

**UNIVERSIDADE FEDERAL DO PARANÁ**  
**PROGRAMA DE EDUCAÇÃO CONTINUADA EM CIÊNCIAS AGRÁRIAS**  
**MBA EM PROJETOS SUSTENTÁVEIS E INOVAÇÕES AMBIENTAIS**

NAYARA FERNANDES DE MENDONÇA

**PANORAMA DE CONSTRUÇÕES COM COBERTURA VERDE SOB A ÓTICA**  
**CLIMÁTICA DO BRASIL PARA PROJETOS SUSTENTÁVEIS**

CURITIBA

2021

NAYARA FERNANDES DE MENDONÇA

**PANORAMA DE CONSTRUÇÕES COM COBERTURA VERDE SOB A ÓTICA  
CLIMÁTICA DO BRASIL PARA PROJETOS SUSTENTÁVEIS**

Trabalho apresentado como requisito parcial a obtenção do diploma de especialização *lato sensu* em Projetos Sustentáveis e Inovações Ambientais, promovido pelo Programa de Educação Continuada em Ciências Agrárias da Universidade Federal do Paraná.

Orientador: Prof. Mestre Rafael Perussi

CURITIBA

2021

## AGRADECIMENTOS

Agradeço a Deus acima de tudo.

Aos meus pais, Angela Maria que é meu parâmetro de mulher forte e resiliente, ao seu amor e dedicação, ao meu pai José Vicente pelo amor e carinho, aos meus avós Maria e Romão que sempre estão ao meu lado, a minha irmã Andreza que sempre tem uma fé enorme na minha capacidade e aos meus sobrinhos Pedro e Lívia que me fazem tentar ser um ser humano melhor para contribuir com uma sociedade mais justa para as gerações futuras.

Ao meu companheiro de vida e incentivador, Lucas Florêncio, que sempre me inspira, me escuta e contribui em todos os meus projetos. Aos meus sogros João Vicente e Suelene Alaíde que sempre me incentivaram.

Ao Rafael Perussi que me incentivou, aceitou me orientar nesta caminhada e teve a maior paciência do universo!

A todos os professores e professoras do MBA de Projetos Sustentáveis e Inovações Ambientais pelas aulas e conhecimento.

A todos os profissionais da saúde e trabalhadores que trabalharam assiduamente nesta pandemia para prezar pela vida e pelas necessidades essenciais do ser humano.

A todos que acreditam e lutam pela educação no Brasil.

Meu muito obrigada!

“Do ponto de vista da sustentabilidade, até agora falhamos em todos os pontos.  
Mas...  
Todos nós podemos mudar isso.  
É muito rápido por sinal.  
Ainda temos a oportunidade de corrigir tudo, e não há nada que nós humanos não possamos fazer, se quisermos.”

(Greta Thunberg)

## RESUMO

MENDONÇA, N. F. **PANORAMA DE CONSTRUÇÕES COM COBERTURA VERDE SOB A ÓTICA CLIMÁTICA DO BRASIL PARA PROJETOS SUSTENTÁVEIS**. 2021. 51f. Trabalho de conclusão de curso (Pós-Graduação) – Programa de educação continuada em ciências agrárias, Universidade Federal do Paraná, Curitiba, 2021.

As atividades humanas causam diversas perturbações no meio ambiente, sendo que este tem potencial de causar impactos ao meio ambiente. Nas últimas décadas a preocupação ambiental tem sido pauta para diversos cenários, e a construção civil tem sido incorporada ao conceito de construções sustentáveis, com objetivo de criar ambientes mais saudáveis e que concomitantemente tenha melhor eficiência na gestão dos recursos naturais. Neste sentido, os espaços verdes têm ganhado espaço, principalmente em ambientes urbanos, estes locais têm capacidade de melhorar a qualidade de vida humana. Esta pesquisa tem o objetivo de verificar um dos requisitos para a construção dos telhados verdes na construção civil, verificando se a escolha da vegetação é realizada de forma criteriosa. A metodologia utilizada teve abordagem exploratória, realizada por meio de revisão bibliográfica sistemática adaptada. A pergunta norteadora para o trabalho foi: "Quais espécies vegetais são mais indicadas para projetos de telhados verde de acordo com o bioma e/ou clima da região a ser instalada?". Os resultados foram sistematizados aos seus aspectos quantitativos, as condições climáticas na projeção de telhados verdes e possíveis limitações na escolha da vegetação. Assim, notou-se que as condições climáticas não são aprofundadas ao correlacionar as condições de adaptação clima versus vegetação, as abordagens no geral são macroclimáticas. A correlação dos biomas em detrimento da vegetação escolhida não foi encontrada em nenhum trabalho, assim, notou-se que a implementação dos telhados verdes possui uma lacuna quanto ao aprofundamento sobre a vegetação escolhida em detrimento da localidade que verse seu clima.

**Palavras-chave:** telhado verde, clima, bioma, vegetação.

## ABSTRACT

MENDONÇA, N. F. **PANORAMA OF GREEN ROOFED CONSTRUCTIONS UNDER BRAZIL'S CLIMATE PERSPECTIVE FOR SUSTAINABLE PROJECTS.** 2021. 51p.

Human activities cause various disturbances in the environment, and this has the potential to cause impacts to the environment. In recent decades environmental concern has been on the agenda for several scenarios, and construction has been incorporated into the concept of sustainable constructions, with the aim of creating healthier environments that simultaneously have better efficiency in the management of natural resources. In this sense, green spaces have gained space, especially in urban environments, these places have the ability to improve the quality of human life. This research aims to verify one of the requirements for the construction of green roofs in construction, verifying whether the choice of vegetation is carried out in a judicious manner. The methodology used had an exploratory approach, performed through a systematic bibliographic review adapted. The guiding question for the work was: "Which plant species are most suitable for green roof projects according to the biome and/or climate of the region to be installed?". The results were systematized to their quantitative aspects, the climatic conditions in the projection of green roofs and possible limitations in the choice of vegetation. Thus, it was noted that the climatic conditions are not deepened when correlating climate adaptation conditions versus vegetation, the approaches in general are macroclimatic. The correlation of the biomes to the detriment of the chosen vegetation was not found in any work, so it was noted that the implementation of the green roofs has a gap regarding the deepening of the chosen vegetation to the detriment of the locality that deals with its climate.

**Keywords:** green roof, climate, biome, vegetation.

## LISTA DE ILUSTRAÇÕES

<b>Figura 1:</b> Triple Bottom Line - Tripé da sustentabilidade .....	16
<b>Figura 2:</b> Representação dos Jardins Suspensos da Babilônia.....	17
<b>Figura 3:</b> Jardim terraço do Palácio Gustavo Capanema .....	18
<b>Figura 4:</b> Camadas da cobertura verde .....	19
<b>Figura 5:</b> Camadas e espessuras para coberturas verdes.....	20
<b>Figura 6:</b> Telhado verde do tipo intensivo.....	20
<b>Figura 7:</b> Telhado verde do tipo semi-intensivo .....	21
<b>Figura 8:</b> Telhado verde do tipo extensivo .....	22
<b>Figura 9:</b> Domínios climáticos do Brasil e principais subtipos .....	27
<b>Figura 10:</b> Mapa de classificação climática de Köppen para o Brasil .....	29
<b>Figura 11:</b> Zoneamento bioclimático brasileiro.....	30
<b>Figura 12:</b> Mapa dos biomas brasileiros.....	32
<b>Figura 13:</b> Quantidade de artigos obtidos e selecionados em cada etapa da RBS .....	37
<b>Figura 14:</b> Quantidades de publicações obtidas na revisão .....	38

## LISTA DE TABELAS

<b>Tabela 1:</b> Características das Zonas Bioclimáticas .....	30
<b>Tabela 2:</b> Clima dos biomas .....	32
<b>Tabela 3:</b> Base de dados utilizadas para a RBS .....	36

## LISTA DE QUADROS

<b>Quadro 1:</b> Síntese dos benefícios das coberturas verdes .....	24
<b>Quadro 2:</b> Etapas de uma revisão sistemática .....	34
<b>Quadro 3:</b> Síntese da metodologia de revisão bibliográfica aplicada. ....	35
<b>Quadro 4:</b> Critérios de classificação dos telhados verdes.....	36
<b>Quadro 5:</b> Relação de trabalhos selecionados na RBS .....	38
<b>Quadro 6:</b> Categorização dos telhados verdes.....	39
<b>Quadro 7:</b> Clima e espécies adotadas em telhados verdes sistematizada pela RBS.....	42

## **ABREVIATURAS E SIGLAS**

CAPES – Coordenação de aperfeiçoamento de pessoal de nível superior

COP 21 – Conferências das Partes 21

CO<sub>2</sub> – Dióxido de carbono

GEE – Gases de efeito estufa

IBGE – Instituto Brasileiro de Geografia e Estatística

IEA – Agência Internacional de Energia

NBR – Norma técnica brasileira

RBS – Revisão bibliográfica sistemática

## SUMÁRIO

<b>RESUMO</b> .....	16
<b>ABSTRACT</b> .....	17
<b>LISTA DE ILUSTRAÇÕES</b> .....	18
<b>LISTA DE TABELAS</b> .....	19
<b>LISTA DE QUADROS</b> .....	20
<b>ABREVIATURAS E SIGLAS</b> .....	21
<b>1. INTRODUÇÃO</b> .....	12
<b>2. OBJETIVOS</b> .....	14
2.1. Objetivo geral .....	14
2.1.1. Objetivos específicos .....	14
<b>3. REFERENCIAL TEÓRICO</b> .....	15
3.1. Sustentabilidade na construção civil .....	15
3.2. Coberturas verdes .....	17
3.2.1. Tipos de coberturas verdes .....	19
3.2.2. Benefícios do uso .....	22
3.3. Tipologias climáticas no Brasil .....	27
3.4. Regiões bioclimáticas no Brasil .....	29
3.5. Biomas brasileiros .....	31
3.6. Arquitetura bioclimática .....	33
<b>4. METODOLOGIA</b> .....	34
<b>5. RESULTADOS E DISCUSSÕES</b> .....	37
5.1. Aspectos quantitativos da revisão realizada .....	37
5.2. Condições climáticas na projeção de telhados verdes .....	40
5.3. Limitações na escolha da vegetação .....	44
<b>6. CONCLUSÕES</b> .....	45
<b>REFERÊNCIAS</b> .....	46

## 1. INTRODUÇÃO

A construção civil é uma das atividades humanas que causam maior impacto ambiental por utilizar recursos naturais em grande escala. Aspectos econômicos, sociais e ambientais devem ser incorporados nos projetos de construções sustentáveis como forma de criar ambientes saudáveis, que permitam maior economia de energia e recursos, sejam menos poluentes e causem o menor impacto possível. Estes projetos arquitetônicos buscam constantemente a melhoria da qualidade de vida, e portanto, deve acompanhar soluções de maior eficiência no uso de recursos naturais (MOTTA; AGUILAR, 2009).

As construções civis ocupam áreas extensas que anteriormente eram ocupadas por áreas verdes, portanto, reduziu-se os espaços que serviam de cenário para contribuição da redução de emissão de carbono e conseqüentemente minimização do efeito estufa, levando ao longo dos anos o aumento de episódios de desconforto térmico (GUEDES et al., 2019).

Em áreas verdes urbanizadas o cenário é mais intenso, pois espaços verdes estão se tornando escassos, mesmo estes tendo diversos benefícios a saúde e bem-estar dos seres humanos (CONTESSSE; VAN VLIET; LENHART, 2018).

Diversas técnicas de construção têm sido elaboradas e implementadas aos projetos, dentre as possibilidades tem-se o telhado verde ou cobertura vegetal, sendo definido pela aplicação de uma camada vegetal sobre cobertura de edifícios (SILVA, 2020).

Os telhados verdes tem grande potencial para mitigar os impactos de áreas urbanas densas, trazendo benefícios nos níveis social, econômico e ambiental (TEOTÓNIO; SILVA; CRUZ, 2018).

Desta forma a utilização de técnicas construtivas não-convencionais em edificações, como as coberturas verdes ou telhados verdes, fornecem alguns efeitos positivos tanto no interior do ambiente construído, como a melhora do conforto térmico e a redução no uso de energia, quanto nas áreas externas, reduzindo os efeitos das ilhas de calor urbanas, da poluição atmosférica e das inundações. O sistema é composto por uma camada de drenagem, o substrato e a vegetação (KREBS; JOHANSSON, 2021; PERUSSI, 2016).

O desenvolvimento destas práticas devem abordar as fases de planejamento do projeto, atividades de construção e manutenção da edificação (MOTTA; AGUILAR, 2009).

Para a projeção de um telhado verde deve-se considerar a escolha da vegetação, pois esta pode não se adaptar, podendo precisar de ajuste as condições climáticas (VANUYTRECHT et al., 2014).

Assim, a escolha da vegetação a ser utilizada em um sistema de cobertura verde deve ser criteriosa e considerar a maior adaptação pela planta ao clima local, afim que se obtenha a maior eficiência do sistema com a menor manutenção, principalmente em um país de grande extensão territorial como o Brasil, que apresenta características diversas de clima e de vegetação.

## **2. OBJETIVOS**

### **2.1. Objetivo geral**

Analisar a evolução dos estudos sobre os critérios de escolha da vegetação para uso em coberturas verdes no Brasil.

#### **2.1.1. Objetivos específicos**

- Realizar levantamento bibliográfico para identificar trabalhos que considerem os biomas e/ou climas do Brasil na indicação da vegetação para coberturas verdes;
- Identificar as limitações na escolha da vegetação para coberturas verdes;
- Realizar análise estatística sobre trabalhos publicados.

### 3. REFERENCIAL TEÓRICO

Este capítulo expõe o referencial teórico, apresentando informações consultadas na literatura de referência, para suporte ao desenvolvimento da pesquisa, estruturado de acordo com os temas pertinentes e objetivos propostos.

#### 3.1. Sustentabilidade na construção civil

Ao longo dos anos o crescimento global industrial teve efeitos profundos na saúde humana e no meio ambiente, as atividades humanas causam perturbações ecológicas e degradação ambiental, sendo necessário que os governos e agências internacionais reconheçam a necessidade de fortalecer ainda mais o papel das considerações ambientais na tomada de decisões dos processos (PHIL; SADLER, 1997).

O conceito de desenvolvimento sustentável foi estabelecido na Comissão Mundial sobre o Meio Ambiente e Desenvolvimento, em um documento denominado Relatório de Brundtland ou Nosso Futuro Comum, apresentado em 1987, onde cita: “Desenvolvimento sustentável é aquele que atende às necessidades do presente sem comprometer a possibilidade de as gerações futuras atenderem a suas próprias necessidades” (BRUNDTLAND, 1987).

O Relatório de Brundtland enfatiza os problemas ambientais e a preocupação com as mudanças abruptas que o crescimento econômico trouxe ao longo dos anos, necessitando de uma nova relação do ser humano e meio ambiente, sendo que medidas para implementação de programas minimamente adequado ao desenvolvimento sustentável se tornaram essenciais (BRUNDTLAND, 1991).

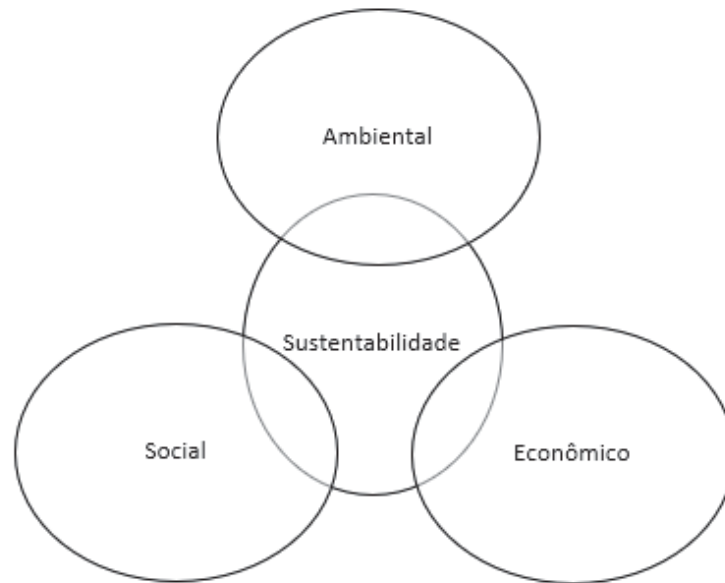
No Brasil, estima-se que a população urbana ultrapassou a marca dos 80% segundo o último censo do IBGE (Instituto Brasileiro de Geografia e Estatística), alavancando o setor formal das atividades construtivas e conseqüentemente elevando o consumo de recursos naturais, resultando em geração significativa de resíduos e emissões atmosféricas (CETESB, 2011; IBGE, 2010).

As áreas urbanas concentram grande parte das atividades econômicas, sociais e culturais no Brasil, agrupando contingentes populacionais e resultando em áreas com maior demanda por energia, água e matéria-prima (ASSIS, 2005).

Meio ambiente, sociedade e economia são três aspectos importantes de sustentabilidade (Figura 1), onde sustentar a capacidade produtiva e de insumos tornou-se uma das qualidades

mais importantes nos ramos de construção (BERNARDI et al., 2017; ZIMMERMANN et al., 2019).

**Figura 1:** Triple Bottom Line - Tripé da sustentabilidade



**Fonte:** Adaptado de Nichioka (2008).

Segundo Nichioka (2008) uma organização sustentável precisa ser economicamente lucrativa e ambientalmente correta (viável), ambientalmente correta e socialmente responsável (vivível), economicamente lucrativa e socialmente responsável (justa).

Em 2015, os níveis de dióxido de carbono (CO<sub>2</sub>) atingiram a marca dos 400 ppm e houve um aumento de 1°C nas temperaturas médias anuais (FRANCO; PAWAR; WU, 2020).

A COP21 (Conferências das Partes 21), culminou em um tratado chamado Acordo de Paris, estabelecendo medidas de redução de emissão de gases de efeito estufa (GEE), com meta de manter a média de aquecimento abaixo de 2°C, e buscando esforços para mantê-lo em 1,5°C, assim o acordo busca minimizar a vulnerabilidade aos efeitos das mudanças climáticas (C2ES - CENTER FOR CLIMATE AND ENERGY SOLUTIONS, 2015).

De acordo com a Agência Internacional de Energia (IEA) o setor de edificações e construção foi responsável por 36% do uso final de energia e 39% das emissões de dióxido de carbono (CO<sub>2</sub>) relacionadas a energia e processos em 2018 (IEA, 2019).

A construção civil possui alto impacto ambiental, sendo um dos maiores usuários de energia e recursos naturais, desta forma cresce o estabelecimento ao comprometimento com metas de desempenho ambiental (FRANCO; PAWAR; WU, 2020).

Assim, nos últimos anos a ideia de sustentabilidade tem sido incorporada no cotidiano do ser humano, portanto, as partes interessadas progressivamente lidam de forma positiva com valor agregado e benefícios do conceito de sustentabilidade aplicado a construção civil (WEN et al., 2020).

Neste cenário, o emprego de sustentabilidade no setor da construção civil torna-se incontestável, uma vez que as organizações estão cada vez mais conscientes de que ter uma vantagem competitiva não depende apenas da satisfação com base nos custos ou na qualidade do serviço oferecido, é necessário ir além, e oferecer serviços que respeitem o meio ambiente, que sejam éticos e socialmente responsáveis (ALENCAR et al., 2020; ALENCAR; PRIORI; ALENCAR, 2017).

### 3.2. Coberturas verdes

As coberturas verdes também chamados de telhados verdes, telhados ecológicos ou telhados vivos, são basicamente telhados com plantas em sua camada final (COX, 2000).

Os telhados verdes tiveram sua concepção desde a antiguidade, onde povos da Antiga Mesopotâmia, povos da Babilônia (Figura 2) e os romanos incluíram em seus projetos arquitetônicos jardins no telhado (WILLIAMS; RAYNER; RAYNOR, 2010), mas apenas na era moderna no século XX os telhados verdes foram redescobertos, pelo arquiteto suíço Le Corbusier, sendo que na mesma época, arquitetos americanos orgânicos propuseram o uso de telhados verdes como método para integrar edifícios a natureza (BERARDI; GHAFARIANHOSEINI; GHAFARIANHOSEINI, 2014).

**Figura 2:** Representação dos Jardins Suspensos da Babilônia.



**Fonte:** Dinsdale, Pearen e Wilson (2006).

Segundo Cox (2000) no Brasil a primeira invenção neste sentido foi em 1936, no antigo edifício da sede do Ministério da Educação, atual Palácio Capanema (Figura 3), com o terraço jardim projetado por Roberto Burle Marx, o qual serve de referência na inserção de terraço jardim.

**Figura 3:** Jardim terraço do Palácio Gustavo Capanema



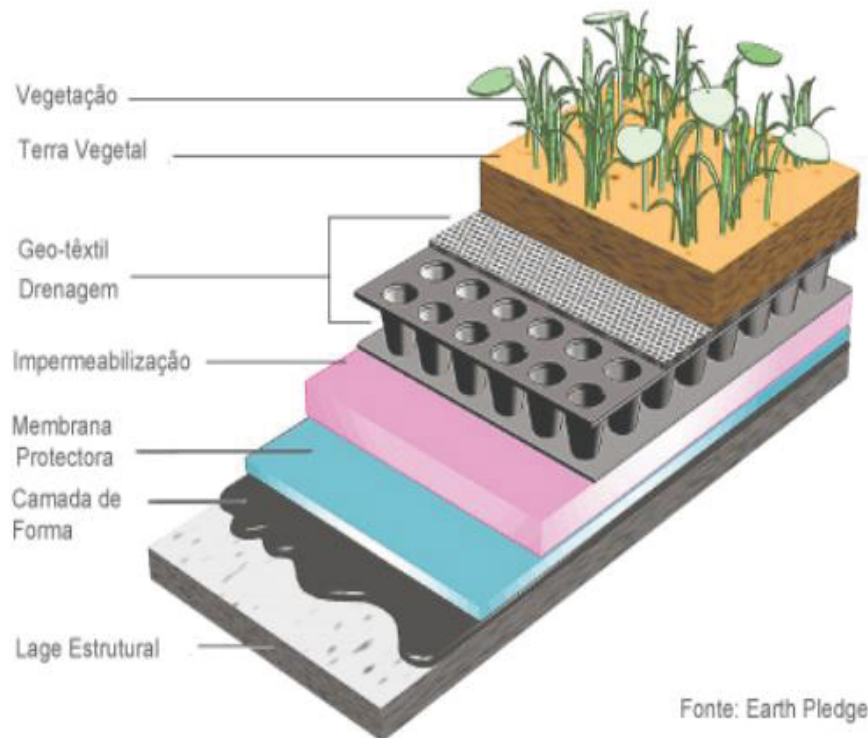
Fonte: Machado (2018)

O conceito de telhados verdes existe há muitas décadas, porém em países tropicais como o Brasil sua viabilização mostrou-se difícil no passado, mas atualmente com o aquecimento global, o aumento da população urbana, e consequentemente de ilhas de calor e intensificação a degradação ambiental, o conceito voltou a ganhar espaço (BERARDI; GHAFARIANHOSEINI; GHAFARIANHOSEINI, 2014a; COX, 2000).

De acordo com Barbirato; Souza e Torres (2007) adequar o ambiente construído ao clima de um determinado local significa construir espaços que possibilite ao homem melhores condições de conforto, além de permitir a valorização dos aspectos culturais, sociais e ambientais.

Em construções as coberturas verdes são utilizadas na superfície das edificações, segundo Perussi (2016) a estrutura das coberturas verdes (Figura 4) se definem em camadas:

A cobertura consiste na sobreposição de diversas camadas sobre uma superfície estrutural, as quais de modo geral incluem: membrana a prova de água (impermeabilização), sistema de drenagem, substrato (meio de crescimento da vegetação) e plantas. Esse sistema construtivo pode ser parte de uma produção pré-fabricada ou cada camada pode ser instalada separadamente na obra, o que é definido com base nos objetivos e restrições de cada projeto.

**Figura 4:** Camadas da cobertura verde

Fonte: Alberto *et al.* (2012)

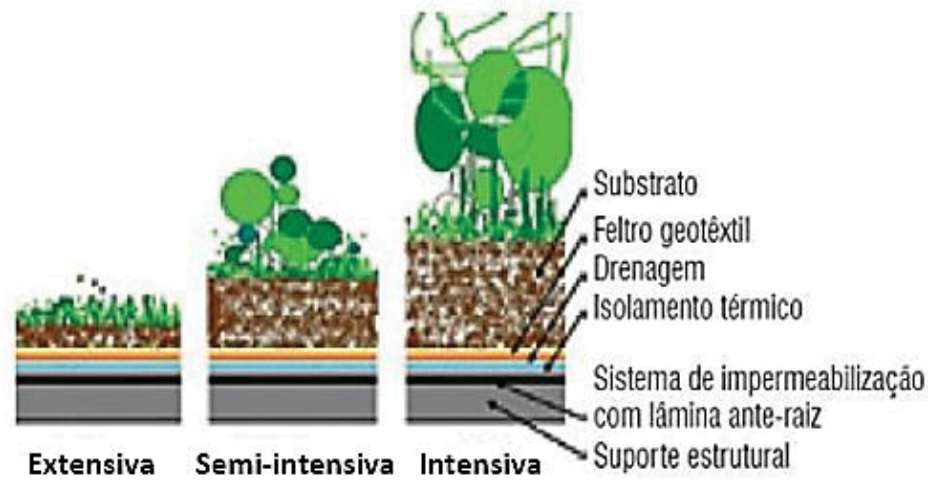
Pesquisas sobre coberturas verdes têm um longo histórico nas regiões temperadas, no entanto, existe uma carência em informação sobre os tipos de plantas para coberturas verdes que melhor se adaptem ao clima das regiões tropicais (OLIVEIRA *et al.*, 2010).

Johnston e Newton (2004) sugerem que estas plantas sejam preferencialmente nativas, adaptadas ao clima local, com crescimento rasteiro, tenham maior área foliar, raízes curtas, que demandem menor manutenção de regas e podas e que apresentem elevada capacidade de resistência a estresses climáticos.

### 3.2.1. Tipos de coberturas verdes

Os telhados verdes podem ser classificados como intensivos, semi-extensivos ou extensivos conforme ilustra a Figura 5, de acordo com a profundidade do substrato e das plantas utilizadas (BERARDI; GHAFFARIANHOSEINI; GHAFFARIANHOSEINI, 2014).

**Figura 5:** Camadas e espessuras para coberturas verdes



Fonte: Adaptado de Correa (2019).

A cobertura verde intensiva são estruturas com camada de substrato mais espessa, permitindo uma maior variedade de plantas, apesar de possuir irrigação e manutenções regulares (SHAFIQUE; KIM; RAFIQ, 2018).

O sistema intensivo que é elaborado por espécies de grande porte (árvores e arbustos), é a que mais se assemelha a um jardim, porém é o tipo que requer maior cuidado e manutenção, seu substrato pode variar aproximadamente em uma faixa de 10 cm a 1,2 m de espessura, dependendo da espécie a ser implantada não devem ser inseridas em telhados inclinados, devido ao risco de deslizamento, a Figura 6 ilustra este tipo de sistema (FERRAZ, 2012).

**Figura 6:** Telhado verde do tipo intensivo



Fonte: AMBIENTE BRASIL (2019)

Os telhados verdes semi-intensivo ilustrado na Figura 7, tem características intermediárias ao intensivo e extensivo (SHAFIQUE; KIM; RAFIQ, 2018), seu substrato tem faixa de 12 a 25 cm de profundidade, este tipo de sistema suporta espécies médias, como arbustos, requerendo manutenção periódica e sua inclinação é inversamente proporcional à espessura do substrato (FERRAZ, 2012).

**Figura 7:** Telhado verde do tipo semi-intensivo



Fonte: AMBIENTE BRASIL (2019)

Os telhados com cobertura extensiva requerem irrigação regular, sendo leves que podem ser instalados em telhados inclinados até 45° (deve possuir malha estrutural para evitar deslizamento) (FERRAZ, 2012; SHAFIQUE; KIM; RAFIQ, 2018).

Segundo Ferraz (2012) a cobertura verde extensiva ilustrado na Figura 8 não é feita para o uso público essencialmente; não que isto não seja possível, mas este tipo de cobertura geralmente é construído para atenuar os efeitos das águas pluviais na rede pública. Portanto, necessita de vegetação de pequeno porte, espécies rústicas e rasteiras (grama e forrações), sendo que a espessura do substrato pode variar de 6 a 20 cm (FERRAZ, 2012).

**Figura 8:** Telhado verde do tipo extensivo



Fonte: ECO CASA (2011)

### 3.2.2. Benefícios do uso

De acordo com Teotónio; Silva e Cruz (2018) além do impacto estético na paisagem urbana, os sistemas de telhados verdes podem proporcionar benefícios adicionais em termos de proteção ambiental e qualidade de vida.

As razões para adoção desses sistemas dependem do tipo de usuário/ investidor, tipo do edifício, contexto social e econômico (BERARDI; GHAFARIANHOSEINI; GHAFARIANHOSEINI, 2014b; GUERRA JUNIOR, 2013; TEOTÓNIO et al., 2020).

Infraestrutura verde vem sendo utilizada, especialmente, em cidades europeias e norte-americanas, como mecanismo de desenvolvimento sustentável (LAWLOR, 2006), que segundo Liberalesso et al. (2020) restaura as funções ecológicas e hidrológicas.

Este tipo de infraestrutura consegue imitar processos naturais para melhorar a qualidade do ambiente e da água, restaurando parcialmente a função hidrológica da paisagem urbana (EPA, 2015), estas infraestruturas incluem as integrações de superfícies vegetais em edifícios, tendo grande potencial para mitigar impactos de áreas urbanas densas, abrangendo benefícios sociais, econômicos e ambientais (LIBERALESSO et al., 2020; TEOTÓNIO et al., 2020).

Dentre os diversos benefícios encontrados na literatura (Quadro 1), tem-se:

- Conforto térmico e eficiência energética;
- Redução dos níveis de poluição;
- Diminuição dos efeitos de ilhas de calor urbanas;
- Diminuição dos níveis de ruído externo no interior das edificações;
- Aumento da vida útil da cobertura;

- Proteção contra incêndio;
- Aporte a biodiversidade;
- Uso do espaço para recreação e lazer;
- Retenção de água da chuva prevenindo e/ou minimizando inundações e enchentes;
- Melhoria da qualidade de vida (saúde física e mental);
- Integração do espaço com a natureza.

**Quadro 1:** Síntese dos benefícios das coberturas verdes

<b>Autor/Ano</b>	<b>Título</b>	<b>Periódico</b>	<b>Benefício</b>
Teotónio <i>et al.</i> (2020)	Decision support system for green roofs investment in residential buildings	Journal of Cleaner Production	
Knaus e Haase (2020)	Green roofs effects on daytime heat in a prefabricated residential neighbourhood in Berlin, Germany	Urban Forestry & Urban Greening	
Polo-Labarrios <i>et al.</i> (2020)	Comparison of thermal performance between green roofs and conventional roofs	Cases Studies in Thermal Engineering	
Zinzi e Agnoli (2012)	Cool and green roofs. An energy and comfort comparison between passive cooling and mitigation urban heat island techniques for residential buildings in the Mediterranean region	Energy and Buildings	Conforto térmico e eficiência energética
Baniassadi <i>et al.</i> (2018)	Direct and indirect effects of high-albedo roofs on energy consumption and thermal comfort of residential buildings	Energy and Buildings	
Teotónio <i>et al.</i> (2020)	Decision support system for green roofs investment in residential buildings	Journal of Cleaner Production	
Shafique; Xue e Luo (2020)	An overview of carbon sequestration of green roofs in urban areas	Urban Forestry & Urban Greening	
Speak <i>et al.</i> (2012)	Urban particulate pollution reduction by four species of green roof vegetation in a UK city	Atmospheric Environmental	Redução dos níveis de poluição
Tomson <i>et al.</i> (2021)	Green infrastructure for air quality improvement in street canyons	Environmental International	

Zinzi e Agnoli (2012)	Cool and green roofs. An energy and comfort comparison between passive cooling and mitigation urban heat island techniques for residential buildings in the Mediterranean region	Energy and Buildings	Diminuição dos efeitos de ilhas de calor urbanas
Tsegaye <i>et al.</i> (2019)	Planning and selection of green roofs in large urban areas. Application to Madrid metropolitan area	Urban Forestry & Urban Greening	
Sanchez e Reames (2019)	Cooling Detroit: A socio-spatial analysis of equity in green roofs as an urban heat island mitigation strategy	Urban Forestry & Urban Greening	
Sakieh <i>et al.</i> (2017)	Green and calm: Modeling the relationships between noise pollution propagation and spatial patterns of urban structures and green covers	Urban Forestry & Urban Greening	Diminuição dos níveis de ruído externo no interior das edificações
Zhang e He (2021)	Towards green roof implementation: Drivers, motivations, barriers and recommendations	Urban Forestry & Urban Greening	
Zhang e He (2021)	Towards green roof implementation: Drivers, motivations, barriers and recommendations	Urban Forestry & Urban Greening	Aumento da vida útil da cobertura
Berardi; Ghaffarianhoseini e Ghaffarianhoseini (2014)	State-of-the-art analysis of the environmental benefits of green roofs	Applied Energy	Proteção contra incêndio
Cristiano; Deidda e Viola (2021)	The role of green roofs in urban Water-Energy-Food-Ecosystem nexus: A review	Science of the total Environmental	Aporte a biodiversidade
Tsegaye <i>et al.</i> (2019)	Cooling Detroit: A socio-spatial analysis of equity in green roofs as an urban heat island mitigation strategy	Urban Forestry & Urban Greening	Aporte a biodiversidade

Teotónio <i>et al.</i> (2020)	Decision support system for green roofs investment in residential buildings	Journal of Cleaner Production	Uso do espaço para recreação e lazer
Williams <i>et al.</i> (2019)	Appraising the psychological benefits of green roofs for city residents and workers	Urban Forestry & Urban Greening	
Berardi; Ghaffarianhoseini e Ghaffarianhoseini (2014)	State of the art analysis of the environmental benefits of green roofs	Applied Energy	Retenção de água da chuva prevenindo e/ou minimizando inundações e enchentes
Stovin <i>et al.</i> (2015)	The influence of substrate and vegetation configuration on green roof hydrological performance	Ecological Engineering	
Cristiano; Deidda e Viola (2021)	The role of green roofs in urban Water-Energy-Food-Ecosystem nexus: A review	Science of the total Environmental	
Williams <i>et al.</i> (2019)	Appraising the psychological benefits of green roofs for city residents and workers	Urban Forestry & Urban Greening	Melhoria da qualidade de vida (saúde física e mental)
Teotónio <i>et al.</i> (2020)	Decision support system for green roofs investment in residential buildings	Journal of Cleaner Production	
Liberalesso <i>et al.</i> (2020)	Green infrastructure and public policies: Na international review of green roofs and green walls incentives	Land Use Policy	Integração do espaço com a natureza
Cristiano; Deidda e Viola (2021)	The role of green roofs in urban Water-Energy-Food-Ecosystem nexus: A review	Science of the total Environmental	

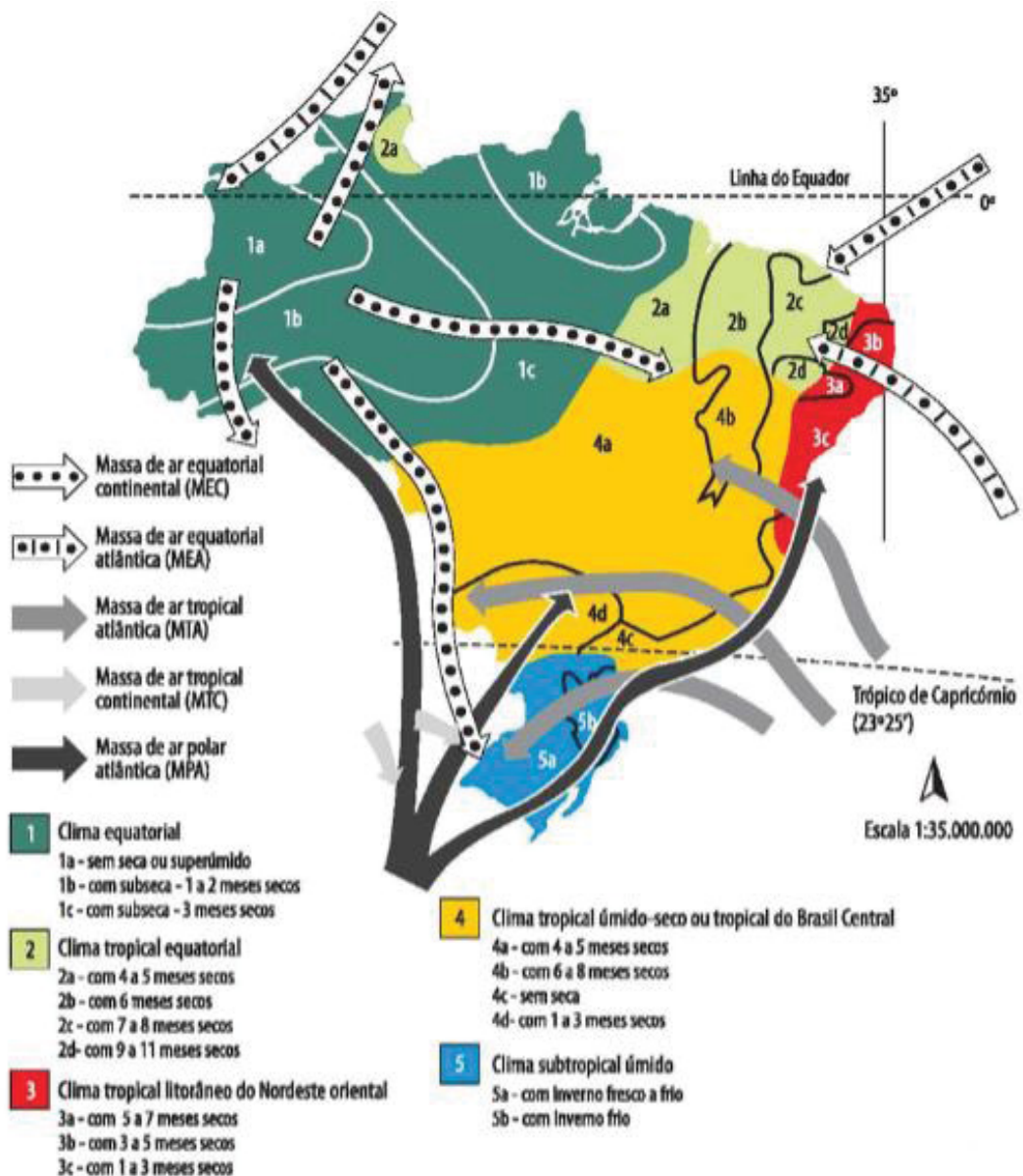
Fonte: elaborado pela autora.

### 3.3. Tipologias climáticas no Brasil

De acordo com a extensão territorial do Brasil, este apresenta uma tipologia climática relevante, estando interligado diretamente a fatores geográficos particulares e aos elementos atmosféricos (MENDONÇA; OLIVEIRA, 2007).

Para Mendonça e Oliveira (2007) a interação da vegetação e das atividades humanas com o balanço de radiação e a atmosfera dá origem a particularidades climáticas regionais e locais no cenário brasileiro. Para os autores o Brasil possui cinco macro tipos climáticos e seus respectivos subtipos que podem ser observados na Figura 9.

**Figura 9:** Domínios climáticos do Brasil e principais subtipos

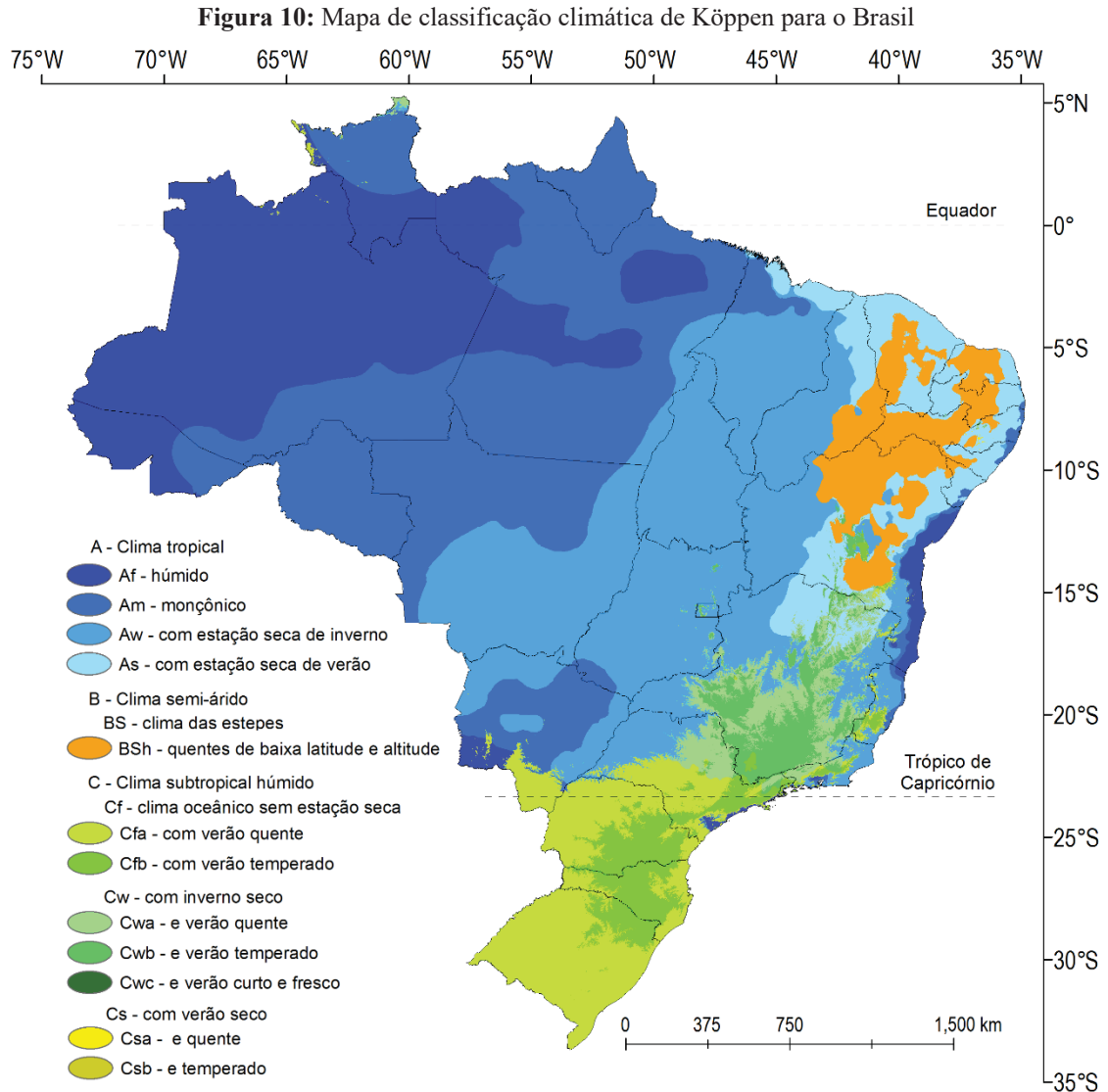


Fonte: Mendonça e Oliveira (2007).

Assim, entre os principais fatores que determinam o clima, encontram-se:

- Configuração geográfica;
- Maritimidade e/ou continentalidade;
- As altitudes de relevo;
- Extensão territorial;
- Formas do relevo;
- Dinâmica das massas de ar e frentes.

Outro estudo relevante sobre classificação climática é o de Wladimir Köppen, tal estudo é amplamente utilizado no mundo, e no Brasil o conceito foi adotado, sendo que sua classificação foi dada com base em mais de 100 estações meteorológicas. Os tipos de clima de Köppen são simbolizados por dois ou três caracteres, onde o primeiro indica a zona climática e é definido pela temperatura e precipitação, o segundo considera a distribuição da precipitação e o terceiro é a variação sazonal da temperatura (ALVARES et al., 2013). O mapa de classificação climática de Köppen adotado no Brasil é ilustrado pela Figura 10.

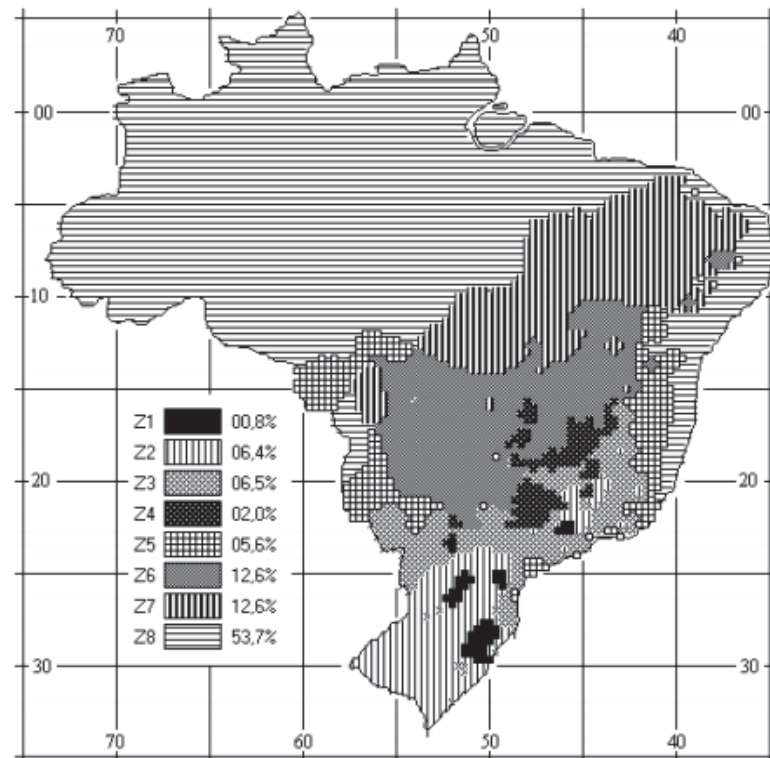


Fonte: Alvares et al. (2013)

### 3.4. Regiões bioclimáticas no Brasil

A NBR 15220-3 institui o zoneamento bioclimático brasileiro, sendo categorizado em uma divisão do território do país em oito zonas climáticas, a norma apresenta recomendações de estratégias para condicionamento térmico em habitações de interesse social (MARTINS; BITTENCOUT; KRAUSE, 2012).

Uma análise de dados climáticos entre o período de 1931 a 1990, resultou na divisão de oito zonas bioclimáticas do território brasileiro, sendo classificados por meio da Carta Bioclimática de Givoni em 1992 adaptada para o país (MARTINS; BITTENCOUT; KRAUSE, 2012), como pode ser observado na Figura 11.

**Figura 11:** Zoneamento bioclimático brasileiro

Fonte: ABNT (2005)

A divisão bioclimática se baseia principalmente nas condições de clima e vegetação, cada zona bioclimática tem critérios estabelecidos para verão e inverno (MARTINS; BITTENCOUT; KRAUSE, 2012), as características de cada zona bioclimática pode ser observada na Tabela 1.

**Tabela 1:** Características das Zonas Bioclimáticas

Região bioclimática	Característica
Zona 1	Regiões frias, apresentam desconforto bioclimático, principalmente devido ao frio.
Zona 2	Regiões mais ao sul do país, clima variando de ameno a frio, com estações bem definidas.
Zona 3	Zona de clima mais ameno, com verão e inverno bem-marcados.
Zona 4	Zona com clima mais árido, onde a amplitude térmica varia mais durante o dia do que o ano, ou seja, possui grande variedade de temperatura entre o dia e a noite.
Zona 5	Zona de clima ameno, com verão e inverno bem-marcados.

Zona 6	Regiões com baixas amplitudes anuais, normalmente localizadas no interior.
Zona 7	Regiões de clima quente, com pouca variação ao longo do ano, tendo estações bem definidas como de seca e de chuva.
Zona 8	Regiões de clima quente úmido.

Fonte: ELETROBRAS (2014)

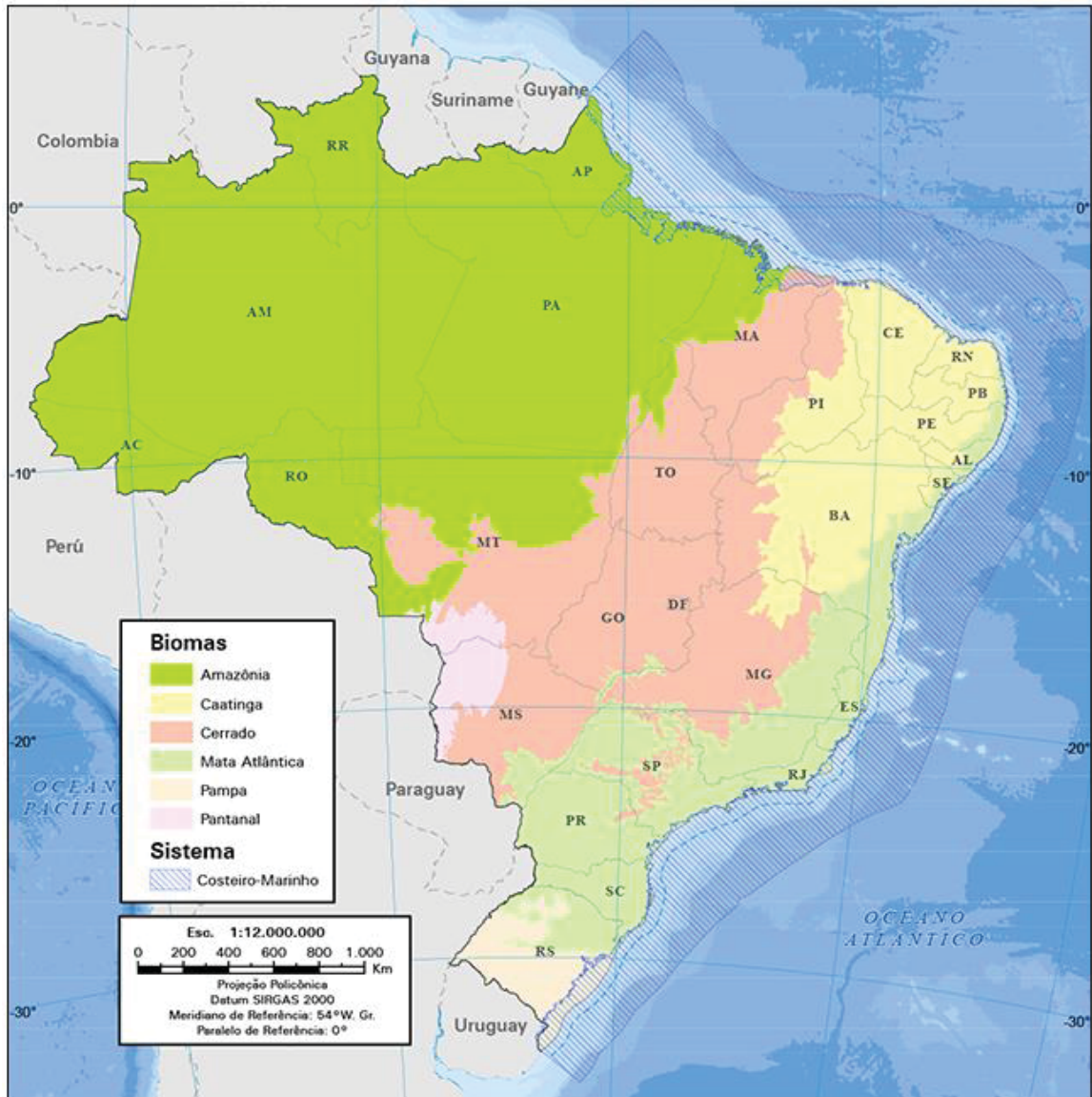
### 3.5. Biomas brasileiros

A palavra bioma foi utilizada pela primeira vez pelo ecólogo Frederic Clements, tendo significado (bios=vida e oma=grupo), para se referir a comunidade de plantas e animais (NASCIMENTO; RIBEIRO, 2017).

Com base em uma ótica mais abrangente e atual, bioma representa uma área homogênea em relação às suas características vegetacionais, climáticas, pedológicas e altimétricas, disposta em escala regional e influenciada pelos mesmos processos de formação (COUTINHO, 2006).

Segundo Nascimento e Ribeiro (2017) devido a suas dimensões continentais (8.516.000 km<sup>2</sup>), o Brasil é constituído por uma diversidade de características físicas, sociais, culturais e populacionais, o que confere seis diferentes biomas, denominados de: Amazônia, Caatinga, Cerrado, Mata Atlântica, Pantanal e Pampa, como observado na Figura 12.

**Figura 12:** Mapa dos biomas brasileiros



Fonte: IBGE - Instituto Brasileiro de Geografia e Estatística (2000)

Com relação ao clima, cada bioma possui suas características como descrito na Tabela 2:

**Tabela 2:** Clima dos biomas

<b>Bioma</b>	<b>Clima</b>
Amazônia	Quente e úmido
Caatinga	Semi-árido
Mata Atlântica	Tropical-úmido
Pantanal	Tropical continental
Pampa	Temperado
Cerrado	Tropical sazonal

Fonte: Adaptado de Nascimento e Ribeiro (2017).

### 3.6. Arquitetura bioclimática

Segundo Bagnati (2013) buscar a arquitetura adequada ao clima é o mesmo que idealizar espaços que viabilizem as condições de conforto ao indivíduo. As autoras Frota e Schiffer (2001) afirmam:

“À arquitetura cabe, tanto amenizar as sensações de desconforto impostas por climas muito rígidos, tais como os de excessivos calores, frio ou ventos, como também propiciar ambientes que sejam, no mínimo, tão confortáveis como os espaços ao ar livre em climas amenos. “

Maragno (2002) define Arquitetura Bioclimática como sendo aquela que se baseia na aplicação de elementos arquitetônicos de forma correta e de tecnologias construtivas em relação às características climáticas do local da construção, melhorando o nível de conforto dos ocupantes da edificação e, ao mesmo tempo, poupando energia.

Segundo Serrador (2008) a arquitetura bioclimática está relacionada com a busca por uma maior integração entre a edificação e os ambientes físico, socioeconômico e cultural nos quais ela está inserida, por meio do uso de materiais locais, formas e técnicas tradicionais, reduzindo o impacto ambiental da construção e o consumo energético gerado durante todo o processo de construção. Para isso, a edificação deve ser projetada visando a adequação ao clima local e de outros condicionantes naturais como o sol, ventos, topografia e a vegetação, podendo assim aproveitar ao máximo os recursos naturais disponíveis em prol de garantir uma maior eficiência energética na edificação não deixando de promover o conforto físico de seus ocupantes (CORBELLA, 1985; GUERRA, 2016; MANZANO-AGUGLIARO et al., 2015).

#### 4. METODOLOGIA

O presente trabalho foi realizado uma revisão bibliográfica sistemática adaptada (RBS) a partir do referencial metodológico fornecido pela Collaboration for Environmental Evidence (CEE).

Trata-se de um método qualitativo, com intenção de identificar o estado da arte sobre as diretrizes e recomendações de projetos de coberturas vegetais em perspectiva dos biomas e clima no Brasil.

A revisão de literatura serve primariamente para identificar, avaliar e interpretar as pesquisas disponíveis para um assunto específico, sendo que a técnica pode sintetizar as evidências encontradas sobre o tema, identificando lacunas de conhecimento e servir de base teórica para o desenvolvimento da pesquisa (KITCHENHAM, 2004).

Este tipo de metodologia consiste em uma revisão planejada para responder uma pergunta específica, utilizando, portanto, métodos explícitos e sistemáticos, coletando dados de diversos estudos existentes (GOLDENBERG; GUIMARÃES; CASTRO, 2021).

Sampaio e Mancini (2007) afirmam que esse tipo de estudo resulta em um resumo das evidências concatenadas a uma estratégia de intervenção específica, por intermédio da aplicação de métodos explícitos e sistematizados de busca, apreciação crítica e síntese da informação selecionada.

A RBS consiste em duas etapas principais: (1) planejamento da revisão, (2) condução da revisão e (3) disseminação dos resultados (CEE, 2013). Sua sistematização pode ser observada no Quadro 2.

**Quadro 2:** Etapas de uma revisão sistemática

1) Planejamento da Revisão Sistemática	- Identificação da necessidade de uma revisão - Desenvolvimento de um protocolo de revisão
2) Condução da Revisão	- Identificação da Pesquisa - Seleção de Estudos Primários - Avaliação da Qualidade de Estudo - Extração e monitoramento dos dados - Síntese dos dados
3) Disseminação dos Resultados	- Interpretar e analisar os dados - Conclusões e limitações dos dados - Recomendações

Fonte: Adaptado de CEE (2013)

Considerando o objetivo deste trabalho, foi formulada a seguinte pergunta norteadora:

“Quais espécies vegetais são mais indicadas para projetos de telhados verde de acordo com o bioma e/ou clima da região a ser instalada?”

A pesquisa foi definida de acordo com a fonte de pesquisa, idioma, período, tipos de documentos e escolha das palavras-chave. A partir dos conceitos de análise, os resultados da revisão foram organizados segundo questões guias indicadas no Quadro 3. Tal procedimento foi aplicado no sentido da formação de um panorama advindo da literatura acadêmica sobre a escolha da vegetação para projetos de telhados verdes, frente ao clima e/ou bioma da região.

**Quadro 3:** Síntese da metodologia de revisão bibliográfica aplicada.

<b>Etapas</b>	<b>Descrição</b>	
<b>I - Planejamento da revisão</b>		
a) Definição da pergunta norteadora	A escolha da espécie vegetal a ser instalada em telhados verdes levam em consideração o clima?	
b) Componentes da pergunta de pesquisa	Espécie:	Espécies vegetais mais indicadas
	Bioma e/ou clima:	Região da espécie
	Resultados:	Sistematização das espécies vegetais mais indicadas
<b>II - Condução da revisão</b>		
a) Bases de dados acessadas	Fontes de dados selecionadas	Definição dos termos de busca
	Scopus (Elsevier), Science Direct, Web of Science e Banco de dados Tese USP	((("light green cover" OR "green roof" OR "living roof") AND ("brazil") AND ("climate" OR "bioclimate" OR "biome" OR "tropical climate" OR "Temperate climate")))
b) Critério de elegibilidade	Observando todos os campos de busca, foram selecionados à análise os artigos que consideraram a escolha da vegetação em detrimento do clima na implementação do telhado verde.	
c) Triagem	A partir de softwares de gerenciamento bibliográfico, foram (i) eliminadas as duplicadas de artigos resgatados nas múltiplas pesquisas; e (ii) aplicado o critério de elegibilidade acima. Apenas os textos redigidos em inglês foram considerados; (iii) marcação temporal 2001 a 2021; (iv) excluídos artigos de conferências sem acesso ao trabalho completo.	
d) Análise crítica	Aos artigos selecionados à análise foram categorizados a partir de uma análise de conteúdo.	

III - Confeção do artigo	Redação do presente artigo e apresentação dos resultados e discussões suscitadas a partir da análise de conteúdo desenvolvido.
--------------------------	--

**Fonte:** Elaboração própria.

As bases de dados são capazes de oferecerem resultados consistentes, sendo escolhidas as plataformas da Elsevier como Scopus e ScienceDirect, Web of Science e a Biblioteca Digital de Teses e Dissertações da Universidade de São Paulo, ilustrado na Tabela 3.

**Tabela 3:** Base de dados utilizadas para a RBS

Base de dados	Endereço eletrônico
Scopus	<a href="https://www.elsevier.com/pt-br">https://www.elsevier.com/pt-br</a>
ScienceDirect	<a href="https://www.sciencedirect.com/">https://www.sciencedirect.com/</a>
Web of Science	<a href="http://www.periodicos.capes.gov.br/">http://www.periodicos.capes.gov.br/</a>
Biblioteca Digital USP (teses e dissertações)	<a href="https://www.teses.usp.br/">https://www.teses.usp.br/</a>

Sampaio e Mancini (2007) concluem que “boas revisões sistemáticas são recursos importantes ante o crescimento acelerado da informação científica. Esses estudos ajudam a sintetizar a evidência disponível na literatura sobre uma intervenção”.

E por fim, para auxiliar a sistematização dos dados, as publicações foram classificadas em critérios que puderam identificar o princípio da construção e seus objetivos, estes são demonstrados no Quadro 4.

**Quadro 4:** Critérios de classificação dos telhados verdes

Descrição dos critérios de classificação	
(1) Tipo de cobertura verde	(1.1) Intensiva
	(1.2) Extensiva
	(1.3) Semi Intensiva
	(1.4) NA
(2) Aplicação do estudo:	(2.1) Experimental
	(2.2) Simulação
(3) Indicação relacionado a parâmetros ambientais:	(3.1) Comportamento térmico
	(3.2) Controle hidrológico
	(3.3) Características paisagísticas
	(3.4) Qualidade do ar
	(3.5) Consumo energético
	(3.6) Solo (substrato)

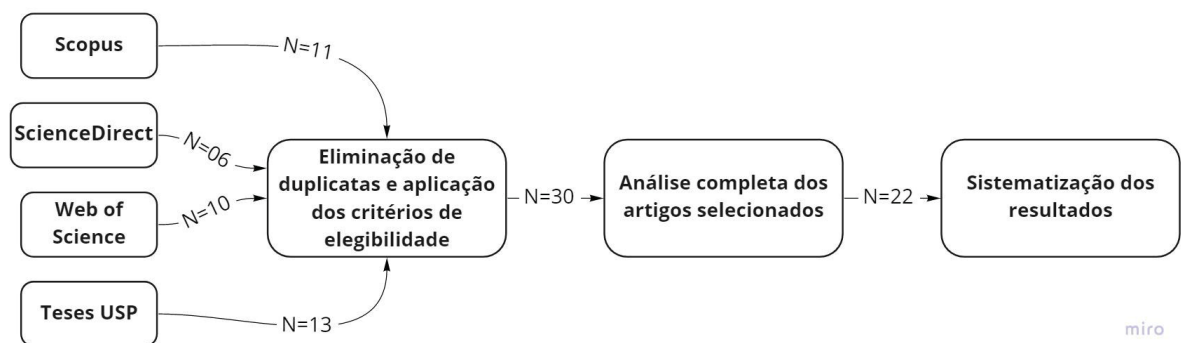
**Fonte:** Elaboração própria.

## 5. RESULTADOS E DISCUSSÕES

### 5.1. Aspectos quantitativos da revisão realizada

A RBS foi realizada seguindo as etapas de planejamento descritas no Quadro 3 e fundamentadas nos passos indicados pela Collaboration For Environmental Evidence (CEE, 2013). A Figura 13 apresenta a quantidade e seleção dos artigos/documentos resgatados ao longo da revisão. Inicialmente com a busca por palavras-chave em cada base de dados foram encontrados no total 40 publicações, assim, com a aplicação dos critérios de elegibilidade e eliminação de duplicatas, foram totalizadas 30 publicações e por fim com a leitura completa foram identificadas 22 publicações elegíveis para sistematização de resultados.

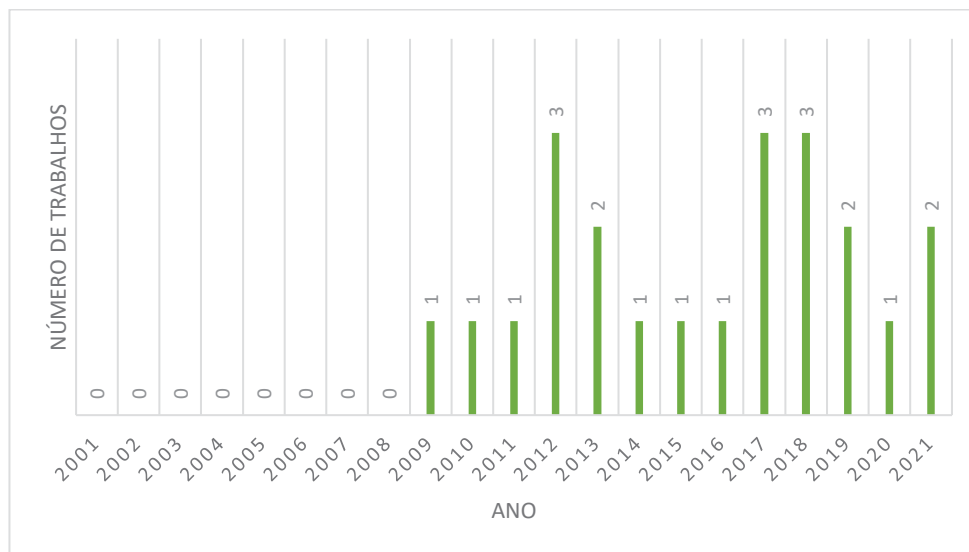
**Figura 13:** Quantidade de artigos obtidos e selecionados em cada etapa da RBS



**Fonte:** Elaboração própria. N representa o número de artigos

Sendo a busca pelos trabalhos realizada no período de 2001 a 2021, nota-se que nos anos iniciais da busca não houve publicações, surgindo apenas a partir de 2009. Willes (2014) afirma que no conceito de Green Architecture, os telhados verdes retornam agregando um conceito atual de telhados verdes. O mesmo autor distingue que os novos telhados verdes se distinguem dos utilizados no passado.

No mundo contemporâneo as questões de sustentabilidade e as climáticas vem ganhando espaço e são pautas muito discutidas nos últimos anos, a Figura 14 ilustra a quantidade de publicações obtidas na revisão que sistematizou os resultados deste trabalho. No Quadro 6 as publicações são dispostas em título, ano e código de referência.

**Figura 14:** Quantidades de publicações obtidas na revisão

Fonte: Elaboração própria.

**Quadro 5:** Relação de trabalhos selecionados na RBS

Artigos selecionados	Ano	Referência
Análise de sistemas híbridos em estabelecimentos assistenciais de saúde (EAS) visando o conforto térmico e redução de consumo energético	2012	A01
Análise do comportamento térmico de uma cobertura verde leve (CVL) e diferentes sistemas de cobertura	2010	A02
Analysis of the impacts of retrofit actions on the life cycle energy consumption of typical neighbourhood dwellings	2019	A03
Attenuating heat stress through green roof and green wall retrofit	2018	A04
Avaliação do potencial de uso de três espécies vegetais como cobertura leve de telhados em edificações	2011	A05
Characterizing leaf area index of rooftop farm to assess thermal-energy performance by simulation	2021	A06
Climatologia aplicada à arquitetura: investigação experimental sobre a distribuição de temperaturas internas em duas células de teste	2015	A07
Coberturas vivas, algumas observações técnicas para a sua implantação	2013	A08
Comportamento térmico de um sistema de cobertura verde: um experimento utilizando plataformas de teste	2016	A09
Equações preditivas para determinar a temperatura interna do ar: envoltentes em painel alveolar com cobertura verde	2009	A10
Green roof: Simulation of energy balance components in Recife, Pernambuco State, Brazil	2018	A11
Influence of microclimate on the effect of green roofs in Southern Brazil - A study coupling outdoor and indoor thermal simulations	2021	A12
Integrating conventional and green roofs for mitigating thermal discomfort and water scarcity in urban areas	2019	A13
Investigation of green roof thermal performance in temperate climate: A case study of an experimental building in Florianópolis city, Southern Brazil	2011	A14

O desempenho térmico de um sistema de cobertura verde em comparação ao sistema tradicional de cobertura com telha cerâmica.	2012	A15
Resposta térmica de edificações com envolventes vegetais: coberturas verdes e fachadas verdes	2017	A16
Substrates for cultivating herbaceous perennial plants in extensive green roofs	2017	A17
Tecnologias em telhados verdes extensivos: meios de cultura, caracterização hidrológica e sustentabilidade do sistema	2014	A18
Telhado verde: impacto positivo na temperatura e umidade do ar. O caso da cidade de São Paulo	2013	A19
Thermal and hydrological performance of extensive green roofs in Amazon climate, Brazil	2020	A20
Thermal comfort in rural buildings with green roofs	2018	A21
Thermal performance simulation of green roof on social housing in hot and dry climate in Brazil	2017	A22

Fonte: Elaboração própria.

Em relação ao projeto do telhado verde, as publicações foram categorizadas de acordo com o Quadro 6, sendo assim, 63,6% das publicações trabalharam com vegetação extensiva e aproximadamente 77,3% abordaram questões relacionadas ao comportamento térmico, principalmente relacionado a climatização.

**Quadro 6:** Categorização dos telhados verdes

Referência	1.1	1.2	1.3	1.4	2.1	2.2	3.1	3.2	3.3	3.4	3.5	3.6
A01				■		■	■		■	■	■	
A02		■			■		■					
A03				■		■					■	
A04					■		■					
A05		■			■		■					
A06		■				■					■	
A07		■			■		■					
A08	■	■	■	■	■	■	■	■	■	■	■	■
A09		■			■		■					
A10		■			■		■					
A11				■		■	■					
A12	■					■	■					
A13		■				■	■	■				
A14		■			■		■					
A15		■			■		■				■	
A16		■				■	■					
A17		■			■							■
A18		■										■
A19	■					■	■					

A20												
A21												
A22												

Fonte: Elaboração própria.

O trabalho de referência A08 trata-se de um Estado da Arte, relacionado a técnicas e implementação de telhados verdes, ainda que não aborde um experimento, traz contribuições importantes sobre vegetação e clima que serão levados em consideração neste trabalho.

## 5.2. Condições climáticas na projeção de telhados verdes

As características climáticas desempenham um papel fundamental ao desenvolvimento dos telhados verdes, sendo que o projeto leva em consideração o melhor aproveitamento das condições climáticas locais e escolha das melhores espécies de vegetação (PARIZOTTO; LAMBERTS, 2011).

Muitos autores utilizaram o software Energy Plus, que é utilizado para simulação energética configurado para modelar edifícios com todas as formas associadas ao fluxo de energia. Grimm (2012) informa que o software é capaz de calcular as cargas térmicas de aquecimento e resfriamento para que se tenha conforto térmico dentro de uma faixa determinada no programa.

Cunha *et al.* (2021) que utilizaram o software *EnergyPlus*, afirma que este adota uma série de variáveis que envolvem o equilíbrio térmico de um telhado verde, como as características da vegetação, o substrato e a radiação solar.

Alguns trabalhos como os de Negreiros *et al.* (2017) utilizam dados relativos as condições externas retirados de software, no estudo dos autores é utilizado dados de clima do software *EnergyPlus Weather File* (EPW), que são coletados através de estações meteorológicas do INMET (Instituto Nacional do Brasil de Meteorologia). Pode-se verificar que os autores evidenciam características da área de estudo, neste caso o trabalho experimental foi utilizado sistemas intensivos em área de clima quente e seco no Nordeste do Brasil, realizado na cidade de Mossoró - RN.

Os autores Krebs e Johansson (2021) simularam os cálculos para microclima utilizando os softwares *ENVI-met* 4.0.3 e *EnergyPlus*, sendo que o microclima é relacionado com a qualidade do ar interior e o conforto térmico e salientam que edifícios ventilados naturalmente dependem da interação com o ambiente local. Neste estudo os autores concluíram que os telhados verdes constituem uma medida relativamente barata para melhoria do conforto térmico

em edifícios residenciais em zonas climáticas subtropicais em Porto Alegre, porém no mesmo clima não há melhoria no inverno.

Verifica-se que os autores que utilizam software o requerem pois este auxilia em simulações de diversas situações climáticas e seu desempenho térmico, mas não com o objetivo de escolher a vegetação mais adequada, porém pelos dados climáticos pode-se buscar as que melhor se adequam a situação simulada.

O artigo de Santos *et al.* (2019) fornece informações de plantas relacionadas ao clima semiárido, o estudo foi conduzido no município de Caruaru - PE, os autores utilizaram uma vegetação típica do semiárido, o cacto (*Melocactus bahiensis*), tal planta sobrevive em solos pobres de nutrientes, com escassez de água, sob radiação solar intensa e altas temperaturas.

Para avaliar as condições da vegetação em ambientes externos, a fim de relacioná-los as características climatológicas, no artigo de Costa *et al.* (2018) foi utilizado modelos para registro de dados, afim de identificar medidas de temperatura do ar e umidade relativa e ainda foi utilizado sensores para medir elementos micrometeorológicos.

No trabalho de Sartori e Calmon (2019) os autores realizaram uma análise de avaliação de ciclo de vida com objetivo de remodelar estruturas de edifícios com medidas sustentáveis para analisar o consumo de energia e emissões de efeito estufa, sendo que dentre as alternativas estudadas encontra-se o telhado verde. O trabalho se baseou em um estudo de caso no município de Vitória - ES, os autores utilizam a descrição climática de acordo com o zoneamento bioclimático brasileiro, sendo, portanto, caracterizado pela zona ZB8 de clima quente e úmido ao longo do ano.

Orienta-se a utilizar espécies nativas no uso da cobertura dos telhados, pois estes terão maior adaptabilidade ao clima. A grama-batatais (*Paspalum notatum*) é rasteira e nativa do Brasil, tem alta resistência a seca e ao sol. A grama-amendoim (*Arachis repens*) é uma herbácea rasteira, nativa do Brasil, muito presente em regiões do cerrado e costeiras do país, resistente ao sol, tolera condições de má drenagem e ao encharcamento temporário. A grama-preta (*Ophiopogon*) é uma herbácea originada da China e Japão (BEATRICE, 2011).

A grama-amendoim, a grama-batatais e a grama-preta foram utilizadas no trabalho de Beatrice (2011) realizado na cidade de São Carlos - SP, sendo seu clima caracterizado de acordo com a dinâmica de circulação de massas de ar, onde é definido como clima tropical alternadamente úmido e seco, com uma estação chuvosa (verão) e outra seca (inverno), a autora descreve as massas de ar e cita valores de precipitação, temperatura média e umidade relativa.

Em outro trabalho realizado no município de São Carlos - SP, encontra-se o de Perussi (2016), o autor detalha as massas polares predominantes da região e utiliza a classificação de

Koppen-Geiger que para a região é a Cwa, sendo caracterizada em clima controlado por massas equatoriais e tropicais, e climas tropicais alternadamente secos e úmidos, utilizando em seus experimentos a espécie *Arachis pintoi*, nativa do cerrado.

A grama-amendoim também foi utilizada no trabalho de Ferraz (2012), realizado na cidade de São Paulo - SP e classificado com clima tropical de altitude, sua espécie tem geometria favorável ao desempenho térmico, além de sua função ornamental. Esta é nativa do Brasil, e, portanto, está habituada as variações climáticas do Brasil.

Poucos trabalhos relacionam algum tipo de legislação vigente para telhados verdes, mas o trabalho de Omar et al. (2018) especifica a importância a relação do clima com a infraestrutura do telhado. Em Recife a lei municipal nº 18.112 de 2015 obriga edifícios habitados acima de quatro andares ou edifícios desabitados com mais de 400m<sup>2</sup> de área coberta de área coberta, a implementação de telhados verdes, sendo que a referida lei especifica que as estruturas devem resistir ao clima tropical do município (RECIFE, 2015).

Os resultados obtidos das análises da RBS considerando vegetação, localidade e tipologia climática são sintetizados no Quadro 7.

**Quadro 7:** Clima e espécies adotadas em telhados verdes sistematizada pela RBS

<b>Espécie utilizada</b>	<b>Local de estudo:</b>	<b>Tipologia climática:</b>
	Suzano - SP	Dados climáticos obtidos por software
Gramma esmeralda - <i>Zoysia japonica</i>	São Carlos	Classificação de Koppen Tropical de altitude Cwa Climatologia Dinâmica - massas equatoriais e tropicais
	Vitória - ES	Zona Bioclimática ZB8 - clima quente e úmido ao longo do ano
<i>Crassula</i> <i>Lycopodioides</i> , <i>Crasula</i> <i>Ovalata</i> , <i>Echeveria</i> , <i>Callisia Repens</i> , <i>Sedum</i> , <i>Pachyveria</i> e <i>Tradescantia</i>	Rio de Janeiro - RJ	Clima quente e úmido
Gramma amendoim ( <i>Arachis repens</i> ) Gramma preta ( <i>Ophiopogon japonicus</i> ) Gramma-batatais ( <i>Paspalum notatum</i> )	São Carlos	Clima tropical
Espécies de tomate e alface	Pelotas - RS	Classificação de Koppen-Geiger Cfa e Zoneamento bioclimático zona 2

Gramma-batatais - <i>Paspalum notatum</i>	Itirapina - SP	Descreve o clima em relação a predominância das massas de ar, sendo a estação seca predominada pela massa de ar Tropical e Polar Atlântica e a estação chuvosa com a massa Equatorial Continental
<i>Arachis pintoii</i>	Itirapina - SP	Classificação de Koppen-Geiger Cwa. Região de clima controlado por massas equatoriais e tropicais, sendo caracterizado por climas tropicais alternadamente secos e úmidos. O autor detalha as massas polares predominantes da região,
Gramma batatais - <i>Paspalum notatum</i>	São Carlos	
	Recife - PE	Classificação de Koppen As - período tropical chuvoso
<i>Tabebuia chrysotricha</i> Standl	Porto Alegre - RS	Classificação de Koppen-Geiger: Cfa - temperado quente subtropical com estações quentes e frias distintas Zona bioclimática 03
Cacto ( <i>Melocactus bahiensis</i> ), tal planta sobrevive em solos pobres de nutrientes, com escassez de água, sob radiação solar intensa e altas temperaturas.	Caruaru - PE	Semi-árido
<i>Bulbine frutescens</i>	Florianópolis - SC	Clima temperado
Gramma-amendoim ( <i>Arachis repens</i> )	São Paulo - SP	Clima tropical de altitude
<i>Thumbergia grandiflora</i> (fachada) Gramma batatais para cobertura - <i>Paspalum notatum</i>	Itirapina - SP	Clima tropical - classificação de Koppen Cwa
<i>Aracis repens</i> <i>Sedum acre</i>	Pinhais - PR	Classificação de Koppen Cfb - com geadas frequentes
	Piracicaba - SP	
Diversas espécies	São Paulo - SP	
Gramma japonesa <i>Zoysia japonica</i>	Belém - PA	Classificação de Koppen Am
<i>Turnera subulata</i> <i>Sphagneticola trilobata</i> <i>Ipomoea asarifolia</i>	Recife - PE	Classificação de Koppen megatérmico (As) - com inverno chuvoso

Simula a cobertura verde se baseando em dados de capacidade de calor e na espessura	Mossoró - RN	Semi-árido - com altas temperaturas o ano todo e baixa umidade relativa, clima quente e seco
---	--------------	--

**Fonte:** Elaboração própria, baseado nas publicações selecionadas da RBS.

### 5.3. Limitações na escolha da vegetação

Alguns trabalhos não atrelaram a escolha da vegetação ao clima local, apesar de serem abordados dados climáticos para o objetivo do trabalho, a vegetação por vezes foi escolhida para se adaptar ao projeto, como o caso do trabalho de Lopes (2007) que necessitava de um sistema construtivo de baixo peso, onde utilizou-se a grama esmeralda - *Zoysia japônica*, proveniente do Japão.

O trabalho de Cunha *et al.* (2021) utilizou hortaliças para cobertura do telhado e os autores citam que a fisiologia da planta sofre interferência das condições climáticas. A escolha das hortaliças (tomate e alface) são definidas levando em consideração as condições climáticas, porém a escolha da espécie foi simulada através do software EnergyPlus. Os mesmos ressaltam que as simulações são simplificadas e que cobertura para telhados verdes utilizando hortaliças são escassas.

Costa *et al.* (2018) realizaram estudos experimentais com dezesseis protótipos comparando quatro coberturas diferentes, utilizando cobertura verde com as vegetações: *Turnera subulata*, *Sphagneticola trilobata*, *Ipomoea asarifolia* e telha de fibrocimento. A avaliação dos elementos climáticos foi medida externamente, porém há uma lacuna na escolha da vegetação, não há indícios ou explicação do porquê da escolha destas espécies, mas os autores identificaram que o protótipo com a cobertura *Turnera subulata* proporcionou menor índice de desconforto térmico e melhor conforto térmico humano.

Negreiros *et al.* (2017) apesar de utilizarem programa de simulação (*Energyplus Weather File*) para explorar as características da vegetação, como o tipo de planta, altura e o índice da superfície foliar, os autores não evidenciam a espécie escolhida, portanto, não há como identificar características da vegetação relacionada a adaptação climática local.

## 6. CONCLUSÕES

Analisando os resultados obtidos nota-se que apesar das considerações climáticas para o projeto de telhado verde como todo, a escolha da vegetação em algumas ocasiões acaba levando em consideração características climáticas básicas, sendo que poucos autores se aprofundam no detalhamento do clima e da adaptabilidade da vegetação a particularidades microclimáticas.

Portanto, nota-se que a maioria se utiliza de abordagens macroclimáticas. Outro ponto relevante é que a maioria das espécies são as mais utilizadas pela literatura, não houve trabalhos que abordaram a adaptação de espécies em telhados verdes, destacando critérios de microclima.

Apesar dos resultados satisfatórios para cada objetivo traçado nos trabalhos, percebe-se que a escolha da vegetação ainda é limitada e que ainda é pouco explorada.

Outro ponto de destaque é que nenhum trabalho abordou o conceito de bioma, que tem importante papel, pois além de destacar as condições climáticas de cada bioma, a escolha da vegetação pode se basear em ser local (nativa) e ter maior adaptabilidade de acordo com a região escolhida, visto que um dos fatores que classificam o sucesso do projeto é a adaptação da vegetação, pois esta auxilia em uma maior durabilidade e longevidade da construção.

## REFERÊNCIAS

- ABNT. **NBR 15220-3 Zoneamento bioclimático e diretrizes construtivas para habitações unifamiliares de interesse social**. Rio de Janeiro: Associação Brasileira de Normas Técnicas, 2005.
- ALBERTO, E. Z. et al. **Estudo do telhado verde nas construções sustentáveis**. São Paulo. **Anais...** In: VIRONMENT WORLD CONGRESS. São Paulo: Shewc, 2012.
- ALENCAR, L. et al. Sustainability in the Construction Industry: a Systematic Review of the Literature. **Journal of Cleaner Production**, v. 289, p. 125730, 20 dez. 2020.
- ALENCAR, M. H.; PRIORI, L.; ALENCAR, L. H. Structuring objectives based on value-focused thinking methodology: Creating alternatives for sustainability in the built environment. **Journal of Cleaner Production**, v. 156, p. 62–73, 10 jul. 2017.
- ALVARES, C. A. et al. Köppen’s climate classification map for Brazil. **Meteorologische Zeitschrift**, v. 22, n. 6, p. 711–728, 1 dez. 2013.
- AMBIENTE BRASIL. **Telhados Verdes**, 2019. Disponível em: <<https://noticias.ambientebrasil.com.br/redacao/2019/06/19/152571-telhados-verdes.html>>. Acesso em: 29 ago. 2021
- ASSIS, E. S. **A abordagem do clima urbano e aplicações no planejamento da cidade: reflexões sobre uma trajetória**. Artigo apresentado em ENCAC. Maceió, 2005.
- BAGNATI, M. M. **Zoneamento bioclimático e arquitetura brasileira: Qualidade do ambiente construído**. Porto Alegre: Universidade Federal do Rio Grande do Sul, 2013.
- BANIASSADI, A. et al. Direct and indirect effects of high-albedo roofs on energy consumption and thermal comfort of residential buildings. **Energy and Buildings**, v. 178, p. 71–83, 1 nov. 2018.
- BARBIRATO, G. M.; SOUZA, L. C. L. DE; TORRES, S. C. **Clima e cidade: a abordagem climática como subsídio para estudos urbanos**. 1. ed. Alagoas: Edufal, 2007. v. 1
- BEATRICE, C. C. **Avaliação do potencial de uso de três espécies vegetais como cobertura leve de telhados em edificações**. text—[s.l.] Universidade de São Paulo, 12 ago. 2011.
- BERARDI, U.; GHAFARIANHOSEINI, A. H.; GHAFARIANHOSEINI, A. State-of-the-art analysis of the environmental benefits of green roofs. **Applied Energy**, v. 115, p. 411–428, 2014.
- BERNARDI, E. et al. An analysis of the most adopted rating systems for assessing the environmental impact of buildings. **Sustainability (Switzerland)**, v. 9, n. 7, p. 1–27, 2017.
- BRUNDTLAND, G. H. **Our Future Common**. Our Future Common. **Anais...** In: COMISSÃO MUNDIAL SOBRE MEIO AMBIENTE E DESENVOLVIMENTO. Noruega: Organização das Nações Unidas, 1987.

BRUNDTLAND, G. H. Em busca do desenvolvimento sustentável. In: **Nosso Futuro Comum**. 2. ed. Rio de Janeiro: Fundação Getúlio Vargas, 1991. v. 1p. 430.

C2ES - CENTER FOR CLIMATE AND ENERGY SOLUTIONS. **Outcomes of the U.N. climate change conference in Paris: 21**. In: CONFERENCE OF THE PARTIES TO THE UNITED NATIONS FRAMEWORK CONVENTION ON CLIMATE CHANGE. Paris: COP 21, dez. 2015. Disponível em: <<https://www.c2es.org/site/assets/uploads/2015/12/outcomes-of-the-u-n-climate-change-conference-in-paris.pdf>>

CEE, C. FOR E. E. **Guidelines for systematic reviews in environmental management**. Reino Unido: Bangor University, 2013.

CETESB. **Resíduos da Construção Civil e o Estado de São Paulo**São PauloSecretaria do Meio Ambiente, 2011.

CONTESSA, M.; VAN VLIET, B. J. M.; LENHART, J. Is urban agriculture urban green space? A comparison of policy arrangements for urban green space and urban agriculture in Santiago de Chile. **Land Use Policy**, v. 71, p. 566–577, 1 fev. 2018.

CORBELLA, O. D. **Perspective of Bioclimatic Architecture in Brazil**. [s.l.] Pergamon Press Ltd, 1985.

CORREA, C. B. Telhados verdes: a cobertura ecológica. **Conselho**, v. 34, p. 5, 2019.

COSTA, C. R. et al. Thermal comfort in rural buildings with green roofs. **Acta Horticulturae**, v. 1215, p. 291–294, 2018.

COUTINHO, L. M. O conceito de bioma. **Acta Botânica Brasileira**, v. 20, p. 13–23, 2006.

COX, B. K. **The Influence of Ambient Temperature on Green Roof R-values**. Portland, OR: Portland State University, 1 jan. 2000.

CRISTIANO, E.; DEIDDA, R.; VIOLA, F. **The role of green roofs in urban Water-Energy-Food-Ecosystem nexus: A review***Science of the Total Environment*Elsevier B.V., , 20 fev. 2021.

CUNHA, E. G. DA et al. Characterizing leaf area index of rooftop farm to assess thermal-energy performance by simulation. **Energy and Buildings**, v. 241, p. 110960, 2021.

ECOCASA. **Revestimento vivo: Qual a planta certa para o seu telhado? – EcoCasa Tecnologias Ambientais | Soluções Para a Construção Sustentável**Revestimento vivo: Qual a planta certa para seu telhado? 2011. Disponível em: <<https://www.ecocasa.com.br/revestimento-vivo-qual-planta-certa-seu-telhado/>>. Acesso em: 30 set. 2021

ELETROBRAS. **Diretrizes para Obtenção de classificação nível A para edificações comerciais, de serviços e públicas**. [s.l: s.n.].

EPA, U. S. E. P. A. **Green Infrastructure Opportunities that Arise During Municipal Operations**. [s.l: s.n.].

FERRAZ, I. L. **O desempenho térmico de um sistema de cobertura verde em comparação ao sistema tradicional de cobertura com cerâmica**. São Carlos: Universidade de São Paulo, 2012.

FRANCO, M. A. J. Q.; PAWAR, P.; WU, X. Green building policies in cities: A comparative assessment and analysis. **Energy and Buildings**, v. 231, p. 110561, 15 jan. 2020.

FROTA, A. B.; SCHIFFER, S. R. **Manual de Conforto Térmico**. 5. ed. São Paulo: Studio Nobel, 2001.

GOLDENBERG, S.; GUIMARÃES, C. A.; CASTRO, A. A. **Elaboração e apresentação de comunicação científica**. Disponível em: <<http://www.usinadepesquisa.com/metodologia/>>. Acesso em: 22 ago. 2021.

GRIMM, A. M. A. **Análise de sistemas híbridos em estabelecimentos assistenciais de saúde (EAS) visando o conforto térmico e redução de consumo energético**. text—[s.l.] Universidade de São Paulo, 8 out. 2012.

GUEDES, F. L. et al. Análise comparativa de custos e vantagens entre telhados verdes e sistemas convencionais de coberturas. **Revista Eletrônica da Estácio Recife**, v. 5, n. 2, 2019.

GUERRA JUNIOR, J. C. **Coberturas vivas, algumas observações técnicas para a sua implantação**. Dissertação—São Paulo: Universidade de São Paulo, 2013.

GUERRA, M. R. **Projeto e desenvolvimento de uma planta piloto com conceitos de arquitetura bioclimática**. Araranguá: Universidade Federal de Santa Catarina, 2016.

IBGE. **Censo Demográfico - 2010**. Disponível em: <<https://censo2010.ibge.gov.br/sinopse/index.php?dados=8>>. Acesso em: 13 jan. 2021.

IBGE - INSTITUTO BRASILEIRO DE GEOGRAFIA E ESTATÍSTICA. **Mapa biomas IBGE, 2000**. Disponível em: <[https://geofpt.ibge.gov.br/informacoes\\_ambientais/estudos\\_ambientais/biomas/mapas/biomas\\_e\\_sistema\\_costeiro\\_marinho\\_250mil.pdf](https://geofpt.ibge.gov.br/informacoes_ambientais/estudos_ambientais/biomas/mapas/biomas_e_sistema_costeiro_marinho_250mil.pdf)>. Acesso em: 30 out. 2021

IEA. **Global Status Report for Buildings and Construction 2019 – Analysis - IEA**. Disponível em: <<https://www.iea.org/reports/global-status-report-for-buildings-and-construction-2019>>. Acesso em: 11 jan. 2021.

JOHNSTON, J.; NEWTON, J. **Building green: a guide to using plants on roofs, walls and pavements**. 1. ed. London: Greater London Authority, 2004.

KITCHENHAM, B. **Procedures for performing systematic reviews: Technical Report 0400011T.1**. Australia: Keele University, 2004.

KNAUS, M.; HAASE, D. Green roof effects on daytime heat in a prefabricated residential neighbourhood in Berlin, Germany. **Urban Forestry and Urban Greening**, v. 53, p. 126738, 1 ago. 2020.

KREBS, L. F.; JOHANSSON, E. **Influence of microclimate on the effect of green roofs in Southern Brazil - A study coupling outdoor and indoor thermal simulations** ENERGY

**AND BUILDINGS** PO BOX 564, 1001 LAUSANNE, SWITZERLAND ELSEVIER SCIENCE SA, 15 jun. 2021a.

LAWLOR, G. **Green roofs: a resource manual for municipal policy makers**. 1. ed. Ottawa: Canada Mortgage and Housing Corporation, 2006.

LIBERALESSO, T. et al. Green infrastructure and public policies: An international review of green roofs and green walls incentives. **Land Use Policy**, v. 96, p. 104693, 1 jul. 2020.

LOPES, D. A. R. **Análise do comportamento térmico de uma cobertura verde leve (CVL) e diferentes sistemas de cobertura**. text—[s.l.] Universidade de São Paulo, 10 set. 2007.

MACHADO, S. **Palácio Gustavo Capanema é marco divisório na história da arquitetura do país**. MultiRio, 2018. Disponível em: <<http://www.multirio.rj.gov.br/index.php/leia/reportagens-artigos/reportagens/13618-pal%C3%A1cio-gustavo-capanema-%C3%A9-marco-divis%C3%B3rio-na-hist%C3%B3ria-da-arquitetura-do-pa%C3%ADs>>. Acesso em: 27 out. 2021

MANZANO-AGUGLIARO, F. et al. **Review of bioclimatic architecture strategies for achieving thermal comfort** *Renewable and Sustainable Energy Reviews* Elsevier Ltd, 22 maio 2015.

MARAGNO, G. V. Adequação bioclimática da arquitetura de Mato Grosso do Sul. **Ensaio e Ciência**, v. 6, n. 003, p. 13–37, 2002.

MARTINS, T. A. DE L.; BITTENCOUT, L. S.; KRAUSE, C. M. DE L. Contribuição ao zoneamento bioclimático brasileiro: reflexões sobre o semiárido nordestino. **Associação Nacional de tecnologia do Ambiente Construído**, v. 12, n. 2, p. 59–75, 2012.

MENDONÇA, F.; OLIVEIRA, I. M. D. **Climatologia: Noções básicas e climas no Brasil**. 3. ed. São Paulo: Oficina de Textos, 2007. v. 1

MOTTA, S. R. F.; AGUILAR, M. T. P. Sustentabilidade e processos de projetos de edificações. **Gestão & Tecnologia de Projetos**, v. 4, n. 1, p. 84–119, 2009.

NASCIMENTO, D. T. F.; RIBEIRO, S. A. **Os biomas brasileiros e a defesa da vida**. [s.l.] Kelps, 2017. v. 1

NEGREIROS, B. DE A. et al. **Thermal performance simulation of green roof on social housing in hot and dry climate in Brazil**. Proceedings of 33rd PLEA International Conference: Design to Thrive, PLEA 2017. **Anais...2017**. Disponível em: <<https://www.scopus.com/inward/record.uri?eid=2-s2.0-85085938871&partnerID=40&md5=b9f89d91e8b974a4418d93ed5254d501>>

NICHIOKA, J. **Análise da Sustentabilidade organizacional: o caso da construção civil**. Tese—Niterói: Universidade Federal Fluminense, 2008.

OLIVEIRA, A. V. et al. **Biologia floral de *Turnera subulata* (Turneraceae): estudo dos morfotipos e visitantes florais**. Bahia: Editora da Universidade Federal da Bahia, 2010.

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.

PARIZOTTO, S.; LAMBERTS, R. Investigation of green roof thermal performance in temperate climate: A case study of an experimental building in Florianópolis city, Southern Brazil. **Energy and Buildings**, v. 43, n. 7, p. 1712–1722, 2011.

PERUSSI, R. **Análise do comportamento térmico de um sistema de cobertura verde utilizando plataformas de teste**. São Carlos: Universidade de São Paulo, 2016a.

PERUSSI, R. **Comportamento térmico de um sistema de cobertura verde: um experimento utilizando plataformas de teste**. Dissertação—São Carlos: Universidade de São Paulo, 30 set. 2016b.

PHIL, K. D. D.; SADLER, B. **Environmental Assessment and Human Health: Perspectives, Approaches and Future Directions**. Santé: Health Canadá, 1997. v. 1

POLO-LABARRIOS, M. A. et al. Comparison of thermal performance between green roofs and conventional roofs. **Case Studies in Thermal Engineering**, v. 21, p. 100697, 1 out. 2020.

RECIFE, (MUNICÍPIO). 18.112. Dispões sobre a melhoria da qualidade ambiental das edificações por meio da obrigatoriedade de instalação do “Telhado verde” e construção de reservatórios de acúmulo ou de retardo do escoamento das águas pluviais para a rede de drenagem. 12 jan. 2015.

SAKIEH, Y. et al. Green and calm: Modeling the relationships between noise pollution propagation and spatial patterns of urban structures and green covers. **Urban Forestry and Urban Greening**, v. 24, p. 195–211, 1 maio 2017.

SAMPAIO, R. F.; MANCINI, M. C. Estudos de revisão sistemática: um guia para síntese criteriosa da evidência científica. **Brazilian Journal of Physical Therapy**, v. 11, p. 83–89, fev. 2007.

SANCHEZ, L.; REAMES, T. G. Cooling Detroit: A socio-spatial analysis of equity in green roofs as an urban heat island mitigation strategy. **Urban Forestry and Urban Greening**, v. 44, p. 126331, 1 ago. 2019.

SANTOS, S. M. DOS et al. Integrating conventional and green roofs for mitigating thermal discomfort and water scarcity in urban areas. **Journal of Cleaner Production**, v. 219, p. 639–648, 2019.

SARTORI, T.; CALMON, J. L. Analysis of the impacts of retrofit actions on the life cycle energy consumption of typical neighbourhood dwellings. **Journal of Building Engineering**, v. 21, p. 158–172, 2019.

SERRADOR, M. E. **Sustentabilidade em arquitetura: referências para projeto**. São Carlos: Biblioteca Digital de Teses e Dissertações da Universidade de São Paulo, 6 nov. 2008.

SHAFIQUE, M.; KIM, R.; RAFIQ, M. **Green roof benefits, opportunities and challenges – A review** *Renewable and Sustainable Energy Reviews* Elsevier Ltd, 1 jul. 2018.

SHAFIQUE, M.; XUE, X.; LUO, X. **An overview of carbon sequestration of green roofs in urban areas** *Urban Forestry and Urban Greening* Elsevier GmbH, 1 jan. 2020.

SILVA, M. A. DA. **Análise da implementação dos telhados verdes como estratégia para cidades sustentáveis: um estudo da cidade do Recife, Pernambuco.** Trabalho de Conclusão de Curso—Recife: Instituto Federal do Pernambuco, 2020.

SPEAK, A. F. et al. Urban particulate pollution reduction by four species of green roof vegetation in a UK city. **Atmospheric Environment**, v. 61, p. 283–293, 1 dez. 2012.

STOVIN, V. et al. **The influence of substrate and vegetation configuration on green roof hydrological performance***Ecological Engineering*, 2015.

TEOTÓNIO, I. et al. Decision support system for green roofs investments in residential buildings. **Journal of Cleaner Production**, v. 249, p. 119365, 10 mar. 2020.

TEOTÓNIO, I.; SILVA, C. M.; CRUZ, C. O. Eco-solutions for urban environments regeneration: The economic value of green roofs. **Journal of Cleaner Production**, v. 199, p. 121–135, 20 out. 2018.

TOMSON, M. et al. **Green infrastructure for air quality improvement in street canyons***Environment International* Elsevier Ltd, , 1 jan. 2021.

TSEGAYE, S. et al. Transitioning from gray to green (G2G)—A green infrastructure planning tool for the urban forest. **Urban Forestry and Urban Greening**, v. 40, p. 323–334, 1 abr. 2019.

VANUYTRECHT, E. et al. Runoff and vegetation stress of green roofs under different climate change scenarios. **Landscape and Urban Planning**, v. 122, p. 68–77, 1 fev. 2014.

WEN, B. et al. Evolution of sustainability in global green building rating tools. **Journal of Cleaner Production**, v. 259, p. 120912, 20 jun. 2020.

WILLES, J. A. **Tecnologias em telhados verdes extensivos: meios de cultura, caracterização hidrológica e sustentabilidade do sistema.** text—[s.l.] Universidade de São Paulo, 7 out. 2014.

WILLIAMS, K. J. H. et al. **Appraising the psychological benefits of green roofs for city residents and workers***Urban Forestry and Urban Greening* Elsevier GmbH, 1 ago. 2019.

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

ZHANG, G.; HE, B.-J. Towards green roof implementation: Drivers, motivations, barriers and recommendations. **Urban Forestry & Urban Greening**, v. 58, p. 126992, 1 jan. 2021.

ZIMMERMANN, R. K. et al. Categorizing Building Certification Systems According to the Definition of Sustainable Building. **IOP Conference Series: Materials Science and Engineering**, v. 471, n. 9, 2019.

ZINZI, M.; AGNOLI, S. **Cool and green roofs. An energy and comfort comparison between passive cooling and mitigation urban heat island techniques for residential buildings in the Mediterranean region.** Energy and Buildings. *Anais...* Elsevier, 1 dez. 2012.