verde é uma das técnicas aplicadas de construção capaz de promover a sustentabilidade e resiliência urbana. Os telhados verdes podem ser classificados conforme o tipo de uso, construções e condições de manutenção. Há três modelos diferentes de cobertura verde, que são: coberturas verdes extensivas, semi-intensivas e intensivas, segundo Koroxenidis et al. (2021).

A colocação de um telhado verde é um velho conhecido da humanidade, pois desde os tempos da antiga Babilônia (século VI a.C.), sendo expandido para o Império Romano, além de tornar a construção mais sustentável, retêm a poeira e a poluição, tornando o ar mais puro. Atua também como isolante térmico e acústico, além de ser um sistema de filtragem para água da chuva. Com isso, auxilia na redução do consumo da água potável e consumo de energia elétrica (RODRIGUES et al., 2020).

O telhado verde é uma forma eficiente e relevante para conter as ilhas de calor. O processo empregado na construção civil normalmente gera um impacto considerável ao meio ambiente, pois são empregados matérias primas e materiais que emitem gases poluentes. Este sistema demonstra ser um defensor para discrepâncias que as edificações urbanas afetam as áreas urbanas, como ilhas de calor, efeito estufa, aquecimento do planeta, poluição visual, além de problemas para a saúde humana, dentre outros. Por meio dele haverá mais geração de oxigênio, absorção de CO₂, funcionando também, como um sistema de escoamento e purificação da água e do ar (MENDES et al., 2017).

Este estudo tem por objetivo geral estudar uma estimativa da eficiência de um telhado verde baseado em método empírico a ser aplicado no prédio do Fórum Paula Batista de Pernambuco, visando o estabelecimento de ambiência positiva para biocenose das áreas adjacentes, que traga um conforto térmico aos ambientes de trabalho e uma redução do consumo com a manutenção da edificação, estendendo-se para todo o Poder Judiciário, como forma de reduzir o custo da máquina pública. Para alcançar este objetivo identificou-se o estado da arte concernente a telhados verdes, definindo o melhor modelo a ser proposto para o caso em estudo; realizar estimativas quanto à economia potencial advinda na instalação de um telhado verde na cobertura do prédio foco desse estudo e gerar normativas para que a instalação dos telhados verdes seja observada nas futuras construções do setor público.

REVISÃO TEÓRICA

Ilhas de calor e de frescor

Com o passar dos anos, o desenvolvimento das cidades se tornou cada vez maior, com a migração

desordenada da população do campo para os grandes centros urbanos. As metrópoles alavancarão centros econômicos e financeiros, o que proporcionaram uma aglomeração desenfreada para as localidades. O crescimento fez surgir arranha céus, que passaram a substituir áreas verdes em concreto, ocasionando assim um aumento da temperatura e conseqüentemente as chamadas ilhas de calor em torno das grandes edificações. As ilhas de calor são causadas pela ação antrópica que transforma o ambiente natural em um ambiente artificial, modificando a paisagem local, alteração microclimática, aumento de altas temperaturas, impermeabilização do solo e uma sensação térmica desconfortável na população local (AZEVEDO et al., 2017).

Segundo Lins et al. (2019), ilhas de calor são resultado do aumento da temperatura atmosférica em torno de áreas edificadas, devido a impermeabilização do solo e a baixa concentração de vegetação nas áreas adjacentes. Este efeito ocorre em maior proporção no momento que está equiparado às grandes taxas de emissões atmosféricas. Quanto maior a concentração de área edificada, menor a quantidade de vegetação e conseqüentemente maior a incidência de formação de ilhas de calor e redução de ilhas de frescor. As aplicações de uma diversa gama de materiais na construção civil nos grandes centros urbanos se tornam suscetíveis ao aumento da temperatura, formando assim as chamadas ilhas de calor. Esta distorção nos faz perceber que a falta de planejamento urbano consegue modificar o microclima local. Por outro lado, a medida para resolver as ilhas de calor são as ilhas de frescor, que substituem o concreto pela vegetação, a paisagem torna a área mais amena, quando da utilização nas edificações de materiais que absorvam menos energias, jardins públicos bem arborizados, telhados verticais e paredes verdes habitacionais entre outras possibilidades, formando assim comportamentos mais responsáveis.

Telhados verdes

As primeiras ações de políticas públicas ambientais direcionadas para implantação de telhados verdes surgiram na Europa, na segunda metade do século XX e no Brasil ao final da primeira década do século XXI, visando incentivar a construção de coberturas verdes para uma melhor qualidade de vida das pessoas e do ambiente urbano (SETTA, 2017). A literatura especializada apresenta que inicialmente os telhados verdes, formavam os jardins de Terraços e surgiram na Mesopotâmia, atual Iraque. Plantados em templo denominados Zigurates, encontramos na Bíblia, o primeiro registro desse tipo de construção e uma das sete maravilhas do mundo antigo, os Jardins Suspensos da Babilônia (COSTA et al., 2015) (Figura 1).



Figura 1: Jardins Suspensos da Babilônia. Fonte: Albuquerque (2019).

No século VIII A.C, na Roma Antiga, os Terraços jardins eram criados nos telhados das Vilas Romanas, e utilizados como espaços de convívio externos. A Torre Gringi, em Luca, na Itália, é um bom exemplo de telhado verde, na Idade Média, entre os séculos V e XV. No Renascimento Europeu, nos séculos XV e XVI, cidades como Roma, Florença e Veneza, reutilizaram, em suas construções, os Terraços jardins.

A técnica é única por ser usada por todas as classes econômicas e em todos os tipos de edificações (igrejas, celeiros, casas...), sendo assim essa tradição é encontrada na “arquitetura vernacular”, no qual são empregados materiais e recursos do próprio ambiente, onde a edificação está inserida. Os países Escandinavos, aperfeiçoaram o *turf house*, utilizando-se gramado nas casas de madeira, que tem a função de armazenar e isolar do calor, tornando-se, popular na região (Figura 2). Esse modelo de cobertura também foi bastante utilizado nos Estados Unidos e Canadá e em todos os países do norte da Europa, principalmente na Noruega (BALDESSAR, 2012; KOZMHINSKY et al., 2016).



Figura 2: Casas com coberturas verdes na Noruega.

Após a Segunda Guerra Mundial, a Alemanha foi um dos primeiros países a aderir, seguida pela Áustria e Suíça (PENDIUK et al., 2017). Em Berlim, século XIX, cobriam-se as casas rurais, com uma camada de terra, evitando assim incêndios. A vegetação crescia nessa camada de húmus, cobria os tetos das casas, fazendo com que a Alemanha tornasse a pioneira em pesquisas científicas, sobre os telhados verdes, a partir da década de 1960 (VIEIRA, 2018).



Figura 3: Edifício Gustavo Capanema (1936-1945).



Figura 4: Estrutura de um telhado verde¹.

Entre 1936 e 1945, foi construído o primeiro telhado verde instalado no Brasil, encontra-se no Palácio Gustavo Capanema, Rio de Janeiro, atualmente, sede do Ministério da Educação. Os arquitetos Lúcio Costa,

¹ <https://www.irrigacaoparajardins.com.br/telhado-verde-como-funciona-e-vantagens/>

Oscar Niemeyer e equipe, assinaram o projeto. O arquiteto e paisagista Roberto Burle Max, projetou o Terraço Jardim (Figura 3).

Segundo Herzog et al. (2010), o telhado verde é uma técnica aplicada em edificações que tem variadas funções e tem como principal objetivo a plantação de vegetação em coberturas de edifícios ou residências, criando multifuncionalidades. A estrutura é composta de impermeabilização, sistema de drenagem, substrato e camada de vegetação (Figura 4).

Segundo Herzog et al. (2010), o telhado verde é uma técnica aplicada em edificações que tem variadas funções e tem como principal objetivo a plantação de vegetação em coberturas de edifícios ou residências, criando multifuncionalidades. A estrutura é composta de impermeabilização, sistema de drenagem, substrato e camada de vegetação (Figura 4).

Impermeabilização é a camada mais importante da estrutura de um telhado verde, impede a infiltração de águas pluviais, uma impermeabilização bem-feita é o sucesso da construção. Pode ser de materiais betuminosos ou sintéticos (MORGADO, 2010).

Sistema de drenagem é a camada que controla o volume de água da chuva e da vazão ao excesso de água do solo. Pode ser formada de materiais diversos como argila, brita ou seixos semelhantes com espessura de 7 a 10cm. Utiliza-se também elementos industrializados a base de poliestireno que são bons isolantes térmicos ou geomantas que ajudam o escoamento das águas (MINKE, 2004).

O substrato serve como suporte para vegetações rasteiras de baixo porte variando de 0,8 a 0,12cm. O substrato deve ser de preferência orgânico, não argiloso e que tenha uma composição mineral de nutrientes para o desenvolvimento das plantas. Quanto maior o porte das plantas, maior será a profundidade do solo (BALDESSAR, 2012).

A última camada é a vegetação que para a sua escolha deve se levar em consideração o clima onde será instalado o telhado verde, o substrato a ser utilizado e o tipo de manutenção mais adequado. Os telhados verdes possibilitam diversas espécies vegetais, que apresentam baixa manutenção e resistência a cada região (IDHEA, 2010).

Por fim, a laje deve apresentar uma carga estrutural que suporte o peso do telhado verde e que o sistema de filtragem deve ser utilizado de forma a filtrar as partículas que se despreendem do solo, evitando entupimento do canal de drenagem. A manta geotêxtil é a mais indicada (MACCAFERRI, 2010).

Classificação dos telhados verdes

De acordo com Kozmhinsky et al. (2016), o que determina as diferenças entre os tipos de telhados verdes, são a camada que o compõe e a vegetação a ser utilizada, podendo ser extensiva, semi-intensiva e intensiva. O Quadro 1 apresenta as características quanto ao tipo de telhado verde de acordo com o IGRA (2015).

A construção do telhado verde extensivo (Figura 5), apresenta uma profundidade do substrato de 6 a 20cm, um peso específico de 60 a 150 Kg/m², um custo de aplicação e manutenção baixos, uma vegetação de pequeno porte como musgos, herbáceas e gramíneas, o que viabiliza a aplicação deste tipo de cobertura

em telhados já existentes. Apresenta uma sobrecarga menor se comparada aos outros tipos de telhados. As vantagens em relação aos outros tipos são a não necessidade de cuidados especiais, baixa espessura e substrato, baixo consumo de água para se desenvolverem (HENEINE, 2008).

Quadro 1: Características quanto ao tipo de telhado verde.

	EXTENSIVO	SEMI-INTENSIVO	INTENSIVO
Manutenção	Baixa	Periódica	Alta
Irrigação	Ausente	Periódica	Regular
Plantas	Pequeno porte do tipo gramíneas	Pequeno e médio porte, como grama e arbustos de pequeno porte	Médio e grande porte, como arbustos e árvores
Profundidade da Camada de Substrato	6-20 cm	12-25 cm	15-40 cm em garagens subterrâneas chegando até 100 cm
Capacidade	60-150 kg/m ²	120-200 kg/m ²	180-500 kg/m ²
Custo	Baixo	Médio	Alto
Uso	Camada de proteção ecológica	Telhados verdes projetados	Parques tipo jardim

A construção do telhado verde intensivo (Figura 6), apresenta uma profundidade de 15 a 40cm, um peso específico de 180 a 500 Kg/m², custo de aplicação e manutenção altos, uma vegetação de grande porte como árvores, arbustos e canteiros, não podendo ter inclinação desfavorável que venha a ocasionar um deslizamento, o que dificulta a sua construção devido ao seu modelo complexo. Por ser reservado a grandes empreendimentos, torna-se muito cara a sua construção e manutenção periódica. Estas áreas podem ser utilizadas como praças, parques em hotéis, shoppings centers ou edifícios comerciais e habitacionais (KREBS et al., 2021).



Figura 5: Telhado Extensivo.



Figura 6: Telhado Intensivo.

A construção do telhado verde semi-intensivo, é uma mistura dos dois tipos o extensivo com o intensivo, apresenta uma profundidade entre 12 e 25cm, um peso específico de 120 a 200 Kg/m², custo de aplicação e manutenção médios, uma vegetação composta de gramíneas, herbáceas, arbustos e até plantas lenhosas com porte médio, com custo próximo ao telhado verde intensivo (HENEINE, 2008).

Vantagens e Desvantagens dos telhados verdes

Assevera Phoomirat et al. (2020) que os telhados verdes oferecem vários benefícios ambientais e ecológicos, por ser práticas sustentáveis que fazem parte da ecoarquitetura, dentre eles, podemos elencar. Redução das águas das chuvas, diminuindo as enchentes; redução da ação “ilha de calor”, e temperaturas

urbanas; retenção da poluição sonora, melhorando o sono das pessoas (YANG et al., 2012); eliminação das partículas suspensas no ar, como a fuligem expelida pela queima de combustíveis fósseis; geração de ambientes verdes agradáveis para o convívio da comunidade local; novas áreas para o cultivo de alimentos orgânicos, por meio de hortas e pomares; reciclagem dos gases tóxicos do ar por meio da fotossíntese; umidificação do ar nos meses secos, propiciando uma melhor respiração; proteção da avifauna nativa e o controle de pragas urbanas como baratas e cupins; viabilidade de reutilização da água da chuva na limpeza ou irrigação, economizando recursos (TEIXEIRA et al., 2017); aumento da duração da impermeabilização com a regulação térmica da cobertura; economia de energia na utilização de condicionadores de ar nos recintos (HASHEMI et al., 2015; GALLARDO et al., 2018); aumento das áreas com vegetação nativa e a biodiversidade; criação de áreas de vegetação adaptáveis a edificações já existentes, espessura baixa, peso e tecnologia orgânica, sem estruturas derivadas do petróleo.

Por outro lado, apesar das inúmeras vantagens que os telhados verdes oferecem, alguns fatores impedem maior propagação, as desvantagens segundo Pereira (2017) como a manutenção constante para preservar a estrutura em harmonia com a boa aparência; investimento inicial para construção do telhado verde normalmente é alto; limitações na estrutura podem inviabilizar o sistema e necessidade de mão de obra especializada na instalação evitando problemas futuros de vazamento e infiltrações.

Legislação

Na Alemanha em 1996, estudos mostravam que algumas cidades se utilizavam de diversos tipos de subsídios, com descontos bastantes atrativos, chegando até 80% nas taxas de energia, água e esgoto, dentre outras e até 50% de isenção no custo da implantação residencial com telhados verdes. Com essa política governamental voltada ao desenvolvimento de tecnologias ambientais, aliada à regulamentação e à instalação de telhados verdes, a criação de leis e adoção de incentivos fiscais fizeram com que os custos deixassem de ser uma barreira à população alemã, tornando a Alemanha, um dos países mais experientes na implementação das coberturas vegetais desde a década de 90 (SALM, 2017).

Novas formas de planejamento, o desenvolvimento de tecnologias, assim como soluções ambientais apropriadas a garantir qualidade de vida nas cidades, almejam vários países a adotarem políticas ambientais indutoras ao estímulo de implantação de telhados verdes nas coberturas dos prédios, tornando-as mais sustentáveis.

No Brasil ao final da primeira década do século XXI, começaram a surgir algumas ações a níveis federal, estadual e municipal, com as primeiras iniciativas de políticas públicas voltadas à implantação de telhados verdes. A nível federal, pode-se salientar o Projeto de Lei nº 1.703-A, de 29 de junho de 2011 (BRASIL, 2011) que previa inicialmente a obrigatoriedade da implantação de telhados verdes, nas coberturas de prédios públicos e privados com mais de três andares, com a preferência por vegetação nativa de clima tropical e resistente as variações de temperatura. Contudo, foi alterado tornando-o facultativo e passando a incluir benefício fiscal, podendo ser fixado em lei estadual ou municipal àqueles que presumirem à instalação em ao menos 65% da área total da cobertura. Em 2015, por outro lado a Comissão de Desenvolvimento

Urbano da Câmara dos Deputados, aprovou o Projeto de Lei, mas ainda não o foi devidamente sancionado.

Alguns telhados verdes na Cidade do Recife

Em Recife, alguns telhados verdes foram construídos. Com a Lei nº 18.112, de 12 de janeiro de 2015, da cidade do Recife, exige que os projetos de edificações habitacionais multifamiliares com mais de quatro pavimentos e não-habitacionais, com mais de 400m² de área de cobertura, a implantação de telhado verde para a sua aprovação. Alguns telhados verdes que deram certo na cidade do Recife.

a) Empresarial Charles Darwin – Rio Ave. Foi o primeiro ecotelhado, da construtora. Localizado na cobertura do edifício-garagem e nas marquises do prédio, tem cerca de 2,5 mil m², sendo um dos maiores telhados verdes do Brasil, chegando a armazenar cerca de 75 mil litros de água, sequestrando 11 toneladas de CO² ao ano. O projeto é do paisagista Christoph Jung (Figura 7).

b) Fazer Crescer – EcoGreen. Com o objetivo de amenizar a vista da sala de computação que fica localizada em frente ao telhado, a guarita da Escola Fazer Crescer, de 12 m², recebeu uma estrutura verde sobre sua laje, ganhando um aspecto mais natural e aconchegante, além de diminuir as ilhas de calor e contribuindo para trabalhar a temática da sustentabilidade, em sala de aula (Figura 8).



Figura 7: Projeto do paisagista Christoph Jung.
Fonte: Kozmhinsky (2018).



Figura 8: Guarita da Escola Fazer Crescer.
Fonte: Kozmhinsky (2018).

c) Bar Central – Rai Plantas. Com uma área de 50m², o telhado recebeu suporte para grama, caixas de polietileno e vasos de cerâmica, onde são cultivados ervas e temperos, como sálvia, orégano, manjeriço, alho-poró e pimenta que são utilizados na cozinha do restaurante, além de limão, maracujá e laranja kikan. Além de contribuir com as questões ambientais, parte do que é produzido sai direto do telhado para a cozinha do restaurante (Figura 9).

d) A Comunidade dos Pequenos Profetas - CPP Projeto Clarion: É uma ONG sem fins lucrativos, atendendo à crianças e adolescentes em situação de extrema vulnerabilidade social e pessoal, há 30 anos, no centro do Recife. Em um casarão antigo, onde cerca de 400 m² de hortas orgânicas, montadas em estruturas ecológicas de madeira, contando com tecnologia japonesa e sistema de irrigação automático, estimulado por painéis de energia solar, vem atendendo a comunidades com baixo índice de desenvolvimento humano no Recife. No espaço funciona uma cozinha–apoio para aulas de gastronomia orgânica e alimentação saudável, uma sala eco educativa, onde ocorre exposições de vídeos e palestras com

temáticas socioambientais. Há o apoio técnico aos participantes, para produzir suas próprias hortas em casa (Figura 10).



Figura 9 Telhado verde do Bar Central.
Fonte: Kozmhinsky (2018).



Figura 10: ONG Comunidade Pequenos Profetas.
Fonte: ONG Comunidade Pequenos Profetas.

MATERIAIS E MÉTODOS

Área de estudo

O Fórum Paula Batista de Pernambuco localiza-se na Rua do Imperador, 207 – bairro de Santo Antônio, zona central e histórica da capital, às margens do Rio Capibaribe RPA 1, Microrregião 1.2, a 0,82 Km da praça Marco Zero, possuindo uma área territorial de 81 hectares. Limita-se diretamente com o bairro de São José, se conecta através das pontes, dentre elas a Ponte da Boa Vista, Ponte Santa Isabel e Ponte Maurício de Nassau (Figura 11).

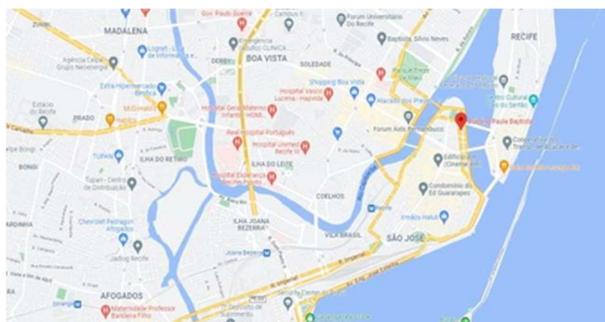


Figura 11: Localização do Fórum Paula Batista de Pernambuco. Fonte: Google Maps (2022).

O estudo do caso localiza-se no ecossistema urbano, bioma manguezal, tendo como ecossistemas adjacentes, alagadiços e aterros. A fauna dos manguezais é de extrema importância como fonte de alimentos à população humana. Peixes, moluscos e crustáceos, constituem excelentes fontes de proteína animal de alto valor nutricional. É no mangue que peixes, moluscos e crustáceos encontram as condições ideais para reprodução, berçário, criadouro e abrigo à várias espécies de fauna aquática e terrestre, de grande valor ecológico e econômico².

O Fórum Paula Batista, prédio anexo do Tribunal de Justiça, abriga área administrativa e jurídica com servidores e magistrados do Judiciário Estadual, proporcionando serviços administrativos e jurisdicionais eficientes à população do Estado.

² http://ecologia.ib.usp.br/portal/index.php?option=com_content&view=article&id=70&Itemid=409

O prédio do Fórum Paula Batista de Pernambuco tem nove pavimentos e aproximadamente 5.400 m² de área construída. No térreo, encontram-se recepção e administração do prédio. Do 1º ao 5º andar encontram-se departamentos administrativos, do 6º ao 8º andar alguns gabinetes de desembargadores e no 9º andar, onde fica a cobertura, encontram-se pequenos setores e um terraço panorâmico

Etapas Metodológicas

Para o presente estudo da elaboração do artigo, a metodologia foi realizada em duas etapas: revisão bibliográfica a respeito do tema e estudo de caso. A revisão bibliográfica realizada em livros, artigos científicos nacionais e internacionais a partir de 2017, dissertações de mestrado, teses, periódicos, legislação, pesquisa em sites na internet, manuais, relatórios e análise documental. A parte do estudo do caso deu-se com o levantamento e análise dos dados baseado na implementação da aplicação de um telhado verde.

O tipo de telhado verde escolhido foi o de cobertura extensiva, que necessita de pouca manutenção. Foi analisado o estado da arte concernente a telhados verdes, visando definir o melhor modelo a ser proposto para o caso em estudo: realização de estimativas quanto à economia potencial advinda na instalação de um telhado verde na cobertura do prédio foco desse estudo além da geração de normativas para que a instalação dos telhados verdes seja observada nas futuras construções do setor público.

Coleta de Dados

A pesquisa utilizou o método misto, que propõe as técnicas quantitativas e qualitativas para se chegar aos resultados esperados. Para a obtenção dos dados, utilizou-se o método racional, que estabelece uma relação entre a chuva e o escoamento superficial (deflúvio). O método racional é um método indireto que exposto por William Thomas Mulvany e empregado pela primeira vez nos Estados Unidos por Emil Kuichling em 1889 (TOMAZ, 2002).

O método Racional surgiu para contestar os métodos antigos que eram experimentais e, por conseguinte, não racionais. Os estudos de Kuichling (1889), demonstrou que a relação entre a vazão de precipitação e a vazão excedente era igual a área impermeabilizada da bacia quando toda a área está colaborando. Invocou esta razão (Q/I) de valor racional, denominação de Fórmula Racional.

Contudo, dois fatores importantes para a aceitação de um bom resultado do método são alcançados de maneira bastante experimental: tempo de concentração e o coeficiente de Runoff (Quadro 2).

Quadro 2: Coeficiente de Runoff.

EDIFICAÇÃO MUITO DENSA: Partes centrais, densamente construídas de uma cidade com ruas e calçadas pavimentadas.	0,70 a 0,95
EDIFICAÇÃO NÃO MUITO DENSA: Partes adjacentes ao centro, de menor densidade de habitações, mas com ruas e calçadas pavimentadas.	0,60 a 0,70
EDIFICAÇÃO COM POUCAS SUPERFÍCIES LIVRES: Partes residenciais com construções cerradas, ruas pavimentadas.	0,50 a 0,60
EDIFICAÇÃO COM MUITAS SUPERFÍCIES LIVRES: Partes residenciais com ruas macadamizadas ou pavimentadas, mas com muitas áreas verdes.	0,25 a 0,50
SUBÚRBIOS COM ALGUMA EDIFICAÇÃO: Partes de arrabaldes ou subúrbios com pequena densidade de construções.	0,10 a 0,25
MATAS, PARQUES E CAMPOS DE ESPORTES: Partes rurais, áreas verdes, superfícies arborizadas, parques ajardinados campos de esporte sem pavimentação.	0,05 a 0,20

Fonte: Wilken (1978).

O método é utilizado para o cálculo da vazão de pico de uma certa bacia, levando em consideração uma seção de estudo. Na Inglaterra, Lloyd-Davies utilizou método parecido em 1850, e frequentemente o método Racional é conhecido de Método de Lloyd-Davies (BLASS, 2017).

O tempo de concentração é também essencial no Método Racional que junto com o coeficiente de escoamento superficial, resulta também em dúvidas e inexatidões. De acordo com Tucci (2012), a intensidade de precipitação corresponde à altura de chuva precipitada por unidade de tempo. Esse valor é calculado a partir da equação IDF (intensidade-duração e frequência) proposto por Ramos e Azevedo (2010) da cidade do Recife, representada pela compilação de dados históricos dos anos de 1968 e 2007 da estação pluviométrica do Aeroporto dos Guararapes (Equação 1).

$$I = \frac{1.423,97 \cdot T^{0,1124}}{(t + 21)^{0,7721}} \quad \text{(Equação 1)}$$

Para o cálculo do tempo de escoamento superficial da chuva, é necessário se calcular a velocidade de escoamento superficial fornecida pela fórmula intermediária (Equação 2). Com o coeficiente superficial (k) e a declividade longitudinal do telhado convencional (S), calcula-se a velocidade de escoamento do telhado (V).

$$V = K \times S^{0,5} \quad \text{(Equação 2)}$$

V = velocidade (m/s) S = declividade (m/m)
K = coeficiente (constante para superfície urbana e rural)

O tempo de concentração (t) é demonstrado através de outra fórmula (Equação 3), onde tendo o comprimento do telhado (L) e a velocidade (V) calculada, consegue-se determinar o tempo de concentração (t) com a Equação 4, encontrando-se a intensidade de precipitação como a primeira das incógnitas da equação da vazão de pico (Q).

$$t = L / (60 \cdot V) \quad \text{(Equação 3)}$$

L = comprimento do telhado (m)

Por último, tem-se a (Equação 4) que indica a vazão de pico (Q), através da vazão inicial e final, resultado do produto do coeficiente de escoamento superficial de Runoff (C), intensidade da chuva (I) e a área do telhado (A) da cobertura do Fórum Paula Batista (Figura 15).

$$Q = C \cdot I \cdot A \quad \text{(Equação 4)}$$

Q = vazão máxima de pico (m³/s)
C = coeficiente de escoamento superficial de Runoff (adimensional) (Quadro 2)

I = intensidade da chuva (mm/h)

I = Q / A

A = Área da bacia (ha), onde: A < ou = 300ha

1ha = 10.000m²

q₁ = vazão do telhado atual

q₂ = vazão do telhado verde

A planta do Fórum Paula Batista apresenta uma área total da cobertura do prédio de 750 m² e de coberta de telhas convencionais: A1 = 52,20 m²; A2 = 51,30 m²; A3 = 41,86 m² e A4 = 95,19 m², totalizando 193,55 m². Além disso, as declividades das telhas para A1 e A2 = 9% e A3 e A4 = 18% e calhas 2% (Figura 12).

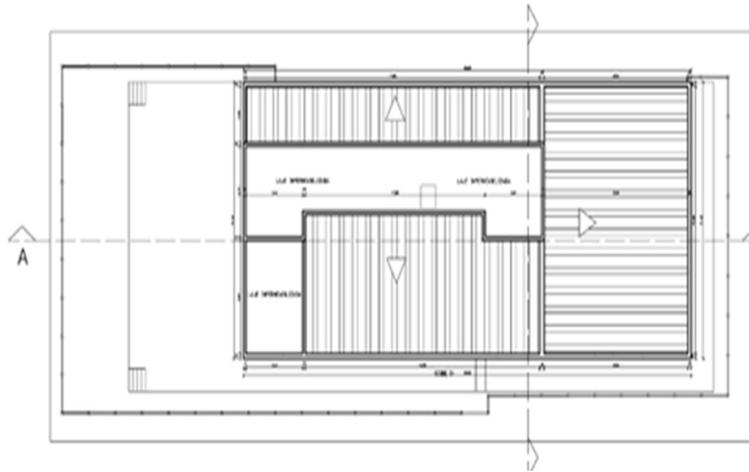


Figura 12: Planta Baixa do Fórum Paula Batista. Fonte: TJPE (2021).

A segunda fase, a chamada quantitativa, se apropriou dos dados dos cálculos obtidos de um telhado convencional e verde para o caso em estudo, os analisou e os comparou com os cálculos de um protótipo de um telhado verde, caso fosse construído, demonstrando através de gráficos a relação entre a vazão de ambos telhados para um melhor aproveitamento da captação hídrica da água da chuva.

RESULTADOS E DISCUSSÃO

Os dados empíricos coletados e calculados foram distribuídos em 04 (quatro) áreas (A1 a A4), através de fórmulas aplicadas pelo Método Racional, com intervalos de tempos entre 2 (dois) a 5 (cinco) anos. Os dados fornecidos foram a constante da superfície urbana e rural (K), dados do comprimento do telhado (L), declividade (S) do telhado e da calha de escoamento pluviométrico fornecidos pela planta do objeto de estudo. Com estes dados foram calculados a velocidade (V) da chuva na cobertura, a intensidade de precipitação (I) e o tempo de concentração (i). O coeficiente de Runoff foi fornecido, a intensidade (I) e as áreas (A), resultaram na vazão máxima (Q) para cada área calculada. Os valores totais de água escoada estimada foram lançados e analisados entre um telhado convencional e um telhado verde.

Os valores da vazão máxima da água escoada estimada coluna Q1 para cada período de retorno (T) e áreas (A1 a A4), foram aumentando ano a ano, o que demonstra que a vazão foi crescendo com o passar dos anos para o telhado comum (Tabela 1).

Com os valores da vazão máxima da água escoada estimada coluna Q1 para cada período de retorno (T) e áreas (A1 a A4), também foram aumentando anualmente, assim é demonstrado que a vazão foi crescendo também com o passar dos anos para o telhado verde, porém a valores menores, devido a retenção da água ser maior e a perda ser menor, a cobertura verde funciona com uma barreira no desperdício de água (Tabela 2). As fórmulas utilizadas nos cálculos deste artigo estão de acordo segundo Plínio (2022).

Tabela 1: Total da água escoada estimada (Q).

	TELHADO COMUM								
	T	K	L	t	C	I	A	Q	Q1
ESCOAMENTO	ANO	COEF.	M	MIN.	RUN	MM/H	HA	M3/S	L/S
A1/ABC	2	6,10	14,8	0,205	0,95	145,61	0,00522	0,002006	2,006000
A1/ABC	3	6,10	14,8	0,205	0,95	152,40	0,00522	0,002099	2,099000
A1/ABC	4	6,10	14,8	0,205	0,95	157,41	0,00522	0,002168	2,168000

A1/ABC	5	6,10	14,8	0,205	0,95	161,41	0,00522	0,002223	2,223000
A2/AB'C'	2	6,10	14,7	0,205	0,95	145,61	0,00513	0,001971	1,971000
A2/AB'C'	3	6,10	14,7	0,205	0,95	152,40	0,00513	0,002063	2,063000
A2/AB'C'	4	6,10	14,7	0,205	0,95	157,41	0,00513	0,002131	2,131000
A2/AB'C'	5	6,10	14,7	0,205	0,95	161,41	0,00513	0,002185	2,185000
A3/GHI	2	6,10	20,50	0,288	0,95	145,23	0,004186	0,001604	1,604000
A3/GHI	3	6,10	20,50	0,288	0,95	151,10	0,004186	0,001679	1,679000
A3/GHI	4	6,10	20,50	0,288	0,95	156,10	0,004186	0,001734	1,734000
A3/GHI	5	6,10	20,50	0,288	0,95	160,98	0,004186	0,001778	1,778000
A4/DEF	2	6,10	20,76	0,267	0,95	145,36	0,009519	0,003661	3,661000
A4/DEF	3	6,10	20,76	0,267	0,95	152,14	0,009519	0,003822	3,822000
A4/DEF	4	6,10	20,76	0,267	0,95	157,14	0,009519	0,003947	3,947000
A4/DEF	5	6,10	20,76	0,267	0,95	161,13	0,009519	0,004048	4,048000

Tabela 2: Total da água escoada estimada (Q).

	TELHADO VERDE								
	T	K	L	t	C	I	A	Q	Q1
ESCOAMENTO	ANO	COEF.	M	MIN.	RUN	MM/H	HA	M3/S	L/S
A1/ABC	2	2,13	14,8	0,246	0,85	145,4	0,00522	0,001792	1,792000
A1/ABC	3	2,13	14,8	0,246	0,85	152,17	0,00522	0,001876	1,876000
A1/ABC	4	2,13	14,8	0,246	0,85	157,2	0,00522	0,001937	1,937000
A1/ABC	5	2,13	14,8	0,246	0,85	161,2	0,00522	0,001986	1,986000
A2/AB'C'	2	2,13	14,7	0,246	0,85	145,4	0,00513	0,001774	1,774000
A2/AB'C'	3	2,13	14,7	0,246	0,85	152,17	0,00513	0,001843	1,843000
A2/AB'C'	4	2,13	14,7	0,246	0,85	157,2	0,00513	0,001904	1,904000
A2/AB'C'	5	2,13	14,7	0,246	0,85	161,2	0,00513	0,001952	1,952000
A3/GHI	2	2,13	20,50	0,779	0,85	142,64	0,004186	0,001410	1,410000
A3/GHI	3	2,13	20,50	0,779	0,85	149,29	0,004186	0,001476	1,476000
A3/GHI	4	2,13	20,50	0,779	0,85	154,20	0,004186	0,001524	1,524000
A3/GHI	5	2,13	20,50	0,779	0,85	158,1	0,004186	0,001563	1,563000
A4/DEF	2	2,13	20,76	0,281	0,85	145,20	0,009519	0,002921	2,921000
A4/DEF	3	2,13	20,76	0,281	0,85	152	0,009519	0,003057	3,057000
A4/DEF	4	2,13	20,76	0,281	0,85	156,97	0,009519	0,003157	3,157000
A4/DEF	5	2,13	20,76	0,281	0,85	161	0,009519	0,003238	3,238000

Os dados apresentados das áreas com e sem cobertura verde representam as médias de tratamentos seguidas de mesma letra maiúscula na linha e minúscula na coluna não diferem entre si pelo teste Tukey a 5% de probabilidade, segundo Kozmhinsky (2018) (Quadro 3).

Quadro 3: Vazões de áreas do telhado Fórum Paula Batista.

Áreas do telhado	Sem cobertura verde	Com cobertura verde
	Vazão (l/s)	
Área A1	2,12 Ab	1,90 Bb
Área A2	2,08 Ab	1,86 Bb
Área A3	1,69 Ac	1,49 Bc
Área A4	3,87 Aa	3,09 Ba

As Figuras 13 e 14, representam a relação do período de retorno (x) do total de água escoada para um telhado com e sem cobertura verde e a vazão (y) por eles apresentados para áreas de valores semelhantes e coeficientes (R^2) próximos a 1 de confiabilidade estatístico dos dados, que praticamente não diferem na representação.

A Figura 14, comporta-se de forma semelhantes as Figuras 12 e 13, porém com um distanciamento entre o total da água escoada maiores dos telhados com e sem cobertura verde em virtude da área ser diferente e coeficiente (R^2) próximo a 1 de confiabilidade dos dados, o que demonstra uma vazão (Q) constante. Já a Figura 15, representa a vazão (Q) da água escoada para o telhado sem cobertura verde

constante e com cobertura verde em formato de parábola crescente em virtude da área e coeficiente (R2) próximo a 1, o que também demonstra a confiabilidade dos dados.

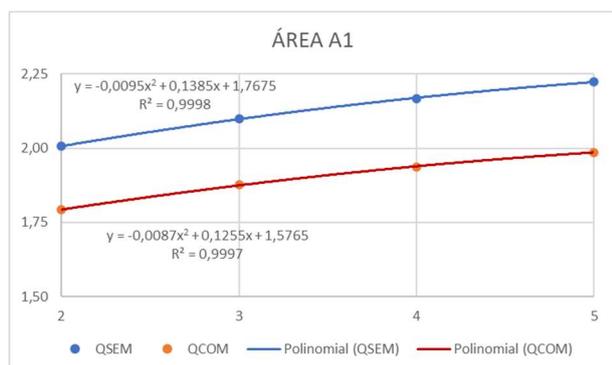


Figura 13: Representação da vazão máxima de pico A1.

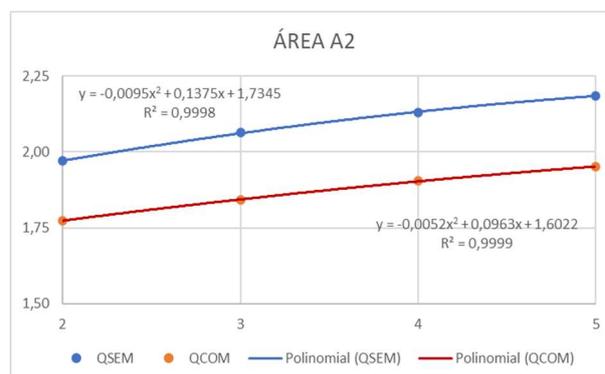


Figura 14: Representação da vazão máxima de pico A2.

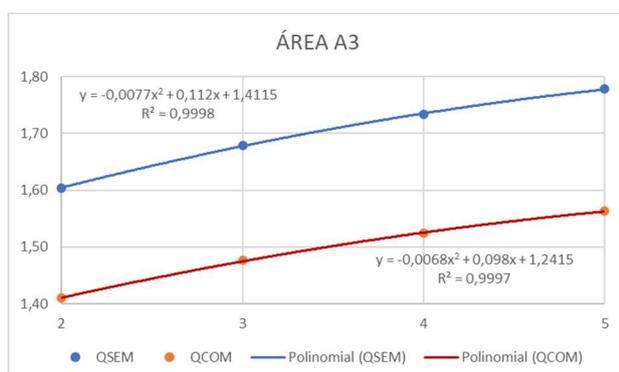


Figura 14: Representação da vazão máxima de pico A3.

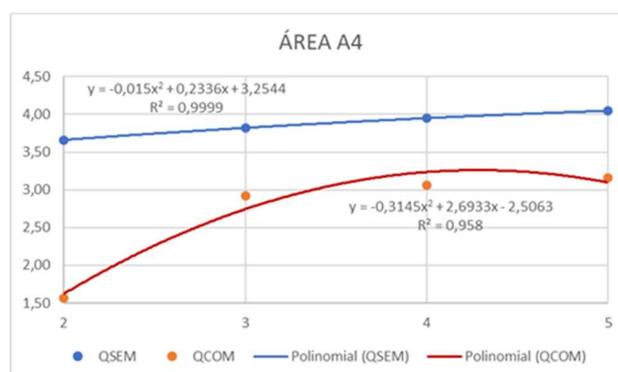


Figura 15: Representação da vazão máxima de pico A4.

O telhado com cobertura vegetal em comparação com o telhado sem cobertura vegetal, ficou comprovado que a vazão máxima de pico (Q1), ficou menor conforme demonstra os resultados dos Quadros 2 e 3.

Observou-se que a retenção de água no telhado com cobertura verde é maior que no telhado sem cobertura vegetal, havendo assim um menor desperdício de água pluvial e sua futura reutilização, funcionando como uma das técnicas compensatórias de drenagem. Esta técnica demonstra que os telhados verdes funcionam como redutores de escoamento durante os períodos chuvosos em áreas urbanas, diminuindo as enchentes ocasionadas pelo grande volume de água. Segundo Gonçalves (2018), Tassi et al. (2014) e Araújo et al. (2014), além de estudos realizados no âmbito internacional (METSELAAR, 2012; STOVIN et al., 2012) comprovam que a redução da vazão de pico de águas pluviais no Brasil, indicam que os telhados verdes podem reduzir o escoamento na ordem de 40% a 89%.

Custo da Construção do Telhado Verde

O custo da instalação de um telhado verde na cobertura do Fórum Paula batista é demonstrado pelo orçamento fornecido pela empresa Vertical Garden (2021). O orçamento fornecido foi calculado em cima da área total da cobertura e não apenas da área com telhas que seria mais em conta, uma vez que se considerarmos apenas a área com telhas comum sem considerar a área destelhada. Se considerarmos apenas a área com telhas comuns o orçamento para a construção do telhado verde teria um custo menor para uma

área 240,55 m², sendo item A R\$ 108.247,50, item B R\$ 17.817,50, frete R\$ 5.701,60 e mão-de-obra R\$ 32.285,31, totalizando R\$ 164.051,91, resultando uma economia R\$ 251.748,09.

Limitações do Método Racional

As limitações de aplicação do método racional são muitas, segundo Meneses Filho et al. (2020), mas se aplica ao estudo, quando se trata de método racional empírico para o caso abordado.

O método não leva em consideração que as condições de permeabilidade do terreno; a umidade antecedente no solo; o efeito da intensidade da chuva no coeficiente C; um tempo para as perdas iniciais; tendo em vista o grande número de variáveis que influem no volume escoado, tais como infiltração, armazenamento, evaporação, detenção etc., tornando-se necessária, uma adoção empírica do valor adequado (fatores resumidos numa única constante); não considera também o retardamento natural do escoamento cujo fenômeno acarreta alteração do pico de cheia, sendo essa a principal razão da limitação do método para bacias maiores; também não considera que as chuvas mais curtas eventualmente podem dar maior pico; outra consideração que provoca restrições é o fato de considerar constante a intensidade de chuva de projeto tanto no tempo como no espaço, ou seja, admite uma precipitação uniforme em toda a área de contribuição e não considera a forma da bacia, apenas a área total. A partir do eco arquitetura que é uma maneira de conceber o projeto arquitetônico de forma sustentável, o telhado verde se empenha na concordância entre os meios ambiente, social e econômico.

O objetivo foi analisar a viabilidade da construção de um telhado verde extensivo, através do método racional, de forma empírica. Diante dos resultados obtidos, a construção de um telhado verde, além de agregar valores e status à construção, oferece novas funções ambientais e urbanas. A importância da escolha correta do tipo de telhado, vegetação e impermeabilização bem-feita por profissionais capacitados, reflete o bom desempenho e retorno do custo benefício.

As vantagens do telhado verde são redução da água pluviais, diminuindo as enchentes; redução das ilhas de calor e temperaturas urbanas; retenção da poluição sonora; eliminação das partículas suspensas no ar; geração de ambientes verdes agradáveis; novas áreas para o cultivo de alimentos orgânicos; reciclagem dos gases tóxicos do ar por meio da fotossíntese; umidificação; proteção da avifauna nativa e o controle de pragas urbanas; viabilidade de reutilização da água da chuva; aumento da duração da impermeabilização térmica da cobertura; economia de energia; aumento das áreas com vegetação nativa; criação de áreas de vegetação adaptáveis a edificações já existentes e sobretudo auxiliando o aumento da biodiversidade (PHOOMIRAT et al., 2020).

Destaca-se ainda que a importância do telhado verde é a formação de subsídios necessários à qualidade ambiental e de vida, sendo utilizado na construção civil como forma comprometida com a consciência ambiental e social.

Concernente às desvantagens do telhado verde são o alto investimento, a exigência de mão-de-obra especializada, os ajustes ou reformas da edificação do local a ser implantado o telhado verde, a manutenção periódica e a constante observação da estrutura do imóvel (GEHARD et al., 2018).

Os principais resultados provaram que os cálculos tanto os telhados com e sem cobertura verde, tiveram perdas de água escoada. Porém, observou-se que a cobertura verde teve uma retenção maior, conseqüentemente um menor desperdício da água drenada para galerias em relação a cobertura convencional. Ainda assim, os gráficos demonstraram que os valores obtidos estavam corretos com vazões crescentes em relação aos períodos de retorno. Com isso, o objetivo geral que era estudar uma estimativa da eficiência de um telhado verde baseado em método empírico para o prédio do Fórum Paula Batista foi atingido através do melhor modelo proposto, a realização de estimativas quanto à economia potencial e geração de normativas para que a instalação dos telhados verdes seja observada nas futuras construções dos prédios do setor público.

CONCLUSÕES

Com os dados empíricos dos cálculos através do método racional e os gráficos da precipitação, observou-se que a eficiência do telhado verde em comparação com o telhado convencional é satisfatória, uma vez que a retenção de água proporciona diversas vantagens para a edificação como um todo desde a evapotranspiração, armazenamento e redução da água da chuva direcionada à galeria de águas pluviais.

As vantagens de se utilizar o telhado verde nas edificações, como forma de garantir a busca da sustentabilidade seja na economia de água, energia, redução do microclima e tantos outros benefícios que o telhado verde proporciona ao meio ambiente, como também ao desenvolvimento humano, incentiva pesquisas, educação ambiental e conscientização para diretrizes que adotem políticas públicas, para este modelo de telhado.

Com isso, a técnica demonstra e prova que os telhados verdes funcionam como redutores de escoamento durante os períodos chuvosos em áreas urbanas, diminuindo assim as enchentes ocasionadas pelo grande volume de água, funcionando como uma das técnicas compensatórias de drenagem.

REFERÊNCIAS

ALBUQUERQUE, M. M. N.. **Telhados verdes na cidade do Recife**: sua aplicabilidade pós-Lei nº 18.112/2015. Dissertação (Mestrado em Administração) - Centro Universitário dos Guararapes, Recife, 2019.

ARAÚJO, A. P. C. S.; SQUIZZATO, R.; COSTANZI, R.; BALDIN, M.; PUZZI, L. C.. Balanço hídrico de sistema modular para telhado verde. **Enciclopédia biosfera, Centro Científico Conhecer**, Goiânia, v.10, n.18, p.637-644, 2014.

AZEVEDO, A. C.; FERREIRA, G. G.; TORRES, I. B. S.; SILVA, M. E. A.; DUARTE, C. C.. Ilhas de Calor e Ilhas de Frescor: Uma abordagem direcionada para a sala de aula. **Revista Diálogos**, v.1, n.17, p.213, 2017.

BALDESSAR, S. M. N.. **Telhado Verde e sua Contribuição na Redução da Vazão da Água Pluvial Escoada**. Dissertação (Mestrado em Engenharia Civil) - Universidade Federal do Paraná, Recife, 2012.

BLASS, A. P.. Dossiê Tecnologia. **Revista Caminhos 'Tecnologia'**, v.8, n.27, p.112-126, 2017.

BRASIL. Câmara dos Deputados. **Projeto de Lei n. 1.703 de 2011**. Dispõe sobre a instalação do denominado 'telhado verde' e dá outras providências. Brasília: DOU, 2011.

COSTA, A. C. L.; ARANHA, K.C. R.; SILVA, M. C. B. C.. Os Telhados Verdes nas Políticas Ambientais como Medida Indutora para a Sustentabilidade. **Desenvolv. Meio Ambiente**, v.35, p.397-409, 2015.

GALLARDO, P. N.; ROGÉRIO, A.; NEVES, G. Z. F.; VECCHIA, F. A.; RORIZ, V. F.. Thermal response to cold in buildings with green covers for tropical climate. Green facades and green roofs. **Revista Ingeniería de Construcción**, v.33, n.1, p.15-28, 2018. DOI: <http://dx.doi.org/10.4067/S0718-50732018000100015>

GEHARD, G.; BERGMANN, A.. **O estudo de viabilidade de implantação de telhado verde, abordando diferentes estilos construtivos do telhado verde**. UNIPAR, 2018.

GONÇALVES, E. D.. **Hidrologia e custos de Telhados Verdes**

Extensivos. Dissertação (Mestrado em Engenharia Civil) - Universidade Federal do Pará, Belém, 2018.

HASHEMI, S. S. G.; MAHMUD, H. B.; ASHRAF, M. A.. Performance of green roofs with respect to water quality and reduction of energy consumption in tropics: a review. **Renewable and Sustainable Energy Reviews**, v.52, p.669-679, 2015. DOI: <http://dx.doi.org/10.1016/j.rser.2015.07.163>

HENEINE, M. C. A. S.. **Cobertura Verde.** Monografia (Especialização em Tecnologia e produtividade das construções) - Universidade Federal de Minas Gerais, Belo Horizonte, 2008.

HERZOG, C. P.; ROSA, L. Z.. Infraestrutura verde: sustentabilidade e resiliência para a paisagem urbana. **Revista Labverde**, n.1, p.92-115, 2010.

IDHEA. Instituto para o Desenvolvimento da Habitação Ecológica. **Telhado Verde IDHEA.** São Paulo: IDHEA, 2010.

KOROXENIDIS, E.; THEODOSIOU, T.. Comparative environmental and economic evaluation of green roofs under Mediterranean climate conditions – Extensive green roofs a potentially preferable solution. **Journal of Cleaner Production**, v.311, 2021.

KOZMHINSKY, M.. **Avaliação de fatores Climatológicos no Telhado Verde de Edificação no Bairro do Recife.** Dissertação (Mestrado em Engenharia Ambiental) - Universidade Federal Rural de Pernambuco, Recife, 2018.

KOZMHINSKY, M.; PINHEIRO, S.; EL-DEIR, S. G.. **Telhados Verdes:** uma iniciativa sustentável. Recife: EDUFPE, 2016.

KREBS, L. F.; JOHANSSON, E.. Influence of microclimate on the effect of green roofs in Southern Brazil: A study coupling outdoor and indoor thermal simulations. **Energy & Buildings**, v.241, 2021.

KUICHLING, E.. The relation between the rainfall and the discharge of sewers in populous districts. **Transactions ASCE**, v.20, p.1-56, 1889.

LINS, E. A. M.; BRITO, A. I. B. S.; TERRA, G. F. S.; PAIVA, S. C.; BATISTA, R. H. S.. Análise da Intensidade de Ilhas de Calor na Cidade do Recife/PE. In: CONGRESSO SUL-AMERICANO DE RESÍDUOS SÓLIDOS E SUSTENTABILIDADE, 2. **Anais.** Foz do Iguaçu, 2019.

MACCAFERRI. **'Grupo Maccaferri'.** Serviços de Engenharia, 2010.

MENDES, S.; ASSIS, B. R.; TARQUINIO, F. A.. Construções Sustentáveis e Ecológicas na Construção civil: a importância do telhado verde na construção civil. **Revista Pensar Engenharia**, v.5, n.2, 2017.

MENESES FILHO, A. S.; TEIXEIRA, L. F. C.; LOPES, G. S.. Dimensionamento de Reservatório de Detenção partindo da Relação IDF regente no Município de Fortaleza (CE). **Revista Internacional de Ciências**, v.10, n.03, p.13-31, 2020.

METSelaar, K.. Water retention and evapotranspiration of green roofs and possible natural vegetation types. **Resources, conservation and recycling**, v.64, p.49-55, 2012.

MINKE, G.. **Techos verdes:** planificación, ejecución, consejos prácticos. Uruguay: Fin de Siglo, 2004.

MORGADO, J. M.. **Coberturas Verdes:** expectativas e experiências brasileiras. São Paulo, 2010.

PENDIUK, F.; MOISES, I. C.; PEREIRA, M. P.. Telhado Verde: a evolução da tecnologia e suas funcionalidades. **Gest. Tecnol. Innov.**, v.01, n.3, 2017.

PEREIRA, D. A. A.. **Estudo do desempenho térmico de coberturas verdes:** caso de estudo. Dissertação (Mestrado em Engenharia Civil) - Universidade Trás-os-Montes e Alto Douro, Vila Real, 2017.

PHOOMIRAT, R.; DISYATAT, N. R.; PARK, T. Y.; LEE, D. K.; DUMRONGROJWATTHANA, P.. Rapidassessment checklist for green roof ecosystem services in Bangkok. **Thailand, Asian J. Civ. Eng.**, v.21, p.915-923, 2020.

RODRIGUES, B.; SOUZA, E. L.; SILVA, M. C.; FÁBREGA, F. M.; NABÃO, F.; FREITAS, K. C.; GOMES, G. Q.. Telhado Verde: Desenvolvimento de um Protótipo Utilizando a Aprendizagem Baseada em Projetos. **Revista Educação em Foco**, Indaiatuba, n.12, 2020.

SALM, V. M.. Telhados verdes como estratégia para um meio ambiente inteligente: propostas para viabilizar a implementação dos telhados verdes na cidade de balneário Camboriú. In: CONGRESSO BRASILEIRO DE GESTÃO AMBIENTAL E SUSTENTABILIDADE, 5. **Anais Congestas**, 2017. p.1510- 1518.

SETTA, B. R. S.. Telhados verdes como políticas públicas ambientais para o município de Volta Redonda- RJ. **Revista Labverde**, v.8, n.1, p.13-35, 2017.

STOVIN, V.; VESUVIANO, G.; KASMIN, H.. The hydrological performance of a green roof test bed under UK climatic conditions. **Journal of Hydrology**, v.414, p.148-161, 2012.

TASSI, R.; TASSINARI, L. C. S.; PICCILLI, D. G. A.; PERSCH, C. G.. Telhado verde: uma alternativa sustentável para a gestão das águas pluviais. **Ambiente Construído**, Porto Alegre, v.14, n.1, p.139-154, 2014. DOI: <http://doi.org/10.1590/S1678-86212014000100012>

TEIXEIRA, C. A.; BUDEL, M. A.; CARVALHO, K. Q.; BEZERRA, S. M. C.; GHISI, E.. Estudo comparativo da qualidade da água da chuva coletada em telhado com telhas de concreto e em telhado verde para usos não potáveis. **Ambiente Construído**, v.17, n.2, p.135-155, 2017. DOI: <http://dx.doi.org/10.1590/s1678-86212017000200150>

TOMAZ, P.. **Cálculos hidrológicos e hidráulicos para obras municipais.** São Paulo, 2002.

VIEIRA, T. B.. **Soluções em cobertura/telhado verde.** Rio de Janeiro: Universidade Candido Mendes; Avm, 2018.

WILKEN, P. S.. **Engenharia de drenagem superficial.** São Paulo: CETESB, 1978.

YANG, H. S.; KANG, J.; CHOI, M. S.. Acoustic effects of green roof systems on a low-profiled structure at street level. **Building and Environment**, v.50, p.44-55, 2012.

Os autores detêm os direitos autorais de sua obra publicada. A CBPC – Companhia Brasileira de Produção Científica (CNPJ: 11.221.422/0001-03) detêm os direitos materiais dos trabalhos publicados (obras, artigos etc.). Os direitos referem-se à publicação do trabalho em qualquer parte do mundo, incluindo os direitos às renovações, expansões e disseminações da contribuição, bem como outros direitos subsidiários. Todos os trabalhos publicados eletronicamente poderão posteriormente ser publicados em coletâneas impressas ou digitais sob coordenação da Companhia Brasileira de Produção Científica e seus parceiros autorizados. Os (as) autores (as) preservam os direitos autorais, mas não têm permissão para a publicação da contribuição em outro meio, impresso ou digital, em português ou em tradução.

Todas as obras (artigos) publicadas serão tokenizadas, ou seja, terão um NFT equivalente armazenado e comercializado livremente na rede OpenSea (https://opensea.io/HUB_CBPC), onde a CBPC irá operacionalizar a transferência dos direitos materiais das publicações para os próprios autores ou quaisquer interessados em adquiri-los e fazer o uso que lhe for de interesse.



Os direitos comerciais deste artigo podem ser adquiridos pelos autores ou quaisquer interessados através da aquisição, para posterior comercialização ou guarda, do NFT (Non-Fungible Token) equivalente através do seguinte link na OpenSea (Ethereum).

The commercial rights of this article can be acquired by the authors or any interested parties through the acquisition, for later commercialization or storage, of the equivalent NFT (Non-Fungible Token) through the following link on OpenSea (Ethereum).



<https://opensea.io/assets/ethereum/0x495f947276749ce646f68ac8c248420045cb7b5e/44951876800440915849902480545070078646674086961356520679561157949538848210945/>