



UNIVERSIDADE FEDERAL DE MATO GROSSO  
CAMPUS UNIVERSITÁRIO DO ARAGUAIA  
INSTITUTO DE CIÊNCIAS EXATAS E DA TERRA  
BACHARELADO EM ENGENHARIA CIVIL

HÍISIS GABRIELLY OLIVEIRA DE SOUZA

**TELHADO VERDE NA CONSTRUÇÃO CIVIL: UMA ALTERNATIVA  
SUSTENTÁVEL PARA AS CIDADES BRASILEIRAS.**

Barra do Garças - MT

2022

HÍSYS GABRIELLY OLIVEIRA DE SOUZA

**TELHADO VERDE NA CONSTRUÇÃO CIVIL: UMA ALTERNATIVA  
SUSTENTÁVEL PARA AS CIDADES BRASILEIRAS.**

Trabalho de Conclusão de Curso apresentado ao curso de Engenharia Civil do Instituto de Ciências Exatas e da Terra, Campus Universitário do Araguaia, Universidade Federal de Mato Grosso, como requisito parcial para obtenção do título de Bacharel em Engenharia Civil.

Orientadora: Dra. Greyce Bernardes de Mello Rezende

Barra do Garças - MT

2022

## Dados Internacionais de Catalogação na Fonte

Ficha catalográfica elaborada automaticamente de acordo com os dados fornecidos pelo(a) autor(a).

O48t Oliveira de Souza, Hisis Gabrielly.

TELHADO VERDE NA CONSTRUÇÃO CIVIL.: UMA ALTERNATIVA SUSTENTÁVEL  
PARA AS CIDADES RASILEIRAS. / Hisis Gabrielly Oliveira de Souza. -- 2022

xii, 88 f.: il. color.; 30 cm.

Orientadora: Greyce Bernardes de Mello Rezende.

TCC (graduação em Engenharia Civil) - Universidade Federal de Mato Grosso, Instituto de Ciências Exatas e da Terra, Barra do Garças, 2022.

Inclui bibliografia.

1. Telhado verde. 2. Sustentabilidade. 3. Meio Ambiente. 4. Sistema construtivo.  
5. Cobertura verde. I. Título.

**Permitida a reprodução parcial ou total, desde que citada a fonte.**



UNIVERSIDADE FEDERAL DE MATO GROSSO

Ofício nº 102/2022/CUA - ICET - CEG EM ENG. CIVIL/UFMT

**ATA DA SESSÃO PÚBLICA DE APRESENTAÇÃO E DEFESA DA  
TRABALHO DE CURSO DO CURSO DE GRADUAÇÃO  
EM ENGENHARIA CIVIL**

**ALUNO(A):** Hísis Gabrielly Oliveira de Souza

Aos 04 dias do mês de março do ano de 2022, às 9 horas, em reunião virtual, foi realizada a sessão pública de apresentação e defesa da Trabalho de Curso do(a) acadêmico(a) Hísis Gabrielly Oliveira de Souza . A banca foi composta pelos seguintes professores: Prof.<sup>a</sup> Dra. Greyce Bernardes de Mello Rezende (ICET/CUA) – Orientador(a); Prof. esp. Sony Rafael Guimarães Leão (Unicathedral) – Membro externo; Prof. Cristopher Antonio Martins de Moura (ICET/CUA)– Membro, sob a presidência do (a) primeiro (a). O Trabalho de Curso tem como título “Telhado verde na construção civil: uma alternativa sustentável para as cidades brasileira ”. Após explanação no prazo regulamentar o(a) aluno(a) foi interrogado(a) pelos componentes da banca. Terminada a etapa, os membros, de forma confidencial avaliaram o(a) aluno(a) e conferiram o(a) mesmo(a) o seguinte resultado **aprovado**, proclamado pelo presidente da sessão. Dados por encerrados os trabalhos, lavrou-se a presente Ata, que será assinada pela banca e pelo(a) aluno(a). Os requisitos a serem observados estão registrados em folha anexa.

Barra do Garças, 04 de março de 2022.

**ASSINATURAS:**

**Aluno(a):**

(ASSINATURA ELETRÔNICA)

Hísis Gabrielly Oliveira de Souza

**Banca:**

(ASSINATURA ELETRÔNICA)

Prof.<sup>a</sup> Dra. Greyce Bernardes de Mello Rezende (Orientador(a))

ICET/CUA/UFMT

(ASSINATURA ELETRÔNICA)

Prof. Esp. Sony Rafael Guimarães Leão (Membro externo)

UNICATHEDRAL

(ASSINATURA ELETRÔNICA)

Prof. Cristopher Antonio Martins de Moura (Membro)

ICET/CUA/UFMT



Documento assinado eletronicamente por **GREYCE BERNARDES DE MELLO REZENDE, Docente da Universidade Federal de Mato Grosso**, em 04/03/2022, às 10:17, conforme horário oficial de Brasília, com fundamento no art. 6º, § 1º, do [Decreto nº 8.539, de 8 de outubro de 2015](#).



Documento assinado eletronicamente por **HISIS GABRIELLY OLIVEIRA DE SOUZA, Usuário Externo**, em 04/03/2022, às 11:21, conforme horário oficial de Brasília, com fundamento no art. 6º, § 1º, do [Decreto nº 8.539, de 8 de outubro de 2015](#).



Documento assinado eletronicamente por **CRISTOPHER ANTONIO MARTINS DE MOURA, Docente da Universidade Federal de Mato Grosso**, em 04/03/2022, às 12:05, conforme horário oficial de Brasília, com fundamento no art. 6º, § 1º, do [Decreto nº 8.539, de 8 de outubro de 2015](#).



Documento assinado eletronicamente por **Sony Rafael Guimarães Leao, Usuário Externo**, em 04/03/2022, às 17:06, conforme horário oficial de Brasília, com fundamento no art. 6º, § 1º, do [Decreto nº 8.539, de 8 de outubro de 2015](#).



A autenticidade deste documento pode ser conferida no site [http://sei.ufmt.br/sei/controlador\\_externo.php?acao=documento\\_conferir&id\\_orgao\\_acesso\\_externo=0](http://sei.ufmt.br/sei/controlador_externo.php?acao=documento_conferir&id_orgao_acesso_externo=0), informando o código verificador **4401831** e o código CRC **446E5BE8**.

## AGRADECIMENTOS

Agradeço primeiramente a Deus.

A minha avó Lourdes (*in memoriam*), que com toda certeza foi um dos pilares para eu chegar onde estou, com muita honestidade e garra me ensinou a não desistir dos meus sonhos e não duvidar da minha capacidade.

Ao meu pai, que sem o seu apoio e sua dedicação eu não teria conseguido nada em minha vida, devo exatamente tudo a ele.

A minha mãe pela atenção, pelo carinho, amor, apoio, e também pelo auxílio de sempre.

A minha orientadora, Prof<sup>ª</sup>. Dra. Greyce Bernardes de Mello Rezende, pela paciência, disposição e por todos os ensinamentos proporcionados.

Ao meu namorado Daniel, pela paciência, pelo auxílio, por acreditar em mim e tanto me apoiar, o que foi essencial para que eu pudesse concluir essa jornada.

Aos meus amigos Camila, Fabiano, Luan, Monna Lisa, Rafael, Reinner e Rodrigo pela imensa ajuda em toda nossa trajetória e pelo apoio sempre.

E a todos que direta ou indiretamente contribuíram para a realização deste trabalho, o meu muito obrigada.

## RESUMO

A sustentabilidade é um assunto que vem sendo mais abordado devido ao aumento dos problemas ambientais. A construção civil divide-se entre a importância para o desenvolvimento econômico e social e o grande impacto que causa ao meio ambiente. Com isto nascem técnicas construtivas sustentáveis, como os telhados verdes, que buscam equilibrar a importância econômica e a responsabilidade ambiental da construção civil. Dessa forma, o objetivo desta pesquisa foi discorrer sobre as principais técnicas relacionadas ao telhado verde, sob à luz da sustentabilidade. Em conformidade com os casos que utilizaram a técnica, constatou-se que os telhados verdes extensivos são mais utilizados devido ao menor custo e a facilidade de manutenção, conclui-se também que os telhados verdes são eficientes para a diminuição das ilhas de calor, devido a diminuição de CO<sub>2</sub> da atmosfera por evapotranspiração, aumento da umidade do ar, são vantajosos também quanto ao conforto térmico e atuando no auxílio para redução do consumo de energia elétrica. Além de uma ótima medida para a melhoria da drenagem urbana com a ampliação de áreas permeáveis e evitando: alagamentos, enxurradas, erosão hídrica e enchentes. Conclui-se que os telhados verdes apresentam grande impacto positivo, cooperando para sustentabilidade, diminuindo os impactos causados pela construção civil e gerando um maior conforto e economia aos usuários.

**Palavras-chave:** telhado verde; coberturas verdes; sistema construtivo sustentável; sustentabilidade; meio ambiente.

## ABSTRACT

Sustainability is a subject that has been more addressed due to the increase in environmental problems. Civil construction is divided between the importance for economic and social development and the great impact it causes to the environment. With this, sustainable construction techniques are born, such as green roofs, which seek to balance the economic importance and environmental responsibility of civil construction. Thus, the objective of this research was to discuss the main techniques related to the green roof, in the light of sustainability. In accordance with the cases that used the technique, it was found that extensive green roofs are more used due to the lower cost and ease of maintenance, it is also concluded that green roofs are efficient for the reduction of heat islands, due to the reduction of CO<sub>2</sub> in the atmosphere by evapotranspiration, increase in air humidity, are also advantageous in terms of thermal comfort and acting as an aid to reduce electrical energy. In addition to a great measure for improving urban drainage with the expansion of permeable areas and avoiding: flooding, flash floods, water erosion and flooding. It is concluded that green roofs have a great positive impact, cooperating for sustainability, reducing the impacts caused by civil construction and generating greater comfort and economy for users.

**Keywords:** green roof; green coverings; sustainable building system; sustainability; environment.

## LISTA DE FIGURAS

Figura 1 - Jardins Suspensos da Babilônia.....	15
Figura 2 – Urbanização .....	17
Figura 3 – Gráfico: a importância da construção civil.....	18
Figura 4 – O tripé da sustentabilidade .....	20
Figura 5 – Nasce a sustentabilidade.....	21
Figura 6 - Telhado verde extensivo .....	23
Figura 7 – Telhado verde intensivo .....	23
Figura 8 – Sistema hidro modular.....	24
Figura 9 – Sistema hexa .....	24
Figura 10 – Sistema alveolar leve.....	25
Figura 11 – Sistema laminar alto .....	25
Figura 12 – Camadas que compõem o telhado verde .....	26
Figura 13 – Camada de impermeabilização .....	27
Figura 14 – Membrana anti-raíz .....	28
Figura 15 – Camada drenante.....	28
Figura 16 – Tecido permeável (geotêxtil) .....	29
Figura 17 - Substrato.....	30
Figura 18 – Vegetação .....	30
Figura 19 – Gráfico: destinos de águas pluviais.....	33
Figura 20 – Loteamento escolhido para a aplicação do estudo .....	36
Figura 21- Croqui da área experimental onde foi instalado o telhado verde .....	39
Figura 22 – Telhados verdes instalados na edificação do IAP .....	40
Figura 23 – Sistema de telhados verdes e convencional para análise térmica .....	42
Figura 24 – Estrutura do telhado verde da biblioteca .....	42
Figura 25 – Módulos experimentais de telhado verde .....	43
Figura 26 – Protótipo 1 .....	47
Figura 27 – Protótipo 2 .....	47
Figura 28 – Estação meteorológica.....	48
Figura 29 – Protótipos.....	49
Figura 30 – Suporte para a vegetação .....	49
Figura 31 – Telhado verde instalado no protótipo.....	50

Figura 32 – Desenvolvimento da pesquisa.....	52
Figura 33 – Fluxograma: materiais selecionados .....	53
Figura 34 – Regiões brasileiras com mais incidência de publicação de estudos de caso .....	55
Figura 35 – Artigos relacionados ao seu qualis .....	56
Figura 36 – Gráfico: técnicas mais utilizadas.....	57
Figura 37 – Variação de peso do sistema de acordo com a tipologia .....	59
Figura 38 – Ilhas de calor .....	61
Figura 39 – Sustentabilidade .....	61
Figura 40 – Redução da vazão de pico .....	63
Figura 41 – Redução no volume de escoamento superficial .....	64
Figura 42 – Destino das águas pluviais.....	65
Figura 43 – Redução de água depositada no sistema de drenagem.....	66
Figura 44 – Porcentagem de água depositada em rede de drenagem urbana .....	66
Figura 45 – Retenção do volume precipitado .....	67
Figura 46 – Estudos de casos levantados .....	68
Figura 47 – Políticas públicas de incentivo nas regiões do Brasil.....	69

## **LISTA DE QUADROS**

Quadro 1 - Quadro de critérios para verificação da adequação e viabilidade sustentável.....	37
Quadro 2 - Artigos encontrados de acordo com cada tópico estudado.....	54
Quadro 3 - Quadro de estudos identificados relacionado ao tema (Tipologia).....	58
Quadro 4 - Quadro de estudos identificados relacionado ao tema (Vantagens).....	60

**LISTA DE TABELAS**

Tabela 1 - Tipologia de telhados verdes .....	22
Tabela 2 - Simulação do escoamento superficial em telhados convencionais .....	38
Tabela 3 - Simulação do escoamento superficial em 75% de telhados verdes .....	38
Tabela 4 - Simulação do escoamento superficial em 10% de telhados verdes .....	38
Tabela 5 – Intensidade das precipitações igual a 42mm/h .....	41
Tabela 6 – Intensidade das precipitações igual a 79mm/h.....	41

## SUMÁRIO

<b>1 INTRODUÇÃO</b> .....	14
<b>2 OBJETIVOS</b> .....	17
2.1 OBJETIVO GERAL.....	17
2.2 OBJETIVOS ESPECÍFICOS.....	17
<b>3 JUSTIFICATIVA</b> .....	17
<b>4 REFERENCIAL TEÓRICO</b> .....	20
4.1 A SUSTENTABILIDADE NA CONSTRUÇÃO CIVIL.....	20
4.2 TIPOLOGIA .....	22
4.3 COMPOSIÇÃO E TÉCNICAS DE TELHADO VERDE.....	26
<b>4.3.1 Camada de impermeabilização</b> .....	27
<b>4.3.2 Camada de proteção/Membrana anti-raíz</b> .....	27
<b>4.3.3 Camada drenante</b> .....	28
<b>4.3.4 Tecido permeável</b> .....	29
<b>4.3.5 Substrato</b> .....	29
<b>4.3.6 Vegetação</b> .....	30
4.4 VANTAGENS DA UTILIZAÇÃO DO TELHADO VERDE .....	30
<b>4.4.1 Alternativa sustentável</b> .....	31
<b>4.4.2 Isolamento térmico</b> .....	31
<b>4.4.3 Ilhas de calor e amplitude térmica</b> .....	32
<b>4.4.4 Sistemas de drenagem mais eficazes</b> .....	32
4.5 CUSTOS .....	33
4.6 POLÍTICAS PÚBLICAS DE INCENTIVO .....	34
4.7 ESTUDOS DE CASO .....	35
<b>4.7.1 Drenagem urbana para controle de escoamentos no Rio de Janeiro</b> .....	35
<b>4.7.2 Eficiência hidrológicas de telhados verdes para loteamentos residenciais em Uberlândia, Minas Gerais</b> .....	36
<b>4.7.3 Construções sustentáveis: aplicações para a cidade de Uberaba – MG</b> .....	37
<b>4.7.4 Uso de telhados verdes para controle de águas pluviais urbanas em Teresina – Piauí</b> .....	38
<b>4.7.5 Telhado verde e seu desempenho térmico em residências de regiões semiáridas</b> .....	39

4.7.6 Telhado verde: desempenho do sistema construtivo na redução do escoamento superficial em PE .....	40
4.7.7 Análise experimental do comportamento térmico do telhado verde extensivo para Florianópolis (SC) .....	41
4.7.8 Telhado verde da biblioteca da PUC-MG: uma abordagem técnica e financeira .....	42
4.7.9 Taxas de evapotranspiração e controle do escoamento de telhados verdes sob clima subtropical .....	43
4.7.10 Avaliação do desempenho ambiental na utilização de telhados verdes extensivos em escolas públicas do Paraná .....	44
4.7.11 Simulação do uso de telhados verdes para atenuação de enchentes urbanas em Sergipe .....	45
4.7.12 Influência do substrato dos telhados verdes na redução do escoamento superficial quando submetido às condições climáticas da Região Metropolitana do Recife .....	45
4.7.13 Análise da Retenção Hídrica em Telhados Verdes a Partir da Eficiência do Coeficiente de Escoamento .....	46
4.7.14 Interferência microclimática na utilização do telhado verde para regiões tropicais: estudo de caso em Cuiabá (MT) .....	48
<b>5 METODOLOGIA .....</b>	<b>50</b>
<b>6 RESULTADOS E DISCUSSÕES .....</b>	<b>55</b>
6.1 CARACTERÍSTICAS GERAIS SOBRE OS ARTIGOS SELECIONADOS .....	55
6.2 ASPECTOS TÉCNICOS SOBRE O TELHADO VERDE (TIPOLOGIA E TIPOS DE CAMADAS) .....	56
6.3 VANTAGENS .....	59
<b>6.3.1 Sustentabilidade e diminuição das ilhas de calor .....</b>	<b>61</b>
<b>6.3.2 Isolamento térmico .....</b>	<b>62</b>
<b>6.3.3 Maior eficácia nos sistemas de drenagem .....</b>	<b>63</b>
6.4 CUSTOS E POLÍTICAS PÚBLICAS DE INCENTIVO .....	68
<b>7 CONCLUSÃO .....</b>	<b>71</b>
<b>8 REFERÊNCIAS .....</b>	<b>72</b>

## 1 INTRODUÇÃO

Sustentabilidade é o reconhecer que o homem necessita dos elementos da natureza que são necessários para a vida, porém extrair somente o necessário sem esquecer que são finitos, mantendo um equilíbrio. O desenvolvimento sustentável é a exploração racional do meio ambiente, preocupando em degradar o mínimo possível. Significa a adoção de medidas de prevenção e redução impactos (ELLOVITCH, 2010).

Com o passar do tempo o assunto se torna mais recorrente, dado a globalização, a intensa urbanização, e conseqüentemente o aumento das áreas construídas, intensificou-se a preocupação com o meio ambiente. Sentindo efeitos como: alterações climáticas, escassez de água e inundações o ser humano busca alternativas para amenizar suas ações.

A construção civil é uma atividade que gera grande impacto sobre o meio ambiente, por utilizar muitos recursos naturais como matéria prima, destruir áreas vegetadas para construção das edificações, gerar um volume alto de resíduos que são descartados de forma inadequada. A construção retira cerca de 50% de todos os recursos naturais extraídos, o que gera a necessidade de equilíbrio entre o desenvolvimento e a sustentabilidade (BRASILEIRO; MATOS, 2018).

Visando solucionar ou pelos menos minimizar esses problemas, surgem técnicas construtivas sustentáveis, aquelas que têm o intuito de diminuir as alterações ambientais causadas pelo ser humano, bem como influenciar à consciência sustentável. Uma solução foi o telhado verde, que possui uma estética agradável, além de oferecer muitas vantagens como: conforto térmico, redução do consumo de energia elétrica e auxílio nos sistemas de drenagem. Possuindo uma flexibilidade quanto a tamanhos, extensões e tipos de vegetação, se mostra ainda mais viável (CORRÊA, 2009).

Os primeiros telhados verdes são datados a 600 anos a.C., na Babilônia, por isso eram conhecidos como jardins suspensos da Babilônia (BUENO, 2010 *apud* PORTO et al, 2018). Posteriormente, foram mais difundidos, na Itália, México e na Índia entre os séculos XIV e XVI, expandindo-se até a Espanha e França no século XVIII (ARAÚJO, 2007). A Figura 1 ilustra os jardins suspensos da Babilônia.

**Figura 1 - Jardins Suspensos da Babilônia**



Fonte: Glancey; Jonathan (2001. p, 16)

Os jardins suspensos eram irrigados por águas que se erguiam no ar para que pudessem cair pelos terraços e assim molhar as plantas de cada nível. A Construção era complicada, porque tinha a necessidade de levar água até o topo e além disso tinha que garantir que ela não destruísse o sistema. Porém sua estética era deslumbrante, tinha-se a impressão que fios seguravam as árvores, por isso o nome: jardins suspensos. (Portal São Francisco, 2022)

Nos anos 50 houve um destaque por parte da Alemanha que comandou pesquisas científicas sobre o assunto, eles almejavam a conservação e preservação da água e energia através do telhado verde. O governo já investia no setor, e muitas técnicas foram desenvolvidas, materiais foram incluídos como: materiais drenantes, impermeabilizantes e agentes anti raízes. Nos anos 80 aumentou-se entre 15 a 20 % o uso da técnica nas construções, esse crescimento se deu devido o apoio do governo com leis de incentivo (PECK, 1999).

No Brasil ainda não se utiliza comumente os telhados verdes, mas políticas públicas de incentivos e leis governamentais começam a surgir, o que amplia a visão sobre o sistema e faz com que sua utilização aumente. Em 1930 é que se tem notícia do primeiro telhado verde no Brasil, realizado no prédio do Ministério da Saúde e Educação no Rio de Janeiro (TOMAZ, 2005).

Ao se executar esse sistema alguns pontos demandam mais atenção, visando a devida execução do telhado verde, como: escolha do tipo, da vegetação e a necessidade de manutenção. Com isso, a presente pesquisa visou apresentar as características

do sistema, suas vantagens, estudos de casos e políticas públicas de incentivo na área, por meio de revisão bibliográfica realizada por pesquisas recentes sobre o tema.

## 2 OBJETIVOS

### 2.1 OBJETIVO GERAL

Discorrer sobre as principais técnicas relacionadas ao telhado verde, sob à luz da sustentabilidade.

### 2.2 OBJETIVOS ESPECÍFICOS

- Discutir as tipologias de telhado verde, exibindo a composição e técnicas para sua construção;
- Verificar o custo-benefício do telhado verde e demonstrar as vantagens desse tipo de cobertura;
- Discorrer sobre políticas públicas de incentivo;
- Apresentar estudos de caso que utilizaram essa técnica;
- Analisar o telhado verde enquanto alternativa para a sustentabilidade;

## 3 JUSTIFICATIVA

Com a crescente urbanização, as áreas verdes diminuíram, além do desmatamento para se obter espaços para construções, ocorreu também a diminuição de áreas permeáveis. As mudanças climáticas são exemplos de que o meio ambiente está respondendo de forma negativa a essas modificações (BERNDTSSON, 2010). Como ilustrado na Figura 2.

**Figura 2 - Urbanização**



Fonte: Autor (2021)

A urbanização é ocupar, desenvolver ou modificar uma área antes natural, e a construção é um exemplo deste fenômeno.

Com isso, a construção Civil representa uma das mais importantes atividades para a economia. Como demonstrado no gráfico da Figura 3. Porém, é um dos setores que mais impacta e agride ao meio ambiente, ou pela grande exploração de recursos da natureza, pelas mudanças das paisagens (o aumento das áreas impermeáveis) ou mesmo pela produção de resíduos oriundos dos canteiros de obras (MATOS; ALENCAR, 2019).

**Figura 3: Gráfico: importância da construção civil**



Fonte: do autor (2021). Dados retirados de: Associação Brasileira de Incorporadoras Imobiliárias (ABRINC) (2021).

Portanto a construção civil é uma importantíssima área para o país, por gerar empregos e movimentar economia.

Com o crescimento progressivo da população urbana e a falta de cuidado com o meio ambiente, impactos ambientais diversos foram surgindo, como: o efeito estufa, as chuvas intensas que muitas vezes causam tragédias por outro lado a escassez da água, problemas mais perceptíveis nas grandes cidades. Muitas alternativas sustentáveis foram criadas como uma busca para a solução, ou no mínimo a diminuição desses impactos. Entre essas soluções,

ressalta-se o telhado verde, uma solução eficiente (BRENNEISEN, 2004; HENEINE, 2008; D'AVILA, 2010; STRAPASSON, 2010).

Segundo a revista Sky Garden os telhados verdes podem inserir novas áreas verdes onde antes não era possível, melhorando a qualidade de vida da população. Também apresenta vantagens, como: o combate das ilhas de calor, a redução do escoamento superficial provocado por excesso de águas das chuvas, possibilidade de lazer, entre outras.

O telhado verde pode ser fabricado com a reutilização de materiais acessíveis, utensílios que seriam descartados, podem ser utilizados para construção de uma inovação sustentável que contribuirá com o meio ambiente e com a economia e saúde da própria moradia (D'AVILA et al., 2010).

Diante do exposto, ressalta-se a relevância do presente estudo por ser uma alternativa para a sustentabilidade, economia ao proprietário e ser uma forma para que a construção civil seja uma área mais consciente e responsável para com o meio ambiente.

## 4 REFERENCIAL TEÓRICO

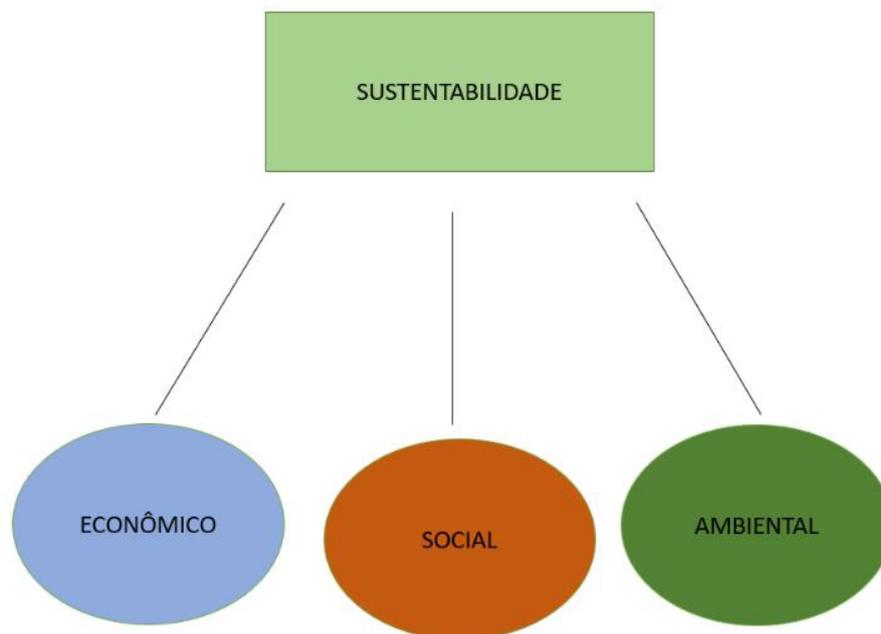
### 4.1 A SUSTENTABILIDADE NA CONSTRUÇÃO CIVIL

Como meio de diminuir os impactos causados a engenharia civil busca meios para diminuir suas ações, que causem o mínimo de danos possíveis ao meio ambiente. É possível encontrar alternativas que possam melhorar a construção no sentido de torná-la mais sustentável, como o uso dos telhados verdes (QUEIROZ, 2016).

A sustentabilidade na construção civil tem o significado de garantir que ações sejam feitas durante todas as etapas visando a diminuição dos impactos ambientais e permitir que os recursos sejam preservados afim de se ter uma boa qualidade de vida futura (SECONCI, 2022).

Visto que a sustentabilidade visa aspectos ambientais, econômicos e sociais chega-se então, ao seu tripé, termo que surgiu na década de 90, sendo a relação entre os diferentes aspectos (DIAS, 2011). Como ilustra a Figura 4.

**Figura 4 - O tripé da sustentabilidade**



Fonte: Autor (2022)

Portanto, a relação do tripé seria o modelo para alcançar o desenvolvimento sustentável. Assim, a sustentabilidade seria a interseção dos três pilares (DIAS, 2011). Como mostra a Figura 5.

**Figura 5 - Nasce a sustentabilidade**



Fonte: [Tripé da Sustentabilidade](#) Fonte: [Adaptação dos três pilares Scientific Diagram \(researchgate.net\)](#)

Partindo do aspecto econômico o objetivo é a geração de empregos, levando em consideração a rentabilidade, já no âmbito social a preocupa-se que as empresas sejam justas proporcionando boas condições de trabalho, além de oferecer oportunidades às pessoas com deficiência. Por fim, na esfera ambiental o propósito é ser sustentável, adotar processos ecológicos, que não agridam o meio ambiente e tenham uma produção limpa (DIAS, 2011).

A construção civil se caracteriza como uma área importante nos aspectos sociais e econômicos porque gera muitos empregos, e também movimentada a economia, porém contrasta com a parte ambiental, área que age negativamente. Então é necessário um equilíbrio para que a sustentabilidade funcione de forma eficaz.

Diante dos tripés tem-se que a definição para desenvolvimento sustentável, é o desenvolvimento que tem por objetivo suprir as necessidades atuais e não esgotar os recursos para o futuro (WWF-Brasil, 2022).

Nesse sentido, a sustentabilidade se relaciona com as tecnologias sociais, que buscam: o compromisso com a transformação social tornar a sociedade um lugar melhor, ter espaço para ouvir as demandas e as necessidades sociais, a sustentabilidade, a inovação, a organização do conhecimento, a acessibilidade, o diálogo entre os saberes, processos de planejamento, o acompanhamento e avaliação (INSTITUTO DE TECNOLOGIA SOCIAL, 2015).

Visto isso, entende-se a necessidade de medidas sustentáveis como o exemplo dos telhados verdes, que visam diminuir os impactos ambientais além de transformar a ótica das construções irresponsáveis ambientalmente.

## 4.2 TIPOLOGIA

Telhado verde é um sistema que possibilita o cultivo de plantas formando uma cobertura vegetal, instalada em estruturas de telhado convencionais. Proporcionam conforto térmico e visam uma construção sustentável. Que visa aumentar as áreas vegetadas e permeáveis, diminuir os efeitos de ilhas de calor, ocasionando em aumento na qualidade ambiental (RANGEL; ARANHA; SILVA, 2015).

É uma técnica que vem se consolidando, trazendo benefícios notórios comparados com telhados convencionais. Em geral, existem dois tipos de telhados verdes, os intensivos e extensivos. Os intensivos possuem meio de cultivo espesso, possuindo uma camada mais espessa de solo, necessitam de maior manutenção, tem um custo mais elevado se comparado com os extensivos, que possuem vegetação mais rasteira, sendo um sistema mais leve e mais baixo e necessitando de uma menor manutenção (RASUL; ARUTLA, 2020).

Geralmente os telhados verdes extensivos são mais utilizados pela baixa necessidade de manutenção e também pelo menor custo comparado com o intensivo, utilizados geralmente para remeter a parques, áreas de lazer, normalmente realizados em grandes edifícios.

A Tabela 1 demonstra as principais diferenças entres os sistemas.

**Tabela 1 - Tipologia de telhados verdes**

Telhado verde Extensivo	Telhado verde Intensivo
<b>Manutenção:</b> Baixa	<b>Manutenção:</b> Alta
<b>Custo:</b> Baixo	<b>Custo:</b> Alto
<b>Tipo de plantas:</b> Ervas, gramíneas e sedum	<b>Tipo de plantas:</b> Arbustos, gramado e árvores
<b>Altura:</b> 6 - 20 cm	<b>Altura:</b> 15 - 40 cm
<b>Peso:</b> 60 - 150 Kg/m <sup>2</sup>	<b>Peso:</b> 180 - 500 Kg/m <sup>2</sup>

Fonte: Adaptado de Silva (2011).

Os telhados verdes podem ser classificados também como inacessíveis ou acessíveis, levando em consideração se foi projetado ou não para a circulação de pessoas (ARAÚJO, 2017). Exemplos dos diferentes tipos de telhados verdes, demonstrados nas Figuras 6 e 7.

**Figura 6 - Telhado verde extensivo**



Fonte: <https://greenrooftechology.com/>

**Figura 7 - Telhado verde intensivo**

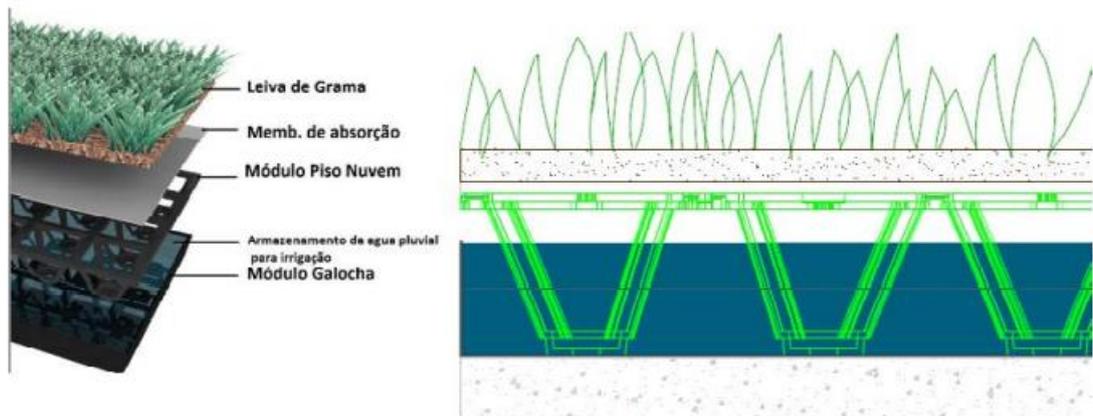


Fonte: <https://greenrooftechology.com/>

Além dessas classificações, existem também os sistemas prontos que podem ser:

- Hidro modular: caracterizados por módulos que reservam água, proporcionando irrigação da vegetação. Este sistema deve ser utilizado somente em lajes, que contenham perímetro fechado por uma mureta de no mínimo 12 cm; e essa laje deverá suportar a carga de  $75 \text{ kg/m}^2$  (VIEIRA et al., 2018). Conforme demonstrado na Figura 8.

**Figura 8 – Sistema hidro modular**



Fonte: <https://ecotelhado.com/>

- Hexa: composto por módulos com reservatório hexagonal. A estrutura que receberá esse sistema deverá suportar o peso de  $108 \text{ kg/m}^2$ , e a capacidade de retenção de água é de  $25 \text{ l/m}^2$  (VIEIRA et al., 2018). Conforme mostra a Figura 9.

**Figura 9 – Sistema hexa**

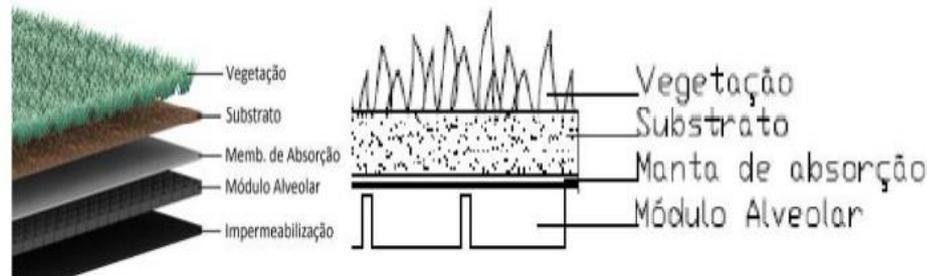


Fonte: <https://ecotelhado.com/>

- Alveolar leve: composto por placas plásticas semiflexíveis com reservatórios em formato retangular. O local que receberá esse sistema deverá suportar o peso de  $80 \text{ kg/m}^2$

kg/m<sup>2</sup> e a capacidade de retenção de água é de 35 l/m<sup>2</sup>. O local deverá ter uma contenção lateral para o sistema em todo seu perímetro (VIEIRA et al., 2018). Como mostra a Figura 10.

**Figura 10 – Sistema alveolar leve**



Fonte: <https://ecotelhado.com/>

- **Laminar alto:** composto por um módulo rígido de plástico, tem a função de reter a água para as raízes da vegetação, funciona também como reservatório d'água, retirando a necessidade de irrigação. O local receptor deverá suportar o peso de 250 kg/m<sup>2</sup> e a capacidade de retenção de água é de 160 l/m<sup>2</sup>. Deve-se fazer a previsão de uma caixa de visita. A área de instalação do sistema deverá ser com perímetro fechado por uma mureta de no mínimo 25 cm, a estrutura do telhado deve ser plana e a mureta impermeabilizada. O escoamento da água em excesso se dá por meio de ralos laterais (ladrões) que deverão estar localizados a 16 cm de altura da parte superior da laje pronta (VIEIRA et al., 2018). Estrutura demonstrada na Figura 11.

**Figura 11 – Sistema laminar alto**



Fonte: <https://ecotelhado.com/>

Diante disso, vê-se que é possível realizar o telhado verde de acordo com diferentes objetivos, e estes podem ser mais caros ou trabalhosos de acordo com a tipologia escolhida.

#### 4.3 COMPOSIÇÃO E TÉCNICAS DE TELHADO VERDE

As diferentes camadas que compõe o telhado verde são definidas de acordo com o projeto arquitetônico, conforme a tipologia do telhado (RAZZAGHMANESHA; BEECHAMA; SALEMIBA, 2016).

Para que o sistema seja eficiente e seguro, deve-se obedecer a uma estrutura de camadas, como descritas na Figura 12.

**Figura 12 - Camadas que compõem o telhado verde**



Fonte: [https://ecotecnologias.org/?page\\_id=561](https://ecotecnologias.org/?page_id=561)

A seguir serão detalhadas cada camada, e demonstrada sua importância para o correto funcionamento do sistema.

### 4.3.1 Camada de impermeabilização

A camada de impermeabilização é responsável por gerar maior duração e impedir a penetração da umidade. Caso haja o vazamento de água em sua estrutura, poderá prejudicar a edificação (BALDESSAR, 2012). Como ilustra a Figura 13.

**Figura 13 – Camada de impermeabilização**



Fonte: <https://ecotelhado.com/>

Essa camada que vai garantir que a água não degrade o sistema e não chegue até a edificação.

### 4.3.2 Camada de proteção/Membrana anti-raíz

A membrana anti raiz tem a função de não possibilitar a entrada das raízes das plantas na cobertura, porém possibilita que as raízes cresçam até um tamanho que a água consiga acessar (SOUSA, 2021). Como mostra a Figura 14.

**Figura 14 - Membrana anti-raíz**



Fonte: <https://www.verdesares.com.br/>

Essa camada tem o papel de moldar o crescimento das raízes das plantas, tanto para que não chegue até a estrutura, quanto para que a água consiga penetrar até elas.

#### **4.3.3 Camada drenante**

A camada drenante tem a função de evitar que a água chegue em excesso, possibilitando a percolação em sua camada, as nervuras facilitam o escoamento e retenção (LORENZINI NETO, 2014).

Conforme Palmeira (2016) essa cama pode ser composta por pedras, seixos e argila. Como demonstrado na Figura 15.

**Figura 15 - Camada drenante**



Fonte: <https://www.m2arquitecturaeinteriores.com/>

Camada de suma importância para que não haja alagamento.

#### 4.3.4 Tecido permeável

O tecido permeável é uma camada que filtra com objetivo impedir caia substrato na camada drenante e impossibilite seu funcionamento, devendo ser composto por material que permita o escoamento da água como, por exemplo, geotêxtil (PALMEIRA, 2016). Como ilustrado na Figura 16.

**Figura 16 - Tecido permeável (geotêxtil)**



Fonte: <https://www.m2arquitecturaeinteriores.com/>

Responsável por não deixar que o substrato entre na camada drenante, essa camada impede que a drenagem do sistema seja comprometida.

#### 4.3.5 Substrato

O substrato é uma mistura de elementos inorgânicos e orgânicos capazes de manter os nutrientes, a oxigenação e a umidade. Normalmente é uma mistura de adubo e terra vegetal com o intuito de melhor desempenho e manter a vegetação saudável, tal como sua vida útil (COSTA; REZENDE, 2019). Como mostra a Figura 17.

**Figura 17 - Substrato**



Fonte: <https://www.m2arquiteturaeinteriores.com/>

#### 4.3.6 Vegetação

A vegetação é escolhida de acordo com a tipologia do telhado, levando em consideração a estética, e o clima da região em que será implementado (TASSI, 2014). Como demonstrado na Figura 18.

Figura 18 - Vegetação



Fonte: <https://www.m2arquiteturaeinteriores.com/>

Portanto certifica-se a importância de cada camada para o bom funcionamento do telhado, visto que se alguma delas for falha poderá comprometer toda estrutura.

#### 4.4 VANTAGENS DA UTILIZAÇÃO DO TELHADO VERDE

Inúmeros estudos mostram os benefícios que os telhados verdes produzem, tanto no interior quanto no exterior dos ambientes nos quais eles são empregados. Como: Alternativa

sustentável, isolamento térmico, ilhas de calor e amplitude térmica e sistemas de drenagem mais eficazes, que serão descritos mais detalhadamente a seguir.

#### **4.4.1 Alternativa sustentável**

Atualmente nota-se problemas como: o efeito estufa, a crise energética, a alta emissão de CO<sub>2</sub> na atmosfera, a escassez de combustíveis fósseis e a diminuição de água potável do planeta. Essas preocupações resultam na busca pela sustentabilidade, como forma de solução para esses, e como medidas preventivas para outros problemas (MACHADO et al., 2017).

Conforme Cordoni Savi (2012) os edifícios são muito poluentes além de consumirem mais da metade de toda energia usada nos países desenvolvidos e ainda, produzem mais da metade dos gases que influenciam as mudanças climáticas.

À vista disso, entra a ideia dos telhados verdes, como uma forma relativamente barata e simples e que ajuda em diversos aspectos o meio urbano.

#### **4.4.2 Isolamento térmico**

Os materiais e métodos usados na construção civil, quando recebem radiação solar, a devolve como energia em forma de temperatura e grande parte desta energia penetra até o interior das edificações. Conseqüentemente, com o aumento da temperatura interna, faz-se maior uso de ar-condicionados e ventiladores, aumentando a demanda por energia elétrica. Com o uso da cobertura vegetal, grande parte da radiação solar é utilizada pelas plantas e a outra parte é absorvida pelo solo e neste caso há baixíssima transferência de energia térmica para o interior do imóvel e assim reduzindo o uso de equipamentos elétricos para redução artificial da temperatura. Estudos indicam que essas coberturas vegetais reduzem a temperatura no interior do imóvel de 1°C a 3°C (SILVA; CASTRO, 2021).

Segundo o Departamento de Energia e Meio Ambiente de Columbia – DOEE (2018) além de manter um ambiente quente durante o inverno, os telhados verdes agem como uma proteção para o calor do sol durante o verão, o que é muito vantajoso, pois, se tem um ambiente confortável no inverno e diminui-se o uso de ar-condicionado no verão.

Visto isso, um experimento feito por Lopes (2007), teve como objetivo comparar a temperatura entre modelos de telhados: verde, de fibrocimento e cerâmico. Seus resultados foram 26.5°C, 29.7°C e 30.6°C, respectivamente. Com isso, constata-se a eficiência dos telhados verdes no que se refere ao conforto térmico.

Portanto, com a utilização do telhado verde, além de um ambiente mais confortável tem-se também a economia de energia elétrica o que resulta em economia de água, sendo uma excelente medida sustentável.

#### 4.4.3 Ilhas de calor e amplitude térmica

O fenômeno das Ilhas de Calor Urbanas é resultado do acúmulo de energia térmica no núcleo do sistema, devido à construção urbana e atividades humanas, o que modifica o meio ambiente urbano e o clima (BARROS, 2020).

Ainda, quando se substitui áreas vegetadas por áreas impermeabilizadas, áreas de concreto ou asfalto, por exemplo, o que contribui para o aumento da temperatura contribuindo para o fenômeno de ilhas de calor (TASSI, 2014).

Já a cobertura vegetal fornece e aumenta a área de sombreamento, além de acumular água (água que é colocada para manutenção das plantas), que devolve umidade para atmosfera, aumentando a umidade local. Desta forma cidades com maior área vegetal, podem ter redução de suas temperaturas. Além disso, as plantas são responsáveis pela retirada de gás carbônico da atmosfera (Sequestro de Carbono) e sendo assim, contribuindo para a melhoria da qualidade do ar (SILVA; CASTRO, 2021).

Os telhados verdes reduzem a área de superfícies impermeáveis, aumentam a umidade do ar, além de purificá-lo através das plantas e do solo.

#### 4.4.4 Sistemas de drenagem mais eficazes

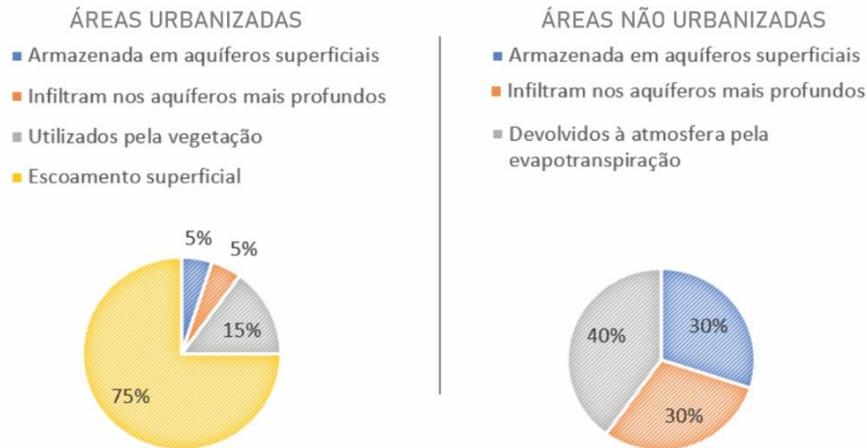
O crescente agravamento do uso e ocupação do solo descontroladamente e a impermeabilização de áreas urbanas trazem consequências hidrológicas indesejáveis, a sobrecarga dos sistemas de drenagem, ocasionando: inundações e erosão (PALLA; GNECCO; BARBERA, 2018).

As consequências da inundação por exemplo, dependem de como as margens dos cursos d'água serão ocupadas e depois da impermeabilização de áreas antes permeáveis e a canalização da rede de drenagem. Em razão da urbanização as inundações têm sido mais frequentes e também devido ao fato de os engenheiros necessitarem drenar o escoamento pluvial o mais rápido possível, o que muitas vezes sobrecarrega o sistema de drenagem urbano (TUCCI, 2003).

O escoamento superficial resulta em problemas futuros para rios, lagos, lagoas. Visto que essa água escoar pelas ruas e neste processo podem levar materiais como lixo que acaba sendo depositado nos mananciais. O aumento de áreas impermeáveis aumenta o volume de escoamento superficial (GARTLAND, 2010). Como demonstrado na Figura 19.

**Figura 19 – Gráfico: destinos de águas pluviais**

## DESTINOS DAS ÁGUAS PLUVIAIS



Fonte: Adaptado de Gartland (2010)

Isso mostra que, quanto mais áreas impermeáveis, maior o volume de escoamento superficial e conseqüentemente maior a sobrecarga nas redes de drenagem urbana.

Diante desses problemas, estudos mostram que os telhados verdes diminuem significativamente a quantidade de enxurrada, pois, armazena grande parte da precipitação, após a devolve para a atmosfera, pela evapotranspiração (BENGTSSON; GRAHN; OLSSON, 2005).

Quando as chuvas são mais intensas, observa-se um atraso no pico de enxurradas, o que evita a inundação pois as correntes de água têm sua intensidade reduzida (BENGTSSON, 2005).

Portanto, certifica-se também sobre as vantagens de auxílio das plantas e solo do telhado verde, no escoamento e drenagem das águas das chuvas. Ajudando a evitar que ocorram enxurradas, alagamentos, enchentes e diminuindo áreas erosivas.

### 4.5 CUSTOS

O custo médio dos telhados verdes no Brasil é cerca de R\$ 445,00 por m<sup>2</sup>, e os benefícios estéticos e sustentáveis são valorizados pelos consumidores, apesar de seu custo relativamente elevado (ROCHA; VILANOVA, 2020).

Algumas questões alteram os do telhado verde, como: as camadas, a resistência da estrutura já existente, a tipologia, a região em que será implementado.

Nota-se que os benefícios que a implantação dos telhados verdes oferece, superam os seus custos, ainda mais quando se analisa a longo prazo (SILVA, 2021). Além disso, Omar e

colaboradores (2018) entendem que a energia necessária para resfriar um prédio com telhado verde é muito menor do que para resfriar um prédio com telhado convencional.

Por isso, é vantajoso aderir ao telhado verde, mesmo que inicialmente ele tenha um alto custo, pois se pensado a longo prazo, a economia gerada é maior do que o seu gasto.

#### 4.6 POLÍTICAS PÚBLICAS DE INCENTIVO

Conforme Sharman (2014), são as políticas indutoras para utilização de telhados verdes:

- Incentivos diretos, como: subsídios e subvenções;
- Incentivos indiretos, como redução de taxas e gratificações;
- Regulamentos e normas de incentivo;
- Incentivos intangíveis, como: a pesquisa, a educação, prêmios, programas específicos e orientação técnica.

A lei n.º 6.938/1981 (A Política Nacional do Meio Ambiente), marcou o surgimento do Direito ambiental e das políticas públicas no Brasil. Antes dela apenas normas jurídicas ambientais tratavam do assunto (RANGEL; ARANHA; SILVA, 2015).

Como mostra uma pesquisa feita em 2018 por Marques, Bissoli-Dalvi e Alvarez, foram encontradas políticas como o Projeto Fortaleza Sustentável (Fortaleza/CE), que tem como objetivo a educação ambiental e a prática sustentável, o “Bike Vitória”, possibilita que sejam usadas bicicletas de forma compartilhada, estimulando a mobilidade urbana sustentável, o IPTU Verde também é um exemplo, envolve leis complementares e decretos que fornecem descontos aos moradores que praticarem medidas sustentáveis. Identificou-se também políticas como a Política Municipal de Meio Ambiente na cidade de Campinas (CAMPINAS, 2016), que visa auxiliar na gestão ambiental para a preservação do meio ambiente e o desenvolvimento sustentável. Em Recife (PE), tem-se a Lei nº 18.112/2015, que impõe obrigatoriamente que para um projeto ser aprovado ele deve conter a previsão de telhado verde em edificações com mais de 400 m<sup>2</sup> de área coberta (RECIFE, 2015).

Sobre o programa IPTU verde, Jahnke e colaboradores (2013) ressaltam que o Imposto Predial e Territorial Urbano é previsto na Constituição Federal de 1988. Muitos proprietários preferem ocupar todo o espaço do terreno não se preocupando em deixar nenhuma área verde. Buscando incentivar a implantação dessas áreas, surgiu o IPTU Verde. Na cidade de Goiânia por meio da Lei Complementar Nº 235 de 2012 ficou instituído o IPTU verde (LEIS MUNICIPAIS – GOIÂNIA, 2012).

A Lei Complementar no 1.174 de 2018, discorre sobre a redução das áreas permeáveis se houver área equivalente, composta por telhados verdes, em Blumenau - Santa Catarina (FEITOSA; WILKINSON, 2018).

Em São Paulo em março de 2015, foi publicado o decreto 55.994 que diz no Artigo 4º que os telhados verdes são admitidos como compensação ambiental (LEIS MUNICIPAIS – SÃO PAULO, 2015).

No Rio de Janeiro em 2015 foi criado o selo “Qualiverde” através do decreto 35.745, este selo dá a preferência em casos de licenciamento, para obras que incluam tecnologias verdes, como exemplo os telhados verdes (PREFEITURA DO RIO DE JANEIRO, 2015). Também no Rio de Janeiro foi elaborado um projeto de lei Nº 3759/2017 que tem por objetivo incentivar o uso de telhados verdes nas edificações, esses incentivos abrangem desde certificações ambientais até prêmios.

A lei Nº 10.047 impõe a obrigatoriedade no uso do telhado verde no estado da Paraíba, para todos os condomínios edificados, que tenham mais de três andares (DIÁRIO OFICIAL DA PARAÍBA, 2013).

Portanto, tendo em vista as políticas de incentivo espalhadas pelos estados do país, conclui-se que apesar do atraso relacionado a práticas sustentáveis, o Brasil está se desenvolvendo e criando políticas que incentivam a população a pensar no futuro do planeta.

#### 4.7 ESTUDOS DE CASO

Dado a comprovação das vantagens e as experiências positivas, aumenta-se com o passar dos anos a utilização de telhados verdes, e se percebem muitos casos de sua implantação. Acerca disso selecionou-se edificações recentes que se destacaram no quesito de implantação de telhado verde no Brasil, descritas abaixo.

##### **4.7.1 Drenagem urbana para controle de escoamentos no Rio de Janeiro**

Estudou-se um lote de 600 m<sup>2</sup> no bairro de Guaratiba (RJ), foram avaliados os resultados da utilização de telhado verde e sua combinação com outras técnicas.

Para calcular como seria a eficiência do telhado verde quanto ao escoamento superficial, utilizou a espessura do substrato do telhado, o tipo de vegetação e o percentual de retenção médio anual. Foram utilizados os extensivos e os intensivos (VASCONCELOS; MIGUEZ; VAZQUEZ, 2016).

Por fim, constatou que os telhados verdes ajudaram na contenção da vazão de pico do lote, devido ao acúmulo da água pela vegetação e o solo do telhado. Para o tipo extensivo que

ocuparia 20% da área edificável do lote (60 m<sup>2</sup>) a redução da vazão de pico variou 4%, já para o intensivo 50% da área edificável do lote (150 m<sup>2</sup>) variou 15% (VASCONCELOS; MIGUEZ; VAZQUEZ, 2016).

Portanto, os telhados verdes podem ser usados como técnicas de melhoria do escoamento, pois ele reduz a vazão de pico, ajudando as águas das chuvas escoarem.

#### 4.7.2 Eficiência hidrológicas de telhados verdes para loteamentos residenciais em Uberlândia, Minas Gerais

O estudo feito em loteamentos residenciais de Uberlândia (MG) teve o propósito de estimar o comportamento dos telhados verdes quanto ao escoamento superficial. Foi estimada as precipitações (FILHO et al., 2016). Ilustrado pela Figura 20.

**Figura 20 - Loteamento escolhido para aplicação do estudo**



Fonte: Adaptado de Filho et al. (2016). Google Earth 2014.

A substituição dos telhados convencionais pelo telhado verde, reduz as áreas impermeáveis, diminui o escoamento superficial e conseqüentemente uma redução das vazões de água pluvial descarregadas na rede coletora pública, o que amenizam a sobrecarga das sarjetas, bocas-de-lobo, galerias, e assim reduzem os riscos de alagamentos e de enchentes. Mostra-se que a implantação de telhados verdes auxilia na redução do volume de escoamento superficial. Quanto a eficiência hidrológica, para os diferentes solos foi: solos secos=40,35%, solos úmidos=29,05% e solo com saturação iminente=10,44% (FILHO et al., 2016).

Por isso, a implantação de telhados verdes é vantajosa, pois diminui as vazões de pico, alivia o sistema público de micro drenagem e reduz os riscos de enchentes.

#### 4.7.3 Construções sustentáveis: aplicações para a cidade de Uberaba – MG

O objetivo do estudo foi avaliar alguns critérios para construções sustentáveis em Uberaba-MG, como a percolação, a infiltração de águas pluviais e os telhados verdes. Neste estudo são considerados três aspectos contidos no projeto sustentável na cartilha de ações e práticas sustentáveis – IPTU Verde de Salvador (Lei n. 29.100, de 06 de novembro de 2017); apresentados no Quadro 1 (FRANCO; SOUSA, 2020).

**Quadro 1 - Quadro de critérios para verificação da adequação e viabilidade sustentável.**

Sistemas e dispositivos sustentáveis	Descrição
<b>Percolação</b>	Utilização de pavimentação permeável em pelo menos em 60% da área de passeio, atendidos os critérios discriminados na Lei 8140/11. O piso permeável a ser utilizado deverá ter percentual de permeabilidade mínima de 80%, comprovado através de especificação técnica do piso utilizado.
<b>Retardo e infiltração de águas pluviais</b>	Construção de reservatórios e/ou valas de infiltração que permitam o retardo do escoamento de águas pluviais. Deverá ser apresentado projeto específico com a ART/RRT no protocolamento.
<b>Telhados com cobertura verde</b>	Implantação de telhado verde em no mínimo 25% da área do teto da edificação. A área destinada ao telhado verde deverá ser contínua, excluindo-se do computo da área do teto, as caixas de escadas, reservatórios, helipontos, e área para alocação de equipamentos.

Fonte: Lei n. 29.100, de 06 de novembro de 2017.

A quantidade de litros de água da chuva que poderá ser captado e o volume do seu armazenamento foram calculados conforme a NBR 10844/89. Considerou telhados convencionais e as reduções de precipitação. Os cálculos realizados neste estudo comprovaram que a aplicabilidade de telhados verdes promove diminuição do escoamento superficial das águas das chuvas, reduz o volume das águas pluviais direcionadas para as redes de drenagem (FRANCO; SOUSA, 2020).

Portanto, mais uma vez os telhados verdes são eficazes na diminuição do escoamento superficial, contribuindo para a drenagem urbana e minimizando os alagamentos e demais problemas de drenagem.

#### 4.7.4 Uso de telhados verdes para controle de águas pluviais urbanas em Teresina – Piauí

Este estudo avaliou o uso de telhados verdes, na cidade de Teresina, Piauí, observando os efeitos de sua implementação na mitigação de deflúvios urbanos.

Este estudo utilizou a modelagem que escolhe o modelo adequado. O primeiro cenário foi definido com uma área de cobertura por 75% de telhados verdes e o segundo cenário com 10%, e então avaliou-se o pico e volume de escoamento (SOUSA et al., 2021). Como mostram as Tabelas 2, 3 e 4.

**Tabela 2 - Simulação do escoamento superficial em telhados convencionais**

Cenário modelado	Pico de escoamento (L/s)	Tempo de simulação até o pico (min)	Volume escoado (m <sup>3</sup> )
Sem telhados verdes	147.869,60	00:32:00	228.600

Fonte: Adaptado de Sousa et al. (2021).

**Tabela 3 - Simulação do escoamento superficial em 75% de telhados verdes**

Cenário dos telhados modelado	Pico de escoamento (L/s)	Tempo de simulação até o pico (min)	Volume escoado (m <sup>3</sup> )
75% de telhados verdes	90.398,02	00:40:00	200.862

Fonte: Adaptado de Sousa et al. (2021).

**Tabela 4 - Simulação do escoamento superficial em 10% de telhados verdes**

Cenário modelado	Pico de escoamento (L/s)	Tempo de simulação até o pico (min)	Volume escoado (m <sup>3</sup> )
10 % de telhados verdes	102.978,93	00:40:00	217.850

Fonte: Adaptado de Sousa et al. (2021).

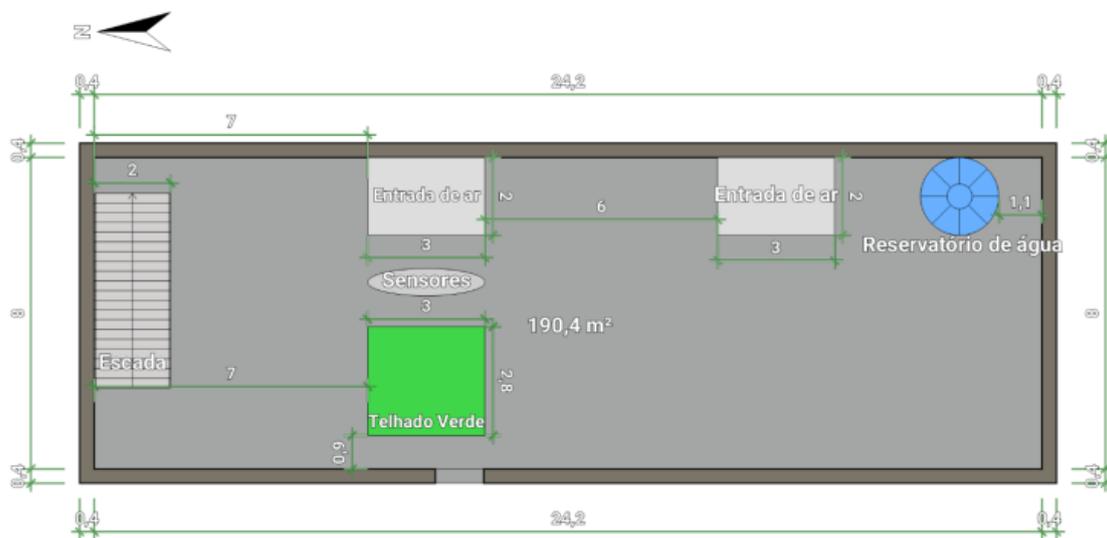
Logo, os resultados mostram que o pico de escoamento diminuiu nos telhados verdes, sendo o de 75% o menor pico, e o volume escoado também diminuiu em vista dos telhados convencionais, constatando-se que o telhado verde é uma medida eficaz para o auxílio no controle do escoamento superficial.

#### 4.7.5 Telhado verde e seu desempenho térmico em residências de regiões semiáridas

Verificou-se a implantação do telhado verde numa região semiárida, e suas condições térmicas nas edificações. O estudo foi desenvolvido em Serra Talhada – PE com área de 42 m<sup>2</sup>, com clima semiárido quente, apresentando temperatura variando de 20,1 a 32,9°C, precipitação média de 642 mm por ano e umidade do ar, aproximadamente 63% (PEREIRA et al., 2015).

O edifício estudado é habitacional, construção de alvenaria estrutural, com vários apartamentos (Figura 21).

**Figura 21 - Croqui da área experimental onde foi instalado o telhado verde**



Escala 1:100, Serra Talhada, PE. Fonte: Alves et al. (2021).

Foram instalados sensores no imóvel, e os dados eram coletados a cada 5 minutos. Coletaram às 09, 15 e 21 horas por uma semana. Às 09 horas da manhã, a cobertura atenuou as temperaturas internas e externas em 1,53°C e 1,7°C, as 15 horas ocorreu diminuição nas temperaturas de 4,58°C e 3,53°C, o que também foi observado às 21 horas com reduções de 3,65°C e 4,38°C (ALVES et al., 2021).

Essa diminuição se dá em função do telhado verde funcionar como isolante térmico, podendo melhorar as características térmicas do ambiente (STOCCO; CANTÓN; CORREA, 2015).

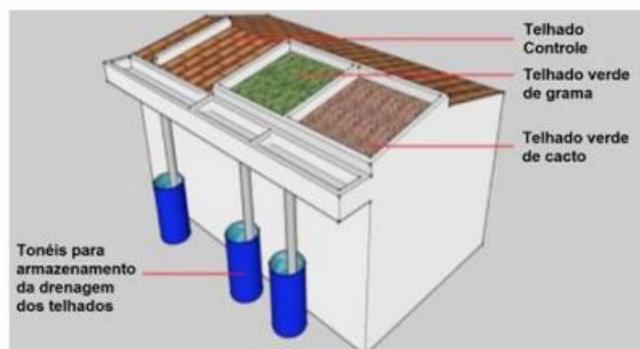
A utilização da cobertura verde torna-se importante, principalmente em regiões quentes e clima tropical, onde praticamente todo o ano é composto por altas temperaturas, que contribui para a formação de ilhas de calor (KONTOLEON; EUMORFOPOULOU, 2010; WONG et al., 2010).

Tendo isso, se percebe que o telhado verde alterou as condições térmicas na região, diminuiu a temperatura no período mais quente e, conseqüentemente, aumentou a umidade do ar.

#### **4.7.6 Telhado verde: desempenho do sistema construtivo na redução do escoamento superficial em PE**

Esta pesquisa foi feita na cidade de Caruaru no estado de Pernambuco, que têm um clima quente e de poucas chuvas, características de regiões semiáridas. Os telhados verdes foram instaurados em uma edificação térrea já existente no Instituto Agrônômico de Pernambuco, possuindo três ambientes com aproximadamente 4 m<sup>2</sup> cada, e foram instalados dois telhados verdes um com a vegetação composta por grama e o outro por cactos, comparados com um telhado convencional chamado de controle (SANTOS et al., 2013) Como mostra a Figura 22.

**Figura 22 – Telhados verdes instalados na edificação do IAP**



Fonte: Santos et al. (2013)

Por meio de um simulador de chuva o estudo fez “precipitar” sobre o telhado uma quantidade de água estabelecida, mantendo o controle da intensidade, e medindo o nível de

água armazenada nos tonéis. Foram usadas duas intensidades para as precipitações: 42 mm/h e 79 mm/h.

Os resultados mostraram que o escoamento superficial em ambos os telhados contou com um retardo em seu início devido a existência da vegetação, houve também atraso no pico de escoamento e a retenção da precipitação, comparado com o telhado convencional. Como demonstrado nas Tabelas 5 e 6.

**Tabela 5 – Intensidade das precipitações igual a 42 mm/h**

<b>Telhado</b>	<b>Precipitação (L)</b>	<b>Volume escoado (L)</b>	<b>Volume retido (L)</b>	<b>% Retido</b>
Gramma	84,00	55,793	28,207	33,6
Cacto	84,00	57,074	26,926	32,1
Controle	84,00	82,095	1,905	2,3

Fonte: Santos et al. (2013)

**Tabela 6 – Intensidade das precipitações igual a 79 mm/h**

<b>Telhado</b>	<b>Precipitação (L)</b>	<b>Volume escoado (L)</b>	<b>Volume retido (L)</b>	<b>% Retido</b>
Gramma	157,2	132,879	24,321	15,5
Cacto	157,2	137,973	23,227	14,2
Controle	157,2	152,678	4,522	2,1

Fonte: Santos et al. (2013)

Portanto de acordo com esse experimento é possível notar que a tipologia e a vegetação influenciam no funcionamento dos telhados verdes, além de mostrar que este sistema tem capacidade de reter parte do volume de precipitação, bem como atrasar o pico de escoamento. Evidencia também as vantagens dos telhados verdes sobre os convencionais.

#### **4.7.7 Análise experimental do comportamento térmico do telhado verde extensivo para Florianópolis (SC)**

A pesquisa realizada em Florianópolis, analisou o comportamento de todo o sistema do telhado verde na participação para o ganho de calor pela estrutura, no verão. Registrando temperatura e fluxo de calor, em camadas do sistema do telhado verde (LIZ et al., 2018).

O método utilizado foi o experimento com medições de campo em condições reais, foi colocado um sistema na cobertura da Universidade Federal de Santa Catarina, exposto ao clima

e suas alterações. Utilizou-se três lajes, duas com telhado verde e uma com telhas de fibrocimento para comparação. Conforme demonstrado na Figura 23.

**Figura 23 – Sistema de telhados verdes e convencional para análise térmica**



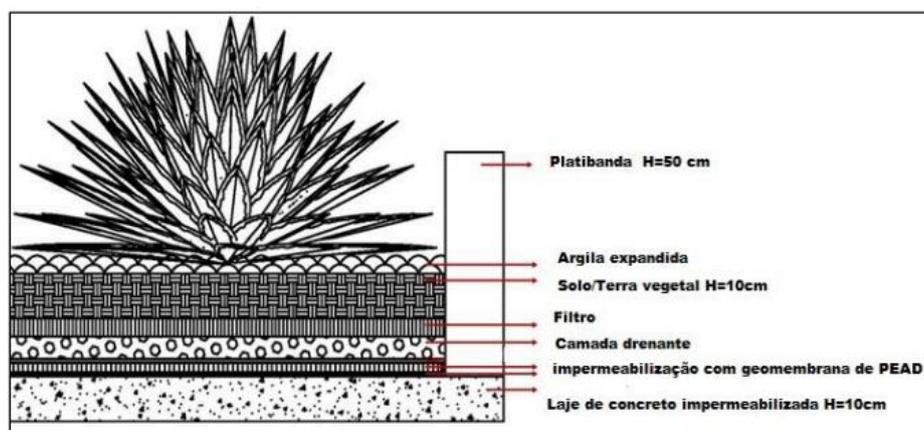
Fonte: Liz et al. (2018)

Coletou-se radiação, umidade relativa do ar, precipitação e temperatura. Com os resultados observou-se que, para o clima de Florianópolis, o telhado verde apresentou redução no ganho de calor se comparado com o telhado de fibrocimento. Assim, o sistema pode ser uma solução que auxilia no conforto térmico e na redução do consumo energético.

#### 4.7.8 Telhado Verde da biblioteca da PUC-MG: uma abordagem técnica e financeira

O local estudado foi na Pontifícia Universidade Católica de Minas Gerais (PUC- MG), em Minas Gerais. A proposta era introduzir um telhado verde extensivo sobre a laje da biblioteca, a laje possuía as seguintes dimensões: área de 188m<sup>2</sup> e perímetro de 88m. O sistema é demonstrado na Figura 24.

**Figura 24 – Estrutura do telhado verde da biblioteca**



Fonte: Costa; Rezende (2019)

Foi realizada uma análise do local para execução do telhado verde, depois analisou-se os materiais, tipologia, espécies de plantas e métodos para que a obra fosse viável, com o intuito de realiza o orçamentado detalhado para cada etapa de acordo com tabela SINAPI.

Os resultados foram satisfatórios, verificou-se que, se implantado, o telhado verde com irrigação a gotas e coletor de águas pluviais com uma durabilidade de estanqueidade de 30 a 45 anos (ECOTELHADO, 2018) teria um valor, em 2018, de R\$ 46.699,08. Porém não foi verificada a estrutura já existente, para isso seria necessário a verificação da capacidade da estrutura, e se necessários seu reforço para receber o telhado verde.

#### **4.7.9 Taxas de evapotranspiração e controle do escoamento de telhados verdes sob clima subtropical**

Para esse estudo, foi realizado um experimento, 6 telhados verdes extensivos, sendo 3 irrigados para que verificasse a evapotranspiração em situação confortável e 3 não irrigados avaliando a evapotranspiração em situação de estresse. Essa pesquisa foi realizada na Universidade Federal de Santa Maria, no Rio Grande do Sul, de clima subtropical, durante 8 meses.

Foram colocadas bandejas de polipropileno, preenchida com as camadas do telhado verde, a vegetação utilizada foi o sedum. Além dos 6 telhados compostos pelo sedum, deixaram mais 4 sem vegetação alguma, sendo 2 irrigados e 2 não, somente com o substrato, afim de avaliar a evapotranspiração e evaporação do solo. Os experimentos foram ajustados com inclinação, para que o excesso de água fosse armazenado em reservatórios. Conforme a Figura 25.

**Figura 25 – Módulos experimentais de telhado verde**



Fonte: Arboit et al. (2021)

As perdas de água por evaporação do substrato nu foram maiores na ausência de irrigação. Concluiu-se que as taxas de evapotranspiração são significativamente variáveis ao longo do dia, as condições meteorológicas, a disponibilidade de água e a fase de desenvolvimento da vegetação. Após as chuvas notou-se que as taxas de evapotranspiração foram elevadas devido à disponibilidade de água do substrato, mas em períodos secos houve um decaimento nestas taxas, como resultado da menor disponibilidade de água. Isso se dá provavelmente porque o sedum procura medidas para sobreviver em período de escassez de água, a evapotranspiração diminuí como forma de manter as reservas de água. (ARBOIT et al., 2021)

A análise de longo prazo mostrou que 47% do total da chuva foi convertido em escoamento, 21% foi retido nos módulos de telhado verde e 32% foi liberado por evapotranspiração. Portanto é reforçada a importância da vegetação como meio para auxiliar a melhora no controle de águas pluviais.

#### **4.7.10 Avaliação do desempenho ambiental na utilização de telhados verdes extensivos em escolas públicas do Paraná**

O objetivo dessa pesquisa foi avaliar índices de Energia Embutida, toda aquela utilizada para a fabricação dos materiais que serão usados na construção de um edifício e emissão de CO<sub>2</sub> entre o sistema de cobertura tradicional e o telhado verde extensivo, com intuito de substituição das coberturas tradicionais das escolas da rede pública do Paraná (GRAF; TAVARES, 2010).

Simulou-se através de planilhas a substituição de telhados convencionais por coberturas verdes, em várias escolas do estado do Paraná. O caso A localizado em Curitiba utilizou um padrão de execução em um único pavimento, já o caso B utilizou-se o padrão de 2 pavimentos.

Para o Caso A em relação a energia embutida, encontrou-se o valor de 1,05 GJ/m<sup>2</sup> para o telhado convencional e 0,76 GJ/m<sup>2</sup> para a cobertura verde, representando uma diferença de 0,29 GJ/m<sup>2</sup> por área edificada, o que significa uma redução de 27,44% na energia embutida. Para o Caso B os valores encontrados foram de 1,62 GJ/m<sup>2</sup> para telhado convencional e 0,49 GJ/m<sup>2</sup> para a cobertura verde, com uma diferença de 1,12 GJ/m<sup>2</sup> por área edificada, uma redução de 69,26% na energia embutida. Referente a emissão de CO<sub>2</sub> verificou-se que no caso A houve uma redução de 59,96% e no caso B a diminuição foi de 83,19% (UHMANN; TAVARES, 2017).

Portanto, esses resultados apontam para a viabilidade na substituição de telhados convencionais por telhados verdes, como uma alternativa sustentável, atuando eficientemente na redução de energia embutida, bem como na diminuição de emissão de CO<sub>2</sub> na atmosfera.

#### **4.7.11 Simulação do uso de telhados verdes para atenuação de enchentes urbanas em Sergipe**

Este estudo foi realizado no Instituto Federal de Educação, Ciência e Tecnologia de Sergipe (IFS) – Campus Aracaju, simulando a substituição dos telhados convencionais por telhados verdes de diferentes modelos para verificação do volume de água pluvial no sistema de drenagem urbano se comparado com telhados convencionais. Usou-se dados de chuvas diários, de anos anteriores, para determinação do volume de escoamento tanto nos telhados convencionais, quanto nos sistemas de telhados verdes. Utilizou-se os sistemas: modular hexa, alveolar leve e laminar alto.

Com base nos resultados conclui-se que houve redução considerável do volume de água depositada no sistema de drenagem urbano pela cobertura do Instituto Federal de Sergipe, variando de 20.896 m<sup>3</sup> (76,54%) no sistema modular hexa, 22.395 (82,03%) no alveolar leve, até 26.383 m<sup>3</sup> no laminar alto (96,64%) (VIEIRA et al., 2018).

As precipitações inferiores a 25 mm foram os que mais contribuíram com a redução do escoamento superficial, visto que essas foram totalmente retidas pelos telhados verdes, e também ocorreram com maior frequência, sendo que de 395 eventos de chuvas 376 foram precipitações inferiores a 25 mm (VIEIRA et al., 2018).

Portanto, o uso de telhados verdes apresenta vantagens, podendo contribuir de forma satisfatória para a redução das enchentes urbanas, principalmente se empregado em grande escala.

#### **4.7.12 Influência do substrato dos telhados verdes na redução do escoamento superficial quando submetido às condições climáticas da Região Metropolitana do Recife**

Este estudo avaliou a redução do escoamento superficial, com aplicação de telhados verdes com substratos de diferentes classes texturais, por meio de simulações, procurou-se identificar a classe textural com melhor desempenho na retenção dos volumes precipitados, sob o clima de Recife. Para o estudo, foram usados os volumes drenados por um protótipo de telhado verde instalado e monitorado (BARROS; SOARES; HOLANDA, 2021).

As simulações mostraram uma boa capacidade de retenção dos volumes de água pelos telhados verdes estudados. O substrato composto por solo franco arenoso, silte, franco e franco

siltoso mostraram os melhores resultados, seguidos pelos solos com classe textural areia, areia franca, franco argilo siltosa e franco argilosa. Os telhados verdes com solos argilosos e franco argilo arenoso apresentaram as menores retenções médias (BARROS; SOARES; HOLANDA, 2021).

Além disso, foram observados precipitação fortes (58,42 mm) para a região e a estrutura apresentou capacidade de retenção de 32,78 % do volume precipitado, na sua melhor configuração (substrato siltoso). Para a maior precipitação (79,25 mm), o telhado verde apresentou menor capacidade de retenção, com valores de 11,82 e 9,78% para o substrato arenoso e siltoso, respectivamente. Pode ter relação com a forte influência da umidade do substrato que antecede os eventos de precipitação na eficiência dos telhados verdes (BARROS; SOARES; HOLANDA, 2021)

Portanto, notou-se que o solo teve comportamento diferente de acordo com sua composição, sendo os solos que se destacaram com ótima capacidade de retenção do volume de precipitações, os: franco arenoso, silte, franco e franco siltoso.

#### **4.7.13 Análise da Retenção Hídrica em Telhados Verdes a Partir da Eficiência do Coeficiente de Escoamento**

O estudo teve o intuito de analisar comparativa e quantitativamente o escoamento superficial em dois protótipos de telhados verdes, avaliando a eficiência de reserva obtida através do coeficiente de escoamento. O estudo foi realizado na Universidade de São Paulo (USP) (JUNIOR; NETO; MENDIONDO, 2013).

A pesquisa desenvolveu-se em local com pouca ocorrência de sombra, o primeiro protótipo foi implantado com 2 saídas para o escoamento das águas das chuvas, e a água reservada foi utilizada para análise da redução do escoamento superficial (JUNIOR; NETO; MENDIONDO, 2013). Demonstrado na Figura 26.

**Figura 26 – Protótipo 1**



Fonte: Junior; Neto; Mendiondo (2013)

O segundo protótipo executou um telhado verde em uma laje pré-moldada com declividade de 3%. Para o escoamento da cobertura fez-se uma platibanda com 15 cm de altura, usou-se herbáceas como vegetação (JUNIOR; NETO; MENDIONDO, 2013). Como mostrado na Figura 27.

**Figura 27 – Protótipo 2**



Fonte: Junior; Neto; Mendiondo (2013)

Utilizou-se equipamento de medição de nível e uma estação meteorológica para medir: nível de água no reservatório, volume pluviométrico, radiação, temperatura, umidade relativa do ar, pressão e ventos. No protótipo 2 esses equipamentos foram colocados em um suporte acima do telhado verde (JUNIOR; NETO; MENDIONDO, 2013). Conforme demonstrado na Figura 28.

**Figura 28 – Estação meteorológica**



Fonte: Junior; Neto; Mendiondo (2013)

A metodologia de cálculo e de estimativa de retenção de água pelo telhado verde considerou como hipótese evapotranspiração nula, devido a velocidade do escoamento para análises de pequenas escalas e intervalo do evento inferior a 1 hora. O cálculo da eficiência na retenção hídrica expressa que o telhado verde é 56% mais eficiente na retenção hídrica em resposta ao telhado convencional (WILKEN, 1978), a retenção obtida no presente estudo foi uma retenção de 56% do volume precipitado.

Portanto, os protótipos de telhados verdes, com diferentes sistemas, analisados durante eventos de precipitações de meses, apresentaram resultados eficientes no armazenamento de águas pluviais (56%), e o retardamento do escoamento superficial.

#### **4.7.14 Interferência microclimática na utilização do telhado verde para regiões tropicais: estudo de caso em Cuiabá (MT)**

Este objetivou e avaliou a interferência de telhados verdes no micro clima do ambiente construído, analisou seu potencial na diminuição da temperatura e umidade relativa do ar em volta da edificação. Para isso foram utilizados dois protótipos, um com o telhado verde implantado e outro para efeitos de comparação, tinham 5m<sup>2</sup>, eram de tijolo, e telhas de fibrocimento. Como mostrado na Figura 29.

**Figura 29 – Protótipos**



Fonte: Rosseti; Nogueira; Nogueira (2013)

Utilizou-se placas de concreto com flocos de EPS, como suporte para a vegetação, a estrutura do telhado foi impermeabilizada, e a existência de um beiral possibilitava o escoamento da água e duas vezes por dia irrigava-se. Como demonstrado nas Figuras 30 e 31.

**Figura 30 – Suporte para a vegetação**



Fonte: Rosseti; Nogueira; Nogueira (2013)

**Figura 31 – Telhado verde instalado no protótipo**



Fonte: Rosseti; Nogueira; Nogueira (2013)

Notou-se diferença significativa na temperatura do ar nos dois protótipos de acordo com a estação do ano. Também foi observada uma redução na temperatura do ar pela manhã na estação seca, o que se justifica devido à evapotranspiração das plantas do telhado verde (ROSSETI; NOGUEIRA; NOGUEIRA, 2013)

Nos períodos de seca principalmente notou-se a maior necessidade de manutenção da vegetação, devido ao clima as irrigações precisam ser diárias. Verificou-se também que os efeitos do telhado verde no microclima estão ligados a presença de água na cobertura, utilizada para a evapotranspiração (ROSSETI; NOGUEIRA; NOGUEIRA, 2013)

Concluiu-se que a presença da cobertura verde melhorou as condições de conforto térmico em volta da construção, aumentando a umidade relativa e reduzindo a temperatura do ar, nas estações secas. Nas estações úmidas as diferenças foram menores.

## 5 METODOLOGIA

Para o estudo dos telhados verdes e suas técnicas, a avaliação de seu custo-benefício, e a constatação de suas vantagens foi realizada uma pesquisa bibliográfica de material já existente, como: livros, artigos, trabalhos de conclusão de curso, teses e dissertações.

O primeiro passo, antes mesmo das pesquisas, foi a escolha do tema e sua limitação. Dado a atual situação das florestas, dos recursos hídricos e o grande impacto negativo da construção civil no meio ambiente, o tema escolhido foi: Telhado verde na construção civil: uma alternativa sustentável para as cidades. A delimitação se deu por meio de um recorte temporal (LAKATOS; MARCONI, 2009).

Após definida a área de estudo foi realizada então, a pesquisa bibliográfica, buscou-se materiais que abordavam temas específicos, como: as técnicas e composições dos telhados verdes, as vantagens e os custos desse sistema, estudos de casos que utilizaram esse método e políticas públicas de incentivo, existentes no Brasil. Segundo Boccato (2006), a pesquisa bibliográfica tem o objetivo de resolver um problema usando referenciais teóricos já publicados, analisando e discutindo as contribuições.

Posteriormente a realização da pesquisa ocorreu sua classificação diante alguns aspectos de acordo com Gil (2008). A primeira classificação foi de acordo com sua natureza, como é uma pesquisa com objetivo de gerar novas informações úteis sem aplicação prática prevista, atualizar o assunto, pode-se dizer que se classifica como básica.

O segundo aspecto é relacionado a forma de abordagem, e se caracteriza como qualitativa, “considera que há uma relação dinâmica entre o mundo real e o sujeito, isto é, um vínculo indissociável entre o mundo objetivo e a subjetividade do sujeito que não pode ser traduzido em números” (GIL, 2008). Não requer métodos e estatísticas, o pesquisador analisa os dados individualmente, o processo é o foco (GIL, 2008).

A próxima caracterização se deu levando em consideração os objetivos, como a pesquisa tem o intuito de levantar dados já existentes, tem-se a pesquisa com caráter exploratório (GIL, 2008).

Por fim foi classificada do ponto de vista dos procedimentos técnicos, o que resultou em uma pesquisa bibliográfica (GIL, 2008), pesquisa de materiais já existentes, como livros, trabalhos, artigos.

Em seguida, identificou-se os tópicos de interesse, através de pesquisas nas áreas:

- Composições e técnicas dos telhados verdes;
- Vantagens de sua utilização;
- Custos;
- Políticas públicas de incentivo.

Buscando canalizar a pesquisa bibliográfica, o próximo passo foi selecionar palavras-chaves para consulta, utilizou-se as palavras telhado verde e cobertura verde, adicionadas a outras palavras, como: camadas, sistema construtivo, composição e técnicas, vantagens do uso, políticas públicas de incentivo, custos e estudos de caso.

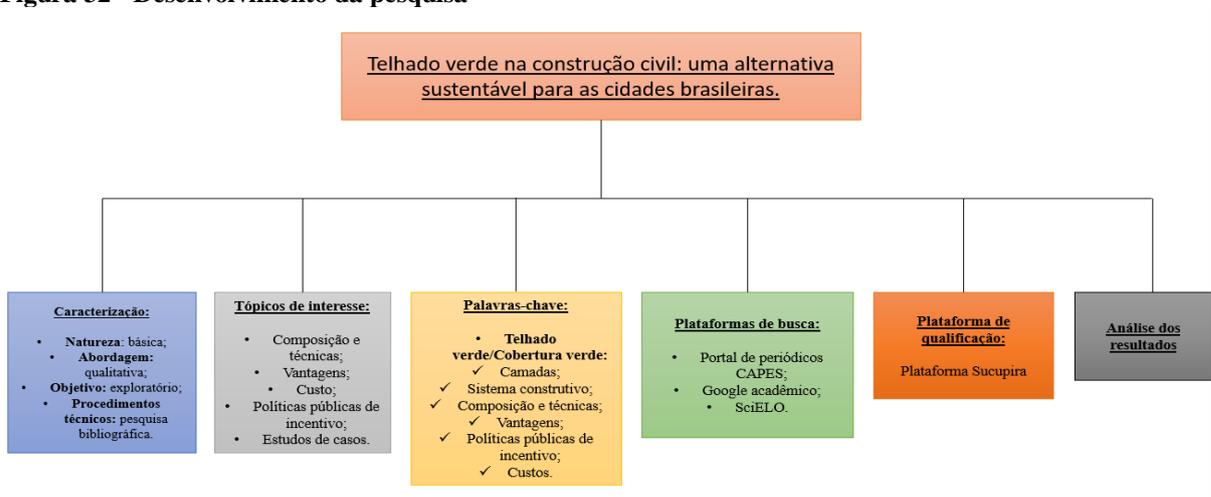
Para a busca de artigos internacionais, onde a pesquisa foi realizada no Brasil, utilizou-se as seguintes palavras-chave: “Green roofs,” adicionadas ao termo “Brazil.”

Os passos seguintes foram: a utilização do google acadêmico para encontrar trabalhos, artigos, periódicos, teses, relacionados ao tema, e também para filtrar as buscas, bem como a utilização da plataforma Portal de Periódicos CAPES através de acesso institucional e o SciELO, para encontrar arquivos nacionais e internacionais. Ressalta-se que o enfoque foram as pesquisas realizadas no Brasil, haja vista que o clima brasileiro e suas condições são bem específicas, portanto, os resultados teriam necessidade de serem específicos quanto ao comportamento dos telhados verdes nas condições climáticas do Brasil.

Após a seleção recorreu-se a Plataforma Sucupira para a obtenção de artigos bem qualificados, qualificação que variou de A1 até B4, escolhendo assim artigos recentes e bem qualificados, de maior relevância.

A última etapa consistiu em analisar os resultados e desenvolver discussões através deles. Foram apresentados e explicados os resultados de cada tópico do referencial teórico. A Figura 32 traz o esquema da metodologia utilizada para este trabalho.

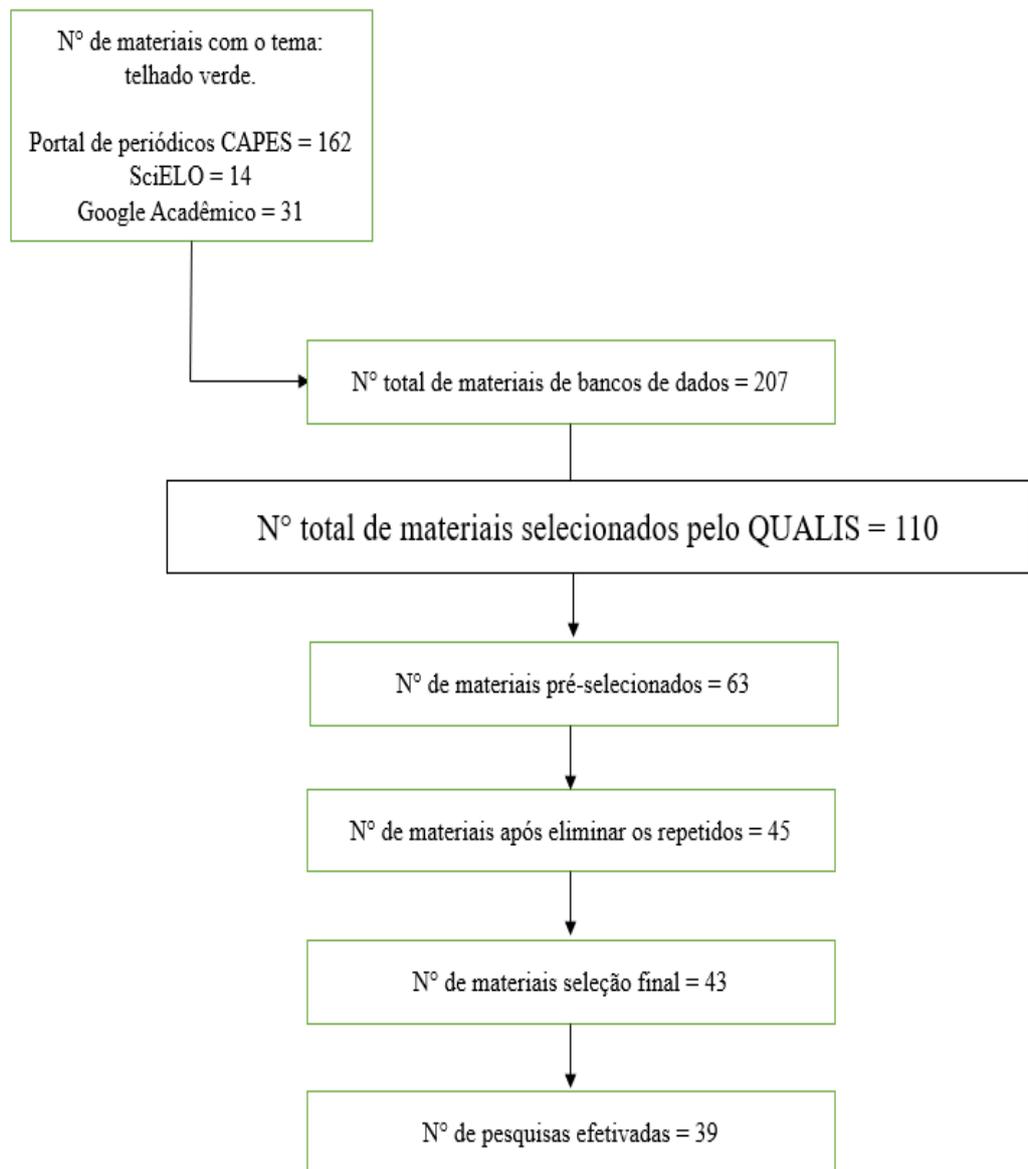
**Figura 32 - Desenvolvimento da pesquisa**



Fonte: Autor (2022)

Na Figura 32 têm-se, portanto, os aspectos gerais que nortearam a pesquisa. Na Figura 33, demonstra-se de forma mais específica a seleção dos artigos:

**Figura 33 - Fluxograma: materiais selecionados**



Fonte: Adaptado de: Bär; Tavares (2018)

Sendo 39 artigos efetivos trabalhados ao longo de toda pesquisa considerando a revisão bibliográfica e somente 14 utilizados para o tópico: Resultados e discussões.

Após essa seleção, os artigos selecionados foram divididos pelos temas de interesse conforme o Quadro 2.

**Quadro 2 – Artigos encontrados de acordo com cada tópico estudado**

Tema estudado	Estudos encontrados
Sistema construtivo: camadas, composições e técnicas	Rangel, Aranha, Silva (2015); Rasul, Arutla (2020); Silva (2011); Araújo (2017); (Razzaghmanesha, Beechama, Salemiba (2016); Baldessar (2012); Sousa (2021); Lorenzini Neto (2014); Palmeira (2016); Costa, Rezende (2019); Tassi (2014).
Vantagens	Machado et al. (2017); Cordoni Savi (2012); Silva, Castro (2021); Lopes (2007); Barros (2020); Tassi (2014); Palla, Gnecco, Barbera (2018); Tucci (2003); Gartland (2010); Bengtsson, Grahn, Olsson (2005); Bengtsson (2005); Rocha, Vilanova (2020); Silva (2021); Omar et al. (2018).
Custos e Políticas públicas de incentivo	Sharman (2014); Rangel, Aranha, Silva (2015); Marques, Bissoli-Dalvi e Alvarez (2018); Campinas (2016); Recife (2015); Jahnke, Willani, Araújo (2013); Leis Municipais – Goiânia (2012); Feitosa, Wilkinson (2018); Leis Municipais – São Paulo (2015); Prefeitura do Rio de Janeiro (2015); Diário Oficial da Paraíba (2013).
Estudos que utilizaram telhado verde	Vasconcelos, Miguez, Vazquez (2016); Filho et al. (2016); Franco, Sousa (2020); Sousa et al. (2021); Pereira et al. (2015); Alves et al. (2021); Stocco, Cantón, Correa (2015); Kontoleon, Eumorfopoulou (2010), Wong et al. (2010); Santos et al. (2013); Liz et al. (2018); Costa, Rezende (2019); Arboit et al. (2021); Graf, Tavares (2010); Uhmman, Tavares (2017); Vieira et al. (2018); Barros, Soares, Holanda (2021); Junior, Neto, Mendiondo (2013); Wilken (1978); Rosseti, Nogueira, Nogueira (2013).

Fonte: Adaptado de: Bär; Tavares (2018)

A cerca disso, o próximo tópico apresentará os resultados encontrados e discorrerá algumas discussões a respeito do funcionamento dos telhados verdes como método construtivo sustentável.

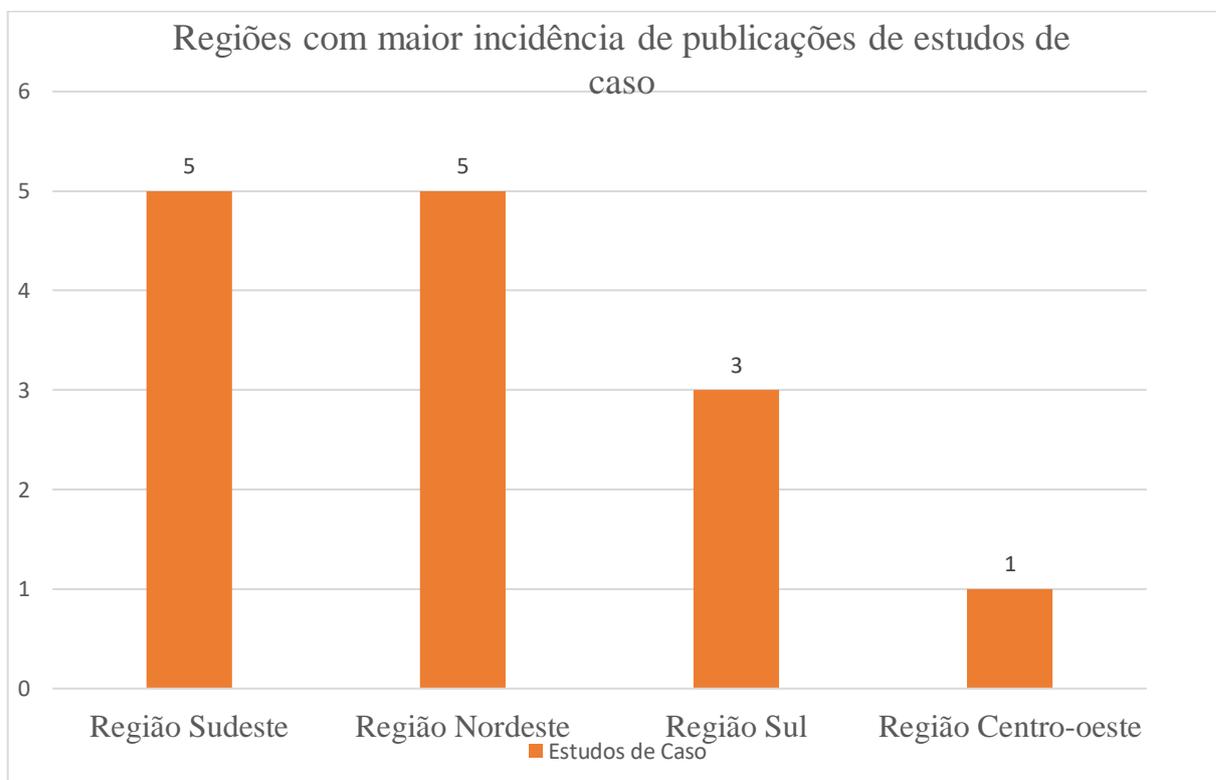
## 6 RESULTADOS E DISCUSSÕES

Baseado na pesquisa e estudo realizados, foi possível alcançar os objetivos geral e específicos do presente trabalho. Nesse contexto, foi possível observar que os diferentes tipos de telhado verde apresentam potenciais diferenças de composição, valores, vantagens como também sua utilização tem efetividade tanto no crescimento de áreas verdes, como na redução do consumo de energia elétrica, sendo assim uma excelente alternativa sustentável.

### 6.1 CARACTERÍSTICAS GERAIS SOBRE OS ARTIGOS SELECIONADOS

Foi feito um levantamento acerca das áreas do Brasil que mais se interessam por recursos sustentáveis de acordo com os estudos de caso, e verificou-se que as regiões sudeste e nordeste se destacam, conforme a Figura 34.

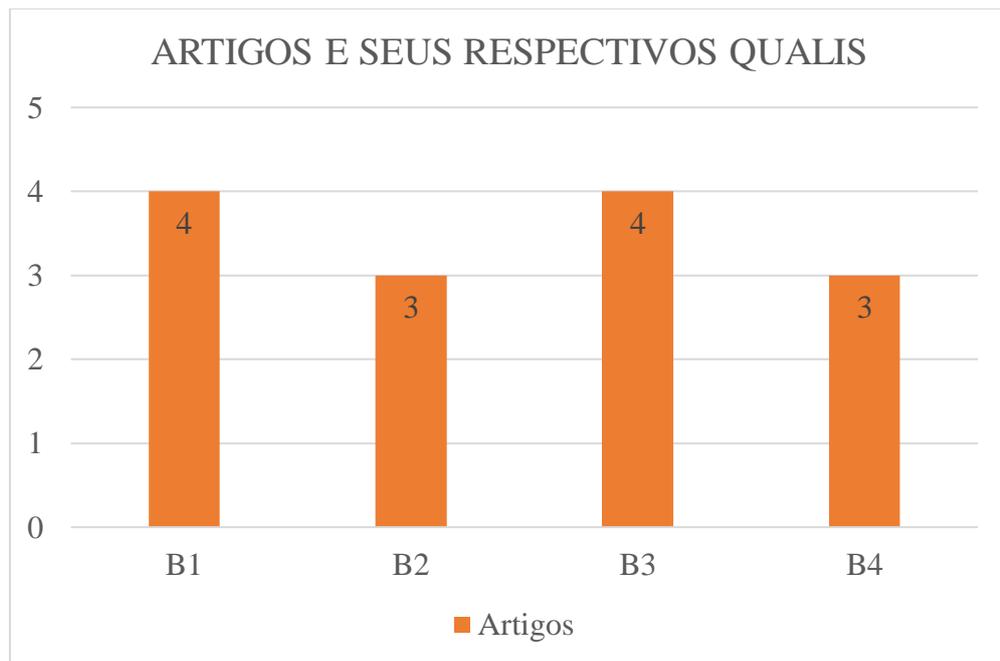
**Figura 34 - Regiões brasileiras com maior incidência de publicação de estudos de caso**



Fonte: Autor (2022)

No gráfico da figura 35 também pode-se notar a quantidade de artigos relacionados ao seu qualis.

**Figura 35 – Artigos relacionados ao seu qualis**



Fonte: Autor (2022)

Ressalta-se que a finalidade do qualis é a classificação para artigos que foram publicados em periódicos, ele mede a qualidade do material, através da análise de qualidade dos periódicos. Na presente pesquisa, foi uma premissa a escolha por artigos bem qualificados já que impacta diretamente nos resultados conclusivos da mesma.

## 6.2 ASPECTOS TÉCNICOS SOBRE O TELHADO VERDE (TIPOLOGIA E TIPOS DE CAMADAS)

Quanto a tipologia foi possível verificar que os telhados verdes extensivos são os mais comumente utilizados. De 14 estudos de casos 11 utilizaram a tipologia extensivo e 3 usaram ambas. Como mostram a Figura 36.

**Figura 36 – Gráfico: técnicas mais utilizadas**



Fonte: Autor (2022)

Logo, notou-se que 79% dos trabalhos estudados utilizavam a técnica do telhado verde extensivo, e 21% utilizaram as duas técnicas. O telhado verde intensivo não foi abordado de forma individual, a justificativa se dá pela sua alta demanda de manutenção e consequentemente seu custo mais elevado.

No Quadro 3 demonstra-se o resumo a respeito dos principais resultados de cada artigo sobre essa temática.

**Quadro 3 - Quadro de estudos identificados relacionados ao tema**

Ano	Autores	Resultados
2011	Silva	Os telhados verdes extensivos são de mais fácil manutenção e por isso têm um preço menor se comparado ao intensivo.
2012	Baldessar	Cada camada do telhado verde é de suma importância para o funcionamento eficiente do sistema, e a camada de impermeabilização é a responsável por proteger a estrutura do telhado.
2014	Lorenzini Neto; Tassi	Cada camada deve desempenhar sua função corretamente para que não haja comprometimento da estrutura e falha no funcionamento do sistema, a camada drenante retém a água do sistema evitando que chegue em excesso na camada impermeabilizante.
2015	Rangel; Aranha; Silva	O telhado verde é um método que permite cultivar plantas sobre uma cobertura impermeabilizada, com o intuito de aumentar as áreas verdes e auxiliar na melhoria da qualidade do meio ambiente.
2016	Razzaghmanesha; Beechama; Salemiba; Palmeira	As camadas são definidas de acordo com a tipologia empregada, o clima da região e quando houver, pelo projeto do telhado verde.
2017	Araújo	Os telhados verdes podem ser acessíveis ou inacessíveis, de acordo com a possibilidade de circulação de pessoas.
2019	Costa; Rezende	O substrato garante a qualidade de vida da vegetação.
2020	Rasul; Arutla	A tipologia intensiva é mais espessa, e exige maior necessidade de manutenção, tendo assim um maior custo.
2021	Sousa	A membrana anti-raiz protege a estrutura do telhado que receberá a cobertura verde, das raízes que podem danificar a estrutura.

Fonte: Autor (2022)

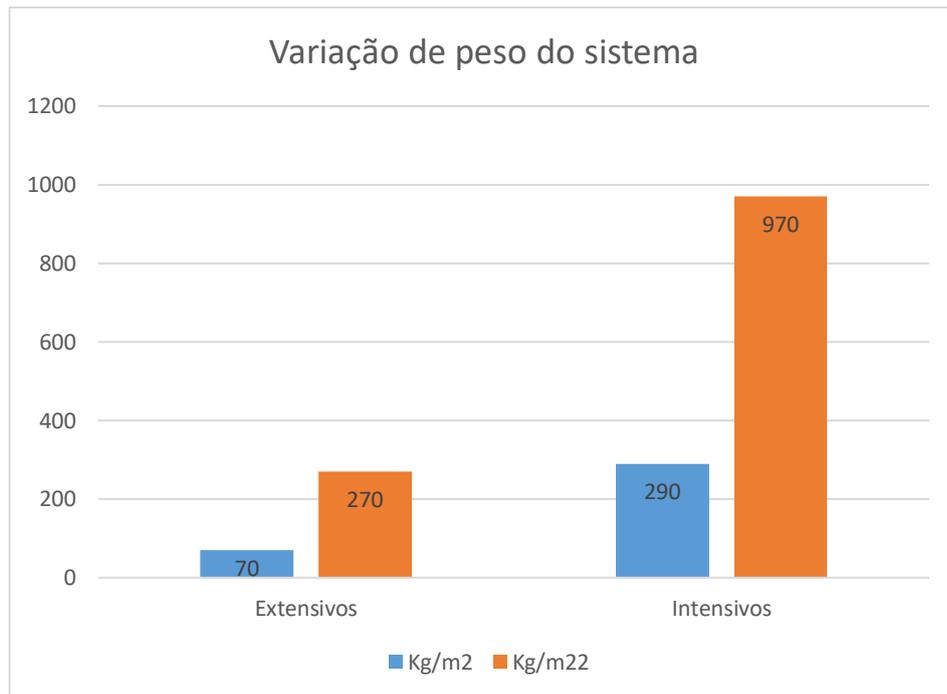
Conclui-se que para o sistema funcionar com eficiência cada camada é de grande importância, variando de tamanho e características de acordo com a tipologia empregada. Sendo a tipologia extensiva a mais utilizada devido a suas facilidades e menor custo.

Ainda dentro desse contexto se tratando das camadas, o que se pode dizer é que a estrutura que receberá o telhado verde deve ser preferencialmente de concreto armado devido a sua estabilidade. As muitas camadas deixam o sistema pesado, e essa carga deve ser prevista

e visto se a estrutura suportará. Além disso, é indicado que cada camada do telhado verde já seja considerada no projeto estrutural, para que acidentes sejam evitados.

Segundo o site de Engenharia Sanitária e Ambiental da Universidade Federal da Bahia os telhados verdes podem variar seu peso devido a escolha da tipologia, como mostra a Figura 37.

**Figura 37 - Variação de peso do sistema de acordo com a tipologia**



Fonte: Adaptado de Engenharia Sanitária e Ambiental da Universidade Federal da Bahia (2022)

Visto isto, nota-se que o peso do sistema varia de acordo com a tipologia empregada, sendo necessário fazer o reforço da estrutura que irá recebe-lo se necessário.

### 6.3 VANTAGENS

No Quadro abaixo segue o resumo dos principais resultados encontrados pelos artigos no tocante às vantagens ambientais geradas pelo uso do telhado verde.

#### Quadro 4 - Quadro de estudos identificados relacionados ao tema

Ano	Autores	Principais Resultados
2003	Tucci	As inundações são consequências da urbanização, da ocupação de margens de rios, lagos, bem como a impermeabilização do solo.
2005	Bengtsson, Grahn, Olsson; Bengtsson	Os telhados verdes auxiliam na diminuição do escoamento superficial, armazena parte do volume de precipitações, atrasa o pico das enxurradas, contribuindo para a diminuição de áreas inundadas.
2007	Lopes	Os telhados verdes diminuem a temperatura interna da edificação, sendo eficiente na melhoria do conforto térmico.
2010	Gartland	Em áreas urbanizadas, apenas 10% das águas da chuva são armazenadas em aquíferos (5% em superficiais e 5% em profundos), somente 15% são utilizadas pelas plantas, e 75% se tornam escoamento superficial, que resulta em problemas como inundações e enchentes.
2012	Cordoni Savi	Edifícios poluem, e consomem mais da metade da energia usada em países desenvolvidos.
2014	Tassi	Áreas impermeabilizadas, de concreto ou asfalto, contribuem para o aumento de temperatura e também ilhas de calor. Os telhados verdes diminuem as áreas impermeabilizadas, contribuindo para a diminuição de ilhas de calor.
2017	Machado et al.	Métodos construtivos “verdes” surgem na busca por diminuição dos efeitos causados ao meio ambiente.
2018	Palla, Gnecco, Barbera; Omar et al.	A grande impermeabilização do solo sobrecarrega o sistema de drenagem urbana. A quantidade de energia utilizada para resfriar um prédio que possui telhado verde é menor do que a necessária para resfriar um prédio com telhado convencional.
2020	Barros; Rocha, Vilanova	As ilhas de calor são resultado do acúmulo de energia no núcleo do sistema, bem como alta quantidade de emissão de gases estufa. O custo médio dos telhados verdes no Brasil é de R\$ 445,00 por m <sup>2</sup> .
2021	Silva, Castro; Silva	Os telhados verdes contribuem na diminuição da temperatura interna, variando cerca de 1° a 3°C. Os benefícios desse sistema superam seu custo inicialmente elevado, principalmente se comparado a longo prazo.

Fonte: Autor (2022)

Abaixo detalha-se um pouco mais sobre os resultados encontrados nos referidos artigos.

### 6.3.1 Sustentabilidade e diminuição das ilhas de calor

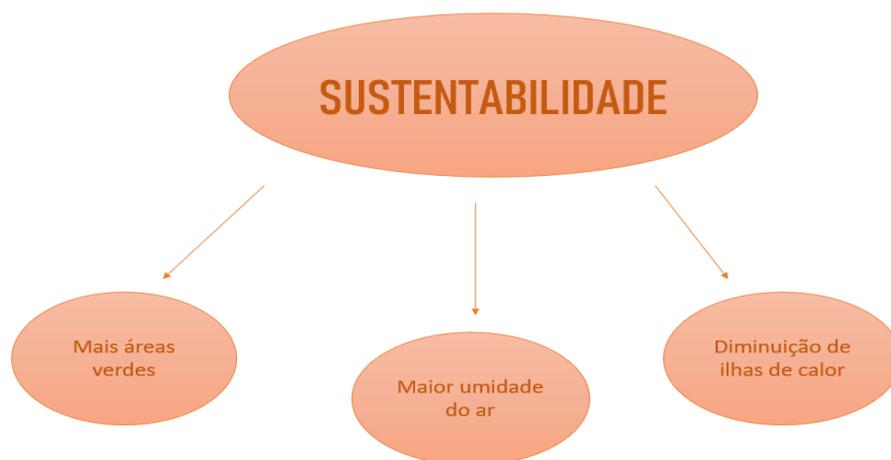
Em relação as vantagens, o telhado verde é uma alternativa sustentável promissora e com ótimos resultados, pois ele reduz as áreas impermeáveis, contribui para a evapotranspiração, que é importante para a diminuição de CO<sub>2</sub> na atmosfera, aumenta a umidade, e resulta ainda na diminuição dos efeitos das ilhas de calor. Conforme demonstrado na Figura 38 e 39.

**Figura 38 - Ilhas de calor**



Fonte: Engenharia, Tecnologia e Informações (2016)

**Figura 39 - Sustentabilidade**



Fonte: Autor (2022)

Os telhados verdes são uma ótima alternativa sustentável viável, diminuindo os efeitos de ilhas de calor, além de auxílio na retirada de carbono da atmosfera. (UHMANN; TAVARES, 2017).

Conclui-se que como alternativa sustentável o telhado verde é eficiente e age como medida mitigadora dos impactos ambientais.

### **6.3.2 Isolamento térmico**

O isolamento térmico é outra vantagem, que resulta em um ambiente mais confortável termicamente o que leva à redução do consumo de energia elétrica e como consequência a economia de água. Contribuindo com a sustentabilidade do planeta, como mostrado nos estudos de casos “**Telhado verde e seu desempenho térmico em residências de regiões semiáridas**” (ALVES et al., 2021), “**Análise experimental do comportamento térmico do telhado verde extensivo para Florianópolis**” (LIZ et al., 2018), e “**Interferência microclimática na utilização do telhado verde para regiões tropicais: estudo de caso em Cuiabá, MT**” (ROSSETI; NOGUEIRA; NOGUEIRA, 2013) utilizaram telhado verde e foi notória uma melhoria no conforto térmico, devido ao aumento da umidade do ar e a proteção contra radiação na edificação.

Verificou-se o desempenho térmico dos telhados verdes em regiões semiáridas, em um estudo desenvolvido em uma residência localizada na cidade de Serra Talhada – PE. O telhado verde acarretou queda na temperatura interna no período mais quente, e aumento na umidade ar (ALVES et al., 2021).

A pesquisa realizada em Florianópolis, analisou o comportamento de todo o sistema do telhado verde na participação para o ganho de calor pela estrutura, no verão. O telhado verde apresentou redução no ganho de calor se comparado com o telhado de fibrocimento.

E por último, avaliou a interferência de telhados verdes no micro clima do ambiente construído, analisou seu potencial na diminuição da temperatura e umidade relativa do ar em volta da edificação em Cuiabá (MT). Concluiu-se que a presença da cobertura verde melhorou as condições de conforto térmico em volta da construção, aumentando a umidade relativa e reduzindo a temperatura do ar, nas estações secas.

Com isso, tem-se que os telhados verdes são eficientes quanto a melhoria do conforto térmico, podendo auxiliar na redução do consumo de energia elétrica.

### **6.3.3 Maior eficácia nos sistemas de drenagem**

A urbanização resulta em muitas construções, a cada dia mais áreas se tornam impermeáveis dado a necessidade de expansão urbana. Com a redução das áreas permeáveis,

ocorre também a redução da infiltração das águas da chuva no solo, o que conseqüentemente leva a sobrecarga na rede de drenagem.

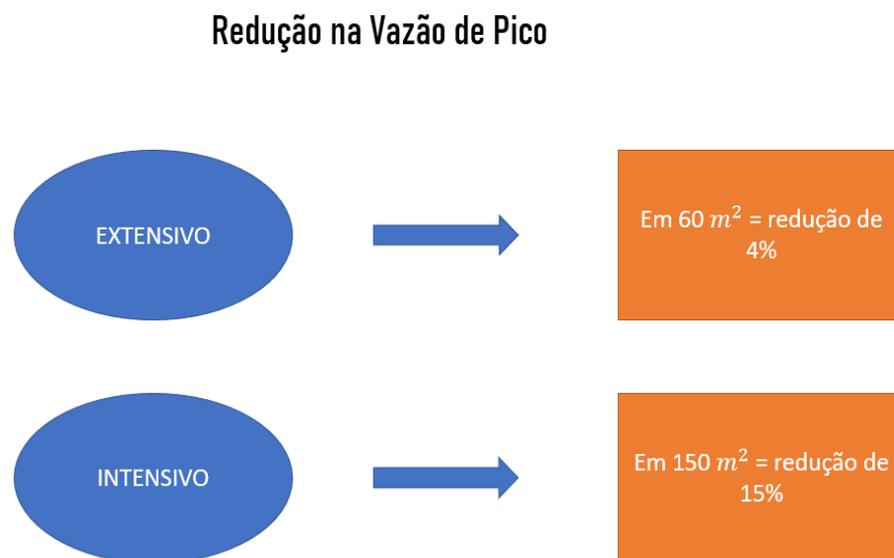
Com o telhado verde, amplificam-se as áreas permeáveis o que auxilia a drenagem urbana, evitando: alagamentos, enxurradas, erosão hídrica e enchentes.

Como visto nos estudos de caso dos tópicos **4.7.1, 4.7.2, 4.7.3, 4.7.4, 4.7.6, 4.7.9, 4.7.11, 4.7.12 e 4.7.13** posteriormente detalhados, resultados consideráveis foram obtidos implantando-se os telhados verdes como forma de maior eficácia no escoamento.

O primeiro deles um estudo no Rio de Janeiro avaliava o controle do escoamento através da drenagem urbana, e para isso foram implantadas algumas técnicas, dentre elas o uso de telhado verde, tanto intensivo quanto extensivo (VASCONCELOS; MIGUEZ; VAZQUEZ, 2016).

Concluiu-se que houve diminuição na vazão de pico, reduzindo os volumes de armazenamento de água, em ambos os tipos. Conforme mostra a Figura 40.

**Figura 40 - Redução da vazão de pico**

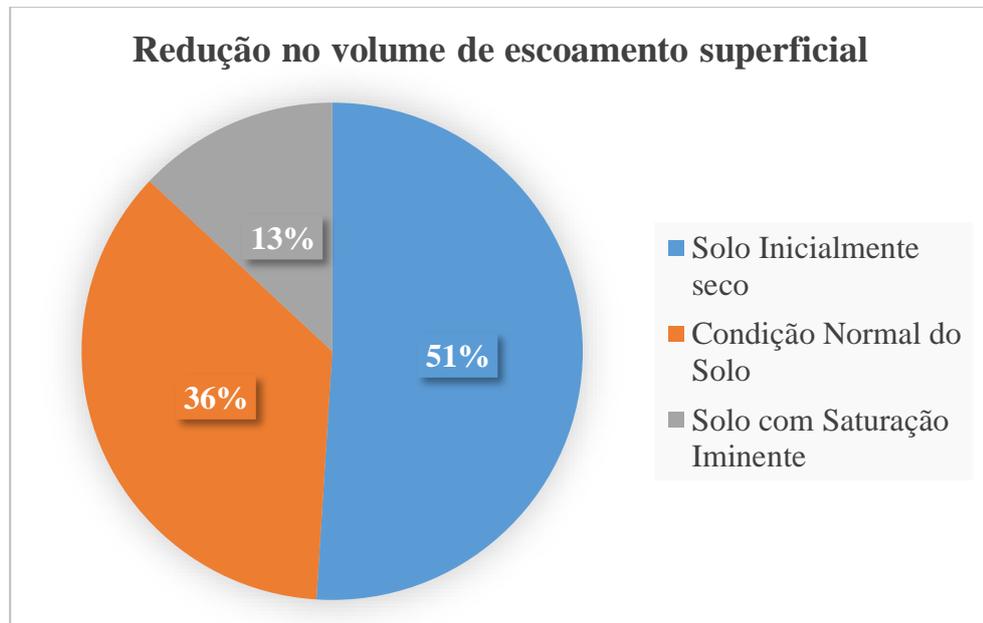


Fonte: Autor (2022)

O segundo, um estudo em loteamentos de Minas Gerais verificaram a eficiência hidrológica dos telhados verdes extensivos, e constatou que ocorreram reduções consideráveis do volume de escoamento superficial, reduzindo os riscos de enchentes (FILHO et al., 2016).

Porém, como mostra a Figura 41, em condições de solo quase saturado, a eficiência hidrológica é reduzida.

**Figura 41 - Redução no volume de escoamento superficial**



Fonte: Autor (2022)

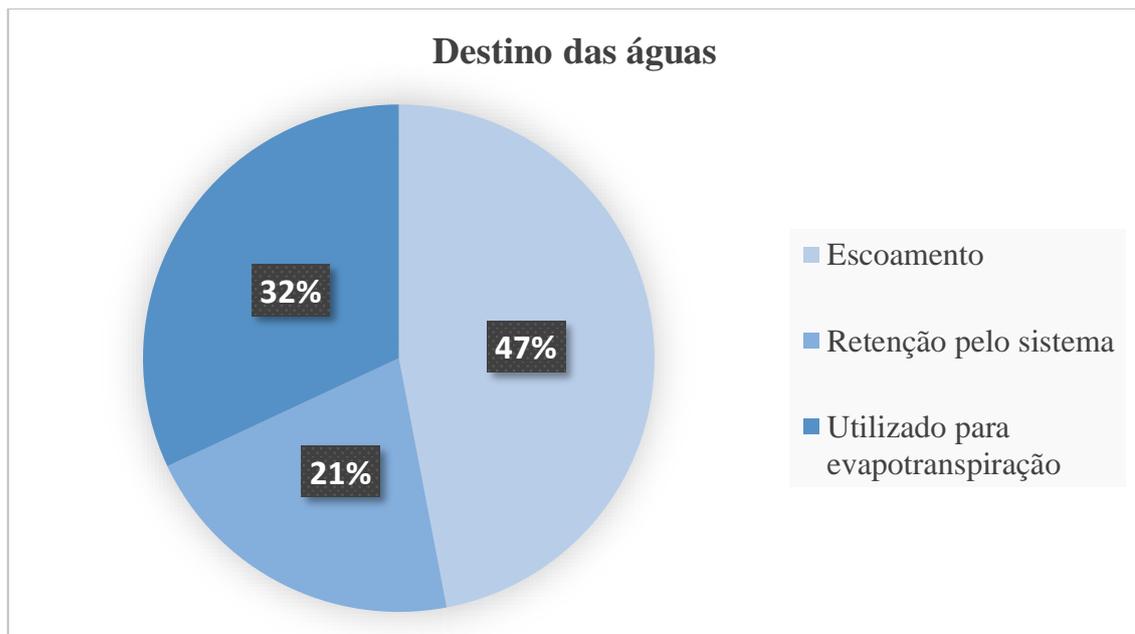
Posteriormente, um trabalho realizado na cidade de Uberaba teve o intuito de indicar critérios para construções sustentáveis, avaliando a percolação, o retardo e a infiltração de águas pluviais e também os telhados com cobertura verde. Foi comprovado que a utilização dos telhados verdes pode promover uma diminuição do escoamento superficial das águas das chuvas, quando comparado com o telhado convencional, pois reduz o volume das águas que chegam as redes de drenagem. Conclui-se que a utilização de telhados verdes, implantados em 50% das residências traria uma redução de até 15% na vazão do escoamento superficial (FRANCO; SOUSA, 2020).

Em Teresina Piauí, também foi avaliado o controle de águas pluviais, utilizando o cenário de telhado convencional, 10% de telhado verde e 75%. Evidenciando que quando a simulação foi feita em uma área com 75% de telhados verdes, ocorreu a maior diminuição no volume escoado (SOUSA et al., 2021). Concluindo-se que houve atraso no início do escoamento superficial, uma demonstração da utilidade prática da utilização de telhados verdes como medida eficaz de controle redução do escoamento superficial.

Uma pesquisa foi feita na cidade de Caruaru no estado de Pernambuco, que têm um clima quente e de poucas chuvas, características de regiões semiáridas. Os telhados verdes foram instaurados com o objetivo de avaliar o desempenho do sistema construtivo na redução do escoamento superficial e verificou-se que houve retardo no escoamento superficial, e atraso na vazão de pico, além de retenção de água pelo sistema. Notou-se também a influência das diferentes tipologias sobre o funcionamento do telhado verde (SANTOS et al., 2013).

Outra pesquisa realizada na Universidade Federal de Santa Maria, no Rio Grande do Sul, de clima subtropical, verificou a evapotranspiração e o controle do escoamento, e concluiu-se que ocorreu diminuição no volume de escoamento superficial, e aumento de taxa de água utilizada para evapotranspiração (ARBOIT et al., 2021). Como demonstrado na Figura 42.

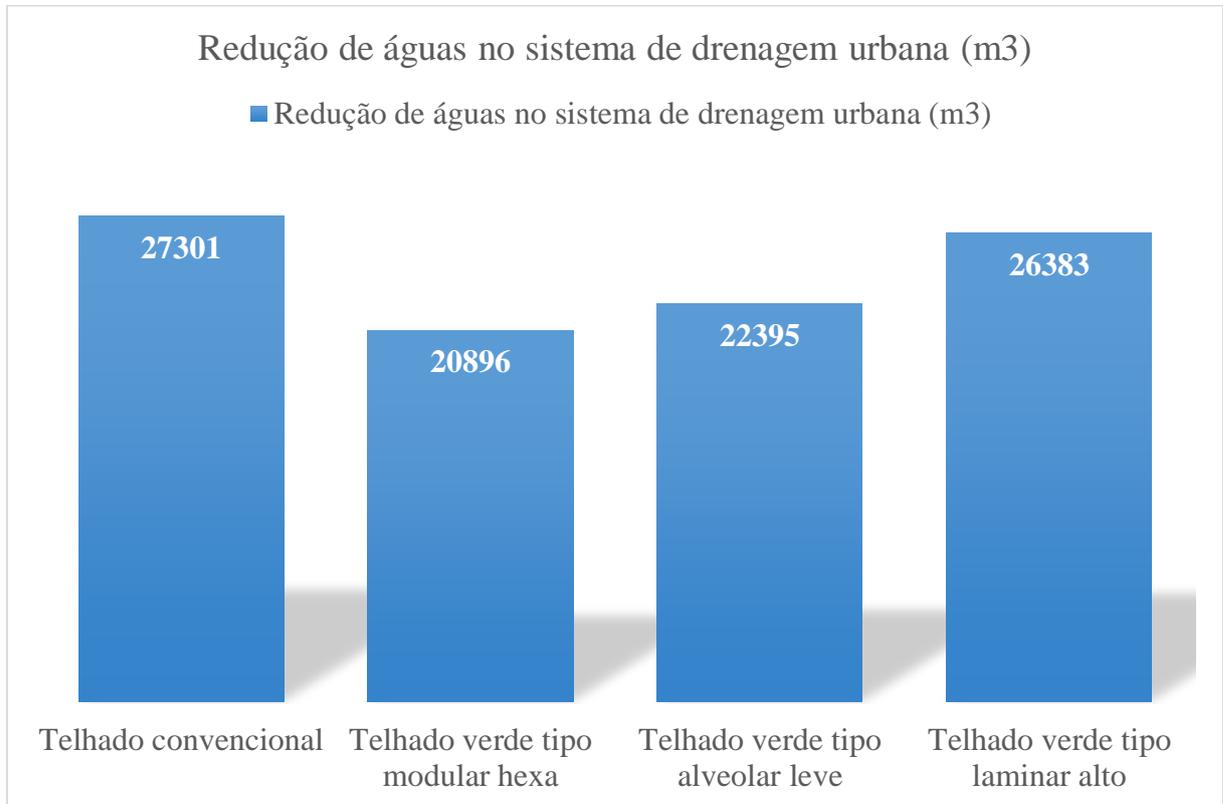
**Figura 42 – Destino das águas pluviais.**



Fonte: Autor (2022)

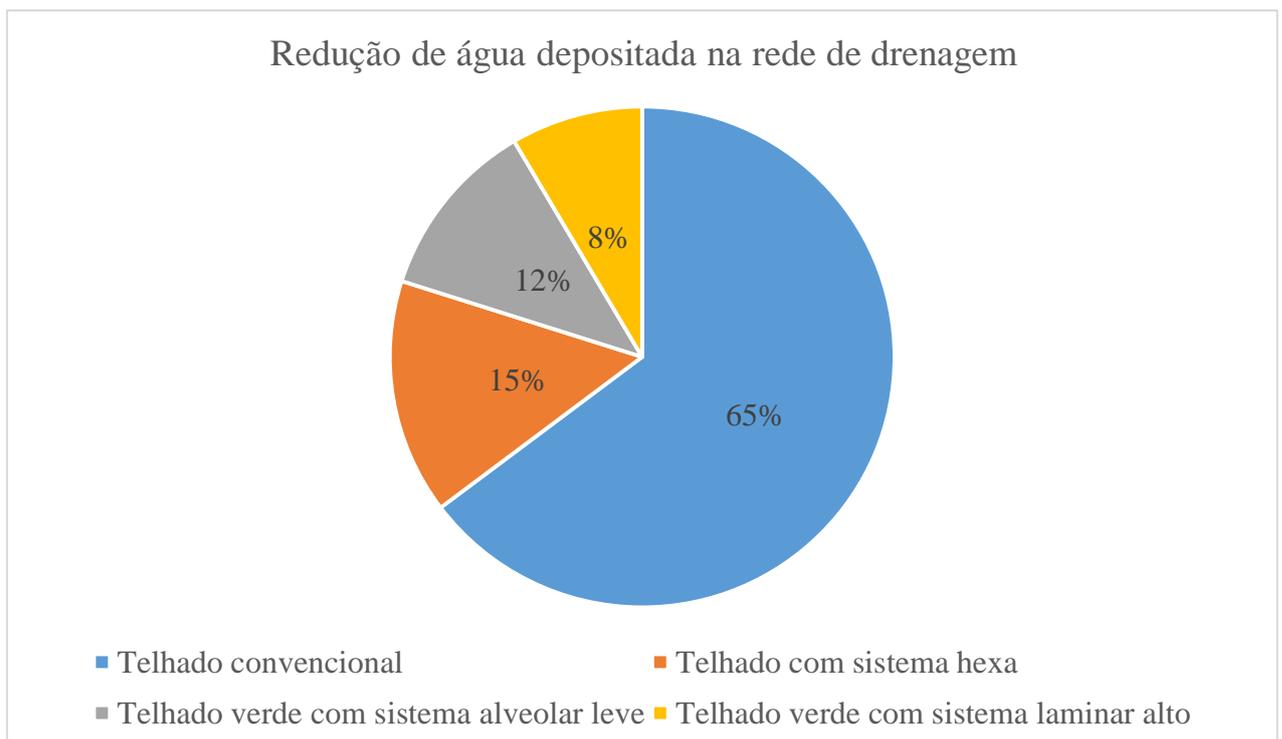
Um estudo, realizado em Sergipe simulando a substituição dos telhados convencionais por telhados verdes de diferentes modelos para verificação do volume de água pluvial no sistema de drenagem urbano comparado com telhados convencionais, verificou que houve redução considerável do volume de água depositada no sistema de drenagem urbano pela cobertura (VIEIRA et al., 2018). Como demonstrado nas Figuras 43 e 44.

**Figura 43 – Redução de água depositada no sistema de drenagem**



Fonte: Autor (2022)

**Figura 44 – Porcentagem de água depositada em rede de drenagem urbana**

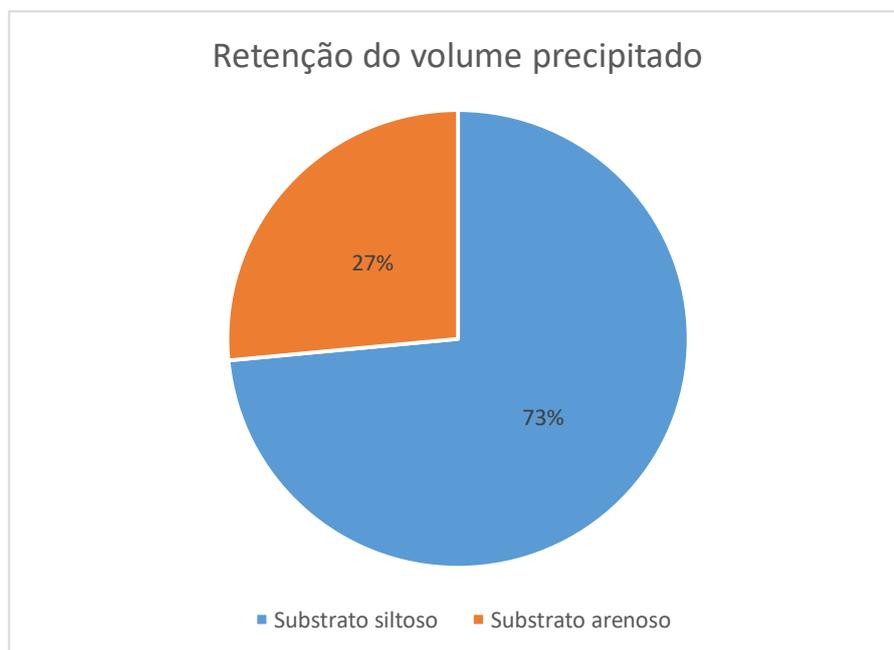


Fonte: Autor (2022)

Concluiu-se que com o uso de telhados verdes diminuiu-se o volume de águas pluviais destinadas as redes de drenagem urbana. E que o modelo de telhado mais eficiente foi o Sistema laminar alto.

O estudo que avaliou a interferência dos diferentes substratos para a redução do escoamento superficial, verificou que a estrutura apresentou capacidade de retenção de 32,78% do volume precipitado, na sua melhor configuração (substrato siltoso), apresentou menor capacidade de retenção, com valores de 11,82 e 9,78% para o substrato arenoso e siltoso, respectivamente (BARROS; SOARES; HOLANDA, 2021). Conforme demonstrado na Figura 45.

**Figura 45 – Retenção do volume precipitado**



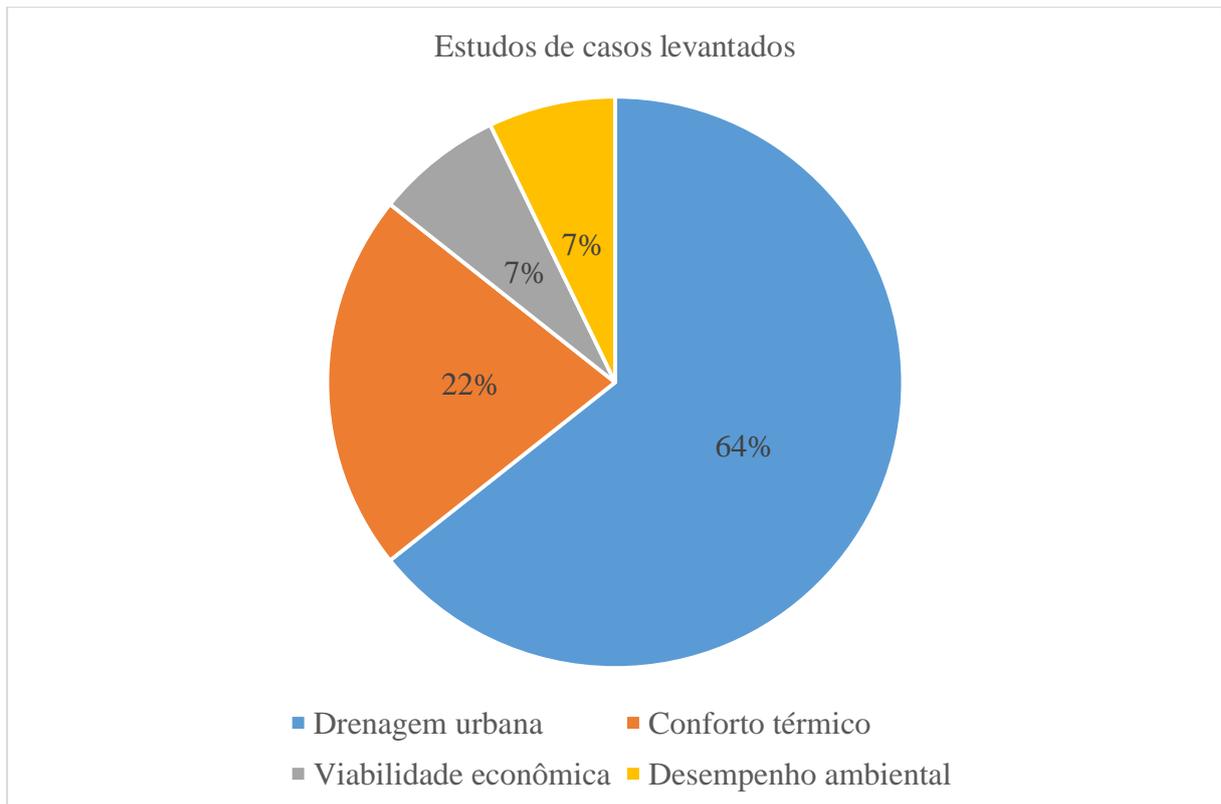
Fonte: Autor (2022)

E, o último experimento, realizado em São Paulo, desenvolveu 2 protótipos, para avaliar a eficiência de retenção da água da chuva e a diminuição do escoamento superficial. Os cálculos realizados, mostraram que a retenção obtida no presente estudo foi uma retenção de 56% do volume precipitado, concluindo que os telhados verdes são eficientes na retenção de águas

pluviais e conseqüentemente na diminuição no volume de escoamento (JUNIOR; NETO; MENDIONDO, 2013).

Notou-se também que dentre todas as vantagens esta, pode ser a mais eficaz, e ainda a mais recorrente entre os estudos de caso levantados. Como demonstrado na Figura 46.

**Figura 46 - Estudos de caso levantados**



Fonte: Autor (2022)

Como exposto na figura 47, os estudos de caso mais recorrentes foram os ligados a drenagem, sendo que de 14 estudos, 9 se tratava de drenagem, escoamento, vazão, 3 falavam sobre economia de energia elétrica, conforto térmico, diminuição de ilhas de calor, 1 falava sobre a viabilidade econômica e 1 falava sobre o desempenho ambiental do telhado verde. Deixando claro a grande eficiência da cobertura verde para o auxílio da melhoria da drenagem urbana.

#### 6.4 CUSTOS E POLÍTICAS PÚBLICAS DE INCENTIVO

No que se refere a custos, atualmente o valor médio do telhado verde é de R\$ 445,00 por m<sup>2</sup> (ROCHA; VILANOVA, 2020).

Porém tudo se torna variante para que esse valor cresça ou diminua, como: a tipologia, o tipo de vegetação, o clima da região em que será construído, quando a estrutura que irá recebê-

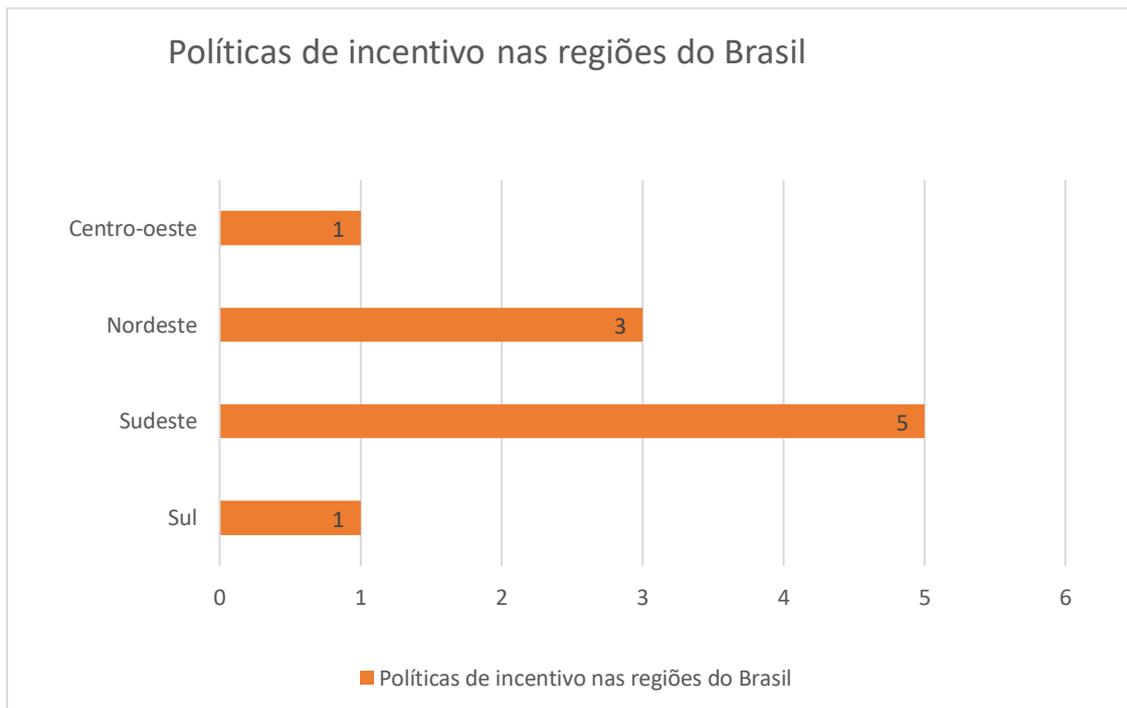
lo já for existente, o fato dela suportar ou não o peso do sistema. Muitas vezes esse fator custo assusta os novos adeptos desse método, porém quando se compara custo-benefício nota-se que é vantajoso a preferência pelo telhado verde.

Percebe-se que apesar de ainda ter um custo relativamente alto, diante das muitas vantagens, torna-se compensativo optar pelos telhados verdes.

Constatou-se que, no Brasil as leis de incentivo governamentais começam a ser ampliadas, políticas como: subsídios, redução de taxas, IPTU verde, programas, incentivos e leis.

Das políticas de incentivo pesquisadas notou-se maior recorrência em algumas regiões do país, conforme a Figura 47.

**Figura 47 - Políticas públicas de incentivo nas regiões do Brasil**



Fonte: Autor (2022)

O gráfico da Figura 47 mostra que dentre a pesquisa de políticas públicas de incentivo feita, as regiões com maior recorrência foram o Nordeste e o Sudeste, mostrando assim um cuidado maior das autoridades dessas regiões com o incentivo à sustentabilidade.

O uso dos telhados verdes exprime grande potencial para desenvolvimento, dado a existência de avanços em suas técnicas construtivas, mas que podem evoluir ainda mais se

integrado com as evoluções tecnológicas. Se as autoridades tiverem interesse, aumentarem as políticas de incentivo, se o assunto for mais disseminado, houver aumento na mão-de-obra qualificada e a consciência sustentável for mais cultivada, além dos telhados verdes outros métodos construtivos podem fazer com que a construção civil auxilie mais do que prejudique a sustentabilidade.

## 7 CONCLUSÃO

Com o encerramento desse estudo, certifica-se que o telhado verde é uma eficaz solução para alguns dos problemas ambientais enfrentados no planeta. Sua instalação, melhora a qualidade de vida, auxilia na redução do fenômeno de ilhas de calor, na retenção de águas pluviais, no isolamento térmico e na poluição do ar. Tendo também benefícios estéticos, que valorizam a edificação.

Ressalta-se os cuidados para a sua execução, como: impermeabilização, um sistema de drenagem eficiente para evitar infiltrações e comprometimento da estrutura, a seleção da vegetação que ajude a manutenção. Além disso, o cálculo estrutural é essencial, devido as sobrecargas, em alguns casos sendo necessário reforçar a estrutura para uma instalação segura. É indispensável a necessidade de manutenção, de uma a duas vezes ao ano, será ditada a necessidade de acordo com a tipologia e a vegetação usada.

Portanto os telhados verdes, são de suma importância para a sustentabilidade urbana, por purificarem o ar, contribuírem para o melhor funcionamento do sistema de drenagem, evitando assim alguns desastres ambientais causados por chuvas intensas, garantem maior conforto térmico, diminuindo o consumo de energia elétrica, o que conseqüentemente colabora para a economia de água, constatando assim, serem uma alternativa sustentável eficaz.

Contudo, ainda necessários investimentos governamentais a fim de ampliar esse método, e como resposta haverá aumento da mão de obra especializada, preços mais acessíveis, mais estudos para desenvolvimento, tendo assim uma evolução do método construtivo e também na qualidade de vida.

## 8 REFERÊNCIAS

- ABRAINIC - **Associação Brasileira de Incorporadoras Imobiliárias**. 2021. Disponível em: <https://www.abrainc.org.br/abrainc-explica/2021/06/28/abrainc-explica-a-importancia-da-construcao-civil-para-impulsionar-a-economia-brasileira/>. Acesso em: 19 jan. 2022.
- ALVES, J. J. A., et al. **Telhado verde e seu desempenho térmico em residências de regiões semiáridas**. Rev Agro Amb, v. 14, n. 4, e8258, 2021. Disponível em: <https://periodicos.unicesumar.edu.br/index.php/rama/article/view/8258>. Acesso em: 18 set. 2021.
- ARAÚJO, S. R. **As Funções dos Telhados Verdes no Meio Urbano, na Gestão e no Planejamento de Recursos Hídricos**. 2007. 28 f. Trabalho de Conclusão de Curso (Graduação em Engenharia Florestal) - Instituto de Florestas, Universidade Federal Rural do Rio de Janeiro. Disponível em: <https://ecotelhado.com/wp-content/uploads/2015/03/Funcoes-dos-Telhados-Verdes-no-Meio-Urbano.pdf>. Acesso em: 30 jul. 2021.
- ARBOIT, N. K. S.; TASSI, R.; LIBERALESSO, T.; CECONI, D. E.; PICCILI, D. G. A. **Taxas de evapotranspiração e controle do escoamento de telhados verdes sob clima subtropical: um estudo de caso no Brasil**, 2021. Disponível em: <https://www.scielo.br/j/rbrh/a/V68BVwVp3gYG8YrvMd46mqb/?format=pdf&lang=en>. Acesso em: 20 fev. 2022.
- BALDESSAR, S. M. N. **Telhado verde e sua contribuição na redução da vazão da água pluvial escoada**. Dissertação (Mestrado em Construção Civil) – Universidade Federal do Paraná, Curitiba, 2012. Disponível em: <https://acervodigital.ufpr.br/handle/1884/52621>. Acesso em: 02 set. 2021.
- BÄR, B. V.; TAVARES S. F. **Estado da arte do comportamento hidrológico de telhados verdes no Brasil: uma revisão sistemática**. 2017 Disponível em: <https://periodicos.sbu.unicamp.br/ojs/index.php/parc/article/view/8650106/17718>. Acesso em: 22 fev. 2022.
- BARROS, A. J. S. B.; LEHFELD, N. A. S. **Fundamentos de Metodologia Científica**. 3 ed. São Paulo: Pearson Prentice Hall, 2007. Disponível em: <https://www.metodologiacientifica.org/tipos-de-conhecimentos/>. Acesso em: 15 dez. 2021.
- BARROS, C. B. R.; SOARES, W. A.; HOLANDA M. A. C. R. **Influência do substrato dos telhados verdes na redução do escoamento superficial quando submetido às condições climáticas da Região Metropolitana do Recife**. Disponível em: [Influência do substrato de telhados verdes na redução do escoamento da superfície quando submetido às condições climáticas da Região Metropolitana do Recife | Pesquisa, Sociedade e Desenvolvimento \(rsdjournal.org\)](https://rsdjournal.org), 2021. Acesso em: 21 fev. 2022.
- BARROS, M. P. Uma análise comparativa da implantação de telhado branco em condições de seca no centro-oeste brasileiro. **Revista de Engenharia e Tecnologia**. v. 12, n. 4, 2020. Disponível em:

<https://revistas2.uepg.br/index.php/ret/article/download/15400/209209213889/>. Acesso em: 10 set. 2021.

BENGTSSON, L. Peak flows from thin sedum-moss roof. **Nordic Hydrology**, v. 36, p. 269-280, 2005. Disponível em: <https://iwaponline.com/hr/article/36/3/259/624/Hydrological-function-of-a-thin-extensive-green>. Acesso em: 15 out. 2021

BENGTSSON, L., GRAHN, L., OLSSON, J. Hydrological function of a thin extensive Green roof in southern Sweden. **Nordic Hydrology**, v. 36, p. 259-268, 2005. Disponível em: <https://iwaponline.com/hr/article/36/3/259/624/Hydrological-function-of-a-thin-extensive-green>. Acesso em: 15 out. 2021

Scientific Diagram. BERLATO, L. F. Tripé da sustentabilidade, 2018. Disponível em: [https://www.researchgate.net/figure/Figura-I-Tripe-da-Sustentabilidade-Fonte-Adaptacao-dos-tres-pilares-de-Elkington-1997\\_fig3\\_325136636](https://www.researchgate.net/figure/Figura-I-Tripe-da-Sustentabilidade-Fonte-Adaptacao-dos-tres-pilares-de-Elkington-1997_fig3_325136636) Acesso em: 10 jan. 2022

BERNDTSSON, J. C. **Green roof performance towards management of runoff water quantity and quality: A review**. *Ecological Engineering*, n. 36, p.351-360, 2010. Disponível em: <https://www.sciencedirect.com/science/article/abs/pii/S0925857410000029>. Acesso em: 18 ago. 2021.

BOCCATO, V. R. C. Metodologia da pesquisa bibliográfica na área odontológica e o artigo científico como forma de comunicação. **Rev. Odontol. Univ. Cidade São Paulo**, São Paulo, v. 18, n. 3, p. 265-274, 2006. Disponível em: [http://revodonto.bvsalud.org/scielo.php?script=sci\\_nlinks&ref=002227&pid=S1516-0939201000030000300015&lng=pt](http://revodonto.bvsalud.org/scielo.php?script=sci_nlinks&ref=002227&pid=S1516-0939201000030000300015&lng=pt). Acesso em: 16 jan. 2022.

BRASILEIRO, L. L.; MATOS, J. M. E. **Revisão bibliográfica: reutilização de resíduos da construção e demolição na indústria da construção civil**. *Cerâmica [online]*. v. 61, n. 358, p. 178-189. Disponível em: <https://www.scielo.br/j/cc/a/8v5cGYtby3Xm3Snd6NjNdtQ/?format=pdf&lang=pt>. Acesso em: 30 de julho de 2021.

BRENNEISEN, S. **Green Roofs - How Nature Returns To The City**. *Acta Horticulturae*, ISHS, International Conference on Urban Horticulture, v. 643, p289-293, 2004. Disponível em: [https://www.lib.teiep.gr/images/stories/acta/Acta%20643/643\\_37.pdf](https://www.lib.teiep.gr/images/stories/acta/Acta%20643/643_37.pdf). Acesso 5 set. 2021.

BUENO, R. **Telhado verde: os Jardins da Babilônia continuam funcionais**. 2010 *apud* PORTO, V. P., et al. **Telhados verdes: alternativa sustentável em arquitetura de residências unifamiliares**. In: Simpósio de Sustentabilidade e Contemporaneidade nas Ciências Sociais, 6., 2018, Cascavel. Anais - 2018. Disponível em: [https://semanaacademica.org.br/system/files/artigos/artigo\\_telhado\\_verde.pdf](https://semanaacademica.org.br/system/files/artigos/artigo_telhado_verde.pdf). Acesso em: 05 ago. 2021.

CAMPINAS (SP). Prefeitura Municipal. Secretaria Municipal do Verde, Meio Ambiente e Desenvolvimento Sustentável. (2016). **Política Municipal de Meio Ambiente - PM2A**. Disponível em: <https://www.campinas.sp.gov.br/governo/>. Acesso em: 21 ago. 2021.

CASTRO, A.; GOLDENFUM, J. **Uso de telhados verdes no controle quali-quantitativo do escoamento superficial urbano**. Programa de Pós-graduação em Recursos Hídricos e

Saneamento Ambiental, IPH/UFRGS. Disponível em: <https://ecotelhado.com/wp-content/uploads/2015/03/ESCOAMENTO-SUPERFICIAL-URBANO.pdf>. Acesso em: 01 ago. 2021.

CERVO, A. L.; BERVIAN, P. A. **Metodologia Científica: para uso dos estudantes universitários**. 3.ed. São Paulo: McGraw-Hill do Brasil. 1983. Disponível em: [https://aedmoodle.ufpa.br/pluginfile.php/414224/mod\\_folder/content/0/Metodologia%20Cient%C3%ADfica-%206%C2%AAEdi%C3%A7%C3%A3o%20-%20CERVO%2CA.%20L.%20BERVIAN%2C%20P.%20A.%20SILVA%2CR..pdf?forcedownload=1](https://aedmoodle.ufpa.br/pluginfile.php/414224/mod_folder/content/0/Metodologia%20Cient%C3%ADfica-%206%C2%AAEdi%C3%A7%C3%A3o%20-%20CERVO%2CA.%20L.%20BERVIAN%2C%20P.%20A.%20SILVA%2CR..pdf?forcedownload=1). Acesso em: 20 fev. 2022.

COELHO, B. **Tipos de pesquisa: abordagem, natureza, objetivos e procedimentos**. 2019. Disponível em: <https://blog.mettzer.com/tipos-de-pesquisa/>. Acesso em: 15 dez. 2021.

CORDONI SAVI, A. **Telhados Verdes: análise comparativa de custo com sistemas tradicionais de cobertura**. 125 f. 2012. Monografia (Construções Sustentáveis) – Universidade Tecnológica Federal do Paraná, Curitiba, 2012. Disponível em: [https://repositorio.utfpr.edu.br/jspui/bitstream/1/17364/2/CT\\_CECONS\\_II\\_2012\\_01.pdf](https://repositorio.utfpr.edu.br/jspui/bitstream/1/17364/2/CT_CECONS_II_2012_01.pdf). Acesso em: 12 dez. 2021.

CORRÊA, L. **Sustentabilidade na Construção Civil**. 2009. Disponível em: [https://d1wqtxts1xzle7.cloudfront.net/54235791/Sustentabilidade\\_na\\_Construcao\\_CivilL-with-cover-page-v2.pdf?Expires=1647262676&Signature=c~mSLTFifAKOw~xYMs8iTFR2vN6x9hdJUze1iuyFU99WNshkuEqmXdZjs3hvXClukFKvkMpy4x96e7TWJDOhQXODuVZ6eDnLE90AH6AxJNrLBA0ZV0mufPs-yHyPPmg60qOR5w9cYF9gNcFQJbb8~MaLcqafemgPcr723D6cZDmPIL6eFN5sMX9FZ6Od-N0pnSEPy32cYfn8VW5GFwFHldtQv6GMko~s3UgJ2GsBfikRfvf1XLez-3cY731VkodrXlbXyTypWdM8vh2pvRch8yfqmMYJS8Ixn8wjoM2FDxDtApyY0uuzlxXXXeygOksF~W8V7SffeIRc5sp9RtwA\\_&Key-Pair-Id=APKAJLOHF5GGSLRBV4ZA](https://d1wqtxts1xzle7.cloudfront.net/54235791/Sustentabilidade_na_Construcao_CivilL-with-cover-page-v2.pdf?Expires=1647262676&Signature=c~mSLTFifAKOw~xYMs8iTFR2vN6x9hdJUze1iuyFU99WNshkuEqmXdZjs3hvXClukFKvkMpy4x96e7TWJDOhQXODuVZ6eDnLE90AH6AxJNrLBA0ZV0mufPs-yHyPPmg60qOR5w9cYF9gNcFQJbb8~MaLcqafemgPcr723D6cZDmPIL6eFN5sMX9FZ6Od-N0pnSEPy32cYfn8VW5GFwFHldtQv6GMko~s3UgJ2GsBfikRfvf1XLez-3cY731VkodrXlbXyTypWdM8vh2pvRch8yfqmMYJS8Ixn8wjoM2FDxDtApyY0uuzlxXXXeygOksF~W8V7SffeIRc5sp9RtwA_&Key-Pair-Id=APKAJLOHF5GGSLRBV4ZA). Acesso em: 14 fev. 2022.

CORRENT, L.; LEHMANN, P. Telhado verde: da babilônia aos dias atuais. **Semana Acadêmica**. v. 1, n. 107, 2013. Disponível em: [https://semanaacademica.org.br/system/files/artigos/artigo\\_telhado\\_verde.pdf](https://semanaacademica.org.br/system/files/artigos/artigo_telhado_verde.pdf). Acesso em: 30 jul. 2021.

COSTA, T. L.; REZENDE, L. H. Telhado Verde da biblioteca da Pontifícia Universidade Católica de Minas Gerais: uma abordagem técnica e financeira. **Percorso Acadêmico – Rev Interdisc PUC Minas**. v. 9, n. 17, p. 289-309, 2019. Disponível em: <http://periodicos.pucminas.br/index.php/percursoacademico/article/view/18009/14792>. Acesso em: 01 set. 2021.

D'AVILA, M. R; PERALTA, Ê; S.; FRITSCHER, J. P. C. **Cobertura Vegetal: desenvolvimento e produção da tecnologia Telhado Vivo**. In: Congresso Internacional Sustentabilidade e Habitação de Interesse Social. Porto Alegre, 04 a 07 de maio de 2010. Disponível em: <http://www.anparq.org.br/dvd-enanparq/simposios/51/51-650-1-SP.pdf>. Acesso em: 15 set. 2021.

DIAS, R. **Gestão Ambiental: responsabilidade social e sustentabilidade**. 2. ed. São Paulo: Atlas, 2011. Disponível em: <https://pesquisa.bvsalud.org/portal/resource/pt/ens-26961>. Acesso em: 20 out. 2021.

DOEE – Department of Energy and Environment. **Green Roof Toolkit**. Government of the District of Columbia, 1-7, 2018. Disponível em: <https://doee.dc.gov/publication/green-roof-toolkit>. Acesso em: 5 set. 2021.

DRESCH, A.; LACERDA, D. P.; JÚNIOR ANTUNES, J. A. V. **Design Science Research: Método de Pesquisa para Avanço da Ciência e Tecnologia**. 1 ed. Porto Alegre: Bookman, 2015. Disponível em: <https://www.scielo.br/j/gp/a/3CZmL4JJxLmxCv6b3pnQ8pq/?format=pdf&lang=pt>. Acesso em: 20 fev. 2022.

ECOTECNOLOGIAS – Grupo de Pesquisas em Modelagem Hidroambiental e Ecotecnologias. **Telhados Verdes – Conceitos**. Disponível em: [https://ecotecnologias.org/?page\\_id=561](https://ecotecnologias.org/?page_id=561). Acesso em: 24 ago. 2021.

ECOTELHADO. Impermeabilização telhado verde, 2018. Disponível em: <https://ecotelhado.com/impermeabilizacao-telhado-verde/>. Acesso em: 20 fev. 2022.

ELLOVITCH, M. F. **Conceito de sustentabilidade**. O Estado de Minas. In: ECODEBATE – O conceito de sustentabilidade, artigo de Mauro da Fonseca Ellovitch. 2010. Disponível em: <https://www.ecodebate.com.br/2010/11/12/conceito-de-sustentabilidade-artigo-de-mauro-da-fonseca-ellovitch/>. Acesso em: 17 dez. 2021.

EUMORFOPOULOU, E. A.; KONTOLEON, K. J. Experimental approach to the contribution of plant-covered walls to the thermal behaviour of building envelopes. **Building and Environment**, v. 44, n. 5, p. 1024-1038, 2009. Disponível em: <https://www.sciencedirect.com/science/article/abs/pii/S0360132308001807?via%3Dihub>. Acesso em: 25 out. 2021.

FEITOSA, R. C.; WILKINSON, S. Uso de sistemas vegetados e os impactos na promoção da saúde. **Cad. Saúde Pública**, v. 34, n.7, e00003618, 2018. Disponível em: <https://www.scielo.br/j/csp/a/ptrrKbryBLdDzbQcRCWtcTs/?format=pdf&lang=pt>. Acesso em: 26 jan. 2022.

FILHO, J. E. A., et al. Eficiência hidrológica de telhados verdes para a escala de loteamentos residenciais. **Sociedade & Natureza**, [S. l.], v. 28, n. 2, 2016. Disponível em: <https://seer.ufu.br/index.php/sociedadennatureza/article/view/28740>. Acesso em: 24 ago. 2021.

FLICK, U. **Uma introdução à pesquisa qualitativa**. 3. ed. Porto Alegre: Bookman, 2008.

FRANCO, M. A. M.; SOUSA, J. S. Construções sustentáveis: aplicações para a cidade de Uberaba – MG. **Rev. Gest. Amb. e Sust.**, v. 9, n. 1, p. 1-25, e16205, 2020. Disponível em: <https://periodicos.uninove.br/geas/article/view/16205/8496>. Acesso em: 17 set. 2021.

GARTLAND, L. **Ilhas de calor: como mitigar zonas de calor em áreas urbanas**. Silvia Helena Gonçalves (Trad.). São Paulo: Oficina de Textos. 2010. 243 p. Disponível em: <https://docplayer.com.br/15369887-Ilhas-de-calor-lisa-gartland-como-mitigar-zonas-de-calor-em-areas-urbanas-traducao-silvia-helena-goncalves.html>. Acesso em: 20 set. 2021.

GIL, A. C. **Como elaborar projetos de pesquisa**. 6. ed. São Paulo: Atlas, 2008. Disponível em: <https://home.ufam.edu.br/salomao/Tecnicas%20de%20Pesquisa%20em%20Economia/Textos>

[%20de%20apoio/GIL,%20Antonio%20Carlos%20-%20Como%20elaborar%20projetos%20de%20pesquisa.pdf](#). Acesso em: 10 fev. 2022.

GLANCEY. Jonathan, **Livro a história da arquitetura**, Edições Loyola, São Paulo, 2001. Disponível em: <https://mizanzuk.files.wordpress.com/2018/02/glancey-e28093-historia-arquitetura.pdf>. Acesso em: 20 fev. 2022.

GOIÂNIA (GO). **Lei Complementar 235/2012**. Institui o PROGRAMA IPTU VERDE no Município de Goiânia. Goiânia: Prefeitura de Goiânia, 2012. Disponível em: [https://www.goiania.go.gov.br/html/gabinete\\_civil/sileg/dados/legis/2012/lc\\_20121228\\_000000235.html](https://www.goiania.go.gov.br/html/gabinete_civil/sileg/dados/legis/2012/lc_20121228_000000235.html). Acesso em: 22 ago. 2021

GRAF, H. F.; TAVARES, S. F. **Energia incorporada dos materiais de uma edificação Padrão Brasileira Residencial**. In: 1º CONGRESSO DE INOVAÇÃO, TECNOLOGIA E SUSTANTABILIDADE, 2010. UNIFEBE, Brusque/SC. Disponível em: [http://congressoits.sites.unifebe.edu.br/congressoits2010/artigos/artigos/087\\_-\\_ENERGIA\\_INCORPORADA\\_DOS\\_MATERIAIS\\_DE\\_UMA\\_EDIFICACAO\\_PADRAO\\_BRASILEIRA\\_RESIDENCIAL.pdf](http://congressoits.sites.unifebe.edu.br/congressoits2010/artigos/artigos/087_-_ENERGIA_INCORPORADA_DOS_MATERIAIS_DE_UMA_EDIFICACAO_PADRAO_BRASILEIRA_RESIDENCIAL.pdf) Acesso em: 21 fev. 2022.

Green Roofs Technology. Telhados verdes. Disponível em: <https://greenrooftechnology.com/>. Acesso em: 02 fev. 2022.

HENEINE, M. C. A. S. **Cobertura Verde**. Monografia (Especialização em Tecnologia e produtividade das construções) Escola de Engenharia, Universidade Federal de Minas Gerais, Belo Horizonte, 2008. Disponível em: <https://docplayer.com.br/5312025-Monografia-cobertura-verde-autor-maria-cristina-almeida%20de-souza-heneine-orientadores-professor-firmino-siqueira-professor-dalmo-mendes-figueiredo.html>. Acesso em: 01 ago. 2021.

ITS – INSTITUTO DE TECNOLOGIA SOCIAL. **Reflexões sobre a construção do conceito de tecnologia social**. In: PAULO, A., et al. Tecnologia social: uma estratégia para o desenvolvimento. Rio de Janeiro: Fundação Banco do Brasil, 2004. Disponível em: <https://itsrio.org/pt/home/>. Acesso em 15 set. 2021.

JAHNKE, L. T.; WILLANI, S. M. U.; ARAÚJO, T. L. R. **O IPTU Verde: práticas sustentáveis trazem benefícios financeiros à população**. In: I Congresso Internacional de Direito Ambiental e Ecologia Política – UFSM – Revista eletrônica do curso de Direito. 2013. Disponível em: [www.ufsm.br/redevistadireito](http://www.ufsm.br/redevistadireito). Acesso em: 26 jan. 2022.

JUNIOR, A. A. O.; NETO, P. A.; MENDIONDO, E. M. **Análise da Retenção Hídrica em Telhados Verdes a Partir da Eficiência do Coeficiente de Escoamento**, 2014. Disponível em:

<https://www.abrhidro.org.br/SGCv3/publicacao.php?PUB=1&ID=165&SUMARIO=4756>

Acesso em: 21 fev. 2022.

KÖCHE, J. C. **Fundamentos de metodologia científica**. 27. ed. Petrópolis, RJ: Vozes, 2010. Disponível em: [http://www.adm.ufrpe.br/sites/ww4.deinfo.ufrpe.br/files/Fundamentos\\_de\\_Metodologia\\_Cientifica.pdf](http://www.adm.ufrpe.br/sites/ww4.deinfo.ufrpe.br/files/Fundamentos_de_Metodologia_Cientifica.pdf). Acesso em: 15 set. 2021.

KONTOLEON, K. J.; EUMORFOPOULOU, E. A. The effect of the orientation and proportion of a plant-covered wall layer on the thermal performance of a building zone. **Building and environment**, v. 45, n. 5, p. 1287-1303, 2010. Disponível em: <https://scbrims.files.wordpress.com/2013/10/061013-effect-of-the-orientation-and-proportion-of-aplnt-covered-wall-layer-on-thermal-performance.pdf>. Acesso em: 22 out. 2021.

LAKATOS, E. M.; MARCONI, M. A. **Fundamentos da metodologia científica**. São Paulo: Atlas, 2009. Disponível em: [http://docente.ifrn.edu.br/olivianeta/disciplinas/copy\\_of\\_historia-i/historia-ii/china-e-india/view](http://docente.ifrn.edu.br/olivianeta/disciplinas/copy_of_historia-i/historia-ii/china-e-india/view). Acesso em: 16 fev. 2022.

LAMERA, C. et al. Green roofs effects on the urban water cycle components. *Procedia Engineering*. [S.I], v. 70, p. 988 – 997, 2014. Disponível em: <http://doi.org/10.1016/j.proeng.2014.02.110> Acesso em: 19 fev. 2022

Liz, D. S.; Ordenes, M.; Guths, S. **Análise experimental do comportamento térmico do telhado verde extensivo para Florianópolis**. Dissertação de Mestrado – Universidade Federal de Santa Catarina, 2016. Disponível em: <https://periodicos.puc-campinas.edu.br/oculum/article/view/4053/2654> Acesso em: 20 fev. 2022.

LOPES, D. A. R. **Análise do Comportamento térmico de uma cobertura verde leve e diferentes sistemas de cobertura**. 2007. 145 p. Dissertação (Ciências da Engenharia Ambiental) – Escola de Engenharia de São Carlos, Universidade de São Paulo, São Carlos,

2007. Disponível em: [https://www.teses.usp.br/teses/disponiveis/18/18139/tde-11122007-093813/publico/Dissertacao\\_DanielaArantes.pdf](https://www.teses.usp.br/teses/disponiveis/18/18139/tde-11122007-093813/publico/Dissertacao_DanielaArantes.pdf). Acesso em: 6 set. 2021.

LORENZINI NETO, F. **Modelagem de telhado verde: Uma análise da eficiência no controle do escoamento pluvial em diferentes escalas**. 2014. 137 f. Dissertação (Mestrado em Engenharia Civil) – Universidade Federal de Santa Maria, Santa Maria, 2014. Disponível em: <https://repositorio.ufsm.br/handle/1/7860>. Acesso em: 10 set. 2021.

MACHADO, A. F., et al. **Telhado verde: uma alternativa sustentável para o século XXI**. Syn. scy. UTFPR, Pato Branco, v. 12, n. 1, p. 176–182, 2017. Disponível em: <http://revistas.utfpr.edu.br/pb/index.php/SysScy/article/view/2250/1645>. Acesso em: 26 jan. 2022.

MAIOLO, M., et al. The Role of the Extensive Green Roofs on Decreasing Building Energy Consumption in the Mediterranean Climate. **Sustainability**, v. 12, n. 1, p. 359, 2020. DOI: 10.3390/su12010359. Disponível em: <https://www.mdpi.com/2071-1050/12/1/359>. Acesso em: 27 ago. 2021.

MALHOTRA, N. K. **Marketing research: an applied orientation**. New Jersey: Prentice Hall, 1993. Disponível em: [http://www.ru.ac.bd/stat/wp-content/uploads/sites/25/2019/03/407\\_08\\_00\\_Malhotra-Marketing-Research-An-Applied-Orientation.pdf](http://www.ru.ac.bd/stat/wp-content/uploads/sites/25/2019/03/407_08_00_Malhotra-Marketing-Research-An-Applied-Orientation.pdf). Acesso em: 10 set. 2021.

MARQUES, S. B.; BISSOLI-DALVI, M.; ALVAREZ, C. E. Políticas públicas em prol da sustentabilidade na construção civil em municípios brasileiros. **Revista Brasileira de Gestão Urbana** (Brazilian Journal of Urban Management), 10(Supl. 1), p. 186-196, 2018. Disponível em: <https://www.scielo.br/j/urbe/a/Wr9KpxWnS9wbLvd44p7XfKK/?format=pdf&lang=pt>. Acesso em: 25 ago. 2021.

MATOS, J. P. C; ALENCAR, T. C. S. B. D. **Gerenciamento de Resíduos Sólidos e a Aplicação da Logística Reversa no Segmento da Construção Civil**. Rev. Mult. Psic., v.13, n. 43, p. 784-807, 2019. Disponível em: <https://www.saneamentobasico.com.br/wp-content/uploads/2020/05/1516-5777-1-PB.pdf>. Acesso em: 01 ago. 2021.

MATTAR, F. N. **Pesquisa de marketing**. São Paulo: Atlas, 1994. Disponível em: [https://edisciplinas.usp.br/pluginfile.php/2281856/mod\\_resource/content/1/PPT\\_Aula-13\\_Tipos-de-Pesquisa.pdf](https://edisciplinas.usp.br/pluginfile.php/2281856/mod_resource/content/1/PPT_Aula-13_Tipos-de-Pesquisa.pdf). Acesso em: 13 set. 2021.

MUNIZ, C. **Tipos de pesquisas**. Disponível em: <https://www.significados.com.br/tipos-de-pesquisa/>> Acesso em: 16 dez. 2021.

M2 Arquitetura e Interiores. Disponível em: <https://www.m2arquiteturaeinteriores.com/>. Acesso em 15 set. 2021.

OMAR, A. et al. Green roof: simulation of energy balance components in Recife, Pernambuco State, Brazil. **Engenharia Agrícola**, v. 38, n. 3, p. 334-342, 2018. Disponível em: <https://www.scielo.br/pdf/eagri/v38n3/0100-6916-eagri-38-03-0334.pdf>. Acesso em: 30 set. 2021.

PALLA, A.; GNECCO, I.; LA BARBERA, P. Assessing the Hydrologic Performance of a Green Roof Retrofitting Scenario for a Small Urban Catchment. **Water**, v. 10, n. 8, p. 1052, 2018. Disponível em: <https://doi.org/10.3390/w10081052>. Acesso em: 06 set. 2021.

PALMEIRA, A. N. **Balço de energia em telhado verde**. 2016. 97 f. Dissertaço (Mestrado em Engenharia Ambiental) – Universidade Federal de Santa Maria, Santa Maria, 2016. Disponível em: <https://repositorio.ufsm.br/bitstream/handle/1/7664/PALMEIRA%2C%20ALINE%20NOGUEIRA.pdf?sequence=1&isAllowed=y>. Acesso em: 10 set. 2021.

PARAÍBA. **Lei 10.047/2013**. Dispõe sobre a obrigatoriedade da instalação do “Telhado Verde” nos locais que especifica, e dá outras providências. Assembleia Legislativa do Estado da Paraíba, 2013. Disponível em: <https://auniao.pb.gov.br/>. Acesso em: 22 ago. 2021.

PECK, S. W., et al. **Greenbacks from green roofs: forging a new industry in Canadá**. Environmental Adaptation Research Group, Environment Canada, Ottawa, 1999. Disponível em: <https://commons.bcit.ca/greenroof/files/2012/01/Greenbacks.pdf>. Acesso em 10 ago. 2021.

PEREIRA, L. S., et al. Crop evapotranspiration estimation with FAO56: Past and future. **Agricultural Water Management**, Amsterdam, v. 147, p. 4-20, 2015. Disponível em: [https://www2.feis.unesp.br/irrigacao/pdf/boletim\\_56\\_passado\\_futuro.pdf](https://www2.feis.unesp.br/irrigacao/pdf/boletim_56_passado_futuro.pdf). Acesso em: 20 out. 2021.

PET – Engenharia Sanitária e Ambiental da Universidade Federal da Bahia. Disponível em: <http://www.petesa.eng.ufba.br/blog/telhado-verde-um-passo-para-uma-cidade-sustentavel> Acesso em: 27 jan. 2022.

Portal São Francisco. **Jardins Suspensos da Babilônia**. Disponível em: <https://www.portalsaofrancisco.com.br/historia-geral/jardins-suspensos-da-babilonia>. Acesso em: 07 mar. 2022.

QUEIROZ, N. T. **Construções sustentáveis na Engenharia Civil e a responsabilidade socioambiental**. Rev. Bras. Gest. Amb. Sustent., v. 3, n. 6, p. 255-263. Disponível em: [https://docs.google.com/viewerng/viewer?url=http://revista.ecogestaobrasil.net/v3n6/v03n06a01.pdf&hl=pt\\_BR](https://docs.google.com/viewerng/viewer?url=http://revista.ecogestaobrasil.net/v3n6/v03n06a01.pdf&hl=pt_BR). Acesso em: 01 fev. 2022.

RANGEL, A. C. L. C.; ARANHA, K. C.; SILVA, M. C. B. C. Os telhados verdes nas políticas ambientais como medida indutora para a sustentabilidade. **Desenvolv. Meio Ambiente**, v. 35, p. 397-409, 2015. Disponível em: <https://revistas.ufpr.br/made/article/view/39177/27108>. Acesso em: 14 set. 2021.

RASUL, M. G.; ARUTLA, L. K. R. Environmental impact assessment of green roofs using life cycle assessment. **Energy Reports**, v. 6, sup. 1, 2020, p. 503-508. Disponível em: <https://www.sciencedirect.com/science/article/pii/S2352484719305797>. Acesso em: 27 ago. 2021.

RAZZAGHMANESHA, M.; BEECHAMA, S.; SALEMIBA, T. The Role of Green Roofs in Mitigating Urban Heat Island Effects in the Metropolitan Area of Adelaide, South Australia. **Urban Forestry & Urban Greening**, v. 15, p. 89-102, 2016. Disponível em: <https://daneshyari.com/article/preview/93973.pdf>. Acesso em: 24 ago. 2021.

RECIFE (PE). **Lei Municipal 18.11/2015**. Dispõe sobre a melhoria da qualidade ambiental das edificações por meio da obrigatoriedade de instalação do "telhado verde" [...] Recife: Prefeitura Municipal de Recife, 2015. Disponível em: <https://www.legisweb.com.br/legislacao/?id=280138>. Acesso em: 5 ago. 2021

RICHARDSON, R. (coord.) et al. **Pesquisa social: métodos e técnicas**. São Paulo: Atlas, 1989. Disponível em:

[https://edisciplinas.usp.br/pluginfile.php/3034822/mod\\_resource/content/1/Texto%20-%20Pesquisa%20social.pdf](https://edisciplinas.usp.br/pluginfile.php/3034822/mod_resource/content/1/Texto%20-%20Pesquisa%20social.pdf). Acesso em: 19 jan. 2022.

RIO DE JANEIRO. **Projeto de Lei 3759/2017**. Programa de incentivo à instalação de telhados verdes nos municípios do estado do Rio de Janeiro e dá outras providências. Rio de Janeiro: Assembleia do Estado do Rio de Janeiro, 2012. Disponível em: <https://leismunicipais.com.br/prefeitura/rj/rio-de-janeiro>. Acesso em: 8 ago. 2021.

ROCHA, M. A.; VILANOVA, M. R. N. **O panorama tecnológico de telhados verdes no Brasil**. Revista de Ensino de Engenharia, v. 39, p. 250-260, 2020. Disponível em: <http://revista.educacao.ws/revista/index.php/abenge/article/view/1660/990>. Acesso em: 24 ago. 2021.

ROSSETI, K. A. C.; NOGUEIRA M. C. J. A.; NOGUEIRA J. S. **Interferência microclimática na utilização do telhado verde para regiões tropicais: estudo de caso em Cuiabá, MT**, 2013. Disponível em: [Visão da interferência microclimática utilizando telhado verde em regiões tropicais, estudo de caso em Cuiabá, MT \(ufsm.br\)](https://ufsm.br/visao-da-interferencia-microclimatica-utilizando-telhado-verde-em-regioes-tropicais-estudo-de-caso-em-cuiaba-mt) Acesso em: 21 fev. 2022.

SAMPIERI, R. H.; COLLADO, C. F.; LUCIO, P. B. **Metodología de la investigación**. México: McGraw-Hill, 1991. Disponível em: [https://www.uv.mx/personal/cbustamante/files/2011/06/Metodologia-de-la-Investigaci%C3%83%C2%B3n\\_Sampieri.pdf](https://www.uv.mx/personal/cbustamante/files/2011/06/Metodologia-de-la-Investigaci%C3%83%C2%B3n_Sampieri.pdf). Acesso em 20 dez. 2021.

SANTOS, L. Jornalista Responsável. **O QUE É SUSTENTABILIDADE?** Disponível em: <https://www.uniprimebr.com.br/artigo/edicao01/o-que-e-sustentabilidade->. Acesso em: 10 jan. 2022.

Santos, P. T. da S.; Santos, S. M. dos; Montenegro, S. M. G. L.; Coutinho, A. P.; Moura, G. S. S. de; Antonino, A. C. D. **Telhado verde: desempenho do sistema construtivo na redução do escoamento superficial**. Dissertação de Mestrado, 2013. Disponível em: <https://www.scielo.br/j/ac/a/QzMJHfkJ6wRgmCSpnQv65SF/abstract/?lang=pt> Acesso em: 19 fev. 2022.

SÃO PAULO (SP). **Decreto 55.994, artigo 4º**. TERMO DE COMPROMISSO AMBIENTAL - TCA. São Paulo: Prefeitura do Município de São Paulo, 2015. Disponível em: <https://leismunicipais.com.br/legislacao-municipal/5298/leis-de-sao-paulo>. Acesso em: 22 ago. 2021.

SECONCI. **A saúde da construção**, 2022. Disponível em: <https://seconci-rio.com.br/wp/a-importancia-da-sustentabilidade-na-construcao-civil/>. Acesso em: 01 fev. 2022.

SHARMAN, L. **City of Sidney: Green Roofs and Walls Policy Implementation Plan**. 2014. Disponível em: [https://greenroofsaustralasia.com.au/sites/default/files/sponsors/files/CoS\\_Green-Roofs-and-Walls-Policy-Implementation-Plan-Adopted\\_0.pdf](https://greenroofsaustralasia.com.au/sites/default/files/sponsors/files/CoS_Green-Roofs-and-Walls-Policy-Implementation-Plan-Adopted_0.pdf). Acesso em: 4 out. 2021.

SILVA, G. G. P; CASTRO, C. A. C. Incentivos estatais como estímulo à adoção ao teto verde. **Ambiente & Sociedade: concepções, fundamentos, diálogos e práticas para conservação da natureza**. 1 ed., 2021. Disponível em: <https://www.editoracientifica.org/books/isbn/978-65-89826-51-4>. Acesso em: 03 set. 2021.

SILVA, N. C. **Telhado verde: sistema construtivo de maior eficiência e menor impacto ambiental.** 2011. 63 f. Monografia de especialização em Engenharia Civil – Universidade Federal de Minas Gerais, Belo Horizonte, 2011. Disponível em: [https://repositorio.ufmg.br/bitstream/1843/BUOS-9AEGBV/1/telhado\\_verde\\_sistema\\_construtivo\\_de\\_maior\\_eficiencia\\_e\\_menor\\_impacto\\_ambiental.pdf](https://repositorio.ufmg.br/bitstream/1843/BUOS-9AEGBV/1/telhado_verde_sistema_construtivo_de_maior_eficiencia_e_menor_impacto_ambiental.pdf). Acesso em: 01 set. 2021.

SKY GARDEN. **Benefícios dos telhados verdes.** Disponível em: <http://www.skygarden.com.br/index.php/telhados-verdes/beneficios-dos-telhados-verdes>. Acesso em: 03 ago. 2021.

SOUSA, I. V. D. Os benefícios do telhado verde e a sua utilização pela construção civil. **Revista de Engenharia e Tecnologia.** v. 13, n. 2, 2021. Disponível em: <https://revistas2.uepg.br/index.php/ret/article/download/17679/209209214426/>. Acesso em 10 set. 2021.

SOUSA, M. C. B., et al. Uso de telhados verdes para controle de águas pluviais urbanas em Teresina – Piauí. **Revista de Geografia.** v. 38, n. 2, 2021. Disponível em: <https://periodicos.ufpe.br/revistas/revistageografia/article/download/246116/38734>. Acesso em: 06 set. 2021.

STOCCO, S.; CANTÓN, M. A.; CORREA, E. N. Design of urban green square in dry areas: Thermal performance and comfort. **Urban Forestry & Urban Greening**, v. 14, n. 2, p. 323-335, 2015. Disponível em: <https://www.infona.pl/resource/bwmeta1.element.elsevier-b5d7656b-68fd-3ea8-9fa9-674d7f145bd8>. Acesso em: 21 out. 2021.

STRAPASSON, D. C.; FREITAS, M. C. D.; SANTOS, A. **Estudo Comparativo do Consumo Energético do Telhado Convencional e Verde Leve em uma edificação.** In: 5º encontro de engenharia e tecnologia dos Campos Gerais, 2010. Disponível em: [http://www.5eetcg.uepg.br/Anais/artigospdf/50007\\_vf3.pdf](http://www.5eetcg.uepg.br/Anais/artigospdf/50007_vf3.pdf). Acesso em: 15 set. 2021.

TASSI, R. et al. Telhado Verde: uma alternativa sustentável para a gestão das águas pluviais. **Ambient. constr.** v. 14, n. 1, p. 139-154, 2014. Disponível em: <https://www.scielo.br/j/ac/a/CBbjymH7jhSKMHnWSgV7SLJ/?lang=pt&format=pdf>. Acesso em: 24 ago. 2021.

TOMAZ, P. **Telhado verde.** BMPs. Capítulo 10. Dez. 2005. Disponível em: <https://docplayer.com.br/1223588-Aproveitamento-de-agua-de-chuva-em-areas-urbanas-para-fins-nao-potaveis.html>. Acesso em: 23 ago. 2021.

TUCCI, C. E. M.; BERTONI, J. C. **Inundações Urbanas na América do Sul.** 1 ed. Porto Alegre: ABRH, 2003. Disponível em: [https://aedmoodle.ufpa.br/pluginfile.php/321558/mod\\_folder/content/0/Inunda%C3%A7%C3%B5es.pdf?forcedownload=1](https://aedmoodle.ufpa.br/pluginfile.php/321558/mod_folder/content/0/Inunda%C3%A7%C3%B5es.pdf?forcedownload=1). Acesso em 9 jan. 2022.

UHMANN, I. M. S.; TAVARES, S. F. **Avaliação do desempenho ambiental na utilização de telhados verdes extensivos em escolas públicas do paraná,** 2017. Disponível em: <https://www.revistas.ufg.br/reec/article/view/41372/pdf> Acesso em: 20 fev. 2022.

VASCONCELOS, A. F.; MIGUEZ, M. G.; VAZQUEZ, E. G. Critérios de projeto e benefícios esperados da implantação de técnicas compensatórias em drenagem urbana para controle de escoamentos na fonte, com base em modelagem computacional aplicada a um estudo de caso na zona oeste do Rio de Janeiro. **Eng. Sanit. Ambient.** v. 21, n. 4, 2016. Disponível em: <https://www.scielo.br/j/esa/a/f788zqYSJShZtRSvqpWgtLS/abstract/?lang=pt>. Acesso em: 24 ago. 2021.

Verdes Ares Ambiental, 2021. Disponível em: <https://www.verdesares.com.br/>. Acesso em: 15 jan. 2022.

VIEIRA, C. Z.; SANTOS S. C.; SILVA, G. B.; DANTAS, K. S. A.; FIGUEIREDO, E., 2018. **Simulação do uso de telhados verdes prontos para atenuação de enchentes urbanas: o Instituto Federal de Educação, Ciência e Tecnologia de Sergipe como estudo de caso.** Disponível em: <https://repositorio.ifs.edu.br/biblioteca/bitstream/123456789/989/1/Simula%20do%20uso%20de%20telhados%20verdes%20prontos%20para%20atenua%20a%20de%20enchentes%20urbanas.pdf> Acesso em: 21 fev. 2022.

WILKEN, P. S. (1978). Engenharia de drenagem superficial. São Paulo: Companhia de Tecnologia de Saneamento Ambiental, Secretaria do Meio Ambiente do Governo de São Paulo, SP, 1978. Disponível em: <http://www.ijsn.es.gov.br/bibliotecaonline/Record/5897>. Acesso em: 10 set. 2021.

WWF-Brasil. O que é desenvolvimento sustentável? 2022. Disponível em: [https://www.wwf.org.br/natureza\\_brasileira/questoes\\_ambientais/desenvolvimento\\_sustentavel/](https://www.wwf.org.br/natureza_brasileira/questoes_ambientais/desenvolvimento_sustentavel/). Acesso em: 10 jan. 2022.