

# O PANORAMA TECNOLÓGICO DE TELHADOS VERDES NO BRASIL

THE TECHNOLOGICAL OVERVIEW OF GREEN ROOFS IN BRAZIL

Maysa de Araújo Rocha<sup>1</sup>, Mateus Ricardo Nogueira Vilanova<sup>2</sup>

DOI: 10.37702/REE2236-0158.v39p250-260.2020

## RESUMO

Telhados verdes são uma tecnologia reconhecidamente eficaz por contribuir com a sustentabilidade de cidades. Apesar da eficácia, a tecnologia de telhados verdes ainda é pouco utilizada e conhecida no Brasil. Este artigo apresenta um estudo sobre o mercado e o ensino superior quanto à temática de telhados verdes no Brasil. Dois questionários foram elaborados e aplicados *on-line*, sendo um deles para empresas do ramo e o outro para cursos de Engenharia Civil e Arquitetura de universidades públicas brasileiras. Os resultados da análise dos questionários permitiram concluir que as empresas brasileiras utilizam material nacional para a construção de telhados verdes, sendo os telhados extensivos os mais procurados. Os vegetais que compõem esses telhados são selecionados conforme as características da região, sendo irrigados por meio de gotejamento. O custo médio dos telhados verdes no Brasil é da ordem de US\$ 82 por m<sup>2</sup>, e os benefícios estéticos e indiretos da tecnologia são valorizados pelos consumidores. Em termos acadêmicos, o tema ainda é pouco explorado nos cursos do Brasil, apesar de haver uma grande demanda por parte dos alunos pela sua inserção nas grades curriculares.

**Palavras-chave:** cidades sustentáveis; edificações sustentáveis; mercado; ensino.

## ABSTRACT

Green roofs are an effective technology to contribute to the sustainability of cities. Despite this effectiveness, green roof technology is still little used in Brazil. This paper presents a study on the market and higher education of green roofs in Brazil. Two questionnaires were prepared and applied online, one for companies in the branch and the other for Civil Engineering and Architecture courses at Brazilian public universities. The analysis of these questionnaires allowed to conclude that the Brazilian companies use national material for the construction of green roofs, being the extensive roofs the most sought after. The plants that compose these roofs are selected according to the characteristics of the region, being irrigated through drip irrigation. The average cost of green roofs in Brazil is around US \$ 82 per m<sup>2</sup>, and the aesthetic and indirect benefits of the technology are valued by consumers. In academic terms, the subject is still little explored in the courses of Brazil, although there is a great demand on the part of the students for its insertion in the curriculums.

**Keywords:** sustainable cities; sustainable buildings; market; teaching.

<sup>1</sup> Pesquisadora (Iniciação Científica), graduação em andamento em Engenharia Ambiental, Universidade Estadual Paulista “Júlio de Mesquita Filho”, Instituto de Ciência e Tecnologia (ICT), *campus* de São José dos Campos, maysarocha53@gmail.com

<sup>2</sup> Doutor em Engenharia Mecânica. Professor no Instituto de Ciência e Tecnologia (ICT), *campus* de São José dos Campos, UNESP. Departamento de Engenharia Ambiental, mateus.vilanova@unesp.br

## INTRODUÇÃO

As cidades são responsáveis pelo consumo de 70% dos recursos mundiais e por grande parte das emissões de gases de efeito estufa, problemas resultantes da intensa dinâmica demográfica, social e econômica decorrente da urbanização, bem como da ineficiência do ambiente construído (BIBRI; KROGSTIE, 2017). Entre os principais problemas globais associados à urbanização destacam-se as pressões sobre os recursos hídricos – que envolvem a maior exploração de mananciais, poluição de corpos d'água e inundações (HUBACEK et al., 2009; MILLER; HUTCHINS, 2017; SWAN, 2010) –, impactos sobre ecossistemas (CUFFNEY et al., 2010), problemas de saúde pública (MUTATKAR, 1995), aumento da demanda energética (SHAHBAZ et al., 2014) e intensificação das mudanças climáticas (GRIMMOND, 2007; MILLER; HUTCHINS, 2017; SETO; SATTERTHWAITTE, 2010).

Entre os Objetivos de Desenvolvimento Sustentável propostos pelas Nações Unidas destaca-se, no contexto das cidades, o “Objetivo 11”, de tornar as cidades inclusivas, seguras, resilientes e sustentáveis (THE UNITED NATIONS, 2019). A sustentabilidade e resiliência das cidades depende, fisicamente, da implementação em larga escala de tecnologias que permitam minimizar o uso dos recursos naturais e, ao mesmo tempo, o impacto do metabolismo urbano sobre o meio ambiente. Nesse sentido, uma das tecnologias mais promissoras é a dos telhados verdes (TV).

Os TV são, reconhecidamente, uma tecnologia efetiva por aumentar a sustentabilidade de cidades. Entre os benefícios de sua implantação destacam-se: redução do escoamento superficial em cidades (com os seguintes resultados consequentes: redução da frequência de alagamentos e problemas de drenagem, possibilidade de aproveitamento da água da chuva, redução da poluição hídrica difusa) (CZEMIEL BERNDTSSON, 2010; GREGOIRE; CLAUSEN, 2011; NAGASE; DUNNETT, 2012; VIEIRA et al., 2013), melhora do conforto térmico e redução do uso de energia em edificações (ALEXANDRI;

JONES, 2008; CASTLETON et al., 2010; SANTAMOURIS, 2014; TAKEBAYASHI; MORIYAMA, 2007; TAN et al., 2017; TIAN et al., 2017; WILKINSON et al., 2017), redução da poluição do ar (ROWE, 2011; YANG; YU; GONG, 2008) e aumento da biodiversidade (OBERNDORFER et al., 2007). Além dos benefícios físicos/ambientais amplamente reconhecidos, novos estudos demonstram que os TV podem, até mesmo, ser utilizados na produção de alimentos em cidades (WHITTINGHILL; ROWE, 2012), além de fornecer benefícios estéticos e psicológicos às pessoas (OBERNDORFER et al., 2007).

Apesar dos diversos benefícios que os telhados verdes podem propiciar às populações urbanas, a sua utilização ainda é incipiente no Brasil. Além disso, pouco se sabe sobre o mercado e sobre as tecnologias de telhados verdes aplicadas no país, o que se torna um empecilho tanto no desenvolvimento de pesquisas quanto na sua implantação em edificações. Tendo em vista que grande parte da literatura sobre o assunto é internacional, há uma dificuldade para a definição de parâmetros para a modelagem e estudo de TV no contexto brasileiro. Uma outra questão relevante se refere ao ensino da temática “telhado verde” em cursos de Engenharia Civil e Arquitetura, cursos estes, a princípio, responsáveis pela formação de profissionais capazes de projetar e implantar esta tecnologia.

Diante do exposto, o objetivo da pesquisa apresentada neste artigo foi de identificar o estado tecnológico e mercadológico dos telhados verdes no Brasil e de entender o nível de inserção desta tecnologia nas grades curriculares de cursos de Engenharia Civil e Arquitetura de universidades públicas brasileiras. Em termos tecnológicos e mercadológicos, o objetivo específico foi identificar parâmetros de referência sobre telhados verdes no Brasil, de forma que futuros estudos e pesquisas possam desenvolver modelagens e simulações mais realistas dessa tecnologia, no contexto nacional.

## ASPECTOS BÁSICOS SOBRE TELHADOS VERDES

Os telhados verde (TV) são constituídos de plantas vivas plantadas sobre telhados, que substituem parte da vegetação removida pela construção do edifício (ROWE, 2011) ou pela urbanização. Fisicamente, são compostos tipicamente de quatro camadas (CZEMIEL BERNDTSSON, 2010): i) camada de vegetação; ii) camada de solo/substrato; iii) camada filtrante (para evitar a perda de solo); e iv) uma camada inferior drenante.

A literatura apresenta, basicamente, dois tipos de TV, diferenciados sobretudo pela espessura da camada de substrato: os intensivos e os extensivos. Os TV intensivos possuem substratos com espessura superior a 150 mm, sendo recobertos tipicamente por gramíneas, ervas perenes e arbustos. Esses sistemas são utilizados em telhados com baixas inclinações (geralmente inferior a 10°) e podem ser utilizados como jardins em função do acesso e da estrutura de suporte (MENTENS; RAES; HERMY, 2006).

Os TV extensivos, por sua vez, possuem substratos rasos (inferiores a 150 mm), sendo recobertos comumente por plantas do gênero *Sedum*. As plantas desse gênero são adequadas à aplicação em telhados extensivos devido ao seu sistema radicular raso e à alta eficiência no uso da água, o que as permite suportar condições climáticas extremas (VASL et al., 2017). Telhados verdes extensivos podem ser instalados em superfícies inclinadas em até 45° (MENTENS; RAES; HERMY, 2006).

Formas rudimentares e ancestrais de TV datam da antiguidade, como demonstra o interessante trabalho de Jim (2017), enquanto Oberndorfer et al. (2007) afirmam que os TV modernos surgiram na Alemanha, no século XX.

## METODOLOGIA

A pesquisa foi realizada, inicialmente, através da aplicação de questionários (*surveys*) *on-line*. Considerando os objetivos específicos da pesquisa, foram elaborados dois questionários distintos: i) um questionário direcionado às empresas nacionais de

construção de telhados verdes, denominado **questionário mercadológico** (apêndice B); e ii) um questionário direcionado às coordenações de cursos de Engenharia Civil e Arquitetura, denominado **questionário acadêmico** (apêndice C). Apresentam-se, a seguir, alguns aspectos específicos sobre a concepção, aplicação e posterior análise dos questionários.

### Concepção dos questionários

A concepção preliminar dos questionários ocorreu a partir da experiência dos autores sobre o tema, os quais elaboraram um rol inicial de perguntas sobre os aspectos fundamentais para o entendimento do panorama tecnológico dos TV no Brasil.

Em uma segunda etapa, os autores realizaram uma revisão da literatura sobre TV. Essa revisão priorizou artigos publicados em periódicos qualificados, presentes nas bases *Scopus*, *Scielo* e *Web of Science*. A partir de tal revisão, os autores identificaram pontos e questões complementares, que foram incluídas na primeira versão do questionário.

A revisão da literatura permitiu, também, identificar pesquisadores que recentemente publicaram artigos em periódicos qualificados (MENTENS; RAES; HERMY, 2006; PARIZOTTO; LAMBERTS, 2011; ROWE, 2011; TAKEBAYASHI; MORIYAMA, 2007; VIEIRA et al., 2013; WILKINSON et al., 2017), abordando a temática dos TV. Tais pesquisadores foram, então, consultados, através de um e-mail padrão (apêndice A), por meio do qual lhes foram solicitadas sugestões sobre os principais pontos que deveriam ser contemplados no questionário da pesquisa (especificamente, sobre o questionário mercadológico).

### Identificação preliminar das empresas para aplicação do questionário mercadológico

A identificação preliminar das empresas para as quais foi enviado o questionário mercadológico ocorreu através de consultas pessoais a profissionais da área, atuantes na cidade de São José dos Campos, e através de

pesquisa na internet. Foram identificadas sete empresas, das quais apenas duas empresas responderam o questionário *on-line*. Estas serão doravante denominadas “Empresa A” (EA) e “Empresa B” (EB).

### **Seleção das universidades para aplicação do questionário acadêmico**

Foram selecionados cursos de Engenharia Civil e Arquitetura de Universidades Públicas brasileiras, de reconhecida qualidade. De um total de 30 universidades inicialmente selecionadas para cada curso (Apêndice D), apenas 17 responderam o questionário, sendo oito respondentes do curso de Engenharia Civil e nove respondentes do curso de Arquitetura.

Tendo em vista a baixa adesão dos respondentes acadêmicos, foi realizada uma análise dos projetos políticos-pedagógicos dos cursos inicialmente selecionados. As informações obtidas nessa análise foram somadas àquelas obtidas através das respostas dos questionários.

### **Aplicação dos questionários**

As *surveys* foram carregadas no aplicativo *on-line* Google Formulários (<https://www.google.com/intl/pt-BR/forms/about/>) e encaminhadas para as universidades e empresas selecionadas.

### **Análise dos questionários**

Os questionários foram avaliados em termos quantitativos e qualitativos. Em termos quantitativos, dados numéricos (por exemplo, custos do metro quadrado instalado) foram analisados através de estatísticas descritivas, para se obter estimativas de valores médios praticados no mercado brasileiro.

Qualitativamente, as respostas dos entrevistados foram analisadas de forma a se identificarem os principais materiais, tipos de substratos e vegetação, objetivos da instalação dos telhados verdes entre outras informações exploradas nos formulários. A frequência das respostas foi avaliada, de forma a se identificarem padrões e tendências nas

empresas respondentes e no ensino da tecnologia nas universidades públicas.

## **RESULTADOS**

### **Questionário mercadológico**

#### **Resultados empresa A (EA)**

A Empresa A (EA) utiliza uma tecnologia desenvolvida no Japão e atua no Brasil desde 2008, utilizando material de fabricação nacional para fornecer telhados extensivos e intensivos. Cerca de 80% das propostas consolidadas pela EA utilizam telhados verdes extensivos. Não há espécies vegetais padronizadas para os TV construídos pela EA, no entanto, são priorizadas espécies adequadas ao clima da região de cada projeto.

O telhado verde disponibilizado pela EA é constituído por quatro componentes: lona plástica (200 micras), manta geodrenante (1 cm), manta geotêxtil tipo bidim (2,4 mm a 3,2 mm) e um substrato *premium EA* (aproximadamente 4 cm de substrato). A tecnologia utilizada permite captar e reutilizar a água da chuva. Por se tratar de uma tecnologia de base orgânica, a vida útil é indeterminada, sendo a degradação do substrato estimada em aproximadamente 1% ao ano.

Em relação aos materiais utilizados na construção do telhado e à sua destinação após o término da vida útil dos projetos desenvolvidos pela EA, verifica-se que a manta geodrenante é composta de material reciclado; além disso, após o término da vida útil dos TV fornecidos pela EA, o substrato orgânico pode ser incorporado ao solo, e as mantas podem ser reutilizadas, uma vez que são geotêxtis e imputrescíveis.

A manutenção do substrato dos TV instalados pela EA consiste em uma adubação anual; já a vegetação recebe manutenção comum aos jardins (incluindo podas e limpezas mensais). A irrigação é definida pelo tipo de vegetação especificada em projeto, sendo utilizado gotejamento para espécies de forrações, arbustivas e árvores e aspersão para gramados. O uso da água para irrigação dos telhados verdes da EA é de aproximadamente

720 L/ano.m<sup>2</sup>, dependendo do projeto e da região.

Todos os clientes da EA adquirem TV visando ao conforto térmico, à captação de água da chuva e à estética e paisagismo, de forma combinada. Além disso, segundo a EA, 100% dos seus clientes também mencionam os benefícios indiretos propiciados pelos TV (aumento do bem-estar e da biodiversidade urbana) como fatores motivadores para a instalação dos telhados. O perfil típico do consumidor de TV da EA é corporativo, e a região brasileira com mais clientes é a Sudeste.

O custo médio<sup>3</sup> do metro quadrado de TV instalado pela EA é de US\$ 88,96 por m<sup>2</sup>. O custo médio de manutenção em um sistema simples, envolvendo somente podas regulares, é de aproximadamente US\$ 533,76 por ano.m<sup>2</sup>.

Em termos de incentivo governamental para a implantação de telhados verdes no Brasil, algumas cidades possuem o IPTU Verde (desconto no valor do imposto predial e territorial urbano para o contribuinte que construir ou reformar a edificação, implantando os seguintes sistemas: captação e reuso da água, geração de energia, tratamento de resíduos, aproveitamento bioclimático e uso de materiais provenientes de fontes naturais renováveis ou recicladas). Na visão EA, as principais barreiras para a disseminação dos TV no Brasil são: a questão cultural, a falta de conhecimento sobre a tecnologia e seus benefícios e, além desses, o custo.

### Resultados empresa B (EB)

A Empresa B (EB) atua no Brasil desde 1986 e utiliza material de fabricação nacional para fornecer telhados extensivos. A EB vende aproximadamente 200 m<sup>2</sup> de telhado verde extensivo por mês. Na seleção de plantas, as características climáticas de diferentes áreas do Brasil são levadas em conta. A principal espécie de planta utilizada é a grama-amendoim (*Arachis repens*), que dispensa podas periódicas e é largamente utilizada para a proteção de taludes e como pastagem.

Os telhados verdes disponibilizados pela EB são constituídos por três componentes: manta plástica, manta geotêxtil e as bandejas de

plantio. O sistema de irrigação é automatizado, e os TV comercializados pela empresa não permitem captar água da chuva. Com a manutenção trimestral, o tempo da sua vida útil é indeterminado.

Em relação aos materiais utilizados na construção dos TV e à sua destinação após o término da vida útil do projeto, o substrato é feito com aproveitamento de materiais orgânicos. Nenhum dos telhados verdes implantados pela EB foi até o momento desfeito, não havendo sistemática definida para a destinação dos resíduos gerados após essa fase.

As adaptações estruturais necessárias para a implantação dos TV fornecidas pela EB consistem em i) impermeabilização da laje conforme normas ABNT 15352 (ASSOCIAÇÃO BRASILEIRA DE NORMAS TÉCNICAS, 2006) e ABNT 9952 (ASSOCIAÇÃO BRASILEIRA DE NORMAS TÉCNICAS, 2014), com inclinação a ser determinada pelo engenheiro segundo o tamanho da laje, e ii) a drenagem com ralos, segundo norma ABNT 10844 (ASSOCIAÇÃO BRASILEIRA DE NORMAS TÉCNICAS, 1989).

A EB indica uma manutenção a cada três meses em seus TV. A irrigação utilizada durante o período seco ocorre através de mangueira gotejadora, sendo que a empresa não possui um valor de referência sobre o uso de água em seus telhados, devido à variabilidade hidroclimática dos locais de instalação.

Todos os clientes da EB adquirem telhados verdes por conta, principalmente, dos ganhos estéticos oferecidos pelos TV. Segundo a EB, 100% dos clientes também mencionam os benefícios indiretos dos TV no momento da sua aquisição, dando ênfase ao aumento da biodiversidade urbana. Segundo a empresa, o perfil típico de seus consumidores possui nível de escolaridade superior completo, sendo a região Sudeste o seu maior mercado (em especial, os estados de São Paulo e Rio de Janeiro).

O custo médio do metro quadrado dos TV instalados pela EB é de US\$ 75,99 por m<sup>2</sup>, sendo o custo anual médio de manutenção de aproximadamente US\$ 7,60 por m<sup>2</sup>.

<sup>3</sup> Considerando a cotação do dólar em 30/04/2019: US\$ 1,00 = R\$ 3,93.

A EB acredita que não exista barreiras para a disseminação dos TV no Brasil e também desconhece incentivos governamentais para a sua implantação no país.

### Questionário acadêmico

Aproximadamente 70% dos cursos analisados não possuem, explicitamente, a temática de telhados verdes como conteúdo de alguma disciplina do curso da graduação. Contudo, 25% desses abordam a temática na pós-graduação ou em disciplinas optativas.

Nos outros 30% – cursos que afirmaram abordar a temática de TV explicitamente em seus cursos de graduação –, o tema se insere em disciplinas como Paisagismo, Tecnologia de recursos materiais, Sistemas construtivos, Saneamento urbano e Urbanismo III. Essas disciplinas possuem carga horária total variando de 30 a 60 horas/aula, sendo o conteúdo de TV ministrado, em média, durante 2 horas/aula.

Observa-se que 58,8% dos cursos respondentes que não abordam os TV têm interesse em incluí-lo em seu currículo. As disciplinas citadas, cujo conteúdo poderia abranger os TV, incluem: Geotecnia ambiental, Tecnologia arquitetônica, Introdução à Engenharia Civil, Ciências do ambiente, Construção de edifícios, Instalações prediais 1, Atelier 3, 4, 5 e 7, Paisagismo 1 e 2, Desempenho térmico, Urbanismo, Habitabilidade das edificações, Planejamento urbano e Gestão ambiental.

Em relação à demanda por parte dos alunos para que a tecnologia dos TV seja abordada, aproximadamente 47% dos cursos respondentes afirmaram que os alunos demonstram interesse pela temática, utilizando-a em projetos de algumas disciplinas, bem como em trabalhos de conclusão de curso. Uma das universidades respondentes citou que nem todos os alunos têm a percepção da importância do tema, apesar de a cidade na qual a universidade está sediada possuir uma Lei Municipal que torna obrigatória a instalação dos telhados verdes e outras providências para a melhoria da qualidade ambiental das edificações.

## DISCUSSÃO

Apesar do pequeno tamanho da amostra de empresas, as duas que responderam o questionário utilizam materiais nacionais para a construção de telhado verde, sugerindo a disponibilidade de matérias-primas para o desenvolvimento dessa tecnologia no Brasil.

Em relação aos materiais utilizados para constituir os TV, a vegetação utilizada é o item de maior variabilidade, uma vez que as espécies vegetais são escolhidas com base nas características hidroclimáticas do local de implantação. Em relação à captação da água de chuva e à instalação de sistemas de aquecimento solar de água integrados aos TV, o resultado é divergente, sendo que uma das empresas associa essas duas tecnologias ao TV, enquanto a outra não utiliza essa associação.

Em relação à irrigação, as duas empresas respondentes utilizam o sistema de gotejamento, que é reconhecidamente um dos mais eficientes em termos de uso e aproveitamento da água. Esse resultado era esperado, tendo em vista que o uso de técnicas de irrigação menos eficiente seria incoerente do ponto de vista de uma edificação sustentável.

Em termos de descarte dos materiais utilizados nos TV após o término de sua vida útil, um ponto comum é a possibilidade de agregação do substrato ao solo, tendo em vista seu caráter orgânico, e também a possibilidade de reutilização das mantas geotêxteis.

Os clientes das empresas respondentes concentram-se na região Sudeste, principalmente nos estados de São Paulo e Rio de Janeiro. Segundo os respondentes, os clientes almejam conforto térmico, captação de água de chuva, estética e paisagismo através da implantação dos telhados verdes e consideram, também, os benefícios indiretos dos TV. O custo de instalação dos TV varia de US\$ 88,96 por m<sup>2</sup> a US\$ 75,99 por m<sup>2</sup>.

Em termos acadêmicos, os TV ainda são pouco abordados nos currículos dos cursos de Engenharia Civil e Arquitetura do Brasil, apesar do tema ser demandado pelos alunos. Os cursos que já abordam a tecnologia, em geral, o fazem de forma superficial, com uma carga horária de aproximadamente 2 horas/aula. Essa

carência no ensino da temática é muitas vezes atenuada através de atividades como trabalhos de conclusão de curso e projetos de disciplinas.

## CONCLUSÕES

A baixa adesão de empresas ao questionário (*survey*) impediu uma análise mais representativa do mercado de telhados verdes no Brasil. Apesar disso, as informações obtidas sugerem algumas tendências do mercado:

- a) as empresas brasileiras utilizam material nacional para a construção de telhados verdes;
- b) a maior demanda do mercado é por telhados verdes extensivos;
- c) o tipo de vegetação utilizado varia conforme as características hidroclimáticas da região de instalação;
- d) os resíduos gerados após o final da vida útil dos telhados verdes podem ser reutilizados;
- e) o sistema de irrigação predominante é o por gotejamento;
- f) além dos benefícios técnicos (conforto térmico e captação de água de chuva), os benefícios estéticos/paisagismo proporcionados pelos telhados verdes são motivos importantes considerados pelos consumidores dessa tecnologia. Benefícios indiretos (como o aumento da biodiversidade urbana) também são considerados pelos consumidores;
- g) o custo médio de implantação dos TV é da ordem de US\$ 82,47 por m<sup>2</sup>.

Em termos acadêmicos, a abordagem da temática de telhados verdes ainda é incipiente nos cursos de Engenharia Civil e Arquitetura do Brasil. Mesmo nos cursos em que o tema é abordado, a carga horária a ele dedicada é extremamente baixa. Apesar disso, o interesse dos alunos pelo tema se mostrou elevado. Somado a esse interesse os grandes benefícios que os telhados verdes podem propiciar a edificações, conclui-se ser necessária a revisão dos currículos dos cursos de Engenharia Civil e Arquitetura brasileiros, de forma a inserir esse tema nas suas grades curriculares.

## AGRADECIMENTOS

Agradecemos aos pesquisadores que colaboraram com a concepção dos questionários.

## REFERÊNCIAS

- ALEXANDRI, E.; JONES, P. Temperature decreases in an urban canyon due to green walls and green roofs in diverse climates. **Building and Environment**, v. 43, n. 4, p. 480–493, abr. 2008.
- ASSOCIAÇÃO BRASILEIRA DE NORMAS TÉCNICAS. **ABNT NBR 10844:1989**. Instalações prediais de águas pluviais - Procedimento. Rio de Janeiro, ABNT, 1989.
- \_\_\_\_\_. **ABNT NBR 15352:2006**. Mantas termoplásticas de polietileno de alta densidade (PEAD) e de polietileno linear (PEBDL) para impermeabilização. Rio de Janeiro, ABNT, 2006.
- \_\_\_\_\_. **ABNT NBR 9952:2014**. Manta asfáltica para impermeabilização. Rio de Janeiro, ABNT, 2014.
- BIBRI, S. E.; KROGSTIE, J. Smart sustainable cities of the future: An extensive interdisciplinary literature review. **Sustainable Cities and Society**, v. 31, p.183-212, mai. 2017.
- CASTLETON, H. F. et al. Green roofs; building energy savings and the potential for retrofit. **Energy and Buildings**, v. 42, n. 10, p. 1582-1591, out. 2010.
- CUFFNEY, T. F. et al. Responses of benthic macroinvertebrates to environmental changes associated with urbanization in nine metropolitan areas. **Ecological Applications**, v. 20, n. 5, p. 1384-1401, jul. 2010.
- CZEMIEL BERNDTSSON, J. Green roof performance towards management of runoff water quantity and quality: A review. **Ecological Engineering**, v. 36, n. 4, p. 351-360, abr. 2010.
- GREGOIRE, B. G.; CLAUSEN, J. C. Effect of a modular extensive green roof on stormwater

- runoff and water quality. **Ecological Engineering**, v. 37, n. 6, p. 963-969, jun. 2011.
- GRIMMOND, S. Urbanization and global environmental change: local effects of urban warming. **The Geographical Journal**, v. 173, n. 1, p. 83-88, mar. 2007.
- HUBACEK, K. et al. Environmental implications of urbanization and lifestyle change in China: Ecological and Water Footprints. **Journal of Cleaner Production**, v. 17, n. 14, p. 1241-1248, set. 2009.
- JIM, C. Y. An archaeological and historical exploration of the origins of green roofs. **Urban Forestry & Urban Greening**, v. 27, n. May, p. 32-42, out. 2017.
- MENTENS, J.; RAES, D.; HERMY, M. Green roofs as a tool for solving the rainwater runoff problem in the urbanized 21st century? **Landscape and Urban Planning**, v. 77, n. 3, p. 217-226, ago. 2006.
- MILLER, J. D.; HUTCHINS, M. The impacts of urbanisation and climate change on urban flooding and urban water quality: A review of the evidence concerning the United Kingdom. **Journal of Hydrology: Regional Studies**, v. 12, n. July, p. 345-362, ago. 2017.
- MUTATKAR, R. K. Public health problems of urbanization. **Social Science & Medicine**, v. 41, n. 7, p. 977-981, out. 1995.
- NAGASE, A.; DUNNETT, N. Amount of water runoff from different vegetation types on extensive green roofs: Effects of plant species, diversity and plant structure. **Landscape and Urban Planning**, v. 104, n. 3-4, p. 356-363, mar. 2012.
- OBERNDORFER, E. et al. Green Roofs as Urban Ecosystems: Ecological Structures, Functions, and Services. **BioScience**, v. 57, n. 10, p. 823-833, nov. 2007.
- PARIZOTTO, S.; LAMBERTS, R. Investigation of green roof thermal performance in temperate climate: A case study of an experimental building in Florianópolis city, Southern Brazil. **Energy and Buildings**, v. 43, n. 7, p. 1712-1722, jul. 2011.
- ROWE, D. B. Green roofs as a means of pollution abatement. **Environmental Pollution**, v. 159, n. 8-9, p. 2100-2110, ago. 2011.
- SANTAMOURIS, M. Cooling the cities – A review of reflective and green roof mitigation technologies to fight heat island and improve comfort in urban environments. **Solar Energy**, v. 103, p. 682-703, maio 2014.
- SETO, K. C.; SATTERTHWAITE, D. Interactions between urbanization and global environmental change. **Current Opinion in Environmental Sustainability**, v. 2, n. 3, p. 127-128, ago. 2010.
- SHAHBAZ, M. et al. Economic growth, electricity consumption, urbanization and environmental degradation relationship in United Arab Emirates. **Ecological Indicators**, v. 45, p. 622-631, out. 2014.
- SWAN, A. How increased urbanisation has induced flooding problems in the UK: A lesson for African cities? **Physics and Chemistry of the Earth, Parts A/B/C**, v. 35, n. 13-14, p. 643-647, jan. 2010.
- TAKEBAYASHI, H.; MORIYAMA, M. Surface heat budget on green roof and high reflection roof for mitigation of urban heat island. **Building and Environment**, v. 42, n. 8, p. 2971-2979, ago. 2007.
- TAN, C. L. et al. Impact of soil and water retention characteristics on green roof thermal performance. **Energy and Buildings**, v. 152, p. 830-842, out. 2017.
- THE UNITED NATIONS. **Sustainable Development Goals: Goal 11: Make cities inclusive, safe, resilient and sustainable.** Disponível em: <<https://www.un.org/sustainabledevelopment/cities/>>. Acesso em: 26 abr. 2019.
- TIAN, Y. et al. Study on heat fluxes of green roofs based on an improved heat and mass transfer model. **Energy and Buildings**, v. 152, p. 175-184, out. 2017.
- VASL, A. et al. Sedum — Annual plant interactions on green roofs: Facilitation, competition and exclusion. **Ecological Engineering**, n. February, p. 1-12, ago. 2017.

VIEIRA, N. L. et al. Potential of utilization of rain water excess for irrigation of green roofs in Mato Grosso, Brasil. **Engenharia Agrícola**, v. 33, n. 4, p. 857-864, ago. 2013.

WHITTINGHILL, L. J.; ROWE, D. B. The role of green roof technology in urban agriculture. **Renewable Agriculture and Food Systems**, v. 27, n. 04, p. 314-322, dez. 2012.

WILKINSON, S. et al. Evaluating the Thermal Performance of Retrofitted Lightweight Green Roofs and Walls in Sydney and Rio de Janeiro. **Procedia Engineering**, v. 180, n. 0, p. 231-240, 2017.

YANG, J.; YU, Q.; GONG, P. Quantifying air pollution removal by green roofs in Chicago. **Atmospheric Environment**, v. 42, n. 31, p. 7266-7273, out. 2008.

## APÊNDICES

### APÊNDICE A – E-MAIL PADRÃO PARA CONSULTA A PESQUISADORES

Email title: Scientific initiation on green roofs in Brazil

Dear .....

I am a student of the third year of the Environmental Engineering course at UNESP ([www.ict.unesp.br](http://www.ict.unesp.br)), in São José dos Campos, Brazil. I am developing a scientific initiation project entitled "THE TECHNOLOGICAL STATUS OF GREEN ROOFS IN BRAZIL". The objective of the project is to identify the main technologies and costs of installing green roofs in Brazil, as well as the profile of the main buyers of this type of system. My supervisor is Prof. Dr. Mateus Vilanova, from ICT/UNESP (<http://www.researcherid.com/rid/H-3928-2017>).

We are preparing a survey that we will apply to companies that work with green roofs in Brazil. This questionnaire will be the basis for the characterization of the green roof market in the country. For the conception of the questionnaire, we are consulting researchers who have relevant published works on the subject, in the Scopus and Web of Science bases. I came to you after a review of the literature on these bases, because of your article .....

I would like to ask you for a small contribution in the conception of the survey. **I would like to know what are, in your opinion, the main questions and technological aspects that you think are relevant to the characterization of the green roofing market in**

### Brazil.

If you agree to collaborate, I would also like to ask you for permission to cite your name in the project acknowledgments and possible publications, as one of the researchers who collaborated with the survey design. I would like to remind you that you can collaborate with the design of the survey without having your name mentioned.

Thank you very much!

Maysa Rocha  
Environmental Engineering Student  
ICT/UNESP

### APÊNDICE B – QUESTIONÁRIO MERCADOLÓGICO

#### Aspectos tecnológicos

- 1 – A sua empresa fornece telhados extensivos e intensivos? Qual é a porcentagem aproximada de venda de cada um desses dois tipos?
- 2 – Os materiais utilizados são fabricados no Brasil ou são importados? Se importados, quais são os principais países fornecedores?
- 3 – Quais são os tipos de plantas utilizados nos seus telhados verdes?
- 4 – Na seleção das plantas, são consideradas as características climáticas de diferentes áreas do Brasil?
- 5 – Qual é o material e a espessura do substrato utilizado nos tipos de telhado verde que a sua empresa comercializa?
- 6 – Os telhados verdes comercializados pela sua empresa permitem captar e utilizar a água de chuva?
- 7 – Qual é a vida útil dos telhados verdes comercializados pela sua empresa?
- 8 – Com que frequência é necessário fazer a manutenção dos telhados?
- 9 – Considerando as espécies vegetais utilizados nos telhados verdes da sua empresa, quais sistemas de irrigação são utilizados durante o período seco? Qual é o consumo médio de água anual por m<sup>2</sup> de telhado?
- 10 – Que tipo de adaptação estrutural/civil é normalmente necessária para a implantação dos telhados verdes comercializados pela sua empresa?
- 11 – Os telhados verdes comercializados pela sua empresa podem ser instalados em conjuntos com sistemas de aquecimento solar de água?
- 12 – Algum dos materiais utilizados na construção dos seus telhados verdes tem origem em materiais reciclados? Quais são eles?
- 13 – Após o término da vida útil dos telhados verdes, qual é a destinação dos materiais/resíduos gerados?

#### Aspectos relacionados aos consumidores

- 14 – Qual é o principal motivo pelo qual os seus

clientes adquirem telhados verdes (marque uma opção): (1) conforto térmico; (2) captação de água de chuva; (3) estética e paisagismo; (4) a combinação dos motivos citados anteriormente; (5) outros – cite.

15 – Quais parcelas dos seus clientes são dos seguintes seguimentos (resposta em porcentagem): domésticos/residências unifamiliares ( %); condomínios/prédios ( %); prédios públicos ( %), indústrias e empresas ( %)/ outros ( %).

16 – Existe um perfil típico do seu consumidor doméstico/residencial? Se sim, descreva este perfil.

17 – Quais cidades/regiões do Brasil mais compram os telhados verdes da sua empresa?

### Aspectos econômicos e financeiros

18 – Qual é o custo médio do m<sup>2</sup> de telhado verde instalado?

19 – Qual é o custo médio de manutenção?

20 – Você conhece algum tipo de incentivo governamental para a implantação de telhados verdes no Brasil? Se sim, cite por favor.

21 – Vocês possuem alguma estimativa dos benefícios econômicos propiciados pelos seus telhados verdes? Por exemplo: em decorrência da redução do consumo de energia para climatização de ambientes, ou da redução do consumo de água a partir da captação de água de chuva? Se sim, cite os valores.

22 - Considerando os benefícios mencionados na pergunta anterior, qual é o tempo de retorno médio do investimento em telhados verdes no Brasil?

### Aspectos gerais

23 – Quais são, na sua opinião, as principais barreiras para a disseminação dos telhados verdes no Brasil?

24 – Os seus clientes mencionam benefícios indiretos (tais como aumento do bem-estar e da biodiversidade urbana) dos telhados verdes como fatores motivadores para a sua compra?

25 – Você gostaria de fazer algum comentário ou apresentar alguma informação não contemplada no questionário, que você julgue relevante para a caracterização do panorama tecnológico dos telhados verdes no Brasil?

## APÊNDICE C – QUESTIONÁRIO ACADÊMICO

1 - A tecnologia de telhados verdes compõe, explicitamente, o conteúdo de alguma disciplina do curso? Se sim, de quais disciplinas?

2 - Qual é a carga horária aproximada dedicada ao tema?

3 - Caso a tecnologia ainda não componha o conteúdo de nenhuma disciplina do curso, existe a intenção de

incluí-la?

4 - Quais disciplinas do curso podem abordar o conteúdo de forma transversal e integrada?

5 - Existe alguma demanda, por parte dos alunos, de que esta tecnologia seja abordada no curso?

## APÊNDICE D – UNIVERSIDADES INICIALMENTE SELECIONADAS

**Engenharia Civil:** Universidade Federal do Rio de Janeiro (UFRJ), Universidade de São Paulo (USP), Universidade Federal de Minas Gerais (UFMG), Universidade Estadual de Campinas (UNICAMP), Universidade Federal do Rio Grande do Sul (UFRGS), Universidade Federal do Paraná (UFPR), Universidade Federal de Pernambuco (UFPE), Universidade Estadual Paulista “Júlio de Mesquita Filho” (UNESP/Bauru), Universidade Federal de Santa Catarina (UFSC), Universidade Federal de Santa Catarina (UFSCAR), Universidade de Brasília (UNB), Universidade Federal Fluminense (UFF), Universidade Federal de Santa Maria (UFSM), Universidade Federal de Viçosa (UFV), Universidade Estadual de Maringá (UEM), Universidade Tecnológica Federal do Paraná (UFTPR), Universidade Federal da Bahia (UFBA), Instituto Tecnológico de Aeronáutica (ITA), Universidade Federal do Ceará (UFC), Universidade Estadual de Londrina (UEL), Universidade Estadual do Rio de Janeiro (UERJ), Universidade Federal de Goiás (UFG), Universidade Federal do Espírito Santo (UFES), Universidade Federal de Alagoas (UFAL), Universidade Federal de Sergipe (UFS), Universidade Federal do Rio Grande do Norte (UFRN), Universidade Federal do Piauí (UFPI), Universidade de Pernambuco (UPE), Universidade Regional do Blumenau (FURB), Universidade Federal da Paraíba (UFPB);

**Arquitetura e Urbanismo:** Universidade Federal de Minas Gerais (UFMG), Universidade Federal do Rio Grande do Sul (UFRGS), Universidade de São Paulo (USP), Universidade Federal do Rio de Janeiro (UFRJ), Universidade Federal do Paraná (UFPR), Universidade Federal de Santa Catarina (UFSC), Universidade Estadual de Campinas (UNICAMP), Universidade de Brasília (UNB), Universidade Federal da Bahia (UFBA), Universidade Estadual de Londrina (UEL), Universidade Estadual Paulista “Júlio de Mesquita Filho” (UNESP/Bauru), Universidade Federal de Pernambuco (UFPE), Universidade Federal do Ceará (UFC), Universidade Federal de Goiás (UFG), Universidade Federal do Pará (UFPA), Universidade Estadual de Maringá (UEM), Universidade Federal do Rio Grande do Norte (UFRN), Universidade Federal Fluminense (UFF), Universidade Federal da Paraíba (UFPB),

Universidade Federal do Espírito Santo (UFES), Universidade Federal do Piauí (UFPI), Universidade Federal de Alagoas (UFAL), Universidade Federal de Sergipe (UFS), Universidade Federal de Uberlândia (UFU), Universidade Federal de Campina Grande (UFCG), Universidade de Taubaté (UNITAU),

Universidade Federal de Pelotas (UFPEL), Universidade Regional de Blumenau (FURB), Universidade do Estado de Santa Catarina (UDESC), Universidade Federal de Ouro Preto (UFOP).

---

## DADOS BIOGRÁFICOS DOS AUTORES



**Maysa de Araújo Rocha** – Graduação em andamento em Engenharia Ambiental pela Universidade Estadual Paulista “Júlio de Mesquita Filho” (UNESP), Instituto de Ciência e Tecnologia, *campus* de São José dos Campos. Pesquisadora (Iniciação Científica) do Grupo de Recursos Hídricos, Hidrologia e Hidráulica Aplicadas. Desenvolve pesquisas na área de cidades sustentáveis.



**Mateus Ricardo Nogueira Vilanova** – Graduado em Engenharia Hídrica (2005) e Mestre em Engenharia da Energia (2008) pela Universidade Federal de Itajubá (UNIFEI). Doutor em Engenharia Mecânica (2012) pela Universidade Estadual Paulista “Júlio de Mesquita Filho” (UNESP), Faculdade de Engenharia de Guaratinguetá (FEG). É Professor Assistente Doutor do Departamento de Engenharia Ambiental do Instituto de Ciência e Tecnologia (São José dos Campos), UNESP. Líder do “Grupo de Recursos Hídricos, Hidrologia e Hidráulica Aplicadas”. Atua nas áreas de recursos hídricos, hidrologia, hidráulica e energia. Desenvolve pesquisas relacionadas à educação para o desenvolvimento sustentável (EDS), sobretudo em relação aonexo água-energia-alimentos.