

UNIVERSIDADE FEDERAL DE VIÇOSA

**Fachadas duplas verdes: caracterização e diretrizes projetuais para o contexto
bioclimático brasileiro**

Patrícia Soares da Silva
Magister Scientiae

**VIÇOSA - MINAS GERAIS
2025**

PATRÍCIA SOARES DA SILVA

Fachadas duplas verdes: caracterização e diretrizes projetuais para o contexto bioclimático brasileiro

Dissertação apresentada à Universidade Federal de Viçosa, como parte das exigências do Programa de Pós-Graduação em Arquitetura e Urbanismo, para obtenção do título de *Magister Scientiae*.

Orientador: Tulio M. de S. Tiburcio

**VIÇOSA - MINAS GERAIS
2025**

**Ficha catalográfica elaborada pela Biblioteca Central da Universidade
Federal de Viçosa - Campus Viçosa**

T

S586f
2025
Silva, Patrícia Soares da, 1982-
Fachadas duplas verdes: caracterização e diretrizes
projetuais para o contexto bioclimático brasileiro / Patrícia
Soares da Silva. – Viçosa, MG, 2025.
1 dissertação eletrônica (82 f.): il. (algumas color.).

Orientador: Túlio Márcio de Salles Tibúrcio.
Dissertação (mestrado) - Universidade Federal de Viçosa,
Departamento de Arquitetura e Urbanismo, 2025.

Referências bibliográficas: f. 77-82.

DOI: <https://doi.org/10.47328/ufvbbt.2025.352>

Modo de acesso: World Wide Web.

1. Fachadas (Arquitetura). 2. Arquitetura paisagística
urbana. 3. Bioclimatologia. 4. Eficiência energética. I. Tibúrcio,
Túlio Márcio de Salles, 1965-. II. Universidade Federal de
Viçosa. Departamento de Arquitetura e Urbanismo. Programa de
Pós-Graduação em Arquitetura e Urbanismo. III. Título.

CDD 22. ed. 712

Bibliotecário(a) responsável: Bruna Silva CRB-6/2552

PATRÍCIA SOARES DA SILVA

Fachadas duplas verdes: caracterização e diretrizes projetuais para o contexto bioclimático brasileiro

Dissertação apresentada à Universidade Federal de Viçosa, como parte das exigências do Programa de Pós-Graduação em Arquitetura e Urbanismo, para obtenção do título de *Magister Scientiae*.

APROVADA: 26 de fevereiro de 2025.

Assentimento:

Patrícia Soares da Silva
Autora

Tulio Marcio de Salles Tiburcio
Orientador

Essa dissertação foi assinada digitalmente pela autora em 26/05/2025 às 19:12:35 e pelo orientador em 26/05/2025 às 19:49:57. As assinaturas têm validade legal, conforme o disposto na Medida Provisória 2.200-2/2001 e na Resolução nº 37/2012 do CONARQ. Para conferir a autenticidade, acesse <https://siadoc.ufv.br/validar-documento>. No campo 'Código de registro', informe o código **KEI5.KXDL.YJ9C** e clique no botão 'Validar documento'.

AGRADECIMENTOS

À minha família, especialmente, meus pais Ana Rita e Sávio, por todo apoio recebido.

Às minhas tias Eugênia e Francis e meu avô Ladito, por todo incentivo e suporte durante a minha estadia em Viçosa.

Ao meu irmão Sávio e minha tia Francis, pelo acompanhamento, incentivo e ajuda na leitura e correção deste trabalho.

Ao meu Orientador Túlio Márcio de Salles Tibúrcio, pela disponibilidade para as orientações, me ajudando a manter o foco e estruturar o desenvolvimento da minha pesquisa.

Ao meu Coorientador Affonso Zuin, pela disposição em me auxiliar em todos os momentos que precisei.

Aos amigos da Pós, em especial à Saraline, pela amizade e companheirismo durante este período.

Aos professores e funcionários do Programa de Pós-Graduação em Arquitetura e Urbanismo pelo acolhimento e ensinamentos.

À Universidade Federal de Viçosa, pela oportunidade de realizar a pós-graduação.

Aos membros da Banca Examinadora, que aceitaram contribuir para a avaliação e melhoria na finalização desta pesquisa.

À Coordenação de Aperfeiçoamento de Pessoal de Nível Superior–Brasil (CAPES), pela concessão da bolsa de estudo, viabilizando esta pesquisa.

Este trabalho foi realizado com o apoio das seguintes agências de pesquisa brasileiras: Coordenação de Aperfeiçoamento de Pessoal de Nível Superior – Brasil (CAPES) – Código de Financiamento 001, Fundação de Amparo à Pesquisa do Estado de Minas Gerais (FAPEMIG) e Conselho Nacional de Desenvolvimento Científico e Tecnológico (CNPq).

RESUMO

SILVA, Patrícia Soares da, M.Sc., Universidade Federal de Viçosa, fevereiro de 2025. **Fachadas duplas verdes: caracterização e diretrizes projetuais para o contexto bioclimático brasileiro.** Orientador: Tulio Marcio de Salles Tiburcio.

No Brasil, muitas edificações necessitam de estratégias para adaptação climática. Por abrigar diversas espécies vegetais aplicáveis, o país apresenta grande potencial de uso das fachadas verdes duplas. Apesar de pouco difundidas no Brasil, esses sistemas podem oferecer diversos benefícios aos usuários, como controle do clima, conforto, economia energética, qualidade do ar, bem-estar psicológico, entre outros. Esta pesquisa teve como objetivo caracterizar fachadas verdes duplas adequadas a regiões do clima brasileiro. Iniciou-se com uma revisão de literatura sobre os conceitos e classificações de paredes verdes, assim como o uso e benefícios das fachadas verdes duplas. A metodologia incluiu um mapeamento para compreender sua utilização no Brasil e delimitar a região estudada (Zonas Bioclimáticas 1, 2, 3, 6 e 8). Em seguida, foi feita uma análise documental da norma ABNT NBR 15220-3 que, em conjunto com as pesquisas anteriores, contribuiu para identificar como as fachadas verdes duplas podem auxiliar nas estratégias e parâmetros das edificações para as zonas bioclimáticas estudadas. Desenvolveram-se então diretrizes para a utilização dos benefícios das fachadas verdes duplas, para cada situação de fachada, nas zonas bioclimáticas estudada e para a seleção de espécies vegetais. Foram consideradas duas situações: fachadas com pelo menos um período de insolação direta e fachadas predominantemente sombreadas. Percebeu-se que a vegetação deve ser selecionada de acordo com os benefícios esperados e a insolação da fachada. Utilizou-se o catálogo de espécies do AuE Software para identificar plantas adaptadas às condições locais, compatíveis com a exposição solar e capazes de fornecer os benefícios almejados. Por fim, desenvolveram-se critérios para a implementação de fachadas verdes duplas no clima brasileiro de forma que estas contribuam para o controle climático. Resultados confirmam a necessidade de estratégias bioclimáticas para edificações no Brasil e o potencial climático do país para o cultivo de grande variedade de espécies vegetais com características para o funcionamento de fachadas verdes duplas nas zonas bioclimáticas estudadas.

Palavras-chave: Fachadas verdes duplas; Zonas bioclimáticas brasileiras; Diretrizes

ABSTRACT

SILVA, Patrícia Soares da, M.Sc., Universidade Federal de Viçosa, February, 2025. **Green double façades: characterization and design guidelines for the brazilian bioclimatic context.** Adviser: Tulio Marcio de Salles Tiburcio.

In Brazil, many buildings require climate adaptation strategies. As the country hosts diverse applicable plant species, it has great potential for implementing double-skin green façades. Although still not widespread in Brazil, these systems can offer users several benefits, such as climate regulation, comfort, energy savings, air quality improvement, psychological well-being, among others. This research aimed to characterize double-skin green façades suitable for Brazilian climate regions. The study began with a literature review on green wall concepts, classifications, and benefits of double-skin green façades. Subsequently, a spatial mapping was carried out to understand its use in Brazil and delimit the study region (Bioclimatic Zones 1, 2, 3, 6 and 8). Next, a documentary analysis of the ABNT NBR 15220-3 standard was carried out, which, combined with previous research, helped to identify how double-skin green façades can assist buildings in their strategies and parameters for the bioclimatic zones studied. Finally, guidelines were developed for utilizing the benefits of double-skin green façades, considering each façade situation, bioclimatic zone and species selection. To achieve this, two scenarios were considered for each bioclimatic zone studied: the façade receiving at least one period of sunlight and those predominantly in shade. It was found that the vegetation selection for double-skin green façades should consider the desired benefits from this resource and the sunlight exposure the vegetation will receive on that façade. Thus, the AuE Software plant species catalog was used to select species that are compatible with the sunlight conditions, which grow in the selected region, and capable of providing the intended benefits. Finally, criteria were developed for implementing double-skin green façades in Brazilian climate to enhance climate control. Results confirm the need for bioclimatic strategies for Brazilian buildings and the country's climate potential for cultivating a wide variety of plant species with characteristics for the functioning of double-skin green façades in the studied bioclimatic zones.

Keywords: Double-skin green façades; Brazilian bioclimatic zones; Guidelines

SUMÁRIO

CAPÍTULO 1 - INTRODUÇÃO	8
1.1 ESTRUTURA ANALÍTICA E ORGANIZAÇÃO DA DISSERTAÇÃO	8
1.2 CARACTERIZAÇÃO DO PROBLEMA	8
1.3 DELIMITAÇÃO DO TEMA	10
1.4 OBJETIVOS	10
1.4.1 Objetivo geral.....	10
1.4.2 Objetivos específicos.....	11
1.5 JUSTIFICATIVA E RELEVÂNCIA DO ESTUDO.....	11
1.5.1. Impacto das fachadas verdes no comportamento do usuário	13
CAPÍTULO 2 - FUNDAMENTAÇÃO / REVISÃO DE LITERATURA	15
2.1 FACHADAS INTELIGENTES	15
2.2 FACHADAS DUPLAS	15
2.3 PAREDES VERDES	15
2.3.1 Classificação das paredes verdes.....	17
2.4 CONTEXTO CLIMÁTICO BRASILEIRO	24
2.5 FACHADAS VERDES DUPLAS COMO ESTRATÉGIA BIOCLIMÁTICA NO BRASIL	25
CAPÍTULO 3 - METODOLOGIA	31
3.1 REVISÃO DE LITERATURA	32
3.2 COLETA DE DADOS	32
3.2.1 Mapeamento.....	32
3.2.2 Análise documental	33
3.2.3 Levantamentos de espécies vegetais.....	34
3.3 ELABORAÇÃO DAS DIRETRIZES.....	37
CAPÍTULO 4 - DISCUSSÃO DOS RESULTADOS	39
4.1 MAPEAMENTO DE FACHADAS VERDES DUPLAS	39
4.2 ANÁLISE DA NBR 15220-3.....	42
4.3 ESPÉCIES VEGETAIS APLICÁVEIS	46
4.4 DIRETRIZES	48

4.4.1 Zona Bioclimática 1	49
4.4.2 Zona Bioclimática 2	51
4.4.3 Zona Bioclimática 3	53
4.4.4 Zona Bioclimática 6	58
4.4.5 Zona Bioclimática 8	59
CAPÍTULO 5 - CONCLUSÃO	71
5.1. CONSIDERAÇÕES	71
5.2. REVISÃO DOS OBJETIVOS	71
5.3. RESUMO DOS RESULTADOS	72
5.4. LIMITAÇÕES DA PESQUISA.....	74
5.5. CONTRIBUIÇÕES DA PESQUISA	75
5.6. RECOMENDAÇÕES PARA FUTUROS TRABALHOS.....	75
REFERÊNCIAS	77

CAPÍTULO 1 - INTRODUÇÃO

Este capítulo visa a apresentar as questões que motivaram o desenvolvimento desta pesquisa. Logo, serão apresentados a seguir a caracterização do problema, como foram definidos a delimitação do tema, os objetivos, a justificativa e relevância deste estudo e a estrutura e organização desta dissertação.

1.1 ESTRUTURA ANALÍTICA E ORGANIZAÇÃO DA DISSERTAÇÃO

Esta dissertação foi ordenada em cinco capítulos, da seguinte maneira:

No Capítulo 1 foram descritos a caracterização do problema, a delimitação do tema, os objetivos gerais e específicos, a justificativa e relevância do estudo e a organização da dissertação.

No Capítulo 2 é apresentada a fundamentação teórica obtida por meio da revisão de literatura. São apresentados os conceitos e classificações nas quais as fachadas verdes duplas se inserem, o contexto climático no Brasil e as espécies vegetais aplicáveis às fachadas verdes e o impacto das fachadas verdes no usuário.

O Capítulo 3 corresponde à metodologia, no qual é apresentada a classificação da pesquisa e a descrição das etapas realizadas para se obter os resultados pretendidos.

O Capítulo 4 expõe e discute os resultados do mapeamento realizado, da análise da NBR 15220-3 e elaboração das diretrizes obtidas juntamente com o levantamento das espécies vegetais aplicáveis às fachadas verdes duplas para cada zona bioclimática selecionada para este estudo.

O Capítulo 5, a conclusão apresenta de forma sucinta as respostas à pergunta geral do presente trabalho, resumindo os principais resultados. Além disso, trata das contribuições deste estudo, bem como sua limitação, sugerindo novas pesquisas relacionadas ao tema, a serem desenvolvidas.

1.2 CARACTERIZAÇÃO DO PROBLEMA

Esta pesquisa se insere na área de investigação do Grupo de Pesquisa INOVA - Inovações Tecnológicas: Impactos da Tecnologia na Produção da Arquitetura e do Urbanismo, coordenado pelo Prof. Dr. Túlio Tibúrcio. O INOVA vem desenvolvendo pesquisas e

publicações sobre fachadas dos edifícios, fachadas duplas e fachadas verdes, investigando as tipologias existentes, os materiais utilizados, potencial de ventilação, questões relacionadas ao clima, trazendo contribuições para esta área de conhecimento no Brasil.

As fachadas dos edifícios são envoltórias que protegem os usuários das intempéries a que estão expostos. Diferentes materiais e estratégias podem ser aplicadas nas fachadas para controlar a absorção de calor, o resfriamento, a ventilação e a umidade, melhorando a sensação nos ambientes internos e externos à edificação. A utilização da vegetação como uma segunda envoltória nas fachadas é uma ferramenta que pode amenizar os desconfortos provenientes do ambiente externo e se configura como uma estratégia passiva, que não dependem de fontes de energia mecânicas, elétricas ou químicas (ASHRAE, 2023), ecológica e, podendo ser de baixo custo e manutenção.

Jardim vertical é o termo que descreve todas as formas de paredes com superfícies vegetadas (PERINI, 2011). Eles podem ser classificados por dois tipos principais: fachadas verdes e paredes vivas. De acordo com Perez *et al.*, (2011) essas divisões são baseadas na complexidade construtiva e de manutenção.

Jardins verticais podem também trazer contribuições na escala urbana. São uma opção paliativa contra a degradação ambiental causada pela urbanização (MUÑOZ, 2019). As fachadas verdes são uma forma de intensificação da vegetação no meio urbano, tornando os espaços próximos às edificações mais relaxantes e, conseqüentemente, contribuindo para a saúde de seus transeuntes.

Kohler (2008) reforça que apesar de não serem uma nova tecnologia, os jardins verticais podem trazer múltiplos benefícios, além de protegerem a fachada anterior contra as intempéries, têm recebido grande atenção no processo de recuperação de áreas verdes urbanas, especialmente em grandes centros.

Considerando o clima brasileiro, a NBR 15220-3 divide o território nacional em oito zonas bioclimáticas, onde cada uma delas especifica diferentes demandas para que suas edificações se adequem às variações do clima do país. As demandas relativas às fachadas podem variar segundo a estação do ano, a insolação da fachada e a presença de aberturas.

Fachadas verdes têm sido usadas em vários países como solução para os problemas ambientais acima citados. No Brasil, observa-se ainda relativamente pouco uso dessa tipologia. Entende-se, porém, que há um grande potencial para utilização das mesmas, considerando-se que o clima tropical, além de possuir grande potencial para uso da vegetação, possui edificações que necessitam de adequações para se obter maior conforto.

Esta pesquisa busca analisar os benefícios das fachadas verdes em edificações no contexto climático brasileiro. Por se tratar de uma estratégia importante que traz melhorias para a edificação e para o seu entorno imediato e, por haver poucos estudos no Brasil sobre o tema, esta pesquisa visa a mapear os tipos de fachadas verdes e os tipos de vegetação adequadas em zonas bioclimáticas brasileiras. A pergunta principal da pesquisa é:

- Quais tipologias de fachada verde duplas são mais adequadas para uso no contexto climático brasileiro?

Outras perguntas secundárias guiam o desenvolvimento da pesquisa:

- Que tipo de vegetação deve ou pode ser usada nas fachadas verdes duplas no contexto climático brasileiro?

- Que variações poderiam ter as fachadas verdes duplas, considerando as zonas climáticas brasileiras?

1.3 DELIMITAÇÃO DO TEMA

Nesta pesquisa, buscou-se estudar uma tipologia de fachada dupla caracterizada pela presença de vegetação como uma segunda envoltória. Essa tipologia, mais específica, delimita o tema.

A delimitação geográfica do tema foi definida após a etapa de mapeamento das fachadas verdes duplas no Brasil, descrita na metodologia, e, após a decisão do tipo de classificação climática que seria considerada para este trabalho.

No mapeamento foram encontradas 29 amostras de fachadas verdes duplas em diferentes regiões do Brasil. O recorte geográfico ocorreu de acordo com as zonas bioclimáticas, definidas pela NBR 15220-3, nas quais foram encontradas fachadas verdes duplas. Foram estas as zonas bioclimáticas 1, 2, 3, 6 e 8. Sendo assim, estas zonas bioclimáticas corresponderam ao recorte geográfico desta pesquisa.

1.4 OBJETIVOS

1.4.1 Objetivo geral

Esta pesquisa tem como objetivo geral a caracterização das tipologias de fachadas verdes duplas adequadas para uso em zonas bioclimáticas brasileiras.

1.4.2 Objetivos específicos

- O.E.1 - Aprofundar conhecimentos sobre os conceitos de fachadas verdes e de estratégias para edifícios com fachadas verdes duplas;
- O.E.2 - Identificar e mapear edifícios com uso de fachada verde dupla, para identificar suas características e assim delimitar a área geográfica estudada;
- O.E.3 - Identificar os parâmetros climáticos para caracterização de fachadas verdes duplas em regiões do Brasil;
- O.E.4 - Realizar um levantamento das principais espécies vegetais e sua aplicabilidade em fachadas verdes duplas conforme as regiões climáticas no Brasil;
- O.E.5 - Desenvolver diretrizes para a utilização de fachadas verdes duplas adequadas a cada zona bioclimática brasileira selecionada para este estudo.

1.5 JUSTIFICATIVA E RELEVÂNCIA DO ESTUDO

Esta pesquisa é uma complementação dos estudos que vêm sendo realizados pelo Grupo de pesquisa INOVA, no Laboratório de Pesquisa em Projetos (LPP) do Departamento de Arquitetura e Urbanismo, da Universidade Federal de Viçosa (UFV), sobre fachadas duplas e inteligentes. Nesta área, se inserem as fachadas duplas de diferentes materiais, incluindo as fachadas verdes indiretas que correspondem às fachadas duplas cuja segunda pele é formada pela vegetação. Pesquisas anteriores, coordenadas e orientadas pelo Prof. Dr. Túlio Tibúrcio, investigaram o potencial de ventilação em fachadas duplas em clima tropical, mapeamento de tipologias de fachadas duplas no Brasil, e definições de fachadas verdes. Esses trabalhos foram importantes para o desenvolvimento desta pesquisa que contribuirá, devido ao seu foco no clima, para esta área de conhecimento ao aprofundar os estudos sobre fachadas verdes duplas no clima brasileiro.

As fachadas ou envoltórias de uma edificação são partes importantes que exigem cuidados no seu planejamento, determinando a estética de uma edificação bem como seu conforto e, influenciando diretamente no consumo de energia. O termo “Fachadas Inteligentes” se refere àquelas que respondem de modo dinâmico às condições do ambiente externo e da ocupação do usuário seguindo princípios de conforto e eficiência energética (OCHOA; CAPELUTO, 2009).

Para Monna e Masera (2010), a envoltória da edificação deve funcionar como um filtro em torno do edifício, de modo a controlar as influências que o meio ambiente externo exerce no edifício. Entende-se, assim, que as fachadas verdes duplas auxiliam na eficiência das fachadas no controle das influências externas.

As características das fachadas influenciam tanto o ambiente interno das edificações quanto o ambiente externo, o meio urbano, podendo trazer benefícios a ambos. Quanto ao ambiente interno, as fachadas podem proporcionar mais ou menos conforto térmico, ventilação, umidade, purificação do ar etc. Com relação ao ambiente externo, as fachadas podem contribuir com uma melhora da umidade do ar, proporcionar sombreamento, possuir materiais menos reflexivos e que não superaquecem, proporcionando maior conforto aos transeuntes.

Quando se trata de fachadas verdes, os benefícios ao ambiente externo podem ser estendidos, dependendo das características do projeto. Quando a vegetação é plantada no solo, esta melhora sua infiltração, fazendo com que diminua o escoamento superficial da água de chuva, reduzindo os alagamentos.

Para Loboda (2005), a vegetação, pode contribuir com inúmeros benefícios ao meio urbano, como: melhoria da qualidade do ar; conforto térmico, lumínico e acústico; filtragem da radiação solar; aumento da umidade do ar; conservação da umidade do solo, atenuando a temperatura, redução da velocidade dos ventos, aumento da permeabilidade e fertilidade do solo; redução do escoamento superficial, atenuando enchentes.

Além disso, de acordo com Andrade e Pinto (2018), estudos indicam que a ausência de interação com o meio natural no cotidiano das pessoas afeta, de modo negativo, a saúde da população. Assim, a introdução de elementos naturais nos ambientes urbanos deve ser considerada para a promoção de saúde e qualidade de vida coletiva e individual.

Muñoz *et al.* (2019) argumenta que, apesar de já terem sido comprovadas como uma ótima alternativa como amenizador térmico para ambientes internos e externos, gerando menos gastos de energia, pesquisas sobre as fachadas verdes ainda são muito recentes em todo o mundo, ainda são escassas e concentram-se em poucos países, com baixa diversidade de climas e com diferentes estratégias metodológicas.

Além disso, esse tema é importante para o campo da pesquisa porque ainda existem muitas lacunas a serem investigadas, relativas às fachadas verdes, como: a influência do entorno, da orientação da fachada, o desempenho térmico de diferentes espécies de trepadeiras, e as estruturas e materiais adotados nos estudos. Porém, o escopo desta pesquisa será um mapeamento e caracterização dessa tipologia de fachada verde dupla, buscando a relação entre

o tipo de fachada e a vegetação mais adequada para regiões climáticas do Brasil.

1.5.1. Impacto das fachadas verdes no comportamento do usuário

A utilização da vegetação, como instrumento de controle solar, no lugar de outros elementos como brises e persianas, apresenta outras vantagens para o usuário que impactam em sua saúde e qualidade de vida.

A urbanização causa a impermeabilização do solo, impossibilita a presença de diversos seres vivos naturais do local, dificultando os ciclos naturais e causando o afastamento da fauna e da flora das cidades e dos seus habitantes.

O usuário de uma residência, é afetado, de algum modo, pelas características do ambiente em que vive e sua interação com ele. Estudos como os de Cox *et al.* (2017); Trøstrup *et al.* (2019); Bloomfield (2017), Kotera, Richardson e Sheffield (2022); Hansen, Jones e Tocchini (2017); Martin *et al.* (2020); Bratman *et al.* (2019) e Scopelliti, Carrus e Bonaiuto (2019) encontraram relações entre a saúde humana e o contato com a natureza que afetam, principalmente, habitantes de áreas urbanizadas.

Os estudos de Cox *et al.* (2017) encontraram relações quantificáveis entre a convivência, mesmo em baixos níveis, com componentes naturais e saúde mental. A presença de cobertura vegetal e a abundância de pássaros nas vizinhanças das residências foi associada a uma menor prevalência de depressão, ansiedade e estresse (Cox *et al.*, 2017).

Bloomfield (2017) realizou estudos com intervenções baseadas na natureza, de duas a três horas semanais em grupos de pacientes. Estes relataram melhoria no humor, na interação social e redução na ansiedade.

O *Shinrin-yoku*, ou banho de floresta é uma prática terapêutica japonesa de interação com a natureza que se tem se mostrado benéfica para a saúde dos praticantes. Sua prática pode ser eficaz na diminuição, a curto prazo, de problemas de saúde mental, especialmente a ansiedade (KOTERA; RICHARDSON; SHEFFIELD, 2022). A exposição à natureza e aos ambientes verdes, como terapia natural e, potencial modelo de saúde universal, está ligada à diminuição do estresse da atualidade (HANSEN; JONES; TOCCHINI, 2017).

Os estudos de Martin *et al.* (2020) chegaram a complexas descobertas que sugerem a necessidade de intervenções capazes de aumentar tanto o contato como a conexão entre os seres humanos e a natureza para atingir resultados sinérgicos na promoção da saúde humana e do planeta.

Já que o sistema de saúde gera grandes custos, é fundamental que sejam utilizadas novas estratégias de promoção da saúde de baixo custo e fáceis de implementar, como as intervenções baseadas na natureza. Pacientes com doenças físicas relataram benefícios na saúde mental e bem-estar com a exposição à natureza, estudos relativos a esses efeitos estão ganhando cada vez mais destaque. Foram encontrados resultados relevantes na saúde mental de pacientes com doenças somáticas, ocasionados por intervenções naturais (TRØSTRUP *ET AL.* 2019).

Existe uma relação entre o ambiente natural e o bem-estar humano. São diversas as áreas que aprofundam os conhecimentos dessa relação. Muitos dos benefícios que a natureza traz para a qualidade de vida dos humanos, tais como a provisão de alimentos, o impedimento de enchentes, a purificação da água, entre diversos outros, são denominados “serviços ecossistêmicos”. São realizados esforços para uma maior integração dos serviços ecossistêmicos nas tomadas de decisão no gerenciamento das cidades. A capacidade de se contabilizar as vantagens, que a incorporação de infraestruturas verdes na cidade e o acesso a áreas silvestres são capazes de promover, é cada vez mais exigida pelos planejadores. As tomadas de decisões atuais irão repercutir de modo significativo na saúde mental em nível populacional, nas próximas décadas (BRATMAN *ET AL.*, 2019).

Para Scopelliti, Carrus e Bonaiuto (2019), a solução mais eficaz para a restauração psicológica parece ser um aumento da difusão de áreas verdes nos ambientes urbanos. Assim, ampliar o uso de vegetação nos ambientes, sobretudo os urbanos onde, muitas vezes, são escassos, é importante pelos diversos serviços ecossistêmicos e benefícios à saúde e bem-estar social fornecidos pela vegetação.

A fachada verde dupla surge assim como uma alternativa para trazer a natureza para próximo das residências e, conseqüentemente, do usuário, possibilitando a promoção da saúde. Por ser uma envoltória vertical, esta é uma opção mais visível ao usuário, ou seja, de fácil interação, se comparada às coberturas verdes. Por demandar um espaço relativamente pequeno para sua instalação, a fachada verde dupla é uma solução que pode ser a mais viável a se instalar em locais com maior densidade de edifícios já construídos, possibilitando uma melhoria da qualidade de vida dos habitantes e principalmente do usuário.

CAPÍTULO 2 - FUNDAMENTAÇÃO / REVISÃO DE LITERATURA

2.1 FACHADAS INTELIGENTES

A construção e manutenção das edificações demandam, em geral, elevados gastos para aqueles que as possuem ou utilizam. Em resposta à necessidade de redução destes custos, surge, na década de 80, o conceito de Edifícios Inteligentes que visa à racionalização do projeto e do uso das edificações (NUNES, SÊRRO, 2014). Esses mesmos autores argumentam que os edifícios inteligentes são concebidos de modo a fornecer uma grande flexibilidade de usos, possibilitando uma adaptação às necessidades de cada momento e das diferentes atividades das edificações, além de uma gestão eficiente dos recursos disponíveis no edifício.

De acordo com Tibúrcio e Pieroni (2012), Tibúrcio e Mela (2016) e Mela (2017), os edifícios inteligentes buscam a otimização de seis princípios: Sustentabilidade, Conforto, Economia, Segurança e Comunicação.

2.2 FACHADAS DUPLAS

As envoltórias, também chamadas de fachadas, podem assumir várias conformações e apresentar diferentes materiais. Uma tipologia de fachada, conhecida como fachada dupla (TIBÚRCIO e BARBOSA, 2012; BARBOSA, 2012) é um importante elemento construtivo dos edifícios inteligentes. A fachada dupla é constituída de duas camadas, uma fachada interna e outra externa com uma cavidade entre elas (BARBOSA, 2012). Elas têm apresentado grandes avanços com a utilização de diversos materiais e configurações, com o objetivo de se adaptarem cada vez mais ao meio externo, incluindo soluções passivas, que demandam pouco ou nenhum gasto de energia, de modo a moderar as condições externas (MELA, TIBURCIO, 2019; MELA, 2017).

2.3 PAREDES VERDES

São diversos os materiais utilizados nas envoltórias dos edifícios, a vegetação pode ser um componente destas, constituindo as chamadas fachadas verdes. Scherer, Alves, Redin (2018) definem envoltórias vegetadas como revestimentos, fechamentos, ou elementos construtivos que, juntamente com camadas ou suportes para fixação, possuem a vegetação

como principal constituinte. As envoltórias verdes podem ser horizontais, conhecidas como coberturas vivas, e verticais, os jardins verticais.

São encontradas, na literatura, variadas nomenclaturas para designar os diferentes tipos de parede verde, como: “jardins verticais” (KONTOLEON; EUMORFOPOULOU, 2010; PERINI *et al.*, 2011; MANSO; CASTRO-GOMES, 2015; BARBOSA; FONTES, 2016; SCHERER; ALVES; REDIN, 2018), “sistemas verticais verdes” (PEREZ *et al.*, 2010; PERINI *et al.*, 2011; MANSO; CASTRO-GOMES, 2015; MEDL; STANGL; FLORINETH, 2017), “sistema de vegetação vertical”, “sistemas verticais de ecologização” e “*biowall*” (MANSO; CASTRO-GOMES, 2015). Porém, apesar de serem citadas de diferentes maneiras, Kontoleon e Eumorfopoulou, (2010), Pérez *et al.*, (2011), Manso e Castro, (2015), Barbosa e Fontes, (2016), mostram que determinados termos se referem a um ou outro modelo baseado em suas características construtivas.

Os termos “parede verde”, “sistemas de vegetação vertical” e “jardim vertical”, por exemplo, referem-se aos sistemas que permitem o crescimento e desenvolvimento de vegetação em superfícies verticais, podendo ser diretamente nas paredes ou em outras estruturas que sustentam a vegetação. Entre esses termos, o “jardim vertical”, é a categoria mais abrangente, o qual é dividido em duas tipologias principais: fachadas verdes e paredes vivas (PERINI *et al.*, 2011; BARBOSA; FONTES, 2016).

Figura 1: Fachada verde do Ed. Arcos.



Fonte: Velazquez (2020).

Figura 2: Vista da lateral do Ed. Arcos.



Fonte: Velazquez (2020).

Outros sistemas de jardins verticais são formados pela combinação de mais de uma tipologia de estruturas verdes, como por exemplo, o Edifício ARCOS, situado na cidade de

Fukuoka, no Japão, projetado pelo arquiteto Emilio Ambasz. O edifício apresenta vegetação, em floreiras, que se espalham pelas bordas da cobertura, cobrindo as fachadas (VELAZQUEZ, 2020), como pode ser visto nas Figuras 1 e 2. O próximo item descreve as tipologias e classificações de jardins verticais, de acordo com diversos autores.

2.3.1 Classificação das paredes verdes

Manso (2015) e Scherer, Alves, Redin (2018), denominam o conjunto de estruturas verdes verticais como paredes verdes ou jardins verticais e classificam essas estruturas em dois grupos principais: as paredes vivas e as fachadas verdes. A seguir, será apresentada essa classificação.

2.3.1.1 Paredes vivas

As paredes vivas podem ser constituídas de vegetação que cresce em mantas (contínuas) ou em módulos (modulares). As mantas são geralmente fixadas em quadros e telas, enquanto as modulares são formadas por módulos que se encaixam e que servem de compartimentos onde a vegetação é inserida (MANSO, 2015).

2.3.1.1.1 Paredes vivas contínuas

As paredes vivas contínuas (Figura 3) são compostas geralmente por uma manta geotêxtil, fixada na alvenaria, onde a vegetação é inserida em suas cavidades semelhantes a bolsos. As espécies devem ser de tamanho limitado para se adequarem às cavidades. Podem apresentar pouco ou nenhum substrato (se ausente, é um sistema hidropônico). Esse sistema depende de nutrição e irrigação constante e adequadas às espécies (SCHERER; ALVES; REDIN., 2018).

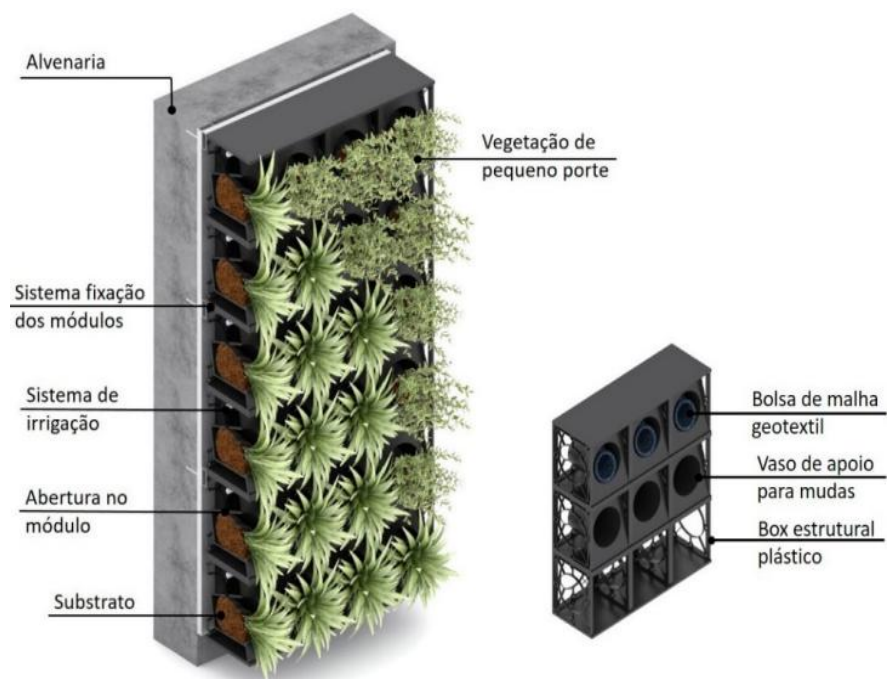
Figura 3: Exemplo de parede viva contínua



Fonte: Scherer, Alves e Redin (2018).

2.3.1.1.2 Paredes vivas modulares

Figura 4: Exemplo de parede viva modular



Fonte: Scherer, Alves e Redin (2018).

De acordo com KÖHLER (2018), o termo sistemas de paredes vivas (SPV) corresponde a compartimentos, presos na parede, que abrigam plantas que se desenvolvem em sistemas modulares (Figura 4), sendo assim, não dependem de espaço no nível do solo para o enraizamento da vegetação. Esta tecnologia se assemelha às coberturas verdes e permite maior variedade de espécies do que as fachadas verdes.

2.3.1.2 Fachadas verdes

As fachadas verdes são formadas por trepadeiras ou herbáceas (plantas que possuem caules flexíveis, não lenhosos), plantadas em vasos ou no solo que cobrem a parede das edificações, sendo, por vezes, necessário um suporte para a vegetação (KÖHLER, 2018).

Para Manso (2015), as fachadas verdes são aquelas que possuem trepadeiras, plantadas em sua base, em floreiras ou no solo, podem se desenvolver para cima ou para baixo, quando plantadas em uma área superior, ficando penduradas.

As fachadas verdes são divididas em fachadas verdes diretas e indiretas. As diretas são quando a vegetação se adere diretamente à parede e as indiretas possuem alguma estrutura ou suporte no qual a vegetação se prende.

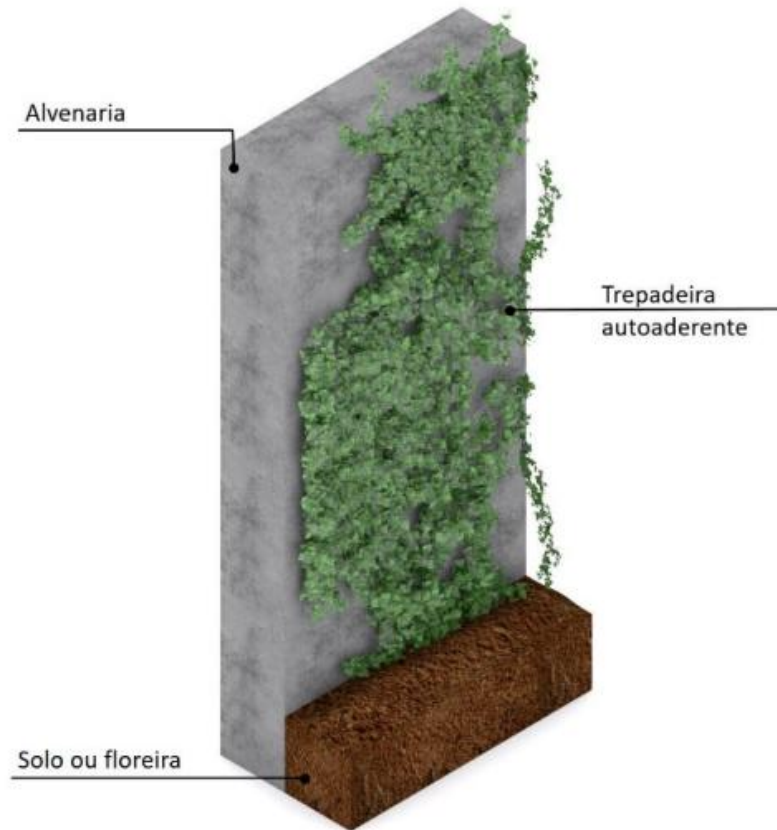
Fachadas verdes dependem de pouca manutenção, se comparadas às paredes vivas. O solo deve apresentar os nutrientes adequados, especialmente se a planta sofre podas periódicas, para que esta se mantenha em boas condições nutricionais.

2.3.1.2.1 Fachadas verdes diretas

As fachadas verdes diretas (Figura 5) correspondem à forma mais natural e tradicional de jardim vertical, na qual uma vegetação trepadeira se adere naturalmente à parede, geralmente são plantadas no solo, mas podem estar em floreiras, canteiros ou vasos, se desenvolvem cobrindo as alvenarias. A manutenção ocorre por meio da poda que deve ser periódica, para evitar o crescimento desordenado (SCHERER; ALVES; REDIN, 2018).

Ainda de acordo com Scherer, Alves e Redin (2018), esta tipologia de fachada verde pode causar ou intensificar patologias existentes na parede anterior, dependendo da espécie de vegetação trepadeira e das condições da parede.

Figura 5: Exemplo de fachada verde direta

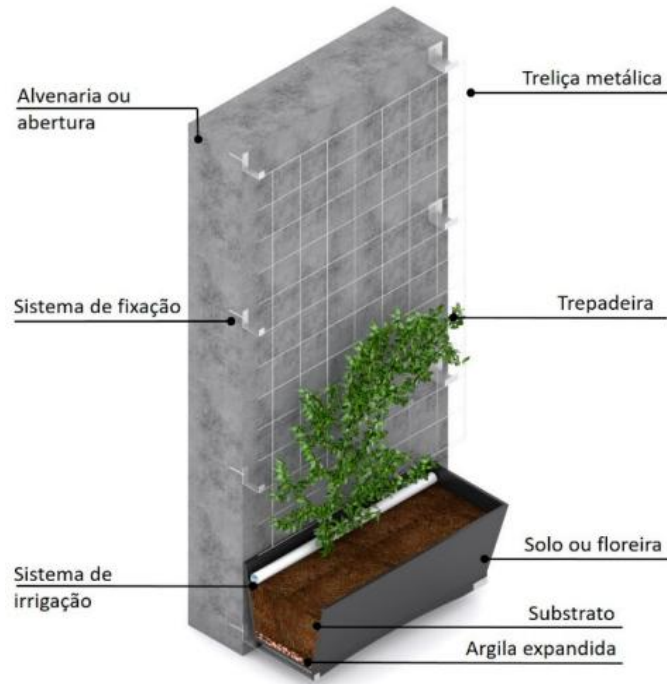


Fonte: Scherer, Alves e Redin (2018).

2.3.1.2.2 Fachadas verdes indiretas

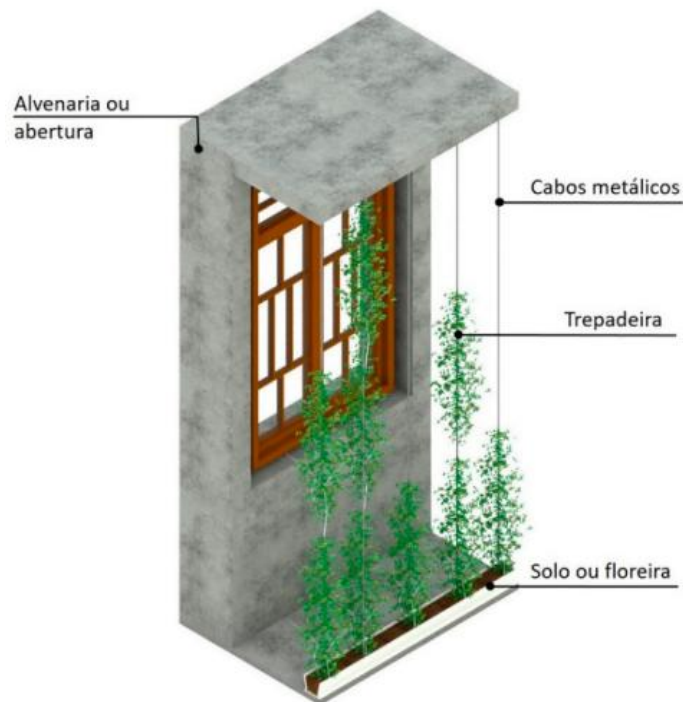
As fachadas verdes indiretas (Figuras 6 e 7) são também chamadas de cortinas verdes, brise vertical e para esta pesquisa será denominada fachada verde dupla. São sistemas nos quais a vegetação cresce auxiliada por suportes, e se mantém afastada da parede. Podem estar posicionadas em frente às aberturas ou regiões envidraçadas do edifício, auxiliando no controle solar. Podem ser plantadas direto no solo ou em floreiras (SCHERER; ALVES; REDIN, 2018).

Figura 6: Exemplo de fachada verde indireta com treliça metálica para fixação da trepadeira.



Fonte: Scherer, Alves e Redin (2018).

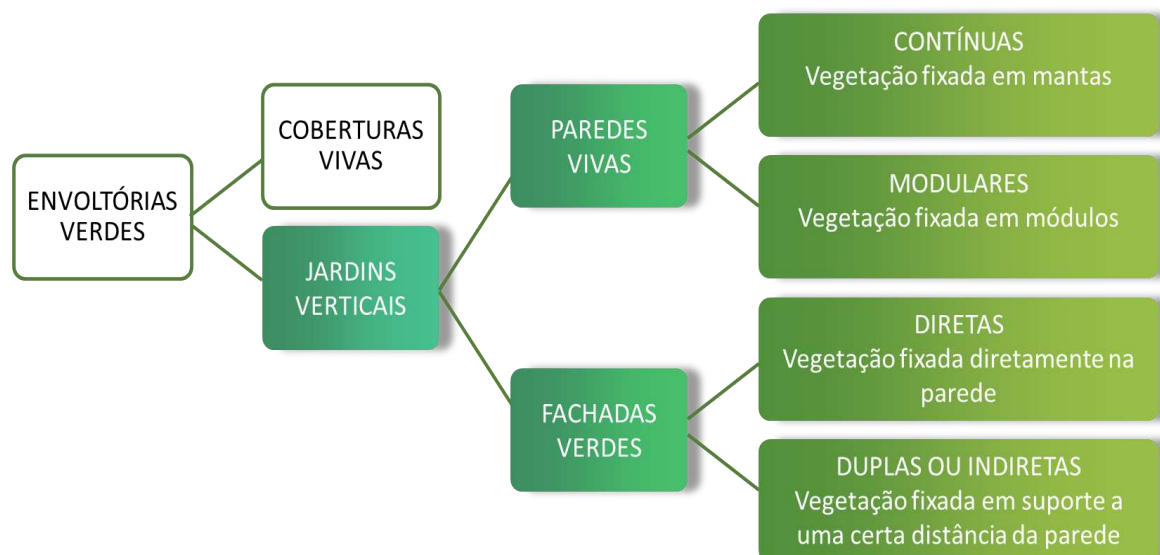
Figura 7: Exemplo de fachada verde indireta com cabo metálico para fixação da trepadeira.



Fonte: Scherer, Alves e Redin (2018).

O diagrama apresentado na Figura 8 resume a classificação das envoltórias verdes nas edificações. As envoltórias verdes se subdividem em diferentes estruturas chegando até o objeto de estudo desta pesquisa: as fachadas verdes duplas ou indiretas.

Figura 8: Classificação de envoltórias verdes.



Fonte: Elaborado pela autora.

As fachadas verdes também fazem parte da classificação de fachadas duplas, classificadas por materiais que podem ser diversos, incluindo a vegetação.

De acordo Perini *et al.*, (2011), as fachadas verdes possuem trepadeiras que cobrem superfícies verticais e são subdivididas em fachadas verdes diretas e indiretas. As fachadas verdes diretas não necessitam de apoio estrutural, uma vez que as plantas trepadeiras aderem às paredes externas por raízes adesivas ou almofadas adesivas. Já as fachadas verdes indiretas possuem sistemas de suporte, como cabos ou malhas de aço inoxidável, treliças modulares, que auxiliam o crescimento das plantas trepadeiras, criando uma segunda camada de pele distante da parede. (MANSO; CASTRO, 2015; MEDL; STANGL; FLORINETH, 2017).

Quanto às paredes vivas contínuas, estas incluem uma estrutura que prende o painel de base e protege a parede contra umidade. A aplicação de uma camada de tecido (telas permeáveis, flexíveis e à prova de raízes, servindo também de drenagem) serve como meio de crescimento (MEDL; STANGL; FLORINETH, 2017).

No geral, os jardins verticais, além de desempenharem um papel significativo no alívio dos problemas do aquecimento global e mudanças climáticas através da economia de energia,

também contribuem para mitigar o efeito de ilha de calor melhorando o microclima urbano graças ao seu desempenho higrotérmico determinado por uma combinação de fatores, como o teor de umidade do substrato, os efeitos de sombreamento e isolamento da vegetação (PAN; WEI; CHU, 2018).

Sousa *et al* (2014) estudou os critérios para a escolha da vegetação como atenuador do clima quente-úmido em uma instituição de ensino, demonstrando que a vegetação pode auxiliar na obtenção de um melhor conforto térmico, visual e sonoro em edificações.

Scherer (2014) quantificou e comparou diferentes espécies vegetais e seu Percentual de Transmissão Solar (PTS) ao longo do ano e com diferentes condições climáticas. O estudo revelou a viabilidade e os aspectos positivos do controle solar ao se utilizar espécies trepadeiras como uma segunda pele.

Outros parâmetros, como as interações entre a área foliar, a geometria, a cor e parâmetros microclimáticos, como a radiação solar, são complexos e podem determinar diferentes resultados na eficiência de resfriamento durante o dia e a noite (WONG, *et al.*, 2010).

As fachadas verdes duplas também funcionam como uma estratégia bioclimática que ameniza os efeitos do clima no microclima do entorno da edificação, além de melhorar o seu desempenho térmico (REFATI, 2020). Muñoz (2019) realizou um estudo com diferentes espécies de trepadeiras, analisando o seu efeito como amenizador térmico e comparou o Potencial de Sombreamento (PSO) com a morfologia de cada uma das espécies. As espécies vegetais dependem de determinadas condições climáticas e de sombreamento para melhor se desenvolverem, sendo variáveis segundo a espécie. Para isso, no momento de escolher a espécie adequada para cada situação é preciso verificar se a vegetação é adequada ao clima da região, se a espécie vegetal se desenvolve bem com o sombreamento ou insolação que a fachada onde se deseja aplicar proporciona, se a fachada necessita de sombreamento durante todo o ano ou se é preferível optar por uma espécie caducifólia, cujas folhas cairão no inverno.

Para verificar tanto a necessidade e aplicação da fachada verde de cada região e quais espécies poderiam se desenvolver nestas regiões, é necessária a subdivisão do clima brasileiro, por ser um território extenso com diferentes características climáticas. Além do fator climático, o solo e o recipiente de armazenamento devem ser adequados para o bom desenvolvimento vegetal.

2.4 CONTEXTO CLIMÁTICO BRASILEIRO

O clima é um fenômeno de vários elementos climáticos com múltiplas variáveis. A classificação climática vem da necessidade de síntese e simplificação dos complexos padrões climáticos, de modo a agrupá-los por meio de suas características similares em tipos climáticos (AYOADE, 2010).

Existem diversos tipos de classificação climática para o território brasileiro e, entre os mais conhecidos está a norma ABNT NBR 15220-3 que subdivide o território brasileiro em oito zonas bioclimáticas com características climáticas relativamente homogêneas.

Devido à grande variedade climática no território brasileiro, esta divisão é questionada e há um crescente debate sobre a necessidade de se desenvolver uma nova classificação climática para o Brasil, que contemple subzonas. Outras propostas para essa classificação vêm sendo elaboradas (BAVARESCO *ET AL*, 2017).

A classificação climática pode ser mais geral ou mais precisa. Com o intuito de melhorar a precisão e resolução do mapa da NBR 15220-3, considerado muito geral, e se criar um zoneamento bioclimático mais adequado para indicadores de desempenho das edificações, Machado *et al.* (2024) desenvolveram um novo zoneamento, a ser atualizado para o padrão brasileiro. Porém, para esta pesquisa, foi definida a utilização do zoneamento bioclimático da norma vigente, a ABNT NBR 15220-3.

De acordo com Bavaresco *et al* (2017), para essa divisão a norma utilizou três parâmetros principais. São eles: as médias mensais das temperaturas máximas, as médias mensais de temperaturas mínimas, e as médias mensais de umidade relativa do ar. As zonas bioclimáticas variam da mais fria, a zona 1, à mais quente, a zona 8.

Para cada uma dessas zonas bioclimáticas, a norma apresenta uma carta bioclimática baseada em medições em cidades pertencentes a essa zona. Além disso, a norma recomenda a adoção de diretrizes construtivas e estratégias passivas de condicionamento térmico para a otimização do desempenho térmico em habitações unifamiliares. Os parâmetros apresentados são relativos ao tamanho e sombreamento das aberturas para se obter ventilação, maior ou menor inércia térmica para as vedações internas, externas e cobertura e estratégias passivas de condicionamento térmico de acordo com as estações frias e quentes (ABNT, 2005).

2.5 FACHADAS VERDES DUPLAS COMO ESTRATÉGIA BIOCLIMÁTICA NO BRASIL

Para Gurgel (2012), a Arquitetura Bioclimática é aquela que se utiliza de energia renovável, materiais ecológicos, economiza água, não produz poluição, de modo a preservar a natureza para as futuras gerações, além de atender aos princípios do Design Passivo. São eles:

1. Adaptação ao clima;
2. Orientação correta da construção;
3. Aberturas bem posicionadas e protegidas;
4. Utilização da massa térmica;
5. Isolamento térmico;
6. Ventilação cruzada.

A fachada verde dupla pode apresentar diversas configurações de modo a melhor auxiliar a edificação na adaptação ao clima.

A fachada verde dupla se apresenta como uma potencial estratégia para se obter conforto térmico, de modo acessível e energeticamente eficiente, condizente com uma arquitetura mais sustentável e acessível, sem custos elevados para sua execução e manutenção, segundo observam Albernard, Fensterseifer e Scherer (2020).

De acordo com Bakhshoodeh, Ocampo e Oldham (2021), as fachadas verdes podem ser adequadas para a redução do consumo de energia das edificações, tanto em climas quentes como frios.

Para que a fachada verde dupla atue nas estratégias bioclimáticas de uma edificação, é preciso determinar quais as condições mais favoráveis para o contexto em que a edificação está inserida. Ou seja, a escolha da orientação das fachadas, o local da instalação da fachada verde dupla, sua distância da envoltória, o tipo de vegetação e a direção das aberturas deve ser baseada no contexto da edificação, levando em consideração a direção dos ventos, o clima da região, o entorno da edificação, o terreno, sua latitude etc.

Como já mencionado, a NBR 15220-3 divide o território brasileiro em oito zonas bioclimáticas e em cada uma delas deve-se utilizar diferentes estratégias para se obter o conforto térmico. Todas as zonas bioclimáticas necessitam da maior ou menor utilização da radiação solar, para atingir o conforto térmico em, pelo menos, algum momento do ano.

Fatores como os elementos da vizinhança, a topografia e a orientação norte-sul do terreno podem interferir na criação de sombras. A inclinação do terreno também é um fator que pode influenciar no sombreamento. Construir em aclave ao norte, por exemplo, causará maior

sombreamento na parte sul, onde, pelo fato de o Brasil estar no hemisfério sul, já é uma direção de menor insolação. Enquanto no declive ao norte, o sombreamento será menor (GURGEL, 2012).

A latitude é outra importante variável, visto que esta determina o ângulo de incidência solar e sua intensidade nas diferentes direções das fachadas.

O Brasil possui um território extenso com grande parte situada no hemisfério sul. Logo, quanto mais perto da linha do Equador, maior será a intensidade e quantidade de horas de exposição ao sol, sendo nesse caso, as fachadas leste e oeste as mais afetadas por uma insolação intensa e constante o ano todo. Ao passo que, quanto mais ao sul, o sol tenderá a se posicionar mais próximo ao horizonte, e as faces leste e oeste receberão menos insolação, o sol da manhã será mais agradável e a face norte será a de maior exposição solar (GURGEL, 2012).

Para o controle solar, qualquer anteparo que cause sombreamento, como brises, serve de dispositivo para o sombreamento, porém no caso das fachadas verdes duplas, a vegetação é capaz de se adaptar às variações climáticas, principalmente quando são utilizadas espécies decíduas, que perdem totalmente sua folhagem nos períodos frios, permitindo a passagem da radiação solar (SCHERER, 2014).

Apesar de serem poucas as pesquisas encontradas sobre fachadas verdes duplas no Brasil, seus resultados mostram que a sua utilização é favorável no contexto climático do Brasil.

Scherer (2014), Albernard, Fensterseifer e Scherer (2020), Padovan (2020), Refati (2020), Valdameri e Westphal (2022) realizaram experimentos em edificações ou protótipos comparando envoltórias com e sem fachadas verdes duplas no Brasil (Quadro 1). Enquanto Scherer (2014), Lima, Medeiros e Tavares (2017), Scherer e Fedrizzi (2018), Silveira, Padovan e Fontes (2019), Sousa, Souza e Gomes (2020), Scherer *et al.* (2022), realizaram simulações comparando edificações com e sem fachadas verdes duplas em diferentes zonas bioclimáticas do Brasil (Quadro 2).

Conforme as simulações realizadas por Scherer e Fedrizzi (2018), as fachadas verdes duplas se mostraram eficazes, como elemento de controle solar, comparadas aos sistemas convencionais, como brises horizontais e persianas internas.

Scherer (2014) verificou que as fachadas verdes duplas, simuladas na orientação leste-oeste e com 45% da área envidraçada, alcançaram maior economia de energia do que as simuladas na orientação norte-sul, para as Zonas Bioclimáticas 1, 2 e 8.

Quadro 1: Experimentos com fachadas verdes duplas

MÉTODO	EXPERIMENTOS				
FONTE	VALDAMERI E WESTPHAL (2022)	REFATI (2020)	PADOVAN (2020)	ALBERNARD, FENSTERSEIFER E SCHERER (2020)	REFATI, VALDAMERI E POKRYWIECKI (2019)
OBJETIVO ESTUDO	Verificar a contribuição térmica de sistemas verticais de vegetação	Verificar a atenuação térmica de FVD com duas espécies diferentes.	Identificar a contribuição no desempenho térmico da FVD.	Desenvolver um modelo FVD, como estratégia de controle térmico, de baixo custo.	Verificar a atenuação térmica de um ambiente após a implantação de uma FVD.
ZONA BIOCLIMÁTICA	ZB2	ZB2	ZB3	ZB2	ZB2
DIREÇÃO DA FACHADA	Norte-Noroeste	Norte-Noroeste	Oeste	Oeste	Norte-noroeste
ESPÉCIE(S)	<i>Wisteria sp</i>	<i>Stictocardia macalusoii</i> e <i>Thunbergia grandiflora</i>	<i>Ipomoea horfalliae</i>	<i>Wisteria sp</i>	<i>Stictocardia macalusoii</i>
CAVIDADE	145 cm na base e 45 cm na parte superior	145 cm na base e 45 cm na parte superior	20 cm	Não informado	145 cm na base e 45 cm na parte superior
MATERIAS	Estrutura com tela soldada de aço	Estrutura com tela soldada de aço	Painel metálico com tela quadriculada de 20x20 cm	Perfis de madeira parafusados na calçada e no beiral com cordas elásticas transpassadas nos pitões fixados na madeira.	Estrutura com tela soldada de aço
ABERTURA	Presente	Presente	Ausente	Presente	Presente

Fonte: Elaborado pela autora.

No experimento de Rafati (2020), a fachada verde dupla amorteceu tanto o ganho térmico, durante o dia, quanto o decréscimo da temperatura ao longo da noite, efeito esse similar ao aumento da inércia térmica do ambiente ao reduzir a variação térmica do ambiente interno mesmo sob uma variação significativa da temperatura externa.

Durante os períodos frios, geralmente no outono e no inverno, as fachadas verdes duplas contribuíram para com o atraso na redução da temperatura interna. Assim, além de contribuir na redução da temperatura nos horários mais quentes, contribuiu com o amortecimento da temperatura nos horários mais frios, indicando sua capacidade de auxiliar no isolamento térmico do ambiente (REFATI, 2020; VALDAMERI, WESTPHAL, 2022).

Quadro 2: Simulações com fachadas verdes duplas.

MÉTODO	SIMULAÇÃO				
FONTE	SCHERER ET AL. (2022)	SOUSA, SOUZA E GOMES (2020)	SILVEIRA, PADOVAN E FONTES (2019)	SCHERER E FEDRIZZI (2018)	SCHERER (2014)
OBJETIVO ESTUDO	Avaliar o desempenho térmico de diferentes sistemas de fachadas vegetadas.	Investigar a influência das paredes verdes no desempenho térmico.	Avaliar o conforto térmico fornecido pelo uso de fachada verde.	Comparar o desempenho de sistemas de controle solar diferentes (brise e FVD)	Estudar a aplicabilidade das FVDs
ZONA BIOCLIMÁTICA	ZB2	ZB1, ZB3 e ZB8	ZB3	ZB2	ZB1, ZB2 e ZB8
DIREÇÃO DA FACHADA	Leste	Oeste	Oeste	Norte-sul e Leste-oeste	Leste e Oeste
ESPÉCIE(S)	<i>Lonicera japônica</i> (perene) e <i>Wisteria floribunda</i> (decidua)	<i>Hedera helix</i>	<i>Wisteria floribunda</i>	<i>Wisteria floribunda</i> e <i>Campsis grandiflora</i> (deciduas); <i>Lonicera japonica</i> e <i>Trachelospermum jasminoide</i> (perenes)	<i>Wisteria floribunda</i> e <i>Campsis grandiflora</i> (deciduas); <i>Lonicera japonica</i> e <i>Trachelospermum jasminoide</i> (perenes)
CAVIDADE	100 cm	20 cm	30 cm	Não informado	120 cm
ABERTURA	Presente	Presente	Ausente	Persente	Persente
SOFTWARE	Energy plus	Energy plus	Energy plus	Design Builder	Design Builder

Fonte: Elaborado pela autora.

A fachada verde dupla funciona como uma camada que reduz as trocas térmicas dos ambientes internos e externos, fazendo com que a temperatura interna do ambiente se mantenha baixa durante o dia e esteja amena durante a noite, reduzindo a amplitude térmica diária nas Zonas Bioclimáticas 1, 3 e 8, simuladas por Sousa, Souza e Gomes (2020). Estes ainda concluíram que a fachada verde dupla foi mais eficiente durante o verão e em regiões mais quentes, já que a vegetação pode reduzir o aquecimento solar diurno nos períodos frios. Contudo, a camada vegetal foi responsável pela diminuição da perda de calor à noite, durante períodos frios, aumentando a temperatura interna mínima, representando uma alternativa eficaz para a melhoria do desempenho térmico da envoltória (SOUSA, SOUZA E GOMES, 2020).

De acordo com as simulações de Scherer *et al.* (2022), para regiões onde o clima

apresenta elevada amplitude térmica anual, o uso de fachada verde dupla é vantajoso tanto no verão quanto no inverno, pela sua capacidade de diminuir as transferências de calor. No entanto, o uso de vegetação perene prejudica o aquecimento da envoltória no inverno. Enquanto, com o uso de espécies decíduas, no inverno, os dados foram similares aos da fachada sem vegetação.

Scherer (2014), estudou, através de experimentos, a capacidade de sombreamento de espécies vegetais para fachadas verdes duplas. Com os dados desse experimento realizou simulações computacionais para as zonas bioclimáticas 1, 2 e 8, comparando o consumo de energia de edificações sombreadas pela fachada verde dupla e sem sombreamento. Os resultados mostraram que o uso das fachadas verdes duplas foi capaz de reduzir de forma significativa o consumo de energia. Scherer (2014) percebeu também que para as Zonas Bioclimáticas 1 e 2 nas quais existe estação fria e pode haver o consumo de energia para aquecimento, as espécies decíduas (glicínia e trombeta-chinesa) são mais adequadas, enquanto para a Zona Bioclimática 8, onde apenas o resfriamento é necessário, espécies perenes e com folhagem mais densa, como a madressilva-creme, são mais adequadas.

Refati, Valdameri e Pokrywiecki (2019) realizaram experimentos comparando cinco espécies vegetais para fachadas verdes duplas, instaladas em fachadas com aberturas na direção norte-noroeste, mais adequadas à Zona Bioclimática 2. Foi constatado que espécies que perdem quase que toda a folhagem durante os períodos de baixas temperaturas, como a *Stictocardia macalusoii* (ipoméia-africana), trouxeram benefícios térmicos em regiões onde o verão e o inverno são definidos, como na região do estudo. A ausência das folhas contribui para a incidência da radiação solar e ganho de calor interno nos períodos mais frios.

Entre as quatro espécies: glicínia; trombeta-chinesa; madressilva-creme e jasmim-leite, simuladas para uma fachada verde dupla, na Zona Bioclimática 2, Scherer e Fedrizzi (2018) concluíram que as espécies mais adequadas para a redução do consumo de energia, nesta zona bioclimática, foram a glicínia e a madressilva-creme.

Para a Zona Bioclimática 3, onde se necessita do aquecimento passivo da edificação durante o inverno, a utilização da espécie *Wisteria floribunda* (glicínia) se mostrou satisfatória já que esta espécie é decídua, permitindo uma maior taxa de transmissão solar quando caem suas folhas, entre junho e agosto e possui folhagem densa entre os meses de outubro a maio, como observam Silveira, Padovan e Fontes (2019).

Para Padovan (2020), a fachada verde dupla consiste em uma técnica de controle térmico passivo de grande potencial, que, em conjunto com outras estratégias, é capaz de contribuir com o melhoramento do desempenho térmico das construções. Ela atua por meio dos

mecanismos de sombreamento, da contribuição nas perdas ou ganhos de calor e da evapotranspiração vegetal.

Nas simulações realizadas por Lima, Medeiros e Tavares (2017), as fachadas verdes duplas na orientação norte e com distanciamento da parede de 30 cm se mostraram eficientes em épocas quentes, contribuindo para o resfriamento da edificação, porém, não contribuíram para o retardo da perda de calor interno pela parede durante o frio, o que pode estar relacionado à distância da parede (30 cm) em que o sistema foi instalado da parede.

Bakhshoodeh, Ocampo e Oldham (2021) analisaram experimentos, realizados em diversos países, com fachadas verdes duplas com cavidades de largura entre 5 e 135 cm e notaram que quanto maior a cavidade entre a parede e a vegetação, maior o resfriamento do ar nesta cavidade quando a temperatura ambiente (externa à cavidade) está acima de 20°C.

Assim, as fachadas verdes duplas funcionam como um dispositivo dinâmico de controle solar já que pode propiciar taxas de transmissão solar variando segundo o clima e a estação (SILVEIRA, PADOVAN e FONTES, 2019). A eficácia da fachada verde dupla deriva sobretudo da sua proteção contra a incidência da radiação solar direta na envoltória, além de realizar outros fenômenos complexos relativos ao mecanismo de evapotranspiração que permitem a melhoria da qualidade do ar nas suas proximidades (SOUSA, SOUZA E GOMES, 2020). As fachadas verdes duplas apresentam o potencial de funcionarem como uma alternativa bioclimática, por sua capacidade de melhorar o desempenho térmico do edifício através do sombreamento, isolamento térmico, barreira ao vento e resfriamento evaporativo (PEREZ *et al.*, 2011; PADOVAN, 2021).

Esses experimentos e simulações realizados, para o território brasileiro comprovam a aplicabilidade das fachadas verdes como um sistema de controle climático capaz de trazer melhorias no conforto para as edificações no Brasil, quando bem projetado.

CAPÍTULO 3 - METODOLOGIA

Esta pesquisa insere-se no âmbito das Ciências Sociais Aplicadas e pretende ampliar o conhecimento científico sobre os potenciais benefícios que as fachadas verdes podem proporcionar para as zonas bioclimáticas brasileiras. Seu caráter multidisciplinar decorre da integração entre fatores ambientais e sociais, que podem ser aplicados em projetos arquitetônicos.

Baseado em seus objetivos (GIL, 2002), a presente pesquisa tem natureza exploratória pelo fato de buscar maior entendimento acerca da relação entre a utilização das fachadas verdes e o clima brasileiro; e ainda é descritiva, por visar à descrição das características das fachadas verdes aplicáveis.

O procedimento de coleta de dados, de caráter qualitativo e multimétodos, combinou pesquisa bibliográfica, mapeamento e análise documental. Teve como objetivo descrever as características das fachadas verdes indiretas com aplicabilidade nas zonas bioclimáticas brasileiras.

Os métodos que foram utilizados neste trabalho foram definidos a partir dos objetivos da pesquisa. A pesquisa foi dividida em 3 etapas: revisão de literatura, coleta de dados e elaboração de diretrizes. A revisão de literatura buscou atender ao primeiro objetivo específico, a coleta de dados aos objetivos específicos 2, 3 e 4 e a elaboração de diretrizes, o objetivo específico 5.

O Quadro 3 apresenta os métodos utilizados na etapa 2 de coleta de dados, para atingir aos objetivos específicos 2, 3 e 4.

Quadro 3: Métodos utilizados na etapa de coleta de dados.

Etapa 2	Objetivos	Método
Coleta de dados	OE2 - Identificar edifícios com uso de fachada verde no Brasil, para caracterizar suas tecnologias, formas, materiais e espécies utilizadas.	Mapeamento tipológico e gráfico
	OE3 - Identificar os parâmetros climáticos para caracterização de Fachadas verdes indiretas nas diversas regiões do Brasil;	Análise Documental NBR 15.220 - 3
	OE4 - Realizar um levantamento das principais espécies vegetais e sua aplicabilidade em fachadas verdes, conforme as regiões climáticas no Brasil.	Pesquisa por meio do catálogo do <i>AuE Software</i>

Fonte: Elaborado pela autora.

3.1 REVISÃO DE LITERATURA

A primeira etapa consistiu em uma revisão de literatura sobre conceitos, classificações e estratégias que utilizam as fachadas verdes em diferentes climas, para entender quais características são relevantes para a aplicação da fachada verde dupla no clima brasileiro, a qual atendeu ao Objetivo específico 1: Aprofundar conhecimentos nos conceitos de Fachadas Verdes e nas estratégias para Edifícios com Fachadas Verdes.

3.2 COLETA DE DADOS

Na segunda etapa, foram realizadas as coletas de dados via mapeamentos, levantamentos de espécies vegetais e análise documental. Os procedimentos realizados para a coleta de dados serão descritos nos itens a seguir.

3.2.1 Mapeamento

Para a realização do mapeamento fez-se uma busca em diferentes plataformas digitais de arquitetura, além do próprio Google. Os sites consultados foram o *Archdaily*, a revista *Projeto*, *Casa Vogue Brasil*, *Galeria da Arquitetura*, *Papo de Arquiteto*, *Portal 44 Arquitetura*, *Revista Casa e Jardim*, *Viva Decora*.

Para a busca foram utilizados os termos: “fachada verde”, “parede verde”, “fachada vegetada”, “brise vegetal”, “brise verde”, “cortina verde”, “jardim vertical”, “parede vegetada”, “parede vegetal”, “biofachada”, “parede viva” e assim, selecionados apenas aqueles que correspondiam à fachada verde dupla, já que os termos usados nessas plataformas não correspondem às classificações da literatura acadêmica. Dos projetos catalogados, a maior parte continha registros mais completos de especificações técnicas e imagens no *ArchDaily*. Assim, a plataforma *ArchDaily* constituiu a principal fonte de documentação. Como, muitas vezes, a fachada verde era citada em uma plataforma e não em outra, optou-se por realizar uma busca de projetos no Brasil, ano a ano no *Archdaily*, abrindo-se projeto a projeto para visualizar a existência de fachadas verdes duplas nos projetos.

Além disso, foi feita uma busca em plataformas online da *Elsevier*, *Scopus*, *Web of Science* e *Google Scholar* com as mesmas palavras, buscando experimentos realizados no Brasil nos quais foram construídas fachadas verdes duplas.

As informações coletadas foram: nome, local, escritório responsável pelo projeto arquitetônico; responsável pelo projeto paisagístico, ano da construção da edificação, ano da execução da fachada verde dupla, área projetada da edificação, número de pavimentos da edificação, coordenadas geográficas, zona bioclimática na qual edificação se insere, nome dado à fachada verde dupla, direção da fachada verde dupla, material da fachada anterior, área vegetada, técnica de instalação, método de irrigação, observações, objetivo da fachada verde dupla, largura da cavidade, aberturas por trás da fachada verde dupla, espécies utilizadas, persistência, luminosidade e referência. Esse processo visou à caracterização das fachadas verdes duplas já utilizadas no Brasil.

O produto dessa etapa foi um quadro comparativo com as características distintas encontradas nas fachadas verdes.

Com o endereço fornecido pelo site ou através de mais pesquisas a respeito da edificação, foram lançadas as coordenadas geográficas no software *Google Earth Pro* para se entender a localização dessas fachadas verdes duplas no Brasil.

A partir da localização, foram sobrepostos o mapa, com os pontos da localização das fachadas verdes duplas e, o mapa das zonas bioclimáticas brasileiras da NBR 15220-3 e apagado o mapa do *Google Earth Pro*, deixando apenas os pontos no mapa das zonas bioclimáticas, para se verificar quais zonas bioclimáticas possuíam mais fachadas verdes duplas. Foram encontrados pontos em cinco zonas bioclimáticas, denominadas neste estudo ZB1, ZB2, ZB3, ZB6 e ZB8, que delimitam a abrangência geográfica desta pesquisa.

3.2.2 Análise documental

A análise documental teve como foco a norma NBR 15.220 - Parte 3: "Zoneamento bioclimático brasileiro e diretrizes construtivas para habitações unifamiliares de interesse social". São analisadas sua forma de obtenção dos dados climáticos, as particularidades de cada clima, suas cartas bioclimáticas, diretrizes construtivas e estratégias de condicionamento passivo para cada uma das zonas bioclimáticas brasileiras selecionadas neste estudo.

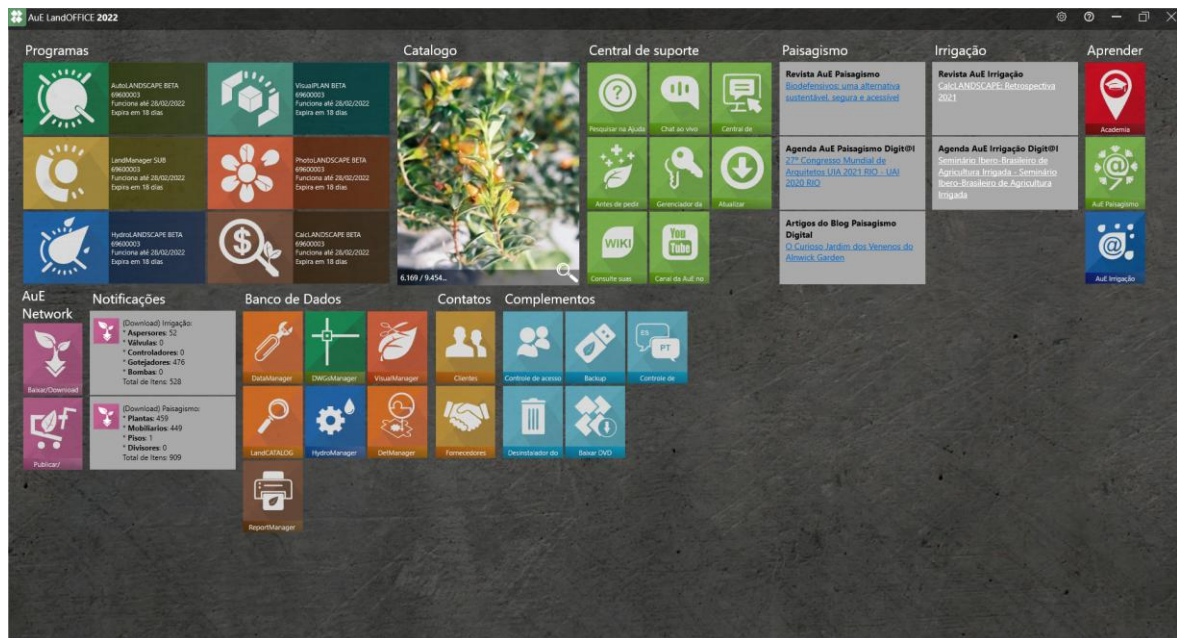
Através do mapeamento realizado, foram selecionadas as Zonas Bioclimáticas onde foram encontradas fachada verde dupla, esta informação delimitou a área de estudo para as zonas bioclimáticas 1, 2, 3, 6 e 8.

3.2.3 Levantamentos de espécies vegetais

Esta etapa visou realizar o levantamento das espécies mais adequadas para fachadas verdes duplas no Brasil, considerando as estratégias necessárias, fornecidas pela NBR 15.220-3, para cada zona bioclimática estudada e as espécies mais adequadas para se desenvolver nessas regiões e seus climas.

Para realizar o levantamento das espécies, conforme a necessidade climática e adaptação da espécie na região, foi utilizado o Catálogo da *Aue Software* - Arquitetura Urbanismo e Ecologia.

Figura 9: Página inicial do *AuE LandOFFICE*



Fonte: *AuE Software* (2022).

3.2.3.1 Sobre a *AuE Software*

A *AuE Software* é uma empresa brasileira que desenvolve *softwares* técnicos para Paisagismo. Ela desenvolveu seis *softwares* que auxiliam o profissional do paisagismo em cada etapa do projeto e dois outros programas que auxiliam no desenho arquitetônico. o *AuE LandOFFICE* é um pacote de várias combinações para o licenciamento de mais de um *software*. Na Figura 9, é possível visualizar a página inicial do *AuE LandOFFICE* com os seus seis *softwares* de paisagismo e diversas ferramentas e bancos de dados oferecidos. Para esta

pesquisa, utilizou-se o catálogo e suas ferramentas.

Segundo seu site (*AUE SOFTWARE*, [s.d.]), os serviços oferecidos pelos programas são:

O *PhotoLANDSCAPE* permite a realização de apresentações com fotomontagens que auxiliam na etapa de estudo preliminar; com o *AutoLANDSCAPE* é possível realizar apresentações técnicas e extrair o quantitativo a partir do projeto em CAD. O *CalcLANDSCAPE* permite a geração de um orçamento preciso e de forma rápida e o *VisualPLAN*, permite extrair, do desenho no CAD, a planta baixa humanizada e a visualização em 3D do projeto para o anteprojeto.

O *HydroLANDSCAPE* realiza os cálculos hidráulicos e auxilia no desenho do *layout* de irrigação, faz quantificação e o orçamento da irrigação e, com *AutoLANDSCAPE*, agiliza o projeto executivo.

O *LandMANAGER* é um programa de gestão e manutenção para o paisagismo e irrigação, que organiza as informações e minimiza os desperdícios, utilizando a informação gerada pelos demais programas da *AuE Software*.

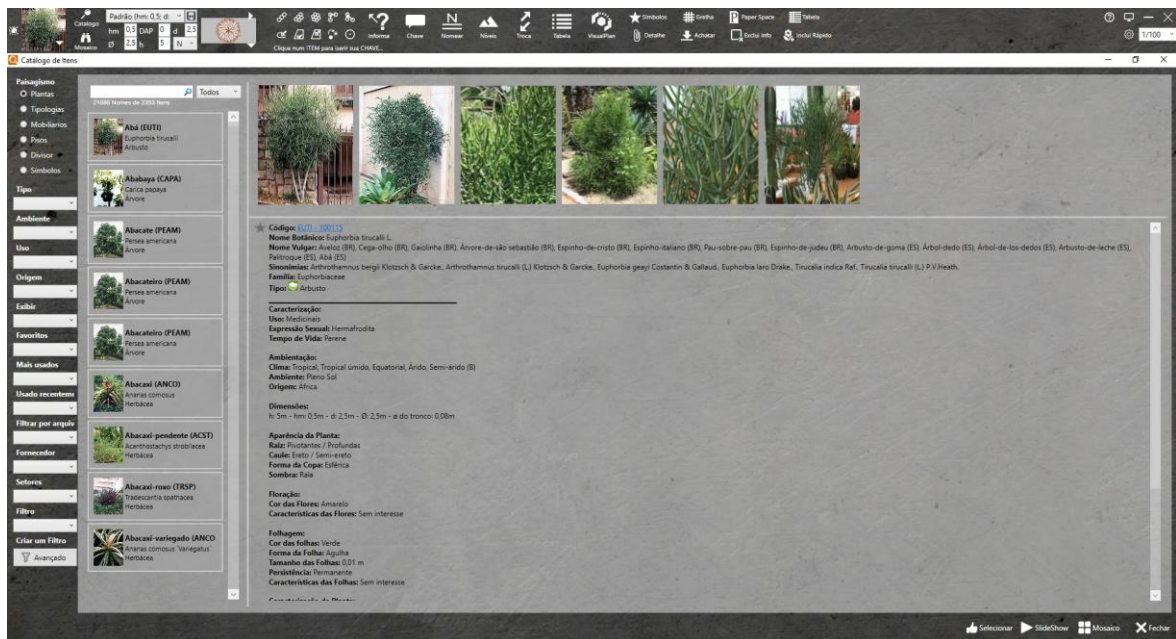
Além disso, a *AuE Software* desenvolveu o *BricsCAD*, um *software CAD*, com mais recursos e mais acessível do que o *AutoCAD*, e no formato *.dwg* e o *AuE TopDRAW*, um programa de humanização do projeto arquitetônico.

O *AuE Software* dispõe de um grande banco de dados de espécies vegetais ornamentais, tanto nativas quanto exóticas, mais utilizadas no Brasil. Por meio desse vasto catálogo com informações detalhadas sobre cada espécie, foi possível utilizar filtros já existentes no programa e criar filtros para selecionar as espécies mais adequadas para determinado uso (Figura 10).

Assim, para esta pesquisa, optou-se por utilizar o catálogo e as ferramentas desse *software*, para selecionar as espécies mais adequadas para fachadas verdes duplas, conforme as necessidades de cada região estudada, a adaptabilidade da vegetação nessa região e as condições de sombreamento das fachadas onde podem ser instaladas. A Figura 11 mostra o mapa das regiões onde determinada espécie se adapta melhor. Esta região é chamada de zona de rusticidade.

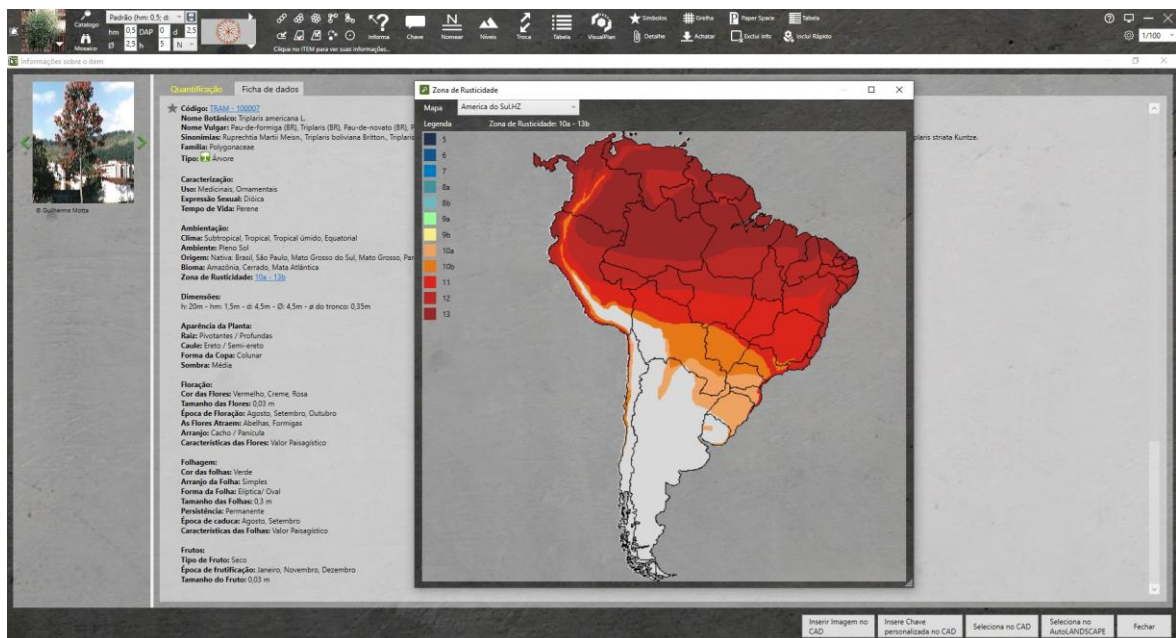
Para essa pesquisa foram utilizados os filtros: origem (nativa ou exótica) e ambiente (luminosidade: sol pleno, meia sombra ou sombra). Foram criados os filtros: tipo (trepadeira e pendente), zona de rusticidade (que corresponde à área geográfica onde determinada espécie se desenvolve bem, mostrada através do mapa) e persistência (indica se a espécie é caduca, semipermanente ou permanente).

Figura 10: Página inicial do Catálogo da *AuE Software* mostrando os filtros existentes e suas ferramentas e informações.



Fonte: *AuE Software* (2022).

Figura 11: Mapa das zonas de rusticidade apresentadas no catálogo da *AuE Software*



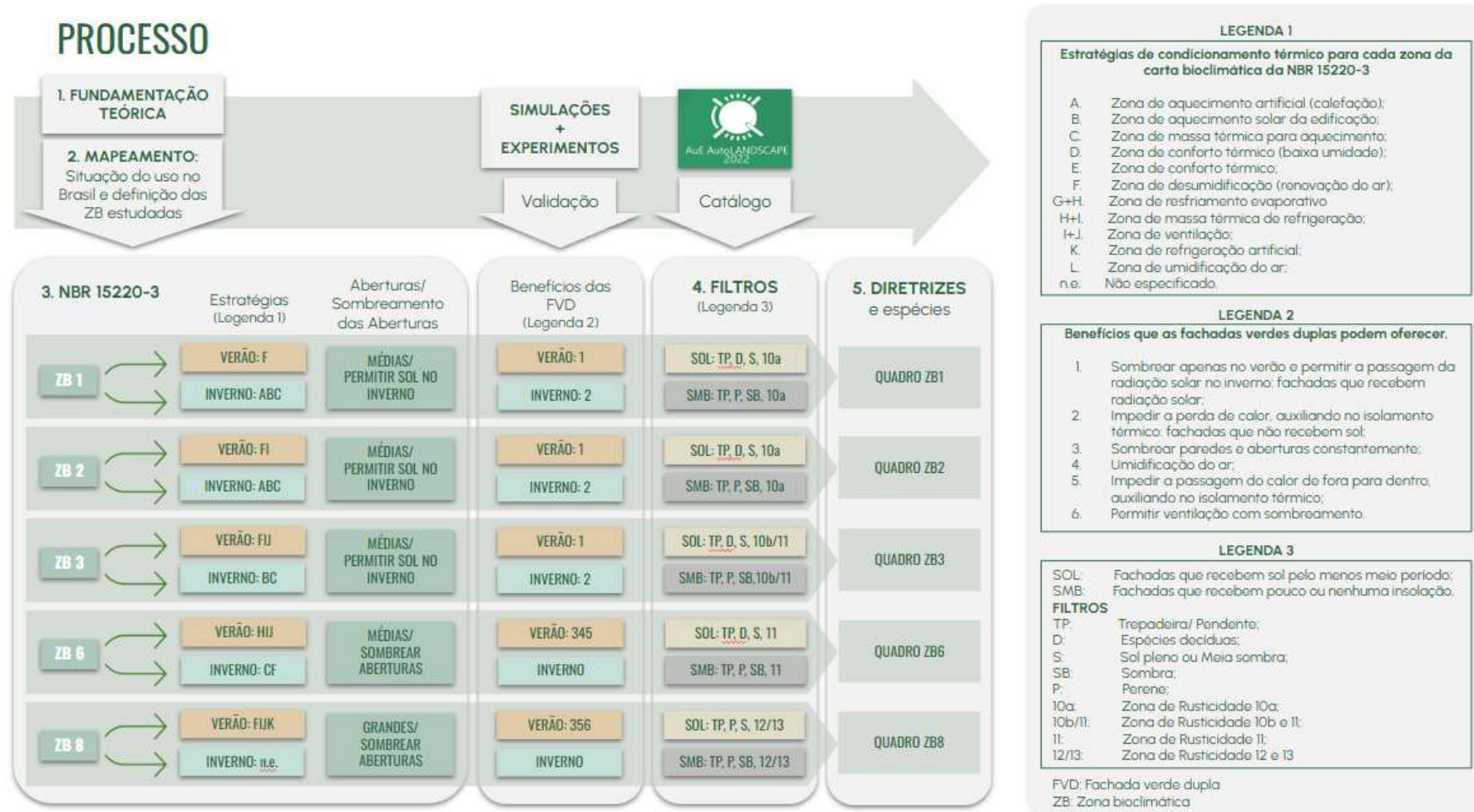
Fonte: *AuE Software* (2022).

3.3 ELABORAÇÃO DAS DIRETRIZES

Na terceira etapa, foi desenvolvido um conjunto de diretrizes para a construção de fachadas verdes indiretas. Essas diretrizes foram desenvolvidas buscando-se as espécies que se adaptam ao clima da zona bioclimática e com características que mais contribuem para a adequação da edificação sugerida pela NBR 15.220 em cada zona bioclimática do Brasil. Essa última etapa atendeu ao Objetivo Específico 5: Desenvolver diretrizes para a utilização de fachadas verdes adequadas a cada zona bioclimática brasileira.

O Quadro 4 mostra o processo como foram desenvolvidas as diretrizes. A partir da fundamentação teórica foi possível entender os conceitos e a relação da fachada verde dupla com a edificação e o clima, entendendo-se quais os fatores necessários para que a fachada verde dupla pudesse contribuir no controle climático da edificação. As simulações e experimentos encontrados durante a fundamentação teórica validaram as contribuições das fachadas verdes duplas na adequação climática das edificações. Através do mapeamento pôde-se entender a situação do uso de fachadas verdes duplas no Brasil e definir as zonas bioclimáticas da NBR 15220-3 serem estudadas. A análise documental da norma permitiu entender as necessidades de cada zona bioclimática estudada nos períodos de frio e de calor. Entendeu-se que a fachada pode estar em diversas situações que podem afetar tanto as propriedades que a fachada verde dupla pode oferecer quanto à escolha da espécie a ser considerada, principalmente fatores relativos ao sol. Entre essas situações, duas foram consideradas indispensáveis para este estudo: as fachadas verdes duplas nas situações de fachada com pelo menos meio período de insolação e fachadas com menos insolação. Para cada zona bioclimática estudada foram pensadas estas duas situações e, a partir delas, foram selecionados os benefícios e os parâmetros para a escolha da espécie (filtros).

Quadro 4: Processo de desenvolvimento da pesquisa



Fonte: Elaborado pela autora.

CAPÍTULO 4 - DISCUSSÃO DOS RESULTADOS

Neste capítulo serão apresentados os resultados obtidos a partir das etapas de coletas de dados. São elas: o mapeamento das fachadas verdes duplas, a análise da NBR 15220-3 e a elaboração das diretrizes.

4.1 MAPEAMENTO DE FACHADAS VERDES DUPLAS

Durante o mapeamento, notou-se que as divisões das tipologias e nomenclaturas já bastante consolidadas no meio acadêmico, não foram difundidas no meio comercial, sendo observada uma falta de padrão nas nomenclaturas das diferentes tipologias de paredes verdes, principalmente fora do meio acadêmico. O Quadro 5 apresenta as informações encontradas em cada uma das fachadas verdes encontradas.

No mapeamento das fachadas verdes duplas foram encontradas pouquíssimas informações a respeito destas, demonstrando a pouca importância dada ao tema. Além disso, o mapeamento revelou uma maior concentração de fachadas verdes duplas na ZB3, contando com 15 unidades, seis na ZB8, quatro na ZB2, três na ZB1 e uma na ZB6 como pode ser visto na Figura 12.

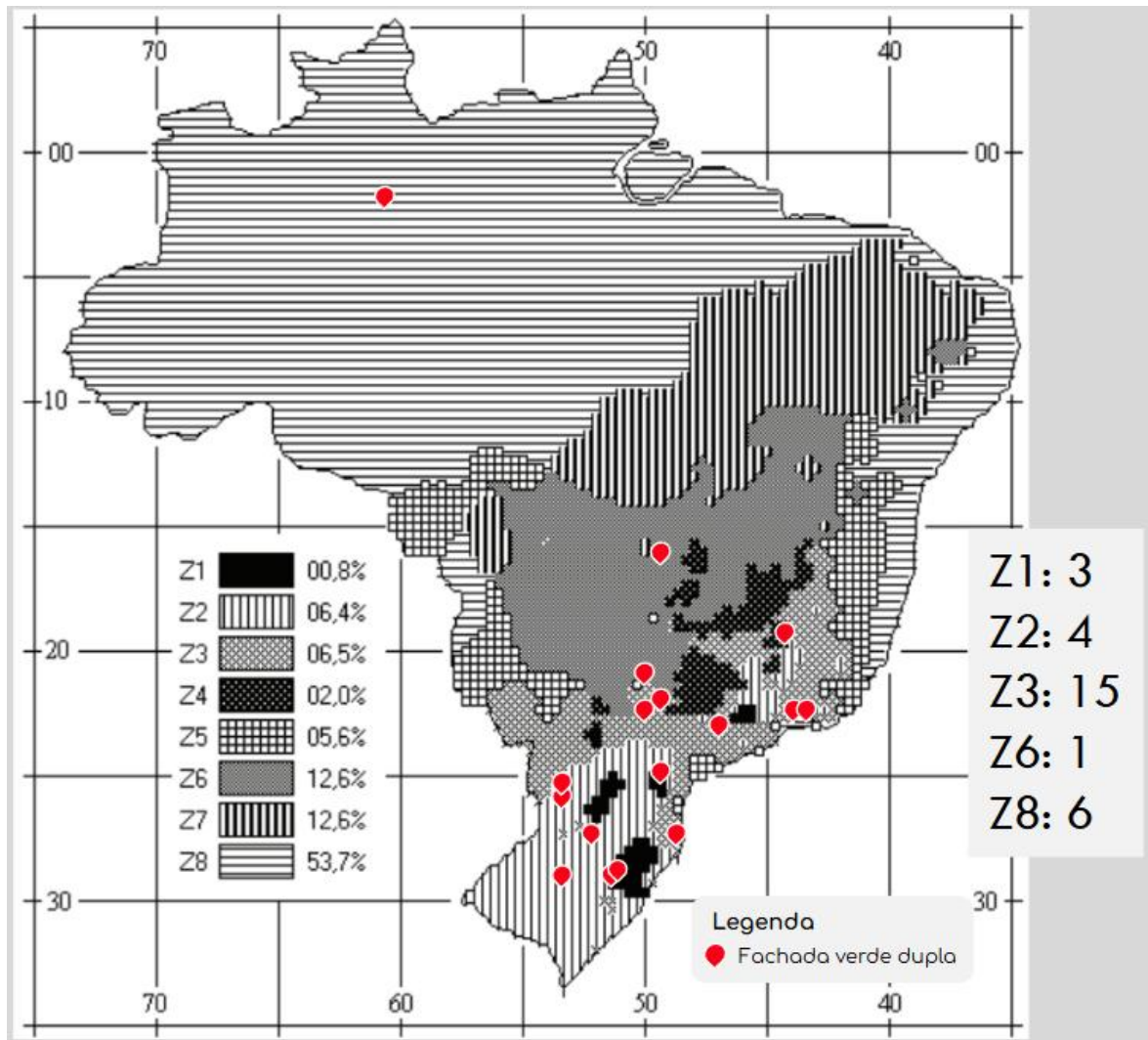
Nove das 29 fachadas verdes duplas foram encontradas no estado de São Paulo, seis no Paraná, seis no Rio Grande do Sul, três no Rio de Janeiro, três na cidade de Manaus no Amapá, uma em Minas Gerais, uma em Goiás e uma em Santa Catarina.

Sua utilidade na arquitetura, tiveram os seguintes propósitos: melhoria do conforto térmico e redução nos gastos de energia, controle solar, privacidade, propiciar mudanças visuais, estética, identidade, proteção respirável, frescor, manifestação a favor do verde nos centros históricos, dialogar com a paisagem e a realização de experimentos.

As espécies mais utilizadas nos experimentos foram a *Wisteria floribunda* (glicínia), a *Stictocardia macalusoii* (ipomeia-africana), a *Ipomoea horsfalliae hook* (ipomeia-rubra) e a *Thunbergia grandiflora* (tumbergia-azul).

Muitas das vegetações das fachadas verdes duplas encontradas no mapeamento não estavam bem desenvolvidas, seja por falta de manutenção, manejo ou má escolha das espécies etc. Acredita-se que um dos motivos seja por falta de conhecimento dos usuários.

Figura 12: Mapa das zonas bioclimáticas da norma NBR 15220-3 com a localização das fachadas verdes duplas encontradas no mapeamento



Fonte: Adaptado de ABNT (2015), pela autora.

Quadro 3: Caracterização das fachadas verdes duplas no Brasil

Número	1	2	3	4	5	6	7	8	9	10	11	12	13	14	15	16	17	18	19	20	21	22	23	24	25	26	27	28	29							
Nome	Fidalga 727	Limited Funchal	Escola Estadual Erich Walter Heine	Casa ML	Ed. OXI	Casa Alpha A1	Casa Popular Eficiente (CPE)	Casa Tingui	Casa 12x12	Greenpace Brasil	Edifícios Highlight e Spotlight Jardim Botafogo	Casa Poa	Edifício Icaro Jardina da Graciosa	Residência 002	Universidade Tecnológica Federal do Paraná, Campus Francisco Beltrão (UTFPR/FB)	Universidade Tecnológica Federal do Paraná, Campus Francisco Beltrão (UTFPR/FB)	Residencial Leonel Brizola	Casa Mirante	Edifício Magdalena Laura	Primavera Office	Edifício Harmonia 1250	Galpão Tropical - Mouraquitã Arqueologia	Faculdade Integradas de Ourinhos - UNIFIO	CoLiving INGA	Edifício VIBE 201	Edifício Manguatã	Prédio Rosa - Feevale	Murano Rotely	Hotel EkoResidente							
Imagens																																				
Local	São Paulo - SP	São Paulo - SP	Rio de Janeiro - RJ	Belo Horizonte - MG	Curitiba - PR	Goiania - GO	Santa Maria - RS	Curitiba - PR	Rio de Janeiro - RJ	Pineiros - SP	Rio de Janeiro - RJ	Porto Alegre - RS	Curitiba - PR	Birigui - SP	Francisco Beltrão - PR	Francisco Beltrão - PR	Santa Maria - RS	Bauri - SP	São Paulo - SP	Florianópolis - SC	São Paulo - SP	Manaus - AM	Ourinhos - SP	Manaus - AM	Manaus - AM	São Paulo - SP	Novo Hamburgo / RS	Porto Alegre - RS	Porto Alegre - RS							
Projeto arquitetônico	Triptyque	Altaio & Casperini Arquitetos	Arkos Arquitetura Sustentável	Play Arquitetura	Luiz Volpato Arquitetura	Arquitetura Viva	n.e.	Canali Arquitetura	Bernardes Arquitetura	K Arquitetos	Cité Arquitetura	Bernardes Arquitetura	Studio Arthur Casas	Rafael Pinotti Arquitetura	n.e.	n.e.	n.e.	Livia Zanelli	Vapor arquitetura	ARK Arquitetos	Triptyque	Laurent Troost Architectures	n.e.	Laurent Troost Architectures	Vipe Arquitetura	Terra e Tuma Arquitetos Associados	n.e.	n.e.	n.e.							
Projeto paisagístico	n.e.	Marcelo Novaes Paisagismo	n.e.	n.e.	Sim	n.e.	n.e.	n.e.	n.e.	n.e.	S&A Almeida Arquitetura e Paisagismo	Isabel Duprat	Renata Tili	n.e.	Kassiana Kamila Pagnocelli Refali	n.e.	Cleia Cristina Valdameri e Fernando Westphal	Renata Serafini de Albernard	Livia Zanelli	Gal Branca e Kaapora	Rodrigo Oliveira Paisagismo	Leonardo Diba Gonçalves Padovan	Leonardo Diba Gonçalves Padovan	Hana Eto Gall	HANA ETO GALL-Flora Eto Plantas & Jardins	Gabriela Ornaghi e Bianca Vasone	n.e.	n.e.	n.e.							
Ano da construção da edificação	2010	2010	2011	2011	2011	2012	2013	2013	2013	2015	2018	2018	2019	2019	2019	2019	2022	2020	2020	2020	2020	2021	2021	2022	2024	2024	2024	2024	2024	2024						
Ano da execução da fachada verde dupla	n.e.	n.e.	n.e.	n.e.	n.e.	n.e.	n.e.	n.e.	n.e.	n.e.	n.e.	n.e.	n.e.	n.e.	n.e.	n.e.	n.e.	n.e.	n.e.	n.e.	n.e.	n.e.	n.e.	n.e.	n.e.	n.e.	n.e.	n.e.	n.e.	n.e.						
Área projetada da edificação	2778 m²	1330 m²	n.e.	540 m²	2341 m²	540 m²	2250 m²	550 m²	2250 m²	5238 m²	1943 m²	660 m²	1943 m²	240 m²	240 m²	240 m²	459 m²	39,60 m²	270 m²	2056 m²	1173 m²	100	359 m²	1440 m²	1440 m²	1440 m²	1440 m²	1440 m²	1440 m²	1440 m²						
Altura da edificação	10 pavimentos	Um volume horizontal com 6 pavimentos e uma torre com 18 pavimentos.	2 pavimentos	1 pavimento	6 pavimentos	1 pavimento	1 pavimento	2 pavimentos	3 pavimentos	3 pavimentos	15 pavimentos	2 pavimento	3 pavimentos	3 pavimento	1 pavimento	1 pavimento	1 pavimento	3 pavimentos	3 pavimentos	14 pavimentos	6 pavimentos	16 pavimentos	2 pavimentos	1 pavimento (3,80 m)	4 pavimentos	4 pavimentos	7 pavimentos	4 pavimentos	9 pavimentos	9 pavimentos						
Coordenadas	-23.55359, -46.89199	-23.90456, -46.88957	-22.90456, -43.70154	-19.85374, -43.95742	-25.43946, -49.30082	-16.72957, -49.36886	-29.72096, -50.71475	-25.39446, -49.30643	-22.98377, -43.22324	-23.56343, -46.68803	-22.95254, -43.17962	-30.07400, -51.17783	-25.40554, -49.24808	-21.28836, -50.32484	-26.08575, -53.09034	-26.08677, -53.08997	-29.71680, -53.76975	-22.32055, -49.06103	-23.54563, -46.64676	-27.54541, -48.50126	-23.54767, -46.89141	-3.12620, -40.00401	-22.92366, -49.90559	-3.13065, -46.02123	-3.08419, -46.04218	-23.61305, -46.88902	-29.86677, -51.11829	-30.09406, -51.24461	-30.03333, -51.22430							
Zonas Bioclimáticas Proposta / NBR	ZB3	ZB3	ZB8	ZB3	ZB1	ZB3	ZB3	ZB1	ZB3	ZB3	ZB3	ZB3	ZB3	ZB3	ZB3	ZB3	ZB3	ZB3	ZB3	ZB3	ZB3	ZB3	ZB3	ZB3	ZB3	ZB3	ZB3	ZB3	ZB3	ZB3	ZB3					
Como foi chamada	n.e.	Brise vegetal	n.e.	n.e.	n.e.	Fachada verde	n.e.	Brise vegetal	n.e.	Fachada verde	n.e.	Brise verde	n.e.	Fachada verde	n.e.	Corrinhas verdes e fachadas verdes indiretas	Corrinhas verdes e fachadas verdes indiretas	Fachada verde	n.e.	Corrinhas verdes	n.e.	Bandjeja vegetada	Camada vegetal	Edifício vivo, "envelopado" por plantas nativas e com outras espécies	Vegetação integrada com outras espécies	Vegetação integrada com outras espécies	Vegetação integrada com outras espécies	Vegetação integrada com outras espécies	Vegetação integrada com outras espécies	Vegetação integrada com outras espécies						
Direção das fachadas vegetadas	Todo entorno do bloco	Noroeste	Norte	Nordeste	n.e.	Oeste	n.e.	Brise verde	Leste	Sudoeste	n.e.	Sudoeste e sudeste	n.e.	n.e.	Norte-noroeste	Norte-noroeste	Norte-noroeste	Oeste	n.e.	Todas as fachadas	Todas as fachadas	Norte e Oeste	Oeste	Todas as direções	Oeste	Todo o entorno do edifício	Oeste	Noroeste	Sudeste	Sudeste						
Material da fachada anterior	Alvenaria	Alvenaria com presença de aberturas.	Alvenaria cerâmica com janelas de vidro	Alvenaria cerâmica com janelas de vidro	Alvenaria cerâmica com janelas de vidro	Alvenaria cerâmica com janelas de vidro	Alvenaria cerâmica com janelas de vidro	Alvenaria cerâmica com janelas de vidro	Alvenaria cerâmica com janelas de vidro	Alvenaria cerâmica com janelas de vidro	Alvenaria cerâmica com janelas de vidro	Alvenaria cerâmica com janelas de vidro	Alvenaria cerâmica com janelas de vidro	Alvenaria cerâmica com janelas de vidro	Alvenaria cerâmica com janelas de vidro	Alvenaria cerâmica com janelas de vidro	Alvenaria cerâmica com janelas de vidro	Alvenaria cerâmica com janelas de vidro	Alvenaria cerâmica com janelas de vidro	Alvenaria cerâmica com janelas de vidro	Alvenaria cerâmica com janelas de vidro	Alvenaria cerâmica com janelas de vidro	Alvenaria cerâmica com janelas de vidro	Alvenaria cerâmica com janelas de vidro	Alvenaria cerâmica com janelas de vidro	Alvenaria cerâmica com janelas de vidro	Alvenaria cerâmica com janelas de vidro	Alvenaria cerâmica com janelas de vidro	Alvenaria cerâmica com janelas de vidro	Alvenaria cerâmica com janelas de vidro	Alvenaria cerâmica com janelas de vidro					
Área vegetada	n.e.	n.e.	n.e.	n.e.	n.e.	n.e.	n.e.	n.e.	n.e.	n.e.	n.e.	n.e.	n.e.	n.e.	n.e.	n.e.	n.e.	n.e.	n.e.	n.e.	n.e.	n.e.	n.e.	n.e.	n.e.	n.e.	n.e.	n.e.	n.e.	n.e.	n.e.	n.e.				
Técnica de instalação	Vegetação que cresce em canteiros e sobre trepadeiras por meio de tela metálica.	Trepadeiras crescem em floreiras e sobem fixadas por meio de tela metálica.	n.e.	Vegetação pendente a partir de um telhado verde	Sistema utilizando-se vergalhões de aço em canteiros que ao longo do tempo serão entremeados por vegetações trepadeiras. Estas serão controladas para a obtenção da quantidade de sol desejada.	n.e.	Estrutura de suporte confeccionada com cordões elásticos em forma de rede que direcionam o crescimento da planta	n.e.	Canteiros por onde a vegetação cresce.	n.e.	Jardineiras por onde crescem as plantas.	n.e.	Vegetação que cresce em floreiras com espécies que caem criando uma cortina vegetal ao redor dos pavimentos	Estrutura de brise natural formada por tela metálica na qual a vegetação cresce.	tela metálica inclinada fixada no beiral e na plataforma para conduzir o crescimento das plantas	tela metálica inclinada fixada no beiral e em ganchos metálicos cravados no solo para conduzir o crescimento das plantas	tela de aço inclinada, presa por grampos no solo e em ganchos metálicos no beiral por onde a vegetação se desenvolve	Perfis de madeira parafusados na calçada e no beiral com cordas elásticas presas por pilas na madeira, nas quais a vegetação cresce	Bolecos e cobogós de concreto por onde a vegetação se desenvolve	Jardineiras	Floreiras	Trepadeiras protegidas por brises soléis metálicos e uma camada vegetal que cresce em vasos.	valeta ao longo da parede e tela quadrada para o desenvolvimento da vegetação	Vegetação trepadeira fixada em tela metálica juntamente com outras espécies	A vegetação cresce em floreiras, as trepadeiras sobem fixadas a cabos metálicos.	Vegetação que cresce em floreiras com espécies que caem criando uma cortina vegetal	n.e.	o sistema é composto de contêineres dispostos externamente ao prédio onde as plantas - em geral trepadeiras - são conduzidas por cabos de aço inoxidável presos por fixadores do mesmo material. O método contempla ainda fert-irrigação automatizada.	o sistema é composto de contêineres dispostos externamente ao prédio onde as plantas - em geral trepadeiras - são conduzidas por cabos de aço inoxidável presos por fixadores do mesmo material. O método contempla ainda fert-irrigação automatizada.	o sistema é composto de contêineres dispostos externamente ao prédio onde as plantas - em geral trepadeiras - são conduzidas por cabos de aço inoxidável presos por fixadores do mesmo material. O método contempla ainda fert-irrigação automatizada.						
Método de irrigação	n.e.	n.e.	n.e.	n.e.	n.e.	Irrigação feita com água de reuso	n.e.	n.e.	n.e.	n.e.	n.e.	n.e.	n.e.	n.e.	n.e.	n.e.	Manual	n.e.	n.e.	n.e.	n.e.	n.e.	n.e.	n.e.	n.e.	n.e.	n.e.	n.e.	n.e.	n.e.	n.e.					
Observações	O edifício é composto por três blocos, apenas o do meio (onde ficam a escada e os elevadores) é circundado pela vegetação	-	Primeira escola da América Latina a receber o certificado LEED Schools do Green Building Council.	-	-	-	altura 101 m	-	-	-	O projeto inclui 5 torres	-	-	-	-	-	-	-	-	-	-	-	-	-	-	-	-	-	-	-	-	-				
Objetivo da fachada verde	n.e.	n.e.	Absorver o calor, melhorar o conforto térmico e reduzir o gasto de energia	n.e.	Controle solar	Absorver o calor, melhorar o conforto térmico e reduzir o gasto de energia	n.e.	Experimento para medição do Índice de Sombreamento (IS)	n.e.	Filtro para a insolação e privacidade.	Sombreamento	Proporcionar mudanças visuais ao longo do ano, à medida que as plantas mudam de cor e volume.	Filtro para a insolação e privacidade.	Experimento de comparação da atenuação térmica entre as espécies	Experimento para verificar a contribuição térmica	Experimento para avaliar bem-estar	Privacidade, a sensação de conforto ambiental e identidade do novo uso residencial do edifício.	Redução do impacto da insolação direta nas esquadrias.	Privacidade, a sensação de conforto ambiental e identidade do novo uso residencial do edifício.	Redução do impacto da insolação direta nas esquadrias.	Privacidade, a sensação de conforto ambiental e identidade do novo uso residencial do edifício.	Privacidade, a sensação de conforto ambiental e identidade do novo uso residencial do edifício.	Privacidade, a sensação de conforto ambiental e identidade do novo uso residencial do edifício.	Privacidade, a sensação de conforto ambiental e identidade do novo uso residencial do edifício.	Privacidade, a sensação de conforto ambiental e identidade do novo uso residencial do edifício.	Privacidade, a sensação de conforto ambiental e identidade do novo uso residencial do edifício.	Privacidade, a sensação de conforto ambiental e identidade do novo uso residencial do edifício.	Privacidade, a sensação de conforto ambiental e identidade do novo uso residencial do edifício.	Privacidade, a sensação de conforto ambiental e identidade do novo uso residencial do edifício.	Privacidade, a sensação de conforto ambiental e identidade do novo uso residencial do edifício.	Privacidade, a sensação de conforto ambiental e identidade do novo uso residencial do edifício.	Privacidade, a sensação de conforto ambiental e identidade do novo uso residencial do edifício.				
Largura da cavidade	n.e.	n.e.	n.e.	n.e.	n.e.	n.e.	n.e.	n.e.	n.e.	n.e.	n.e.	n.e.	n.e.	n.e.	n.e.	n.e.	n.e.	n.e.	n.e.	n.e.	n.e.	n.e.	n.e.	n.e.	n.e.	n.e.	n.e.	n.e.	n.e.	n.e.	n.e.	n.e.				
Aberturas por trás da fachada verde	n.e.	n.e.	Janelas de vidro	Sim	Sim	Não	n.e.	n.e.	n.e.	n.e.	n.e.	n.e.	n.e.	n.e.	n.e.	n.e.	n.e.	n.e.	n.e.	n.e.	n.e.	n.e.	n.e.	n.e.	n.e.	n.e.	n.e.	n.e.	n.e.	n.e.	n.e.	n.e.				
Especies utilizadas	n.e.	n.e.	Especie de vegetação nativa	n.e.	n.e.	Wisteria floribunda (Glicínia)	n.e.	n.e.	n.e.	n.e.	trepadeira, taoba, ora-pro-nois	Uma variedade de espécies vegetais nativas, desde arbustos até árvores	n.e.	n.e.	Stoccardia maculosa (Ipomeia africana)	Thunbergia grandiflora (Tumbérgia Azul)	n.e.	n.e.	n.e.	n.e.	n.e.	n.e.	n.e.	n.e.	n.e.	n.e.	n.e.	n.e.	n.e.	n.e.	n.e.	n.e.				
Persistência	n.e.	n.e.	n.e.	n.e.	n.e.	Decídua	n.e.	n.e.	n.e.	n.e.	Perene	n.e.	n.e.	n.e.	n.e.	n.e.	n.e.	n.e.	n.e.	n.e.	n.e.	n.e.	n.e.	n.e.	n.e.	n.e.	n.e.	n.e.	n.e.	n.e.	n.e.	n.e.				
Luminosidade	n.e.	n.e.	Pleno sol	n.e.	n.e.	Pleno sol	n.e.	n.e.	n.e.	n.e.	n.e.	n.e.	n.e.	n.e.	n.e.	n.e.	n.e.	n.e.	n.e.	n.e.	n.e.	n.e.	n.e.	n.e.	n.e.	n.e.	n.e.	n.e.	n.e.	n.e.	n.e.	n.e.				
Referências	https://www.archdaily.com.br/br/01-1371918/fachada-verde-727-triplyque?ad_source=archdaily_mediu...	https://www.archdaily.com.br/br/755392/limited-funchal-altaio-casperini-arquitetos?ad_source=archdaily_mediu...	https://www.archdaily.com.br/br/01-164540/coleg-publico-do-rio-de-janeiro-e-a-primeira-escola-sustentavel-certificada-da-america-latina	https://www.archdaily.com.br/br/01-181782/casa-ml-archdaily-brasil?ad_source=archdaily_mediu...	https://www.archdaily.com.br/br/01-181782/casa-oxi-archdaily-brasil?ad_source=archdaily_mediu...	https://www.archdaily.com.br/br/01-181782/casa-alpha-a1-archdaily-brasil?ad_source=archdaily_mediu...	https://www.archdaily.com.br/br/01-181782/casa-popular-eficiente-archdaily-brasil?ad_source=archdaily_mediu...	https://www.archdaily.com.br/br/01-181782/casa-tingui-archdaily-brasil?ad_source=archdaily_mediu...	https://www.archdaily.com.br/br/01-181782/casa-12x12-archdaily-brasil?ad_source=archdaily_mediu...	https://www.archdaily.com.br/br/01-181782/greenpace-brasil-archdaily-brasil?ad_source=archdaily_mediu...	https://www.archdaily.com.br/br/1008940/edificios-highlight-e-spotlight-jardim-botafogo-archdaily-brasil?ad_source=archdaily_mediu...	https://www.archdaily.com.br/br/944237/casa-poa-archdaily-brasil?ad_source=archdaily_mediu...	https://www.archdaily.com.br/br/944237/casa-poa-archdaily-brasil?ad_source=archdaily_mediu...	https://www.archdaily.com.br/br/944237/casa-poa-archdaily-brasil?ad_source=archdaily_mediu...	https://www.archdaily.com.br/br/944237/casa-poa-archdaily-brasil?ad_source=archdaily_mediu...	https://www.archdaily.com.br/br/944237/casa-poa-archdaily-brasil?ad_source=archdaily_mediu...	https://www.archdaily.com.br/br/944237/casa-poa-archdaily-brasil?ad_source=archdaily_mediu...	https://www.archdaily.com.br/br/944237/casa-poa-archdaily-brasil?ad_source=archdaily_mediu...	https://www.archdaily.com.br/br/944237/casa-poa-archdaily-brasil?ad_source=archdaily_mediu...	https://www.archdaily.com.br/br/944237/casa-poa-archdaily-brasil?ad_source=archdaily_mediu...	https://www.archdaily.com.br/br/944237/casa-poa-archdaily-brasil?ad_source=archdaily_mediu...	https://www.archdaily.com.br/br/944237/casa-poa-archdaily-brasil?ad_source=archdaily_mediu...	https://www.archdaily.com.br/br/944237/casa-poa-archdaily-brasil?ad_source=archdaily_mediu...	https://www.archdaily.com.br/br/944237/casa-poa-archdaily-brasil?ad_source=archdaily_mediu...	https://www.archdaily.com.br/br/944237/casa-poa-archdaily-brasil?ad_source=archdaily_mediu...	https://www.archdaily.com.br/br/944237/casa-poa-archdaily-brasil?ad_source=archdaily_mediu...	https://www.archdaily.com.br/br/944237/casa-poa-archdaily-brasil?ad_source=archdaily_mediu...	https://www.archdaily.com.br/br/944237/casa-poa-archdaily-brasil?ad_source=archdaily_mediu...	https://www.archdaily.com.br/br/944237/casa-poa-archdaily-brasil?ad_source=archdaily_mediu...	https://www.archdaily.com.br/br/944237/casa-poa-archdaily-brasil?ad_source=archdaily_mediu...	https://www.archdaily.com.br/br/944237/casa-poa-archdaily-brasil?ad_source=archdaily_mediu...	https://www.archdaily.com.br/br/944237/casa-poa-archdaily-brasil?ad_source=archdaily_mediu...	https://www.archdaily.com.br/br/944237/casa-poa-archdaily-brasil?ad_source=archdaily_mediu...	https://www.archdaily.com.br/br/944237/casa-poa-archdaily-brasil?ad_source=archdaily_mediu...	https://www.archdaily.com.br/br/944237/casa-poa-archdaily-brasil?ad_source=archdaily_mediu...	https://www.archdaily.com.br/br/944237/casa-poa-archdaily-brasil?ad_source=archdaily_mediu...

n.e.: Não encontrado

Fonte: Elaborado pela autora.

4.2 ANÁLISE DA NBR 15220-3

A Associação Brasileira de Normas Técnicas (ABNT) é o órgão nacional responsável pela normalização. As normas são elaboradas por Comissões de Estudo (CE), composta por agentes dos setores envolvidos, incluindo: consumidores, produtores e neutros (universidades, laboratórios entre outros).

A ABNT NBR 15220-3 foi elaborada pela Comissão de Estudo de Desempenho Térmico de Edificações no Comitê Brasileiro de Construção Civil (ABNT/CB-02). Esta Norma, sob o título geral “Desempenho térmico de edificações”, é dividida em cinco partes:

- Parte 1: Definições, símbolos e unidades;
- Parte 2: Métodos de cálculo da transmitância térmica, da capacidade térmica, do atraso térmico e do fator solar de elementos e componentes de edificações;
- Parte 3: Zoneamento bioclimático brasileiro e diretrizes construtivas para habitações unifamiliares de interesse social;
- Parte 4: Medição da resistência térmica e da condutividade térmica pelo princípio da placa quente protegida;
- Parte 5: Medição da resistência térmica e da condutividade térmica pelo método fluximétrico.

A Parte 3 desta norma faz recomendações, a serem aplicadas na fase de projeto, voltadas para habitações unifamiliares de interesse social. Ainda nesta parte, é estabelecido o zoneamento bioclimático brasileiro, a partir do qual são sugeridas diretrizes construtivas e estratégias de condicionamento térmico passivo.

Para a realização do zoneamento climático no Brasil, o território foi dividido em 6500 células definidas pela sua posição geográfica e por suas variáveis climáticas: médias mensais de temperatura máximas e mínimas e médias mensais das umidades relativas do ar. Para 330 células foram utilizados dados medidos entre os anos de 1931 e 1990. Para as demais, o clima foi obtido por interpolação, de modo a estimar os dados faltantes.

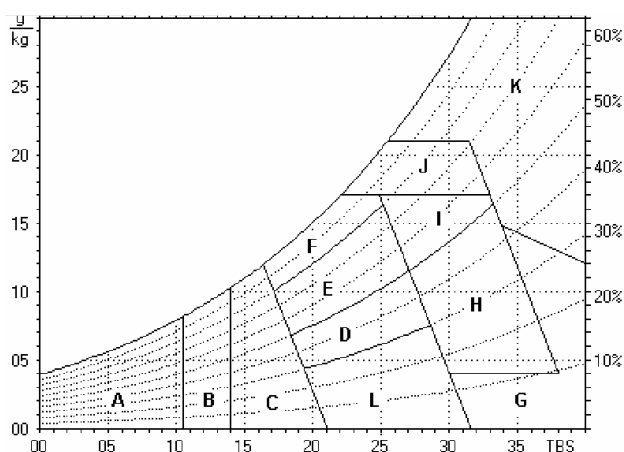
Assim, a divisão do território brasileiro foi realizada, considerando-se a homogeneidade relativa dos climas para cada uma das zonas.

Uma carta bioclimática foi elaborada a partir da adaptação da carta bioclimática de Givoni (Figura 13). Esta carta bioclimática é dividida em regiões de A a L. A região E corresponde às temperaturas e umidades de conforto térmico do ambiente, definida pela NBR 15220-1, como a satisfação psicofisiológica que um indivíduo sente nas condições térmicas do

ambiente. Para cada uma das outras regiões da carta, é apresentada uma estratégia bioclimática (Quadro 6).

Nesta carta, foram lançados os dados mensais de temperaturas máximas e mínimas e umidade do ar de cada ponto do território, formando uma reta para cada mês do ano.

Figura 13: Carta bioclimática adaptada pela NBR 15220-3



Fonte: ABNT (2015).

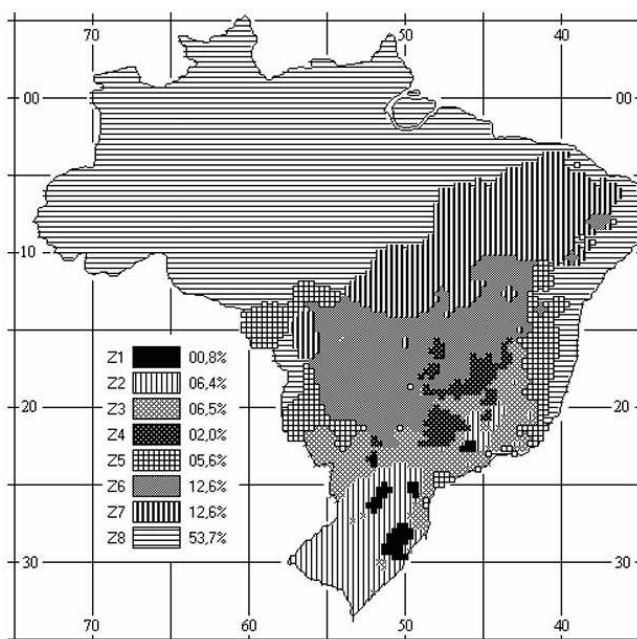
Quadro 6: Estratégias correspondentes a cada região da carta bioclimática

A – Zona de aquecimento artificial (calefação)	G + H – Zona de resfriamento evaporativo
B – Zona de aquecimento solar da edificação	H + I – Zona de massa térmica de refrigeração
C – Zona de massa térmica para aquecimento	I + J – Zona de ventilação
D – Zona de conforto térmico (baixa umidade)	K – Zona de refrigeração artificial
E – Zona de conforto térmico	L – Zona de umidificação do ar
F – Zona de desumidificação (renovação do ar)	

Fonte: ABNT (2015).

Os dados climáticos de cada território, lançados no diagrama, abrangeram determinadas áreas do diagrama e suas estratégias correspondentes, gerando um código das letras, em ordem alfabética. Este código possibilita a classificação de cada clima em uma das oito zonas bioclimáticas (Figura 14). No anexo A da norma, são apresentadas a classificação climática de 330 cidades.

Figura 14; Zoneamento bioclimático brasileiro



Fonte: ABNT (2015).

A NBR 15220-3 apresenta, assim, diretrizes construtivas e estratégias de condicionamento térmico passivo, sem caráter normativo, apenas orientativo, para cada uma das zonas bioclimáticas, considerando os parâmetros:

- Tamanho das aberturas para ventilação;
- Proteção das aberturas ao sol;
- Vedações externas (tipo de parede externa e tipo de cobertura);
- Estratégias de condicionamento térmico passivo.

A NBR 15220-3 especifica as estratégias de condicionamento térmico segundo o Quadro 7.

O Quadro 8 apresenta um resumo das diretrizes construtivas e estratégias de condicionamento térmico passivo, orientadas pela NBR 15220-3, utilizadas para entender as necessidades de cada uma das zonas bioclimáticas.

Quadro 7: Detalhamento das estratégias de condicionamento térmico

Estratégia	Detalhamento
A	O uso de aquecimento artificial será necessário para amenizar a eventual sensação de desconforto térmico por frio
B	A forma, a orientação e a implantação da edificação, além da correta orientação de superfícies envidraçadas, podem contribuir para otimizar o seu aquecimento no período frio, através da incidência de radiação solar. A cor externa dos componentes também desempenha papel importante no aquecimento dos ambientes através do aproveitamento da radiação solar
C	A adoção de paredes internas pesadas pode contribuir para manter o interior da edificação aquecido
D	Caracteriza a zona de conforto térmico (a baixas umidades)
E	Caracteriza a zona de conforto térmico
F	As sensações térmicas são melhoradas através da desumidificação dos ambientes. Esta estratégia pode ser obtida através da renovação do ar interno por ar externo através da ventilação dos ambientes
G e H	Em regiões quentes e secas, a sensação térmica no período de verão pode ser amenizada através da evaporação da água. O resfriamento evaporativo pode ser obtido através do uso de vegetação, fontes de água ou outros recursos que permitam a evaporação da água diretamente no ambiente que se deseja resfriar
H e I	Temperaturas internas mais agradáveis também podem ser obtidas através do uso de paredes (externas e internas) e coberturas com maior massa térmica, de forma que o calor armazenado em seu interior durante o dia seja devolvido ao exterior durante a noite, quando as temperaturas externas diminuem
I e J	A ventilação cruzada é obtida através da circulação de ar pelos ambientes da edificação. Isto significa que se o ambiente tem janelas em apenas uma fachada, a porta deve ser mantida aberta para permitir a ventilação cruzada. Também deve-se atentar para os ventos predominantes da região e para o entorno, pois o entorno pode alterar significativamente a direção dos ventos
K	O uso de resfriamento artificial será necessário para amenizar a eventual sensação de desconforto térmico por calor
L	Nas situações em que a umidade relativa do ar for muito baixa e a temperatura do ar estiver entre 21°C e 30°C, a umidificação do ar proporcionará sensações térmicas mais agradáveis. Essa estratégia pode ser obtida através da utilização de recipientes com água e do controle da ventilação, pois esta é indesejável por eliminar o vapor proveniente de plantas e atividades domésticas

Fonte: ABNT (2015).

Quadro 8: Resumo das diretrizes e estratégias para as zonas bioclimáticas estudadas.

NBR 15220-3		ZONAS BIOCLIMÁTICAS				
ESTRATÉGIAS		ZB1	ZB2	ZB3	ZB6	ZB8
Aberturas para ventilação		Médias	Médias	Médias	Médias	Grandes
Sombreamento das aberturas		Permitir sol durante o inverno	Permitir sol durante o inverno	Permitir sol durante o inverno	Sombrear aberturas	Sombrear aberturas
Parede		Leve	Leve	Leve refletora	Pesada	Leve refletora
Cobertura		Leve isolada	Leve isolada	Leve isolada	Leve isolada	Leve refletora
Estratégias de condicionamento térmico passivo	Verão	n.i.	J) Ventilação cruzada	J) Ventilação cruzada	H) Resfriamento evaporativo e massa térmica para resfriamento J) Ventilação seletiva (nos períodos quentes em que a temperatura interna seja superior à externa)	n.i.
	Inverno	B) Aquecimento solar da edificação C) Vedações internas pesadas (inércia térmica)	B) Aquecimento solar da edificação C) Vedações internas pesadas (inércia térmica)	B) Aquecimento solar da edificação C) Vedações internas pesadas (inércia térmica)	C) Vedações internas pesadas (inércia térmica)	n.i.
n.i.: não informado						

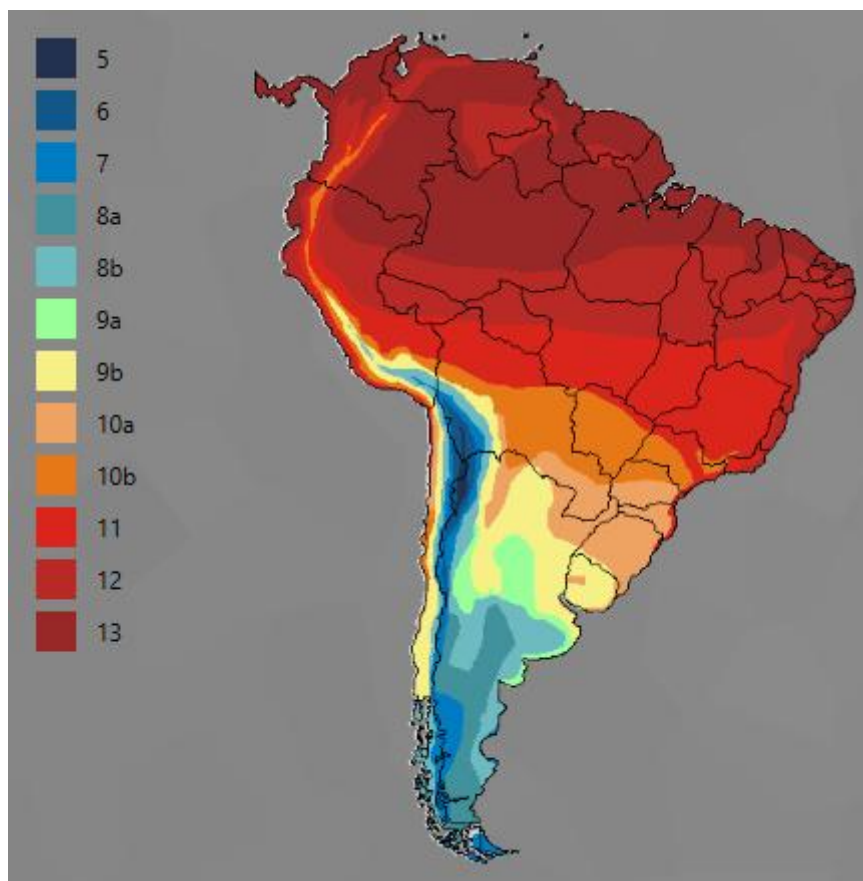
Fonte: Adaptado de ABNT (2015), pela autora.

4.3 ESPÉCIES VEGETAIS APLICÁVEIS

Para a seleção de espécies vegetais, foi utilizado o catálogo de espécies vegetais do *AuE Software* e os filtros criados de acordo com suas características, necessidades e a região de melhor desenvolvimento da espécie, chamada de Zona de Rusticidade.

O *Software* divide o Brasil em “Zonas de rusticidade” (*AUE SOFTWARE WIKI*, 2022). São elas: 9b, 10a, 10b, 11, 12 e 13, como mostra a Figura 15.

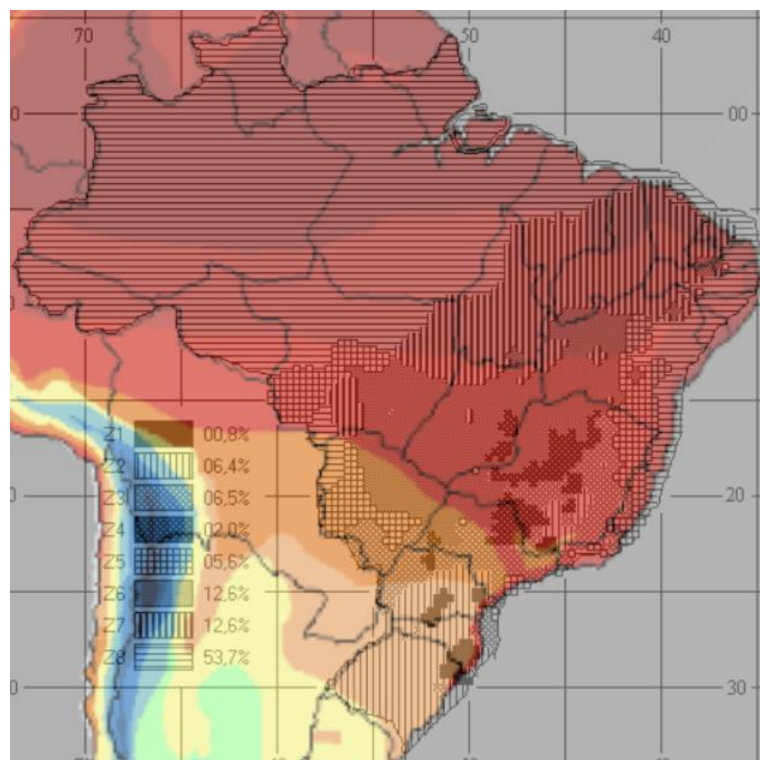
Figura 15: Zonas de Rusticidade na América do Sul.



Fonte: *AuE Software* (2022).

Para este trabalho, consideraram-se as fachadas verdes duplas como elementos constituídos de vegetação trepadeira ou pendente e, para filtrar as zonas de rusticidade de acordo com as zonas bioclimáticas, foi realizada a sobreposição dos dois mapas (figura 16). Como os limites das zonas bioclimáticas e das zonas de rusticidade não coincidem, foi considerada, na utilização dos filtros, a maior porção da zona de rusticidade em cada uma das zonas bioclimáticas. Sendo assim, considerou-se para a ZB1 e a ZB2 a Zona de rusticidade 10a, para a ZB3 as Zonas de rusticidade 10b e 11, para a ZB6 a Zona de rusticidade 11 e a ZB8 as Zonas de rusticidade 12 e 13.

Figura 16: Sobreposição das zonas bioclimáticas da NBR 15220-3 e das zonas de rusticidade do *AuE Land Catalog*



Fonte: Adaptado de ABNT (2015) e *AuE Software* (2022), pela autora.

4.4 DIRETRIZES

As diretrizes foram formuladas a partir de: 1 As definições e técnicas encontradas e discutidas na fundamentação teórica; 2 As pesquisas realizadas com experimentos e simulações, incluindo os experimentos descritos no mapeamento; 3. As orientações da NBR 15220-3 para as Zonas Bioclimáticas selecionadas por meio do mapeamento; 5. As espécies vegetais com potencial de se desenvolver de forma satisfatória e atender como fachada verde às necessidades das Zonas Bioclimáticas.

Em relação à largura da cavidade entre a parede e a vegetação da fachada verde dupla, os estudos de Bakhshoodeh, Ocampo e Oldham (2021) analisaram experimentos em fachadas verdes duplas com cavidades entre 5 a 135 cm. Notou-se que as cavidades maiores, através dos fluxos de ar, são capazes de resfriar mais as paredes quando a temperatura ambiente está quente (consideradas no estudo acima de 20°C). Enquanto nas fachadas verdes duplas com cavidades menores, entre 5 e 20 cm, os fluxos de ar são restringidos pelas folhagens e pela parede, impedindo o seu resfriamento no período noturno ou em épocas frias (consideradas no estudo

como temperaturas ambiente abaixo de 20°).

Logo, baseado no estudo de Bakhshoodeh, Ocampo e Oldham (2021), para a presente pesquisa, serão consideradas dois tipos de cavidades: pequena: entre 5 e 20 cm ou quando a folhagem ocupa a cavidade (a depender da espécie utilizada) e, grande: entre 100 e 135 cm ou quando a espécie utilizada permite o fluxo de ar na cavidade (seja pelo crescimento limitado da espécie ou pela poda), sem permitir a incidência de radiação solar.

As cavidades pequenas são indicadas quando a intenção da fachada verde dupla é impedir a passagem de calor entre a parede e o ambiente externo e, as cavidades grandes, quando a intenção é o resfriamento, ou seja, impedir o aquecimento da parede.

4.4.1 Zona Bioclimática 1

Como mostra o Quadro 8, as estratégias, sugeridas pela norma, para esta zona bioclimática são voltadas para a ausência de conforto térmico pode ocorrer principalmente no período frio e, em determinados momentos, o condicionamento térmico passivo não é suficiente, há tanto a necessidade de maior aproveitamento do sol quanto de impedir que o calor interno, adquirido principalmente pelo sol, se dissipe para o entorno.

Sendo assim, para a Zona Bioclimática 1, pode-se utilizar a fachada verde dupla de duas formas:

1. Nas fachadas que não recebem radiação solar no inverno, seja pela sua orientação para o Sul, pelo sombreamento causado pelos elementos da vizinhança ou ainda pela conformação do terreno. Neste caso, é indicada a utilização de espécies perenes, com folhagem densa, que possam atuar auxiliando o isolamento térmico, impedindo a perda de calor do ambiente interno para o externo.

Neste caso, é mais indicado não haver aberturas nessas fachadas, deixando-as nas fachadas que recebem a luz solar. A cavidade entre a envoltória e a estrutura por onde a espécie se desenvolve, deve ser mínima e deve se formar uma camada densa de folhagem. Portanto, indica-se a estrutura de tela metálica instalada entre 10 e 20 cm da envoltória para se formar uma camada vegetal de proteção à passagem de calor, utilizando-se da propriedade da fachada verde dupla de impedir a passagem de calor, como já simulado por Sousa, Souza e Gomes (2020) e Lima, Medeiros e Tavares (2017), para esta zona bioclimática.

A Zona de Rusticidade fornecida pelo catálogo da *AuE Software*, que engloba a Zona Bioclimática 1, corresponde à zona de rusticidade 10a. As características vegetais para o caso

de fachada sombreada e vegetação permanente filtradas chegaram a duas opções de vegetação, as que se adaptam em ambientes de sol pleno ou meia sombra e as que se adaptam bem em ambientes prioritariamente sombreados.

Assim se utilizaria a capacidade da fachada verde dupla de redução da amplitude térmica interna e de auxiliar no isolamento térmico, mantendo-se as temperaturas quando não há incidência solar e as temperaturas externas são menores do que as internas, com a utilização das espécies do Quadro 12. Como não há incidência solar nessas fachadas, não é recomendável a existência de aberturas.

2. Nas fachadas que recebem forte radiação no verão, como as orientadas para o Norte, nas quais a quantidade de tempo de incidência solar é grande, ou para o Oeste, na qual a incidência solar ocorre no período da tarde, a presença de aberturas e fachadas verdes duplas constituídas de espécies decíduas são mais adequadas. Assim, durante o verão, a folha protege do sol e, no inverno, permite a passagem deste. Neste caso, as espécies indicadas são apresentadas pelo Quadro 13 e 14.

Quadro 9: Diretrizes para fachadas verdes duplas na ZB1.

NBR 15220-3		BENEFÍCIOS DA FACHADA VERDE DUPLA	
ZONA BIOCLIMÁTICA 1 (ABCF)		FACHADAS ENSOLARADAS	FACHADAS SOMBREADAS
ESTRATÉGIAS	INVERNO: B) Aquecimento solar da edificação; C) Vedações internas pesadas (inércia térmica).	Sombrear apenas no verão e permitir a passagem da radiação solar no inverno; fachadas que recebem radiação solar; Priorizar aberturas e superfícies envidraçadas: desumidificação.	Impedir a perda de calor, auxiliando no isolamento térmico; fachadas que não recebem sol; Evitar aberturas.
TAMANHO DAS ABERTURAS	Médias		
INSOLAÇÃO DAS ABERTURAS	Permitir sol durante o inverno.		
PAREDE EXTERNA	Leve		
COBERTURA	Leve isolada		
DIRETRIZES			
FACHADAS		ENSOLARADAS	SOMBREADAS
VEGETAÇÃO	ZONA DE RUSTICIDADE	10a	
	TIPO	Trepadeira ou pendente	
	AMBIENTE	Sol pleno ou meia sombra	Sombra
	PERSISTÊNCIA	Decídua	Permanente
	ESPÉCIES	Quadro 13 e 14	Quadro 12
INSTALAÇÃO	CAVIDADE	Grande	Pequena
	ESTRUTURA	Variável de acordo com a espécie	

Fonte: Elaborado pela autora.

O Quadro 9 resume todas as informações para as duas situações de fachadas com mais de um período de insolação ou mais sombreada e as diretrizes para as fachadas verdes duplas e para a escolha das espécies.

4.4.2 Zona Bioclimática 2

A Zona Bioclimática 2, assim como a Zona Bioclimática 1 necessita de estratégias para aquecer e manter aquecida a edificação durante o inverno, enquanto no verão a norma sugere a ventilação cruzada. O condicionamento térmico passivo nas edificações pertencentes a essa Zona Bioclimática deve ser suficiente para se obter conforto térmico.

Logo, para esta Zona Bioclimática é possível utilizar tanto a característica de auxílio no isolamento térmico quanto no controle solar e aumento da ventilação durante o verão (Quadro 10).

Quadro 10: Diretrizes para fachadas verdes duplas na ZB2.

NBR 15220-3		BENEFÍCIOS DA FACHADA VERDE DUPLA	
ZONA BIOCLIMÁTICA 2 (ABCFI)		FACHADAS ENSOLARADAS	FACHADAS SOMBREADAS
ESTRATÉGIAS	INVERNO: B) Aquecimento solar da edificação; C) Vedações internas pesadas (inércia térmica); VERÃO: J) Ventilação cruzada.	Sombrear apenas no verão e permitir a passagem da radiação solar no inverno: fachadas que recebem radiação solar; Aberturas para ventilação cruzada: desumidificação	Impedir a perda de calor, auxiliando no isolamento térmico: fachadas que não recebem sol; Aberturas para ventilação cruzada: desumidificação
TAMANHO DAS ABERTURAS	Médias		
INSOLAÇÃO DAS ABERTURAS	Permitir sol durante o inverno		
PAREDE EXTERNA	Leve		
COBERTURA	Leve isolada		
DIRETRIZES			
FACHADAS		ENSOLARADAS	SOMBREADAS
VEGETAÇÃO	ZONA DE RUSTICIDADE	10a	
	TIPO	Trepadeira ou pendente	
	AMBIENTE	Sol pleno ou meia sombra	Sombra
	PERSISTÊNCIA	Decídua	Permanente
	ESPÉCIES	Quadro 13 e 14	Quadro 12
INSTALAÇÃO	CAVIDADE	Grande	Pequena
	ESTRUTURA	Variável de acordo com a espécie	

Fonte: Elaborado pela autora.

Para o caso da utilização da propriedade de atraso térmico da fachada verde dupla, deve-se optar pela instalação da fachada verde dupla em fachadas que não recebem sol durante o ano, como o caso da fachada sul ou, ainda, fachadas que não recebem sol pela presença de elementos no entorno que causam o seu sombreamento. No caso dessas fachadas, as características vegetativas devem ser de vegetação densa, permanente e que se adaptam bem em ambientes sombreados (Quadro 12).

Para a utilização de fachadas verdes nas fachadas que recebem sol, a fachada mais indicada para sua instalação é a fachada oeste, que recebe o sol no período da tarde ou para a fachada norte. Para o caso destas fachadas, a vegetação ideal deve ser decídua com ausência de folhagem no período do inverno e, como se trata da fachada oeste, a espécie deve ser decídua, de sol pleno ou de meia sombra (Quadros 13 e 14).

Para a utilização de fachadas verdes nas fachadas que recebem sol, a fachada mais indicada para sua instalação é a fachada oeste, que recebe o sol no período da tarde ou para a fachada norte. Para o caso destas fachadas, a vegetação ideal deve ser decídua com ausência de folhagem no período do inverno e, como se trata da fachada oeste, a espécie deve ser decídua, de sol pleno ou de meia sombra (Quadros 13 e 14).

As simulações de Scherer *et al.* (2022), realizadas na Zona Bioclimática 2, reforçam que a vegetação perene nas fachadas que recebem insolação prejudica o aquecimento da mesma, sendo assim, esta só deve ser utilizada nas fachadas que não recebem sol. Já as espécies decíduas, resultaram no inverno em dados similares aos sem a vegetação. Assim, deve-se utilizar a vegetação decídua para as fachadas que recebem insolação.

Visto que para essa zona bioclimática é necessária a estratégia de ventilação cruzada, recomenda-se um afastamento maior da estrutura da fachada verde dupla da envoltória que recebe sol. Scherer *et al.* (2022) teve resultados que mostraram a fachada verde dupla como elemento vantajoso, tanto para o verão quanto para o inverno. Foi simulada uma fachada verde dupla inclinada, com cabos de aço de suporte, instalada a um metro de distância da base da fachada leste até o beiral, em frente da abertura da janela, com a espécie Glicínia (*Wisteria floribunda*).

Albernard, Fensterseifer e Scherer (2020) realizaram um experimento de fachada verde dupla com a espécie Glicínia (*Wisteria floribunda*), instalada de modo similar à simulação de Scherer *et al.* (2022) na Zona Bioclimática 2, porém na fachada oeste. O experimento mostrou que a fachada verde dupla foi uma boa estratégia de controle térmico, de baixo custo e baixa

manutenção. A escolha da espécie glicínia (*Wisteria floribunda*) se mostrou adequada à região e seu desenvolvimento foi satisfatório.

Refati, Valdameri e Pokrywiecki (2019) constataram que a fachada verde dupla com a espécie *Stictocardia macalusoii* (ipoméia-africana) trouxe benefícios térmicos para a ZB2, com seu uso em fachadas ensolaradas.

Segundo o Catálogo AuE Software, como a maior parte da Zona Bioclimática 2 está na mesma zona de rusticidade da Zona Bioclimática 1 (10a), as espécies com potencial uso para as fachadas verdes duplas são as mesmas da Zona Bioclimática 1 (Quadros 12, 13 e 14).

4.4.3 Zona Bioclimática 3

No mapeamento realizado foi encontrada uma maior concentração de instalações de fachadas verdes duplas na Zona Bioclimática 3, contando com 15 casos.

Consoante a ABNT NBR 15220-3, as edificações nesta Zona Bioclimática necessitam de aquecimento solar da edificação e que haja sol nas aberturas no inverno. No verão, é necessária ventilação cruzada.

Considerando-se que, nesta Zona Bioclimática, podem existir situações de desconforto tanto no verão quanto no inverno, sendo que estas podem ser resolvidas com estratégias passivas, pode-se, assim como nas edificações situadas nas Zonas Bioclimáticas 1 e 2, se utilizar das propriedades da fachada verde dupla. Esta contribui tanto para manter a temperatura interna no inverno, quanto para reduzir a temperatura interna no verão, ao criar o sombreamento das fachadas mais atingidas pelo sol nesse período. O Quadro 11 apresenta a situação desta zona bioclimática.

As estratégias para a utilização da fachada verde dupla, nesse caso, são para fachadas que recebem pouco ou nenhum sol, com cavidade pequena, utilizar espécies de vegetação densa, permanente, e que se adaptam bem em ambientes sombreados nas fachadas sombreadas da Zona de Rusticidade 10b, indicada pelos filtros do catálogo da *AuE software*. São elas as apresentadas no Quadro 12.

Nesta Zona Bioclimática, tanto a fachada norte quanto a oeste, que recebem sol e com presença de aberturas e cavidades grandes, podem receber a fachada verde dupla. Para a escolha da vegetação, devem-se considerar espécies decíduas de sol pleno ou meia sombra para zona de rusticidade 10b. As espécies selecionadas pelos filtros do catálogo da *AuE software* foram apresentadas nos Quadros 13 e 14.

Quadro 11: Diretrizes para fachadas verdes duplas na ZB3.

NBR 15220-3		BENEFÍCIOS DA FACHADA VERDE DUPLA	
ZONA BIOCLIMÁTICA 3 (BCFIJ)		FACHADAS ENSOLARADAS	FACHADAS SOMBREADAS
ESTRATÉGIAS	INVERNO: B) Aquecimento solar da edificação C) Vedações internas pesadas (inércia térmica) VERÃO: J) Ventilação cruzada	Sombrear apenas no verão e permitir a passagem da radiação solar no inverno: fachadas que recebem radiação solar; Aberturas para ventilação cruzada: desumidificação	Impedir a perda de calor, auxiliando no isolamento térmico: fachadas que não recebem sol; Aberturas para ventilação cruzada: desumidificação
TAMANHO DAS ABERTURAS	Médias		
INSOLAÇÃO DAS ABERTURAS	Permitir sol durante o inverno		
PAREDE EXTERNA	Leve refletora		
COBERTURA	Leve isolada		
DIRETRIZES			
FACHADAS		ENSOLARADAS	SOMBREADAS
VEGETAÇÃO	ZONA DE RUSTICIDADE	10b	
	TIPO	Trepadeira ou pendente	
	AMBIENTE	Sol pleno ou meia sombra	Sombra
	PERSISTÊNCIA	Decidua	Permanente
	ESPÉCIES	Quadro 13 e 14	Quadro 12
INSTALAÇÃO	CAVIDADE	Grande	Pequena
	ESTRUTURA	Variável de acordo com a espécie	

Fonte: Elaborado pela autora.

Nota-se que a Zona Bioclimática 3 está situada, principalmente, em duas zonas de rusticidade distintas. Segundo o *AuE LandCatalog 2022*, uma se encontra mais ao sul, a ZR 10b, e outra mais ao norte, a ZR 11. Para a Zona Bioclimática 3, situada nas Zona de Rusticidade 10b e 11, foram encontradas as mesmas espécies das Zonas Bioclimáticas 1 e 2 (Quadros 12, 13 e 14), pois as espécies encontradas se adaptam a mais de uma zona de rusticidade.

Quadro 12: Dados da vegetação trepadeira indicada para fachadas verdes duplas para as zonas bioclimáticas 1, 2 e 3 em fachadas sombreadas.



© Guilherme Motta

PHIM3	Philodendron 'Imperial Green'
Nome Popular:	Filodendro, Filodendro
Clima:	Equatorial
Ambiente:	Meia-sombra, Sombra



© Guilherme Motta

PHRA	Philodendron radiatum Schott
Nome Popular:	Filodendron, Filodendro
Clima:	Tropical de altitude, Tropical, Árido, Semi-árido (B), Temperado, Mediterrânico (Csa, Csb)
Ambiente:	Meia-sombra, Sombra

Fonte: AuE Software (2022).

Quadro 13: Espécies indicadas para fachadas verdes duplas para as ZB1, ZB2, ZB3 em fachadas com incidência solar em mais de um período do dia, espécies decíduas.



© Guilherme Motta

COTO	Congea tomentosa Roxb.
Sinónimias:	Congea tomentosa var. oblongifolia Schauer,...
Nome Popular:	Congeia, Cõgea, Terciopelo
Clima:	Tropical de altitude, Subtropical, Tropical, Tropical úmido, Árido, Semi-árido (B)
Ambiente:	Pleno Sol



© Guilherme Motta

PATR	Parthenocissus tricuspidata (Siebold & Zucc.) Planch.
Sinónimias:	Acer nikoense Maxim., Ampelopsis tricuspidata Siebold & Z...
Nome Popular:	Hera-japonesa, Falsa-vinha, Enredadera-de-virginia, Vinã-virgen, Parra-virgen, Parra-de-virginia, Viña-virgen, Viña-...
Clima:	Tropical de altitude, Subtropical
Ambiente:	Pleno Sol, Meia-sombra



© Guilherme Motta

PESU	Petrea subserrata Cham.
Nome Popular:	Flor-de-são-miguel, Capela-de-viúva, Touca-de-viúva, Viuvinha, Petréia
Clima:	Tropical de altitude, Subtropical, Tropical, Tropical úmido, Equatorial
Ambiente:	Pleno Sol



© Guilherme Motta

PEVO	Petrea volubilis L.
Sinónimias:	Petrea amazonica Moldenke., Petrea arborea Kunth,...
Nome Popular:	Viuvinha, Petrea, Corona-de-reina, Corona-púrpura
Clima:	Tropical de altitude, Subtropical, Tropical, Tropical úmido, Equatorial
Ambiente:	Pleno Sol

Fonte: AuE Software (2022).

Quadro 14: Espécies indicadas para fachadas verdes duplas para as ZB1, ZB2, ZB3 em fachadas com incidência solar, espécies semi-permanentes.



© Guilherme Motta

FAAU	Fallopia aubertii (L.Henry) Holub
Sinónimias:	Bilderdykia aubertii Moldenke, Polygonum aubertii...
Nome Popular:	Trepadeira-cascata, Cordão-prateado
Clima:	Tropical de altitude, Subtropical, Tropical, Tropical úmido, Equatorial
Ambiente:	Pleno Sol, Meia-sombra



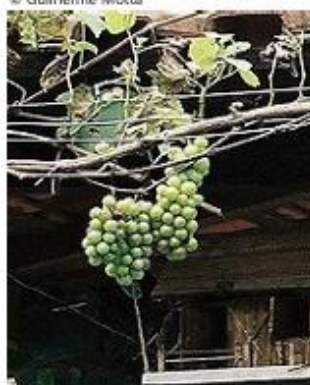
© Guilherme Motta

IPHO	Ipomoea horsfalliae Hook.
Nome Popular:	Trepadeira-cardeal, Ipoméia-rubra, Compainhas, Boas-noites, Ipomea, Don-diego-de-día, Campanilla-morada,...
Clima:	Tropical de altitude, Tropical, Tropical úmido, Equatorial, Árido, Semi-árido (B)
Ambiente:	Pleno Sol



© Guilherme Motta

PORI	Podranea ricasoliana (Tanfani) Sprague
Sinónimias:	Pandorea ricasoliana K.Schum., Pandorea ricasoliana Baill,...
Nome Popular:	Sete-léguas, Ricasoliana, Bignonia-rosa, Bignonia-rosada, Arbusto-de-pandora, Trompetas
Clima:	Subtropical, Tropical, Árido, Semi-árido (B), Temperado, Mediterrânico (Csa, Csb)
Ambiente:	Pleno Sol



© Paulo Bracher Jr.

VIVI	Vitis vinifera L.
Sinónimias:	Cissus vinifera Kuntze., Vitis sylvestris C.C.Gmel., Vitis...
Nome Popular:	Uva, Parreira, Uva-européia, Parreira, Videira-europeia, Vinha, Vinha-brava, Vid, Parra
Clima:	Subtropical, Árido, Semi-árido (B), Temperado, Mediterrânico (Csa, Csb)
Ambiente:	Pleno Sol

Fonte: AuE Software (2022).

4.4.4 Zona Bioclimática 6

No mapeamento, foi encontrado apenas um exemplar de fachada verde dupla na Zona Bioclimática 6, situada na cidade de Goiânia, e não foram encontrados experimentos nem simulações para essa região.

A NBR 5220-3 indica vedações internas pesadas para a manter a temperatura quando a noite possa esfriar no inverno, mas, principalmente, estratégias para o verão como o resfriamento evaporativo e a ventilação quando for possível dissipar o calor interno. Indica-se, assim, sombrear as aberturas.

Nesse caso, é indicado o sombreamento das fachadas com aberturas. Esse sombreamento, seja em qual orientação for, pode ser realizado por meio da instalação da fachada verde dupla. Para se obter uma maior ventilação, sugere-se que as cavidades sejam largas, permitindo o fluxo de ar em todas as fachadas sombreadas ou não.

Quadro 15: Diretrizes para fachadas verdes duplas na ZB6.

NBR 15220-3		BENEFÍCIOS DA FACHADA VERDE DUPLA	
ZONA BIOCLIMÁTICA 6 (CFHIJ)		FACHADAS ENSOLARADAS	FACHADAS SOMBREADAS
ESTRATÉGIAS	INVERNO: C) Vedações internas pesadas (inércia térmica); VERÃO: H) Resfriamento evaporativo e massa térmica para resfriamento; J) Ventilação seletiva (nos períodos quentes em que a temperatura interna seja superior à externa).	Sombrear apenas no verão e permitir a passagem da radiação solar no inverno: fachadas que recebem radiação solar;	Impedir a passagem do calor de fora para dentro, auxiliando no isolamento térmico; Permitir ventilação com sombreamento;
TAMANHO DAS ABERTURAS	Médias	Resfriamento evaporativo;	Permitir ventilação com sombreamento.
INSOLAÇÃO DAS ABERTURAS	Sombrear	Aberturas para ventilação cruzada: desumidificação.	Aberturas para ventilação cruzada: desumidificação
PAREDE EXTERNA	Pesada		
COBERTURA	Leve isolada		
DIRETRIZES			
FACHADAS		ENSOLARADAS	SOMBREADAS
VEGETAÇÃO	ZONA DE RUSTICIDADE	II	
	TIPO	Trepadeira ou pendente	
	AMBIENTE	Sol pleno ou meia sombra	Sombra
	PERSISTÊNCIA	Decídua	Permanente
	ESPÉCIES	Quadro 13 e 14	Quadro 12
INSTALAÇÃO	CAVIDADE	Grande	Grande
	ESTRUTURA	Variável de acordo com a espécie.	

Fonte: Elaborado pela autora.

A vegetação das fachadas com aberturas também auxilia no resfriamento evaporativo, sugerido pela norma.

O Quadro 15 apresenta as estratégias sugeridas pela norma, os benefícios das fachadas verdes duplas que podem ser utilizados para esta zona bioclimática e as diretrizes para as escolhas das espécies para os casos de fachadas sombreadas e ensolaradas nesta região.

As espécies sugeridas pelos filtros do Catálogo *AuE Software* estão apresentadas nos Quadros 12 para fachadas sombreadas e Quadros 13 e 14 para fachadas ensolaradas.

A Zona Bioclimática 6 está quase toda inserida na Zona de Rusticidade 11, onde se desenvolvem as mesmas espécies da Zona Bioclimática 1, 2 e 3 (Quadros 12, 13 e 14), pois estas espécies se adaptam a mais de uma zona de rusticidade.

4.4.5 Zona Bioclimática 8

Para esta Zona Bioclimática, a norma NBR 15220-3 não faz diferenciação entre as estações, porém a ausência de conforto se dá pelo excesso de calor e umidade. Sendo assim, é importante promover a ventilação cruzada permanentemente, com aberturas grandes e sombreadas (Quadro 16).

Para a Zona Bioclimática 8, os experimentos e simulações demonstraram uma boa aplicabilidade da fachada verde dupla que atua promovendo, tanto o sombreamento, quanto impedindo as trocas de calor do ambiente externo para o interno.

Assim, para esta região, recomenda-se sua utilização das fachadas verdes duplas, principalmente para as fachadas que recebem sol, a vegetação deve ser densa e perene para que mantenha sua folhagem o ano inteiro, e com a presença da fachada verde dupla a uma distância maior da parede para criar uma área ventilada. A espécie escolhida para essa fachada deve, então, ser de sol pleno ou meia sombra, dependendo da quantidade de insolação que a fachada recebe.

Para fachadas muito sombreadas foi encontrada apenas uma espécie, o Filodendro, para esta zona de rusticidade, ao se utilizarem os filtros do catálogo da *AuE Software* (Quadro 17).

Foi encontrada uma quantidade muito grande de espécies para fachadas ensolaradas na ZB8, que abrange as zonas de rusticidade 12 e 13. Como as espécies da zona de rusticidade 12 também pertenciam à 13, optou-se por apresentar apenas as da zona de rusticidade 12, já que as duas estão na ZB8 (Quadro 18).

Quadro 16: Diretrizes para fachadas verdes duplas na ZB8.

NBR 15220-3		BENEFÍCIOS DA FACHADA VERDE DUPLA	
ZONA BIOCLIMÁTICA 8 (FIJK)		FACHADAS ENSOLARADAS	FACHADAS SOMBREADAS
ESTRATÉGIAS	J) Ventilação cruzada permanente	Sombrear paredes e aberturas constantemente;	Impedir a passagem do calor de fora para dentro, auxiliando no isolamento térmico; Aberturas para ventilação cruzada: desumidificação
TAMANHO DAS ABERTURAS	Grandes	Impedir a passagem do calor de fora para dentro, auxiliando no isolamento térmico;	
INSOLAÇÃO DAS ABERTURAS	Sombrear	Permitir ventilação cruzada com sombreamento. Desumidificação	
PAREDE EXTERNA	Leve refletora		
COBERTURA	Leve refletora		
DIRETRIZES			
FACHADAS		ENSOLARADAS	SOMBREADAS
VEGETAÇÃO	ZONA DE RUSTICIDADE	12 e 13	
	TIPO	Trepadeira ou pendente	
	AMBIENTE	Sol pleno ou meia sombra	Sombra
	PERSISTÊNCIA	Permanente	Permanente
	ESPÉCIES	Quadro 18	Quadro 17
INSTALAÇÃO	CAVIDADE	Grande	Grande
	ESTRUTURA	Variável de acordo com a espécie	

Fonte: Elaborado pela autora.

Quadro 17: Espécie indicada para fachadas verdes duplas para a ZB8, em fachadas com maior sombreamento, espécie perene.



© Guilherme Motta

PHRA	Philodendron radiatum Schott
Nome Popular:	Filodendron, Filodendro
Clima:	Tropical de altitude, Tropical, Árido, Semi-árido (B), Temperado, Mediterrânico (Csa, Csb)
Ambiente:	Meia-sombra, Sombra

Fonte: AuE Software (2022).

Quadro 18: Espécies indicadas para fachadas verdes duplas para a ZB8, em fachadas que recebem insolação, espécies perenes.



© Guilherme Motta

FISA	Ficus sagittata Vahl 'Variegata'
Sinónimias:	Ficus adhaerens Miq, Ficus radicans Desf, Ficus...
Nome Popular:	Figueira-trepadeira
Clima:	Tropical de altitude, Tropical, Tropical úmido, Árido, Semi-árido (B), Temperado, Mediterrânico (Csa, Csb)
Ambiente:	Pleno Sol, Meia-sombra



© Guilherme Motta

HOCA2	Hoya carnosa (L. f.) R. Br. 'Compacta Regalis'
Sinónimias:	Asclepias carnosa L.f, Cynanchum carnosum Decne, Hoya...
Nome Popular:	Flor-de-cera, Cerinha, Ascêpia, Flor-de-nácar
Clima:	Tropical de altitude, Subtropical, Tropical úmido
Ambiente:	Meia-sombra



© Guilherme Motta

HOCA	Hoya carnosa (L. f.) R. Br. 'Krinkle Kurl'
Sinónimias:	Asclepias carnosa L.f, Cynanchum carnosum Decne, Hoya...
Nome Popular:	Flor-de-cera, Cerinha, Ascêpia, Flor-de-nácar
Clima:	Tropical de altitude, Subtropical
Ambiente:	Meia-sombra



© Paulo Bracher Jr.

JAPO2	Jasminum polyanthum Franch.
Sinónimias:	Jasminum blinii H. Lév., Jasminum delafieldii H.Lév.,...
Nome Popular:	Jasmim-dos-poetas, Giestô, Jasmineiro-do-campo, Jasmineiro-do-monte, Jazmín
Clima:	Tropical de altitude, Subtropical
Ambiente:	Pleno Sol, Meia-sombra

continua na página seguinte...

Quadro 18: Espécies indicadas para fachadas verdes duplas para a ZB8, em fachadas que recebem insolação, espécies perenes (continuação).



© Guilherme Motta

AMBU	<i>Amphilophium buccinatorium</i> (DC.) L.G.Lohmann
Sinónimias:	<i>Bignonia buccinatoria</i> Mairet ex Hemsl., <i>Distictis</i> ...
Nome Popular:	Flor-vermelha-mexicana
Clima:	Tropical de altitude, Tropical, Árido, Semi-árido (B), Temperado, Mediterrânico (Csa, Csb)
Ambiente:	Pleno Sol, Meia-sombra



© Guilherme Motta

BIBI	<i>Bignonia binata</i> Thunb.
Sinónimias:	<i>Adenocalymma ocositense</i> , <i>Bignonia purpurea</i> ...
Nome Popular:	Trepadeira-roxa
Clima:	Subtropical, Tropical, Tropical úmido
Ambiente:	Pleno Sol, Meia-sombra



© Guilherme Motta

BIMA	<i>Bignonia magnifica</i> W.Bull
Sinónimias:	<i>Arrabidaea magnifica</i> Sprague ex Steenis, <i>Saritaea</i> ...
Nome Popular:	Saritéia
Clima:	Subtropical, Tropical, Tropical úmido, Equatorial
Ambiente:	Pleno Sol



© Guilherme Motta

CASP3	<i>Camptosema spectabile</i> (Tul.) Burkart.
Sinónimias:	<i>Camptosema grandiflorum</i> Benth., <i>Cratylia spectabilis</i> Tul.
Nome Popular:	Cipó-tapiá, Cipó-tapé, Cuitelo, Farinha-do-campo
Clima:	Tropical de altitude, Subtropical, Tropical
Ambiente:	Pleno Sol, Meia-sombra

continua na página seguinte...

Quadro 18: Espécies indicadas para fachadas verdes duplas para a ZB8, em fachadas que recebem insolação, espécies perenes (continuação).



© Guilherme Motta

CIAL	<i>Cissus alata</i> Jacq.
Sinónimias:	<i>Cissus pubescens</i> Kunth., <i>Cissus rhombifolia</i> Vahl., <i>Vitis</i> ...
Nome Popular:	Cipó-uva, Uva-do-mato, Uva-selvagem, Anil-trepador, Uva-brava, Cisso, <i>Cissus</i>
Clima:	Tropical úmido, Equatorial
Ambiente:	Meia-sombra



© Guilherme Motta

CIVE2	<i>Cissus verticillata</i> (L.) Nicolson & C.E.Jarvis
Sinónimias:	<i>Cissus albonitens</i> Linden & André, <i>Cissus canescens</i> Lam.,...
Nome Popular:	Uva-do-mato, Anil-trepador, Diabetil, Cipó-anil, Cipó-pucá, Cortina-japonesa, Insulina, Insulina-vegetal, Parreira-...
Clima:	Subtropical, Tropical, Tropical úmido, Equatorial
Ambiente:	Pleno Sol



© Guilherme Motta

COCO	<i>Combretum coccineum</i> (Sonn.) Lam.
Sinónimias:	<i>Combretum purpureum</i> Vahl., <i>Cristaria coccinea</i> Sonn.,...
Nome Popular:	Escova-de-macaco, Escovinha
Clima:	Subtropical, Tropical, Tropical úmido, Equatorial
Ambiente:	Pleno Sol, Meia-sombra



© Guilherme Motta

DEOD	<i>Delairea odorata</i> Lem.
Sinónimias:	<i>Delairea scandens</i> Lem., <i>Senecio mikanioides</i> Otto ex...
Nome Popular:	Trepadeira-senécio, Hera-alemã, Trepadeira-africana, Senécio, Senecio-oloroso, Hiedra-alemana
Clima:	Tropical de altitude, Subtropical, Tropical, Árido, Semi-árido (B)
Ambiente:	Pleno Sol, Meia-sombra

continua na página seguinte...

Quadro 18: Espécies indicadas para fachadas verdes duplas para a ZB8, em fachadas que recebem insolação, espécies perenes (continuação).



© Guilherme Motta

MASU	Mandevilla 'Sun Parasol Crimson'
Sinonímias:	Mandevilla Sun Parasol Garden Crimson
Nome Popular:	Mandevilla
Clima:	Tropical de altitude, Tropical
Ambiente:	Pleno Sol, Meia-sombra



© Guilherme Motta

MAAM	Mandevilla x amabilis 'Alice du Pont'
Nome Popular:	Mandevilla rosa
Clima:	Tropical, Temperado
Ambiente:	Pleno Sol, Meia-sombra



© Guilherme Motta

MOOB	Monstera obliqua Miq.
Sinonímias:	Heteropsis obliqua Miq. ex Engl., Monstera expilata...
Nome Popular:	Imbê-furado
Clima:	Tropical, Tropical úmido, Equatorial
Ambiente:	Meia-sombra



© Guilherme Motta

PACA	Passiflora caerulea L.
Sinonímias:	Passiflora caerulea Lour., Passiflora loureiroi G. Don.,...
Nome Popular:	Maracujá, Passiflora, Flor-da-paixão, Martirius, Martírio azul, Mburucuyá, Flor-de-la-pasión, Pasionaria, Pasionaria-azul
Clima:	Tropical de altitude, Subtropical, Tropical, Tropical úmido
Ambiente:	Pleno Sol

continua na página seguinte...

Quadro 18: Espécies indicadas para fachadas verdes duplas para a ZB8, em fachadas que recebem insolação, espécies perenes (continuação).



© Guilherme Motta

PAMO	Passiflora mollissima (Kunth) L.H. Bailey
Sinónimias:	Murucuia mollissima Spreng., Tacsonia mollissima Kunth
Nome Popular:	Maracujá-banana, Curuba, Pasionaria, Flor-de-la-pasión
Clima:	Tropical de altitude, Subtropical, Tropical, Tropical úmido, Equatorial
Ambiente:	Meia-sombra



© Guilherme Motta

PASU	Passiflora subrotunda Mast.
Sinónimias:	Passiflora barbosae Barb. Rodr.
Nome Popular:	Maracujá
Clima:	Tropical, Árido, Semi-árido (B)
Ambiente:	Pleno Sol



© Paulo Bracher Jr.

PEAC	Pereskia aculeata Mill.
Sinónimias:	Cactus lucidus Salisb., Cactus pereskia L., Pereskia foetens...
Nome Popular:	Trepadeira-limão, Groselha-de-barbados, Cacto-trepadeira
Clima:	Tropical de altitude, Tropical, Tropical úmido, Equatorial, Árido, Semi-árido (B)
Ambiente:	Meia-sombra



© Guilherme Motta

PESU	Petrea subserrata Cham.
Nome Popular:	Flor-de-são-miguel, Capela-de-viúva, Touca-de-viúva, Viuvinha, Petréia
Clima:	Tropical de altitude, Subtropical, Tropical, Tropical úmido, Equatorial
Ambiente:	Pleno Sol

continua na página seguinte...

Quadro 18: Espécies indicadas para fachadas verdes duplas para a ZB8, em fachadas que recebem insolação, espécies perenes (continuação).



© Paulo Bracher Jr.

PHPE	Philodendron pedatum (Hook.) Kunth
Sinónimias:	Caladium pedatum Hook., Dracontium laciniatum Vell.,...
Nome Popular:	Imbé-trepador, Filodendro
Clima:	Tropical de altitude, Tropical, Tropical úmido, Equatorial
Ambiente:	Meia-sombra



© Guilherme Motta

PHRA	Philodendron radiatum Schott
Nome Popular:	Filodendron, Filodendro
Clima:	Tropical de altitude, Tropical, Árido, Semi-árido (B), Temperado, Mediterrânico (Csa, Csb)
Ambiente:	Meia-sombra, Sombra



© Guilherme Motta

PHSQ	Philodendron squamiferum Poepp.
Sinónimias:	Philodendron aceriferum Schott, Philodendron crinipes...
Nome Popular:	Imbé-trepador, Filodendro
Clima:	Tropical, Tropical úmido, Equatorial
Ambiente:	Meia-sombra



© Guilherme Motta

PORI	Podranea ricasoliana (Tanfani) Sprague
Sinónimias:	Pandorea ricasoliana K.Schum., Pandorea ricasoliana Baill.,...
Nome Popular:	Sete-léguas, Ricasoliana, Bignonia-rosa, Bignonia-rosada, Arbusto-de-pandora, Trompetas
Clima:	Subtropical, Tropical, Árido, Semi-árido (B), Temperado, Mediterrânico (Csa, Csb)
Ambiente:	Pleno Sol

continua na página seguinte...

Quadro 18: Espécies indicadas para fachadas verdes duplas para a ZB8, em fachadas que recebem insolação, espécies perenes (continuação).



© Guilherme Motta

PEVO	Petrea volubilis L.
Sinónimas:	Petrea amazonica Moldenke., Petrea arborea Kunth,...
Nome Popular:	Viuvinha, Petrea, Corona-de-reina, Corona-púrpura
Clima:	Tropical de altitude, Subtropical, Tropical, Tropical úmido, Equatorial
Ambiente:	Pleno Sol



© Guilherme Motta

PHRO2	Philodendron 'Rojo Congo'
Nome Popular:	Filodendron, Filodendro
Clima:	Tropical de altitude, Subtropical, Tropical, Tropical úmido, Equatorial
Ambiente:	Meia-sombra



© Guilherme Motta

PHBI	Philodendron bipennifolium Schott
Sinónimas:	Philodendron wayombense A.M.E. Jonker & Jonker
Nome Popular:	Filodendro
Clima:	Tropical de altitude, Tropical, Tropical úmido, Equatorial
Ambiente:	Meia-sombra



© Guilherme Motta

PHHA	Philodendron hastatum K. Koch & Sellow
Sinónimas:	Philodendron disparile Schott., Philodendron elongatum...
Nome Popular:	Imbê-prateado, Filodendro
Clima:	Tropical de altitude, Subtropical, Tropical
Ambiente:	Meia-sombra

continua na página seguinte...

Quadro 18: Espécies indicadas para fachadas verdes duplas para a ZB8, em fachadas que recebem insolação, espécies perenes (continuação).



© Guilherme Motta

PSCH	<i>Pseudogynoxys chenopodioides</i> (Kunth) Cabrera
Sinonímias:	<i>Senecio confusus</i> Britten, <i>Senecio chenopodioides</i> Kunth,...
Nome Popular:	Trepadeira-mexicana, Flama-do-méxico, Jalisco, Senécio-confuso, Confuso, Senécio
Clima:	Tropical, Tropical úmido, Equatorial, Árido, Semi-árido (B)
Ambiente:	Pleno Sol



© Paulo Bracher Jr.

PYVE	<i>Pyrostegia venusta</i> (Ker Gawl.) Miers
Sinonímias:	<i>Bignonia ignea</i> Vell, <i>Bignonia venusta</i> Ker Gawl.,...
Nome Popular:	Flor-de-são-joão, Cipó-de-são-joão, Bignónia, Gaitas, Gaitinhas, Flor-de-san-juan, Trompeta, Bignonia-de-...
Clima:	Tropical de altitude, Subtropical, Tropical, Tropical úmido, Equatorial
Ambiente:	Pleno Sol



© Guilherme Motta

SOMA	<i>Solandra maxima</i> (Sessé & Moc.) P.S. Green
Sinonímias:	<i>Solandra hartwegii</i> C.F. Ball, <i>Solandra hartwegii</i> N.E. Br.,...
Nome Popular:	Trombeta-dourada, Cálice-dourado, Capa-de-oro
Clima:	Tropical de altitude, Tropical, Árido, Semi-árido (B), Temperado, Mediterrânico (Csa, Csb)
Ambiente:	Pleno Sol, Meia-sombra



© Guilherme Motta

SOWE	<i>Solanum wendlandii</i> Hook. f.
Sinonímias:	<i>Solanum mazatenangense</i> Coult. & Donn. Sm., <i>Solanum</i> ...
Nome Popular:	Flor-do-paraiso, Solano
Clima:	Tropical de altitude, Subtropical, Tropical, Tropical úmido, Equatorial, Árido, Semi-árido (B)
Ambiente:	Pleno Sol

continua na página seguinte...

Quadro 18: Espécies indicadas para fachadas verdes duplas para a ZB8, em fachadas que recebem insolação, espécies perenes (continuação).



© Guilherme Motta

THFR	Thunbergia fragrans Roxb.
Sinónimias:	Roxburghia rostrata Russell ex Nees.
Nome Popular:	Tumbérgia-branca
Clima:	Tropical de altitude, Tropical, Tropical úmido, Árido, Semi-árido (B), Temperado, Mediterrâneo (Csa, Csb)
Ambiente:	Pleno Sol



© Guilherme Motta

THLA2	Thunbergia laurifolia Lindl.
Sinónimias:	Thunbergia grandiflora var. laurifolia Benoist, Thunbergia...
Nome Popular:	Tumbergia-azul, Azulzinha, Tumbergia-azul, Enredadera-de-trompeta-azul, Bignonia-azul
Clima:	Tropical de altitude, Tropical, Tropical úmido, Equatorial, Árido, Semi-árido (B), Temperado, Mediterrâneo (Csa, Csb)
Ambiente:	Pleno Sol



© Guilherme Motta

THLA3	Thunbergia laurifolia Lindl. 'Alba'
Sinónimias:	Thunbergia grandiflora Roxb. 'Alba'
Nome Popular:	Tumbérgia-branca, Tumbérgia
Clima:	Tropical, Tropical úmido, Equatorial, Árido, Semi-árido (B)
Ambiente:	Pleno Sol



© Guilherme Motta

THMY	Thunbergia mysorensis (Wight) T.Anderson
Sinónimias:	Hexacentris mysorensis Wight, Thunbergia mysorensis T....
Nome Popular:	Sapatinho-de-judia, Thunbergia, Tumbergia-azul, Enredadera-de-trompeta-azul, Bignonia-azul
Clima:	Tropical de altitude, Tropical, Tropical úmido, Equatorial, Árido, Semi-árido (B)
Ambiente:	Pleno Sol, Meia-sombra

continua na página seguinte...

Quadro 18: Espécies indicadas para fachadas verdes duplas para a ZB8, em fachadas que recebem insolação, espécies perenes (continuação).



© Guilherme Motta

STFL	Stephanotis floribunda Brongn.
Sinónimias:	Isaura alliacea Steud., Isaura allicia Comm. ex Lam.,...
Nome Popular:	Flor-de-noiva, Jasmim-de-madagascar, Flor-de-cera, Estefanote, Jasmim-de-madagascar, Floradora, Jazmin-de-...
Clima:	Subtropical, Tropical, Tropical úmido, Equatorial
Ambiente:	Pleno Sol, Meia-sombra



© Guilherme Motta

THAL	Thunbergia alata Bojer ex Sims
Sinónimias:	Endomelas alata Raf., Thunbergia cordifolia Nees.,...
Nome Popular:	Olho-preto, Bunda-de-mulata, Suzana-dos-olhos-negros, Amarelinha, Susana-de-los-olhos-negros, Ojo-de-poeta,...
Clima:	Tropical de altitude, Subtropical, Tropical, Tropical úmido, Equatorial



© Guilherme Motta

THAL2	Thunbergia alata Bojer ex Sims 'Alba'
Sinónimias:	Endomelas alata Raf., Thunbergia cordifolia Nees.,...
Nome Popular:	Bunda-de-mulata-branca, Olho-preto, Suzana-dos-olhos-negros, Susana-de-los-olhos-negros, Ojo-de-poeta,...
Clima:	Tropical de altitude, Subtropical, Tropical, Tropical úmido, Equatorial
Ambiente:	Pleno Sol



© Guilherme Motta

THAL3	Thunbergia alata Bojer ex Sims 'Sunrise Orange'
Sinónimias:	Endomelas alata Raf., Thunbergia cordifolia Nees.,...
Nome Popular:	Olho-preto, Bunda-de-mulata, Suzana-dos-olhos-negros, Amarelinha, Susana-de-los-olhos-negros, Ojo-de-poeta,...
Clima:	Tropical de altitude, Subtropical, Tropical, Tropical úmido, Equatorial
Ambiente:	Meia-sombra

Fonte: AuE Software (2022).

CAPÍTULO 5 - CONCLUSÃO

5.1. CONSIDERAÇÕES

Esta pesquisa possibilitou a compreensão da utilização das fachadas verdes no Brasil através do seu mapeamento. Além disso, permitiu entender-se o seu potencial de uso para as zonas bioclimáticas 1, 2, 3, 6, e 8.

Pode-se assim concluir que as fachadas verdes duplas, apesar de pouco difundidas no Brasil, podem ser uma solução de baixo custo e ambientalmente sustentável para proporcionar benefícios, tanto para a saúde, quanto para o conforto de seus usuários.

Os resultados apresentados confirmam a necessidade de estratégias bioclimáticas para adaptação das edificações no Brasil. As análises confirmam, também, o potencial climático do Brasil de se cultivar uma grande variedade de espécies vegetais que possuem as características necessárias para o melhor funcionamento da fachada verde dupla enquanto estratégia bioclimática em cada uma das zonas bioclimáticas estudadas.

5.2. REVISÃO DOS OBJETIVOS

O objetivo geral desta pesquisa é a caracterização das tipologias de fachadas verdes duplas adequadas às zonas bioclimáticas estudadas. Com essa pesquisa, entendeu-se que, apesar de serem pouco difundidas e estudadas no Brasil, as fachadas verdes duplas podem ter uma certa variabilidade de espécies e configurações em uma edificação. Além disso, elas podem auxiliar na estética, no conforto, na economia de energia, nos serviços ecossistêmicos e refletir inclusive na saúde do usuário. Com relação à variação de climas no Brasil, considerando-se a NBR 15220-3, dependendo de como a fachada verde dupla é utilizada, esta pode auxiliar nas estratégias bioclimáticas e parâmetros orientados nesta norma para se obter maior conforto térmico para o usuário. No entanto, para se alcançar esse intuito, é necessário que as fachadas verdes sigam determinadas diretrizes que influenciam na melhor adaptação da edificação àquele clima. Considera-se, tendo em vista a elaboração das diretrizes, que esta pesquisa cumpriu o seu objetivo geral.

Em relação aos objetivos específicos, o primeiro foi de aprofundar os conhecimentos sobre os conceitos de fachadas verdes e de estratégias para edifícios com fachadas verdes duplas. Este objetivo foi cumprido através da revisão de literatura, onde foi possível entender

os conceitos, classificações e estratégias em diferentes climas.

Os objetivos 2, 3 e 4 foram realizados na etapa de coleta de dados. Para realizar o mapeamento e identificar as tipologias utilizadas no território brasileiro, foi realizada uma pesquisa eletrônica em plataformas voltadas para a arquitetura. A partir disso, foram encontradas 29 edificações que possuem alguma forma de fachada verde dupla e foram identificadas suas características e sua distribuição no território brasileiro. Esta busca permitiu entender como as fachadas verdes duplas são utilizadas no Brasil e sua distribuição serviu para delimitar a área de estudo em cinco zonas bioclimáticas.

Para se identificar os parâmetros climáticos utilizados em construções no Brasil, foi realizado um estudo das diferentes classificações climáticas no país e, por fim, optou-se por fazer uma análise documental da norma da ABNT NBR 15220-3, atualmente vigente. A norma classifica o território brasileiro em oito zonas bioclimáticas, cada qual com seus gráficos climáticos e orienta a respeito de parâmetros construtivos e estratégias bioclimáticas para cada uma dessas zonas.

O levantamento das principais espécies vegetais e sua aplicabilidade nas fachadas verdes duplas em cada zona bioclimática foi realizado junto à elaboração das diretrizes, já que são elementos codependentes. Essa etapa foi realizada através do banco de dados botânico do *software LandCATALOG*. À medida que foi realizada a adaptação das estratégias para cada zona bioclimática, foram filtradas as características necessárias da vegetação para se atender aos requisitos demandados. A elaboração das diretrizes foi realizada a partir dos demais objetivos concluídos, tanto do entendimento dos conceitos e estratégias usadas para a adequação de edificações em relação aos climas, quanto ao seu uso no mapeamento e território brasileiro. Por meio da norma ABNT NBR 15220-3, foi possível adaptar o uso das fachadas verdes duplas, de modo a auxiliar nos parâmetros e estratégias orientadas para cada zona bioclimática estudada.

5.3. RESUMO DOS RESULTADOS

Os resultados foram obtidos a partir do entendimento dos conceitos, classificações, usos e comportamento das fachadas verdes duplas nas edificações e do entendimento das necessidades construtivas das zonas bioclimáticas estudadas. Com isso, foi possível identificar as características necessárias para a fachada verde dupla auxiliar no controle climático em cada caso estudado.

O mapeamento evidenciou o pouco uso das fachadas verdes duplas na arquitetura brasileira e a dificuldade de se obterem informações a respeito deste dispositivo.

Apesar do pouco uso, a fachada verde dupla pode proporcionar diversos benefícios para as edificações, como melhoria do conforto interno das residências, redução de consumo de energia elétrica, gerando economia para o usuário, melhoria da qualidade e umidificação do ar, bem-estar psicológico, privacidade, estética, entre outros.

- Com relação aos benefícios relativos ao clima estas podem oferecer:
- Sombreamento apenas no verão e permitir a passagem da radiação solar no inverno: fachadas que recebem radiação solar;
- Impedir a perda de calor, auxiliando no isolamento térmico: fachadas que não recebem sol;
- Sombrear paredes e aberturas constantemente;
- Umidificação do ar;
- Resfriamento evaporativo;
- Impedir a passagem do calor de fora para dentro, auxiliando no isolamento térmico;
- Permitir ventilação com sombreamento.

Esses benefícios variam segundo o grau de insolação da fachada, a largura da cavidade e as características da espécie utilizada. A espécie deve ser selecionada conforme as necessidades da edificação e o ambiente em que será exposta.

Para as cinco zonas bioclimáticas estudadas (ZB1, ZB2, ZB3, ZB6 e ZB8) foram criados quadros para se entenderem as necessidades das edificações nessas zonas bioclimáticas a partir da norma NBR 15220-3, os benefícios que as fachadas verdes duplas podem oferecer e as características das espécies a serem selecionadas. Para cada caso, foram elaborados outros quadros com sugestões de espécies, obtidas através dos filtros do *LandCATALOG* da *AuE Software*.

Esse estudo, assim, pôde corroborar com a ideia de que o Brasil tem grande potencial de uso de fachadas verdes duplas, tanto por necessitar de estratégias bioclimáticas e adequação ao clima, quanto pela variedade de espécies cujo desenvolvimento é facilitado pelos climas brasileiros.

5.4. LIMITAÇÕES DA PESQUISA

Essa pesquisa não objetivou medir a eficiência térmica das fachadas verdes duplas, mas a partir desses estudos, propôs-se verificar quais características as fachadas verdes duplas devem possuir para serem aplicadas de modo mais adequado às diferentes zonas climáticas. Notou-se uma escassez de estudos, experimentos e simulações realizados no Brasil com as fachadas verdes duplas, que em sua maioria se concentraram em poucas zonas bioclimáticas, o que limitou as evidências na contribuição das fachadas verdes duplas e suas aplicabilidades em todas as regiões do Brasil.

No mapeamento, contou-se apenas com as edificações encontradas nas plataformas pesquisadas. A cobertura dessas plataformas concentra-se em obras de maior visibilidade midiática, não refletindo na real totalidade de edificações com fachadas verdes duplas existentes no território brasileiro. Foram encontradas fachadas verdes duplas em apenas cinco das oito zonas bioclimáticas da NBR 15220-3. Além disso, poucas informações sobre estas foram encontradas nestas plataformas. Por limite de tempo e recursos, não foi possível realizar uma visita técnica a cada edificação com fachada verde dupla encontrada no Brasil, o que permitiria obter maiores informações sobre estas.

A NBR 15220-3 data de 2005 e utiliza dados climáticos entre 1960 e 1990. Por contar com uma estimativa do clima por interpolação, os dados climáticos podem não ter muita precisão. Por meio da adição de dados de estações climáticas construídas após 1990, poderia ser realizada uma atualização mais precisa da norma. Contudo, essa limitação não invalida suas estratégias e parâmetros orientados para cada situação das zonas bioclimáticas analisadas.

O levantamento de espécies se limitou às espécies do banco de dados oferecido pelo *software LandCATALOG* que apresenta as principais espécies exóticas e nativas utilizadas no paisagismo no Brasil. Porém, outras espécies que atendam às características desejáveis podem e devem ser experimentadas e estudadas.

Além disso, esta pesquisa se limitou a encontrar espécies mais adequadas às fachadas verdes duplas em relação ao clima. Contudo, não se levou em consideração os possíveis problemas que as espécies podem apresentar como: crescimento desordenado e excessivo, manutenção, necessidade de adubação ou solo diferenciado, necessidade de podas, morte súbita, doenças, pragas, atração de polinizadores como insetos, pássaros e animais silvestres, drenagem, irrigação, destruição da pavimentação pelas raízes. Muitas dessas informações e cuidados são úteis para o cultivo das plantas e são fornecidas pelo *software LandCATALOG*. O

software, além de fornecer as espécies mais utilizadas no paisagismo, permite escolher a espécie conforme as demais necessidades do usuário e do local a ser instalada a fachada verde dupla.

5.5. CONTRIBUIÇÕES DA PESQUISA

Esta pesquisa se apresenta como uma forma de complementar o conhecimento e incentivar outros estudos acerca de fachadas e como estas podem auxiliar na adaptação climática das edificações. Além disso, contribui para incentivar o uso das fachadas verdes duplas, ainda pouco exploradas no contexto brasileiro, apesar da riqueza da biodiversidade vegetal adaptada às zonas bioclimáticas analisadas. Os resultados demonstram que, quando adequadamente implementadas, essas soluções funcionam como estratégias bioclimáticas eficazes, promovendo: (1) melhoria do conforto; (2) redução do consumo energético; (3) benefícios psicofisiológicos aos usuários; e (4) contribuições tangíveis para a sustentabilidade ambiental. Espera-se que esta pesquisa possa contribuir para que outras mais sejam desenvolvidas visando ao aprofundamento e elaboração de diretrizes mais detalhadas para a aplicação das fachadas verdes duplas, segundo o clima.

5.6. RECOMENDAÇÕES PARA FUTUROS TRABALHOS

Durante o desenvolvimento desta pesquisa, constatou-se a escassez de dados sobre as fachadas verdes duplas existentes e de estudos sobre fachadas verdes duplas, o que demonstrou a necessidade de se explorarem as possibilidades desse recurso, principalmente em diferentes regiões, para o maior entendimento sobre a sua aplicabilidade. Sendo assim, recomenda-se:

- A atualização do número de fachadas verdes duplas no Brasil, com o acréscimo de novos casos, bem como a busca de mais informações a respeito, para ampliar a discussão sobre a sua aplicabilidade;
- Estudos e simulações comparativas com diferentes espécies, configurações, largura das cavidades e orientação, entre outras variáveis, em cada uma das zonas bioclimáticas;
- A elaboração de estudos com questionários para se verificarem as sensações e emoções sentidas pelos usuários em edificações com e sem fachadas verdes;
- Estudos sobre a aplicabilidade das fachadas verdes duplas nas demais zonas

bioclimáticas que não foram abrangidas por este estudo e por outras classificações climáticas;

- A incorporação de filtros de espécies e configurações de fachadas verdes duplas, específico para cada região climática do Brasil, no *software LandCATALOG*.

A partir de mais pesquisas e detalhes acerca das fachadas verdes duplas, será possível estimular a sua construção e disseminação por diversas regiões do país, sempre levando em conta a sua biodiversidade, clima e as necessidades da população.

REFERÊNCIAS

- ABNT. ASSOCIAÇÃO BRASILEIRA DE NORMAS TÉCNICAS. NBR 15220-3 - Desempenho térmico de edificações Parte 3: Zoneamento bioclimático brasileiro e diretrizes construtivas para habitações unifamiliares de interesse social, Rio de Janeiro, 2005.
- ALBERNARD, Renata Serafin de; FENSTERSEIFER, Paula; SCHERER, Minéia Johann. Cortina Verde: Estratégia de Baixo Custo Para Controle Térmico em Habitações de Interesse Social na Zona Bioclimática 2. In: Encontro Nacional de Tecnologia do Ambiente Construído, 18., 2020. **Anais [...]**. Porto Alegre: ANTAC, 2020. p. 1–8. DOI: 10.46421/entac.v18i.995. Disponível em: <https://eventos.antac.org.br/index.php/entac/article/view/995>. Acesso em: 20 nov. 2023.
- ANDRADE, Rafael Medeiros; PINTO, Rogério Lafayette. Estímulos naturais e a saúde humana: A Hipótese da Biofilia em debate. **Polêm!ca**, [S. l.], v. 17, n. 4, p. 030–043, 2018. DOI: 10.12957/polemica.2017.34272. Disponível em: <https://www.e-publicacoes.uerj.br/polemica/article/view/34272>. Acesso em: 25 out. 2023.
- ASHRAE. AMERICAN SOCIETY OF HEATING, REFRIGERATING AND AIR CONDITIONING ENGINEERS. **ASHRAE Terminology: A Comprehensive Glossary of Terms for the Built Environment**. [S. l.], 2023. Disponível em: <https://terminology.ashrae.org/?letter=P>. Acesso em: 26 set. 2023.
- AUE SOFTWARE. **AutoLANDSCAPE**. Disponível em: <https://auesoftware.com/?id=6-AutoLANDSCAPE&ln=pt-br>. Acesso em: 17 jan. 2025.
- AUE SOFTWARE. **AutoLANDSCAPE** (versão 2022). 2022. Software de paisagismo [software]. Disponível em: <https://auesoftware.com/?id=6-AutoLANDSCAPE&ln=pt-br>. Acesso em: 09 set. 2024.
- AUE SOFTWARE (Brasil). AuE Software - AuE LandOFFICE. [S. l.], [20--?]. Disponível em: <https://auesoftware.com/?id=136-LandscapeOffice&ln=pt-BR>. Acesso em: 17 jan. 2025.
- AUE SOFTWARE WIKI. **LandCatalog 2022**. 2022. Disponível em: <http://wiki.auesoftware.com/?id=landcatalog-2022&in=1478>. Acesso em: 17 jan. 2025.
- AYOADE, J.O. **Introdução à Climatologia para os trópicos**. 13ª edição. Rio de Janeiro: Bertrand Brasil, 2010.
- BAKSHSHODEH, Reza; OCAMPO, Carlos; OLDHAM, Carolyn. Thermal performance of green façades: Review and analysis of published data. **Renewable and Sustainable Energy Reviews**, [s.l.], v. 136, p. 111744, 2021. Disponível em: <https://doi.org/10.1016/j.rser.2021.111744>. Acesso em: 20 nov. 2023
- BARBOSA, M, C; FONTES, M, S, G, C. Jardins verticais: modelos e técnicas. **PARC Pesquisa em Arquitetura e Construção**, p.114-124, 2016.
- BARBOSA, Sabrina Andrade. **Fachadas duplas em clima tropical de altitude: Análise do potencial de ventilação para ambientes por meio de simulação computacional**. Orientador:

Túlio de Márcio Salles Tibúrcio. 2012. 104 p. Dissertação (Mestrado em Arquitetura e Urbanismo) - Universidade Federal de Viçosa, Viçosa, 2012.

BAVARESCO, Mateus Vinícius; MAZZAFERRO, Leonardo; MELO, Ana Paula; LAMBERTS, Roberto. Classificação de climas brasileiros empregada na atualização dos Regulamentos Técnicos da Qualidade para o Nível de Eficiência Energética de Edificações. **Centro Brasileiro de Eficiência Energética em Edificações – CB3E**, [s. l.], agosto de 2017. Disponível em: https://cb3e.ufsc.br/sites/default/files/Relatorio_GruposClimaticos.pdf. Acesso em: 25 out. 2023.

BLOOMFIELD, Dan. What makes nature-based interventions for mental health successful?. **Bjpsych International**, [s. l.], v. 14, ed. 4, Novembro 2017.

BRATMAN, Gregory N.; ANDERSON, Christopher B.; BERMAN, Marc G.; COCHRAN, Bobby; DE VRIES, Sjerp; FLANDERS, Jon; FOLKE, Carl; FRUMKIN, Howard; GROSS, James J.; HARTIG, Terry; KAHN JR., Peter H.; KUO, Ming; LAWLER, Joshua J.; LEVIN, Phillip S.; LINDAHL, Therese; MEYER-LINDENBERG, Andreas; MITCHELL, Richard; OUYANG, Zhiyun; ROE, Jenny; SCARLETT, Lynn; SMITH, Jeffrey R.; VAN DEN BOSCH, Matilda; WHEELER, Benedict W.; WHITE, Mathew P.; ZHENG, Hua; DAILY, Gretchen C.. Nature and mental health: An ecosystem service perspective. **Science Advances**, [s. l.], 24 jul. 2019.

COX, Daniel T. C.; SHANAHAN, Danielle F.; HUDSON, Hannah L.; PLUMMER, Kate E.; SIRIWARDENA, Gavin M.; FULLER, Richard A.; ANDERSON, Karen; HANCOCK, Steven; GASTON, Kevin J. Doses of Neighborhood Nature: The Benefits for Mental Health of Living with Nature. **Bioscience**, [s. l.], 2017. DOI 10.1093/biosci/biw173. Disponível em: <https://academic.oup.com/bioscience/article-abstract/67/2/147/2900179>. Acesso em: 7 mar. 2024.

GIL, Antônio Carlos. Como elaborar projetos de pesquisa. 4ª Ed. São Paulo: Atlas, 2002.

GURGEL, Miriam. **Design passivo: Baixo consumo energético: guia para conhecer, entender e aplicar os princípios do design Passivo em residências**. São Paulo: Senac, 2012. 175 p.

HANSEN, Margaret M.; JONES, Reo; TOCCHINI, Kirsten. Shinrin-Yoku (Forest Bathing) and Nature Therapy: A State-of-the-Art Review. **International Journal of Environmental Research and Public Health**, [s. l.], Julho 2017.

KÖHLER, M. Green facades: a view back and some visions. **Urban Ecosystems, Neubrandenburg**, v.11, p. 423-436, 2008.

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**, 45(5), pp.1287-1303, 2010.

KOTERA, Y., RICHARDSON, M. & SHEFFIELD, D. Efeitos do Shinrin-Yoku (banho de floresta) e da terapia da natureza na saúde mental: uma revisão sistemática e meta-análise. **Int J Ment Health Addiction** 20, 337–361 (2022). <https://doi.org/10.1007/s11469-020-00363-4>

LIMA JUNIOR, J. E. de; MEDEIROS, M. H. F. de; TAVARES, S. F. Fachadas vegetais para melhora do conforto ambiental de edificações: escolha para Curitiba usando análise hierárquica. **Arquitetura Revista**, [S. l.], v. 13, n. 1, p. 50–60, 2017. DOI: 10.4013/arq.2017.131.06. Disponível em: <https://revistas.unisinos.br/index.php/arquitetura/article/view/arq.2017.131.06>. Acesso em: 08 nov. 2023.

LOBODA, C.R.; DE ANGELIS, B.L.D. Áreas verdes públicas urbanas: conceitos, usos e funções. **Ambiência**. Guarapuava, PR, v.1, n.1, p. 125-139, jan./jun, 2005.

MACHADO, Rayner Maurício; BRE, Facundo; MAZZAFERRO, Leonardo; MELO, Ana Paula; LAMBERTS, Roberto. Zoneamento bioclimático para desempenho de edifícios usando método de agrupamento personalizado e dados climáticos de alta resolução. **Energy and Buildings**, [s. l.], 15 maio 2024. DOI 10.1016/j.enbuild.2024.114157. Disponível em: <https://www.sciencedirect.com/science/article/abs/pii/S0378778824002731?via%3Dihub>. Acesso em: 24 out. 2024.

MANSO, Maria; CASTRO-GOMES, João. Green wall systems: A review of their characteristics. **Renewable and Sustainable Energy Reviews**, [s. l.], v. 41, p. 863–871, 2015. Disponível em: <http://dx.doi.org/10.1016/j.rser.2014.07.203>.

MARTIN, Leanne; WHITE, Mathew P.; HUNT, Anne; RICHARDSON, Miles; PAHL, Sabine; BURT, Jim. **Nature contact, nature connectedness and associations with health, wellbeing and pro-environmental behaviours**. *Journal of Environmental Psychology*, v. 68, 101389, 2020. ISSN 0272-4944. Disponível em: <https://doi.org/10.1016/j.jenvp.2020.101389>. Acesso em: 4 set. 2024.

MAZZAROTTO, A. C. E. **Uso do sistema de fachadas duplas ventiladas em edifícios em Curitiba**. Verificação computacional de desempenho comparativo com soluções convencionais. Dissertação (Mestrado em Engenharia Civil) Universidade Federal do Paraná, Curitiba, PR, 2011. 263 p.

MEDL, A; STANGL, R; FLORINETH, F. Vertical greening systems—A review on recent technologies and research advancement. **Building and Environment**, 125, pp.227-239, 2017.

MELA, Débora. **Caracterização de fachadas duplas no Brasil**. 2017. 129 p. Dissertação (Mestrado em Arquitetura e Urbanismo) - Universidade Federal de Viçosa, Viçosa, 2017.

MELA, D.; TIBÚRCIO, T. M. S. Mapeamento de fachadas duplas no brasil: tecnologias e materiais aplicados. In: Simpósio Brasileiro de Qualidade do Projeto no Ambiente Construído, 6., 2019, Uberlândia. **Anais...** Uberlândia: PPGAU/FAUeD/UFU, 2019. p 679-691. DOI <https://doi.org/10.14393/sbqp19063>.

MORELLI, Denise Damas de Oliveira. **Paredes verdes: vegetação como qualidade ambiental no espaço construído**. 2009. 115 p. Dissertação (mestrado) - Universidade Estadual de Campinas, Faculdade de Engenharia Civil, Arquitetura e Urbanismo, Campinas, SP. Disponível em: <https://repositorioslatinoamericanos.uchile.cl/handle/2250/1315786>. Acesso em: 05 jun. 2023.

MUÑOZ, L. S. **Potencial amenizador térmico de jardim vertical do tipo fachada verde indireta: estudos com diferentes espécies de trepadeiras**. 2019. Universidade Estadual Paulista - UNESP, Bauru-SP, 2019.

NUNES, Renato; SÊRRO, Carlos. Edifícios inteligentes: Conceitos e serviços. **Jornal O Projeto**, Ano XV, n. 9, p. 3-6, 2014. Disponível em: https://www.voltimum.pt/sites/www.voltimum.pt/files/pdflibrary/05_edificios_inteligentes_conceitos_e_servicos.pdf. Acesso em: 25 ago. 2023.

OMAR, Osama. Intelligent building, definitions, factors and evaluation criteria of selection. **Alexandria Engineering Journal**, [s. l.], 18 jul. 2018. DOI <https://doi.org/10.1016/j.aej.2018.07.004>. Disponível em: <https://www.sciencedirect.com/science/article/pii/S1110016818300887>. Acesso em: 25 ago. 2023.

PADOVAN, Leonardo Diba Gonçalves. **Desempenho térmico de jardins verticais extensivos: estudo com uso da trepadeira *Ipomoea horsfalliae***. (Dissertação de Mestrado). Programa de Pós-Graduação em Arquitetura e Urbanismo, da Faculdade de Arquitetura, Artes e Comunicação (FAAC) da Universidade Estadual Paulista — Júlio de Mesquita Filho (UNESP). Campus Bauru, 2020.

PADOVAN, L. D. G.; FONTES, M. S. G. de C.; BARBOSA, M. C. Influência térmica da fachada verde no ambiente interno. **PARC Pesq. em Arquit. e Constr.**, Campinas, SP, v. 13, p. e022005, 2021. DOI: <http://dx.doi.org/10.20396/parc.v13i00.8661203>.

PAN, LAN; WEIC, SHEN; CHU, L. M. Orientation effect on thermal and energy performance of vertical greenery systems. **Energy and Buildings**, 175, pp. 102-112, 2018.

PÉREZ, G; RINCÓN, L; VILA, A; GONZÁLEZ J, M.; CABEZA, L, F. Green vertical systems for buildings as passive systems for energy savings. **Applied Energy**, 88, pp. 4854-4859, 2011.

PERINI, K; OTTELÉ, M; HAAS, E, M; RAITERI, R. Greening the building envelope, façade greening and living wall systems. **Open Journal of Ecology**, 1(01), p.1, 2011.

REFATI, Kassiana. **Cortina verde com diferentes espécies trepadeiras e os efeitos termohigrométricos em um ambiente**. Orientador: Ticiane Sauer Pokrywieck. 2020. 174 p. Dissertação (Mestrado em Engenharia Ambiental) - Universidade Tecnológica Federal do Paraná, Francisco Beltrão, 2020.

REFATI, Kassiana Kamila Pagnoncelli; VALDAMERI, Cleila Cristina Navarini; POKRYWIECKI, Ticiane Sauer. Implantação de cortina verde com a espécie *stictocardia macalusoii* para atenuação térmica de edificações, 15., 2019. **Anais [...]**. [S. l.], 2019. p. 3169–3174. Disponível em: <https://eventos.antac.org.br/index.php/encac/article/view/4402>. Acesso em: 20 nov. 2024.

SAFIKHANI, T; ABDULLAH, A, M; OSSEN, D, R; BAHARVAND, M. A review of energy characteristic of vertical greenery systems. **Renewable and Sustainable Energy Reviews**, 40, pp.450-462, 2014.

SCHERER, Minéia J.; ALVES, Thales S.; BERWANGER, Luísa R.; REDIN, J. Fachadas vegetadas: simulação do impacto no comportamento térmico de um ambiente residencial na zona bioclimática 2. In: ENCONTRO NACIONAL DE TECNOLOGIA DO AMBIENTE CONSTRUÍDO, 18., 2020, Porto Alegre. **Anais...** Porto Alegre: ANTAC, 2020.

SCHERER, M. J.; BERWANGER, L.; REDIN, J.; SEVERO, T. Envoltórias vegetadas e sua contribuição no desempenho térmico de HIS para a zona bioclimática 2. In: Encontro Nacional De Tecnologia Do Ambiente Construído, 19., 2022, Canela. **Anais...** Porto Alegre: ANTAC, 2022.

SCHERER, M. J. **Cortinas Verdes na arquitetura: desempenho no controle solar e na eficiência energética de edificações**. 2014. Tese (Doutorado em Arquitetura) - Universidade Federal do Rio Grande do Sul, Porto Alegre, 2014. Disponível em: <https://www.lume.ufrgs.br/bitstream/handle/10183/109023/000950192.pdf?sequence=1&isAllowed=y>. Acesso em: 22 maio 2023.

SCHERER, Minéia Johann; ALVES, Thales Severo; REDIN, Janaína. Envoltórias vegetadas aplicadas em edificações: benefícios e técnicas. **Revista de arquitetura IMED**, Passo Fundo, v. 7, p. 84-101, 19 jul. 2018. Disponível em: <https://seer.atitus.edu.br/index.php/arqimed/article/view/2693>. Acesso em: 8 maio 2023.

SCHERER, M. J.; FEDRIZZI, B. Desempenho energético em edifício de escritório com sistemas de controle solar convencionais e uso das cortinas verdes na zona bioclimática 2. In: ENCONTRO NACIONAL DE TECNOLOGIA DO AMBIENTE CONSTRUÍDO, 17., 2018, Foz do Iguaçu. **Anais...** Porto Alegre: ANTAC, 2018.

SILVA, Priscila Weruska Stark da. **O impacto das fachadas verdes nos microclimas urbanos**. 2018. Dissertação (Mestrado em Tecnologia da Arquitetura) - Faculdade de Arquitetura e Urbanismo, Universidade de São Paulo, São Paulo, 2018. doi:10.11606/D.16.2018.tde-13092018-140952. Acesso em: 2023-08-07.

SILVEIRA, Guilherme William Petrini; PADOVAN, Leonardo Diba Gonçalves; FONTES, Maria Solange Gurgel de Castro. Fachada Verde e Conforto Térmico em Escritório Universitário. **Revista Nacional de Gerenciamento de Cidades**, [s. l.], v. 07, ed. 48, 2019. DOI: 10.17271/2318847274820192101. Disponível em: https://publicacoes.amigosdanatureza.org.br/index.php/gerenciamento_de_cidades/article/view/2101. Acesso em: 8 out. 2024.

SOUSA, Adriana; GOULART, Solange; ARAÚJO, Virgínia. Vegetação como atenuados do clima local: Critérios para escolha de espécies vegetais para instituição de ensino em um clima quente-úmido. **Encontro Nacional de Tecnologia do Ambiente Construído**, Maceió, 12 nov. 2014.

SOUSA, Luana Resende de; SOUZA, Henor Artur de; GOMES, Adriano Pinto. Influência de paredes verdes no desempenho térmico de habitações sociais. **PARC Pesquisa em Arquitetura e Construção**, Campinas, SP, v. 11, p. e020029, 2019. DOI: <http://dx.doi.org/10.20396/parc.v11i0.8658167>.

SCOPELLITI, Massimiliano; CARRUS, Giuseppe; BONAIUTO, Marino. Is it Really Nature That Restores People? A Comparison with Historical Sites with High Restorative Potential. **Frontiers in Psychology**, [s. l.], 2019. DOI doi: 10.3389/fpsyg.2018.02742. Disponível em: <https://www.frontiersin.org/journals/psychology/articles/10.3389/fpsyg.2018.02742/full>. Acesso em: 4 set. 2024.

TIBÚRCIO, Túlio Márcio de Salles; BARBOSA, Sabrina Andrade. Estudo de configurações de aberturas para ventilação natural em fachadas inteligentes. **Encontro Nacional de Tecnologia do Ambiente Construído**, Juiz de Fora, 2012.

TIBÚRCIO, T. M. de S.; PIERONI, N. F. O Edifício de Escritórios Inteligente: Mapeamento das Tecnologias e Sistemas Inteligentes, da Concepção a Automação do Edifício. **Encontro Nacional de Tecnologia do Ambiente Construído**, Juiz de Fora, 2012.

TRØSTRUP, C. H.; CHRISTIANSEN, A. B.; STØLEN, K. S.; STELTER, R. The effect of nature exposure on the mental health of patients: a systematic review. *Quality of Life Research*, v. 28, p. 1695-1703, 2019. Disponível em: <https://doi.org/10.1007/s11136-019-02125-9>. Acesso em: 10 jul. 2024.

VALDAMERI, C. C. N; WESTPHAL, F. S.O uso de sistemas verticais de vegetação como estratégia para conforto térmico. In: Encontro Nacional de Tecnologia do Ambiente Construído, 19., 2022, Canela. **Anais...** Porto Alegre: ANTAC, 2022.

VELAZQUEZ, Linda. Featured Project: ACROS Fukuoka Prefectural International Hall. **Greenroofs**, 17 ago. 2020. Disponível em: <https://www.greenroofs.com/2020/08/17/featured-project-acros-fukuoka-prefectural-international-hall/>. Acesso em: 5 jun. 2023.

WONG, N, H; TAN, Y, K; CHEN, Y; SEKAR, K; TAN, P,Y; CHAN, D; CHIANG, K; WONG, N, C. Thermal evaluation of vertical greenery systems for building walls. **Building and environment**, 45(3), pp.663-672, 2010.

YANG, F; YUAN, F; QIAN, F; ZHUANG, Z; YAO, J. Summertime thermal and energy performance of a double-skin green facade: A case study in Shanghai. **Sustainable Cities and Society**, 39, pp.43-51, 2018. Disponível em: <https://www.sciencedirect.com/science/article/abs/pii/S2210670717316177>. Acesso em 07 jul. 2023.