

**UNIVERSIDADE FEDERAL DE MINAS GERAIS**  
**Escola de Engenharia**  
**Programa de Pós-Graduação em Construção Civil**

Daniela de Ávila Modesto Barcelos

**ANÁLISE DAS CAUSAS RAÍZES QUE DIFICULTAM A ADOÇÃO DE TELHADOS  
VERDES NAS EDIFICAÇÕES BRASILEIRAS COM UTILIZAÇÃO DA  
METODOLOGIA DELPHI**

Belo Horizonte

2021

Daniela de Ávila Modesto Barcelos

**ANÁLISE DAS CAUSAS RAÍZES QUE DIFICULTAM A ADOÇÃO DE TELHADOS  
VERDES NAS EDIFICAÇÕES BRASILEIRAS COM UTILIZAÇÃO DA  
METODOLOGIA DELPHI**

Dissertação apresentada ao Programa de Pós Graduação em Construção Civil da Universidade Federal de Minas Gerais como requisito parcial para obtenção do título de Mestre em Construção Civil. Área de concentração: Tecnologia na Construção Civil. Linha de pesquisa: Materiais de Construção Civil.

Orientadora: Profa. Dra. Cristiane Machado

Parisi Jonov

Co-Orientador: Prof. Dr. Adriano de Paula e

Silva

Belo Horizonte

2021

B242a

Barcelos, Daniela de Ávila Modesto.

Análise das causas raízes que dificultam a adoção de telhados verdes nas edificações brasileiras com utilização da Metodologia Delphi [recurso eletrônico] / Daniela de Ávila Modesto Barcelos. - 2021.

1 recurso online (110 f. : il., color.) : pdf.

Orientadora: Cristiane Machado Parisi Jonov.

Coorientador: Adriano de Paula e Silva.

Dissertação (mestrado) - Universidade Federal de Minas Gerais, Escola de Engenharia.

Bibliografia: f: 91-100.

1. Construção civil - Teses. 2. Cobertura verde - Teses. 3. Delphi, Método – Teses. I. Jonov Parisi, Cristiane Machado. II. Silva, Adriano de Paula e. III. Universidade Federal de Minas Gerais. Escola de Engenharia. IV. Título.

CDU: 691 (043)

DANIELA DE ÁVILA MODESTO BARCELOS

**ANÁLISE DAS CAUSAS RAÍZES QUE DIFICULTAM A ADOÇÃO DOS  
TELHADOS VERDES NAS EDIFICAÇÕES BRASILEIRAS COM  
UTILIZAÇÃO DA METODOLOGIA DELPHI**

Esta dissertação foi julgada adequada para a obtenção do título de Mestre em Construção Civil e aprovada em sua forma final pelo Mestrado em Construção Civil do Departamento de Engenharia de Materiais e Construção da Escola de Engenharia da Universidade Federal de Minas Gerais.

Belo Horizonte, 12 de agosto de 2021.

BANCA EXAMINADORA

**Cristiane Machado**  
**Parisi:89497244649**

Assinado de forma digital por  
Cristiane Machado  
Parisi:89497244649  
Dados: 2021.09.13 10:28:27 -03'00'

Prof<sup>a</sup>. Dra. Cristiane Machado Parisi Jonov  
(Orientadora)

UFMG

**Adriano de Paula e  
Silva:36512460600**

Assinado de forma digital por Adriano  
de Paula e Silva:36512460600  
Dados: 2021.09.13 10:29:24 -03'00'

Prof. Dr. Adriano de Paula e Silva  
(Coorientador)

UFMG

**Danielle Meireles de  
Oliveira:04897576695**

Assinado de forma digital por  
Danielle Meireles de  
Oliveira:04897576695  
Dados: 2021.09.10 14:34:09 -03'00'

Prof<sup>a</sup>. Dr<sup>a</sup>. Danielle Meireles de Oliveira  
UFMG

**Nilo de Oliveira  
Nascimento**

Assinado de forma digital por Nilo de  
Oliveira Nascimento  
Dados: 2021.09.02 15:13:44 -03'00'

Prof. Dr. Nilo de Oliveira Nascimento  
UFMG/SMARH

Os referidos membros e a aluna participaram da defesa por meio de videoconferência.

À Santíssima Trindade e à Virgem Maria, pela oportunidade a mim concedida e pelo sustento durante o percurso.

Ao meu lindo filho Marcos Vinícius, que me ensina mais da vida e me aclara um mundo repleto de cores vibrantes. Você é o maior e melhor presente que o Pai Celeste me concedeu!

## **AGRADECIMENTOS**

Após algumas dificuldades enfrentados ao longo deste percurso, finalmente consegui realizar a presente dissertação, no entanto nada teria conquistado se não fosse a presença de alguns envolvidos que me ajudaram durante esta caminhada.

Agradeço primeiramente a Deus por me conceder todos os dons e graças necessárias para a realização deste trabalho. e a minha Mãe Celeste, companheira de todas as horas, por me amparar a cada momento.

A minha mãe, um dos maiores amores de minha vida. Se consegui chegar até aqui, é por sua luta e suor diário ofertados por muitos anos com gratuidade;

Ao Marcos Vinícius pelas ausências e momentos de impaciência;

Ao meu esposo e toda minha família pelo carinho e pela confiança com que foram me animando nos momentos mais difíceis da realização deste trabalho;

À professora Dra. Cristiane Machado Parisi Jonov e ao professor Dr. Adriano de Paula e Silva pelas orientações, ensinamentos, incentivos e por toda ajuda dispensada ao longo do percurso. Sobretudo, agradeço pela confiança depositada neste trabalho.

Aos especialistas consultados nas três rodadas de questionário, pela dedicação e disponibilidade em compartilharem os seus conhecimentos e experiências, decisivos para o desenvolvimento deste trabalho.

Ao professor Dr. White José dos Santos, pela apresentação de ferramentas de pesquisa que muito contribuíram para a realização deste trabalho.

Ao diretor do Departamento de Obras, Sr. Hugo Públio, pela flexibilidade em relação aos horários de trabalho.

A todos aqueles que, de alguma forma ou de outra, contribuíram para esta pesquisa.

## RESUMO

Sistemas de telhados verdes são considerados uma prática sustentável para mitigar os efeitos adversos da urbanização em áreas densamente povoadas. Telhados verdes mitigam ilhas de calor urbano, retêm águas pluviais e reduzem o pico de fluxo e escoamento, melhoram a qualidade do ar urbano, absorvem as emissões sonoras, aumentam a eficiência térmica dos edifícios e proporcionam efeito estético agradável as edificações. Alemanha, França, Reino Unido, Hong Kong, EUA, Canadá, Austrália, Cingapura, Japão e outros países estão incentivando a instalação de telhados verdes durante a construção de novas edificações e adaptando as antigas para que esta técnica se torne realidade num futuro próximo. No entanto, a utilização deste tipo de cobertura em países e regiões em desenvolvimento ainda é pouco difundida. O objetivo desta pesquisa é identificar as causas raízes que dificultam a adoção de telhados verdes nas edificações brasileiras. A compreensão das barreiras profundas é importante para promover a implementação de telhados verdes em larga escala e consequentemente, alcançar os benefícios de sua instalação. Esta pesquisa foi desenvolvida através de revisão de literatura técnica e pesquisa de campo (questionário) com especialistas com adoção da Metodologia Delphi. Os resultados mostraram que as principais barreiras para a adoção dos telhados verdes nas edificações brasileiras estão associadas a questões econômicas e de conhecimento da tecnologia e que existem barreiras associadas a todos os estágios do ciclo de vida do edifício, incluindo as fases de planejamento e projeto, construção e operação e gerenciamento.

Palavras-chave: Telhado verde. Implantação. Barreiras. Metodologia Delphi

## **ABSTRACT**

Green roof systems are considered a sustainable practice to mitigate the adverse effects of urbanization in densely populated areas. Green roofs mitigate urban heat islands, retain rainwater and generate peak flow and runoff, improve urban air quality, absorb noise losses, increase the thermal efficiency of buildings and provide a pleasing aesthetic effect as buildings. Germany, France, UK, Hong Kong, USA, Canada, Australia, Singapore, Japan and other countries are encouraging the installation of green roofs during the construction of new buildings and adapting the old ones so that this technique becomes a reality in the near future. However, the use of this type of coverage in developing countries and regions is still not widespread. The objective of this research is to identify root causes that hinder the adoption of green roofs in Brazilian buildings. Understanding the deep barriers is important to promote the implementation of green roofs on a large scale and consequently, to achieve the benefits of their installation. This research was developed through a review of technical literature and field research (questionnaire) with experts using the Delphi Methodology approach. The essential results are that the main barriers to the adoption of green roofs in Brazilian buildings are associated with problems of knowledge and knowledge of the technology and that there are barriers associated with all stages of the building's life cycle, including the planning phases and design, construction and operation and management. The abstract should contain similar information than in "resumo" and must be written in english. Avoid using automatic translation.

**Keywords:** Green roof. Implantation. Barriers. Delphi Methodology



## LISTA DE FIGURAS

Figura 1: Representação gráfica das tipologias de telhados verdes. ....	21
Figura 2: Telhado verde intensivo do LDS Assembly Hall - Salt Lake City, Utah. ....	22
Figura 3: Detalhe do telhado verde do LDS Assembly Hall - Salt Lake City, Utah. ....	22
Figura 4: Telhado extensivo da biblioteca da cidade de Vancouver. ....	14
Figura 5: Vista superior do telhado da biblioteca da cidade de Vancouver. ....	14
Figura 6: Estrutura típica dos telhados verdes. ....	15
Figura 7: Diferentes espécies de Sedum (album, acre, reflexum, spurium). ....	16
Figura 8: Ilustração representativa dos Jardins Suspensos da Babilônia. ....	17
Figura 9: Telhado Verde do Palácio Gustavo Capanema (Edifício do MEC), Rio de Janeiro. ....	20
Figura 10: Comparação quantitativa de estudos realizados sobre telhado verde no Brasil (claro) e no exterior (escuro). ....	21
Figura 11: Diferenças de temperatura interna conforme o tipo de cobertura. ....	27
Figura 12: Efeito ilhas de calor urbano. ....	28
Figura 13: Comparativo da gestão das água pluviais entre coberturas verdes e convencionais. ....	31
Figura 14: Telhado acessível da estação de correios John W. McCormack e Courthouse, localizado em Boston, Massachusetts. ....	35
Figura 15: Telhado verde acima da Gare Monparnesse. ....	36
Figura 16: Sequência de execução de uma pesquisa Delphi. ....	58
Figura 17: Histórico de acesso ao questionário da 1ª rodada de pesquisa. ....	64
Figura 18: Histórico de acesso ao questionário da 2ª rodada de pesquisa. ....	65
Figura 19: Histórico de acesso ao questionário da 3ª rodada de pesquisa. ....	66
Figura 20: 1ª Tela: Apresentação dos objetivos da pesquisa e agradecimento pela participação. ....	69
Figura 21: 2ª Tela: Introdução sucinta e instruções de preenchimento do questionário. ....	69
Figura 22: 3ª Tela: Indagações referentes as barreiras técnicas. ....	70
Figura 23: 4ª Tela: Indagações referentes as barreiras econômicas. ....	71
Figura 24: 5ª Tela: Indagações referentes as barreiras de conhecimento. ....	71

Figura 25: 6º Tela: Indagações referentes as barreiras de padronização e normatização. ....	72
Figura 26: 7º Tela: Indagações referentes a outras barreiras. ....	72
Figura 27: 8ª Tela: Campo em aberto destinado a contribuições adicionais. ....	73
Figura 28: <i>Layout</i> do questionário das barreiras econômicas da 2ª rodada de pesquisa, contendo as respostas obtidas na 1ª rodada. ....	73
Figura 29: <i>Layout</i> do questionário das barreiras de conhecimento da 2ª rodada de pesquisa, contendo as respostas obtidas na 1ª rodada. ....	74
Figura 30: <i>Layout</i> do questionário das barreiras de padronização e normatização da 3ª rodada de pesquisa, contendo as respostas obtidas na 2ª rodada.....	75
Figura 31: <i>Layout</i> do questionário de outras barreiras da 3ª rodada de pesquisa, contendo as respostas obtidas na 2ª rodada.....	75

## LISTA DE TABELAS

Tabela 1: Características dos tipos de telhados verdes .....	22
Tabela 2: Iniciativas públicas brasileiras de incentivo a adoção de telhados verdes .....	23
Tabela 3: Desempenho hidrológico dos telhados verdes em diferentes regiões do mundo .....	31
Tabela 4: Barreiras a adoção dos telhados verdes nas edificações brasileiras .....	38
Tabela 5: Agrupamento das barreiras e questões apresentadas no questionário .....	68
Tabela 6: Transformação da Escala de <i>Likert</i> .....	76
Tabela 7: Porcentagens obtidas na primeira rodada da pesquisa .....	78
Tabela 8: Porcentagens obtidas na segunda rodada da pesquisa .....	79
Tabela 9: Porcentagens obtidas na terceira rodada da pesquisa .....	80
Tabela 10: Pontuação, Média, Valores Mínimos e Máximos .....	81
Tabela 11: Desvio Padrão, Coeficiente de Variação e Índice de Importância Relativa .....	82
Tabela 12: Percentual de Pontuação, IIR e <i>Ranking</i> das barreiras para adoção dos telhados verdes nas edificações brasileiras.....	83
Tabela 13: Variação na colocação do <i>Ranking</i> entre as rodadas da pesquisa .....	84

## LISTA DE ABREVIATURAS E SIGLAS

ABNT	Associação Brasileira de Normas Técnicas
ANSI	Instituto Nacional Americano de Padrões
ASTM	American Society for Testing and Materials
CNPq	Conselho Nacional de Desenvolvimento Científico e Tecnológico
CV	Coeficiente de Variação
FLL	Forschungsgesellschaft Landschaftsentwicklung Landschaftsbau
IGRA	International Green Roof Association
IIR	Índice de Importância Relativa
LEED	Leadership in Energy and Environmental Design
NBR	Norma Brasileira
SD	Desvio Padrão
UFMG	Universidade Federal de Minas Gerais
USEPA	Agência Nacional de Proteção Ambiental dos EUA

## SUMÁRIO

<b>1 INTRODUÇÃO .....</b>	<b>15</b>
<b>2 OBJETIVO .....</b>	<b>18</b>
<b>3 REVISÃO BIBLIOGRÁFICA .....</b>	<b>19</b>
<b>3.1 Conceito e Tipos de telhado verde.....</b>	<b>19</b>
<b>3.2 Estrutura dos Telhados Verdes .....</b>	<b>14</b>
<b>3.3 Histórico e evolução dos telhados verdes .....</b>	<b>17</b>
<b>3.4 Panorama da adoção de telhados verdes no Brasil.....</b>	<b>21</b>
<b>3.5 Benefícios dos Telhados Verdes .....</b>	<b>25</b>
3.5.1 Benefícios Ambientais .....	26
3.5.1.1 Melhoria no Desempenho Térmico/ Eficiência energética.....	26
3.5.1.2 Mitigação do efeito das ilhas de calor urbano.....	27
3.5.1.3 Melhoria da qualidade do ar .....	28
3.5.1.4 Retenção das águas pluviais.....	29
3.5.1.5 Redução de barulho .....	32
3.5.1.6 Melhoria da qualidade da água .....	32
3.5.2 Benefícios Econômicos.....	33
3.5.3 Benefícios Sociais .....	35
<b>3.6 Barreiras enfrentadas para emprego dos telhados verdes no Brasil .....</b>	<b>37</b>
3.6.1 Incapacidade de suportar cargas adicionais .....	37
3.6.2 Aumento dos custos de projeto e construção.....	39
3.6.3 Aumento dos custos de manutenção.....	41
3.6.4 Lacunas de conhecimento público dos telhados verdes e seus benefícios .....	42

3.6.5 Ausência de dados quantificáveis referentes aos benefícios econômicos, ambientais e sociais dos telhados verdes.....	42
3.6.6 Ausência de padrões e normas referentes ao projeto e construção de telhados verdes .....	43
3.6.7 Lacunas de experiência e conhecimento.....	43
3.6.8 Dificuldades na escolha da vegetação .....	44
3.6.9 Comprometimento da qualidade da água escoada dos telhados verdes devido nutrientes provenientes do substrato.....	46
3.6.10 Falta de incentivos públicos para a implementação .....	47
3.6.11 Utilização deficiente dos telhados verdes .....	48
3.6.12 Necessidade de Irrigação suplementar no telhado.....	48
3.6.13 Falta de conscientização ambiental .....	49
3.6.14 Crença que os telhados verdes são suscetíveis ao fogo .....	49
3.6.15 Ocorrência de patologias na edificações provenientes dos telhados verdes .....	50
3.6.15.1 Umidade proveniente de alagamentos, vazamentos e infiltrações .....	50
3.6.15.2 Deformação excessiva provocada por sobrecargas/ colapso estrutural.....	51
3.6.15.3 Avarias na barreira radicular .....	51
3.6.16 Problemas nos sistemas de drenagem.....	51
3.6.17 Existência de conceitos errôneos provenientes de falhas passadas .....	52
3.6.18 Vulnerabilidade aos efeitos do vento.....	52
3.6.19 Incertezas no suprimento de materiais ecológicos .....	53
3.6.20 Dificuldades Técnicas na Construção.....	53
<b>3.7 O Método Delphi.....</b>	<b>54</b>
3.7.1 Sequência de Execução de uma pesquisa Delphi.....	57
<b>4 PROCEDIMENTO EXPERIMENTAL.....</b>	<b>59</b>
<b>4.1 Aplicação da Metodologia Delphi .....</b>	<b>61</b>
4.1.1 Seleção dos Especialistas.....	61
4.1.2 Elaboração dos Questionários .....	62

4.1.3 Realização da primeira rodada .....	63
4.1.4 Realização da segunda rodada.....	64
4.1.5 Realização da terceira rodada.....	65
<b>5 RESULTADOS.....</b>	<b>67</b>
5.1 Corpo de especialistas da pesquisa.....	67
5.2 Agrupamento das barreiras e questionário utilizado .....	67
5.3 Análise dos resultados.....	76
<b>6 DISCUSSÃO DOS RESULTADOS .....</b>	<b>85</b>
<b>7 CONCLUSÕES .....</b>	<b>89</b>
<b>REFERÊNCIAS BIBLIOGRÁFICAS.....</b>	<b>91</b>

## 1 INTRODUÇÃO

A urbanização ocasiona mudanças na paisagem, visto que as áreas verdes são substituídas por edifícios altos, superfícies pavimentadas e edificações diversas (VIJAYARAGHAVAN, 2016). Essas mudanças resultam na falta ou escassez de vegetação, que por sua vez, ocasionam aumento da temperatura e redução da humidade do ar (BERNDTSSON, 2010) contribuindo para a ocorrência das “ilhas de calor”.

No entanto, estes problemas podem ser amenizados alterando a cobertura das edificações (BERNDTSSON, 2010). A introdução de plantas nas superfícies do telhado é uma estratégia que pode minimizar os efeitos da urbanização e gerar benefícios estéticos, ambientais e econômicos. Telhados verdes, também conhecidos como telhados vegetados, ecotelhados ou telhados de jardim (ANSI, 2017) são desenvolvidos para promover o crescimento de vários tipos de vegetação no topo das edificações (VIJAYARAGHAVAN, 2016), mantendo a integridade do telhado subjacente (LUO et al., 2015). Sua utilização reduz o pico de escoamento pluvial (VILLARREAL; BENGTTSSON, 2005), (CARTER; JACKSON, 2007), (GETTER; ROWE; ANDRESEN, 2007), melhora a qualidade do ar urbano (GETTER et al., 2009), (LI et al., 2010), (CURRIE; BASS, 2008), absorve as emissões sonoras e aumenta a eficiência térmica dos edifícios (SANTAMOURIS et al., 2007), (JIM; PENG, 2012), é um remédio para o efeito das ilhas de calor (YU; HIEN, 2006), (ALEXANDRI; JONES, 2008), cria oportunidades de lazer (WILLIAMS; RAYNER; RAYNOR, 2010), contribui para o restauro da biodiversidade local (SCHRADER; BÖNING, 2006) e para o aumento da vida útil do telhado (WILLIAMS; RAYNER; RAYNOR, 2010).

Telhados verdes não são invenções atuais. Trata-se de um método utilizado na construção civil desde o século V a.C. na antiga Babilônia, conhecidos como “jardins suspensos da Babilônia” (SHAFIQUE; KIM; RAFIQ, 2018). O emprego dos telhados verdes nos moldes atuais iniciou-se na Alemanha nos anos 60, como resposta a crises energéticas (SHAFIQUE; KIM; RAFIQ, 2018). Atualmente, a aplicação de telhados verdes está se tornando cada vez mais popular em muitos países ou regiões desenvolvidos, como Reino Unido, França, Alemanha, EUA, Canadá, Cingapura, Hong Kong e Japão (CHEN et al., 2019) e seu emprego tem recebido a atenção de planejadores, pesquisadores e formuladores de políticas em países com climas quentes e úmidos (SANGKAKOOL et al., 2018). A Alemanha é considerada líder



mundial no emprego de telhados verdes, nas quais mais de 10% de seus edifícios utilizam essa tecnologia e seu uso está aumentando a cada ano cerca de 13,5 milhões de m<sup>2</sup> (SAADATIAN et al., 2013), (SHAFIQUE; KIM; RAFIQ, 2018). No Canadá (Toronto), é obrigatório a inclusão de cobertura verde em 20% a 60% da área da cobertura em edificações com área útil iguais ou superiores a 2000m<sup>2</sup> (CHEN, 2013). Tóquio (Japão) acelerou o processo de cobertura verde exigindo que todos os edifícios de nova construção tivessem telhados verdes. Edifícios privados com mais de 1000 m<sup>2</sup> e edifícios públicos com mais de 250 m<sup>2</sup> devem cobrir 20% do telhado ou pagar multa anual de USD 2000 (CHEN, 2013).

De acordo com a norma americana VF-1 (ANSI, 2017), existem três tipos de telhado verde: telhados extensivos, intensivos e semi-intensivos. Eles são classificados de acordo com a espessura da camada de substrato, também denominada meio de cultivo. Telhados extensivos possuem meio de cultivo iguais ou inferiores a 152mm e geralmente pesam entre 63 e 146 kg/m<sup>2</sup> (ANSI, 2017). A espessura da camada de substrato restringe a vegetação a um número reduzido de espécies, que se limita a gramíneas, musgos e algumas suculentas. Por outro lado, telhados verdes extensivos não exigem grandes suportes estruturais adicionais, além de ações mínimas de manutenção. Os telhados intensivos suportam ampla variedade de plantas, incluindo arbustos e pequenas árvores (VIJAYARAGHAVAN, 2016), possuem substratos com espessura superior a 152mm e pesam cerca de 171 e 488 kg/m<sup>2</sup> (ANSI, 2017). Geralmente demandam irrigação, manutenção e verificação da capacidade da estrutura para suportar a carga adicional (WILLIAMS; RAYNER; RAYNOR, 2010). Telhados verdes semi-intensivos correspondem a uma mistura dos sistemas intensivos e extensivos, pesam entre 122 e 195 kg / m<sup>2</sup> (ANSI, 2017) e podem receber quase todos os tipos de vegetação de jardim (HEIM; LUNDHOLM, 2014).

Muitos estudos sobre telhados verdes têm sido desenvolvidos. No entanto, embora exista uma grande quantidade de estudos, a aplicação de telhados verdes no Brasil ainda é muito limitada. Algumas pesquisas realizadas analisaram as principais barreiras para implantação de telhados verdes em países ou regiões desenvolvidos (ZHANG et al., 2012), (WILLIAMS; RAYNER; RAYNOR, 2010). Ao buscar o equilíbrio entre desenvolvimento ambiental e econômico, os países em desenvolvimento tendem a priorizar o desenvolvimento econômico, enquanto que os países desenvolvidos não estabelecem esta relação (CHEN et al., 2019). Assim, as conclusões obtidas com os estudos existentes são inadequadas para o Brasil, que ainda possui

condições econômicas e consciência ambiental limitada.

Devido à falta de compreensão das barreiras para implantação dos telhados verdes em países subdesenvolvidos, o objetivo desta pesquisa é analisar as causas raízes que dificultam a adoção de telhados verdes nas edificações brasileiras com utilização da Metodologia Delphi. A compreensão dos entraves profundos que dificultam a aplicação é importante para promover a implementação de telhados verdes e pode representar um fator decisivo de fomento a utilização. Será realizada uma abrangente revisão de literatura técnica de estudos anteriores para identificar com base sólida as barreiras já apontadas. Em seguida, a importância relativa de cada barreira identificada será medida através da aplicação de questionário com profissionais da construção civil envolvidos com os processos de adoção e instalação de coberturas verdes e que possuam respeitável conhecimento: projetistas, incorporadores, construtores, consultores técnicos, mantenedores, pesquisadores, formuladores de políticas públicas e profissionais envolvidos com a venda (suprimentos) dos insumos. A pesquisa de questionário será feita utilizando a Metodologia Delphi. O resultado da pesquisa possibilitará a elaboração do *ranking* das barreiras que dificultam a adoção dos telhados verdes nas edificações brasileiras.

## 2 OBJETIVO

O objetivo geral deste trabalho é analisar as causas raízes que dificultam a adoção de telhados verdes nas edificações brasileiras com utilização da Metodologia Delphi.

Para alcançar o objetivo geral foram definidos os seguintes objetivos específicos:

- Identificar as barreiras de implantação de telhados verdes apontadas na literatura técnica;
- Criar o *ranking* das barreiras à adoção de telhados verdes nas edificações brasileiras através de pesquisa de questionário utilizando a Metodologia Delphi;
- Comparar as barreiras apontadas na literatura técnica com as indicadas na opinião dos especialistas.

### **3 REVISÃO BIBLIOGRÁFICA**

Neste capítulo é feita a revisão da literatura técnica relativa aos telhados verdes. A estrutura física que compõe os ecotelhados, os tipos existentes, o histórico e a evolução da tecnologia e os benefícios provenientes de sua utilização em larga escala são apresentados. Além disso, é exposto o panorama da utilização dos telhados verdes no Brasil, as principais iniciativas públicas brasileiras de incentivo aos telhados verdes e os obstáculos enfrentados para adoção da tecnologia. É ainda feita uma abordagem sobre os conceitos e fundamentos da Metodologia Delphi.

#### **3.1 Conceito e Tipos de telhado verde**

Telhados verdes, também chamados telhados ecológicos, vivos ou jardins de telhado (HASHEMI; MAHMUD; ASHRAF, 2015), podem ser definidos como um sistema em camadas, composto por membrana de impermeabilização, meio de crescimento e a própria camada de vegetação. Geralmente também incluem camadas de barreira radicular e drenagem e, onde o clima e a vegetação exigem, sistema de irrigação.

De acordo com (PECK; CALLAGHAN, 1999), as coberturas verdes podem ser conceituadas como qualquer espaço verde construído pelo homem por sobre as construções.

Segundo (TABATABAEE et al., 2019) telhados verdes são telhados com vegetação e diferentes camadas, incluindo vegetação, solo, uma camada de filtro, uma camada de drenagem, uma camada de impermeabilização e um deck estrutural.

A literatura aponta duas linhas de classificação dos telhados verdes. A primeira classifica os telhados verdes em intensivo e extensivo e a segunda classifica em intensivo, semi-intensivo e extensivo.

Os parâmetros utilizados na classificação são a espessura do substrato, a estatura da vegetação e a necessidade de manutenção.

Telhados intensivos possuem uma espessa camada de substrato, superior a 152mm (ANSI, 2017), o que permite a seleção de uma grande diversidade de plantas, incluindo arbustos e pequenas árvores (VIJAYARAGHAVAN, 2016) e o desenvolvimento de um ecossistema mais complexo. Devido ao porte maior da vegetação, os sistemas intensivos são mais pesados - cerca de 171 e 488 kg/m<sup>2</sup> (ANSI, 2017), demandando suporte estrutural adicional para sustentar a carga adicional. Geralmente demandam investimentos altos e os requisitos de manutenção e rega são mais exigentes e contínuos (PECK; CALLAGHAN, 1999).

Telhados extensivos possuem meio de cultivo iguais ou inferiores a 152mm e geralmente pesam entre 63 e 146 kg/m<sup>2</sup> (ANSI, 2017). A fina camada de substrato restringe a vegetação a um número reduzido de espécies, que se limita a gramíneas, musgos e algumas suculentas. De maneira geral, a vegetação é regada e fertilizada somente até se estabelecer e, após o primeiro ano, a manutenção é esporádica e limitada a remoção de espécies invasoras, roçada e inspeção de segurança. Por outro lado, o meio de crescimento tipicamente composto por uma mistura mineral de areia, cascalho, tijolo moído, leica, turfa, matéria orgânica e um pouco de solo (PECK; CALLAGHAN, 1999) é relativamente leve o que elimina, em muitos casos, a necessidade de suportes estruturais adicionais. Essa vantagem, juntamente com a menor necessidade de irrigação e manutenção, possibilita a aplicação a um número maior de construções (NARDINI; ANDRI; CRASSO, 2012).

Telhados verdes semi-intensivos correspondem a uma mistura dos sistemas intensivos e extensivos, com pelo menos 25% do telhado verde extensivo (YANG; YU; GONG, 2008). Pesam entre 122 e 195 kg/ m<sup>2</sup> (ANSI, 2017) e podem receber quase todos os tipos de vegetação de jardim (HEIM; LUNDHOLM, 2014). A espessura do substrato está compreendida entre 120mm e 250mm, necessitam de manutenção e suporte estrutural inferior a dos telhados intensivos, e custo médio de instalação.

A Figura 1 apresenta uma representação gráfica dos três tipos de telhados verdes.

Independente da classificação, (GARGARI et al., 2016) afirmam que todos os tipos de telhados verdes são sustentáveis e ecológicos. A definição da tipologia a ser dotada depende, dentre outros fatores, dos objetivos do projeto, tipo e capacidade de carga da estrutura, inclinação do telhados, custos de implantação e manutenção.

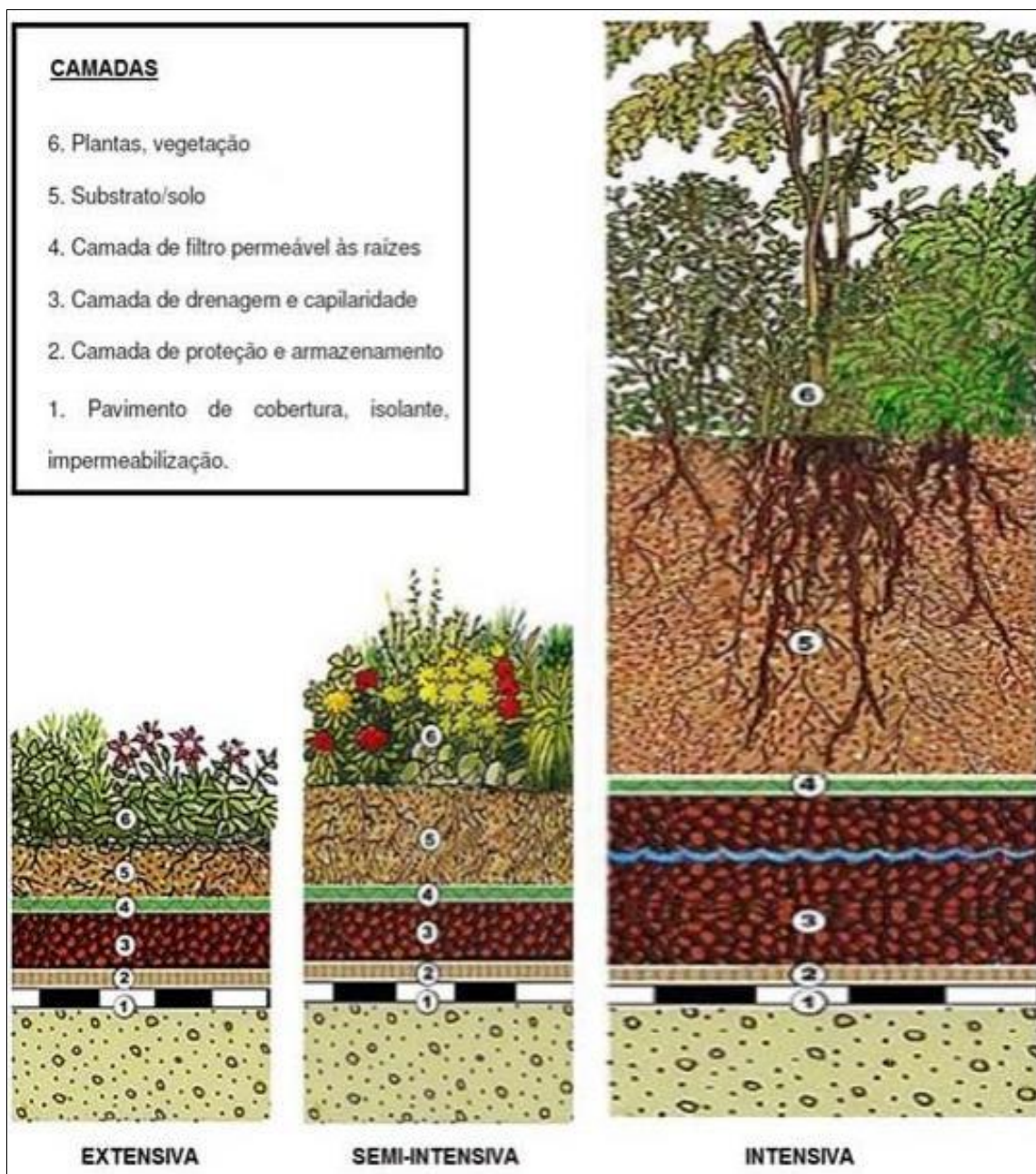





Figura 1: Representação gráfica das tipologias de telhados verdes.  
Fonte: (SAVI, 2012).

A Tabela 1, apresenta, de forma comparativa, as características dos tipos de telhado verde existentes.

As Figuras 2 e 3 ilustram o telhado verde intensivo instalado no LDS Assembly Hall - Salt Lake City, Utah e as Figuras 4 e 5 apresentam o telhado extensivo da biblioteca da cidade de Vancouver - Vancouver, Colúmbia Britânica (Província do Canadá).

Tabela 1: Características dos tipos de telhados verdes

			
	Telhado verde extensivo	Telhado verde semi-intensivo	Telhado verde intensivo
<b>Manutenção</b>	Baixa	Periodicamente	Alta
<b>Irrigação</b>	Não	Periodicamente	Regularmente
<b>Espécies vegetais</b>	Musgo, Sedum, herbáceas e Gramíneas	Gramíneas, herbáceas e arbustos	Gramíneas, arbustos e árvores
<b>Custo</b>	Baixo	Médio	Alto
<b>Sobrecarga</b>	60 – 150 kg/m <sup>2</sup>	120 – 200 kg/m <sup>2</sup>	180 – 500 kg/m <sup>2</sup>
<b>Uso</b>	Camada de proteção ecológica	Telhado verde projetado	Parque com jardim
<b>Espessura do sistema</b>	6 – 20 cm	12 – 25 cm	15 – 40 cm Garagens subterrâneas ≥ 100 cm

Fonte: Adaptada de (RAJI, TENPIERIK e DOBBELSTEEN, 2015) apud (ALMEIDA, 2020).



Figura 2: Telhado verde intensivo do LDS Assembly Hall - Salt Lake City, Utah.  
Fonte: (MARTINS, 2010).



Figura 3: Detalhe do telhado verde do LDS Assembly Hall - Salt Lake City, Utah.  
Fonte: (MARTINS, 2010).



Figura 4: Telhado extensivo da biblioteca da cidade de Vancouver.  
Fonte: (MARTINS, 2010).



Figura 5: Vista superior do telhado da biblioteca da cidade de Vancouver.  
Fonte: (MARTINS, 2010).

### 3.2 Estrutura dos Telhados Verdes

A tecnologia chamada de telhado verde é formada pela sobreposição de camadas, dentre as quais estão: a estrutura da cobertura (estrutura do telhado), a camada de impermeabilização (membrana à prova d'água), a camada protetora (barreira anti-raiz), a camada de drenagem, a camada filtrante (filtro de impurezas), o substrato (solo) e a vegetação (TASSI et al., 2014). A Figura 6 apresenta de forma esquemática a estrutura típica dos telhados verdes.

Estrutura da cobertura: a estrutura da cobertura pode ser plana como as lajes ou inclinada como ocorre nos telhados convencionais. Deve ser projetada para suportar as sobrecargas advindas dos elementos que compõem o sistema dos telhados verdes, considerando o peso do substrato saturado (NCDEQ, 2017). Segundo a VF-1 (ANSI, 2017), os sistemas extensivos pesam entre 63 e 146 kg/m<sup>2</sup>, os intensivos 171 e 488 kg/m<sup>2</sup> e os semi intensivos 122 e 195 kg/m<sup>2</sup>.

Camada de impermeabilização: os sistemas de impermeabilização existem em qualquer tipo de cobertura, seja ela verde ou não. São constituídos por materiais capazes de suportar a pressão hidrostática e promover a condução da água da cobertura para os coletores dando uma destinação adequada. Podem ser utilizados sistemas flexíveis ou rígidos (SAVI, 2015). Para as lajes de concreto armado a manta asfáltica é a mais utilizada, e para sistemas de chapas de madeira utiliza-se a manta de polietileno de alta densidade (PEAD) ou a borracha líquida.



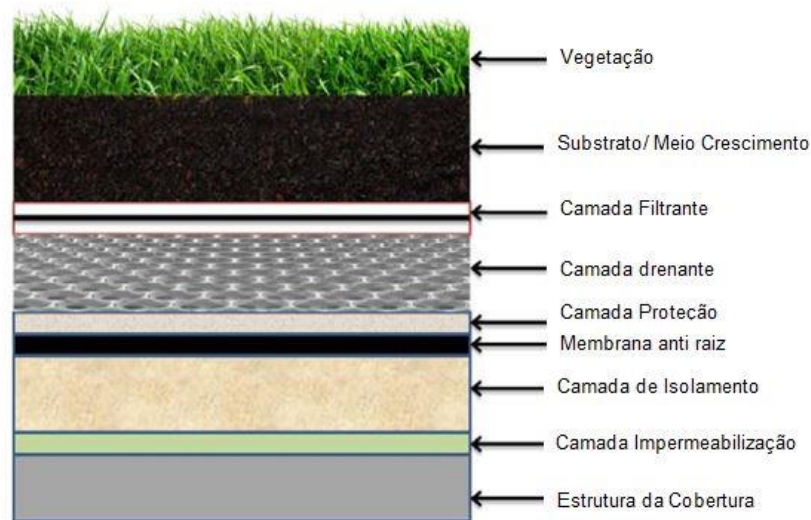


Figura 6: Estrutura típica dos telhados verdes.  
Fonte: Elaborada pela Autora.

Camada de isolamento: é uma camada opcional na estrutura dos telhados verdes. Esta camada impede que a água armazenada no sistema de cobertura verde extraia calor no inverno ou o ar frio no verão. Normalmente, a necessidade da camada de isolamento é maior quando as coberturas verdes são instaladas em projetos de modernização. (SHAFIQUE; KIM; RAFIQ, 2018).

Membrana anti raiz: a membrana anti raiz é obrigatória para coberturas verdes do tipo intensivas e opcional para as extensivas (VIJAYARAGHAVAN, 2016). A função da barreira radicular é proteger a estrutura do telhado das raízes das plantas que podem penetrar e danificar as estruturas do telhado verde. As barreiras radiculares comumente utilizadas são de finas chapas de polietileno. É importante verificar a compatibilidade da barreira radicular com a membrana de impermeabilização para garantia do bom desempenho em diferentes condições climáticas (SHAFIQUE; KIM; RAFIQ, 2018).

Camada protetora: a camada protetora destina-se à retenção da umidade e nutrientes acima da estrutura do telhado, fornecendo proteção física para a camada de impermeabilização quanto a ação das raízes. O mercado já dispõe de produtos que exercem, conjuntamente, a função de impermeabilização e contenção de raízes (Mantas de polietileno de alta densidade).

Camada de drenagem: a camada de drenagem permite a remoção do excesso de água do substrato, contribuindo para a redução da sobrecarga no edifício (SHAFIQUE; KIM; RAFIQ,

2018). Esta camada também atua na retenção de parte da água da chuva, necessária para a vegetação durante períodos de estiagem e contribui para o aumento da eficácia energética do edifício.

Camada filtrante: a camada filtrante retém as partículas da camada vegetal e do substrato, evitando que elas migrem para o interior da camada drenante, reduzindo a funcionalidade do telhado verde. Normalmente é feita utilizando um geotêxtil.

Substrato: o substrato é a camada de solo onde a vegetação é fixada. Ele fornece água e nutrientes para a vegetação e é responsável pela maioria dos benefícios do telhado verde. A espessura do substrato varia de acordo com o tipo de telhado verde, assumindo valores iguais ou inferiores a 152mm em telhados extensivos e valores superiores em telhados intensivos (ANSI, 2017).

Camada de vegetação: a cobertura vegetal deve ser adequada às condições climáticas do local e a profundidade do substrato. A vegetação atua interceptando uma parcela da chuva, evitando que ela atinja o solo. É por meio do processo de evapotranspiração que a água é perdida para a atmosfera e o potencial de retenção de água no substrato é aumentado. Adicionalmente, a vegetação retarda o escoamento superficial, que passa a ocorrer quando o substrato atinge a saturação. A Figura 7 ilustra diferentes espécies de Sedum (album, acre, reflexum, spurium), utilizadas principalmente em telhados verdes extensivos, devido sua capacidade de adaptar em ambientes secos.



Figura 7: Diferentes espécies de Sedum (album, acre, reflexum, spurium).  
Fonte: (PRATES, 2012).

### 3.3 Histórico e evolução dos telhados verdes

A literatura técnica aponta o surgimento dos telhados verdes como prática construtiva por volta de 600 a.C, no reinado de Nabucodonosor.

Um dos mais famosos telhados verdes antigos, conhecidos como jardins suspensos da Babilônia, é uma grande construção de pedras recriando uma montanha artificial, feita às margens do rio Eufrates. Atualmente esta construção é considerada uma das sete maravilhas do mundo antigo, com uma área de 200m<sup>2</sup> de árvores, arbustos e trepadeiras (DINSDALE; PEAREN; WILSON, 2006). A Figura 8 ilustra representativamente os Jardins Suspensos da Babilônia.



Figura 8: Ilustração representativa dos Jardins Suspensos da Babilônia.  
Fonte: (CLAYTON; PRICE, 1989).

De acordo com (MINKE, 2004), a Islândia costumava construir coberturas com camadas de esterco sobreposta com grossos rolos de grama. Apesar da cobertura não ser impermeável, a inclinação era suficiente para não infiltrar água, nem da chuva e nem da neve ao derreter.

Exemplares de coberturas verdes datados de diversas épocas e locais são encontrados tanto em países frios como Escandinávia, Islândia e Rússia, como em países quentes como a Tanzânia, além de cidades como Pompéia e outras importantes do Império Romano. Nos séculos XVI e XVII, os telhados verdes já existiam em algumas cidades indianas e espanholas. A partir do século XVIII, começaram a surgir em cidades francesas (PECK; CALLAGHAN, 1999).

A descoberta de materiais mais resistentes e duráveis como o concreto armado, no século XVIII, possibilitou a modificação da arquitetura tradicional e a expansão de telhados verdes em regiões da Europa e América do Norte, onde foram usados com finalidade estética e devido a preocupações referentes a qualidade do ambiente urbano e a redução das áreas verdes (PECK; CALLAGHAN, 1999).

Le Corbusier, conceituado arquiteto francês do século XX, projetou um grande número de edificações com coberturas verdes cujos telhados eram preenchidos por jardins acessíveis aos seus habitantes. Em 1926, Le Corbusier publica o livro *Five Points of a New Architecture*, que sugere os elementos fundamentais da arquitetura moderna, dentre eles os terraços jardins habitáveis, em contraposição aos telhados tradicionalmente inclinados. Frank Lloyd Wright, renomado arquiteto americano, também idealizou várias construções contemplando coberturas verdes. Foram os desenhos desses profissionais que constituíram uma das bases para o projeto de coberturas ajardinadas.

As preocupações sobre a degradação do meio ambiente aliado ao rápido declínio de espaços verdes com o aumento do crescimento urbano despertou o interesse pelos sistemas de telhado verde na Europa, o que desencadeou pesquisas mais aprofundadas sobre a técnica a partir de 1960 (PECK; KUHN, 2000).

Os atuais telhados verdes, constituídos por cinco ou seis camadas entre o telhado estrutural e a vegetação (impermeabilização, antiraízes, filtrante, drenagem e substrato), começaram na Alemanha nos anos 60 como respostas a crises energéticas. Os alemães começaram a construir telhados verdes para reduzir o consumo de energia nos edifícios. Em 1962, o pesquisador alemão Reinhard Bornkamm publicou um trabalho sobre telhados verdes (SHAFIQUE; KIM; RAFIQ, 2018).

No início dos anos 80, o mercado de telhados verdes na Alemanha se expandiu rapidamente e muitos telhados verdes foram construídos no país. Neste período, a Forschungsgesellschaft Landschaftsentwicklung Landschaftsbau (FLL) publicou diretrizes para a construção de telhados verdes no idioma alemão. Em 2005 e 2006, a Associação de Normas e Materiais de Teste (ASTM) publicou diretrizes para telhados verdes, nos quais os processos de construção foram explicados em detalhes.

Em 2009, foi divulgado o relatório da Agência Nacional de Proteção Ambiental dos EUA (USEPA), explicando a construção e os benefícios dos telhados verdes. Mais pesquisas sobre diretrizes para telhados verdes, implementação e manutenção de telhados verdes foram realizadas nos EUA e compartilhadas com outros países para a implementação dos telhados verdes.

Atualmente, a aplicação de telhados verdes está se tornando cada vez mais popular em muitos países e regiões desenvolvidas, como Reino Unido, França, Alemanha, EUA, Canadá, Cingapura, Hong Kong e Japão (CHEN et al., 2019) e seu emprego tem recebido a atenção de planejadores, pesquisadores e formuladores de políticas em países com climas quentes e úmidos (SANGKAKOOL et al., 2018). A Alemanha é considerada líder mundial no emprego de telhados verdes, nas quais mais de 10% de seus edifícios utilizam essa tecnologia e seu uso está aumentando a cada ano cerca de 13,5 milhões de m<sup>2</sup> (SAADATIAN et al., 2013), (SHAFIQUE; KIM; RAFIQ, 2018). No Canadá (Toronto), é obrigatório a inclusão de cobertura verde em 20% a 60% da área da cobertura em edificações com área útil iguais ou superiores a 2000m<sup>2</sup> (CHEN, 2013). Tóquio (Japão) acelerou o processo de cobertura verde exigindo que todos os edifícios de nova construção tivessem telhados verdes. Edifícios privados com mais de 1000 m<sup>2</sup> e edifícios públicos com mais de 250 m<sup>2</sup> devem cobrir 20% do telhado ou pagar multa anual de USD 2000 (CHEN, 2013). Em Portland, EUA, 70% das áreas de todos os novos edifícios devem usar telhados verdes (TOWNSHEND, 2007). Na China e Hong Kong, os governos estão encorajando a aplicação de telhados verdes como forma de práticas verdes (ZHANG et al., 2012). Na Coreia do Sul, a adoção de telhados verdes para tornar as cidades seguras, sustentáveis e resilientes às mudanças climáticas está sendo incentivada pelo governo (SHAFIQUE; KIM; RAFIQ, 2018).

No Brasil, a construção de telhados verdes foi motivada pelo Movimento Modernista na década de 1930. Le Corbusier, Oscar Niemeyer e Lúcio Costa projetaram, com o projeto paisagístico do terraço-jardim de Burle Max, o mais expressivo monumento do movimento, o prédio do Ministério da Educação e Saúde, no Rio de Janeiro, também conhecido como Palácio Gustavo Capanema (ROLA, 2008). A Figura 9 ilustra o telhado verde do Palácio Gustavo Capanema.



Figura 9: Telhado Verde do Palácio Gustavo Capanema (Edifício do MEC), Rio de Janeiro.  
Fonte: (ROLA, 2008).

Outro expressivo edifício brasileiro com telhado verde é o Edifício Matarazzo, também conhecido como Palácio do Anhangabaú, é a Sede da Prefeitura de São Paulo. Foi projetado por Severo e Vilares, com revisão do arquiteto italiano Marcello Piacentini (SILVA, 2016).

Um fator relevante que ajudou a aumentar a utilização dos telhados verdes foram as certificações ambientais. De acordo com Santos (2014), a certificação Leadership in Energy and Environmental Design (LEED) – sistema de certificação e orientação ambiental de edificações criado pelo U.S. Green Building Council – pontua indiretamente o uso do telhado verde para a obtenção da certificação. Isso porque ajudam na captação de águas pluviais, redução de uso de energia para aquecimento e resfriamento, redução das ilhas de calor, etc

O uso de telhados verdes no Brasil, entretanto, não tem seguido o mesmo ritmo internacional, apesar do grande potencial para atenuação dos problemas urbanos em climas úmidos (KÖHLER et al., 2002). O número de trabalhos científicos produzidos no exterior e no Brasil é um indicador do modesto interesse nacional frente aos interesses mundiais. A Figura 10, apresenta um comparativo dos trabalhos científicos sobre telhados verdes produzidos no Brasil e no exterior.

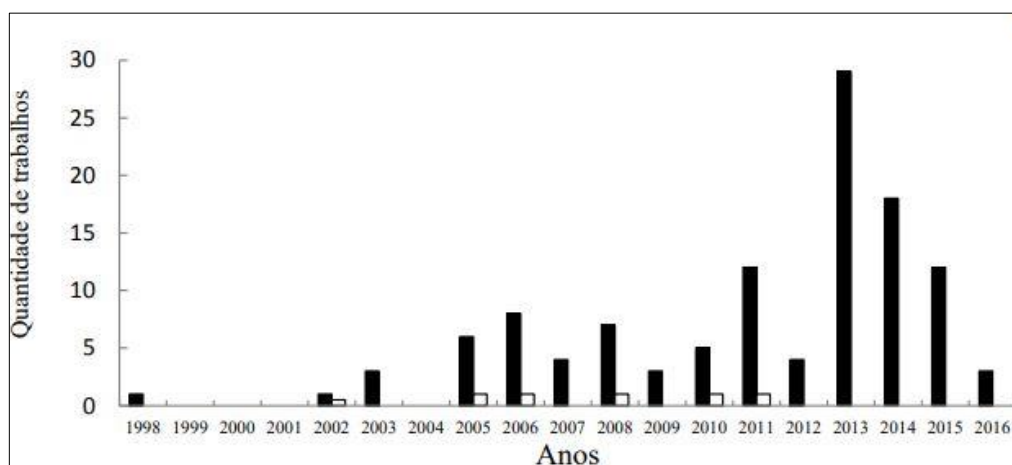


Figura 10: Comparação quantitativa de estudos realizados sobre telhado verde no Brasil (claro) e no exterior (escuro).

Fonte: (SILVA, 2016).

### 3.4 Panorama da adoção de telhados verdes no Brasil

Estima-se que no Brasil sejam instalados cerca de 200.000 m<sup>2</sup> de coberturas verdes por ano (ROCHA, 2016). Estes números são bem modestos quando comparados com os praticados em países desenvolvidos.

Alguns estados e cidades brasileiras possuem projetos de leis e leis sancionadas referentes a adoção dos telhados verdes. No entanto, estas iniciativas são ainda muito incipientes, sem praticamente nenhuma realização concreta e estão concentradas nas regiões Sudeste e Sul do país. Poucas iniciativas foram identificadas nas regiões nordeste e centro oeste e nenhuma iniciativa existe na região norte.

A primeira lei sancionada, Lei 14.243/2007, em Santa Catarina, criou o programa estadual de incentivo à adoção de telhados verdes em espaços urbanos densamente povoados. Em 2012, o estado do Rio de Janeiro sancionou a Lei 6.349 tornando obrigatório a instalação de

telhados verdes nos prédios públicos, autarquias e fundações no estado. Em São Paulo, tramitam os Projetos de Lei 622/2008, 47/2013 e 386/2014, que preveem benefícios fiscais as edificações que adotarem soluções sustentáveis, incluindo o telhado verde. Em 2009, nesta cidade, foi aprovado o Projeto de Lei 115/2009, que tornava obrigatório a adoção de telhados verdes em edificações com mais de três unidades agrupadas verticalmente. No entanto, embora tenha sido aprovada na Câmara, a lei foi parcialmente vetada na prefeitura sob o argumento que a abrangência a todas as edificações com três ou mais pavimentos inviabilizaria a construção de habitações de interesse social, como o programa minha casa minha vida. A Tabela 2 apresenta as iniciativas públicas de incentivo a adoção de telhados verdes existentes no Brasil.

No âmbito federal, ainda inexistente legislação que regulamente a instalação de telhados verdes. Em 2011, foi apresentado o Projeto de Lei nº 1.703 prevendo a obrigatoriedade da adoção de telhados em condomínios verticais com mais de três unidades agrupadas verticalmente. No entanto, após quatro anos de tramitação, este projeto foi arquivado.

Em 2015, foi apresentado o Substitutivo (SBT-A 1 CDU) ao Projeto de Lei nº 1.703/2011 defendendo que a implantação de telhados verdes não deve ser imposta por lei, mas incentivada. O documento substitutivo prevê benefícios fiscais, financeiros ou creditícios ou formas de compensação urbano ambiental às edificações que instalarem telhados verdes em pelo menos 65% da área total de suas coberturas. O projeto substitutivo ainda encontra-se em tramitação na Câmara. Também em 2015 foi apresentado o Projeto de Lei 1.794, propondo a inclusão de normas de verticalização e ocupação para redução de impactos ambientais por meio da instalação de coberturas vegetadas e reservatórios de águas pluviais em edifícios. Este projeto ainda circula na câmara.

Em relação as normas técnicas brasileiras (NBRs), até o presente momento não existe publicação que contenha diretrizes para a construção de telhados verdes. A publicação da norma forneceria orientações adequadas aos profissionais envolvidos e reduziria limitações referentes a defesa do consumidor.



Tabela 2: Iniciativas públicas brasileiras de incentivo a adoção de telhados verdes

Local	Abrangência	Descrição	Tipo	Comentários
Porto Alegre	Municipal	Lei Complementar n° 734/2014	Permissão	Permite o uso de telhados verdes sobre as coberturas das edificações.
Goiânia	Municipal	Lei Complementar n° 235/2018	Incentivo Fiscal	Prevê desconto de 3% no IPTU pelo período de cinco exercícios consecutivos para edificações com telhados verdes instalados.
Jundiaí	Municipal	Lei Complementar n° 531/ 2013	Permissão	Define que os condomínios verticais terão, preferencialmente, coberturas verdes.
Santos	Municipal	Lei Complementar n° 913/2015	Incentivo Fiscal	Prevê desconto de até 10% no IPTU por três exercícios para os edifícios com três ou mais pavimentos, além do térreo, que implantarem coberturas verdes.
Guarulhos	Municipal	Lei 6.793/2010	Incentivo Fiscal	Prevê desconto de 3% no valor do IPTU pelo período de cinco exercícios consecutivos para imóveis que possuam telhados verdes instalados.
	Municipal	Lei 7.031/2012	Obrigatoriedade	Obriga a instalação de telhados verdes em edificações com mais de três unidades agrupadas verticalmente.
São Paulo	Municipal	Projeto de Lei 622/2008	Incentivo Fiscal	Propõe desconto de 15% no valor do IPTU dos imóveis com telhado verde.
	Municipal	Projeto de Lei 47/2013	Incentivo Fiscal	Propõe desconto de até 10% do IPTU a imóveis que mantenham permeáveis pelo menos 30% de sua área total, utilizando o telhado verde ou outras soluções.
	Municipal	Projeto de Lei 386/2014	Incentivo Fiscal	Propõe descontos variados no IPTU para edificações que adotarem práticas sustentáveis, incluindo a adoção de telhados verdes.
	Municipal	Decreto Municipal 55.994/2015	Compensação Ambiental	Prevê a possibilidade de compensação ambiental pela utilização de telhados verdes e jardins verticais.
	Municipal	Decreto Municipal 57.565/2016	Quota Ambiental	Regulamenta a aplicação da Quota Ambiental, que estabelece um conjunto de regras que preservem o meio ambiente nas edificações. Os telhados verdes estão inclusos nas soluções permitidas.
Canoas	Municipal	Lei 5.840/2014	Compensação Ambiental	Prevê compensação parcial de áreas livres obrigatórias por meio da adoção de telhados verdes
Blumenau	Municipal	Lei Complementar n° 1.174/2018	Compensação Ambiental	Prevê a utilização da área de telhado verde no cômputo da área permeável, desde que nestes casos, sejam construídos reservatórios de águas pluviais para retardo do escoamento ou para reuso das águas.

<b>Local</b>	<b>Abrangência</b>	<b>Descrição</b>	<b>Tipo</b>	<b>Comentários</b>
Santa Catarina	Estadual	Lei 14.243/ 2007	Incentivo	Cria o Programa Estadual de Incentivo a Adoção de Telhados Verdes em espaços urbanos densamente povoados e autoriza o poder executivo a criar parcerias, incentivos fiscais e financeiros aos municípios partícipes do programa.
Rio de Janeiro	Estadual	Lei 6.349/2012	Obrigatoriedade	Torna obrigatório a construção de telhados verdes nos prédios públicos, autarquias e fundações do estado do Rio de Janeiro, projetados a partir da promulgação da Lei
	Municipal	Decreto 35.745/2012	Certificação/ Selos de Sustentabilidade	Cria a qualificação QUALIVERDE para empreendimentos que incluam tecnologias como telhados verdes, com a vantagem de tramitação prioritária no licenciamento da obra.
	Municipal	Projeto de Lei 1.415/2012	Incentivo Fiscal	Prevê benefícios fiscais para os empreendimentos que possuam a qualificação QUALIVERDE
	Municipal	Projeto de Lei 1.354/2015	Obrigatoriedade	Obriga a instalação de telhados verdes em edificações públicas com mais de 400m <sup>2</sup> de área coberta.
Recife	Municipal	Lei 18.112/2015	Obrigatoriedade	Obriga a instalação de telhados verdes em edificações habitacionais multifamiliares com mais de quatro pavimentos e não-habitacionais com mais de 400m <sup>2</sup> .
Salvador	Municipal	Decreto 29.100/2017	Certificação/ Selos de Sustentabilidade	Cria a certificação IPTU Verde para as edificações que adotarem práticas de sustentabilidade como telhados verdes, reaproveitamento das águas de chuva, etc.
Paraíba	Estadual	Lei 10.047/2013	Obrigatoriedade	Obriga a instalação de telhados verdes em edificações com mais de três unidades agrupadas verticalmente.

Fonte: Elaborada pela Autora.

### 3.5 Benefícios dos Telhados Verdes

Os telhados verdes geram benefícios que contribuem para a melhoria do desempenho ambiental do ambiente construído (YANG; WANG, 2014), principalmente nas regiões com grande crescimento urbano, onde a preservação de espaços verdes é desafiadora. Assim, a adoção de telhados verdes constitui uma alternativa para amenizar os impactos da urbanização, oferecendo, ao mesmo tempo, vários outros benefícios ambientais, econômicos e sociais (ROWE, 2011). Alguns dos benefícios são tangíveis e outros intangíveis (TAM; WANG; LE, 2016).

A Associação Internacional de Telhados Verdes – do inglês, International Green Roof Association (IGRA) – afirma que os benefícios do telhado verde ainda podem ser subdivididos em benefícios públicos e privados.

Os benefícios ambientais apontados na literatura são a melhoria do desempenho térmico das edificações, mitigação do efeito das ilhas de calor urbano, melhoria da qualidade do ar, retenção das águas pluviais, redução de barulho e melhoria da qualidade da água. De acordo (STOVIN; VESUVIANO; KASMIN, 2012), a capacidade de reter águas pluviais é frequentemente considerada o principal benefício oferecido pelos telhados verdes.

Os principais benefícios econômicos gerados pela adoção dos telhados verdes incluem economia de longo prazo no consumo de energia (gerado pela melhoria no desempenho térmico da edificação), custos competitivos do ciclo de vida (devido à maior vida útil do telhado), aumento nos valores das edificações e aumento nas áreas utilizáveis das construções (BERARDI; GHAFARIANHOSEINI; GHAFARIANHOSEINI, 2014), (SHAFIQUE; KIM; RAFIQ, 2018).

Os benefícios sociais relacionam-se a introdução de espaços verdes nas áreas urbanas, o que proporciona efeito estético agradável e a criação de áreas comuns que podem ser utilizadas para interação humana. Além disso, os telhados verdes podem criar oportunidades para a agricultura urbana, tornando a sociedade auto-resiliente para a produção de alimentos (SHAFIQUE; KIM; RAFIQ, 2018).

### *3.5.1 Benefícios Ambientais*

#### **3.5.1.1 Melhoria no Desempenho Térmico/ Eficiência energética**

Redução da temperatura da superfície e conforto térmico são dois benefícios importantes dos telhados verdes. Eles diminuem a demanda de energia dos edifícios através da melhoria do desempenho térmico das edificações (SAADATIAN et al., 2013). Segundo (HE; JIM, 2010) os telhados verdes constituem um dos meios mais eficientes de economia de energia no setor da construção. A melhoria do desempenho térmico é basicamente devida ao aumento de sombreamento, melhor isolamento e maior massa térmica do sistema de cobertura (OULDBOUKHITINE; BELARBI; DJEDJIG, 2012). De fato, as cargas térmicas devido à radiação solar e a temperatura do ar são limitadas pela camada de vegetação, o meio de crescimento fornece um isolamento adicional ao telhado e o teor de água aumenta a inércia térmica da estrutura (VIJAYARAGHAVAN, 2016). No verão, os telhados verdes protegem as edificações da radiação solar e, por meio do processo de evapotranspiração, pode reduzir ou até eliminar ganhos de calor. Isso contribui para o resfriamento da área circundante, além de diminuir a quantidade de energia necessária para resfriar o edifício. No inverno, o isolamento adicional fornecido pelo meio de cultivo ajuda a reduzir a energia necessária para aquecimento.

Os impactos térmicos dos telhados verdes são assuntos relevantes nos quais muitos pesquisadores estão trabalhando. Alguns dados quantitativos foram obtidos através de medidas de campo, métodos experimentais e modelos computacionais. Vários estudos demonstram melhoria no desempenho térmico das edificações com sistemas de telhados verdes instalados. De acordo com (WONG et al., 2003) a introdução de plantas nas superfícies dos edifícios reduz a temperatura da edificação em até 20°C e a energia com sistemas de climatização entre 25% e 80%. A quantidade de economia depende de fatores como tipo de telhado verde, profundidade e composição do meio de crescimento, clima, seleção de plantas, tipo de irrigação e especificidades da camada de isolamento (GETTER et al., 2011). Um estudo realizado na Grécia por (EUMORFOPOULOU; ARAVANTINOS, 1998) mostrou que, da radiação solar total absorvida pelos telhados plantados, 27% foram refletidos, 60% foram absorvidos pelas plantas e pelo substrato e 13% foram transmitidos para o substrato. Uma medição de campo em um telhado do Japão conduzido por (ONMURA;

MATSUMOTO; HOKOI, 2001) mostrou uma redução na temperatura da superfície entre 30°C a 60°C. Nos estudos conduzidos por (SIMMONS et al., 2008) foram comparados seis diferentes projetos de telhados verdes extensivos com coberturas pretas convencionais e coberturas brancas refletivas, em um clima subtropical (Texas). Quando a temperatura do ar ambiente atingiu 33 °C, as temperaturas da membrana nos telhados refletivos em preto e branco convencionais atingiram, respectivamente, 68°C e 42°C, e variaram apenas entre 31°C e 38°C nos telhados verdes.

A Figura 11, produzida por (RIOS, 2016), apresenta as diferenças de temperatura interna nas edificações de acordo com o tipo de cobertura utilizada, comprovando a eficácia do telhado verde no isolamento térmico, principalmente em relação às coberturas mais adotadas como as coberturas de aço e cerâmica.

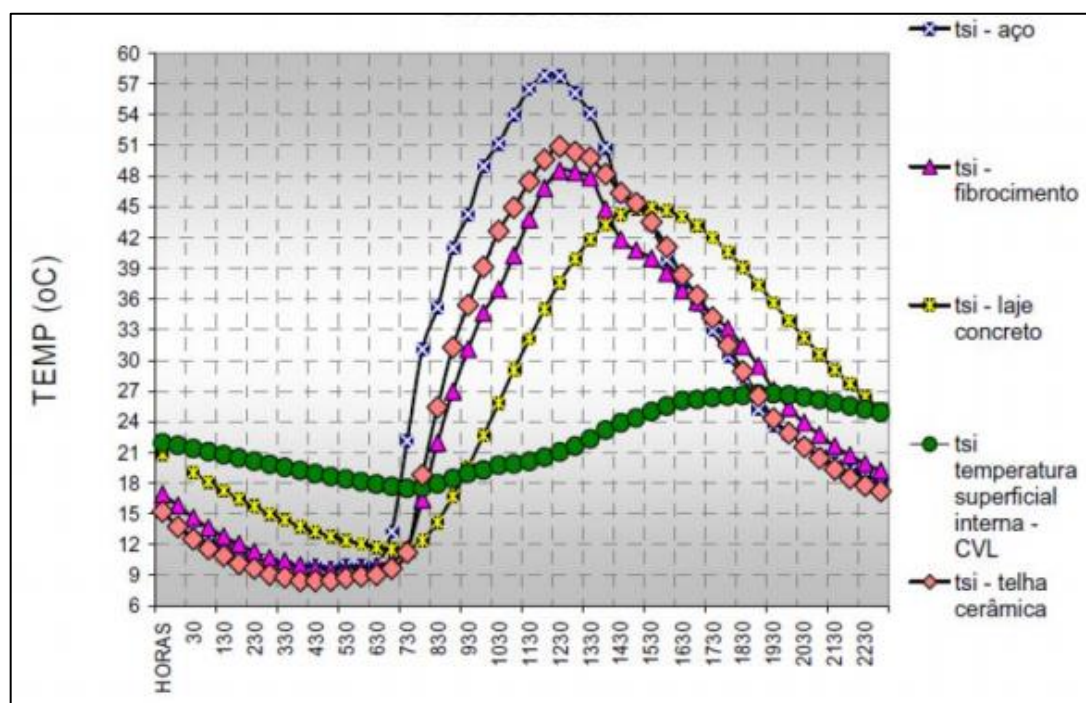


Figura 11: Diferenças de temperatura interna conforme o tipo de cobertura.  
Fonte: (RIOS, 2016).

### 3.5.1.2 Mitigação do efeito das ilhas de calor urbano

A ilha de calor é um fenômeno percebido nas grandes concentrações urbanas que ocasionam um aumento da temperatura média em relação as áreas adjacentes. De acordo com (VELAZQUEZ, 2005), em áreas urbanas com grande índice de construção, a radiação solar

que incidente sobre as superfícies cinzas (asfalto, concreto, telhados, etc) é reirradiada na forma de calor. Assim, durante o dia as superfícies recebem calor e, após o pôr do sol, devolvem à atmosfera uma radiação infravermelha térmica, gerando um efeito urbano conhecido como "ilha de calor". De acordo com (ZHANG et al., 2010), o fenômeno ocorre quando as superfícies vegetadas e de solo nu são substituídas por edificações e pavimentos impermeáveis e de baixo poder de reflexão, o que faz gerar a diferença de temperatura entre a área urbana e a área não urbanizada.

O efeito da ilha de calor é apresentado na Figura 12, sendo que a linha tracejada representa a temperatura.

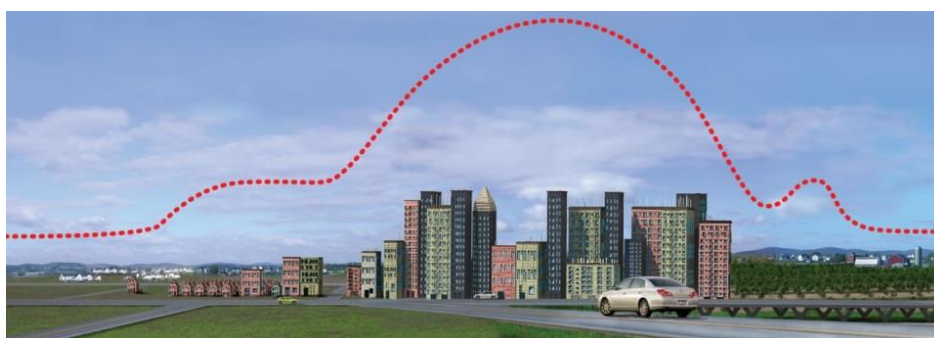


Figura 12: Efeito ilhas de calor urbano.  
Fonte: (ZHANG et al., 2010).

Os telhados verdes podem complementar a massa verde dos centros urbanos a fim de promover diminuição da temperatura local elevada pelo efeito da ilha de calor. Isso ocorre devido a interceptação da luz do sol pelas folhas das vegetações. Da energia proveniente da luz solar que chega a folha de uma árvore, 2% são empregados na fotossíntese, 48% são absorvidos pela folha e armazenados no sistema aquoso da planta, 30% são convertidos em calor (usado na transpiração) e somente 20% são refletidos. Considerando que a maior parte da radiação incidente na copa de uma planta é usada na evapotranspiração, plantas em superfícies verticais e horizontais podem regular mudanças bruscas de temperatura (PECK; CALLAGHAN, 1999).

### 3.5.1.3 Melhoria da qualidade do ar

O ar urbano frequentemente contém níveis elevados de poluentes que são prejudiciais à saúde e ao meio ambiente (MAYER, 1999). Os telhados verdes ajudam a pacificar a poluição do ar

por meio de processos diretos e indiretos. As plantas capturam e consomem os poluentes do ar através de seus estômatos e reduzem a temperatura da superfície, que por sua vez, reduzem o uso de energia do ar condicionado e a subsequente emissão de poluentes das usinas. Estudos conduzidos por (NORTH AMERICAN WETLAND ENGINEERING, 1998) apud (PECK; CALLAGHAN, 1999) mostraram que as ruas urbanas arborizadas possuem apenas 10% a 15% do total de partículas de poeira encontradas em ruas semelhantes não arborizadas. Em uma medição de poluição do ar realizada em Frankfurt, na Alemanha, ruas sem árvores possuíam de 10.000 a 20.000 partículas de sujeira por litro de ar e ruas arborizadas no mesmo bairro apresentavam poluição do ar de apenas 3.000 partículas por litro de ar (OVERTVELD, 1990) apud (PECK; CALLAGHAN, 1999).

Os pesquisadores (JOHNSTON; NEWTON, 2004), estimaram que 2000 m<sup>2</sup> de grama não cortada em um telhado verde podem remover até 4000 kg de material particulado. (ROWE, 2011) complementou, afirmando que um metro quadrado de cobertura tem potencial para neutralizar as emissões anuais de material particulado de um veículo.

A capacidade de absorver poeira e contribuir para a melhoria da qualidade do ar depende do tipo de planta. Isso ocorre devido às diferentes propriedades das folhas das árvores e da estrutura do dossel. Arbustos possuem alta capacidade, ao passo que ervas possuem capacidade mínima (ZHANG et al., 1997). Os telhados verdes intensivos por serem compostos por arbustos e árvores, assemelhando-se às florestas urbanas, desempenham um papel muito maior na melhoria da qualidade do ar se comparados aos telhados verdes extensivos, compostos principalmente de gramíneas e suculentas.

#### **3.5.1.4 Retenção das águas pluviais**

Os telhados verdes contribuem para o gerenciamento de águas pluviais. Eles retêm a água de chuva e atrasam o pico de fluxo, reduzindo o risco de inundações. Quando as precipitações pluviométricas chegam ao telhado, a água pode ser absorvida em espaços porosos ou por materiais absorventes no substrato. Também pode ser absorvida pela vegetação e armazenada em tecidos vegetais ou transpirada de volta para a atmosfera. Alguma porção pode se alojar nas superfícies das plantas e subsequentemente evaporar (NAGASE; DUNNETT, 2012). A água restante passa pelo filtro e chega ao elemento de drenagem onde será retirada entre os

poros (telhados de grânulos) ou compartimentos (no telhados com módulos de drenagem). Quando ocorre a saturação do espaço de drenagem o volume remanescente é drenado. A água retida evapora ou é usada pelas plantas e parte dela é transpirada. São as águas evaporadas e transpiradas as responsáveis pela capacidade de retenção de escoamento dos telhados verdes (VIJAYARAGHAVAN, 2016).

A capacidade de retenção dos telhados verdes depende de vários fatores. O tipo de telhado verde (intensivo, semi-intensivo, extensivo), da vegetação e do grau de cobertura, da espessura e tipo do substrato, tipo e capacidade do componente de drenagem, inclinação da cobertura, intensidade e sazonalidade das chuvas são fatores que interferem na capacidade de retenção (VIJAYARAGHAVAN, 2016).

Além da redução do escoamento, os telhados verdes também proporcionam um efeito de retardo no escoamento superficial, contribuindo com um tempo de defasagem (efeito de detenção) após o início da precipitação. Tal defasagem ocorre devido a água retida pela folhagem, e, principalmente pela trajetória da água que só chega aos sistemas de drenagem públicos após a saturação do elemento drenante. Isso reduz o pico de escoamento, o que não ocorre com os telhados convencionais (LIMA, 2013).

Vários estudos demonstram o potencial dos telhados verdes na retenção e retardo no escoamento de águas pluviais (CARTER; RASMUSSEN, 2006) monitoraram durante um ano um telhado verde construído na Universidade da Geórgia para verificação da efetividade dos telhados verdes na redução do escoamento das águas pluviais. No período do estudo ocorreram 31 eventos de precipitação pluviométrica com vazão entre 0,28 mm a 8,43 mm. Concluiu-se que a capacidade de retenção do telhado verde é inversamente proporcional a vazão precipitada. Houve redução na capacidade de retenção de até 90% para precipitações pequenas (< 25,4 mm) para menos que 50% para precipitações grandes (> 76,2 mm). Além disso, os autores destacaram o atraso no escoamento superficial, de 17,0 minutos no telhado convencional para 34,9 minutos no telhado verde.

De acordo com (SHAFIQUE; KIM; RAFIQ, 2018), o percentual de retenção dos telhados verdes varia entre 55% a 88%.



A Tabela 3 mostra alguns estudos referentes ao desempenho hidrológico dos telhados verdes em diferentes regiões do mundo e a Figura 13 mostra um comparativo da gestão das águas pluviais entre coberturas verdes e convencionais.

Tabela 3: Desempenho hidrológico dos telhados verdes em diferentes regiões do mundo

Estudo	Autor
A review of green roof performance towards management of roof runoff	(CHEN et al., 2015)
Green roofs as a tool for solving the rainwater runoff problem in the urbanized 21st century?	(MENTENS; RAES; HERMY, 2006)
Hydrologic behavior of vegetated roofs	(CARTER; RASMUSSEN, 2006)
Amount of water runoff from different vegetation types on extensive green roofs: Effects of plant species, diversity and plant structure	(NAGASE; DUNNETT, 2012)
Vegetated roofs for stormwater management at multiple spatial scales	(CARTER; JACKSON, 2007)
The capacity of greening roof to reduce stormwater runoff and pollution	(ZHANG et al., 2015)
Rainwater runoff retention on an aged intensive green roof	(SPEAK et al., 2013)
Performance evaluation and development strategies for green roofs in Taiwan: A review	(CHEN, 2013)
Response of a Sedum green-roof to individual rain events	(VILLARREAL; BENGTTSSON, 2005)

Fonte: Elaborada pela Autora.

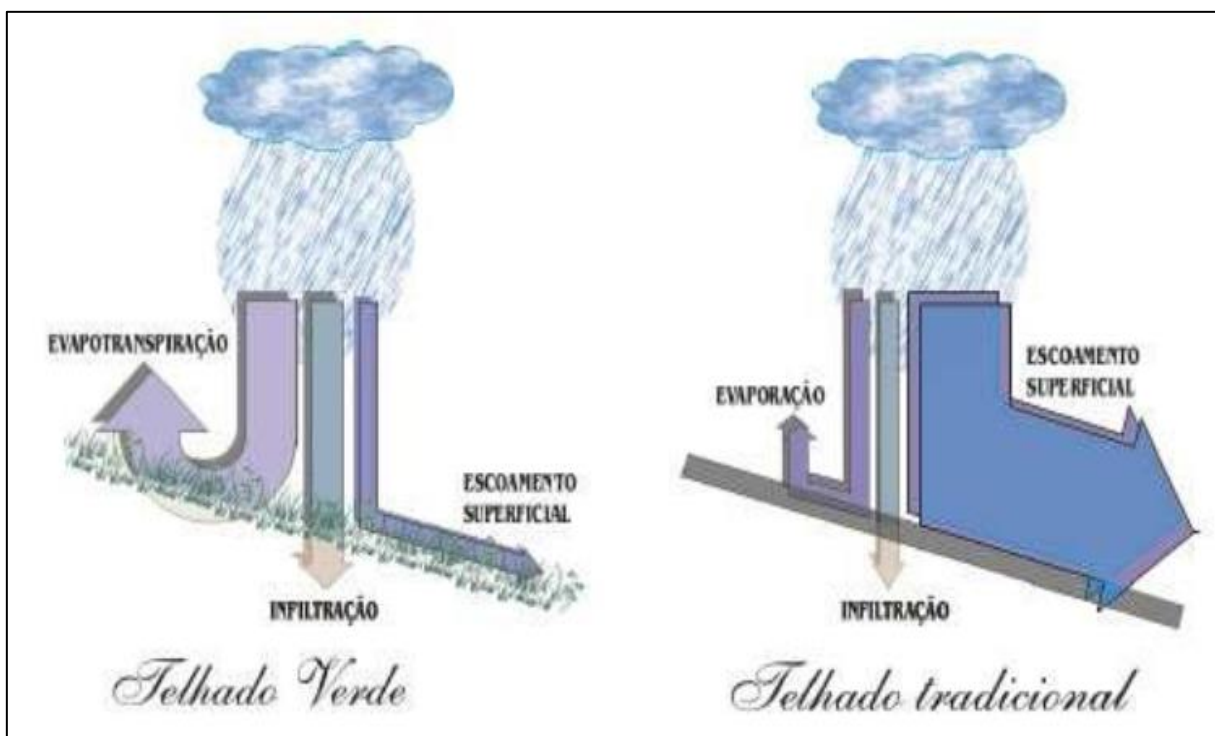


Figura 13: Comparativo da gestão das águas pluviais entre coberturas verdes e convencionais.

Fonte: (MARTINS, 2010).

### **3.5.1.5 Redução de barulho**

Telhados verdes podem reduzir a intensidade de ruídos, absorvendo, refletindo ou desviando as ondas sonoras externas.

O solo, as plantas e a camada de ar retida entre a vegetação e a superfície do telhado contribuem para a redução da poluição sonora nos espaços urbanos decorrentes dos tráfegos rodoviário, ferroviário e aéreo. De acordo com (PECK; CALLAGHAN, 1999), o substrato tende a bloquear frequências mais baixas enquanto as plantas bloqueiam frequências mais altas.

Segundo (PIOSEVAN, 2013) a porosidade do substrato favorece a absorção das ondas sonoras e a espessura e o tipo de vegetação influenciam diretamente no coeficiente de absorção do telhado.

Alguns estudos foram conduzidos para estimar a melhoria de desempenho acústico dos telhados verdes. (CONNELLY; HODGSON, 2013) investigaram telhados verdes e convencionais e constataram uma redução na frequência do ruído dos telhados com vegetação entre 10dB e 20dB.

De acordo com os estudos conduzidos por (PECK; CALLAGHAN, 1999), uma camada de 12 cm de substrato pode reduzir o som em 40 dB; 20 cm podem reduzir o som em 46 dB, chegando, em alguns casos a 50 dB.

### **3.5.1.6 Melhoria da qualidade da água**

Os telhados verdes podem influenciar a qualidade das águas pluviais. Diversos estudos apontam melhoria na qualidade da água escoada dos telhados verdes visto que as plantas e o meio de crescimento podem atuar como um filtro natural, com capacidade de reter poluentes (ROWE, 2011), (VILLARREAL; BENGTTSSON, 2005). No entanto, outros estudos mostram degradação na qualidade da água escoada (BERNDTSSON, 2010), (VIJAYARAGHAVAN; JOSHI, 2014).

De fato, durante a percolação da água da chuva há possibilidade de limpeza e contaminação. Substrato e vegetação podem atuar como retentores de partículas e o substrato também opera como um filtro de nutrientes e metais. Assim, se a concentração de determinado íon na água precipitada for superior a concentração desse íon no substrato, os componentes do telhado verde captarão os íons, e a concentração no escoamento será reduzida. Por outro lado, se a concentração do íon no substrato for superior ao da chuva, ocorrerá o lixiviamento de uma parte do íon e o escoamento superficial possuirá maior concentração de íons do que a da água da chuva incidente no telhado (VIJAYARAGHAVAN, 2016).

A diferença de opinião sobre a qualidade do escoamento superficial deve-se a uma série de fatores, que podem ser resumidos como (SHAFIQUE; KIM; RAFIQ, 2018), (VIJAYARAGHAVAN, 2016):

- Tipo de substrato (características de lixiviação e sorção)
- Tipo da vegetação (características de fitorremediação)
- Tipo de telhado verde (intensivo, semi-intensivo ou extensivo)
- Idade do telhado verde
- Tipo da camada de drenagem
- Tipo de fertilizantes usados e frequência de aplicação
- Intensidade da precipitação
- Existência de fontes locais de poluição
- Propriedades físicas e químicas dos poluentes

### 3.5.2 *Benefícios Econômicos*

Apesar de no curto prazo os telhados verdes apresentarem ineficiências de custo quando comparados aos telhados convencionais, (LANGSTON, 2015) afirma que os benefícios econômicos são potencialmente significativos.

A literatura técnica aponta a economia de longo prazo no consumo de energia (ocasionada pelo melhor desempenho térmico), competitividade no ciclo de vida (devido à maior vida útil do telhado), aumento nos valores das edificações e acréscimo das áreas utilizáveis como os principais benefícios econômicos dos telhados verdes. (BERARDI; GHAFFARIANHOSEINI; GHAFFARIANHOSEINI, 2014), (SHAFIQUE; KIM; RAFIQ,

2018). No entanto, a natureza e a escala dos benefícios econômicos variam de acordo com o projeto e são compartilhados entre proprietários, operadores e público em geral (PECK; CALLAGHAN, 1999). Além disso, os ganhos econômicos são proporcionais ao volume de precipitação (SHAFIQUE; KIM; RAFIQ, 2018).

Coberturas verdes moderam a troca de calor do edifício com o exterior, reduzindo o consumo de ar condicionado e, por consequência, a energia e as emissões de gases de efeito estufa. Um estudo desenvolvido na Grécia por (KARTERIS et al., 2016) apresentou uma redução considerável na quantidade de aquecimento no inverno (quase 5%) e resfriamento no verão (cerca de 16%) com a instalação de telhados verdes em áreas urbanas. Outro estudo para analisar o consumo de energia do telhado verde leve foi desenvolvido por (ZHAO; XUE, 2008) em Xangai, China. O resultado indicou que, ao usar os telhados verdes, a economia de energia durante o dia foi de cerca de 20,9% e à noite a economia foi de 15,3%.

Os telhados verdes também possibilitam uma maior vida útil das membranas de impermeabilização da cobertura. Isto se deve a capacidade de atenuação das variações e dos picos de temperatura, da redução da incidência dos raios UV e da limitação do contato com umidade exterior. Segundo (TSANG; JIM, 2011), a vida útil da membrana de impermeabilização de um telhado convencional está compreendida entre 10 a 20 anos ao passo que nos telhados verdes pode durar mais de 50 anos.

O aumento dos valores das propriedades é outro benefício econômico dos telhados verdes. Estudos americanos e britânicos mostram que uma boa cobertura arbórea aumenta o valor econômico de uma edificação entre 6% a 15% (PECK; CALLAGHAN, 1999). O ganho estético das edificações promove o embelezamento urbano que por sua vez gera impacto positivo no turismo.

A implantação dos telhados verdes também proporciona aumento das áreas utilizáveis da edificação. Espaços antes não acessíveis nas coberturas tornam-se uma opção de uso para interação humana, recreação e outros fins.

Outros benefícios apontados como de menor relevância econômica dos telhados verdes são o cultivo de ervas, produtos agrícolas, jardinagem e a criação de empregos relacionados ao projeto, a instalação e manutenção dos telhados verdes.

### 3.5.3 Benefícios Sociais

Os benefícios sociais dos telhados verdes são desencadeados pelos benefícios ambientais. Ao proporcionar um alívio da construção em concreto e introduzir o espaço verde nas áreas urbanas os telhados verdes oferecem um local adequado para o crescimento de pássaros, insetos e outras plantas, ajudando na restauração da biodiversidade (KOTZEN, 2018).

Na área de saúde e bem estar humano, a qualidade e as características do meio ambiente impactam psicologicamente a sociedade. Estudos mostram que cenários naturais promovem um efeito restaurador nos indivíduos, prendendo e desviando a atenção de si mesmos e de pensamentos inquietantes e contribuem para um estado de meditação (TOWNSHEND, 2007). A Figura 14 ilustra o telhado acessível na estação de correios John W. McCormack e Courthouse, localizado em Boston, Massachusetts.



Figura 14: Telhado acessível da estação de correios John W. McCormack e Courthouse, localizado em Boston, Massachusetts.

Fonte: (GSA, 2011).

De acordo com (TOWNSHEND, 2007) as pessoas que vivem em empreendimentos de alta densidade são menos suscetíveis a doenças quando a edificação dispõe de uma varanda ou telhado verde. A variedade de sons, cheiros, cores e movimentos fornecidos pelas plantas, embora não quantificáveis, pode contribuir significativamente para a saúde e bem-estar humanos. Experiências passivas e ativas com a natureza e a vegetação acarreta benefícios diretos à saúde. Por sua vez, isso pode levar a economia com gastos de saúde.

Além disso, apesar de grande parte dos telhados verdes encontrarem-se instalados em propriedades privadas com acesso restrito, existe o potencial deles se tornarem parques públicos e serem usados da mesma forma que os parques situados no nível do solo.

Considerando este cenário, é provável que esses parques possuam acesso limitado ao período diurno para evitar comportamentos vândalos. Esse é o caso do Jardin Atlantique, construído sobre a Gare Monparnesse, em Paris. Inaugurado em 1994, o jardim, projetado por Francois Brun e Michel Peña, está aberto do amanhecer ao anoitecer todos os dias (KOTZEN, 2018). A Figura 15 apresenta o telhado verde acima da Gare Monparnesse.



Figura 15: Telhado verde acima da Gare Monparnesse.  
Fonte: (KOTZEN, 2018).

### 3.6 Barreiras enfrentadas para emprego dos telhados verdes no Brasil

Os telhados verdes são considerados como inovações no Brasil, e como resultado, os desafios da adoção da inovação também são enfrentados por eles. Segundo (ROGERS, 1995), o processo de decisão da adoção da inovação depende de conhecimento adequado da inovação, bem como da atitude em relação à inovação, que pode ser ditada por fatores como custo. Segundo (PECK; CALLAGHAN, 1999) a maioria das novas tecnologias enfrentam barreiras ao serem introduzidas no mercado.

Embora as coberturas verdes constituam uma tecnologia já sedimentada em diversos países, ainda existem empecilhos para sua utilização em larga escala no mercado brasileiro.

Após uma revisão abrangente da literatura técnica, foram identificados 20 potenciais obstáculos que dificultam a adoção dos telhados verdes. Neste trabalho, estes obstáculos são denominados barreiras à adoção dos telhados verdes.

As 20 barreiras identificadas na literatura técnica são apresentadas na Tabela 4.

#### 3.6.1 Incapacidade de suportar cargas adicionais

A carga adicional proveniente da instalação dos telhados verdes varia conforme o tipo de cobertura escolhida (extensivo, semi-intensivo e intensivo). A adição de plantas, meio de cultura, camadas de impermeabilização e drenagem, barreiras radiculares e outras e, principalmente, a carga da água retida, pode aumentar consideravelmente o carregamento atuante na estrutura do telhado. Além disso, quando os telhados verdes são utilizados como áreas de recreação, o peso adicional das pessoas e dos elementos associados a segurança como corrimãos e parapeitos também devem ser considerados.

De acordo com a norma americana VF-1 (ANSI, 2017) , telhados extensivos geralmente pesam entre 63kg/m<sup>2</sup> e 146 kg/m<sup>2</sup>, os semi-intensivos pesam entre 122 kg/m<sup>2</sup> e 195 kg/m<sup>2</sup> e os intensivos pesam de 171Kg/m<sup>2</sup> e 488 kg/m<sup>2</sup> . Assim, a capacidade de suportar as cargas adicionais constitui um fator relevante para determinar a viabilidade de instalação, bem como os custos envolvidos.

Tabela 4: Barreiras a adoção dos telhados verdes nas edificações brasileiras

<b>Barreira</b>	<b>Descrição</b>	<b>Referência Bibliográfica</b>
1	Incapacidade de suportar cargas adicionais	(ROWE et al., 2014), (PANTALNE; BURTON, 2006), (TABATABAEE et al., 2019), (MAHDIYAR et al., 2018)
2	Aumento dos custos de projeto e construção	(TOWNSHEND, 2007), (OBERLANDER; WHITELAW; MATSUZAKI, 2002)
3	Aumento dos custos de manutenção	(ULUBEYLI; ARSLAN, 2017)
4	Lacunas de conhecimento público dos telhados verdes e seus benefícios	(TOWNSHEND, 2007), (PANTALNE; BURTON, 2006), (GETTER; ROWE, 2006)
5	Ausência de dados quantificáveis referentes aos benefícios econômicos, ambientais e sociais dos telhados verdes	(GETTER; ROWE, 2006), (JAMES; METTERNICHT, 2013), (WILLIAMS; RAYNER; RAYNOR, 2010)
6	Ausência de padrões e normas referentes ao projeto e construção de telhados verdes	(GETTER; ROWE, 2006); (WILLIAMS; RAYNER; RAYNOR, 2010); (PANTALNE; BURTON, 2006);
7	Lacunas de experiência e conhecimento	(JAMES; METTERNICHT, 2013), (WILLIAMS; RAYNER; RAYNOR, 2010)
8	Dificuldades na escolha da vegetação	(WILLIAMS; RAYNER; RAYNOR, 2010); (LI; YEUNG, 2014); (MACIVOR; LUNDHOLM, 2011); (TOWNSHEND, 2007)
9	Comprometimento da qualidade da água escoada devido nutrientes provenientes do substrato	(BERNDTSSON; EMILSSON; BENGTSSON, 2006), (BERNDTSSON, 2010)
10	Falta de incentivos públicos para a implementação	(JAMES; METTERNICHT, 2013); (PECK; CALLAGHAN, 1999); (GETTER; ROWE, 2006)
11	Utilização deficiente dos telhados verdes	(CHEN et al., 2019)
12	Necessidade de irrigação suplementar no telhado	(QIN et al., 2016), (MECHELEN; DUTOIT; HERMY, 2015), (ROWE et al., 2014)
13	Falta de conscientização ambiental	(SHEPARD, 2010)
14	Crença que os telhados verdes são mais suscetíveis ao fogo	(ISMAIL et al., 2012)
15	Ocorrência de patologias nas edificações provenientes dos telhados verdes	(BRUDERMANN; SANGKAKOOL, 2017)
16	Problemas nos sistemas de drenagem	(ROWE; MONTERUSSO; RUGH, 2006)
17	Existência de conceitos errôneos provenientes de falhas passadas	(NGAN, 2004)
18	Vulnerabilidade aos efeitos do vento	(WILLES, 2014)
19	Incertezas no suprimento de materiais ecológicos	(SHI et al., 2013)
20	Dificuldades técnicas na construção	(GETTER; ROWE, 2006)

Fonte: Elaborada pela Autora.



Quando o telhado verde integra o projeto inicial da edificação, a carga adicional é acomodada facilmente e por um custo relativamente baixo. No entanto, se a instalação ocorrer em construções existentes é necessário verificar se a estrutura possui a capacidade de reserva necessária para acomodar o carregamento adicional do telhado verde. Nestes casos, o projeto se limitará a capacidade de carga reserva, salvo se houver recursos e abertura para execução de reforços na estrutura, que pode representar um investimento financeiro significativo. Assim, para os casos de modernização de edifícios existentes, telhados extensivos são a opção preferida, pois a capacidade estrutural do telhado geralmente não precisa ser aumentada (CASTLETON et al., 2010), (TABATABAEE et al., 2019).

Uma análise completa da estrutura do telhado também pode revelar áreas com capacidade de absorver cargas pontuais extras – sobre um pilar, viga, elemento de contraventamento e equivalentes, permitindo assim uma combinação dos sistemas extensivos e intensivos com áreas específicas para um crescimento mais profundo e plantas maiores. (PECK; KUHN, 2000).

Assim, a capacidade de carga da estrutura pode representar uma barreira à adoção dos telhados verdes.

### *3.6.2 Aumento dos custos de projeto e construção*

O projeto e a instalação de um telhado afeta seus benefícios e influencia nos custos envolvidos. O custo de instalação e manutenção dos telhados verdes extensivos são inferiores aos dos telhados intensivos que usam camadas mais espessas do solo e mais plantas ornamentais.

A relação custo-benefício é uma das considerações mais importantes nas decisões de incorporação de práticas sustentáveis nas edificações. (OFORI; KIEN, 2004) argumentaram que o custo extra constitui a principal barreira para a implementação de construções sustentáveis. Em termos econômicos, é amplamente reconhecido que um dos grandes desafios para a adoção dos telhados verdes é o alto custo inicial de construção (TABATABAEE et al., 2019).

Segundo (PATTERSON, 1998), os primeiros custos do telhado verde variam de três a seis vezes o custo de um sistema típico de coberturas. No entanto, a longo prazo, os telhados verdes podem ser menos dispendiosos e superar o telhado convencional devido sua maior vida útil. Fatores como o tipo do telhado, os materiais componentes, o custo da mão de obra, a vegetação adotada e a necessidade de sistemas de irrigação interferem nos valores dos desembolsos iniciais.

Outra variável que precisa ser considerada são as taxas de projeto. Ao contrário do projeto de edifícios comerciais, residenciais e industriais comuns, que é familiar para os engenheiros, os conceitos de construção verde ou telhado verde surgiram posteriormente e demandam conhecimentos específicos e considerações de mais elementos, como análise estrutural, engenharia de impermeabilização e projeto de irrigação. Os projetistas de edifícios ecológicos precisam dispor destas habilidades adicionais, o que onera os gastos com projetos.

Outros custos iniciais possíveis são os provenientes da necessidade de reforço da estrutura existente e/ou adoção de sistemas de irrigação. Dependendo do tipo do telhado, as cargas adicionais oriundas dos componentes dos telhados verdes podem assumir valores expressivos, nas quais a estrutura existente não pode suportar. A execução de um suporte estrutural extra e/ou sistemas de irrigação geram mais despesas de projeto e construção. Custos adicionais de infraestrutura como grades de proteção também podem incorrer nos telhados acessíveis. A integração estética / arquitetônica do telhado verde ao projeto geral da construção também pode resultar em custos adicionais (BRUDERMANN; SANGKAKOOL, 2017).

O custo típico de instalação de um telhado verde depende do tamanho do telhado, com o preço por metro quadrado diminuindo à medida que aumenta o tamanho do telhado. Segundo (GSA, 2011), os telhados verdes extensivos são aproximadamente US \$ 64 a US \$ 86 mais baratos de instalar do que os semi-intensivos. O custo da instalação de um extenso telhado verde varia de US \$ 110 a US \$ 134 por metro quadrado a mais que um telhado convencional, enquanto que o acréscimo de custo dos telhados semi intensivos varia de US \$ 174 a US \$ 212 por metro quadrado a mais que os telhados convencionais. (BANTING et al., 2005), afirma que os telhados verdes intensivos acessíveis custam entre 22,4% a 42,6% a mais do que os telhados convencionais, sendo que o acréscimo de 22,4% se aplica aos telhados com arbustos e 42,6% aos telhados com árvores.

### *3.6.3 Aumento dos custos de manutenção*

Não existe telhado verde que prescindia de manutenção (LUCKETT, 2009). Todas as coberturas ecológicas demandam manutenção periódica, cuja frequência e particularidade depende das características do telhado e da idade da cobertura. Os primeiros anos de existência de um telhado verde são considerados um período de estabelecimento, no qual a manutenção é fundamental para o sucesso do telhado e os requisitos de manutenção são maiores. As exigências de manutenção diminuirão após o período de estabelecimento. Em geral, os custos de manutenção para os dois tipos de coberturas verdes são maiores durante o período de estabelecimento ou nos dois anos após a instalação. Os telhados intensivos exigem visitas de manutenção mais frequentes e mais longas do que os extensos, durante e após o período de estabelecimento. Em geral, os telhados verdes extensivos são desenvolvidos para exigir pouca manutenção.

Outros fatores como localização geográfica, altura, microclima, tipo e profundidade do substrato, irrigação, espécies vegetais utilizadas e condições de acesso também influenciam nas atividades e no custo de manutenção. Em muitos casos, o acesso representa o fator mais influente dos custos de manutenção (TOWNSHEND, 2007). Recomenda-se que a manutenção dos telhados verdes não seja realizada pela equipe de manutenção predial, mas por empresa especializada, a fim de evitar danos a edificação e à própria cobertura (ISMAIL et al., 2012). A necessidade de profissionais especializados impacta os custos.

De maneira geral, as operações de manutenção em telhados verdes incluem: inspeções à prova d'água e no sistema de drenagem, remoção de lixo, verificação dos componentes do sistema de iluminação, inspeções fitossanitárias, plantio de substituição das espécies vegetais, irrigação, poda, roçada e corte de grama, fertilização, controle de doenças e pragas e capina (TOWNSHEND, 2007).

Estima-se que a manutenção anual de telhados verdes custa de R\$ 2,26 a R\$ 3,33 a mais por metro quadrado por ano do que a manutenção de um telhado convencional (GSA, 2011).

### *3.6.4 Lacunas de conhecimento público dos telhados verdes e seus benefícios*

A conscientização pública sobre os telhados verdes aumentou drasticamente nos últimos anos (GETTER; ROWE, 2006). Telhados e paredes verdes estão ganhando popularidade como um meio de mitigar uma série de impactos ambientais associados à urbanização. No entanto, os conceitos de telhados verdes tão difundidos na Europa ainda são relativamente desconhecidos no Brasil (VIEIRA et al., 2013).

Muitos incorporadores, investidores, proprietários de imóveis e outros possíveis adotantes não possuem informações suficientes sobre os benefícios dos telhados verdes. A falta de conhecimento da tecnologia cria dúvidas e incertezas sobre a viabilidade de aplicação e pode ocorrer que um potencial telhado verde seja visto como um projeto convencional, sem considerar os ganhos ambientais e econômicos percebidos ao longo do seu ciclo de vida.

A existência de projetos de demonstração de alto nível e estudos de caso constituem alternativas de publicidade para gerar interesse e aumentar o entendimento. Casos concretos evidenciam a viabilidade e promovem a conscientização do público enquanto reduz os riscos percebidos. Segundo (SHEPARD, 2010), projetos de demonstração pública foram utilizados ao longo dos anos como um método de promoção de mudanças.

Todas as partes envolvidas no desenvolvimento de edificações devem entender os benefícios dos telhados verdes e o valor que a tecnologia agrega ao projeto. Políticos e funcionários de todos os níveis do governo precisam conhecer seus custos e benefícios. Os profissionais do setor de construção e gerenciamento de edifícios precisam se familiarizar com a tecnologia de construção para aplicá-la corretamente. O conhecimento público dos benefícios dos telhados verdes criará uma demanda política por incentivos governamentais e demanda do mercado por propriedades que incorporam as coberturas verdes.

### *3.6.5 Ausência de dados quantificáveis referentes aos benefícios econômicos, ambientais e sociais dos telhados verdes*

A falta de dados de desempenho compilados provenientes de telhados verdes monitorados e testes contínuos de materiais e projetos aumentam a incerteza da tecnologia de telhados

verdes (SHEPARD, 2010). De fato, por constituir uma tecnologia incipiente no Brasil, o número de telhados verdes construídos é pequeno e o período de tempo que estão operando ainda é relativamente curto, restringindo a obtenção de dados de campo representativos, capazes de evidenciar os níveis de desempenho nas condições climáticas brasileiras. A maioria dos dados de desempenho disponíveis são de outros países ou os experimentos não foram realizados em estudos replicados (GETTER; ROWE, 2006) e os resultados das construções variam tanto quanto os tipos de construção (SHEPARD, 2010). Assim, os dados disponíveis são limitados a condições específicas de cada país, clima e tipo de construção e por isso podem não ser aplicáveis em outros países com diferentes contextos operacionais e condições climáticas. Embora a literatura técnica já descreva os benefícios do esverdeamento do telhado de maneira consolidada, a falta de exemplos construídos cria uma compreensível desconfiança e dificulta a demonstração destes benefícios (XIAO et al., 2014).

### *3.6.6 Ausência de padrões e normas referentes ao projeto e construção de telhados verdes*

Como uma indústria emergente no Brasil, ainda não existem normas técnicas, diretrizes detalhadas de projeto, instalação e manutenção, padrões integrados aos códigos de construção locais e procedimentos para testar materiais e novos produtos. Isso favorece a ocorrência de mal-entendidos sobre os requisitos de instalação e operação. É necessário desenvolver padrões confiáveis, como por exemplo às diretrizes alemãs da FLL para promover a confiança do setor, impedir que produtos de baixa qualidade circulem no mercado (TOWNSHEND, 2007) e eliminar riscos associados à indústria de telhado verde. Até recentemente, a publicação alemã era o padrão para construção e manutenção de telhados verdes em todo o mundo (SHEPARD, 2010). No entanto, as diretrizes do documento são baseadas nas práticas de construção e clima alemãs e, portanto, não eliminam a necessidade de padrões específicos às práticas e climas locais de construção. De acordo com (SHEPARD, 2010), os padrões ajudam a regular e atender às expectativas, reduzindo os riscos percebidos e incertezas que fazem as pessoas hesitarem em instalar telhados verdes.

### *3.6.7 Lacunas de experiência e conhecimento*

A falta de experiência dos projetistas, contratantes e executores de coberturas verdes implica em atrasos nos processos de construção, resultando em excedentes no orçamento e em

coberturas verdes instaladas incorretamente. De acordo com (GSA, 2011), frequentemente, o tempo médio de execução dos telhados verdes excede o prazo previsto, ocasionando atrasos no plantio das espécies e perda da janela ideal para o plantio (a janela ideal para o plantio depende das plantas e do clima do local). A ausência de condições climáticas favoráveis prejudica o desenvolvimento da vegetação e compromete o desempenho de longo prazo do telhado.

A incerteza no desempenho dos insumos e equipamentos ecológicos constitui outra barreira que dificulta a especificação e implementação de componentes sustentáveis pela indústria da construção. O uso de materiais ecológicos com desempenho não comprovados exigem a realização de testes de desempenho extras e podem acarretar custos adicionais de manutenção. Em alguns casos leva a uma redução na eficiência da construção ecológica (SHI et al., 2013). Além disso, equívocos sobre os requisitos de implementação e operação de componentes verdes pode forçar os profissionais a optarem pelos métodos tradicionais de construção (SHI et al., 2013).

Outro fator relevante é que a maioria das empresas de construção de telhados ainda não incluiu os telhados verdes em seus portfólios e preferem se ater às soluções tradicionais (BRUDERMANN; SANGKAKOOL, 2017). Existem muito poucas empresas com o conhecimento necessário para projetar, construir e manter telhados verdes. A falta de habilidade de projetistas e instaladores pode não ser percebida antes ou durante a construção, podendo gerar telhados verdes mal implementados e conseqüentemente problemas crônicos de desempenho e prejuízos a imagem das coberturas verdes como uma tecnologia confiável (GSA, 2011), (SANGKAKOOL et al., 2018). Essa falta de capacidade da indústria constitui um risco e, infelizmente, no Brasil, posiciona os telhados verdes como nova tecnologia, apesar de ser praticada na Europa há séculos (JAMES; METTERNICHT, 2013).

### *3.6.8 Dificuldades na escolha da vegetação*

A vegetação é o elemento chave dos telhados verdes. Espécies adequadamente escolhidas determinam a aparência das coberturas, além de contribuir para ganhos de conforto térmico, para a retenção do escoamento pluvial, redução dos custos de manutenção e outros benefícios.

De acordo com (MINKE, 2004), a vegetação define todos os outros componentes dos telhados verdes e sua escolha deve considerar o objetivo a ser atingido, os efeitos de isolamento térmico e acústico esperados, bem como os custos operacionais e de manutenção envolvidos. Segundo ele, as condições climáticas do local de instalação do telhado, o nível de incidência do sol, a intensidade dos ventos, a existência de infraestrutura de irrigação, a drenagem da água excedente, o tipo e a inclinação do telhado, a carga adicional que a estrutura suporta e, principalmente, a capacidade de sobrevivência das espécies nas condições a que estarão submetidas são fatores decisivos que precisam ser considerados.

Atualmente, observa-se um grande interesse em aumentar a diversidade de espécies de plantas usadas em telhados verdes, especialmente o uso de plantas nativas (BUTLER; BUTLER; ORIAN, 2012). Segundo (DUNNETT, 2006) espécies não nativas costumam ser menos adaptadas às condições climáticas e ambientais locais e, portanto, precisam de maior manutenção, cuidados e proteção para garantia da sobrevivência. O livro de projetos premiados de telhado verde escrito por (PECK, 2008) mostra que 45% dos telhados verdes premiados adotaram plantas nativas. A Agência de Proteção Ambiental americana afirma que, uma vez estabelecidas, as espécies nativas não precisam de rega, fertilizantes ou pesticidas o que beneficia o meio ambiente e reduz os custos de manutenção.

No entanto, existem opiniões contrárias sobre a adoção de gêneros nativos em telhados verdes. Várias espécies nativas são altamente invasivas e provocam redução na diversidade (DUNNETT, 2006). Da mesma forma, muitas espécies exóticas podem ser ideais ou adaptadas a um ambiente específico, porque são provenientes de ambientes muito semelhantes em suas localidades de origem (DUNNETT, 2006). Além disso, o telhado, embora localizado no mesmo espaço geográfico, é um ambiente diferente do solo. Se empregadas de forma inadequada, o uso de espécies nativas pode resultar em extensa mortalidade das plantas (BUTLER; BUTLER; ORIAN, 2012). (LI; YEUNG, 2014), (BUTLER; BUTLER; ORIAN, 2012) e outros autores demonstram preocupações sobre a escolha por espécies nativas.

Dessa forma, as opiniões sobre o uso de espécies nativas em telhados verdes permanecem confusas. Essa lacuna de conhecimento pode representar uma barreira à adoção dos telhados verdes.

### *3.6.9 Comprometimento da qualidade da água escoada dos telhados verdes devido nutrientes provenientes do substrato*

Os telhados com vegetação são conhecidos como potencialmente úteis para o gerenciamento local de águas pluviais (BERNDTSSON; EMILSSON; BENGTSSON, 2006). No entanto, transcorrido o período de retenção, a água precipitada escoada normalmente pelos elementos de drenagem. A qualidade da água proveniente do escoamento superficial dos telhados verdes é afetada pelo tipo de telhado (composição e espessura da camada de solo, tipo de vegetação e de drenagem), pelo tipo e frequência das operações de manutenção (fertilização regular ou não, uso de produtos químicos), pela área circundante (industrial, residencial ou comercial) e pelas fontes de poluição locais como intensidade do tráfego de veículos (BERNDTSSON, 2010). Percebe-se também variações sazonais na qualidade do escoamento superficial conforme as estações do ano.

Os contaminantes mais comuns do escoamento de águas pluviais urbanas são metais pesados, hidrocarbonetos de petróleo, pesticidas, sólidos em suspensão, nutrientes e microorganismos patogênicos. Para os telhados verdes, os poluentes mais frequentes no escoamento são algumas formas de fósforo, nitrogênio e metais pesados (BERNDTSSON, 2010).

Teoricamente, os telhados com vegetação podem reduzir a poluição da água escoada, absorvendo e filtrando poluentes (LIU et al., 2019). Além disso, o escoamento anual total de um telhado verde – devido à evapotranspiração – é geralmente menor que o volume de escoamento de uma superfície convencional, o que contribui para a redução da carga anual de poluentes (BERNDTSSON; BENGTSSON; JINNO, 2009).

No entanto, os resultados de alguns estudos mostram que os telhados verdes atuam como fontes de poluentes como nitrogênio, fósforo, carbono orgânico e metais pesados (VIJAYARAGHAVAN; JOSHI; BALASUBRAMANIAN, 2012). Esses estudos mostram que os telhados vegetados podem contribuir consideravelmente para a degradação da qualidade das águas receptoras com poluentes liberados a partir de substratos e fertilizantes (TEEMUSK; MANDER, 2011).



Assim, estudos de nutrientes no escoamento de telhados verdes mostraram resultados mistos, deixando sem resposta o questionamento se os telhados verdes afetam e o quanto afetam a qualidade da água escoada no ambiente urbano. Essa lacuna de pesquisa pode representar uma barreira à adoção dos telhados verdes.

### *3.6.10 Falta de incentivos públicos para a implementação*

Os benefícios privados gerados pelos telhados verdes são considerados pequenos quando comparados aos vários benefícios públicos. Em termos de custo-benefício, os benefícios privados geralmente não são considerados grandes o suficiente para convencer os desenvolvedores de propriedades privadas a arcar com os investimentos adicionais exigidos pelos telhados verdes (NURMI et al., 2013). Surge então o problema do fornecimento de infraestrutura pública em terras privadas, gerando o desafio de quem paga o ativo e quem ganha o benefício. Por isso, os incentivos públicos são considerados necessários para promover a adoção em larga escala dos telhados verdes (EZEMA; EDIAE; EKHAESE, 2016).

Uma análise dos países e cidades que têm histórico de adoção de telhados verdes mostra que políticas deliberadas integradas a incentivos e regulamentos de planejamento desempenharam papéis fundamentais. Nas cidades onde os telhados verdes foram usados substancialmente, sempre se baseava em políticas que em muitas vezes são apoiadas por vários incentivos, principalmente financeiros. Tais incentivos incluem incentivos diretos, como descontos de impostos, subsídios e acesso a empréstimos especiais, bem como incentivos indiretos, como redução de taxa de desenvolvimento. Também existem incentivos intangíveis, como licenças de desenvolvimento acelerado, bônus de densidade e zoneamento, descontos de serviços públicos e reconhecimento / prêmios (SHEPARD, 2010). Os incentivos geralmente são apoiados por regulamentos de construção robustos, como a inclusão obrigatória de telhados verdes em algumas categorias de edifícios (EZEMA; EDIAE; EKHAESE, 2016).

Vários países introduziram leis para aplicação de telhados verdes. Em Tóquio, no Japão, a adoção do telhado verde é obrigatória em edifícios privados com áreas construídas superiores a 1000m<sup>2</sup> e em edifícios públicos com áreas construídas maiores que 250m<sup>2</sup> (BRENNEISEN, 2004). Outras cidades, como Colônia, Mannheim e Bonn, a taxa de águas pluviais é reduzida

após a aplicação dos telhados verdes. Em Basal, na Suíça, o proprietário recebe 20% do custo total do telhado verde (BRENNEISEN, 2004). Em Toronto, os telhados verdes devem ser aplicados com uma proporção de 50% a 70% de toda a área da edificação. No Quebec, Canadá, o incentivo público é pago em dinheiro ao usuário por metro quadrado de telhado verde implementado (ANSEL; APPL, 2014) apud (SHAFIQUE; KIM; RAFIQ, 2018). Nos EUA, a maioria dos estados possui políticas próprias para a aplicação de telhados verdes. China, Hong Kong, Malásia e Coréia do Sul também estão promovendo a adaptação dos telhados verdes nas áreas urbanas (SHAFIQUE; KIM; RAFIQ, 2018). O documento elaborado por (SHEPARD, 2010) descreve incentivos promovidos por nações de todo o mundo.

No Brasil, os incentivos governamentais para apoiar a difusão da tecnologia de telhado verde são pontuais e pouco expressivos financeiramente. A Tabela 2 apresenta as iniciativas públicas existentes que incentivam a adoção de telhados verdes no país.

#### *3.6.11 Utilização deficiente dos telhados verdes*

Não raramente os operadores de edifícios ignoram o uso dos telhados verdes planejados pelo projetista e prometido pelos construtores. Quando as construções são colocadas em operação, as funcionalidades prometidas, como lazer, armazenamento de água da chuva e irrigação automática raramente são mantidas. Nestes casos, os telhados verdes passam a ser vistos apenas como uma ferramenta de marketing e de valorização estética da construção (ZHANG et al., 2012). Em tal situação, a credibilidade dos benefícios trazidos pelos telhados verdes é afetada. Essa barreira é menos significativa em locais desenvolvidos, como Austrália (WILLIAMS; RAYNER; RAYNOR, 2010).

#### *3.6.12 Necessidade de Irrigação suplementar no telhado*

Em determinados climas e tipos de telhados verdes, a irrigação é fundamental para garantir a sobrevivência da vegetação durante períodos prolongados de estiagem (TASSI et al., 2014) e, conseqüentemente, o alcance de vários dos benefícios associados aos telhados verdes. No entanto, a instalação dos sistemas de irrigação nas coberturas geralmente tem uma conotação negativa no contexto da gestão da água (MECHELEN; DUTOIT; HERMY, 2015). De fato,

nos últimos 50 anos o consumo global de água triplicou (WORLD WATER ASSESSMENT PROGRAMME, 2012) e estima-se que até 2030, metade da população mundial viva em áreas de estresse hídrico (UNEP, 2007). A realidade da escassez de água urbana e a gravidade do problema levou muitas cidades a restringir as taxas de irrigação em telhados verdes (ROWE; GETTER; DURHMAN, 2012), principalmente em regiões com ocorrência de secas sucessivas, como o sul da Europa e Austrália (ASCIONE et al., 2013). Os custos adicionais de instalação e manutenção também representam barreiras adicionais à instalação dos sistemas de irrigação (PRICE et al., 2011).

### *3.6.13 Falta de conscientização ambiental*

A conscientização sobre a construção verde está intimamente relacionada ao entendimento público sobre questões ambientais. Atualmente, é consenso que a degradação ambiental constitui um grave problema da humanidade que demanda ações efetivas de controle, porém a sociedade não evoluiu ao ponto de seus atos priorizarem o bem estar público em detrimento do ganho privado. Em outras palavras, na prática, o interesse próprio a curto prazo supera o bem comum a longo prazo (SHEPARD, 2010). Essa falta de consciência representa uma barreira a adoção dos telhados verdes e demais práticas sustentáveis de construção. A educação pública direcionada pode contribuir no desenvolvimento da cultura de que o desenvolvimento sustentável afeta a vida de todos, e portanto, todos devem participar das soluções.

### *3.6.14 Crença que os telhados verdes são suscetíveis ao fogo*

Telhados verdes podem proteger edifícios contra incêndio (NGAN, 2004). Uma pesquisa sobre a resistência ao fogo dos telhados verdes realizada em Berlim mostrou que os telhados verdes são mais resistentes ao fogo que os telhados tradicionais e que as suculentas como o sedum favorecem essa resistência (KOHLENER, 2004).

De acordo com o guia da ABG (ABG LTDA, 2010), os riscos de incêndio em telhados verdes são inferiores aos riscos dos telhados convencionais. Em estudos realizados na Alemanha, os telhados verdes obtiveram uma melhor classificação de incêndio do que os telhados convencionais. Atualmente existem empresas líderes na área de seguros que oferecem seguros

de propriedades específicas para edifícios verdes, nas quais os telhados verdes estão inclusos (SHEPARD, 2010).

No entanto, ainda existe deficiência geral de informações e receio entre planejadores e companhias de seguros sobre a capacidade dos telhados verdes adequadamente projetados, instalados e mantidos em reduzir a ocorrência de incêndios e não representar riscos adicionais para a propriedade.

### *3.6.15 Ocorrência de patologias na edificações provenientes dos telhados verdes*

Uma fragilidade dos telhados verdes é a possibilidade de ocorrência de danos na edificação advindos dos mesmos. Os problemas de infiltração representam os principais riscos envolvidos com a tecnologia (CHEN, 2013). Muitos especialistas afirmam que esses são problemas do passado e não possuem relevância significativa nos projetos atuais (BRUDERMANN; SANGKAKOOL, 2017). No entanto, a umidade proveniente de vazamentos e infiltrações, alagamento pela contenção das águas devido o entupimentos dos dispositivos de drenagem, sobrecargas estruturais e enraizamento nos materiais de construção são exemplos de anomalias que podem acometer as edificações que possuem telhados verdes instalados.

#### **3.6.15.1 Umidade proveniente de alagamentos, vazamentos e infiltrações**

Do ponto de vista técnico, não há razão para maior frequência de vazamentos e infiltrações em telhados verdes que nos sistemas convencionais (TOWNSHEND, 2007). Vazamentos geralmente são causados por mão de obra deficiente. A menos que os problemas sejam onipresentes, uma falha no projeto não resulta em vazamentos (GSA, 2011). No entanto, quando ocorrem, eles são potencialmente mais difíceis de rastrear e exigem reparos onerosos (ISMAIL et al., 2012). Os métodos de detecção de vazamento incluem testes de inundação e detecção de vazamento elétrico de baixa tensão (GSA, 2011). Os testes de inundação constituem o padrão da indústria em telhados convencionais e para ser executados em telhados verdes exigem a escavação do telhado, reparo da impermeabilização e substituição do telhado verde.

A detecção de vazamento de baixa tensão permite a identificação precisa dos locais de vazamento, mas a utilização desta técnica exige que os telhados possuam um plano de aterramento sob a membrana de impermeabilização. Além disso, é um serviço especializado, de custo elevado e até o presente momento fornecido por poucas empresas. Os problemas de vazamento devem ser eliminados através da instalação e manutenção adequadas. Ao longo dos anos, novas tecnologias foram introduzidas para solucionar os problemas relacionados a vazamentos de telhados verdes.

### **3.6.15.2 Deformação excessiva provocada por sobrecargas/ colapso estrutural**

O acréscimo de carga imposta à estrutura da edificação proveniente dos detalhados verde deve ser rigorosamente analisado, visto que sobrecargas podem ocasionar deformações excessivas, fissuras, trincas, fendas e em última instância, o colapso da edificação. A análise da carga extra também deve prever falhas no sistema de drenagem e o acúmulo de uma espessa lâmina d'água (PRATES, 2012).

### **3.6.15.3 Avarias na barreira radicular**

Danos à camada de barreira radicular podem ser ocasionados, por exemplo, pelas raízes de plantas maiores que penetram e furam a membrana impermeável e causam vazamentos. Isso pode resultar em infiltrações e danos causados pela água no edifício.

### *3.6.16 Problemas nos sistemas de drenagem*

A camada de drenagem retém uma quantidade de água que será utilizada para a vegetação e escoar o volume excedente (PRATES, 2012), evitando a asfixia radicular e morte das plantas e a ocorrência de sobrecargas estruturais (ALMEIDA, 2020).

Quando ocorrem falhas no sistema de drenagem, elas podem ocasionar prejuízos relevantes, incluindo colapso estrutural e, conseqüentemente, a integridade física dos ocupantes da edificação. O entupimento dos elementos do sistema de drenagem (calhas, ralos, tubos de queda, etc) é a anomalia mais comum e, geralmente ocorre devido à deposição de detritos proveniente da própria vegetação, associados a limpeza insuficiente. (SILVA; FLORES-

COLEN; COELHO, 2015). Drenos bloqueados resultam em alagamentos (NCDEQ, 2017). A adoção de drenos adicionais de segurança constitui uma medida eficaz de prevenção e eliminação do problema. Eles devem ser posicionados de forma que a carga proveniente da lâmina d'água não ultrapasse a capacidade da estrutura (TORONTO BUILDING, 2010).

O caimento do telhado é outro elemento importante para o adequado funcionamento dos sistemas de drenagem. A inclinação ótima indicada varia entre 2% e 8%. Inclinações inferiores ao valor mínimo indicado dá origem a uma colmatação de vias provenientes do deslocamento de sedimentos ou da existência de poças na cobertura, devidas à subida de sedimentos que conseqüentemente dão entrada no sistema de drenagem (FISHBURN, 2007) .

### *3.6.17 Existência de conceitos errôneos provenientes de falhas passadas*

A opinião pública, baseada em fatos concretos ou não, constitui um fator determinante na disseminação da aplicação da tecnologia de telhados verdes no futuro (NGAN, 2004). Um inventário de telhados verdes no distrito regional de Vancouver descobriu que as pessoas estavam associando erroneamente telhados verdes à crise de vazamento de condomínios (DAVIS, 2012).

Ao observar a trajetória de desenvolvimento da indústria de telhados verdes na Alemanha, (HERMAN, 2003) afirma que o principal fator que contribuiu para desencadear a impressão social que telhados verdes podem ser problemáticos foi a falha em coberturas verdes instaladas durante os primeiros anos de implantação da tecnologia. Nesta época, empresas novas e inexperientes cometeram erros ou instalaram baixa qualidade, utilizaram materiais não adequados e "cortaram cantos" para manter os custos baixos. Essa forma de publicidade negativa afetou adversamente todo o setor. As diretrizes da FLL, ASTM e outras atualmente disponíveis são responsáveis por reverter a reputação dos telhados verdes e garantir o uso da boa técnica.

### *3.6.18 Vulnerabilidade aos efeitos do vento*

A ação dos ventos nos telhados verdes contribui para a melhoria do desempenho térmico, mas ao mesmo tempo representa riscos a sua integridade. Danos a vegetação, erosão e

deslocamento do substrato, sucção das membranas constituintes são exemplos de lesões resultantes da ação eólica em coberturas verdes. Os cantos e os perímetros das coberturas são as regiões mais vulneráveis à ação do vento. Quando eles atingem as coberturas em vértices com ângulos de 45° ocorre os vórtices de ventos ao longo das bordas, causando áreas de baixa pressão capazes de deslocar o substrato e até mesmo succionar as membranas que compõem a cobertura verde (ALMEIDA, 2020). Para minimizar os efeitos negativos a vegetação escolhida precisa ter uma boa ligação das raízes com o meio, suportando a ação dos ventos e impedindo deslocamentos (WILLES, 2014). Plantas de baixo crescimento que se espalham e cubram o substrato em um curto período de tempo podem reduzir potenciais problemas de erosão e inibir ervas daninhas. O uso de platibanda também melhora a resistência ao vento (ANSI, 2016).

#### *3.6.19 Incertezas no suprimento de materiais ecológicos*

A cadeia de suprimentos de materiais verdes representa um desafio para a construção ecológica. Em muitos casos, materiais ecológicos ou sustentáveis não estão disponíveis na rede de distribuição padrão. Assim, o fornecimento de um suprimento confiável, no tempo necessário para sua aplicação não pode ser assegurado (PEARCE; VANEGAS, 2002). A incerteza de suprimentos e informações é uma barreira significativa contra a construção ecológica (SHI et al., 2013).

#### *3.6.20 Dificuldades Técnicas na Construção*

Os processos executivos de construção e instalação dos telhados verdes ainda não são normatizados no Brasil. Essa ausência de normas, instruções, padrões e códigos relativos ao projeto e construção de telhados verdes, associada a inexperiência dos construtores proporciona o surgimento de dúvidas nos processos executivos de instalação da tecnologia. Como os profissionais de coberturas sabem se estão fazendo o trabalho corretamente quando não há instruções ou experiências confiáveis? (RIGHI et al., 2016) afirma que existe pouco conhecimento dos métodos de execução das coberturas verdes no Brasil. A falta de conhecimento pode ocasionar em erros nas atividades de instalação e, conseqüentemente, desempenho inadequado das coberturas.

Os padrões técnicos alemães, referência mundial de coberturas verdes, demandaram mais de uma década para serem produzidos. Após a elaboração, a Alemanha experimentou um crescimento expressivo na indústria de telhado verde (GETTER; ROWE, 2006). Assim, acredita-se que em um futuro próximo, padrões adicionais estarão disponíveis e a falta de informações técnicas e contratados experientes serão problemas superados.

### **3.7 O Método Delphi**

O Delphi, chamado de forma indistinta tanto como técnica como método (ROZADOS, 2015), é utilizado para estruturar o processo de comunicação grupal, de modo a permitir que um grupo de indivíduos, selecionados com base em seu notório conhecimento sobre determinado tema, contribua para o alcance de um consenso de opinião em área do conhecimento ainda não consolidada.

Segundo (MOREIRA, 2004), o método consiste na reunião de um grupo de indivíduos que devem opinar sobre determinado assunto, observando as regras determinadas para a coleta e a depuração das opiniões.

A técnica Delphi passou a ser disseminada no começo dos anos 60, com base em trabalhos desenvolvidos por Olaf Helmer e Norman Dalker, pesquisadores da Rand Corporation. A técnica nasceu dentro dos denominados Métodos de Especialistas, que são aqueles que utilizam como fonte de informação um grupo de pessoas que se supõe dispor de respeitável conhecimento do tema em questão. É um método recomendável quando não se dispõe de dados quantitativos ou quando estes não podem ser projetados para o futuro de forma segura.

A base do método está na pressuposição de que o uso estruturado do conhecimento, da experiência e da criatividade de um painel de especialistas é melhor que a opinião de um único indivíduo ou de alguns indivíduos desprovidos de uma amplo conhecimento específico. Além disso, o número de fatores considerado por um grupo é maior do que os considerados por um só indivíduo. (SAHAL; YEE, 1975) afirmam que a base da Metodologia Delphi surge do reconhecimento da superioridade do juízo do grupo sobre o juízo individual.



O fundamento do método é a regular e sistemática apresentação de perguntas a um grupo de especialistas. Estes profissionais respondem a questões relativas a um problema de pesquisa claramente definido. Durante a aplicação dos questionários, as informações obtidas nas rodadas anteriores retroalimentam os questionários das próximas rodadas.

De acordo com (WRIGHT; GIOVINAZZO, 2000), o método consiste em um questionário interativo que circula repetidas vezes por um grupo de especialistas, preservando o anonimato das respostas individuais. A cada nova rodada, as perguntas do questionário inicial são repetidas, contendo informações e dados estatísticos coletados nas respostas do questionário anterior. Se necessário, novas perguntas podem ser acrescentadas nas rodadas subsequentes, como forma de estimular a reflexão dos especialistas.

A cada rodada, os participantes devem reavaliar suas respostas à luz das respostas dadas pelos demais respondentes da rodada anterior. Este procedimento é repetido até que a divergência de opinião entre os especialistas reduza-se a um nível considerado satisfatório, sendo que a resposta da última rodada é encarada como o consenso do grupo.

O Delphi possui uma terminologia particular, que define cada uma de suas atividades e etapas, e também os profissionais envolvidos:

- a) rodada (ou round, ou circulação) é cada um dos sucessivos questionários apresentados ao grupo de especialistas;
- b) questionário é o documento (instrumento) enviado aos especialistas. Não é só um documento que contém uma lista de perguntas, mas um documento com o qual se consegue que os participantes da pesquisa interajam, já que nele se apresentam os resultados das circulações anteriores;
- c) painel é o conjunto de especialistas que responderão o questionário;
- d) moderador é a pessoa responsável por preparar os questionários, enviá-los ao grupo, analisar os resultados, efetuar os cálculos estatísticos, animar as reflexões.

Algumas características fundamentais são observadas no método: o anonimato; a interação com realimentação controlada; a resposta do grupo estatisticamente processada e a identificação de consensos e/ou contraditórios.

O anonimato significa que durante um Delphi nenhum dos participantes conhece a identidade dos demais integrantes do grupo, o que oferece aspectos positivos: reduz a influência de fatores psicológicos, como os efeitos da capacidade de liderança e de persuasão de alguns membros; inibe o efeito de prestígio e reputação de membros mais experientes; atenua a relutância das pessoas em mudar uma opinião já expressa anteriormente; possibilita a defesa dos argumentos com tranquilidade, sabendo que se eles estiverem errados, o equívoco não vai ser reconhecido pelos demais especialistas; inibe a dominância de grupos majoritários em relação a opiniões minoritárias, evitando que o argumento que triunfe seja o mais citado, ao invés do mais válido.

A interação com realimentação controlada possibilita a interação ao apresentar mais de uma vez o mesmo questionário. A apresentação dos resultados estatísticos dos questionários anteriores possibilita aos especialistas conhecerem diferentes pontos de vista e permite que eles revejam suas opiniões, caso os argumentos apresentados lhes parecerem mais apropriados que os seus. A resposta do grupo em forma estatística é a informação apresentada aos participantes, não só do ponto de vista da maioria, mas representando todas as opiniões e indicando o grau de acordo ou desacordo obtido.

A escolha dos especialistas é outro fator determinante do método. O resultado do estudo depende do conhecimento e da cooperação dos especialistas participantes, sendo essencial a participação de indivíduos que possam contribuir ativamente. Logo, identificar os especialistas potenciais é uma das suas principais tarefas (GORDON; HELMER, 1964)

De acordo com (GORDON; HELMER, 1964), o número de especialistas respondentes é reduzido, compreendido, na grande maioria dos casos, entre 15 e 35 especialistas. O autor defende que o método não objetiva produzir estatisticamente resultados significantes. A principal finalidade é representar a síntese da opinião dos especialistas participantes do painel.

Referente ao número de rodadas a serem realizadas, não existe uma regra pré-estabelecida. As rodadas sucedem-se até que seja atingido um grau satisfatório de convergência. Alguns estudos podem usar várias rodadas. No mínimo, devem ser efetuadas duas para caracterizar o processo Delphi.

No entanto, são raros os estudos com mais de três rodadas, pois os participantes terminam por não cooperar mais (WRIGHT; GIOVINAZZO, 2000).

### *3.7.1 Sequência de Execução de uma pesquisa Delphi*

O primeiro passo de uma pesquisa utilizando o Método Delphi é a elaboração dos questionários. Para isso, a equipe coordenadora do Delphi deve obter informações detalhadas sobre o tema da pesquisa, recorrendo a literatura especializada, entrevistas com profissionais do setor e outras ferramentas convenientes. De acordo com as necessidades específicas do estudo, diferentes tipos de questões podem ser utilizadas. Nesta fase, é importante a interação entre os coordenadores do estudo e os especialistas do assunto, a fim de garantir a qualidade técnica das questões propostas. Em seguida, seleciona-se os painelistas. É importante garantir a heterogeneidade dos profissionais escolhidos visto que o resultado do estudo depende essencialmente deles.

Os potenciais respondentes selecionados são contatados pela equipe responsável pelo estudo, que lhes explica os conceitos e o funcionamento da técnica Delphi, bem como o objetivo do estudo e a importância da participação dos especialistas. Para os painelistas que aceitam participar da pesquisa é enviado o questionário, contendo uma explicação sucinta dos objetivos do estudo e instruções para o preenchimento e devolução. O envio, bem como a devolução dos questionários, pode ser feita em mãos, pelo correio ou eletronicamente. De acordo com (WRIGHT; GIOVINAZZO, 2000), em média há uma abstenção de 30% a 50% dos respondentes na primeira rodada, e de 20% a 30% na segunda rodada.

Quando os questionários da primeira rodada são recebidos pelo moderador do estudo, procede-se a tabulação e análise das respostas, calculando a média simples e o desvio padrão. Após examinar os resultados da 1ª rodada, o pesquisador define sobre a conveniência de ajustar o questionário, eliminando ou incluindo questões, ou manter o questionário inicial.

A segunda rodada do questionário Delphi é novamente encaminhada aos especialistas. Esta rodada obrigatoriamente contém os resultados da primeira rodada, possibilitando que os participantes revejam suas posições face à previsão e argumentação do grupo.

As rodadas sucedem-se até que um grau satisfatório de convergência seja alcançado, observando o mínimo de duas rodadas. A Figura 16 apresenta a sequência de execução de uma pesquisa utilizando o método Delphi.

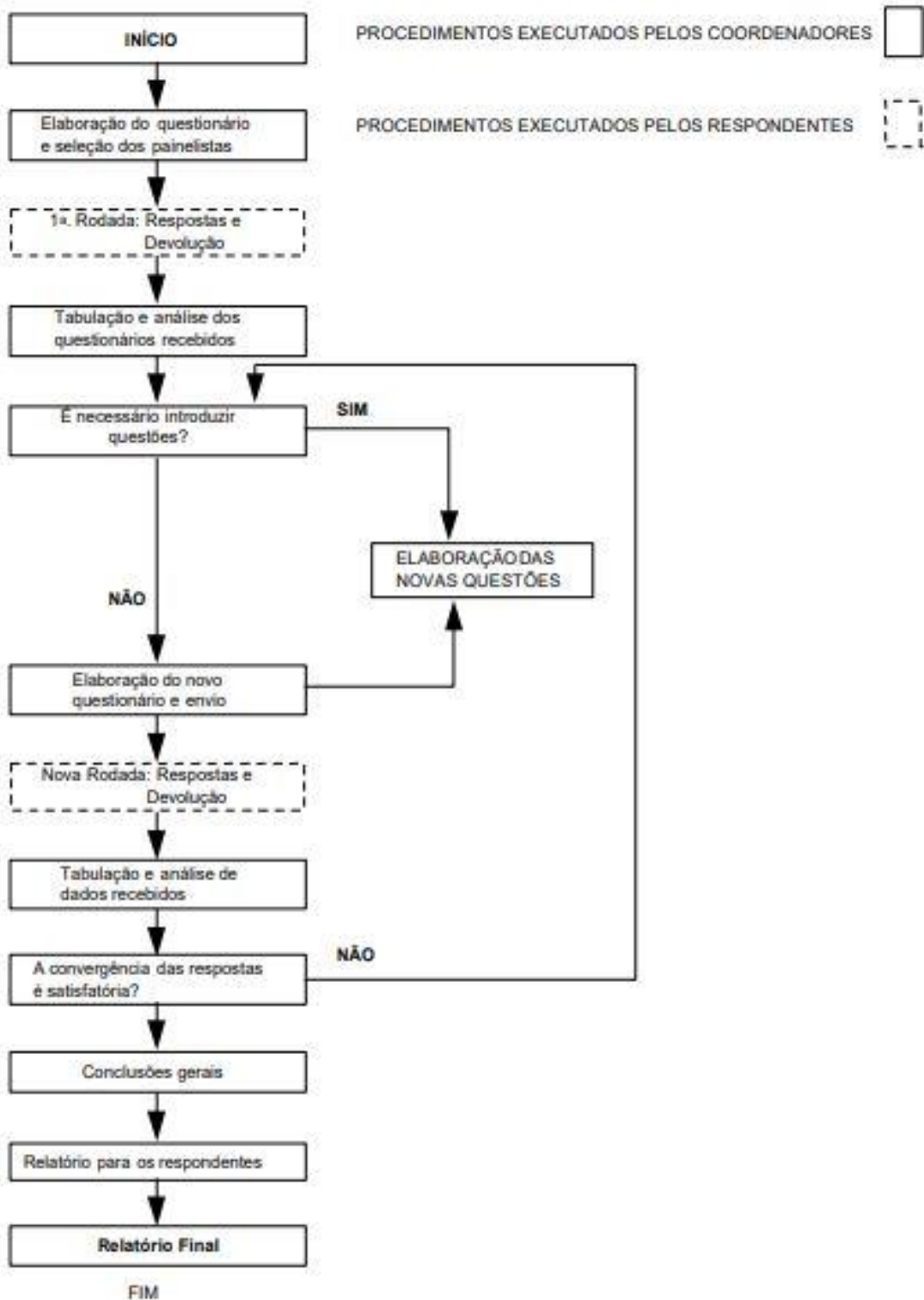


Figura 16: Sequência de execução de uma pesquisa Delphi.  
 Fonte: (WRIGHT; GIOVINAZZO, 2000).

#### 4 PROCEDIMENTO EXPERIMENTAL

O objetivo de uma pesquisa científica é a solução de problemas que ainda não têm suas respostas encontradas. Segundo (OLIVEIRA, 2011), a pesquisa, para ser científica, exige um procedimento formal, realizado de modo sistematizado. Ela pode ser desenvolvida por meio da utilização de métodos e técnicas, além de outros procedimentos científicos. De acordo com (LAKATOS; MARCONI, 2007), não existe ciência sem o emprego de métodos científicos.

Para obter os resultados e respostas da problematização apresentada neste trabalho, foi utilizada a pesquisa explicativa. (GIL, 1999), afirma que pesquisas explicativas objetivam identificar os fatores que determinam ou contribuem para a ocorrência de um fenômeno.

A metodologia para desenvolvimento deste trabalho compreendeu pesquisa bibliográfica e aplicação de questionários utilizando a Metodologia Delphi.

A primeira etapa consistiu no mapeamento das barreiras à adoção de telhados verdes já identificadas na literatura técnica. As barreiras apontadas foram agrupadas em categorias relativas à técnica, custo, normatização e padronização, de conhecimento e informação e outras.

Em seguida, a importância relativa de cada barreira identificada foi medida através da aplicação de questionário utilizando a Metodologia Delphi com profissionais da construção civil envolvidos com os processos de adoção e instalação dos telhados verdes e que possuam notório conhecimento na área: projetistas, incorporadores, construtores, consultores técnicos, mantenedores, pesquisadores, formuladores de políticas públicas e profissionais envolvidos com a venda (suprimentos) dos insumos. Os questionários foram elaborados utilizando a Escala de *Likert*, que permite medir extremos de opinião e facilita aos entrevistados manifestarem seu grau de concordância com as barreiras apresentadas. De acordo com (CHAN; KUMARASWAMY, 1997) a Escala de *Likert* é um método eficaz para avaliar a importância relativa de fatores individuais, investigando a opinião dos envolvidos. Os entrevistados foram convidados a julgar o grau de relevância das barreiras listadas nos questionários, com a classificação “1, 2, 3, 4, 5”, respectivamente representando “discordo totalmente, discordo, neutro, concordo e concordo totalmente”. A aplicação dos questionários

segiu a metodologia proposta pela Metodologia Delphi e utilizou o *software* Survio como ferramenta para a coleta de respostas. Foram aplicadas três rodadas de questionários cujo link para acesso a página da pesquisa foi encaminhado aos participantes eletronicamente, via e-mail e/ou através da plataforma LinkedIn. O cálculo da significância relativa de cada uma das barreiras listadas na adoção dos telhados verdes foi feito através do Índice de Importância Relativa (IIR) e o grau de dispersão das opiniões entre os entrevistados foi medido através do Coeficiente de Variação (CV). As Equações 1 e 2 representam, respectivamente, as fórmulas para cálculo do IIR e do CV. A Equação 3 apresenta a fórmula para cálculo do desvio padrão (SD), visto que o mesmo é necessário para o cálculo do CV.

$$IIR = \frac{\sum_{i=0}^n Xi}{AN}$$

Equação 1: Índice de Importância Relativa

$$CV = \frac{SD}{\mu} * 100$$

Equação 2: Coeficiente de Variação

$$SD = \sqrt{\frac{1}{N} \sum_{i=1}^N (Xi - \mu)^2}$$

Equação 3: Desvio Padrão

$X_i$  = Pontuação individual atribuída a cada barreira pelos especialistas

$A$  = Pontuação mais alta para cada barreira (ou seja, 5 nesta pesquisa)

$N$  = Número total de respondentes

$SD$  = Desvio Padrão das pontuações individuais de cada barreira

$\mu$  = Média dos valores das pontuações individuais de cada barreira

Após a aplicação dos questionários foi elaborado o *ranking* das barreiras que dificultam a adoção de telhados verdes nas edificações brasileiras. O *ranking* foi criado através da ordenação decrescente dos IIR das barreiras.

Finalmente foram sintetizados os resultados obtidos, apontando as principais barreiras que dificultam a adoção em larga escala nas edificações brasileiras e elaboradas as conclusões e considerações obtidas através do estudo.

#### **4.1 Aplicação da Metodologia Delphi**

Este item descreve de forma detalhada como foram realizadas as etapas da pesquisa de questionário com especialistas utilizando a Metodologia Delphi.

##### *4.1.1 Seleção dos Especialistas*

O mapeamento de especialistas contempla a definição de um grupo de indivíduos de notório conhecimento na área da pesquisa que podem contribuir significativamente para a mesma. A seleção dos especialistas convidados como participantes respondentes foi feita utilizando as ferramentas Portal de currículos Lattes e LinkedIn. O portal de currículo Lattes é disponibilizado em formato Plataforma Lattes pelo Conselho Nacional de Desenvolvimento Científico e Tecnológico (CNPq) que é diretamente vinculado ao Ministério da Ciência, Tecnologia e Inovação brasileiro. O LinkedIn é uma empresa pertencente a Microsoft, considerada a maior rede social profissional do mundo. Atualmente possui mais de 550 milhões de usuários em 200 países. A plataforma linkedin está disponível em 24 idiomas e é utilizada pelos profissionais como cartão de visitas virtual, para apresentar a carreira e experiências profissionais. O Brasil está em terceiro lugar em número de usuários cadastrados na plataforma, atrás apenas dos Estados Unidos e da Índia. Segundo dados da companhia, há cerca de 30 milhões de brasileiros usando o LinkedIn.

A procura pelos profissionais na Plataforma Lattes foi feita utilizando o campo de “busca avançada” e o termo “telhado verde” na caixa “todas essas palavras”. A busca foi feita na base “doutores” e nacionalidade “brasileira”. Foram aplicados os filtros “atuação profissional – engenharias” e idioma “português”.

A busca no linkedin foi realizada através de uma de suas ferramentas pagas, a Sales Navigator, que contém opções de filtro e busca inteligente, como palavras-chave, empresa, cargo, localidade, receita e outros parâmetros importantes para refinar a pesquisa e extrair

resultados relevantes. O diferencial desta ferramenta para esta pesquisa é a possibilidade de enviar mensagens diretas a qualquer usuário, por meio de uma mensagem de texto curta. Em contas gratuitas do LinkedIn, só é possível enviar mensagens diretas para profissionais que já fazem parte da rede de contatos.

O corpo de especialistas desta pesquisa foi composto por 73 profissionais. A quantidade de especialistas recomendada na literatura técnica varia entre os autores. De acordo com (GIOVINAZZO, 2001), 15 a 30 especialistas é um número satisfatório, suficiente para gerar informações relevantes. (GORDON, 1994) afirma que grande parte dos estudos conta com a participação de 15 a 35 colaboradores. (LINSTONE, HAROLD AND TUROFF, 1975) defende um grupo de 10 a 50 profissionais, salientando que a função desse grupo é, não somente, obter o consenso, mas também expor as diferentes visões apresentadas e os principais argumentos favoráveis e contrários. Segundo (WRIGHT; GIOVINAZZO, 2000) existe um percentual de abstenção de respostas, normalmente entre 30 a 50% na primeira rodada. (GORDON, 1994) afirma que esse percentual de abstenção situa-se entre 25% a 65% dos convidados.

#### *4.1.2 Elaboração dos Questionários*

Durante a elaboração dos questionários, as questões foram estruturadas priorizando a simplicidade para ser respondido de forma a facilitar e maximizar a participação dos especialistas. Além disso, cuidados para evitar erros provocados por colocações ambíguas e dificuldades na interpretação das afirmações também foram observados. As opiniões dos painelistas foram coletadas por meio de níveis de significância atribuídos para cada indagação apresentada. Foi obrigatório o preenchimento de uma única opção para cada questão apresentada. Para as opções de níveis de importância das questões, foi utilizada uma escala do tipo *Likert* de cinco pontos, contendo os seguintes níveis “1, 2, 3, 4, 5”, respectivamente representando “discordo totalmente, discordo, neutro, concordo e concordo totalmente”.

Ao final do questionário foi disponibilizado um campo para comentários e opiniões adicionais dos especialistas, possibilitando o enriquecimento da pesquisa.



O questionário elaborado contemplou 20 indagações e foi estruturado em cinco grandes grupos. O grupo das barreiras técnicas possuía 9 questões, o grupo das barreiras econômicas - 3 questões, o grupo das barreiras de conhecimento 4 questões, o grupo das barreiras de padronização e normatização 1 questão e o grupo denominado “outras barreiras” possuía 3 questões. O número total de questões equivale ao número de barreiras mapeadas na literatura. (WRIGHT; GIOVINAZZO, 2000) recomendam, a depender dos tipos de questões existentes e do perfil dos respondentes, algo em torno de 25 questões.

#### *4.1.3 Realização da primeira rodada*

A primeira rodada da pesquisa foi realizada no período de 04/02/2021 a 04/03/2021. O *software* Survio foi utilizado como ferramenta para a coleta de respostas. O convite para a primeira rodada de questionamentos continha o link de acesso a pesquisa e foi encaminhado aos painelistas via e-mail e/ou plataforma do LinkedIn.

Por meio do link encaminhado, o corpo de especialistas acessava a página do questionário no momento que considerasse conveniente. Ao concluir a participação de cada especialista na pesquisa, o Survio registrava as respostas, formando o banco de respostas da pesquisa.

Transcorrido duas semanas de envio do convite de participação, o nível de abstinência encontrava-se muito elevado o que necessitou o re-envio do link de acesso à pesquisa, acompanhado de uma mensagem de conscientização dos benefícios que poderiam ser gerados a partir da utilização em larga escala dos telhados verdes nas edificações brasileiras. Essa ação visou aumentar o nível de participação, dando assim maior representatividade aos resultados.

A Figura 17 mostra o histórico de acesso ao questionário, bem como o número de respostas obtidas. Dos 73 convites encaminhados, 63 especialistas acessaram o link da pesquisa, no entanto, apenas 28 concluíram as respostas. A figura também evidencia que a mensagem de sensibilização gerou os efeitos desejados visto que um pico de respostas pode ser observado ao final do período de realização da primeira rodada.

Os resultados obtidos na primeira rodada de pesquisa estão apresentados no capítulo 5.

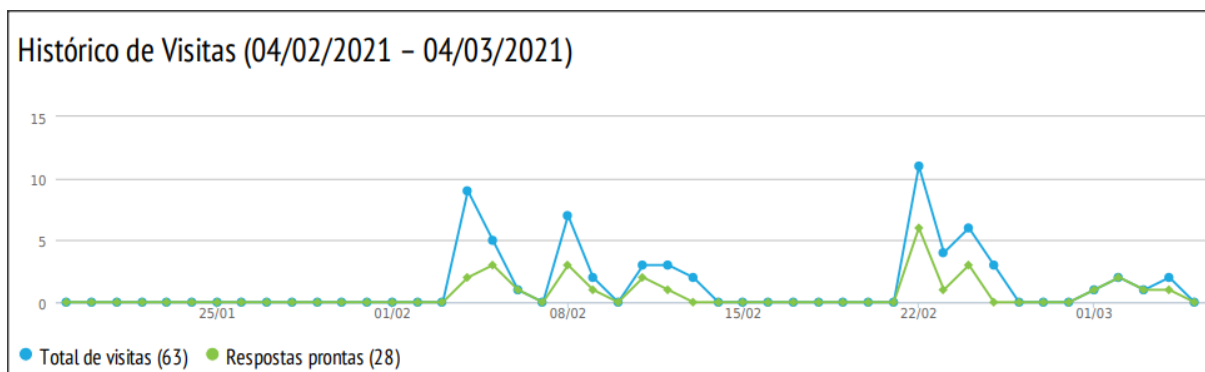


Figura 17: Histórico de acesso ao questionário da 1ª rodada de pesquisa.

Fonte: Elaborada pela Autora.

#### 4.1.4 Realização da segunda rodada

As respostas da segunda rodada foram coletadas no período de 09/03/2021 a 05/04/2021. O questionário da segunda rodada do painel Delphi foi composto pelas mesmas questões da primeira rodada e o convite de participação foi enviado aos 73 especialistas que compõem o Corpo de Especialistas da pesquisa utilizando os mesmos recursos adotados na primeira rodada (e-mail e/ou plataforma LinkedIn). Os participantes foram convidados a reavaliar suas respostas a luz das respostas da rodada anterior, partindo do pressuposto do reconhecimento da superioridade do entendimento do grupo sobre o entendimento individual.

Conforme preconiza o método Delphi, a síntese dos resultados estatísticos obtidos na primeira rodada foi apresentada na segunda rodada por meio de tabelas que continham os percentuais de escolha de cada uma das opções de importância. As tabelas com os resultados da rodada anterior precediam os campos destinados a coleta de respostas da segunda rodada.

A ação de encaminhar aos participantes uma mensagem de conscientização sobre a importância da pesquisa também foi realizada na segunda rodada. A Figura 18 apresenta o histórico de acesso ao questionário, bem como o número de respostas obtidas na segunda rodada. Conforme pode ser percebido na figura, 54 painelistas convidados acessaram o link da pesquisa, sendo que 31 concluíram as respostas. Os resultados obtidos na segunda rodada de pesquisa estão apresentados no capítulo 5.

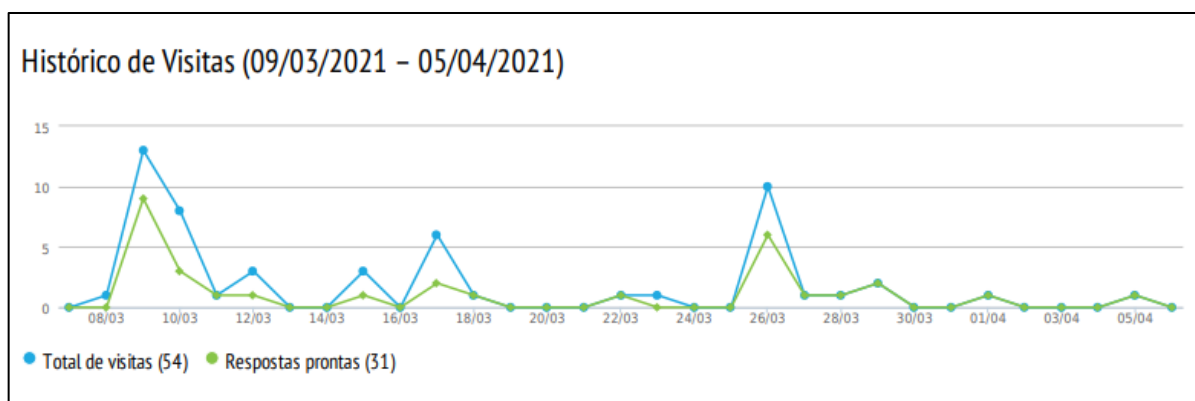


Figura 18: Histórico de acesso ao questionário da 2ª rodada de pesquisa.  
Fonte: Elaborada pela Autora.

Ao final da segunda rodada constatou-se que já existia um certo nível de convergência na opinião dos especialistas, visto que a maior parte das barreiras apresentavam pequena variação na posição do *ranking*. Ao contrário, para 85% das barreiras a variação no *ranking* foi nula ou de apenas uma posição e apenas 15% das barreiras variaram mais de uma posição, sendo limitada a 2 posições a variação máxima de colocação no *ranking*. Além disso, as maiores variações de posição estavam concentradas nas barreiras que ocupavam colocações inferiores no *ranking*. A Tabela 13 mostra a colocação no *ranking* das barreiras em cada uma das rodadas de pesquisa.

No entanto, considerando o critério definido por (MARTINS; THEÓPHILO, 2016), que classifica o CV em baixa dispersão, quando  $CV < 15\%$ , média dispersão, quando  $15\% \leq CV < 30\%$  e alta dispersão, quando  $CV \geq 30\%$ , definiu-se realizar uma nova rodada de pesquisa a fim de obter um grau mais elevado de convergência de opiniões entre os especialistas, já que a significância das barreiras atribuídas pelos respondentes apresentaram na segunda rodada média e alta dispersão para 55% e 45% das barreiras, respectivamente. Nesta segunda rodada, nenhuma barreira apresentou baixa dispersão dos resultados. Os valores dos coeficientes de variação das barreiras em cada rodada de pesquisa são apresentados na Tabela 11.

#### 4.1.5 Realização da terceira rodada

As respostas da terceira rodada foram coletadas no período de 19/04/2021 a 18/05/2021. A realização da terceira rodada seguiu os mesmos preceitos das rodadas anteriores – o questionário utilizado foi mantido, todo o corpo de especialistas foi convidado para participar da terceira rodada, o link para acesso a pesquisa foi encaminhado via e-mail e/ou plataforma

Linkedin. A estratégia de apresentar tabelas com a síntese dos resultados das rodadas anteriores antepondo os campos destinados a coleta das respostas da terceira rodada foi igualmente mantida. Nesta rodada também foi encaminhado a mensagem de conscientização sobre a importância da pesquisa, visto que transcorridos 13 dias do envio do convite da 3ª rodada, apenas cerca de 14% dos especialistas convidados tinham contribuído com a mesma. Na terceira rodada, houve uma redução expressiva na participação dos painelistas. A Figura 19 apresenta o histórico de acesso ao questionário, bem como o número de respostas obtidas na terceira rodada. Conforme apresentado na figura, 30 painelistas convidados acessaram o link da pesquisa, sendo que 19 concluíram as respostas.

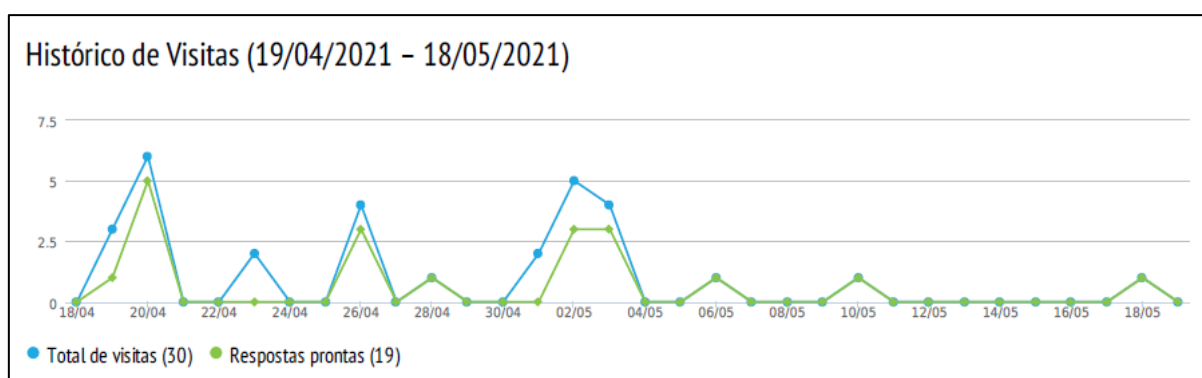


Figura 19: Histórico de acesso ao questionário da 3ª rodada de pesquisa.

Fonte: Elaborada pela Autora.

Ao final da terceira rodada, apenas 2 barreiras, que equivale a 10% dos obstáculos mapeados, apresentaram valores de CV superior aos valores obtidos na segunda rodada. Além disso, para 65% das barreiras, o CV foi inferior a 30%, caracterizando uma média ou baixa dispersão dos resultados para a maior parte dos obstáculos listados. Esses dados nos permitem concluir que os especialistas caminharam em direção ao consenso. Os resultados obtidos na terceira rodada de pesquisa estão apresentados no capítulo 5.

## **5 RESULTADOS**

Neste capítulo são apresentados e discutidos os resultados da pesquisa, envolvendo as informações do corpo de especialistas que participaram da pesquisa de questionário, os critérios utilizados para elaboração dos grupos das barreiras a adoção dos telhados verdes, o processo de elaboração do questionário e a escolha do *software* utilizado como ferramenta de coleta de respostas. Posteriormente, são mostrados os resultados estatísticos de cada uma das rodadas da pesquisa e as informações geradas a partir da análise e tratamento dos dados obtidos.

### **5.1 Corpo de especialistas da pesquisa**

Através das pesquisas realizadas nas plataformas Lattes e LinkedIn foram identificados 106 potenciais especialistas que poderiam contribuir para esta pesquisa. O grupo era formado por profissionais que atuam com incorporação, projeto, instalação, manutenção, consultoria, fornecimento de insumos, formuladores de políticas públicas, pesquisadores e usuários dos sistemas de telhado verde. Dos 106 profissionais selecionados, 33 profissionais não se interessaram pelo estudo e se mantiveram indiferentes ao convite de participação. Assim, os profissionais que manifestaram interesse no estudo e informaram um e-mail para envio do link de acesso à pesquisa totalizaram 73 participantes e estes formaram o Corpo de Especialistas da pesquisa.

Conforme metodologia de pesquisa proposta, os indivíduos participantes não serão identificados em nenhum momento desta dissertação.

### **5.2 Agrupamento das barreiras e questionário utilizado**

Os obstáculos a adoção dos telhados verdes identificados na literatura técnica foram classificados em cinco categorias: barreiras técnicas, barreiras de padronização e normatização, barreiras econômicas, barreiras de conhecimento e outras barreiras. Barreiras que surgem durante a elaboração do projeto, a execução e a manutenção foram classificadas como técnicas, as relacionadas a normas e padrões foram identificadas como barreiras de padronização e normatização, as associadas aos aspectos financeiros e de incentivo dos

telhados verdes foram agrupadas como barreiras econômicas, a falta de conhecimento ou incompreensão que leva a recusar a adoção dos telhados verdes foram especificadas como barreiras de conhecimento; as barreiras que não pertencem às quatro categorias acima foram chamadas de “outras” barreiras.

As questões apresentadas no questionário equivalem as barreiras identificadas na literatura técnica. O questionário continha, além das questões em formato *Likert* para respostas em caixa de seleção única, apresentação dos objetivos da pesquisa, agradecimento pela participação do especialista, instruções para o correto preenchimento do questionário e uma introdução sucinta. Além disso, ao final do questionário foi disponibilizado um campo em aberto para comentários e opiniões adicionais. Neste espaço, os painelistas podiam expor quaisquer contribuições adicionais a pesquisa. A Tabela 5 apresenta o agrupamento das barreiras identificadas na literatura técnica e as questões apresentadas no questionário.

Tabela 5: Agrupamento das barreiras e questões apresentadas no questionário

<b>Grupo</b>	<b>Descrição Barreira</b>
Técnica	Podem levar à ocorrência de sobrecargas não previstas
Técnica	Inexperiência dos profissionais envolvidos no projeto, instalação e manutenção
Técnica	Dificuldades na escolha da vegetação
Técnica	Comprometimento da qualidade da água escoada devido nutrientes provenientes do substrato
Técnica	Necessidade de irrigação suplementar no telhado
Técnica	Ocorrência de patologias nas edificações provenientes dos telhados verdes
Técnica	Problemas nos sistemas de drenagem
Técnica	Vulnerabilidade aos efeitos do vento
Técnica	Dificuldades técnicas na construção
Econômica	Aumento dos custos de projeto e construção
Econômica	Aumento dos custos de manutenção
Econômica	Falta de políticas públicas e incentivos financeiros para implementação
Conhecimento	Lacunas de conhecimento público dos telhados verdes e seus benefícios
Conhecimento	Falta de dados de desempenho referentes aos benefícios dos telhados verdes
Conhecimento	Crença que os telhados verdes são suscetíveis ao fogo
Conhecimento	Existência de conceitos errôneos provenientes de falhas passadas
Padronização e Normatização	Ausência de padrões e normas referentes ao projeto e construção de telhados verdes
Outras	Não utilização de todas as funcionalidades projetadas dos telhados verdes
Outras	Incerteza quanto à viabilidade de adequado suprimento dos materiais ecológicos
Outras	Falta de conscientização ambiental

Fonte: Elaborada pela Autora.

As Figuras 20, 21, 22, 23, 24, 25, 26 e 27 apresentam os prints das telas do *software* Survio da primeira rodada de pesquisa. As telas da segunda e da terceira rodada de pesquisa são semelhantes as da primeira rodada com o acréscimo das tabelas que apresentam os resultados estatísticos da rodada anterior, conforme ilustrado nas Figuras 28, 29, 30 e 31.

**Pesquisa sobre barreiras que dificultam a adoção de telhados verdes nas edificações brasileiras**

**Prezado Profissional,**

Obrigada por participar desta pesquisa. Ela objetiva identificar as verdadeiras causas que dificultam a adoção de telhados verdes nas edificações brasileiras. A pesquisa é anônima e será realizada utilizando a metodologia Delphi.

Gentileza responder às perguntas com base em suas próprias opiniões e experiências. Caso necessário, não hesite em nos contatar através do telefone (31) 98816-4431 ou pelo endereço eletrônico [daniela-avila@ufmg.br](mailto:daniela-avila@ufmg.br) para esclarecer dúvidas ou obter quaisquer informações.

Antecipadamente agradecemos por sua ajuda. Ela é fundamental para obtermos resultados realísticos.

**INICIAR PESQUISA AGORA**

Figura 20: 1ª Tela: Apresentação dos objetivos da pesquisa e agradecimento pela participação.  
Fonte: Elaborada pela Autora.

**Coberturas verdes constituem uma tecnologia já sedimentada em diversos países do mundo. No entanto, no Brasil, os telhados verdes ainda são considerados uma técnica inovadora e, por isso, enfrentam obstáculos para utilização em larga escala. Estes obstáculos, denominados "barreiras" nesta pesquisa, possuem níveis diferentes de relevância. Este trabalho objetiva criar o ranking das barreiras que afetam a adoção dos sistemas de telhados verdes. Para isso, essa pesquisa medirá a importância relativa de cada barreira na adoção de telhados verdes nas edificações brasileiras.**

*No questionário, para cada afirmação apresentada selecione o grau de concordância ou discordância, assinalando o campo correspondente. Ao final do questionário foi disponibilizado um campo para comentários e opiniões. Contribuições além das listadas no questionário também podem ser feitas neste espaço.*

Figura 21: 2ª Tela: Introdução sucinta e instruções de preenchimento do questionário.  
Fonte: Elaborada pela Autora.

## 1. Barreiras Técnicas\*

Selecione o grau de concordância para cada afirmação

	Discordo Totalmente	Discordo	Neutro	Concordo	Concordo Totalmente
Podem levar à ocorrência de sobrecargas não previstas	<input type="checkbox"/>	<input type="checkbox"/>	<input type="checkbox"/>	<input type="checkbox"/>	<input type="checkbox"/>
Inexperiência dos profissionais envolvidos no projeto, instalação e manutenção	<input type="checkbox"/>	<input type="checkbox"/>	<input type="checkbox"/>	<input type="checkbox"/>	<input type="checkbox"/>
Dificuldades na escolha da vegetação	<input type="checkbox"/>	<input type="checkbox"/>	<input type="checkbox"/>	<input type="checkbox"/>	<input type="checkbox"/>
Comprometimento da qualidade da água escoada devido nutrientes provenientes do substrato	<input type="checkbox"/>	<input type="checkbox"/>	<input type="checkbox"/>	<input type="checkbox"/>	<input type="checkbox"/>
Necessidade de irrigação suplementar no telhado	<input type="checkbox"/>	<input type="checkbox"/>	<input type="checkbox"/>	<input type="checkbox"/>	<input type="checkbox"/>
Ocorrência de patologias nas edificações provenientes dos telhados verdes	<input type="checkbox"/>	<input type="checkbox"/>	<input type="checkbox"/>	<input type="checkbox"/>	<input type="checkbox"/>
Problemas nos sistemas de drenagem	<input type="checkbox"/>	<input type="checkbox"/>	<input type="checkbox"/>	<input type="checkbox"/>	<input type="checkbox"/>
Vulnerabilidade aos efeitos do vento	<input type="checkbox"/>	<input type="checkbox"/>	<input type="checkbox"/>	<input type="checkbox"/>	<input type="checkbox"/>
Dificuldades técnicas na construção	<input type="checkbox"/>	<input type="checkbox"/>	<input type="checkbox"/>	<input type="checkbox"/>	<input type="checkbox"/>

Figura 22: 3ª Tela: Indagações referentes as barreiras técnicas.

Fonte: Elaborada pela Autora.



## 2. Barreiras Econômicas\*

Selecione o grau de concordância para cada afirmação

	Discordo Totalmente	Discordo	Neutro	Concordo	Concordo Totalmente
Aumento dos custos de projeto e construção	<input type="checkbox"/>	<input type="checkbox"/>	<input type="checkbox"/>	<input type="checkbox"/>	<input type="checkbox"/>
Aumento dos custos de manutenção	<input type="checkbox"/>	<input type="checkbox"/>	<input type="checkbox"/>	<input type="checkbox"/>	<input type="checkbox"/>
Falta de políticas públicas e incentivos financeiros para implementação	<input type="checkbox"/>	<input type="checkbox"/>	<input type="checkbox"/>	<input type="checkbox"/>	<input type="checkbox"/>

Figura 23: 4ª Tela: Indagações referentes as barreiras econômicas.  
Fonte: Elaborada pela Autora.

## 3. Barreiras de Conhecimento\*

Selecione o grau de concordância para cada afirmação

	Discordo Totalmente	Discordo	Neutro	Concordo	Concordo Totalmente
Lacunas de conhecimento público dos telhados verdes e seus benefícios	<input type="checkbox"/>	<input type="checkbox"/>	<input type="checkbox"/>	<input type="checkbox"/>	<input type="checkbox"/>
Falta de dados de desempenho referentes aos benefícios dos telhados verdes	<input type="checkbox"/>	<input type="checkbox"/>	<input type="checkbox"/>	<input type="checkbox"/>	<input type="checkbox"/>
Crença que os telhados verdes são suscetíveis ao fogo	<input type="checkbox"/>	<input type="checkbox"/>	<input type="checkbox"/>	<input type="checkbox"/>	<input type="checkbox"/>
Existência de conceitos errôneos provenientes de falhas passadas	<input type="checkbox"/>	<input type="checkbox"/>	<input type="checkbox"/>	<input type="checkbox"/>	<input type="checkbox"/>

Figura 24: 5ª Tela: Indagações referentes as barreiras de conhecimento.  
Fonte: Elaborada pela Autora.

### 4. Barreiras de Padronização e Normatização\*

Selecione o grau de concordância para cada afirmação

	Discordo Totalmente	Discordo	Neutro	Concordo	Discordo Totalmente
Ausência de padrões e normas referentes ao projeto e construção de telhados verdes	<input type="checkbox"/>	<input type="checkbox"/>	<input type="checkbox"/>	<input type="checkbox"/>	<input type="checkbox"/>

Figura 25: 6ª Tela: Indagações referentes as barreiras de padronização e normatização.  
Fonte: Elaborada pela Autora.

### 5. Outras Barreiras\*

Selecione o grau de concordância para cada afirmação

	Discordo Totalmente	Discordo	Neutro	Concordo	Concordo Totalmente
Não utilização de todas as funcionalidades projetadas dos telhados verdes	<input type="checkbox"/>	<input type="checkbox"/>	<input type="checkbox"/>	<input type="checkbox"/>	<input type="checkbox"/>
Incerteza quanto à viabilidade de adequado suprimento dos materiais ecológicos	<input type="checkbox"/>	<input type="checkbox"/>	<input type="checkbox"/>	<input type="checkbox"/>	<input type="checkbox"/>
Falta de conscientização ambiental	<input type="checkbox"/>	<input type="checkbox"/>	<input type="checkbox"/>	<input type="checkbox"/>	<input type="checkbox"/>

Figura 26: 7ª Tela: Indagações referentes a outras barreiras.  
Fonte: Elaborada pela Autora.

### 6. Comentários e Opiniões

Utilize este campo para expor opiniões e comentários adicionais. Outras barreiras além das listadas no questionário também podem ser anotadas neste espaço.

Escreva uma ou algumas palavras...

500

ENVIAR

Figura 27: 8ª Tela: Campo em aberto destinado a contribuições adicionais.  
Fonte: Elaborada pela Autora.

## 2. Barreiras Econômicas\*

Descrição	Discordo Totalmente	Discordo	Neutro	Concordo	Concordo Totalmente
Aumento dos custos de projeto e construção	0,0%	10,7%	3,6%	57,1%	28,6%
Aumento dos custos de manutenção	0,0%	14,3%	7,1%	60,7%	17,9%
Falta de políticas públicas e incentivos financeiros para implementação	0,0%	3,6%	3,6%	28,6%	64,2%

Selecione o grau de concordância para cada afirmação

	Discordo Totalmente	Discordo	Neutro	Concordo	Concordo Totalmente
Aumento dos custos de projeto e construção	<input type="checkbox"/>	<input type="checkbox"/>	<input type="checkbox"/>	<input type="checkbox"/>	<input type="checkbox"/>
Aumento dos custos de manutenção	<input type="checkbox"/>	<input type="checkbox"/>	<input type="checkbox"/>	<input type="checkbox"/>	<input type="checkbox"/>
Falta de políticas públicas e incentivos financeiros para implementação	<input type="checkbox"/>	<input type="checkbox"/>	<input type="checkbox"/>	<input type="checkbox"/>	<input type="checkbox"/>

Figura 28: *Layout* do questionário das barreiras econômicas da 2ª rodada de pesquisa, contendo as respostas obtidas na 1ª rodada.

Fonte: Elaborada pela Autora.

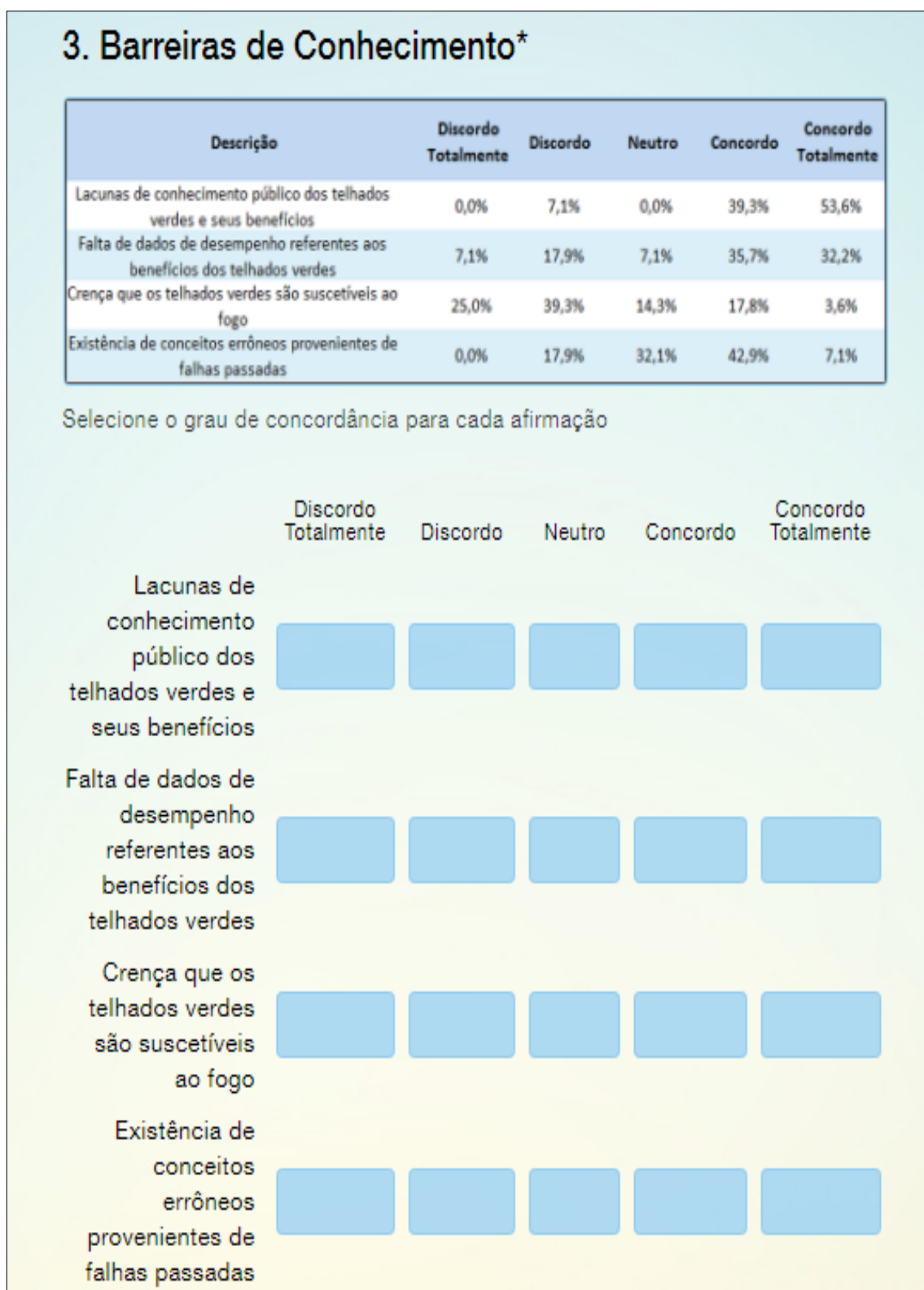


Figura 29: *Layout* do questionário das barreiras de conhecimento da 2ª rodada de pesquisa, contendo as respostas obtidas na 1ª rodada.

Fonte: Elaborada pela Autora.

### 4. Barreiras de Padronização e Normatização\*

Descrição	Discordo Totalmente	Discordo	Neutro	Concordo	Concordo Totalmente
Barreiras de Padronização e Normatização	6,5%	16,1%	12,9%	64,5%	0,0%

Selecione o grau de concordância para cada afirmação

Discordo Totalmente    Discordo    Neutro    Concordo    Concordo Totalmente

Ausência de padrões e normas referentes ao projeto e construção de telhados verdes

Figura 30: *Layout* do questionário das barreiras de padronização e normatização da 3ª rodada de pesquisa, contendo as respostas obtidas na 2ª rodada.  
Fonte: Elaborada pela Autora.

### 5. Outras Barreiras\*

Descrição	Discordo Totalmente	Discordo	Neutro	Concordo	Concordo Totalmente
Não utilização de todas as funcionalidades projetadas dos telhados verdes	3,2%	6,5%	22,6%	64,5%	3,2%
Incerteza quanto à viabilidade de adequado suprimento dos materiais ecológicos	6,5%	12,9%	32,3%	45,1%	3,2%
Falta de conscientização ambiental	3,2%	12,9%	12,9%	54,9%	16,1%

Selecione o grau de concordância para cada afirmação

Discordo Totalmente    Discordo    Neutro    Concordo    Concordo Totalmente

Não utilização de todas as funcionalidades projetadas dos telhados verdes

Incerteza quanto à viabilidade de adequado suprimento dos materiais ecológicos

Falta de conscientização ambiental

Figura 31: *Layout* do questionário de outras barreiras da 3ª rodada de pesquisa, contendo as respostas obtidas na 2ª rodada.  
Fonte: Elaborada pela Autora.

### 5.3 Análise dos resultados

Os resultados obtidos em cada rodada de pesquisa foram analisados com o apoio do *software* Excel. Neste estudo, para medir o grau de relevância de cada barreira apontada na literatura a Escala de *Likert* (escala qualitativa) foi transformada em uma escala quantitativa, de forma a permitir a análise estatística dos resultados. A Tabela 6 mostra a forma como foi realizada a transformação da escala.

Os resultados estatísticos da 1ª, 2ª e 3ª rodadas de pesquisa estão expostos nas Tabelas 7, 8 e 9, respectivamente.

Tabela 6: Transformação da Escala de *Likert*

Escala de <i>Likert</i> (Qualitativa)	Escala Adotada (Quantitativa)
Discordo Plenamente	1
Discordo	2
Neutro	3
Concordo	4
Concordo Totalmente	5

Fonte: Elaborada pela Autora.

Utilizando a transformação da Escala de *Likert* citada anteriormente foi calculado a pontuação obtida, a média, os valores mínimos e máximos, o desvio padrão, o índice de importância relativa e o coeficiente de variação para cada uma das barreiras listadas em cada rodada da pesquisa com especialistas. As Tabelas 10 e 11 apresentam essas informações. A diferença significativa nas pontuações entre as rodadas é explicada pela variação entre o número de participantes de cada rodada. Na primeira rodada foram obtidas 28 contribuições, ao passo que na segunda e na terceira houve participação de 31 e 19 painelistas, respectivamente.

O *Ranking* das barreiras foi elaborado considerando o IIR de cada barreira. Quanto maior o valor do índice, mais relevante é a barreira e conseqüentemente ocupará as primeiras posições no ranking. A Tabela 12 apresenta o percentual de pontuação agrupada, sendo  $\leq 2$  o percentual de discordância, 3 o percentual de neutralidade e  $\geq 4$  o percentual de concordância. A tabela apresenta ainda o IIR e o *ranking* das barreiras a adoção dos telhados verdes nas

edificações brasileiras. Conforme preconiza o método Delphi, as respostas referentes a 3ª rodada da pesquisa são as consideradas como resultado da pesquisa.

A Tabela 13 exhibe, para todas as barreiras listadas, a colocação assumida no *Ranking* em cada rodada da pesquisa. A variação de posições das barreiras entre a 2ª e a 3ª rodada foi superior as alterações entre a 1ª e a 2ª rodadas. Esse aumento pode ser compreendido ao considerar que o acréscimo do grau de convergência dos resultados é consequência da mudança de opinião dos participantes, o que resultou em maiores variações nas posições.

Tabela 7: Porcentagens obtidas na primeira rodada da pesquisa

<b>Tipo Barreira</b>	<b>Descrição</b>	<b>Discordo Totalmente</b>	<b>Discordo</b>	<b>Neutro</b>	<b>Concordo</b>	<b>Concordo Totalmente</b>
Técnica	Podem levar à ocorrência de sobrecargas não previstas	7,1%	39,3%	7,1%	17,9%	28,6%
Técnica	Inexperiência dos profissionais envolvidos no projeto, instalação e manutenção	0,0%	10,7%	7,1%	39,3%	42,9%
Técnica	Dificuldades na escolha da vegetação	7,2%	32,1%	39,3%	21,4%	0,0%
Técnica	Comprometimento da qualidade da água escoada devido nutrientes provenientes do substrato	7,2%	57,1%	25,0%	10,7%	0,0%
Técnica	Necessidade de irrigação suplementar no telhado	3,6%	28,6%	7,1%	50,0%	10,7%
Técnica	Ocorrência de patologias nas edificações provenientes dos telhados verdes	3,6%	35,7%	25,0%	25,0%	10,7%
Técnica	Problemas nos sistemas de drenagem	3,6%	35,7%	14,3%	35,7%	10,7%
Técnica	Vulnerabilidade aos efeitos do vento	7,2%	46,4%	32,1%	14,3%	0,0%
Técnica	Dificuldades técnicas na construção	3,6%	21,4%	7,1%	64,3%	3,6%
Econômica	Aumento dos custos de projeto e construção	0,0%	10,7%	3,6%	57,1%	28,6%
Econômica	Aumento dos custos de manutenção	0,0%	14,3%	7,1%	60,7%	17,9%
Econômica	Falta de políticas públicas e incentivos financeiros para implementação	0,0%	3,6%	3,6%	28,6%	64,2%
Conhecimento	Lacunas de conhecimento público dos telhados verdes e seus benefícios	0,0%	7,1%	0,0%	39,3%	53,6%
Conhecimento	Falta de dados de desempenho referentes aos benefícios dos telhados verdes	7,1%	17,9%	7,1%	35,7%	32,2%
Conhecimento	Crença que os telhados verdes são suscetíveis ao fogo	25,0%	39,3%	14,3%	17,8%	3,6%
Conhecimento	Existência de conceitos errôneos provenientes de falhas passadas	0,0%	17,9%	32,1%	42,9%	7,1%
Padronização e Normatização	Ausência de padrões e normas referentes ao projeto e construção de telhados verdes	10,7%	7,1%	25,0%	57,2%	0,0%
Outras	Não utilização de todas as funcionalidades projetadas dos telhados verdes	0,0%	3,6%	39,2%	53,6%	3,6%
Outras	Incerteza quanto à viabilidade de adequado suprimento dos materiais ecológicos	0,0%	25,0%	32,1%	42,9%	0,0%
Outras	Falta de conscientização ambiental	3,6%	10,7%	14,3%	50,0%	21,4%

Fonte: Elaborada pela Autora.



Tabela 8: Porcentagens obtidas na segunda rodada da pesquisa

<b>Tipo Barreira</b>	<b>Descrição</b>	<b>Discordo Totalmente</b>	<b>Discordo</b>	<b>Neutro</b>	<b>Concordo</b>	<b>Concordo Totalmente</b>
Técnica	Podem levar à ocorrência de sobrecargas não previstas	9,7%	38,7%	19,3%	22,6%	9,7%
Técnica	Inexperiência dos profissionais envolvidos no projeto, instalação e manutenção	0,0%	6,5%	16,1%	41,9%	35,5%
Técnica	Dificuldades na escolha da vegetação	6,5%	41,9%	22,6%	29,0%	0,0%
Técnica	Comprometimento da qualidade da água escoada devido nutrientes provenientes do substrato	22,6%	35,5%	29,0%	12,9%	0,0%
Técnica	Necessidade de irrigação suplementar no telhado	12,9%	9,7%	16,1%	41,9%	19,4%
Técnica	Ocorrência de patologias nas edificações provenientes dos telhados verdes	6,5%	35,5%	25,8%	22,5%	9,7%
Técnica	Problemas nos sistemas de drenagem	3,2%	29,0%	16,1%	45,2%	6,5%
Técnica	Vulnerabilidade aos efeitos do vento	22,6%	41,9%	25,8%	6,5%	3,2%
Técnica	Dificuldades técnicas na construção	3,2%	22,6%	3,2%	64,5%	6,5%
Econômica	Aumento dos custos de projeto e construção	0,0%	12,9%	0,0%	74,2%	12,9%
Econômica	Aumento dos custos de manutenção	0,0%	6,5%	6,5%	67,7%	19,3%
Econômica	Falta de políticas públicas e incentivos financeiros para implementação	0,0%	6,5%	16,1%	29,0%	48,4%
Conhecimento	Lacunas de conhecimento público dos telhados verdes e seus benefícios	0,0%	3,2%	6,5%	32,3%	58,0%
Conhecimento	Falta de dados de desempenho referentes aos benefícios dos telhados verdes	6,5%	16,1%	3,2%	38,7%	35,5%
Conhecimento	Crença que os telhados verdes são suscetíveis ao fogo	22,6%	54,8%	9,7%	12,9%	0,0%
Conhecimento	Existência de conceitos errôneos provenientes de falhas passadas	0,0%	16,1%	16,1%	41,9%	25,9%
Padronização e Normatização	Ausência de padrões e normas referentes ao projeto e construção de telhados verdes	6,5%	16,1%	12,9%	64,5%	0,0%
Outras	Não utilização de todas as funcionalidades projetadas dos telhados verdes	3,2%	6,5%	22,6%	64,5%	3,2%
Outras	Incerteza quanto à viabilidade de adequado suprimento dos materiais ecológicos	6,5%	12,9%	32,3%	45,1%	3,2%
Outras	Falta de conscientização ambiental	3,2%	12,9%	12,9%	54,9%	16,1%

Fonte: Elaborada pela Autora.

Tabela 9: Porcentagens obtidas na terceira rodada da pesquisa

<b>Tipo Barreira</b>	<b>Descrição</b>	<b>Discordo Totalmente</b>	<b>Discordo</b>	<b>Neutro</b>	<b>Concordo</b>	<b>Concordo Totalmente</b>
Técnica	Podem levar à ocorrência de sobrecargas não previstas	5,3%	52,6%	0,0%	42,1%	0,0%
Técnica	Inexperiência dos profissionais envolvidos no projeto, instalação e manutenção	0,0%	0,0%	10,5%	78,9%	10,5%
Técnica	Dificuldades na escolha da vegetação	0,0%	42,1%	21,1%	36,8%	0,0%
Técnica	Comprometimento da qualidade da água escoada devido nutrientes provenientes do substrato	10,5%	52,6%	15,8%	21,1%	0,0%
Técnica	Necessidade de irrigação suplementar no telhado	0,0%	10,5%	21,1%	63,2%	5,3%
Técnica	Ocorrência de patologias nas edificações provenientes dos telhados verdes	0,0%	47,4%	10,5%	31,6%	10,5%
Técnica	Problemas nos sistemas de drenagem	5,3%	42,1%	15,8%	31,6%	5,3%
Técnica	Vulnerabilidade aos efeitos do vento	10,5%	52,6%	21,1%	15,8%	0,0%
Técnica	Dificuldades técnicas na construção	5,3%	36,8%	5,3%	47,4%	5,3%
Econômica	Aumento dos custos de projeto e construção	0,0%	0,0%	5,3%	78,9%	15,8%
Econômica	Aumento dos custos de manutenção	0,0%	5,3%	10,5%	78,9%	5,3%
Econômica	Falta de políticas públicas e incentivos financeiros para implementação	0,0%	5,3%	0,0%	47,4%	47,4%
Conhecimento	Lacunas de conhecimento público dos telhados verdes e seus benefícios	0,0%	5,3%	0,0%	36,8%	57,9%
Conhecimento	Falta de dados de desempenho referentes aos benefícios dos telhados verdes	0,0%	5,3%	10,5%	57,9%	26,3%
Conhecimento	Crença que os telhados verdes são suscetíveis ao fogo	5,3%	84,2%	10,5%	0,0%	0,0%
Conhecimento	Existência de conceitos errôneos provenientes de falhas passadas	0,0%	21,1%	10,5%	63,2%	5,3%
Padronização e Normatização	Ausência de padrões e normas referentes ao projeto e construção de telhados verdes	5,3%	10,5%	15,8%	68,4%	0,0%
Outras	Não utilização de todas as funcionalidades projetadas dos telhados verdes	0,0%	5,3%	15,8%	78,9%	0,0%
Outras	Incerteza quanto à viabilidade de adequado suprimento dos materiais ecológicos	0,0%	26,3%	21,1%	47,4%	5,3%
Outras	Falta de conscientização ambiental	0,0%	5,3%	5,3%	63,2%	26,3%

Fonte: Elaborada pela Autora.

Tabela 10: Pontuação, Média, Valores Mínimos e Máximos

Tipo Barreira	Descrição	Pontuação			Média			Valor Mínimo			Valor Máximo		
		1 <sup>a</sup>	2 <sup>a</sup>	3 <sup>a</sup>	1 <sup>a</sup>	2 <sup>a</sup>	3 <sup>a</sup>	1 <sup>a</sup>	2 <sup>a</sup>	3 <sup>a</sup>	1 <sup>a</sup>	2 <sup>a</sup>	3 <sup>a</sup>
Técnica	Podem levar à ocorrência de sobrecargas não previstas	90	88	53	3,21	2,84	2,79	1	1	1	5	5	4
Técnica	Inexperiência dos profissionais envolvidos no projeto, instalação e manutenção	116	126	76	4,14	4,06	4,00	2	2	3	5	5	5
Técnica	Dificuldades na escolha da vegetação	77	85	56	2,75	2,74	2,95	1	1	2	4	4	4
Técnica	Comprometimento da qualidade da água escoada devido nutrientes provenientes do substrato	67	72	47	2,39	2,32	2,47	1	1	1	4	4	4
Técnica	Necessidade de irrigação suplementar no telhado	94	107	69	3,36	3,45	3,63	1	1	2	5	5	5
Técnica	Ocorrência de patologias nas edificações provenientes dos telhados verdes	85	91	58	3,04	2,94	3,05	1	1	2	5	5	5
Técnica	Problemas nos sistemas de drenagem	88	100	55	3,14	3,23	2,89	1	1	1	5	5	5
Técnica	Vulnerabilidade aos efeitos do vento	71	70	46	2,54	2,26	2,42	1	1	1	4	5	4
Técnica	Dificuldades técnicas na construção	96	108	59	3,43	3,48	3,11	1	1	1	5	5	5
Econômica	Aumento dos custos de projeto e construção	113	120	78	4,04	3,87	4,11	2	2	3	5	5	5
Econômica	Aumento dos custos de manutenção	107	124	73	3,82	4,00	3,84	2	2	2	5	5	5
Econômica	Falta de políticas públicas e incentivos financeiros para implementação	127	130	83	4,54	4,19	4,37	2	2	2	5	5	5
Conhecimento	Lacunas de conhecimento público dos telhados verdes e seus benefícios	123	138	85	4,39	4,45	4,47	2	2	2	5	5	5
Conhecimento	Falta de dados de desempenho referentes aos benefícios dos telhados verdes	103	118	77	3,68	3,81	4,05	1	1	2	5	5	5
Conhecimento	Crença que os telhados verdes são suscetíveis ao fogo	66	66	39	2,36	2,13	2,05	1	1	1	5	4	3
Conhecimento	Existência de conceitos errôneos provenientes de falhas passadas	95	117	67	3,39	3,77	3,53	2	2	2	5	5	5
Padronização e Normatização	Ausência de padrões e normas referentes ao projeto e construção de telhados verdes	92	104	66	3,29	3,35	3,47	1	1	1	4	4	4
Outras	Não utilização de todas as funcionalidades projetadas dos telhados verdes	100	111	71	3,57	3,58	3,74	2	1	2	5	5	4
Outras	Incerteza quanto à viabilidade de adequado suprimento dos materiais ecológicos	89	101	63	3,18	3,26	3,32	2	1	2	4	5	5
Outras	Falta de conscientização ambiental	105	114	78	3,75	3,68	4,11	1	1	2	5	5	5

Fonte: Elaborada pela Autora.

Tabela 11: Desvio Padrão, Coeficiente de Variação e Índice de Importância Relativa

Tipo Barreira	Descrição	Desvio Padrão			Coeficiente de Variação			IIR		
		1ª	2ª	3ª	1ª	2ª	3ª	1ª	2ª	3ª
Técnica	Podem levar à ocorrência de sobrecargas não previstas	1,40	1,17	1,06	43,5%	41,1%	37,8%	0,64	0,57	0,56
Técnica	Inexperiência dos profissionais envolvidos no projeto, instalação e manutenção	0,95	0,88	0,46	23,0%	21,6%	11,5%	0,83	0,81	0,80
Técnica	Dificuldades na escolha da vegetação	0,87	0,95	0,89	31,7%	34,6%	30,1%	0,55	0,55	0,59
Técnica	Comprometimento da qualidade da água escoada devido nutrientes provenientes do substrato	0,77	0,96	0,94	32,3%	41,5%	37,9%	0,48	0,46	0,49
Técnica	Necessidade de irrigação suplementar no telhado	1,11	1,27	0,74	33,0%	36,7%	20,4%	0,67	0,69	0,73
Técnica	Ocorrência de patologias nas edificações provenientes dos telhados verdes	1,09	1,11	1,10	35,7%	37,7%	36,0%	0,61	0,59	0,61
Técnica	Problemas nos sistemas de drenagem	1,12	1,04	1,07	35,8%	32,2%	37,0%	0,63	0,65	0,58
Técnica	Vulnerabilidade aos efeitos do vento	0,82	0,98	0,88	32,5%	43,5%	36,2%	0,51	0,45	0,48
Técnica	Dificuldades técnicas na construção	0,98	1,01	1,12	28,6%	29,0%	36,0%	0,69	0,70	0,62
Econômica	Aumento dos custos de projeto e construção	0,87	0,79	0,45	21,4%	20,5%	10,9%	0,81	0,77	0,82
Econômica	Aumento dos custos de manutenção	0,89	0,72	0,59	23,3%	18,0%	15,3%	0,76	0,80	0,77
Econômica	Falta de políticas públicas e incentivos financeiros para implementação	0,73	0,93	0,74	16,1%	22,2%	17,0%	0,91	0,84	0,87
Conhecimento	Lacunas de conhecimento público dos telhados verdes e seus benefícios	0,82	0,76	0,75	18,6%	17,0%	16,8%	0,88	0,89	0,89
Conhecimento	Falta de dados de desempenho referentes aos benefícios dos telhados verdes	1,28	1,26	0,76	34,9%	33,0%	18,7%	0,74	0,76	0,81
Conhecimento	Crença que os telhados verdes são suscetíveis ao fogo	1,14	0,91	0,39	48,4%	42,6%	19,2%	0,47	0,43	0,41
Conhecimento	Existência de conceitos errôneos provenientes de falhas passadas	0,86	1,01	0,88	25,3%	26,7%	25,0%	0,68	0,75	0,71
Padronização e Normatização	Ausência de padrões e normas referentes ao projeto e construção de telhados verdes	0,99	0,97	0,88	30,3%	28,9%	25,4%	0,66	0,67	0,69
Outras	Não utilização de todas as funcionalidades projetadas dos telhados verdes	0,62	0,79	0,55	17,4%	22,2%	14,6%	0,71	0,72	0,75
Outras	Incerteza quanto à viabilidade de adequado suprimento dos materiais ecológicos	0,80	0,95	0,92	25,3%	29,1%	27,8%	0,64	0,65	0,66
Outras	Falta de conscientização ambiental	1,02	1,00	0,72	27,3%	27,1%	17,5%	0,75	0,74	0,82

Fonte: Elaborada pela Autora.

Tabela 12: Percentual de Pontuação, IIR e *Ranking* das barreiras para adoção dos telhados verdes nas edificações brasileiras

Tipo Barreira	Descrição	Percentual de pontuação dos entrevistados			IIR	Ranking
		≤ 2	3	≥ 4		
Conhecimento	Lacunas de conhecimento público dos telhados verdes e seus benefícios	5,3%	0,0%	94,7%	0,89	1°
Econômica	Falta de políticas públicas e incentivos financeiros para implementação	5,3%	0,0%	94,7%	0,87	2°
Econômica	Aumento dos custos de projeto e construção	0,0%	5,3%	94,7%	0,82	3°
Outras	Falta de conscientização ambiental	5,3%	5,3%	89,5%	0,82	4°
Conhecimento	Falta de dados de desempenho referentes aos benefícios dos telhados verdes	5,3%	10,5%	84,2%	0,81	5°
Técnica	Inexperiência dos profissionais envolvidos no projeto, instalação e manutenção	0,0%	10,5%	89,5%	0,80	6°
Econômica	Aumento dos custos de manutenção	5,3%	10,5%	84,2%	0,77	7°
Outras	Não utilização de todas as funcionalidades projetadas dos telhados verdes	5,3%	15,8%	78,9%	0,75	8°
Técnica	Necessidade de irrigação suplementar no telhado	10,5%	21,1%	68,4%	0,73	9°
Conhecimento	Existência de conceitos errôneos provenientes de falhas passadas	21,1%	10,5%	68,4%	0,71	10°
Padronização e Normatização	Ausência de padrões e normas referentes ao projeto e construção de telhados verdes	15,8%	15,8%	68,4%	0,69	11°
Outras	Incerteza quanto à viabilidade de adequado suprimento dos materiais ecológicos	26,3%	21,1%	52,6%	0,66	12°
Técnica	Dificuldades técnicas na construção	42,1%	5,3%	52,6%	0,62	13°
Técnica	Ocorrência de patologias nas edificações provenientes dos telhados verdes	47,4%	10,5%	42,1%	0,61	14°
Técnica	Dificuldades na escolha da vegetação	42,1%	21,1%	36,8%	0,59	15°
Técnica	Problemas nos sistemas de drenagem	47,4%	15,8%	36,8%	0,58	16°
Técnica	Podem levar à ocorrência de sobrecargas não previstas	57,9%	0,0%	42,1%	0,56	17°
Técnica	Comprometimento da qualidade da água escoada devido nutrientes provenientes do substrato	63,2%	15,8%	21,1%	0,49	18°
Técnica	Vulnerabilidade aos efeitos do vento	63,2%	21,1%	15,8%	0,48	19°
Conhecimento	Crença que os telhados verdes são suscetíveis ao fogo	89,5%	10,5%	0,0%	0,41	20°

Fonte: Elaborada pela Autora.

Tabela 13: Variação na colocação do *Ranking* entre as rodadas da pesquisa

<b>Tipo Barreira</b>	<b>Descrição</b>	<b>1º Rodada</b>	<b>2º Rodada</b>	<b>3º Rodada</b>	<b><math>\Delta(1^a - 2^a)</math> Rodadas</b>	<b><math>\Delta(2^a - 3^a)</math> Rodadas</b>
Técnica	Podem levar à ocorrência de sobrecargas não previstas	13°	16°	17°	3	1
Técnica	Inexperiência dos profissionais envolvidos no projeto, instalação e manutenção	3°	3°	6°	0	3
Técnica	Dificuldades na escolha da vegetação	17°	17°	15°	0	2
Técnica	Comprometimento da qualidade da água escoada devido nutrientes provenientes do substrato	19°	18°	18°	1	0
Técnica	Necessidade de irrigação suplementar no telhado	11°	11°	9°	0	2
Técnica	Ocorrência de patologias nas edificações provenientes dos telhados verdes	16°	15°	14°	1	1
Técnica	Problemas nos sistemas de drenagem	15°	14°	16°	1	2
Técnica	Vulnerabilidade aos efeitos do vento	18°	19°	19°	1	0
Técnica	Dificuldades técnicas na construção	9°	10°	13°	1	3
Econômica	Aumento dos custos de projeto e construção	4°	5°	3°	1	2
Econômica	Aumento dos custos de manutenção	5°	4°	7°	1	3
Econômica	Falta de políticas públicas e incentivos financeiros para implementação	1°	2°	2°	1	0
Conhecimento	Lacunas de conhecimento público dos telhados verdes e seus benefícios	2°	1°	1°	1	0
Conhecimento	Falta de dados de desempenho referentes aos benefícios dos telhados verdes	7°	6°	5°	1	1
Conhecimento	Crença que os telhados verdes são suscetíveis ao fogo	20°	20°	20°	0	0
Conhecimento	Existência de conceitos errôneos provenientes de falhas passadas	10°	7°	10°	3	3
Padronização e Normatização	Ausência de padrões e normas referentes ao projeto e construção de telhados verdes	12°	12°	11°	0	1
Outras	Não utilização de todas as funcionalidades projetadas dos telhados verdes	8°	9°	8°	1	1
Outras	Incerteza quanto à viabilidade de adequado suprimento dos materiais ecológicos	14°	13°	12°	1	1
Outras	Falta de conscientização ambiental	6°	8°	4°	2	4

Fonte: Elaborada pela Autora.

## 6 DISCUSSÃO DOS RESULTADOS

Os resultados mostram que as principais barreiras para a adoção dos telhados verdes nas edificações brasileiras estão associadas a questões econômicas e de conhecimento e aplicação da tecnologia.

A pesquisa aponta a existência de um consenso significativo da relevância dos obstáculos dos itens das onze primeiras posições do *ranking*. Pelo menos 68% dos especialistas entendem que tais itens constituem desafios que limitam a adoção dos telhados verdes nas edificações brasileiras. Os itens que ocupam a 12ª e a 13ª posições do *ranking* são apontados como empecilhos, porém apenas 52% dos especialistas os percebem dessa forma. Não existe um consenso entre os especialistas que os itens da 14ª, 15ª e 16ª colocações representem obstáculos no Brasil, sendo que o percentual de profissionais que não os enxergam como entraves é superior aqueles que pensam dessa maneira. Na opinião dos especialistas, os itens das 4 últimas colocações não podem ser considerados como fatores dificultadores.

Aproximadamente 95% dos especialistas concordam ou concordam totalmente que lacunas de conhecimento público dos telhados verdes e seus benefícios e a falta de políticas públicas e incentivos financeiros para implantação constituem as duas principais barreiras a adoção dos telhados verdes no Brasil. De fato, essas barreiras podem afetar a adoção dos telhados verdes de várias maneiras. Por exemplo, a falta de conhecimentos amplos sobre os muitos benefícios das coberturas verdes dificulta a geração de uma demanda política de incentivos governamentais e inibe a procura de aplicações para os edifícios habitacionais, industriais e comerciais fazendo que os telhados verdes sequer sejam considerados como uma alternativa técnica viável a ser adotada em coberturas.

O aumento dos custos de projeto e instalação ocupa a 3ª posição do *ranking* e constitui um grande obstáculo a adoção dos telhados verdes. De fato, os custos de projeto são aumentados devido às considerações extras que devem ser observadas ao projetar e construir um telhado verde, exigindo que os profissionais envolvidos tenham qualificações adicionais, o que resulta em desembolsos mais elevados de projeto. Os custos de construção aumentam devido os componentes adicionais envolvidos. No entanto, considerando o médio e o longo prazo as ineficiências de custo de curto prazo são questionáveis ao considerar todo o ciclo de vida,

visto que a vida útil das coberturas verdes em média é o dobro das convencionais. Além disso, os benefícios econômicos de redução no consumo de energia, aumento do valor comercial das edificações e de suas áreas utilizáveis são fatores que precisam ser considerados nas análises de viabilidade econômica.

A ausência de conscientização ambiental é o obstáculo que ocupa a 4ª posição do *ranking*. A sociedade atual tem consciência que a degradação ambiental é um problema coletivo que exige ações compartilhadas para controle e mitigação. Porém, o nível de consciência atual ainda não reflete em ações concretas ao ponto de priorizar o bem estar público em detrimento do individual.

A existência de poucos dados de desempenho referentes aos benefícios dos telhados verdes influencia negativamente a opinião pública fazendo que esta barreira ocupe a 5ª posição no *ranking*. De fato, no Brasil ainda faltam dados quantificáveis relativos aos ganhos que a tecnologia pode trazer para proprietários e ocupantes das edificações. Além disso, na maioria das regiões, não existem projetos de demonstração e “casos de sucesso locais” que poderiam atuar como propulsores da tecnologia. Em edificações grandes, onde prevalece a propriedade múltipla, essa barreira torna-se ainda mais relevante devido a divergência de opiniões que aumenta com o crescimento do número de proprietários. A instalação de telhados em órgãos públicos, que funcionem como “modelos”, aliada ao registro do histórico de performance e uma política de marketing que evidencie as vantagens das coberturas verdes são ações que podem contribuir para a mudança de opinião de potenciais usuários e redução da significância dessa barreira.

A inexperiência dos profissionais envolvidos no projeto, instalação e manutenção também é apontado na pesquisa como um obstáculo significativo, assumindo a 6ª colocação no *ranking*. Embora na Europa os conceitos de cobertura verde sejam amplamente difundidos e aplicados, no Brasil a tecnologia ainda é pouco empregada e existe a dificuldade de encontrar profissionais e empresas especializadas, com conhecimento amplo, aptos a observar todas as especificidades técnicas necessárias para que o desempenho dos telhados verdes não seja comprometido.



O aumento dos custos de manutenção também é indicado como um empecilho relevante. Na verdade, as despesas de manutenção aumentarão em edificações com telhado verde visto que além dos custos convencionais, a conservação dos telhados verdes demanda o uso de pesticidas, troca de plantas, reparo das instalações (por exemplo, assentos coletivos e grades de proteção instalados) e requer pessoal treinado para executar as atividades, sobretudo nos primeiros anos. Além disso, a gestão da manutenção também pode ser um problema, visto que conservações inadequadas possibilitam o surgimento de coberturas que não cumprem suas funções, o que pode ser percebido como uma falha na tecnologia.

A não utilização de todas as funcionalidades projetadas dos telhados verdes ocupa a 8ª posição do *ranking*. A relevância da colocação pode ser explicada visto que não raramente os telhados verdes se tornam apenas ferramentas de marketing em virtude de que quando as edificações são colocadas em operação, as funcionalidades projetadas como lazer, recreação, plantio de alimentos e armazenamento da água de chuva não são utilizadas.

A necessidade de irrigação suplementar no telhado também é apontado como um grande obstáculo, já que a instalação dos sistemas de irrigação nas coberturas geralmente tem uma conotação negativa no contexto da gestão da água devido a realidade da escassez de água urbana e a gravidade do problema para a sociedade.

A existência de conceitos errôneos provenientes de falhas passadas e a ausência de normas técnicas e/ou padrões de especificação também são consideradas barreiras importantes para quase 70% dos especialistas. Esse resultado expressa que o Brasil ainda sofre as influências de uma publicidade negativa oriunda dos erros ocorridos nos primeiros anos de aplicação da tecnologia nos países Europeus. Além disso, a inexistência de técnicas para a indústria de coberturas verdes afeta a segurança necessária para projetar e instalar coberturas verdes.

A incerteza quanto à viabilidade de adequado suprimento dos materiais ecológicos e as dificuldades técnicas na construção são apontados na pesquisa como dificultadores a adoção dos telhados verdes, no entanto, um percentual expressivo de especialistas são neutros ou não as consideram como barreiras. Esse resultado expressa o caráter menos expressivo da significância destes itens.

Aproximadamente 50% dos especialistas discordam ou discordam totalmente que a ocorrência de patologias nas edificações provenientes dos telhados verdes, dificuldades na escolha da vegetação e problemas nos sistemas de drenagem constituam obstáculos a adoção dos telhados verdes. O percentual de profissionais neutros também é considerável, o que nos permite inferir que para estes itens não existe um consenso de opinião. Estes obstáculos representam a 14<sup>a</sup>, 15<sup>a</sup> e 16<sup>a</sup> posições no *ranking*

Os itens da 17<sup>a</sup>, 18<sup>a</sup> e 19<sup>a</sup> e 20<sup>a</sup> colocações não são considerados barreiras pela maior parte dos especialistas, sendo que aproximadamente 90% dos participantes não concordam que a crença que os telhados verdes são suscetíveis ao fogo constitua um entrave a adoção da tecnologia.

## 7 CONCLUSÕES

O presente estudo pretende contribuir para o fomento da implementação em larga escala de telhados verdes no Brasil e conseqüentemente, possibilitar a sociedade usufruir dos benefícios advindos de sua instalação.

O objetivo principal do trabalho foi analisar as causas raízes que dificultam a adoção dos telhados verdes nas edificações brasileiras com utilização da Metodologia Delphi.

Inicialmente, através de revisão bibliográfica, foram identificadas vinte barreiras à adoção dos telhados verdes. Estas barreiras foram categorizadas considerando os aspectos técnicos, econômicos, de conhecimento da tecnologia, de padronização e normatização e outros. Em seguida, através de pesquisa de questionário utilizando a Metodologia Delphi, foi medido o grau de relevância de cada uma das barreiras listadas na literatura técnica. Finalmente, utilizando os resultados estatísticos obtidos na pesquisa com os especialistas, foi elaborado o *ranking* das barreiras que dificultam a adoção dos telhados verdes nas edificações brasileiras.

Várias são as barreiras encontradas nos processos de adoção de telhados verdes no Brasil. Estes obstáculos apresentam natureza e significância distintos.

As cinco barreiras de maior relevância são: lacunas de conhecimento público dos telhados verdes e seus benefícios, falta de políticas públicas e incentivos financeiros para implementação, aumento dos custos de projeto e construção, falta de conscientização ambiental e falta de dados de desempenho referentes aos benefícios dos telhados verdes.

O painel de especialistas mostrou que alguns obstáculos apontados na literatura não foram considerados elementos dificultadores para a adoção das coberturas verdes no Brasil. Também foi possível perceber que existem barreiras em todo o processo do ciclo de vida das edificações, incluindo os estágios de planejamento e projeto, construção e operação e gerenciamento. As principais barreiras estão diretamente relacionadas com o custo, a insuficiência de políticas governamentais e com a falta de conhecimento da tecnologia.

Nesse contexto, é necessário o apoio pró-ativo de entidades governamentais na formulação de políticas, regulamentos e incentivos para a adoção de telhados verdes. Além disso, é necessário estimular o uso de ecotelhados entre os desenvolvedores. A disseminação de informações por meio da mídia é extremamente necessária para promover o entendimento dos potenciais benefícios dos telhados verdes entre o público. Mais pesquisas são necessárias para encontrar estratégias eficazes para superar as principais barreiras identificadas neste estudo. Sugere-se que estudos semelhantes ao deste trabalho sejam desenvolvidos com profissionais da construção civil que não possuam amplos conhecimentos em telhados e tecnologias verdes a fim de comparar as barreiras apontadas por especialistas com aquelas indicadas por profissionais com conhecimentos limitados neste assunto.

## REFERÊNCIAS BIBLIOGRÁFICAS

ABG LTDA. **Guide To Green Roofs**. Holmfirth: ABG Ltda, 2010.

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, 1 abr. 2008.

ALMEIDA, M. G. DE. **Análise de procedimentos de manutenção e manifestações patológicas em telhados verdes**. Belo Horizonte: UFMG, 2020.

ANSEL, W.; APPL, R. Green Roof Policies-an international review of current practices and future trends. **International Green Roof Association (IGRA)**, 2014.

ANSI. ANSI/SPRI RP-14 - Wind Design Standard For Vegetative Roofing Systems. . 2016, p. 49.

ANSI. ANSI/SPRI VF-1 - External Fire Design Standard for Vegetative Roofs. . 2017, p. 10.

ASCIONE, F. et al. Green roofs in European climates. Are effective solutions for the energy savings in air-conditioning? **Applied Energy**, v. 104, p. 845–859, 2013.

BANTING, D. et al. **Report on the Environmental Benefits and Costs of Green Roof Technology for the City of Toronto**. Toronto: Ryerson University, 2005.

BERARDI, U.; GHAFARIANHOSEINI, A. H.; GHAFARIANHOSEINI, A. State-of-the-art analysis of the environmental benefits of green roofs. **Applied Energy**, v. 115, p. 411–428, 15 fev. 2014.

BERNDTSSON, J. C. Green roof performance towards management of runoff water quantity and quality: A review. **Ecological Engineering**, v. 36, n. 4, p. 351–360, 2010.

BERNDTSSON, J. C.; BENGTSSON, L.; JINNO, K. Runoff water quality from intensive and extensive vegetated roofs. **Ecological Engineering**, v. 35, n. 3, p. 369–380, 4 mar. 2009.

BERNDTSSON, J. C.; EMILSSON, T.; BENGTSSON, L. The influence of extensive vegetated roofs on runoff water quality. **Science of The Total Environment**, v. 355, n. 1–3, p. 48–63, 2006.

BRENNEISEN, S. **Green roofs. How nature returns to the city**. Acta Horticulturae. **Anais...**International Society for Horticultural Science, 31 jan. 2004

BRUDERMANN, T.; SANGKAKOOL, T. Green roofs in temperate climate cities in Europe – An analysis of key decision factors. **Urban Forestry and Urban Greening**, v. 21, p. 224–234, 1 jan. 2017.

BUTLER, C.; BUTLER, E.; ORIAN, C. M. Native plant enthusiasm reaches new heights: Perceptions, evidence, and the future of green roofs. **Urban Forestry & Urban Greening**, v. 11, n. 1, p. 1–10, 1 jan. 2012.

CARTER, T.; JACKSON, C. R. Vegetated roofs for stormwater management at multiple spatial scales. **Landscape and Urban Planning**, v. 80, n. 1–2, p. 84–94, 28 mar. 2007.

CARTER, T.; RASMUSSEN, T. Hydrologic Behavior of Vegetated Roofs. **Journal of the American Water Resources Association**, v. 42, n. 5, p. 1261–1274, 2006.

CASTLETON, H. F. et al. Green roofs; building energy savings and the potential for retrofit. **Energy and Buildings**, v. 42, p. 1582–1591, 2010.

CHAN, D. W.; KUMARASWAMY, M. M. A comparative study of causes of time overruns in Hong Kong construction projects. **International Journal of Project Management**, v. 15, n. 1, p. 55–63, 1 fev. 1997.

CHEN, C.-F. Performance evaluation and development strategies for green roofs in Taiwan: A review. **Ecological Engineering**, v. 52, p. 51–58, 1 mar. 2013.

CHEN, X.-P. et al. A review of green roof performance towards management of roof runoff. **Chinese Journal of Applied Ecology**, v. 26, n. 8, p. 2581–2590, 2015.

CHEN, X. et al. What are the root causes hindering the implementation of green roofs in urban China? **Science of The Total Environment**, v. 654, p. 742–750, 1 mar. 2019.

CLAYTON, P. A.; PRICE, M. J. **The Seven Wonders of the Ancient World**. New York: Routledge, 1989.

CONNELLY, M.; HODGSON, M. Experimental investigation of the sound transmission of vegetated roofs. **Applied Acoustics**, v. 74, n. 10, p. 1136–1143, 2013.

CURRIE, B. A.; BASS, B. Estimates of air pollution mitigation with green plants and green roofs using the UFORE model. **Urban Ecosystems**, v. 11, n. 4, p. 409–422, 17 dez. 2008.

DAVIS, K. **Green Roof Inventory: Preface Report**. Vancouver: Metro Vancouver, 2012.

DINSDALE, S.; PEAREN, B.; WILSON, C. **Feasibility Study for Green Roof Application on Queen's University Campus**. Kingston: Queen's Physical Plant Services, 2006.

DUNNETT, N. **Green Roofs for Biodiversity : Reconciling Aesthetics With Ecology**. Disponível em: <<http://www.greenroofresearch.co.uk/ecology/Dunnett, N. P. 2006 Green roofs for biodiversity- reconciling aesthetics with ecology.pdf>>. Acesso em: 16 out. 2019.

EUMORFOPOULOU, E.; ARAVANTINOS, D. The contribution of a planted roof to the thermal protection of buildings in Greece. **Energy and Buildings**, v. 27, n. 1, p. 29–36, fev. 1998.

EZEMA, I. C.; EDIAE, O.; EKHAESE, E. Prospects, Barriers and Development Control Implications in the use of Green Roofs in Lagos State, Nigeria. **Covenant Journal in Research in the Built Environment**, v. 4, n. 2, p. 54–70, 2016.

FISHBURN, D. C. **Practical considerations for the design and installations of rooftop Gardens - The waterproofing challenge**. (Fishburn Building Sciences Group,

Ed.)Symposium on Building Envelope Techonology. **Anais...**Hornby: RCI Incorporated, 2007

GARGARI, C. et al. Environmental Impact of Green Roofing: The Contribute of a Green Roof to the Sustainable use of Natural Resources in a Life Cycle Approach. **Agriculture and Agricultural Science Procedia**, v. 8, p. 646–656, 2016.

GETTER, K. L. et al. Carbon Sequestration Potential of Extensive Green Roofs. **Environmental Science & Technology**, v. 43, n. 19, p. 7564–7570, out. 2009.

GETTER, K. L. et al. Seasonal heat flux properties of an extensive green roof in a Midwestern U.S. climate. **Energy and Buildings**, v. 43, n. 12, p. 3548–3557, dez. 2011.

GETTER, K. L.; ROWE, D. B. The Role of Extensive Green Roofs in Sustainable Development. **HortScience**, v. 41, n. 5, p. 1276–1285, ago. 2006.

GETTER, K. L.; ROWE, D. B.; ANDRESEN, J. A. Quantifying the effect of slope on extensive green roof stormwater retention. **Ecological Engineering**, v. 31, n. 4, p. 225–231, 3 dez. 2007.

GIL, A. C. **Métodos e técnicas de pesquisa social**. 5° ed. São Paulo: Atlas, 1999.

GIOVINAZZO, R. A. Modelo de aplicação da metodologia Delphi pela internet – vantagens e ressalvas. **Administração On line**, v. 2, n. 2, abril/ maio/jun, 2001.

GORDON, T. J. **The Delphi Method**. Disponível em: <[http://www.gerenciamento.ufba.br/downloads/delphi\\_method.pdf](http://www.gerenciamento.ufba.br/downloads/delphi_method.pdf)>. Acesso em: 1 abr. 2021.

GORDON, T. J.; HELMER, O. **Report on a Long-Range Forecasting Study**. Califórnia: Rand Corporation, 1964.

GSA. **The Benefits and Challenges of Green Roofs on Public and Commercial Buildings A Report of the United States General Services Administration**. Suitland: United States General Services Administration - GSA, 2011.

HASHEMI, S. S. G.; MAHMUD, H. BIN; 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, 22 ago. 2015.

HE, H.; JIM, C. Y. Simulation of thermodynamic transmission in green roof ecosystem. **Ecological Modelling**, v. 221, n. 24, p. 2949–2958, 15 dez. 2010.

HEIM, A.; LUNDHOLM, J. Species interactions in green roof vegetation suggest complementary planting mixtures. **Landscape and Urban Planning**, v. 130, p. 125–133, 1 out. 2014.

HERMAN, R. **Green roofs in Germany : yesterday, today and tomorrow**. Proceedings of the Greening Rooftops for Sustainable Communities Symposium. **Anais...**Canada: Green Roofs for Healthy Cities and City of Portland, 2003

ISMAIL, Z. et al. **Obstacles to adopt green roof in Malaysia**. CHUSER 2012 - 2012 IEEE Colloquium on Humanities, Science and Engineering Research. **Anais...**2012

JAMES, N.; METTERNICHT, G. **How to grow a green roof industry**. 11th Annual Green Roof and Wall Conference. **Anais...**San Francisco: Cities Alive, 2013

JIM, C. Y.; PENG, L. L. H. Weather effect on thermal and energy performance of an extensive tropical green roof. **Urban Forestry & Urban Greening**, v. 11, n. 1, p. 73–85, 1 jan. 2012.

JOHNSTON, J.; NEWTON, J. **Building Green: A guide to using plants on roofs, walls and pavements**. London: Greater London Authority, 2004. Disponível em: <[www.london.gov.uk](http://www.london.gov.uk)>. Acesso em: 5 dez. 2019.

KARTERIS, M. et al. Towards a green sustainable strategy for Mediterranean cities: Assessing the benefits of large-scale green roofs implementation in Thessaloniki, Northern Greece, using environmental modelling, GIS and very high spatial resolution remote sensing data. **Renewable and Sustainable Energy Reviews**, v. 58, p. 510–525, 1 maio 2016.

KOHLER, M. **Proceedings of the Greening Rooftops for Sustainable Communities Symposium**. Green Roofs for Healthy Cities and City of Chicago. **Anais...**Chicago: 2004

KÖHLER, M. et al. Green roofs in temperate climates and in the hot-humid tropics – far beyond the aesthetics. **Environmental Management and Health**, v. 13, n. 4, p. 382–391, out. 2002.

KOTZEN, B. Green Roofs Social and Aesthetic Aspects. In: GABRIEL, P.; KATIA, P. (Eds.). **Nature Based Strategies for Urban and Building Sustainability**. 1<sup>o</sup> ed. Kidlington: Joe Hayton, 2018. p. 390.

LAKATOS, E. M.; MARCONI, M. A. **Fundamentos de metodologia científica**. 6<sup>o</sup> ed. São Paulo: Atlas, 2007.

LANGSTON, C. Green Roof Evaluation: A Holistic ‘Long Life, Loose Fit, Low Energy’ Approach. **Construction Economics and Building**, v. 15, n. 4, p. 76–94, 2015.

LI, J. et al. Effect of green roof on ambient CO<sub>2</sub> concentration. **Building and Environment**, v. 45, n. 12, p. 2644–2651, 1 dez. 2010.

LI, W. C.; YEUNG, K. K. A. A comprehensive study of green roof performance from environmental perspective. **International Journal of Sustainable Built Environment**, v. 3, n. 1, p. 127–134, 1 jun. 2014.

LIMA, G. C. DE O. **Avaliação do desempenho de telhados verdes: capacidade de retenção hídrica e qualidade da água escoada**. Caruaru, Brasil: Universidade Federal de Pernambuco, 2013.

LINSTONE, HAROLD AND TUROFF, M. The Delphi Method: Techniques and Applications. **Technometrics**, v. 18, n. 1, 1975.



LIU, W. et al. The impacts of substrate and vegetation on stormwater runoff quality from extensive green roofs. **Journal of Hydrology**, v. 576, p. 575–582, 2019.

LUCKETT, K. **Green Roof Construction and Maintenance**. 1. ed. New York: McGraw-Hill Education, 2009.

LUO, H. et al. Carbon sequestration potential of green roofs using mixed-sewage-sludge substrate in Chengdu World Modern Garden City. **Ecological Indicators**, v. 49, n. 49, p. 247–259, fev. 2015.

MACIVOR, J. S.; LUNDHOLM, J. Performance evaluation of native plants suited to extensive green roof conditions in a maritime climate. **Ecological Engineering**, v. 37, n. 3, p. 407–417, 1 mar. 2011.

MAHDIYAR, A. et al. Identifying and assessing the critical criteria affecting decision-making for green roof type selection. **Sustainable Cities and Society**, v. 39, n. May, p. 772–783, 2018.

MARTINS, F. D. P. **Coberturas Verdes: seu contributo para a eficiência energética e sustentabilidade**. Covilhã: Universidade da Beira Interior, 2010.

MARTINS, G. A.; THEÓFILO, C. R. **Metodologia da Investigação Científica para Ciências Sociais Aplicadas**. 3<sup>o</sup> ed. São Paulo: Atlas, 2016.

MAYER, H. **Air pollution in cities**. Atmospheric Environment. **Anais...out**. 1999

MECHELEN, C. VAN; DUTOIT, T.; HERMY, M. Adapting green roof irrigation practices for a sustainable future: A review. **Sustainable Cities and Society**, v. 19, n. December, p. 74–90, 2015.

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, 30 ago. 2006.

MINKE, G. **Techos Verdes: Planificación, ejecución, consejos prácticos**. Montevideo: Fin de Siglo, 2004.

MOREIRA, D. A. **Administração da Produção e Operações**. São Paulo: Pioneira, 2004.

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, 15 mar. 2012.

NARDINI, A.; ANDRI, S.; CRASSO, M. Influence of substrate depth and vegetation type on temperature and water runoff mitigation by extensive green roofs: Shrubs versus herbaceous plants. **Urban Ecosystems**, v. 15, n. 3, p. 697–708, set. 2012.

NCDEQ. **Minimum Design Criteria and Recommendations for Stormwater Control Measures**. Stormwater Design Manual. **Anais...North Carolina**: NCDEQ, 2017

- NGAN, G. **Green Roof Policies: tools for encouraging sustainable design**. Canada: Landscape Architect, 2004.
- NORTH AMERICAN WETLAND ENGINEERING, P. A. **Ecology, Construction, and Benefits**. Minnesota: ReNature/NAWE Green Roof Product Literature, 1998.
- NURMI, V. et al. **Cost-benefit analysis of green roofs in urban areas: case study in Helsinki**. Helsinki: Finnish Meteorological Institute, 2013.
- OBERLANDER, C. H.; WHITELAW, E.; MATSUZAKI, E. **Introductory manual for Greening Roofs for public works and government services**. Canada: Public Works and Government Services Canada, 2002.
- OFORI, G.; KIEN, H. L. Translating Singapore architects' environmental awareness into decision making. **Building Research and Information**, v. 32, n. 1, p. 27–37, jan. 2004.
- OLIVEIRA, M. F. **Metodologia científica: um manual para a realização de pesquisas em Administração**. Goiás: Universidade Federal de Goiás, 2011.
- ONMURA, S.; MATSUMOTO, M.; HOKOI, S. Study on evaporative cooling effect of roof lawn gardens. **Energy and Buildings**, v. 33, n. 7, p. 653–666, 2001.
- OULDBOUKHITINE, S. E.; BELARBI, R.; DJEDJIG, R. Characterization of green roof components: Measurements of thermal and hydrological properties. **Building and Environment**, v. 56, p. 78–85, out. 2012.
- OVERTVELD, J. C. The Application of “Green Roof” - Legislation to the City of Ottawa Official Plan. **University of Ottawa**, 1990.
- PANTALNE, J.; BURTON, L. Z. **Making green roofs happen in Toronto**. Canadá: 2006Disponível em: <<https://www.osti.gov/etdeweb/biblio/20861940>>. Acesso em: 11 out. 2019
- PATTERSON, M. What color green? Experts spill the dirt on environmental roofing, from gardening to saving electricity. **Buildings**, v. 92, n. 5, p. 80, 1998.
- PEARCE, A. R.; VANEGAS, J. A. A parametric review of the built environment sustainability literature. **International Journal of Environmental Technology and Management**, v. 2, n. 1,2,3, p. 54–93, 2002.
- PECK, S.; KUHN, M. **Design Guidelines for Green Roofs**TorontoEnvironment Canada, , 2000. Disponível em: <<https://www.eugene-or.gov/DocumentCenter/View/1049/Design-Guidelines-for-Green-Roofs>>. Acesso em: 24 set. 2019
- PECK, S. W. **Award Winning Green Roof Designs**. Pennsylvania: Schiffer Publishing Ltd, 2008.
- PECK, S. W.; CALLAGHAN, C. **Greenbacks from green roofs: Forging a new industry in Canada**. Canada: P&A Peck e Associados, 1999.

PIOSEVAN, T. R. **Caracterização acústica de dois sistemas modulares de telhados verdes brasileiros**. Santa Maria: Universidade Federal de Santa Maria, 2013.

PRATES, J. F. M. **Desempenho de coberturas verdes em zonas urbanas**. Aveiro: Universidade de Aveiro, 2012.

PRICE, J. G. et al. Irrigation lowers substrate temperature and enhances survival of plants on green roofs in the southeastern United States. **HortTechnology**, v. 21, n. 5, p. 586–592, out. 2011.

QIN, H. et al. A HYDRUS model for irrigation management of green roofs with a water storage layer. **Ecological Engineering**, v. 95, p. 399–408, 1 out. 2016.

RIGHI, D. P. et al. Cobertura Verde: Um uso sustentável na construção civil. **Mix Sustentável**, v. 2, n. 2, p. 29–36, 2016.

RIOS, M. **Telhado Verde: Uma Estratégia Para as Cidades Sustentáveis**. Fortaleza: II Encontro Nacional dos GTMA's, 2016.

ROCHA, S. **Os números do mercado de telhados verdes no mundo**. Disponível em: <<http://blog.institutocidadejardim.com.br/2016/09/13/um-telhado-verde-nao-faz-verao-2-os-numeros-do-mercado-de-telhados-verdes-no-mundo/>>. Acesso em: 4 mar. 2020.

ROGERS, E. M. **Diffusion of Innovations**. 4. ed. New York: Free Press, 1995.

ROLA, S. M. **A Naturação como ferramenta para a sustentabilidade de cidades: estudo da capacidade do Sistema de Naturação em filtrar a água de chuva**. Rio de Janeiro: Universidade Federal do Rio de Janeiro, 2008.

ROWE, B. et al. Comparison of irrigation efficiency and plant health of overhead, drip, and sub-irrigation for extensive green roofs. **Ecological Engineering**, v. 64, n. March, p. 306–313, 2014.

ROWE, D. B. Green roofs as a means of pollution abatement. **Environmental Pollution**, v. 159, n. 8–9, p. 2100–2110, 2011.

ROWE, D. B.; GETTER, K. L.; DURHMAN, A. K. Effect of green roof media depth on Crassulacean plant succession over seven years. **Landscape and Urban Planning**, v. 104, n. 3–4, p. 310–319, 15 mar. 2012.

ROWE, D. B.; MONTERUSSO, M.; RUGH, C. Assessment of Heat-expanded Slate and Fertility Requirements in Green Roof Substrates. **HortTechnology**, v. 16, n. 7, p. 471–477, 2006.

ROZADOS, H. B. F. O uso da técnica Delphi como alternativa metodológica para a área da Ciência da Informação. **Em Questão**, v. 21, n. 3, p. 64–86, 2015.

SAADATIAN, O. et al. A review of energy aspects of green roofs. **Renewable and Sustainable Energy Reviews**, v. 23, p. 155–168, 1 jul. 2013.

SAHAL, D.; YEE, K. Delphi: An investigation from a Bayesian viewpoint. **Technological Forecasting and Social Change**, v. 7, n. 2, p. 165–178, 1975.

SANGKAKOOL, T. et al. Prospects of green roofs in urban Thailand – A multi-criteria decision analysis. **Journal of Cleaner Production**, v. 196, p. 400–410, 20 set. 2018.

SANTAMOURIS, M. et al. Investigating and analysing the energy and environmental performance of an experimental green roof system installed in a nursery school building in Athens, Greece. **Energy**, v. 32, n. 9, p. 1781–1788, 1 set. 2007.

SANTOS, G. M. DOS. Certificação LEED: Sustentabilidade em empreendimentos imobiliários para certificação ambiental. **Revista Acadêmica Osvaldo Cruz**, p. 8, 2014.

SAVI, A. C. **Telhados verdes: análise comparativa de custo com sistemas tradicionais de cobertura**. Curitiba: Universidade Tecnológica Federal do Paraná, 2012.

SAVI, A. C. **Telhados Verdes: Uma Análise da Influência das Espécies Vegetais no seu Desempenho na Cidade de Curitiba**. Curitiba: Universidade Federal do Paraná, 2015.

SCHRADER, S.; BÖNING, M. Soil formation on green roofs and its contribution to urban biodiversity with emphasis on Collembolans. **Pedobiologia**, v. 50, n. 4, p. 347–356, 27 set. 2006.

SHAFIQUE, M.; KIM, R.; RAFIQ, M. Green roof benefits, opportunities and challenges – A review. **Renewable and Sustainable Energy Reviews**, v. 90, p. 757–773, 1 jul. 2018.

SHEPARD, N. **Green Roof Incentives - A 2010 Resource Guide**. Washington: DC Greeworks, 2010.

SHI, Q. et al. Identifying the critical factors for green construction - An empirical study in China. **Habitat International**, v. 40, p. 1–8, 2013.

SILVA, B. R. **Telhados verdes em clima tropical uma nova técnica e seu potencial de atenuação térmica**. Rio de Janeiro: Universidade Federal do Rio de Janeiro, 2016.

SILVA, C. M.; FLORES-COLEN, I.; COELHO, A. Green roofs in Mediterranean areas - Survey and maintenance planning. **Building and Environment**, v. 94, n. P1, p. 131–143, 2015.

SIMMONS, M. T. et al. Green roofs are not created equal: The hydrologic and thermal performance of six different extensive green roofs and reflective and non-reflective roofs in a sub-tropical climate. **Urban Ecosystems**, v. 11, n. 4, p. 339–348, dez. 2008.

SPEAK, A. F. et al. Rainwater runoff retention on an aged intensive green roof. **Science of the Total Environment**, v. 461–462, p. 28–38, 1 set. 2013.

STOVIN, V.; VESUVIANO, G.; KASMIN, H. The hydrological performance of a green roof test bed under UK climatic conditions. **Journal of Hydrology**, v. 414–415, p. 148–161, 11 jan. 2012.

TABATABAEE, S. et al. An assessment model of benefits, opportunities, costs, and risks of green roof installation: A multi criteria decision making approach. **Journal of Cleaner Production**, v. 238, 2019.

TAM, V. W. Y.; WANG, J.; LE, K. N. Thermal insulation and cost effectiveness of green-roof systems: An empirical study in Hong Kong. **Building and Environment**, v. 110, p. 46–54, 1 dez. 2016.

TASSI, R. et al. Telhado verde: uma alternativa sustentável para a gestão das águas pluviais. **Ambiente Construído**, v. 14, n. 1, p. 139–154, mar. 2014.

TEEMUSK, A.; MANDER, Ü. The Influence of Green Roofs on Runoff Water Quality: A Case Study from Estonia. **Water Resources Management**, v. 25, n. 14, p. 3699–3713, 14 nov. 2011.

TORONTO BUILDING. **Toronto Green Roof Construction Standard**. Toronto: Office of the Chief Building Official, 2010.

TOWNSHEND, D. Study on Green Roof Application in Hong Kong. **Leigh e Orange Ltd**, 2007.

TSANG, S.; JIM, C. . Game-theory approach for resident coalitions to allocate green-roof benefits. **Environment and Planning A**, v. 43, n. 02, p. 363–377, 2011.

ULUBEYLI, S.; ARSLAN, V. Economic viability of extensive green roofs through scenario and sensitivity analyses: Clients' perspective. **Energy and Buildings**, v. 139, p. 314–325, 15 mar. 2017.

UNEP. State-and-trends of the environment: 1987-2007. **Global environmental outlook 4, United Nations Environmental Programme**, p. 39–195, 2007.

VELAZQUEZ, L. S. Organic Greenroof Architecture: Sustainable Design for the New Millennium. **Environmental Quality Management**, v. 14, n. 6, p. 73–85, 2005.

VIEIRA, N. L. et al. Potential of utilization of rain water excess for irrigation of green roofs in mato grosso, Brasil. **Engenharia Agricola**, v. 33, n. 4, p. 857–864, 2013.

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, 1 maio 2016.

VIJAYARAGHAVAN, K.; JOSHI, U. M. Can green roof act as a sink for contaminants? A methodological study to evaluate runoff quality from green roofs. **Environmental Pollution**, v. 194, p. 121–129, 2014.

VIJAYARAGHAVAN, K.; JOSHI, U. M.; BALASUBRAMANIAN, R. A field study to evaluate runoff quality from green roofs. **Water Research**, v. 46, n. 4, p. 1337–1345, 15 mar. 2012.

VILLARREAL, E. L.; BENGTSSON, L. Response of a Sedum green-roof to individual rain

events. **Ecological Engineering**, v. 25, n. 1, p. 1–7, 20 jul. 2005.

WILLES, J. A. **Tecnologias em telhados verdes extensivos: meios de cultura, caracterização hidrológica e sustentabilidade do sistema**. Piracicaba: Universidade de São Paulo, 2014.

WILLIAMS, N. S. G.; RAYNER, J. P.; RAYNOR, K. J. Green roofs for a wide brown land: Opportunities and barriers for rooftop greening in Australia. **Urban Forestry & Urban Greening**, v. 9, n. 3, p. 245–251, 1 jan. 2010.

WONG, N. H. et al. The effects of rooftop garden on energy consumption of a commercial building in Singapore. **Energy and Buildings**, v. 35, n. 4, p. 353–364, maio 2003.

WORLD WATER ASSESSMENT PROGRAMME. **Managing water under uncertainty and risk - The United Nations World Water Development**. Paris: United Nations Educational, Scientific and Cultural Organization, 2012.

WRIGHT, J. T. C.; GIOVINAZZO, R. A. DELPHI – Uma ferramenta de apoio ao planejamento prospectivo. **Caderno de Pesquisas em Administração**, v. 1, n. 12, p. 54–65, 2000.

XIAO, M. et al. A review of green roof research and development in China. **Renewable and Sustainable Energy Reviews**, v. 40, p. 633–648, 2014.

YANG, J.; WANG, Z. H. Physical parameterization and sensitivity of urban hydrological models: Application to green roof systems. **Building and Environment**, v. 75, p. 250–263, 2014.

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.

YU, C.; HIEN, W. N. Thermal benefits of city parks. **Energy and Buildings**, v. 38, n. 2, p. 105–120, 1 fev. 2006.

ZHANG, P. et al. Potential Drivers of Urban Heat Island in Northeast USA Cities. **AGU Fall Meeting Abstracts**, dez. 2010.

ZHANG, Q. et al. The capacity of greening roof to reduce stormwater runoff and pollution. **Landscape and Urban Planning**, v. 144, p. 142–150, 1 dez. 2015.

ZHANG, X. et al. Effect of Duct capturing of residential greenland in Beijing. **J Beijing Univ Agric**, v. 19, n. 4, p. 12–17, 1997.

ZHANG, X. et al. Barriers to implement extensive green roof systems: A Hong Kong study. **Renewable and Sustainable Energy Reviews**, v. 16, n. 1, p. 314–319, 1 jan. 2012.

ZHAO, D.; XUE, W. Power conservation effects from light-weighted roof greening. **Chin J Shanghai Agric**, v. 24, n. 1, p. 99–101, 2008.