

A NECESSIDADE E OS DESAFIOS DA APROPRIAÇÃO DAS TECNOLOGIAS VERDES PELA COMUNIDADE DE BAIXA RENDA – o caso dos telhados verdes ecológicos.

THE NEED AND CHALLENGES OF THE APPROPRIATION OF GREEN TECHNOLOGIES BY THE LOW-INCOME COMMUNITY - the case of ecological green roofs

Sylvana Melo dos Santos ¹

Ranny Scarlet Tavares Marcolino da Rocha ²

Haylla Rebeka de Albuquerque Lins Leonardo³

Anderson Luiz Ribeiro de Paiva ⁴

Resumo:

Cada vez mais, a sociedade vem transformando espaços naturais em artificiais para atendimento às demandas de bem-estar, trabalho e moradia, e há diminuição da biodiversidade e dos benefícios de se estar cercado de áreas verdes. Em algumas localidades, os impactos da urbanização podem comprometer ainda mais a qualidade de vida da população. Como a região Semiárida brasileira, onde, naturalmente, já existe a necessidade da convivência com a escassez hídrica e as altas temperaturas. Para reduzir os impactos ambientais, as tecnologias verdes são alternativas promissoras para minimização do escoamento superficial em eventos pluviométricos extremos e para regulação térmica de ambientes externos e internos às edificações. Por outro lado, o uso de tecnologias verdes, na maioria das vezes, confere um acréscimo ao custo do projeto original, tornando a técnica inacessível às pessoas em situação financeira pouco privilegiada. Logo, uma reflexão sobre essa lacuna técnico-social é necessária. Apresenta-se, neste trabalho, através da revisão da literatura de tecnologias cientificamente

¹ E-mail: sylvana.ufpe@gmail.com

² Graduada no curso de Bacharelado de Engenharia Civil, no Centro Universitário Cesmac - Maceió (AL). Mestre do Programa de Pós-Graduação em Engenharia Civil e Ambiental (PPGECAM), da UFPE. Graduanda no curso de Licenciatura em Matemática, no Instituto Federal de Pernambuco (IFPE). Realizando especialização de Tutoria em educação a distância e docência no ensino superior, na Faculdade Venda Nova do Imigrante (FAVENI). Experiência na área de Engenharia Civil. E-mail: rstmrocha@gmail.com

³ Doutoranda em Engenharia Civil com ênfase em Recursos Hídricos pela Universidade Federal de Pernambuco (UFPE). Mestre em Engenharia Civil com ênfase em Recursos Hídricos pela Universidade Federal de Pernambuco (UFPE). Graduada em Engenharia Civil pela Universidade Federal de Pernambuco (UFPE). Formação de Técnica em Edificações pelo Instituto Federal de Educação, Ciência e Tecnologia de Pernambuco (IFPE). Pesquisadora do Grupo de Recursos Hídricos (GRH/UFPE). E-mail: haylla.rebeka@ufpe.br

⁴ Possui graduação em Engenharia Civil pela Universidade Federal de Pernambuco (2002), mestrado em Engenharia Civil pela Universidade Federal de Pernambuco (2004) e doutorado em Engenharia Civil pela Universidade Federal de Pernambuco (2009). Atualmente é membro permanente da Universidade Federal de Pernambuco, coordenador do curso de graduação da Universidade Federal de Pernambuco, membro permanente da Universidade Federal de Pernambuco, membro associado da Associação Águas do Nordeste e professor associado da Universidade Federal de Pernambuco. Tem experiência na área de Engenharia Sanitária, com ênfase em Recursos Hídricos, atuando principalmente nos seguintes temas: filtração em margem, qualidade de água, drenagem urbana, interação rio-aquífero e zona hiporréica. E-mail: anderson.paiva@ufpe.br

investigadas, subsídios para popularização das tecnologias verdes. Os principais temas abordados incluem as áreas verdes urbanas, o uso de materiais recicláveis em telhados verdes ecológicos, os benefícios do uso de telhados verdes em áreas urbanas, e, por fim, os desafios para a popularização desta tecnologia. Ao final, com esse levantamento de estudos, mostrou-se a sustentabilidade da tecnologia e que a concreta apropriação das tecnologias verdes por todas as camadas sociais é possível.

Palavras-chave: Centros urbanos; Elevadas temperaturas; Tecnologias verdes.

Abstract:

Increasingly, society is transforming natural spaces into artificial ones to meet the demands of well-being, work and housing, and there is a decrease in biodiversity and the benefits of being surrounded by green areas. In some locations, the impacts of urbanization can further compromise the population's quality of life. Like the Brazilian semi-arid region, where, naturally, there is already a need to live with water scarcity and high temperatures. To reduce environmental impacts, green technologies are promising alternatives for minimizing surface runoff in extreme rainfall events and for thermal regulation of external and internal environments of buildings. On the other hand, the use of green technologies, in most cases, adds an increase to the cost of the original project, making the technique inaccessible to people in less privileged financial situations. Therefore, a reflection on this technical-social gap is necessary. This work presents, through a literature review of scientifically investigated technologies, subsidies for the popularization of green technologies. The main topics covered include urban green areas, the use of recyclable materials in ecological green roofs, the benefits of using green roofs in urban areas, and, finally, the challenges for popularizing this technology. In the end, with this survey of studies, the sustainability of the technology was shown and that the concrete appropriation of green technologies by all social layers is possible.

Keywords: Urban centres; High temperatures; Green technologies.

1. Introdução

Ao longo dos anos, as questões relacionadas aos problemas ambientais ganharam mais evidência em razão da degradação ambiental e da destruição dos recursos naturais, principalmente àquelas provocadas pela ação do homem (DIAS; MARQUES, 2011). Por outro lado, conforme Arrais et al. (2014), o meio ambiente equilibrado é uma recomendação feita pela Constituição Federal Brasileira, defendendo as áreas verdes urbanas como um mecanismo fundamental à qualidade de vida socioambiental. Os autores destacam que é necessário “planejar adequadamente a preservação direcionada à sustentabilidade das áreas verdes, dada a interdependência delas para o bom desenvolvimento dos seres vivos”. Além disso, o aumento e a concentração de atividades antrópicas referentes aos setores da agropecuária, de energia, do tratamento

de resíduos e do uso da terra surgem como as principais causas do processo de intensificação do efeito estufa e do subsequente aquecimento global, sendo este um dos principais problemas ambientais do século (IMAFLOA, 2015). Esse cenário contribui para a maximização de impactos ambientais como o agravamento das ilhas de calor e conseqüentemente problemas na relação com o meio ambiente (SANTOS et al., 2017). Esse tema ganha ainda mais importância, ao se olhar para áreas de clima semiárido, onde se intensifica as principais características do contexto de semiaridez, conhecidas pelas altas temperaturas, pelas precipitações escassas e pela hidrografia pobre, que associados a outros fatores como as condições de clima e solo são contribuintes para o desprovimento de recursos sociais e econômicos na região (ARAÚJO, 2011). Cidades localizadas em climas quentes, como o que é observado no Semiárido brasileiro, requerem o emprego de uma tecnologia economicamente exequível e própria à problemática da realidade local, a qual a partir de dados do seu ciclo climatológico é reconhecida por sua elevada temperatura e acentuada escassez hídrica (SANTOS et al., 2009). Nesse contexto, qualquer tentativa de resgate de cobertura vegetal é válida, uma vez que, conforme preconizado por Feitosa e Wilkison (2018), preservar áreas vegetadas reduz a intensidade dos efeitos adversos do aquecimento global. Porém, a disponibilidade desse tipo de área no meio urbano é cada vez mais escassa. De acordo com os autores, superfícies que não detêm de vegetação possuem maior incidência da radiação solar e por conseguinte em sua absorção, aumentam significativamente a temperatura do seu entorno, sucedendo um acentuado desconforto térmico. A introdução de telhados verdes surge como uma proposta importante para auxiliar na minimização das conseqüências do desconforto térmico, compreendendo a aplicação de uma cobertura vegetal sobre telhados ou lajes convencionais, aos quais apresentam consideráveis benefícios (FRANÇA, 2012).

A popularização de métodos construtivos ecológicos como recurso para a construção de ambientes sustentáveis pode reduzir consideravelmente os já conhecidos impactos ambientais. Sobre isso, Barth et al. (2017) destacam o uso de materiais recicláveis, implantação de aparatos de reaproveitamento ou de reflexão de raios solares. Os materiais recicláveis comumente descartados pela sociedade têm sua aplicabilidade ainda mais benéfica e satisfatória. Nesse contexto, destaca-se a garrafa de Politerefitalato de Etileno (PET) que, devido ao descarte impróprio associado ao grande tempo de decomposição, traz conseqüências negativas consideráveis ao meio ambiente. De acordo com as diretrizes aplicáveis da Política Nacional de Resíduos Sólidos (BRASIL, 2010), a reutilização fica atrás apenas da não geração e da redução dos resíduos no que se diz respeito à gestão e ao gerenciamento desses materiais, sendo importante no grau de ações que devem ser adotadas para as conformidades da referida Lei. O objetivo deste artigo é apresentar o telhado verde ecológico, utilizando resíduos sólidos, como uma alternativa para apropriação dos benefícios da tecnologia pela população de baixa renda, ao mesmo tempo que a inserção de resíduos sólidos urbanos pode minimizar os respectivos impactos ambientais.

2. Procedimentos Metodológicos

Sobre a metodologia aplicada, foi realizada uma leitura aprofundada e intensa de textos visando trazer contribuições sobre o tema, buscando-se a identificação da relação existente entre as pesquisas. De forma geral, buscou-se dar uma visão descritiva geral da tecnologia dos telhados verdes, com enfoque no uso de materiais descartáveis. Foi realizado o mapeamento da literatura para identificar pesquisas, bem como a produção científica disponível nas bases de periódicos. A pesquisa considerou, portanto, quatro etapas: definição dos termos de busca, pesquisa nas bases de dados, coleta e avaliação dos artigos e interpretação dos resultados. Com os artigos levantados, foi possível consolidar as informações para ajuste de quadro comparativo, ficando evidente o caráter evolutivo do tema.

Além de artigos científicos, considerando a especificidade do tema, documentos normativos, a exemplo da Política Nacional de Resíduos Sólidos (BRASIL, 2010), e informações técnicas, como o disponibilizado pela Abrelpe (2019) e pela ABIPET (2019), também foram pesquisados.

3. Áreas Verdes Urbanas

De acordo com Amorim (2001), a presença de áreas verdes nos espaços urbanos pode contribuir com a preservação dos recursos hídricos e da biodiversidade, estabilidade ecológica, minimização da poluição atmosférica, melhoria das condições microclimáticas e o bem-estar das pessoas, sendo que o contrário pode acarretar problemas ambientais e desconforto para a população humana. Para Lodoba e Angelis (2005), faz-se necessário um planejamento do meio físico urbano de forma a estender a preocupação para além dos aspectos econômicos, considerando o equilíbrio ambiental e bem-estar social. Os autores destacam que um ponto crucial é a presença de uma relação desigual, onde as questões econômicas se sobrepõem sobre as questões ambientais, e aquilo que é de interesse de toda a comunidade fica relegado a segundo plano ou mesmo é desconsiderado. Nesse contexto, se insere o que está preconizado na Constituição Federal, no caput do artigo 225, em que “todos têm direito ao meio ambiente ecologicamente equilibrado, bem de uso comum do povo e essencial à sadia qualidade de vida”. De acordo com Arrais et al. (2014), nos espaços urbanos, onde a natureza se encontra quase que completamente alterada, as áreas verdes representam um importante recurso para o aumento da qualidade ambiental e qualidade de vida da população que reside neste espaço.

No cenário brasileiro, estudos desenvolvidos por Tucci (2002) destacaram que o crescimento da população urbana tem sido acelerado nas últimas décadas, resultando no surgimento de grandes metrópoles na capital de cada Estado brasileiro. Observou-se que cidades acima de 1 milhão de habitantes crescem à taxa média de 0,9 % anual, enquanto os núcleos regionais como cidades entre 100 e 500 mil habitantes, crescem à taxa de 4,8%. Portanto, todos os processos inadequados de urbanização e respectivo impacto ambiental, que foram observados nas Regiões Metropolitanas (RM), estão se reproduzindo nessas cidades de médio porte. Tais afirmações corroboram com Alencar (2016), sobre o processo de produção e ocupação do espaço urbano, comumente realizado de forma acelerada e sem um adequado planejamento. De acordo com o autor, dessa forma, tem-se contribuído para a supressão dos sistemas ambientais nessas áreas, que já apresentam alto grau de fragilidade pelo nível de degradação que vêm sofrendo ao longo do tempo.

4. Utilização de materiais recicláveis no arranjo de telhados verdes ecológicos

Segundo a Política Nacional de Resíduos Sólidos (BRASIL, 2010), os Resíduos Sólidos Urbanos (RSU) correspondem aos resíduos domiciliares e de limpeza urbana (varrição, limpeza de logradouros e vias públicas e outros serviços de limpeza urbana). De acordo com Abrelpe (2019), a coleta de RSU no Brasil em 2018 foi de 72,7 milhões de toneladas, o que corresponde a 92% da cobertura da coleta dos resíduos para todo o país. Ainda assim, os resíduos provindos das atividades humanas compreendem uma grande variedade de temas interligados tais como a questão da logística reversa, da coleta seletiva e da atuação dos catadores de materiais reutilizáveis e recicláveis (aqueles que após seu descarte e tratamento podem ser reaproveitados e transformados em um novo produto ou até mesmo serem reutilizados).

Diversos materiais que comumente são descartados como lixo podem ser reciclados e ajudar na preservação ambiental. Os principais materiais conhecidos, de acordo com Souza, Fontes e Salomão (2014), são: papel, vidro, plástico e metal. No cenário exposto, um material de grande impacto na geração dos RSU é o Politerefitalato de Etileno (PET), que é um poliéster, polímero termoplástico, usado para fabricação de garrafas e embalagens de diversos produtos, sendo, de acordo com Forlin e Farias (2002), o melhor e mais resistente plástico devido às suas características. Por causa dessas particularidades, as embalagens PET têm causado um problema grave: o descarte dessas embalagens após seu uso, muitas vezes destinadas aos aterros sanitários e/ou aos mananciais hídricos, levam séculos para completa decomposição. De acordo com Silva e Almeida (2010), como apenas parte das garrafas PET é reciclada, assume-se que o restante é lançado no lixo. Os dados nacionais da Associação Brasileira da Indústria PET (ABIPET, 2019) indicam o descarte aproximado de 565.455 t de PET, com apenas 55% sendo recicladas, ou seja, 311.000 t, e o restante das 254.455 t muito provavelmente é lançado diretamente na natureza. Ainda assim, segundo a ABIPET, a reciclagem de garrafas PET no Brasil é uma das mais desenvolvidas no mundo, e conta com alto índice de reciclagem e enorme gama de aplicações para o material.

De acordo com Manhães e Araújo (2014), considerando a problemática associada à geração de resíduos e os impactos ambientais decorrentes das atividades humanas, o conceito de construção sustentável tem ganhado cada vez mais notoriedade. Para os autores, isso vem abrindo espaço para o desenvolvimento tecnológico, visando a redução de impactos ambientais através de estratégias que abrangem desde a escolha de ecomateriais até o reaproveitamento de materiais recicláveis.

No que se refere aos telhados verdes, considerando o viés da sustentabilidade em consonância com a crescente geração de resíduos sólidos, pode-se pensar em alternativas à construção tradicional dos mesmos. Nesse sentido, a reutilização das garrafas PET pode ser empregada como a base para o cultivo de plantas no processo de montagem da referida cobertura sustentável (FUNFGELT et al., 2012). Para Visentin, Neckel e Breda (2015), a reutilização das garrafas garante o ambiente adequado para o cultivo de plantas de pequeno porte e de raízes pouco profundas, além de adequar-se à formatação necessária, por ser fabricada em material maleável que permite vários tipos de cortes e montagens. Além de contribuir com o meio ambiente, as vantagens do reuso das garrafas PET para a montagem dos telhados verdes incluem o baixo custo devido à fácil disposição do material e à mão de obra barata, visto que não carece de especificidades durante a montagem (PANZIERA et al., 2015).

A reutilização de materiais recicláveis refere-se à destinação de um novo uso, neste caso das garrafas PET, retirando-as do meio ambiente e transformando-as em benefício e geração de renda (MAYER et al., 2013). Segundo Coimbra e Damato Neto (2016), os interessados podem utilizar esse material na confecção de um telhado verde ecológico, contemplando de maneira adequada à necessidade do instalador, com satisfatória relação custo vs benefício. No Quadro 1 e na Figura 1, estão mostradas algumas pesquisas com o emprego de garrafas PET no arranjo de sistema de telhados verdes ecológicos.

Quadro 1 – Pesquisas com o emprego de garrafas PET no arranjo do telhado verde ecológico.

Fonte de informação	Metodologia para emprego da garrafa PET	Vegetação utilizada no experimento
Pereira Júnior e Silva (2011)	Garrafas PET dispostas em fileiras longitudinais, onde a primeira garrafa tinha apenas a parte posterior cortada, as do centro tinham a parte frontal e posterior cortadas, e a última apenas a parte frontal. Foram feitas uma abertura no centro da garrafa para o acondicionamento do substrato e da vegetação, porém apenas em três sentidos, deixando sua aba, sendo unidas umas às outras por meio de rebite e arames.	Mudas de batata doce (<i>Ipomoea batatas</i>) e amendoim (<i>Arachis hypogaea</i> L).
Cortés e Castillo (2011)	Utilização de garrafas PET de 3L, dispostas no sentido longitudinal, com três aberturas na parte lateral medindo 7 cm x 10 cm servindo como recipiente para o substrato e a vegetação, e três perfurações no bocal da garrafa para o funcionamento no sistema de drenagem.	Alface crespa (<i>Lactuca sativa</i>) com rabanete (<i>Rhaphanus sativus</i>), cebola longa (<i>Allium fistulosum</i>), coentro (<i>Coriandrum sativum</i>) com alface crespa, espinafre (<i>Spinaca oleracea</i>) e salsa (<i>Petroselinum crispum</i>).
Funfgelt <i>et al.</i> (2012)	Garrafas dispostas no sentido longitudinal cortadas ao meio, perfuradas na base para drenagem, unidas por meio do bico em um semicírculo no fundo da mesma. Foram fixadas por meio de uma malha de fios de nylon presa nas extremidades.	Gramíneas e Crassuláceas.
Jobim (2013)	Garrafas PET de 2 L, cortadas ao meio, com furos em toda a sua circunferência a 3 cm da base para drenagem. Foram dispostas de forma vertical e intercaladas por um espaço vazio e no interior das mesmas havia camadas com: argila expandida, manta geotêxtil, areia, substrato e vegetação.	Calanchõe (<i>Kalanchoe blossfeldiana</i>).
Panziera <i>et al.</i> (2015)	Anéis de garrafas PET de 2,0 e 2,5 L, com 5 cm de altura no sentido vertical, com a finalidade de armazenar água da chuva e servir como suporte para o substrato.	Grama do gênero <i>Axonopus compressus</i> , chamada também por Grama-São-Carlos.
Martins e Pinto (2016)	Utilização de garrafas PET no sentido vertical medindo 7 cm de altura. Na parte inferior continham manta geotêxtil do tipo Bidim, seguidos pelo substrato e vegetação.	Gramínea cultivar esmeralda.

Figura 1 - Arranjos de telhados verdes ecológicos construídos com garrafas PET.

Experimento	Telhado Verde	Telhado Convencional
Retenção do Volume de Água	10 – 30% em épocas chuvosas 65 – 100% em épocas secas	Nenhuma
Qualidade do ar	Filtração do ar prevenindo o aumento da temperatura	
Uso de Energia	Isola as construções e previne contra as Ilhas de Calor	
Vegetação	Promoção da fotossíntese e oxigênio	
Redução das taxas de drenagem	Pode chegar a 45%	
Durabilidade	36 anos com manutenção	Cerca de 20 anos

Fonte: Adaptado de Liptan e Strecker (SD *apud* SANTOS e BARBOSA, 2015).

5. Benefícios do uso de telhados verdes em áreas urbanas para todos os moradores

O emprego do telhado verde é benéfico tanto urbanamente, quanto para a construção propriamente dita (SUSCA, 2019). É imprescindível relatar que tais vantagens podem se apresentar em grandes intervalos de eficácia, ou seja, em algumas situações pode-se alcançar um alto feito, em outros nenhum, isso depende basicamente da relação do contexto específico e dos parâmetros do telhado, se essa situação fosse mais clara e precisa seria possível prescrever requisitos mais minuciosos para atingir os níveis desejados

(FRANCIS; JENSEN, 2017). Essa tecnologia sustentável possui uma efetiva participação na mudança de paradigmas no ramo construtivo, pois sua utilização pode resultar em ganhos na umidificação do ar, na suavização de ambientes termicamente aquecidos, principalmente onde existem grandes edificações e fluxo urbano intenso, como também, essa vegetação pode atuar na filtragem de materiais e gases nocivos à saúde humana e ao planeta (KREBS, 2005).

Estudos comprovam inúmeras vantagens quanto à aplicação dos telhados verdes, esse fato pode ser bem exemplificado quando comparado aos telhados convencionais como mostrado no Quadro 1, que demonstra alguns parâmetros de análise em diversos experimentos, o que pode ser potencialmente intensificado a depender do tipo de telhado empregado, variando em dimensões, tipo de vegetação, tipo e frequência de manutenção, entre outros.

Quadro 1 – Vantagens do uso do telhado verde em relação ao telhado convencional.

Experimento	Telhado Verde	Telhado Convencional
Retenção do Volume de Água	10 – 30% em épocas chuvosas 65 – 100% em épocas secas	Nenhuma
Qualidade do ar	Filtração do ar prevenindo o aumento da temperatura	
Uso de Energia	Isola as construções e previne contra as Ilhas de Calor	
Vegetação	Promoção da fotossíntese e oxigênio	
Redução das taxas de drenagem	Pode chegar a 45%	
Durabilidade	36 anos com manutenção	Cerca de 20 anos

Fonte: Adaptado de Liptan e Strecker (SD *apud* SANTOS e BARBOSA, 2015).

O aumento da área verde contribui para a produção de efeitos estéticos, que intervêm no combate à poluição visual das cidades, resultando em sensações de bem-estar em pessoas que estão nas proximidades de um telhado verde (JOBIM, 2013). Esses benefícios podem ser influenciados pelo tipo de telhado instalado, como por exemplo os que aumentam os espaços de recreação e de vida em áreas que são densamente povoadas (COMA et al., 2016). Estudos realizados por Jungels et al. (2013) identificaram que a variável estética positiva foi referente à densidade de crescimento das plantas e à extensão da densidade da folhagem.

Outra aspecto a ser considerado é o impacto acústico. Estudos afirmam que a minimização dos ruídos ocorre em função da altura do substrato e do tipo de planta utilizada. O substrato bloqueia as baixas frequências de som e as plantas as frequências de som mais altas (PECK; KUHN, 2003). Além disso, de acordo com Zinco (2007), foi observado que os telhados verdes podem reduzir o som reflexivo em até 3 dB e melhorar o isolamento acústico em até 8 dB, sendo notório a sua eficácia principalmente em lugares mais barulhentos.

O benefício do uso de telhados verdes mais discutido na literatura é o térmico. De fato, a cobertura verde constitui uma alternativa a ser aplicada por seu desempenho térmico, pela retenção de partículas em suspensão e poluentes, e pelo sequestro de gás carbônico. A dissipação de calor acontece fundamentalmente devido à ocorrência da perda de calor por radiação de ondas longas, da evapotranspiração e da fotossíntese, resultando na diferença de temperatura entre as áreas externas e

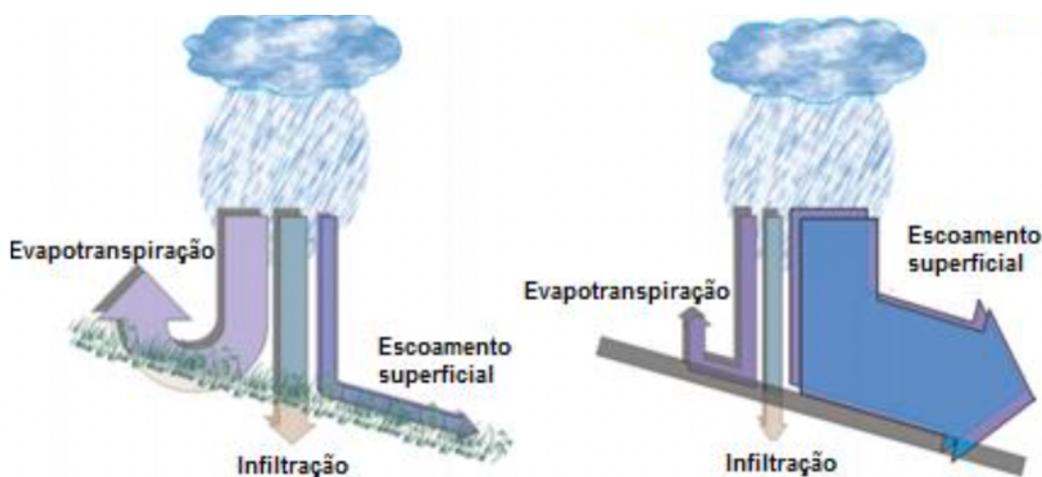
internas (BESIR; CUCE, 2018). Sinteticamente, quando se tem temperaturas mais altas, o telhado verde consegue absorver essa energia fazendo com que internamente tenha-se uma temperatura inferior ao ambiente externo, trazendo mais conforto ao usuário. Já em períodos frios, o ambiente interno tem uma temperatura acima da temperatura do ambiente externo. Francis e Jensen (2017), por meio de uma revisão sistemática dos benefícios dos telhados verdes em três serviços ecossistêmicos, sendo um deles sobre a redução do consumo de energia do edifício, mostraram que em 20 estudos com evidências documentadas do consumo anual de energia, a economia chegou a até 70%. Peng e Jim (2013) realizaram estudos em Hong Kong, em cinco bairros residenciais, investigando os impactos referentes à instalação de telhados verdes intensivos e extensivos em relação à temperatura do ar e ao conforto térmico humano, e constatou que a redução da temperatura do ar para os pedestres foi de 0,4°C a 0,7°C em telhados extensivos e de 0,5°C a 1,7°C no caso dos telhados intensivos. Os autores também observaram a redução quanto à duração diurna do estresse térmico para telhados extensivos no período de 6 a 9 horas, e de 9 a 11 horas para os intensivos. Ou seja, se considerado o emprego de telhados verdes em grande escala pode-se conseguir o resfriamento da vizinhança e, conseqüentemente, ambientes térmicos mais confortáveis.

Os benefícios hídricos, por sua vez, são os mais desejados pela população dos grandes centros urbanos. Se comparado a telhados convencionais, os telhados verdes conseguem ter uma alta retenção de água pluvial, o que pode auxiliar na minoração de enchentes e inundações (KOLB, 2003). A Figura 2 mostra um esquema que ilustra a variação no escoamento superficial gerado por telhados verdes e por telhados convencionais.

Figura 2 - Comparativo hídrico do telhado verde e convencional.

Telhado verde

Telhado convencional



Fonte: Adaptado de Ohnuma Júnior (2008).

Dados obtidos através de estudos feitos por Farias (2012) indicam que a água resultante dos telhados vegetados pode ser destinada para fins não potáveis e, após tratamento de remoção de cor e sólidos, poderão ser utilizados em descargas de bacias sanitárias, irrigação de gramados e plantas ornamentais, lavagem de veículos, limpeza de calçadas e ruas, dentre outros, conforme previsto na NBR 15527 (ABNT, 2007), ressaltando a necessidade de analisar outros parâmetros previstos na norma que não foram

avaliados. Sobre isso, Lima (2013) investigou a qualidade da água escoada dos telhados e a capacidade de retenção de águas pluviais de dois telhados verdes (com cobertura vegetal de Babosa e de Coroa-de-Frade) comparando os resultados com os obtidos de um telhado controle (convencional com telhas cerâmicas), no município de Caruaru-PE. O autor constatou que o telhado com vegetação Coroa-de-Frade apresentou maior potencialidade de retenção, chegando ao valor de 100% do percentual que foi precipitado. Lima (2013) associou esse resultado à baixa umidade do solo e ao tipo de planta, que é capaz de manter parte da água em seu interior. No que se refere à análise da qualidade de água, o autor verificou que, devido à sua morfologia, esse tipo de vegetação retém partículas de sólidos no solo, e que o tipo de substrato realizado no sistema influencia significativamente na qualidade da água, sendo que a argila interfere mais fortemente nos parâmetros físico-químicos e a terra tratada nas análises bacteriológicas. Em nenhum dos telhados estudados por Lima (2013) houve totalidade nos resultados da amostra de água dentro dos limites estabelecidos pelos documentos normatizados considerados na pesquisa, ou seja, no caso do emprego desse efluente do telhado verde, ainda que para fins não potáveis, é necessário a realização de tratamentos para adequação aos respectivos parâmetros.

Outros benefícios são apresentados na literatura científica. De acordo com Shafique, Kim e Rafiq (2018), os telhados verdes acentuam a ecologia urbana, reduzindo a perda de habitat. Vijayaraghavan (2016) destacou a importância da reparação da biodiversidade ausente com o desenvolvimento urbano, bem como o surgimento de ambientes habitados mais agradáveis de se viver.

6. Desafios para a popularização dos telhados verdes

Considerando os benefícios já expostos, a contribuição positiva do emprego dos telhados verdes ao meio ambiente e à sociedade como um todo está evidente. Por outro lado, algumas pesquisas ressaltam que há desafios no uso dessa técnica e explicitam algumas desvantagens associadas aos aspectos ambientais, econômicos e sociais. Sobre isso, Silva, Siqueira e Aragão (2017) destacaram que se os telhados verdes não forem bem instalados acabam por trazer custos adicionais ao empreendimento. Nesse contexto, outros custos podem ser listados: custo inicial de implantação; custos de reparação com problemas de infiltração; e custos com manutenção. Além disso, de acordo com Righi et al. (2016), pode ocorrer também o aparecimento de pragas e, para Silva (2011), em alguns casos não é recomendado o consumo da vegetação, devido às mesmas terem a facilidade de absorver poluentes atmosféricos.

Segundo Almeida, Brito e Santos (2018), os desafios da implantação dos telhados verdes vão além dos possíveis “prejuízos” que podem surgir. Os autores ressaltam que para superar esses desafios e se ter uma maior adesão social do sistema, é necessário compreender os telhados verdes como componentes culturais fundamentais à nossa condição atual. Dessa forma, a educação ambiental pode contribuir para conscientização de jovens e adultos no que se refere às práticas e às políticas públicas ambientalistas, inclusive através de mídias sociais e tradicionais.

A questão da viabilidade econômica dos telhados verdes, por sua vez, não pode ser negligenciada. De forma geral, a averiguação da relação custo-benefício na implantação de uma nova tecnologia pode constituir subsídios para argumentação de indivíduos avessos ao uso da referida tecnologia quanto à sua utilidade. De fato, de acordo com Yudelson (2013), o que ocorre é uma preocupação se os custos são “tangíveis”, ou seja, ocorrem no presente e são reais, quando, por outro lado, benefícios esperados como a economia de energia, são “intangíveis”, podendo suceder apenas no futuro. Para o sistema de telhados verdes, os custos se apresentam de forma bastante variável a depender de diversos fatores, como o tipo e

a composição. Sobre as variações nos custos, Oliveira (2016), apresentou um estudo, em que implantou um telhado verde constituído por vegetação, substrato, geotêxtil e geomembrana por R\$ 72,87/m², e outro telhado verde composto por vegetação, substrato, geotêxtil, geomanta e geomembrana por R\$ 72,34/m². Araújo, Sousa e Peres (2017) constataram a diminuição de cerca de 86,7% no custo do sistema com garrafa PET, se comparado ao módulo Hexaecotelhado.

Comprovadamente os benefícios a longo prazo ultrapassam o capital inicial, como a durabilidade da estrutura (laje) que chega a dobrar de vida útil em relação aos já tradicionais (RIGHI et al., 2016). Além disso, diversos pesquisadores identificaram o aumento do conforto térmico (CORTÉS; CASTILLO, 2011; PANZIERA et al., 2015; SANTOS, 2016; entre outros), sendo que esses tipos de telhados podem diminuir a necessidade de equipamentos para resfriamento no verão e para aquecimento no inverno, podendo, com isso, trazer retornos econômicos satisfatórios.

Efetivamente, o sistema consegue restringir os gastos com a água e a energia por aumentarem a produtividade da instalação (RAGHEB; EL-SHIMY; RAGHEB, 2016). O fato de muitas vezes não ser necessário a contratação de empresas e mesmo de mão-de-obra especializada, pode diminuir o custo final da implantação de telhados verdes, além de simplificar a sua manutenção por poderem ser constituídos de elementos removíveis (FEITOSA; WILKINSON, 2018). De acordo com Lima (2013), argumentos financeiros positivos podem ser considerados a partir da minimização da necessidade de materiais isolantes, da redução no volume de esgoto, do aumento do valor da propriedade, e da utilização de vegetações que tenham valores econômicos. Para o autor, é preciso considerar possíveis recompensas financeiras, bem como no desenvolvimento econômico local futuro.

7. Considerações Finais

De forma geral, a análise de viabilidade econômica de um telhado verde consiste em avaliar a conveniência financeira para a construção do sistema de telhado verde, que através do seu retorno financeiro a longo prazo é preferível se comparado às coberturas clássicas (SAVI, 2012). No caso de um telhado verde ecológico de baixo custo, essa análise permite embasar as decisões acerca da implantação do respectivo telhado por meio da comparação entre os custos associados ao sistema e o retorno dos benefícios que podem ser proporcionados. Por vezes, o gasto inicial pode dificultar na adesão por novos investidores, principalmente se for necessário um trabalho profissional ou uma avaliação estrutural, além do qual a depender da composição adotada em suas camadas esse custo pode elevar-se consideravelmente. A estrutura de suporte com o uso de garrafas PET pode contribuir significativamente para a redução dos custos se relacionado aos gastos iniciais de implantação e de manutenção, e ao peso do sistema.

Para a análise da viabilidade econômica de um telhado verde de baixo custo deve-se considerar o valor resultante do emprego da estrutura suporte e do conjunto substrato + vegetação por m², encontrado através do produto do preço unitário e o levantamento quantitativo da composição do arranjo adotado. Para isso, sugere-se que os custos sejam coletados pela média de valores de lugares distintos, na região de implantação dos referidos telhados. De acordo com Pereira Júnior e Silva (2011), a averiguação do custo médio e a análise da viabilidade do sistema, possibilitará identificar se a cobertura adotada é uma alternativa viável principalmente para a população de baixa renda daquela localidade.

Referências:

- ABIPET - Associação Brasileira dos Fabricantes de Embalagens PET. Infográfico Censo 2019. Mensagem recebida por <faleconosco@abipet.org.br> em 08 jun. 2020.
- ABNT - Associação Brasileira de Normas Técnicas. NBR 15527: Água de Chuva – Aproveitamento de coberturas em áreas urbanas para fins não potáveis. Rio de Janeiro, 12 pp., 2007.
- ABRELPE - Associação Brasileira de Empresas de Limpeza Pública e Resíduos Especiais. Panorama dos resíduos sólidos no Brasil 2018/ 2019. São Paulo, 68 pp., 2019.
- ALENCAR, A. K. B.. Urbanismo sensível às águas: O paradigma da sustentabilidade na concepção de projetos para recuperação de rios urbanos. Tese de Doutorado. Programa de Pós-Graduação em Desenvolvimento Urbano do Departamento de Arquitetura e Urbanismo da Universidade Federal de Pernambuco, 295 pp., 2016.
- ALMEIDA, S. C.; BRITO, G. P.; SANTOS, S. M.. Revisão Histórica dos Telhados Verdes: da Mesopotâmia aos dias atuais. Revista Brasileira de Meio Ambiente, v. 2, n. 1, p. 42-51, 2018.
- AMORIM, M. C. C. T.. Caracterização das áreas verdes em Presidente Prudente/SP. In: SPOSITO, Maria Encarnação Beltrão (org.). Textos e contextos para a leitura geográfica de uma cidade média. Presidente Prudente, 2001.
- ARAÚJO, S. M. S.. A Região Semiárida do Nordeste do Brasil: questões ambientais e possibilidades de uso sustentável dos recursos. Rios Eletrônica- Revista Científica da FASETE, v. 5, n. 5, p. 89-98: 2011.
- ARAÚJO, B. G.; SOUSA, A. M. S.; PERES, M. D.. Telhado Verde de garrafa PET. In: Simpósio de Produção Científica, 1., 2017, Marabá. Anais... Marabá: Propit, 3 pp., 2017.
- ARRAIS, A. M. A. C.; COSTA, C. T. F.; LOPES, E. R. N.; SILVA, M. R.. Preservação das áreas verdes urbanas: um estudo sobre o Parque Ecológico das Timbaúbas. Revista NAU Social, v. 5, n. 8, p. 9-19, 2014.
- BARTH, A. A.; LIMANA, L.; KIST, K. J.; REICHERT, L. S.. A importância da criação de casas ecológicas para a maximização da sustentabilidade. In: XXVIII Congresso Regional de Iniciação Científica e Tecnológica em Engenharia. 2017, Ijuí, Anais... Rio Grande do Sul: UNIJUÍ, 4 p., 2017.
- BESIR, A. B.; CUCE, E.. Green roofs and facades: A comprehensive review. Renewable and Sustainable Energy Reviews, v. 82, n. 1, p. 915-939, 2018.
- BRASIL. Lei No 12305 de 2 de Agosto de 2010. Institui a Política Nacional de Resíduos Sólidos; altera a Lei no 9.605, de 12 de fevereiro de a; e dá outras providências. Presidência da República. 2010.
- COMA, J.; PÉREZ, G.; SOLÉ, C. CASTELL, A.; CABEZA, L. F.. Thermal assessment of extensive green roofs as passive tool for energy savings in buildings. Renewable Energy, v. 85, p. 1106-1115, 2016.
- CORTÉS, C. F.; CASTILLO, C. A. D.. Mejora de las condiciones de habitabilidad y del cambio climático a partir de ecotechos extensivos. Cuaderno de Viviendas y Urbanismo, v. 4, n. 8, p. 316-329, 2011.
- DIAS, L. S.; MARQUES M. D.. Meio ambiente e a importância dos princípios ambientais. Fórum Ambiental da Alta Paulista, São Paulo, 2011, v. 7, n. 5, p. 548-556, 2011.
- FARIAS, M. M. M. W. E. C.. Aproveitamento de águas da chuva por telhados: aspectos quantitativos e qualitativos. Dissertação (Mestrado em Engenharia Civil e Ambiental). Universidade Federal de Pernambuco- UFPE. Caruaru, 117 f., 2012.

FEITOSA, R. C.; WILKINSON, S.. Uso de sistemas vegetados e os impactos na promoção da saúde. *Cadernos de Saúde Pública*, 34: e00003618, 2018.

FORLIN, F.J. ; FARIAS, J. S. Considerações sobre Reciclagem de Embalagens Plásticas. *Polímeros: Ciência e Tecnologia*, v. 12, n. 1, p. 1-10, 2002.

FRANÇA, L. C. J.. O uso do telhado verde como alternativa sustentável aos centros urbanos: Opção viável para a sociedade moderna do século XXI. *Revista Húmus*, v. 2, n. 4, p. 105-113, 2012.

FRANCIS, L. F. M.; JENSEN, M. B.. Benefits of green roofs: A systematic review of the evidence for three ecosystem services. *Urban Forestry & Urban Greening*, v. 28, p. 167-176, 2017.

FUNFGELT, K.; SOUZA, G. A.; TONET, E. A.; FACHINI, S.. Telhado verde e a influência no conforto térmico em uma edificação de madeira no IFC Campus Rio do Sul. In: 5a Mostra Nacional de Iniciação Científica e Tecnologia Interdisciplinar. 2012, Camboriú. Anais... Camboriú: Instituto Federal Catarinense, 6 p., 2012.

IMAFLORE - Instituto de Manejo e Certificação Florestal e Agrícola. Evolução das emissões de gases do efeito estufa no Brasil (1970-2013): Setor de agropecuária. São Paulo, 57 pp., 2015.

JOBIM A. L.. Diferentes tipos de telhados verdes no controle quantitativo de água pluvial. Dissertação (Mestrado em Engenharia Civil). Universidade Federal de Santa Maria- UFSM, Rio Grande do Sul, 76 f, 2013.

JUNGELS, J.; RAKOW, D. A.; ALLRED, S. B.; SKELLY, S. M.. Attitudes and aesthetic reactions toward green roofs in the Northeastern United States. *Landscape And Urban Planning*, v. 117, p. 13-21, 2013.

KOLB, W.. Telhados de cobertura verde e manejo de águas pluviais. In: Simpósio Brasileiro de captação e manejo de água de chuva, 4, Petrolina-PE, 10 pp., 2003.

KREBS, L. F.. Coberturas verdes extensivas: Análise da utilização em projetos na região metropolitana de Porto Alegre e Serra Gaúcha. Dissertação (Mestrado) - Curso de Engenharia, Escola de Engenharia da Universidade Federal do Rio Grande do Sul, Universidade Federal do Rio Grande do Sul, Porto Alegre, 181 f., 2005.

LIMA, G. C. O.. Avaliação do desempenho de telhados verdes: capacidade de retenção hídrica e qualidade da água escoada. Dissertação (Mestrado) – Curso de Pós- Graduação em Engenharia Civil e Ambiental, Universidade Federal de Pernambuco, Caruaru, 130 f., 2013.

LODOBA, C. R., ANGELIS, B. L. D... Áreas verdes públicas urbanas: conceitos, usos e funções. *Ambiência – Revista do Centro de Ciências Agrárias e Ambientais*, v. 1, n. 1, p. 125-139, 2005.

MARTINS, L. S.; PINTO, J. S.. Avaliação quali-quantitativa de telhado verde extensivo em escala piloto. *Disciplinarium Scientia*, v. 17, n. 2, p. 245-257, 2016.

MAYER, K. C. M.; LOPES, E. S. V. S.; BRITO, F. C. V.; ARAÚJO, J. A.. Incentivo à redução, reutilização e reciclagem com foco nas garrafas pet na cidade de Redenção-PA. *Revista de Educação, Ciência e Cultura*, v. 18, n. 2., p. 149-154, 2013.

OHNUMA JÚNIOR, A. A.. Medidas não convencionais de reservação d'água e controle da poluição hídrica em lotes domiciliares. Tese (Doutorado) - Curso de Ciências da Engenharia Ambiental, Universidade de São Paulo, São Carlos, 331 f., 2008.

OLIVEIRA, T. A. A.. Comparação de Preços Entre Telhados Verdes e Telhas Coloniais. TCC (Graduação) - Curso de Engenharia Civil, Centro de Tecnologia, Universidade Federal do Rio Grande do Norte, Natal, 20 f., 2016.

PANZIERA, A. G.; CALIL, V. S.; AMARAL, F. D.; SWAROVSKY, A.. Desempenho de diferentes tipos de telhado verde no conforto térmico urbano na cidade de Santa Maria, RS. *Disciplinarum Scientia*, v. 16, n. 3, p. 445-457, 2015.

PECK, S.; KUHN, M.. *Design Guidelines for Green Roofs*. Vancouver Public Library Green Roof. Environment Canada, Toronto, 22 pp. 2003.

PENG, L, L, H.; JIM, C, Y.. Green-Roof effects on neighborhood microclimate and human thermal sensation. *Energies*, v. 6, p. 598-618, 2013.

PEREIRA JÚNIOR, A. A. M.; SILVA, S. A. O.. Montagem de telhado verde com a utilização de materiais de baixo custo. Projeto No. 604. Monografia apresentada ao Centro Federal de Educação Tecnológica de Minas Gerais, Belo Horizonte: CEFET, 2011.

RAGHEB, A.; EL-SHIMY, H.; RAGHEB, G.. Green architecture: a concept of sustainability. *Procedia-Social and Behavioral Sciences*, v. 216, p. 778-787, 2016.

RIGHI, D. P.; KOHLER, L. G.; ANTOCHEVES, R.; SANTOS NETO, A. B. S.; MOHAMAD G.. Cobertura verde: Um uso sustentável na construção civil. *Mix Sustentável*, v. 2, n. 2, p. 29-36, 2016.

SANTOS, S. M.; MONTEGRO, S. M. G. L.; ARAÚJO FILHO, P. F.; CABRAL, J. J. S. P.; ARAÚJO T. F.. Determinação da utilidade do uso de telhado verde no Agreste Pernambucano. In: V Encontro Nacional e III Encontro Latino- Americano Sobre Edificações e Comunidades Sustentáveis, 5., 2009, Recife. *Anais... A: Elecs*, 10 pp., 2009.

SANTOS, D. O.; BARBOSA A. C. L.. Uso de telhados verdes como alternativa sustentável ao semiárido brasileiro: Opção ao município de Pau dos Ferros-RN. In: Congresso Técnico Científico da Engenharia e da Agronomia, 2015, Ceará. *Anais eletrônicos*. Ceará: CONTECC, 4 pp. 2015.

SANTOS, G. C..Desempenho Térmico de Telhados Verdes no Agreste Pernambucano. Dissertação (Mestrado em Engenharia Civil e Ambiental). Universidade Federal de Pernambuco, Caruaru, 96 pp., 2016.

SANTOS, S. M.; PAIVA, A. L. R.; SANTOS, G. C.; SILVA, T. F.. Desempenho térmico de telhados verdes no semiárido brasileiro. In: Simpósio de Hidráulica e Recursos Hídricos dos Países de Língua Portuguesa, 13, 2017, Porto. *Anais... Porto: FEUP*, 10 pp., 2017.

SAVI, A. C.. Telhados Verdes: Análise Comparativa de Custo com Sistemas Tradicionais de Cobertura. 2012. 128 f. Monografia (Especialização) - Curso de Especialização em Construções Sustentáveis II, Departamento Acadêmico de Construção Civil, Universidade Tecnológica Federal do Paraná, Curitiba, 2012.

SHAFIQUE, M.; KIM, R.; RAFIQ, M.. Green roof benefits, opportunities and challenges – A review. *Renewable and Sustainable Energy Reviews*, v. 90, p. 757-773, 2018.

SILVA, N. C.. Telhado verde: sistema construtivo de maior eficiência e menor impacto ambiental. Monografia (Especialização) - Curso de Curso de Especialização em Construção Civil, Universidade Federal de Minas Gerais, Belo Horizonte, 63 f., 2011.

SILVA, F. A.; ALMEIDA, L. P. A.. Estudo da viabilidade técnica do uso de concreto celular adicionado de pet triturado na fabricação de residências e seu impacto ecológico. XXX Encontro Nacional de Engenharia de Produção - Maturidade e desafios da Engenharia de Produção: competitividade das empresas, condições de trabalho, meio ambiente. São Carlos, SP, Brasil, 12 a 15 de outubro de 2010, 10 pp., 2010.

SILVA, F. C. M.; SIQUEIRA, J.P.; ARAGÃO, S. F.. Telhados Verdes e seus Benefícios à Sociedade e ao Meio Ambiente, 20 pp., 2017.

SOUZA, R. L. R.; FONTES, A. R. M.; SALOMÃO, S.. A triagem de materiais recicláveis e as variabilidades inerentes ao processo: estudo de caso em uma cooperativa. *Ciência & Saúde Coletiva*, v. 19, n. 10, p. 4185-4195, 2014.

SUSCA, T.. Green roofs to reduce building energy use? A review on key structural factors of green roofs and their effects on urban climate. *Building and Environment, Renewable and Sustainable Energy Reviews*, v. 162, 106273, 2019.

SILVA, F. C. M.; SIQUEIRA, J.P.; ARAGÃO, S. F.. Telhados Verdes e seus Benefícios à Sociedade e ao Meio Ambiente, 20 pp., 2017.

TUCCI, C. E. M.. Gerenciamento da Drenagem Urbana. Porto Alegre, Brasil. *Revista Brasileira de Recursos Hídricos*, v. 7, n. 1, p. 5-27, 2002.

VIJAYARAGHAVAN, K.. Green roofs: A critical review on the role of components, benefits, limitations and trends. *Renewable and Sustainable Energy Reviews*, v. 57, p. 740-752, 2016.

VISENTIN, T. G.; NECKEL, A.; BREDAS, A.. Telhados verdes como um meio sustentável nas cidades: Propostas recicláveis de produção. In: VI Congresso Brasileiro de Gestão Ambiental, 2015, Porto Alegre. Anais... Rio Grande do Sul. IBEAS, 5 pp., 2015.

YUDELSON, J.. Projeto Integrado e Construções Sustentáveis. Porto Alegre: Bookman, 253 pp., 2013.

ZINCO. Zinco Green Roof Systems. *Ecobuild Green Roof*, 2007. Disponível em: <https://zinco-greenroof.com/green-roof-systems>. Acessado em: 18/06/2020.