

UNIVERSIDADE TECNOLÓGICA FEDERAL DO PARANÁ

GREGORY HENDRIGO RIDOLFI PINHEIRO

**PROPOSIÇÃO DE SOLUÇÕES BIOCLIMÁTICAS VISANDO MELHORIA DO
DESEMPENHO TÉRMICO NAS EDIFICAÇÕES DA UTFPR-DOIS VIZINHOS**

DOIS VIZINHOS

2022

GREGORY HENDRIGO RIDOLFI PINHEIRO

**PROPOSIÇÃO DE SOLUÇÕES BIOCLIMÁTICAS VISANDO MELHORIA DO
DESEMPENHO TÉRMICO NAS EDIFICAÇÕES DA UTFPR-DOIS VIZINHOS**

Trabalho de conclusão de curso de graduação apresentada como requisito para obtenção do título de Bacharel em Engenharia Florestal da Universidade Tecnológica Federal do Paraná (UTFPR-DV).

Orientador(a): Profa. Dr. Flavia Gizele Konig Brun

DOIS VIINHOS

2022



[4.0 Internacional](https://creativecommons.org/licenses/by/4.0/)

Esta licença permite compartilhamento, remixe, adaptação e criação a partir do trabalho, mesmo para fins comerciais, desde que sejam atribuídos créditos ao(s) autor(es). Conteúdos elaborados por terceiros, citados e referenciados nesta obra não são cobertos pela licença.

GREGORY HENDRIGO RIDOLFI PINHEIRO

**PROPOSIÇÃO DE SOLUÇÕES BIOCLIMÁTICAS VISANDO MELHORIA DO
DESEMPENHO TÉRMICO NAS EDIFICAÇÕES DA UTFPR-DOIS VIZINHOS**

Trabalho de Conclusão de Curso de Graduação
apresentado como requisito para obtenção do título
de Bacharel em Engenharia Florestal da Universidade
Tecnológica Federal do Paraná (UTFPR).

Data de aprovação: 22 de novembro de 2022

Flavia Gizele Konig Brun (Orientadora)
Engenheira Florestal, Doutora em Ciências Florestais
Universidade Tecnológica Federal do Paraná

Daniela Aparecida Estevan
Bióloga, Doutora em Agronomia
Universidade Tecnológica Federal do Paraná

Ellen Biavatti
Arquiteta, Especialista em Gerenciamento de Obras
CEO e Proprietária do escritório de Arquitetura Ellen Biavatti

DOIS VIZINHOS

2022

Dedico este trabalho à minha mãe e minha bisavó,
por ter que ir para tão longe para realizar o meu
sonho. Também dedico a minha família Bueno e a
minha noiva, Leticia Mencatto Bueno.

AGRADECIMENTOS

Não poderia iniciar a apresentação deste trabalho sem antes agradecer as pessoas que de alguma forma me auxiliaram para a realização dele.

Agradeço a minha orientadora Profa. Dra. Flavia Gizele Konig Brun pela calma, paciência e parceria com que me guiou nessa trajetória.

Ao servidor Ariston e do Departamento de Projetos e Obras (DEPRO) pelas plantas baixas cedidas.

Ao Prof. Dr. Frederico Marcio Correa Vieira e ao Prof. Dr. André Pelegrini pelos dados cedidos via Grupo de Estudos em Biometeorologia (Gebimet).

Além do apoio da Direção do Campus para o uso das infraestruturas dos prédios do Campus pelo Prof. Dr. Everton Ricardi Lozano da Silva

Gostaria de deixar registrado também, o meu reconhecimento à minha família, pois acredito que sem o apoio deles seria muito difícil vencer esse desafio.

Enfim, a todos os que por algum motivo contribuíram para a realização desta pesquisa.

RESUMO

O desenvolvimento acelerado nas grandes cidades urbanas, atrelado a outros fatores, influenciam na qualidade de vida. A vegetação é uma das principais opções para diminuir o impacto nesses centros urbanos, servindo como uma segunda pele dessas edificações, gerando um grande benefício térmico. Essas superfícies verdes, conhecidas como Jardins Verticais, estão sendo aplicadas como uma das formas de amenizar os efeitos do clima, absorvendo parte do calor que chega as edificações (em situação de altas temperaturas) ou proporcionando uma proteção em forma de conforto térmico formando uma camada de isolamento em condições de baixas temperaturas. Diante disso, o presente trabalho tem como objetivo propor soluções bioclimáticas visando a melhoria do desempenho térmico nas edificações da Universidade Tecnológica Federal do Paraná, no campus Dois Vizinhos, trazendo diferentes tipos de jardins verticais. Para o desenvolvimento do estudo, inicialmente foi coletado dados da temperatura de superfície das paredes para determinar a incidência solar das edificações selecionadas para a implantação do projeto na UTFPR – Campus Dois Vizinhos, depois, com base nas características climáticas, visando o custo benefício foi definido o tipo de jardim vertical que seria utilizado e definiu as melhores espécies para se utilizar usando uma tabela de características, tais como, taxa de crescimento, características da folhagem, densidade foliar, presença de flores, clima que ela suporta e necessidade de manutenção. A última etapa foi a elaboração de maquetes 3D para ilustrar como ficaria as fachadas após a implantação das paredes verde. Chegou-se à preposição de que seria utilizado dois tipos de jardins verticais, o Extensivo com Fachada Verde indireta e o Intensivo com Parede Viva Contínua por demonstrarem um melhor custo-benefício. O primeiro tipo foi proposto para o G10 e para a biblioteca com as espécies *Thunbergia grandiflora* (Tumbergia-azul) e *Jasminum azoricum* (Jasmim-dos-açores), e o segundo para o anfiteatro, com as espécies *Dyopsis lutescens* (Areca bambu), *Calathea makoyana* (Calatea pavão), *Chlorophytum comosum* (Clorofito de sombra) e *Philodendron bipinnatifidum* (Guaimbê).

Palavras-chave: Incidência Solar; Estratégias Bioclimáticas; Jardim Vertical.

ABSTRACT

The accelerated development in large urban cities, coupled with other factors, influence the quality of life. Vegetation is one of the main options to reduce the impact on these urban centers, serving as a second skin for these buildings, generating a great thermal benefit. These green surfaces, known as Vertical Gardens, are being applied as one of the ways to mitigate the effects of the climate, absorbing part of the heat that reaches the buildings (in high temperatures) or providing protection in the form of thermal comfort forming a layer insulation under low temperature conditions. Therefore, the present work aims to propose bioclimatic solutions aimed at improving the thermal performance in the buildings of the Federal Technological University of Paraná, on the Dois Vizinhos campus, bringing different types of vertical gardens. For the development of the study, data on the surface temperature of the walls was initially collected to determine the solar incidence of the buildings selected for the implementation of the project at UTFPR - Campus Dois Vizinhos, then, based on the climatic characteristics, aiming at the cost benefit was defined. the type of vertical garden that would be used and defined the best species to use using a table of characteristics, such as growth rate, foliage characteristics, leaf density, presence of flowers, climate it supports and maintenance needs. The last step was the elaboration of 3D models to illustrate how the facades would look after the implementation of the green walls. The proposition was reached that two types of vertical gardens would be used, the Extensive with an indirect Green Facade and the Intensive with Continuous Living Wall, as they demonstrate a better cost-benefit ratio. The first type was proposed for the G10 and for the library with the species *Thunbergia grandiflora* (Tumbergia-azul) and *Jasminum azoricum* (Jasmine-of-the-Azores), and the second for the amphitheater, with the species *Dypsis lutescens* (Areca bamboo), *Calathea makoyana* (Peacock Calathea), *Chlorophytum comosum* (Shadow Chlorophyte) and *Philodendron bipinnatifidum* (Guaimbê).

Keywords: Solar Incidence; Bioclimatic Strategies; Vertical garden.

LISTA DE ILUSTRAÇÕES

Figura 1 - Gráfico ilustrado Rosa dos Ventos.....	15
Figura 2 - Jardins Verticais – Jardins Suspensos da Babilônia.....	18
Figura 3 - TurfHouses da Islândia.....	18
Figura 4 - Patrick Blanc, botânico francês.....	19
Figura 5 - Tipos de jardins verticais e possíveis técnicas a serem adotadas....	20
Figura 6 - Esquema geral de classificação e execução dos jardins verticais....	21
Figura 7 - Extensivo - Fachada verde direta	22
Figura 8 - Extensivo - Fachada verde indireta com treliça e com cabos.....	23
Figura 9 - Intensivo – Parede Viva Contínua.....	23
Figura 10 - Intensivo – Parede Verde Modular com vasos plásticos e com blocos de cerâmica	24
Figura 11 - Localização do município de Dois Vizinhos e vista do campus da UTFPR	25
Figura 12 - Bloco J, Biblioteca – Parede Leste	25
Figura 13 - Bloco G10 parede Leste e Anfiteatro Douglas Sampaio Henrique parede Oeste.....	26
Gráfico 1 - Registro dos meses com maior e menor temperatura	27
Figura 14 - Termômetro de Superfície	28
Figura 15 - Exemplo da posição do equipamento com o braço perpendicular ao chão.....	29
Figura 16 - Numeração para exemplificar como foi feita as medições no anfiteatro, parede oeste.....	30
Figura 17 - Marcação em amarelo dos pontos para a coleta das medições no G10, parede leste.....	30
Figura 18 - Distribuição das medições na biblioteca, parede leste	31
Figura 19 - Fluxograma do processo.....	32
Figura 20 - Média mensal das temperaturas de superfície de cada bloco	34
Figura 21 – Média das paredes por horário durante os nove meses.....	36
Figura 22 - Demonstrativo da faixa de 10mx17m com a disposição do cabo de aço.....	37
Figura 23 – Corte da vista frontal das covas e parede verde	38

Quadro 1 - Características das espécies escolhidas para compor o protocolo	38
Figura 24 - Exemplo da disposição de Jasmim-dos-açores e Tumbergia-azul	.39
Figura 25 - Método Extensivo com Fachada Verde indireta – Projeto Leste do bloco G1040
Figura 26 - Demonstrativo da manta metálica em corte frontal na parede oeste da Biblioteca41
Figura 27 - Método Extensivo com Fachada Verde indireta – Projeto Leste do Bloco J - Biblioteca42
Figura 28 - Pannel Hidropônico Modular (Sistema Home Light)43
Figura 29 - Sistema VertiGarden método Home Light44
Figura 30 – Espécies selecionadas para o paisagismo pelo Sistema Home Ligth45
Figura 31 - Método Intensivo com Parede Viva Contínua – Projeto Anfiteatro Douglas Sampaio Henrique46

LISTA DE TABELAS

Tabela 1 - Lista de orçamento para o bloco G10	40
Tabela 2 - Lista de orçamento para o bloco da Biblioteca.....	42
Tabela 3 - Lista de orçamento para o bloco do anfiteatro	46
Tabela 4 - Custo total estimado da implantação	47

SUMÁRIO

1	INTRODUÇÃO	11
2	OBJETIVOS	12
2.1	Objetivo geral	12
2.2	Objetivos específicos	12
3	DESENVOLVIMENTO	13
3.1	Revisão Bibliográfica	13
3.1.1	Condições Ambientais e Climáticas Atreladas ao Desempenho Térmico das Edificações	13
3.1.2	Conforto Ambiental e Térmico nas Edificações	14
3.1.3	Arquitetura Bioclimática.....	16
3.1.4	Jardins Verticais – Histórico no Conceito Arquitetônico	17
<u>3.1.4.1</u>	<u>Tipos de Jardins Verticais</u>	<u>20</u>
3.2	Metodologia	25
3.2.1	Caracterização da área de estudo.....	25
3.2.2	Características Climáticas de Dois Vizinhos	27
3.2.3	Incidência Solar	27
3.2.4	Metodologia Específica	29
<u>3.2.4.1</u>	<u>Monitoramento do comportamento térmico das paredes</u>	<u>30</u>
<u>3.2.4.2</u>	<u>Seleção de critérios dos protocolos para a seleção das espécies empregadas nas estruturas</u>	<u>32</u>
<u>3.2.4.3</u>	<u>Construção das proposições de jardins verticais para as edificações</u> ..	<u>34</u>
4	RESULTADO E DISCUSSÃO	35
4.1	Comportamento térmico das paredes ao longo do ano	35
4.2	Procedimentos projetuais e de implantação das proposições de jardins verticais para as edificações estudadas	37
4.2.1	Parede Leste do Bloco G10	38
4.2.2	Parede Leste do Bloco J - Biblioteca.....	42
4.2.3	Parede Oeste Anfiteatro Douglas Sampaio Henrique	44
5	CONCLUSÃO	50
6	ANEXOS	50
7	REFERÊNCIAS BIBLIOGRÁFICAS	51

1 INTRODUÇÃO

O desenvolvimento acelerado nos grandes centros urbanos, atrelado a poluição e o aumento da temperatura são fatores que influenciam na qualidade de vida (MENDES, 2017). O que tem se visto atualmente como consequência dessa urbanização acelerada é a escassez de áreas vegetadas no meio urbano, isso se dá pela dominância cada vez maior de edifícios e pavimentações (SCHERER, ALVES e REDIN, 2018).

Por conta disso, a vegetação tem sido sistematicamente utilizada como estratégia de condicionamento ambiental, integrando estratégias bioclimáticas utilizadas por profissionais da área, tais como engenheiros, arquitetos, designers, e etc. Para Sattler (2004), a vegetação é uma das principais opções para diminuir o impacto nesses centros urbanos, servindo como uma segunda pele dessas edificações, gerando um grande benefício térmico.

Visando esse benefício térmico e buscando maneiras da maximização desse desempenho dentro das edificações, Holman (1983) diz que é preciso entender que os materiais utilizados nas construções apresentam propriedades térmicas diferentes das condições naturais, ou seja, quando o calor absorvido por esses materiais é dissipado, conseqüentemente há uma alteração no microclima no local, que traz influência direta no aumento da temperatura no interior dos ambientes, isso acaba provocando condições indesejáveis do ponto de vista do conforto térmico.

Uma forma de combater esse fenômeno do aumento da temperatura no interior das edificações, segundo Gonçalves (2004), é a adição de vegetação nessas áreas construídas, tornando essas paredes verdes em agentes atuantes na interceptação dos raios solares e na absorção do calor.

O intuito desse trabalho é propor soluções bioclimáticas visando a melhoria do desempenho térmico nas edificações da Universidade Tecnológica Federal do Paraná, no campus Dois vizinhos, trazendo diferentes tipos de jardins verticais a fim de avaliar o melhor método, ou seja, o tipo de jardim mais adequado para essa região levando em consideração o clima local, a manutenção e o tempo de aplicação

2 OBJETIVOS

2.1 Objetivo geral

O trabalho tem como objetivo geral propor soluções bioclimáticas visando a melhoria do desempenho térmico nas edificações da Universidade Tecnológica Federal do Paraná, no campus Dois Vizinhos.

2.2 Objetivos específicos

- Realizar o levantamento do posicionamento e a incidência solar das edificações selecionadas para a implantação do projeto nas infraestruturas visando o conforto térmico no interior dessas edificações
- Definir o(s) tipo(s) de Jardins Verticais que será(ão) utilizado(s);
- Definir as espécies que serão utilizadas que melhor se adaptem ao clima local;
- Elaborar um projeto de jardim vertical para as edificações selecionadas.

3 DESENVOLVIMENTO

3.1 Revisão Bibliográfica

3.1.1 Condições Ambientais e Climáticas Atreladas ao Desempenho Térmico das Edificações

Quando há uma grande concentração de áreas construídas e o crescimento desenfreado nas áreas urbanas, o meio urbano sofre grande influência climática e isso ocorre devido à modificação das propriedades térmicas dos componentes do solo, alterando as trocas térmicas entre a superfície e o meio construído. Ao longo do dia, as edificações acumulam calor proveniente da radiação solar (DACANAL,2011).

As características do clima de uma região podem afetar diretamente no desempenho térmico de uma edificação, ou seja, a qualidade térmica do espaço construído e sua adaptação com o ambiente externo vai depender se na construção do projeto, as premissas técnicas com base no conhecimento climático onde ela vai ser implantada foram atingidas (REFATI, 2020). É muito importante que se tenha o conhecimento das características climáticas da região que se deseja, pois esses conhecimentos, no final pode ser o fator de maior relevância e expressar um grande potencial daquela construção, explorando principalmente a ventilação e iluminação natural (NITSCHE et. al., 2019).

As condições climáticas de uma região estão relacionadas com algumas condições ambientais, tais como: a latitude; altitude; presença de massas de ar; continentalidade; relevo e vegetação. Esse conjunto de fatores interagem e formam o clima de uma região e são utilizados por diferentes sistemas para classificá-los (ELETROBRAS; PROCEL, 2013).

Seguindo no conceito de clima, também é levado em consideração as médias históricas para uma determinada região, geralmente é levado em conta um espaço de tempo de 30 anos. Dependendo da aplicação e do contexto, o clima pode ser subdividido em três escalas: macroclima; mesoclima e microclima (LAMBERTS; DUTRA; PEREIRA, 1997). Se tratando da relação entre clima e o ambiente construído, o macroclima pode ser utilizado para adequar os projetos arquitetônicos, pois trata de temperaturas médias e extremas (MELLO et al., 2010).

Os elementos que compõem as características climáticas (temperatura, umidade, radiação, ventos, nebulosidade e chuvas) sofrem diretamente com a influência do que é criado no ambiente urbano. Esses elementos juntos, atuam de maneira que se influenciam mutuamente (ELETROBRAS; PROCEL, 2013).

O conhecimento das características do clima regional e de como cada lugar se comporta em cada estação é importante na hora de projetar uma edificação (REFATI, 2020), pois essas características podem ter influência no conforto dentro do ambiente e com as pessoas que vão usufruir destes espaços.

3.1.2 Conforto Ambiental e Térmico nas Edificações

Para Rocha (2004), o conforto ambiental é a adequação capaz de suprir as necessidades do corpo humano em relação ao meio ambiente, gerando uma sensação de bem-estar. Também é importante entender que as edificações proporcionam uma interação entre o homem, suas necessidades e as diferenças climáticas pré-estabelecidas, ou seja, entendidas daquele local. Dessa maneira, é muito importante que estas interações sejam eficientes na escolha do sítio, na utilização de materiais de construção, é preciso que seja eficiente nos estudos da ventilação e da insolação que rodeiam aquela região, eficiente no estudo de ganhos e perdas térmicas, estudo do micro e do macroclima, impacto ambiental, vegetação e aspectos culturais (ROCHA, 2004).

O conforto ambiental em edificações está diretamente ligado a incidência do sol, vento e umidade relativa no local em que aquela construção está localizada. A associação entre edificação, clima e vegetação influencia diretamente no microclima urbano e conseqüentemente no conforto interno dos usuários, isso se deve por conta da junção entre o clima ideal e a escolha da espécie adequada para aquele local, gerando um ambiente mais agradável, fresco e visivelmente atraente (MENDES, 2017).

Todavia, existem três variáveis que possuem uma relação mais assertiva com as interferências térmicas nos ambientes civis, seria a radiação solar, velocidade do vento e umidade relativa do ar (FROTA; SCHIFFER, 2003). Dessas, a radiação solar é a que apresenta maior contribuição no ganho térmico em edificações (LAMBERTS; DUTRA; PEREIRA, 1997).

Para LAMBERTS (2016), de maneira natural, em resposta aos fatores naturais causadores da radiação solar, durante um dia, é possível ter uma grande variação de temperatura dentro das edificações. A temperatura cresce na parte da manhã, no nascer do sol, chegando ao ápice até mais ou menos duas horas após a passagem do sol pelo meridiano. Depois disso, a energia perdida é maior que a armazenada, na qual a menor temperatura será próxima ao nascer do sol (REFATI, 2020).

A presença de vegetação e elementos topográficos no local também influenciam na temperatura. O sombreamento causado pela presença de vegetação pode ocasionar uma redução de até 90% da radiação solar, o que possibilita uma redução da temperatura no interior das edificações. Esse efeito na diminuição da temperatura acontece por causa da absorção da radiação pela fotossíntese (LAMBERTS; DUTRA; PEREIRA, 1997). A ventilação natural pode ser adotada como estratégia de resfriamento natural do ambiente construído pelo deslocamento do ar, onde as aberturas da construção fazem a passagem do fluxo de ar (FROTA; SCHIFFER, 2003).

A alocação adequada das esquadrias em relação aos ventos é uma forma favorável de utilização dessa estratégia. A ilustração do gráfico da rosa dos ventos é um instrumento que mostra de maneira eficiente (Figura 1), as estatísticas da direção e a intensidade dos ventos nas diferentes épocas do ano, gerando informações importantes sobre as condições do vento da área (PROJETEEEE, 2016). Essas marcações incluem velocidade do vento, direção e frequência do vento. Estas informações são medidores essenciais para estudar e prever as condições do vento em uma determinada área.

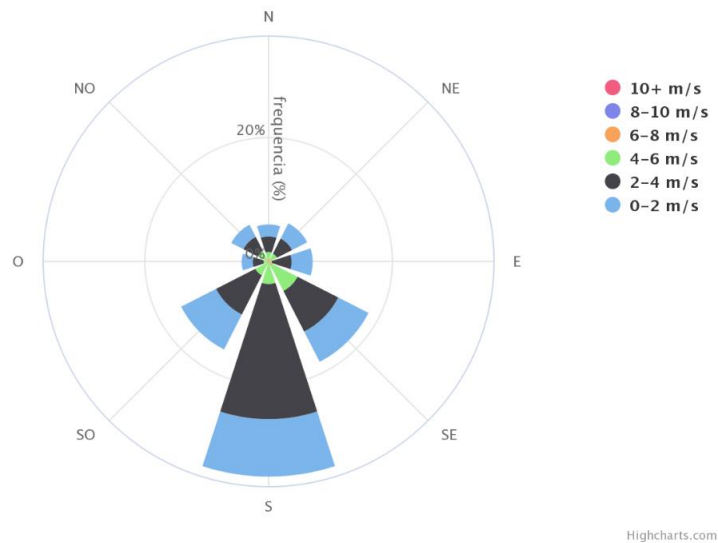


Figura 1 – Gráfico ilustrado Rosa dos Ventos

Fonte: Projeteo, 2016

Normalmente a chuva acompanha o sentido dos ventos, por este motivo o projeto deve prever artifícios a fim de impedir a penetração dela e da proteção das paredes (PROJETEEE, 2016). Outro ponto a se destacar é o conhecimento bioclimático da região em que a edificação estará presente, a fim de estabelecer critérios para proporcionar conforto térmico nas edificações habitacionais.

3.1.3 Arquitetura Bioclimática

A bioclimatologia é as relações entre o clima e o ser humano presente em determinado espaço e ambiente (DUARTE, 2016). Com o intuito de tirar vantagens das condições climáticas de um determinado local para criar uma arquitetura com desempenho térmico adequado, surge a expressão “Projeto Bioclimático”, visando a conexão da arquitetura com o clima local (FROTA; SCHIFFER, 1995).

A arquitetura bioclimática busca o equilíbrio entre o meio ambiente e a construção criada, por meio de variáveis que ajudem nessa correlação, tais como: as relações do clima local, a forma estrutural do edifício, a especificação da cobertura da edificação, escolha do material que é feito a estrutura. Todos esses elementos podem contribuir para a tomada de decisão final, ou seja, a decisão projetual para se obter uma edificação confortável e que minimize o gasto energético em seu interior (REFATI, 2020).

De acordo com Romero (2001), a arquitetura bioclimática é a interação entre a construção da parede, piso, cobertura e abertura, ou seja, o ambiente construído e o ambiente externo natural, no caso a terra, água, vegetação e sombra e o intermédio desses dois ambientes, que atuam como mecanismo por meio de variáveis ambientais, nesse caso, a radiação solar, a temperatura do ar, a umidade relativa, o vento e a chuva.

Outro ponto, mas não menos importante, é a gestão de resíduos durante as construções e das práticas de sustentabilidade. Com os avanços tecnológicos, é preciso estudar, repensar e desenvolver novos conceitos para o processo de construção. Dessa forma, há oportunidades para se utilizar os recursos naturais de forma eficiente criando edifícios saudáveis e com eficiência energética. A utilização da vegetação na construção é um ponto importante deste conceito que pode ser utilizada na envoltória da edificação ou como revestimento sobre a superfície e cobertura (REFATI, 2020).

Quando se projeta uma edificação, para que essa esteja em equilíbrio com o meio na qual será inserida, é importante entender a influência das variáveis climáticas, o impacto físico da construção e a percepção ou a sensação em relação ao conforto térmico dos usuários que irão usufruir desse meio. Nas fases preliminares do projeto, é importante ter conhecimento dos princípios bioclimáticos como a incidência da radiação solar e vento para buscar de maneira prática o conforto no ambiente interno e externo desta edificação (AMORIM, 1998). É nesse ponto que surgem estratégias para melhorar o desempenho térmico no interior das edificações, e quando falamos dessas estratégias, não podemos esquecer da principal, os jardins verticais.

3.1.4 Jardins Verticais – Histórico no Conceito Arquitetônico

Dentre tantos estudos que compõe o conceito de Jardins Verticais, encontramos o de Nunes (2014), que define o jardim vertical como uma manifestação paisagística em paredes externas e/ou internas das edificações, que são cobertas por vegetação através de técnicas especializadas.

Por mais que a disseminação do conceito e do uso dos jardins verticais sejam algo recente, o uso de vegetação em superfícies verticais possui diversos registros durante toda a história (MENDES, 2017). A data precisa da origem desse

conceito não pode ser datada de maneira afirmativa, tudo o que se sabe, são suposições de que o conceito ganhou força quando as pessoas começaram a se estabelecer como indivíduos em habitações permanentes (SCHERER, 2014).

Entretanto, o jardim vertical na sua forma originária que tem notícia, projetado pelo homem possui registro no século III a.C na região do Mediterrâneo (SHARP et al, 2008). Outra data importante desse conceito e talvez um dos mais famosos, são os jardins suspensos da Babilônia (Figura 2), datado em 600 a.C. e que são considerados por muitos como uma das Sete Maravilhas do Mundo Antigo. Os enormes jardins eram dispostos nos terraços do palácio, com fachadas com aproximadamente vinte metros de altura, e com sistemas auto irrigáveis (PORTAL, 2019).



Figura 2 – Jardins Verticais – Jardins Suspensos da Babilônia

Fonte: ABRA – Academia Brasileira de Arte (2017)

Outro precursor dos Jardins Verticais encontrado na literatura vem da cultura Islandesa com as Turf Houses (Figura 3). De acordo com os estudos feitos por Aragão (2011), a primeiras edificações foram construídas na era viking com o objetivo de proteger o povo contra as condições do inverno rigoroso que aflorava a região. A construção era formada por materiais disponíveis como a terra madeira e pedra. As casas assentadas com madeira em uma base de pedra e preenchida por uma espécie de tijolos que eles possuíam naquela época.



Figura 3 – TurfHouses da Islândia

Fonte: The Ultimate Guide to Turf Houses in Iceland (2011)

De acordo com Pereira (2014), foi na passagem do século XIX para o XX que as primeiras discussões sobre os jardins verticais com enfoque ambiental começaram a aparecer, dando início a debates para o uso dessas técnicas como mecanismo que pode ajudar a amenizar os problemas ligados ao conforto térmico e ambiental para preservação da natureza.

Entretanto, Souza (2012), cita em seus estudos que a técnica de encobrir fachadas de edificações com plantas foi modernizada pelo botânico francês Patrick Blanc (figura 4), que revolucionou e trouxe modernidade no conceito de jardins verticais ao desenvolver um método chamado Mur Végétal, que consiste no desenvolvimento das plantas na própria parede, através de uma solução hidropônica e sem o uso de solo.

Figura 4 – Patrick Blanc, botânico francês



Fonte: DonaEuzebia Plantas (2015)

No mundo atual, essas superfícies verdes estão sendo aplicadas como uma das formas de amenizar os efeitos do clima, absorvendo parte do calor que chega as edificações (em situação de altas temperaturas) ou proporcionando uma proteção em forma de conforto térmico formando uma camada de isolamento em condições de altas e baixas temperaturas (REFATI, 2020).

3.1.4.1 Tipos de Jardins Verticais

Na literatura encontramos dezenas de descrições quando nos referirmos ao termo “Jardins Verticais”. Para Souza (2012), Jardim vertical é um termo descritivo para se referir a formas de vegetalizar de maneira total ou parcial as fachadas de uma construção. Entretanto, para Silva (2007), é um termo que remete a um sistema de anexação de plantas em estruturas de paredes de prédios verdejantes.

O que é possível compreender é que não há uma padronização na nomenclatura utilizada para diferenciar os tipos de fachadas vegetais existentes. Na literatura é possível encontrar inúmeras terminologias, tais como: envoltória vegetada; parede verde, jardim verde; jardim vertical; parede viva; cortina verde; fachadas vegetadas, e outras tantas (REFATI, 2020).

Em seus estudos, Valesan et al (2010) propõe dois tipos de classificação de sistemas de jardim vertical. O sistema autoaderente, na nomenclatura popular pode ser chamado de fachada verde ou cortina verde; e o segundo sistema é o com necessidade de suporte, conhecido com parede viva ou parede verde (Figura 5).

	Fachadas Verdes				Paredes Vivas				
	Plantadas no solo		Plantadas em caixa de Substrato		Sistema: -Hidrópico -Substrato Ligeiro -Muro-Cortina	Tipo Caixa de Substrato "Ecoparede"	Tipo caixa de suporte plástico "Wallgreen"	Tipo painel de alumínio "Fytowall"	Tipo blocos cerâmicos "Green Wall Cerâmico"
	Auto-apego	Independente da parede	1 Nível	2 ou mais níveis					
Ilustração									
Tipo	Directo	Indirecto	Indirecto	Indirecto	Indirecto	Indirecto	Indirecto	Indirecto	Directo
Enraizamento	Solo	Solo	Caixa	Caixa	Bolsas	Caixa	Vasos	Caixas	Caixas
Substrato	Terra	Terra	Terra	Terra	Filtro	Terra	Terra	Aminoplasto	Terra
Sistema de Suporte	Não	Sim	Sim	Sim	Sim	Sim	Sim	Sim	Sim
Tipo de plantas	Escalada	Escalada	Escalada	Escalada	Arbustos	Arbustos	Arbustos	Arbustos	Arbustos
Caixa-de-ar	Ausente	Presente	Presente	Presente	Presente	Presente	Ausente	Presente	Ausente
Alt. máx. da parede	30m	30m	30m	Ilimitado	Ilimitado	Ilimitado	Ilimitado	Ilimitado	Ilimitado
Sistema de rega	Natural	Natural	Por goteje	Por goteje	Por goteje	Por goteje	Por goteje	Por goteje	Por goteje
Manutenção	Poda	Poda	Poda	Poda	Poda e substituição	Poda e substituição	Poda e substituição	Poda e substituição	Poda e substituição
In situ	X	X	X	X	X				X
Pré-fabricado		X	X	X		X	X	X	

Figura 5 – Tipos de jardins verticais e possíveis técnicas a serem adotadas

Fonte: Jardins Verticais (2019)

Resumidamente, Scherer (2014) descreve cortina verde como o uso de plantas trepadeiras, que por meio das suas raízes se alastram pelo suporte que elas foram empregadas ou até na própria alvenaria.

A parede verde, segundo Matheus et al (2016), pode ser definida como uma parede composta de plantas cultivadas em suportes verticais, esses sistemas geralmente estão ligados a uma edificação, podendo ser autoportantes.

Para esse estudo, o termo “Jardim Vertical” será adotado como uma nomeação genérica para todos os tipos de sistemas de fachadas com vegetação, pois de acordo com Costa (2011), o jardim vertical é um mecanismo humano planejado para uma finalidade definida. Scherer (2014) propôs em seu estudo um esquema mais simples com seis técnicas utilizadas na sua classificação (Figura 6).

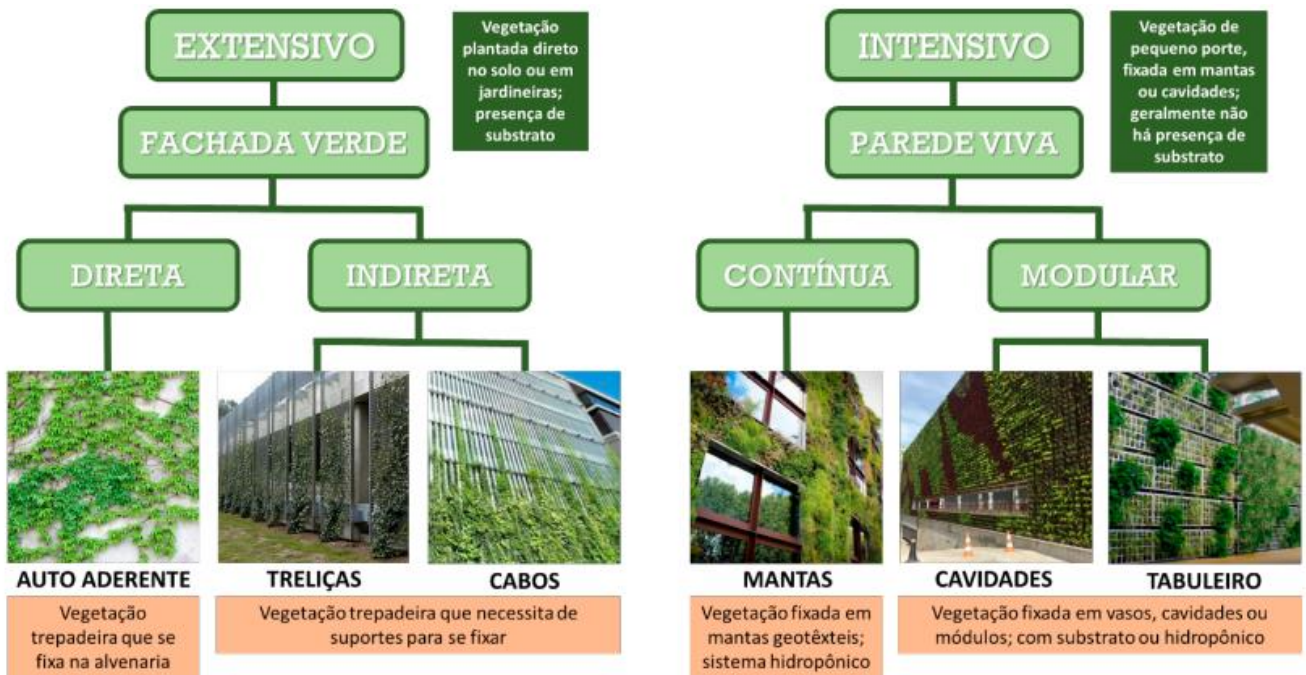
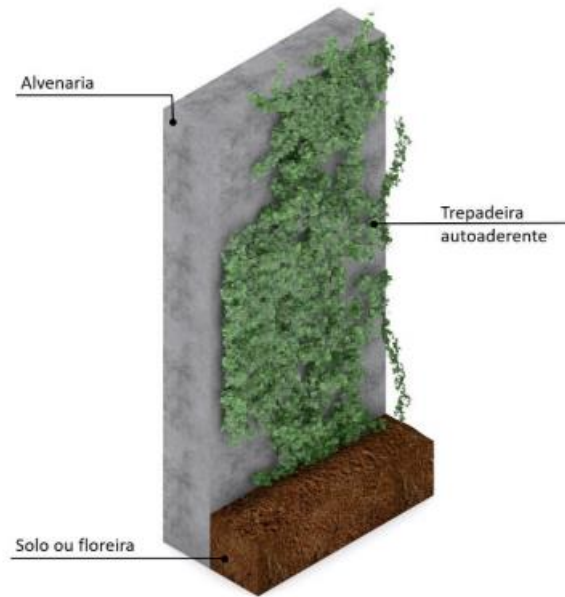


Figura 6 – Esquema geral de classificação e execução dos jardins verticais

Fonte: Revista de Arquitetura IMED (2018)

De acordo com estudo apresentados por Scherer, Alves e Redin (2018), no qual eles explicam sobre os tipos de sistemas, o Extensivo – Fachada verde – Direta (Figura 7) é o mais natural e simples do jardim vertical. Esse sistema consiste na implantação de uma vegetação trepadeira, na qual ela se desenvolve cobrindo a alvenaria. Esta vegetação está fixada no solo e necessita do mínimo possível de nutrição e irrigação para sobreviver. Outro ponto importante é que dependendo da superfície que vai receber esse método, pode ocorrer alguns danos como trincas e rachaduras devido a ação das raízes e da estrutura adotada no método (REFATI, 2020).

Figura 7 – Extensivo - Fachada verde direta



Fonte: Revista de Arquitetura IMED (2018)

No sistema Extensivo - Fachada Verde – Indireta (Figura 8) a vegetação cresce sendo auxiliada por algum suporte que podem ser cabos estirados, telas ou treliças metálicas e são fixados de forma que fiquem afastados das paredes e podem estar em frente às aberturas da construção, tendo uma importante função no controle de luminosidade natural (SCHERER, ALVES e REDIN, 2018).

A forma do plantio pode ser direto no solo ou em floreiras. Dependendo da escolha, é necessário um cuidado maior com a nutrição e irrigação dessa vegetação. Para Reffati (2020), a manutenção com poda é importante para controlar e direcionar o crescimento.

Figura 8 – Extensivo - Fachada verde indireta com treliça e com cabos

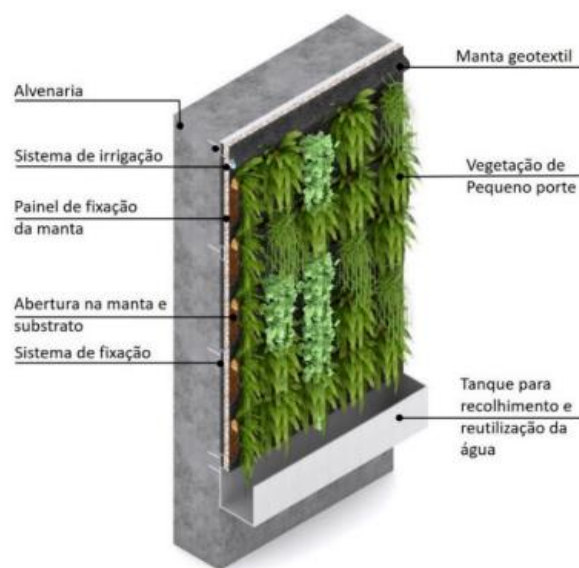


Fonte: Revista de Arquitetura IMED (2018)

Nos sistemas Intensivos, como descreve Mendes (2017), são sistemas que demandam maiores cuidados e custos em sua execução e manutenção, podendo ter dois tipos de classificação: os contínuos e/ou modulares.

Esse sistema é usado principalmente como elementos estéticos nas fachadas ou em ambientes internos, isso porque combinando a espécie e os tons da folhagem e floração, esse sistema pode causar um efeito visual impactante (SCHERER, ALVES e REDIN, 2018).

Figura 9 – Intensivo – Parede Viva Contínua

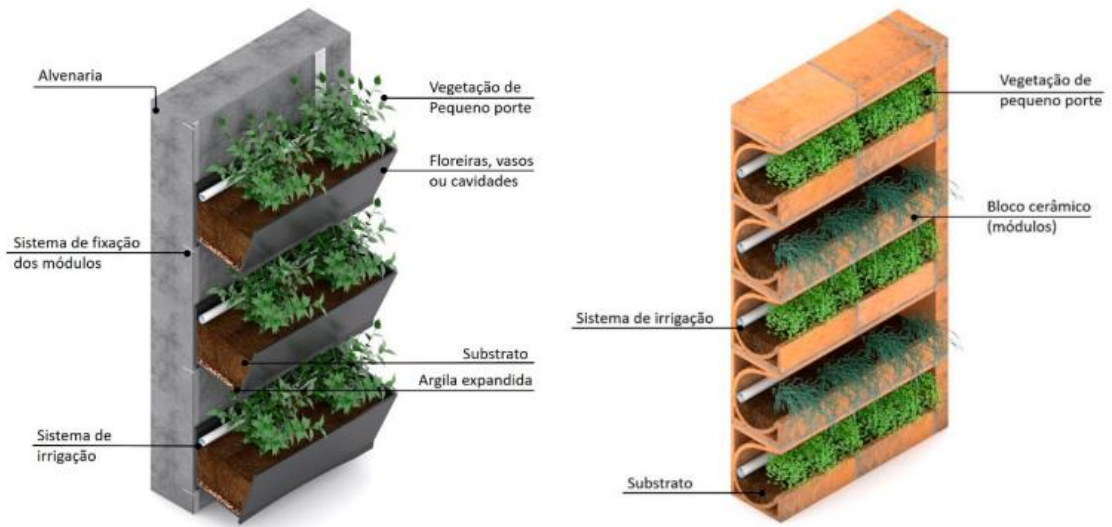


Fonte: Revista de Arquitetura IMED (2018)

O sistema contínuo é composto por uma manta geotêxtil, fixada nas alvenarias com estrutura metálica, no qual a vegetação é inserida em pequenas cavidades e pôr as mudas normalmente serem de pequeno porte, não é necessário grande quantidade de substrato, porém, se faz necessário nutrição e irrigação constante já que esse sistema carece de um sistema hidropônico (MASCARÓ e MARCARÓ, 2005).

O último sistema são os modulares, nesse caso, sempre existirá algum tipo de suporte, podendo ser vasos, floreiras, cavidades ou módulos pré-fabricados (SCHERER, ALVES e REDIN, 2018). A quantidade de substrato pode variar com o tamanho do módulo escolhido, sendo limitado para cavidades menores.

Figura 10 – Intensivo – Parede Verde Modular com vasos plásticos e com blocos de cerâmica



Fonte: Revista de Arquitetura IMED (2018)

3.2 Metodologia

3.2.1 Caracterização da área de estudo

O estudo foi desenvolvido no campus da UTFPR (Figura 11) que possui área de 192 hectares e fica a 25° 42' 15" de latitude sul e 53° 05' 49" de longitude oeste, com elevação de 548 metros (Google Earth, 2021), em Dois Vizinhos-PR. Mais precisamente em três edificações pertencentes ao campus, sendo elas a parede Leste do Bloco J (Biblioteca) e parede Leste do G10, além da parede Oeste do Anfiteatro Douglas Sampaio Henrique.

Figura 11 – Localização do município de Dois Vizinhos e vista do campus da UTFPR



Fonte: Wikimapia (2017); Jornal Beltrão adaptado pelo autor (2021)

A escolha das edificações se deu pela demanda do campus universitário, e de acordo com o número de pessoas que circulam por esses blocos. Sendo que, circulam diariamente em entorno de 2.000 estudantes, mais de 100 servidores e com aproximadamente 200 professores. Outro ponto levado em conta na escolha dos blocos foi pela grande exposição ao sol que essas paredes sofrem durante o verão.

A biblioteca (Figura 12) é um dos pontos mais frequentados pelos estudantes no dia a dia, ocupando uma área de 539,25 m² e de apenas um pavimento térreo. A construção segue uma arquitetura com dois estilos: o moderno com materiais em aço e com grandes janelas de vidro; e o rústico com paredes com acabamento em pedra.

Figura 12 – Bloco J, Biblioteca – Parede Leste



Fonte: Autor (2021)

O bloco G10 (Figura 13) é o último bloco construído no campus Dois Vizinhos. Ocupando uma área de 1.037,70 m² possui quatro pavimentos com salas de reuniões, laboratórios, miniauditórios e sala de professores. A edificação é em alvenaria com uma pequena parte externa central revestida de azulejo.

O último bloco selecionado é o anfiteatro Douglas Sampaio Henrique (Figura 13), localizado na entrada da universidade. Com uma área de ocupação de 625,80 m², o anfiteatro possui onze fileiras de 15,41 metros de extensão com assentos para o público que ocupa esse ambiente sazonalmente, em eventos acadêmicos, palestras e cinema.



Figura 13 – Bloco G10 parede Leste e Anfiteatro Douglas Sampaio Henrique parede Oeste

Fonte: Autor (2021)

3.2.2 Características Climáticas de Dois Vizinhos

Com dados obtidos no WeatherSpark (2022), em Dois Vizinhos, nota-se que o verão é longo, morno e abafado, já o inverno é demasiado curto e ameno. Durante praticamente todo o ano possui precipitação e o céu é parcialmente encoberto por nuvens. No geral, durante o ano a temperatura varia de 10 °C a 29 °C e raramente é inferior a 3 °C ou superior a 33 °C. Em relação a classificação segundo a NBR 15220 (2005), a região de Dois Vizinhos encontra-se localizado na Zona Bioclimática 2. As edificações nesta zona devem possuir aberturas e ventilação cruzadas no verão, já no inverno devem receber aquecimento solar e possuir vedações internas.

3.2.3 Incidência Solar

Em Dois vizinhos o período mais radiante do ano pode durar de três a quatro meses, sendo entre outubro e fevereiro, com média diária de energia de ondas curtas incidente por metro quadrado podendo chegar a 6,4 kWh. Em 2022, a duração do dia no município variou bastante ao longo do ano, de acordo com dados climáticos da plataforma Projeteo o dia mais curto foi 17 de junho, com 10 horas e

35 minutos de luz solar e, de acordo com previsões, o dia mais longo será 19 de dezembro, com 13 horas e 51 minutos de luz solar (Projetee, 2022).

Analisando os dados obtidos por meio da estação meteorológica do campus de Dois Vizinhos cedido pelo Gebiomet (Grupo de Estudos em Biometeorologia) da UTFPR- campus Dois Vizinhos e do Instituto Nacional de Meteorologia do Ministério da Agricultura, Pecuária e Abastecimento, os meses com maior média de incidência solar, e conseqüentemente os mais quentes e que registraram aumento na temperatura das superfícies estudadas foram os meses de fevereiro e março, ficando acima dos 25 graus. Em contrapartida, os meses com registro de menor temperatura foram maio e junho, registrando médias abaixo dos 14 graus como mostrado no gráfico 1.

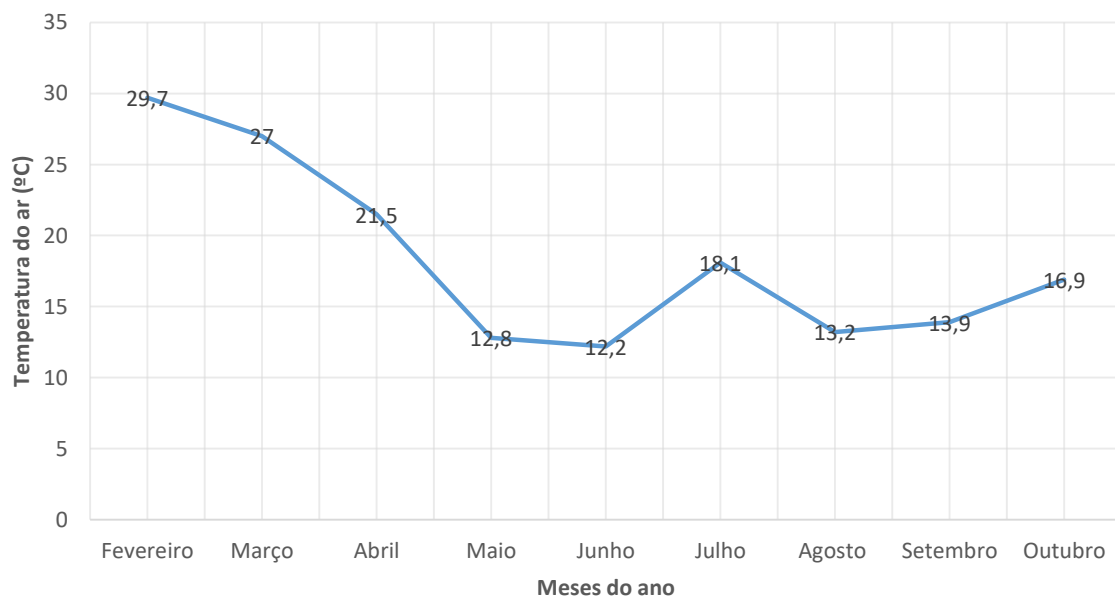


Gráfico 1 – Registro dos meses com maior e menor temperatura no ano de 2022

Fonte: Adaptado de Gbiomet, e INEMet (2022)

Com essas informações é possível entender como o clima se comportou nesse período de desenvolvimento do projeto, analisando a temperatura do ar nessas localidades dos blocos para a escolha das melhores espécies quanto a cobertura nas paredes no verão e a abertura nos períodos de baixas temperaturas.

3.2.4 Metodologia Específica

Para a coleta dos dados das temperaturas de superfície das paredes foi usado um termômetro de superfície (Figura 14) da marca KLX, modelo Industrial com limite de precisão de 2 °C para aferições de -50 a 0 °C e 1,5 °C para aferições de 0 a 400 °C para medir a temperatura das paredes selecionadas para o desenvolvimento do trabalho.

Figura 14 – Termômetro de Superfície



Fonte: Tecnoferramentas, 2022

Para todas as aferições foram adotados métodos pré-definidos a modo de facilitar e criar um padrão para as três paredes. No ponto de medição foi estabelecida distância de sete passos, aproximadamente sete metros do alvo e posicionado o equipamento na altura do peito com o braço perpendicular ao chão (Figura 15), a fim de facilitar a medição de todos os níveis da parede sem sair do ponto inicial da base (o manuseador do equipamento).

Figura 15 – Exemplo da posição do equipamento com o braço perpendicular ao chão



Fonte: Autor, 2022

3.2.4.1 Monitoramento do comportamento térmico das paredes

Para o levantamento de incidência solar nas edificações foram coletadas amostras de temperaturas por nove meses seguidos (de janeiro até outubro), um final de semana (sábado e domingo) a cada quinze dias, distribuídos em 33 dias e 16 finais de semana. Com esse método foi possível coletar pelo menos uma medição em todas as estações do ano.

As coletas foram realizadas em cinco horários diferentes distribuídas ao longo do dia, com intervalo de 3 em 3 horas de uma medição para a outra (9:00, 12:00, 15:00, 18:00 e 21:00h). A escolha dessa metodologia se mostrou a melhor para que fosse possível ter análises mais precisas de como a temperatura funcionaria nessas edificações ao longo do dia, visto que o intervalo entre uma medição e outra era suficiente para que houvesse mudança significativa na temperatura da superfície das paredes.

Para melhor precisão e coleta de dados para o resultado a aferição foi feita em três pontos diferentes de cada parede selecionada, realizada na parte direita, central e esquerda da edificação, sendo três pontos para cada lado, no qual seriam a parte superior, central e inferior. No anfiteatro, a parede oeste foi dividida em nove pontos, em faixas superiores, centrais e inferiores, como mostrado na figura 16. Nesse ponto, toda a estrutura era de alvenaria e sem nenhuma abertura.

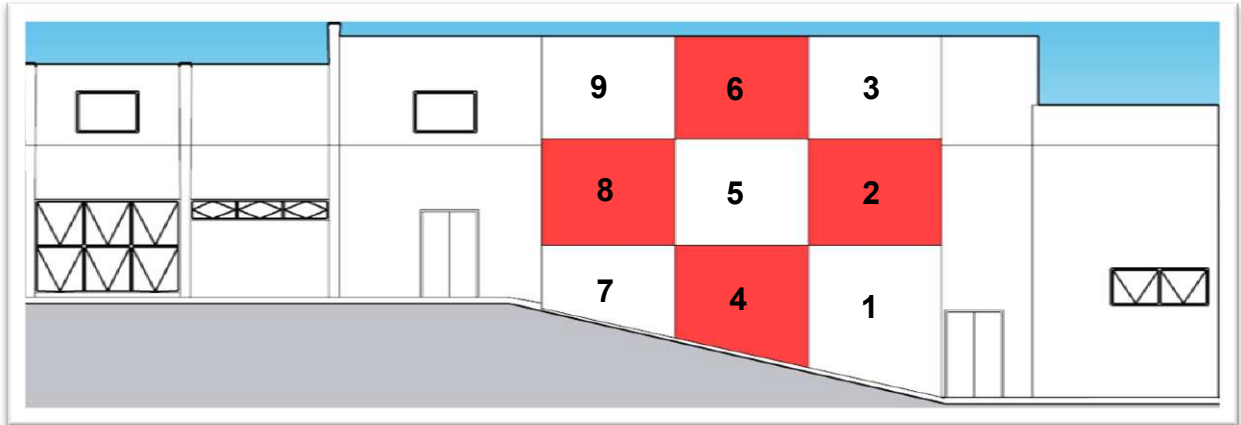
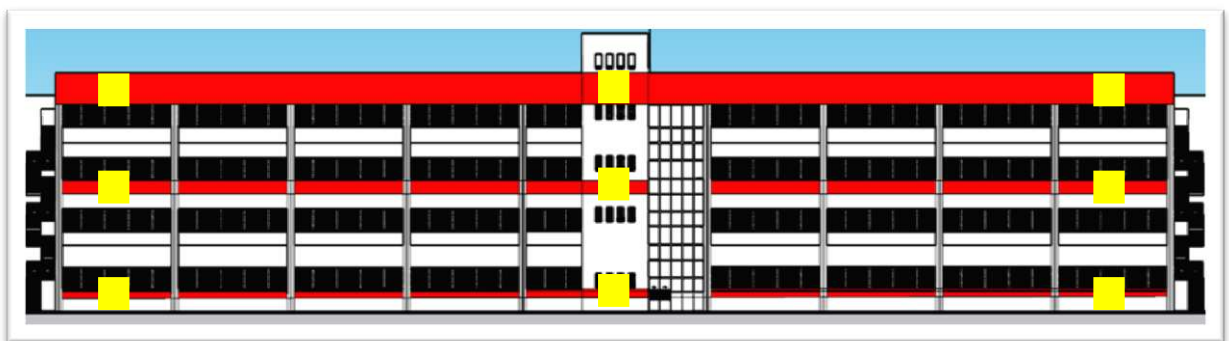


Figura 16 – Numeração para exemplificar como foi feita as medições no anfiteatro, parede oeste

Fonte: Autor, 2022

No G10, a parede leste foi dividida em nove pontos, em faixas superiores, centrais e inferiores (Figura17). Toda a extensão no bloco possui aberturas de janelas e telas de aço a frente. Para melhor precisão dos dados, foram selecionadas na parte direita e esquerda do bloco as vigas mais a frente que sustentam as janelas, isso deu por ser uma superfície mais elevada e a frente das demais, sem interferência de sombras e que, conseqüentemente, o sol atuava de maneira mais intensa, tanto na parte inferior como superior. Na faixa central o ponto aferido foi a parede vazia do bloco, sem nenhuma elevação. Na medição central do bloco, a alvenaria é composta por azulejos por toda a extensão vertical, o que pode acarretar o aumento ou diminuição da temperatura quando comparado as outras partes, isso se dá pelo tipo de material.

Figura 17 – Marcação em amarelo dos pontos para a coleta das medições no G10, parede leste



Fonte: Autor, 2022

Na parede leste da biblioteca (Figura 18), atentou-se para não registrar locais com vidro, tendo em vista que grande parte do bloco possui aberturas com janelas

de vidro. Os pontos selecionados para melhor divisão do bloco foram nas vigas de sustentação (as faixas verticais em vermelho). A viga da direita e central da divisão ficam atrás da estrutura metálica do bloco e ao lado das janelas de vidros, o que pode causar diferença nas temperaturas aferidas.

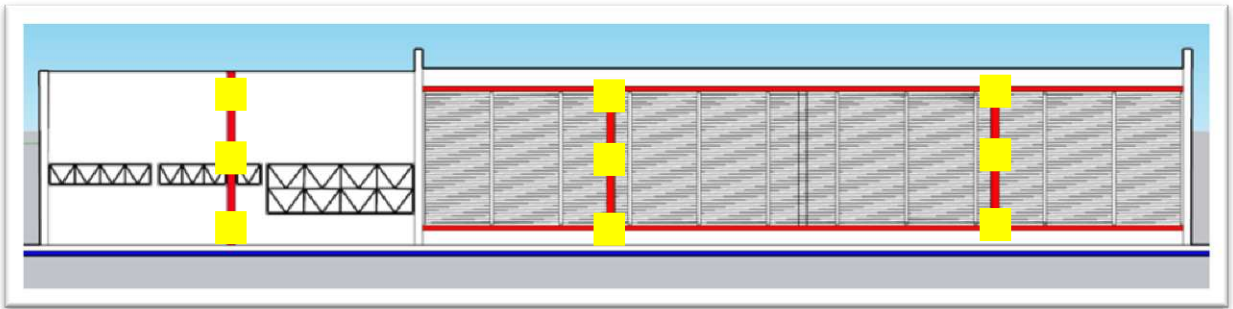


Figura 18 - Distribuição das medições na biblioteca, parede leste

Fonte: Autor, 2022

Todos os registros das temperaturas coletadas foram tabulados em planilha previamente construídos para coleta de dados e posteriormente processados em planilha eletrônica do Software Excel Microsoft.

3.2.4.2 Seleção de critérios dos protocolos para a seleção das espécies empregadas nas estruturas

A escolha da(s) espécie(s) para o jardim vertical se deu baseado no método de Reffati (2020), seguindo algumas etapas conforme a figura 19. Todo o processo para a escolha ideal do jardim vertical passou por esse fluxograma de critérios, criando um protocolo para a melhor escolha.

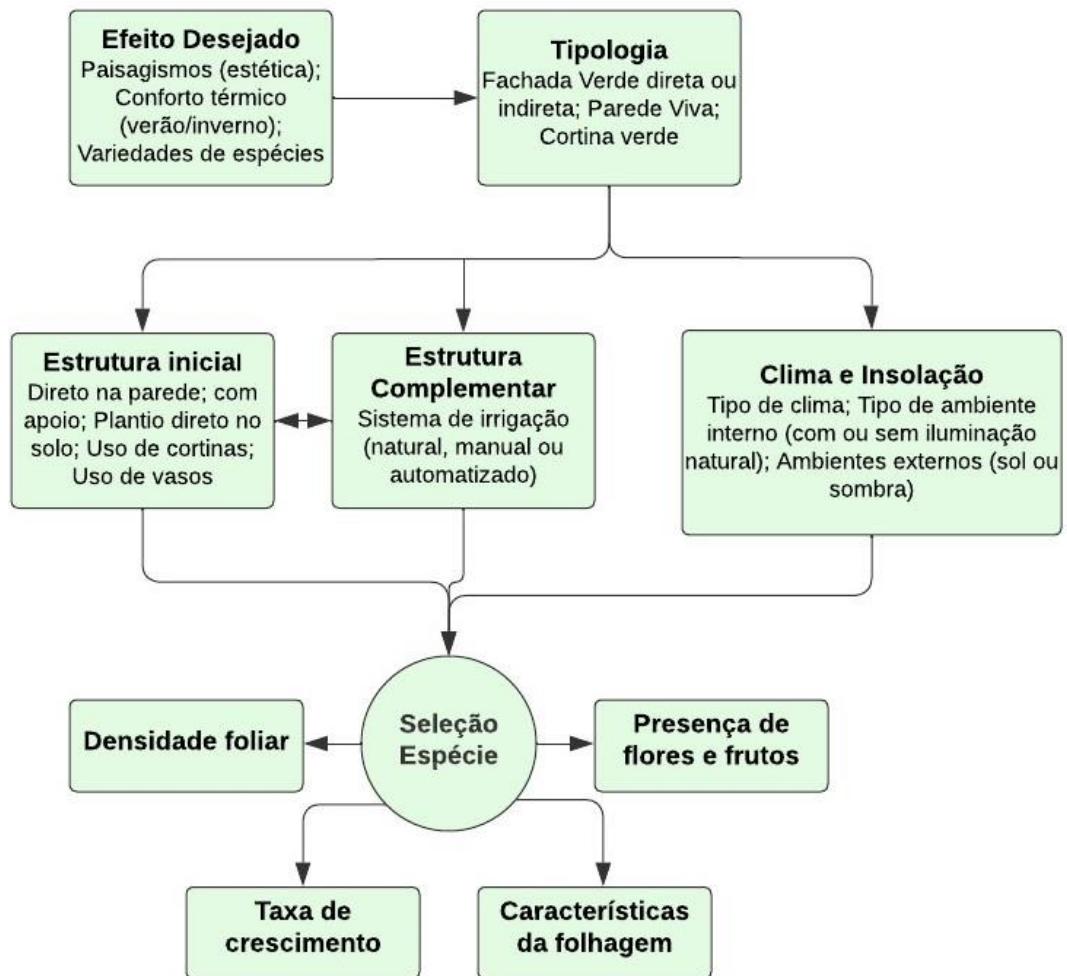


Figura 19 – Fluxograma do processo

Fonte: Autor (2022)

Para se ter o efeito desejado em relação ao paisagismo, a parede leste do bloco G10 teve como foco a melhoria do conforto térmico do prédio, dessa forma, havendo economia na aplicação do projeto por não ter interesse estético. A parede leste da biblioteca e a parede oeste do anfiteatro são áreas que possuem grande número de pessoas transitando, por isso, a parte paisagista integrando o conforto térmico em todas as estações foi levado em conta. Pensando nisso, na parede oeste do anfiteatro foram usadas quatro espécies.

Para a escolha da melhor espécie foi levado em consideração o passo a passo do fluxograma apresentado na figura 19, e toda a análise dos dados coletados durante os nove meses de trabalho. As temperaturas de superfícies foram importantes para entender como cada parede se comportava em diferentes estações do ano, sendo crucial para a escolha das espécies.

Para complementar, foi utilizado o manual de base da empresa VERTIGARDEN, o qual possui escopo interativo e segmentado em espécies de sol pleno, espécies de meia sombra e espécies de sombra. Além da pesquisa na literatura foi realizada uma pesquisa de campo junto a empresas que trabalham com esse tipo de metodologia. Essa aproximação com o mercado permitiu feedback quanto ao entendimento de como as espécies se adaptam ao clima, tanto no clima mais quente quanto no mais frio.

3.2.4.3 Construção das proposições de jardins verticais para as edificações

A aquisição das plantas baixas ocorreu meio do DEPRO (Departamento de Projetos e Obras), que disponibilizou todas as pranchas dos referidos blocos para que pudessem ser lançadas no Sketchup 3D versão 2020. A escolha desse software se deu pela facilidade de manuseio para representar as plantas em uma perspectiva 3D. Com o uso do Sketchup foi possível redimensionar em perspectiva gráfica os blocos trabalhados.

Na etapa seguinte, dentro do Sketchup 3D com a extensão conhecida como V-Ray®, um software de renderização 3D que combina renderização real-time e foto-realista (CHAOS GROUP, 2021), conseguimos transformar uma maquete 3D em uma foto quase real para que fosse possível representar o mais próximo da realidade as paredes com a possível implantação dessas fachadas verdes.

4 RESULTADO E DISCUSSÃO

No fim do período de nove meses foram coletadas 4.455 medições de temperaturas das superfícies das paredes representando as três edificações, 1.485 aferições por bloco. Com essas informações foi possível entender o comportamento térmico das paredes ao longo do ano, e com isso iniciar os procedimentos projetuais e de implantação das proposições de jardins verticais para as edificações estudadas.

4.1 Comportamento térmico das paredes ao longo do ano

Com os dados obtidos em diferentes horários do dia, as informações foram compiladas em gráficos para melhor entendimento de como a temperatura se comportou nesse período, como mostrado na figura 20.

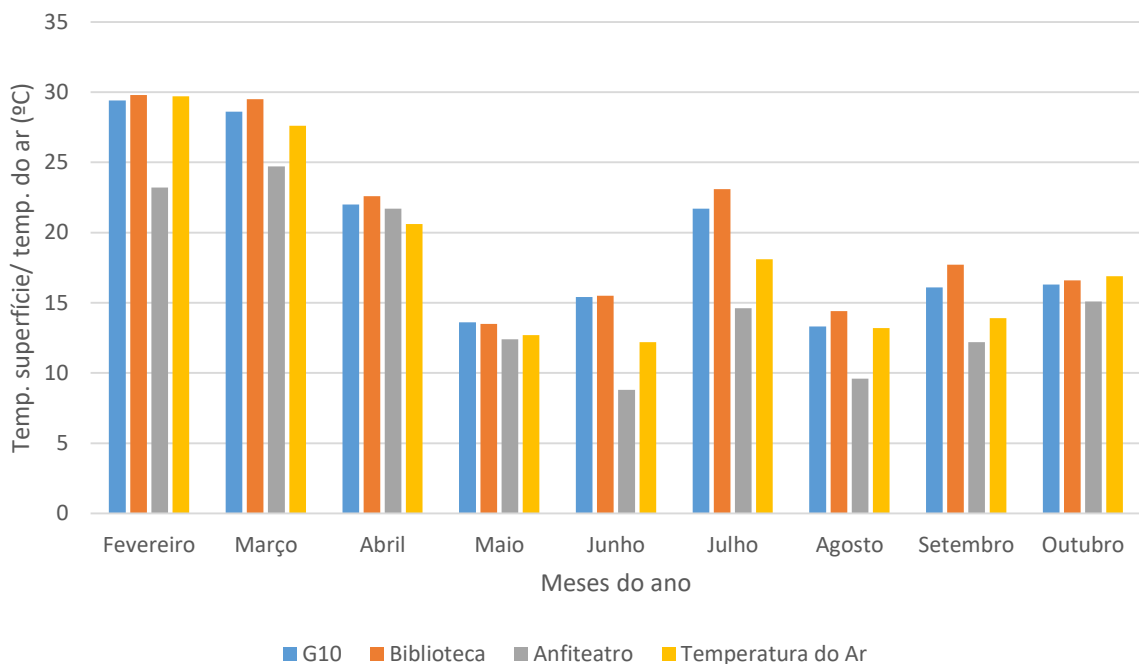


Figura 20 – Média mensal das temperaturas de superfície de cada bloco

Fonte – Autor, 2022

No gráfico foram contabilizadas as médias da temperatura das paredes por mês. É possível perceber que o bloco G10 teve maior média de temperatura no mês de fevereiro, final do verão, chegando a 29,4 graus e a menor média de temperatura registrada no mês de agosto, final do inverno, com 13,3 graus.

O mesmo acontece no bloco da biblioteca que registrou a maior temperatura no mês de fevereiro, com 29,8 graus, porém a menor média de temperatura foi registrada no mês de maio, com 13,5 graus, provavelmente pela transição da estação de outono para o inverno. O bloco do anfiteatro registrou a maior média no mês de março, com 24,7 graus e a menor média de temperatura no mês de junho com 8,8 graus.

Com os dados obtidos é possível perceber que a parede leste da biblioteca sofre mais com a incidência solar em relação as outras estudadas em todo o ano. Analisando o estudo de campo, chegou-se à conclusão de que isso acontece pela localização do bloco no campus, que está presente em uma área com poucas árvores e com muita incidência solar em grande parte do dia, e pelo surgimento do G10, por ser um pavimento de muitos andares que acabou criando um bloqueio quanto a circulação do ar nessa edificação, resultando em pouca circulação de ar nessa parede da biblioteca. Outro ponto é o grande número de janelas que o bloco possui e a existência de chapas metálicas gradeadas a frente dessas aberturas, e por ser um material com características de retenção de calor, o que acaba gerando um desconforto térmico tanto no verão como no inverno.

De acordo com Lima e Leder (2021), salas termicamente desconfortáveis prejudicam o desenvolvimento cognitivo e a produção na sala de aula. Além disso, um estudo feito por Paulo Oliveira e apresentado pelo blog WebArCondicionado (2017), mostra que a temperatura ideal para as salas com grande circulação de pessoas depende da estação do ano. No inverno deve estar entre os 22 e os 24 graus, enquanto no verão o ideal é ficar por volta dos 18 graus. Segundo os estudos, acima dos 28 °C o raciocínio começa a sofrer interferência das demandas do corpo.

O bloco da biblioteca possui grande circulação de pessoas durante o dia e a noite, na UTFPR-DV, entre 9:00 e 21:30, e com essa incidência solar e o aumento da temperatura na edificação, pessoas que precisam fazer uso da biblioteca nesses períodos mais quentes podem diminuir sua produtividade.

Ainda sobre o gráfico, é preciso explicar as baixas temperaturas do anfiteatro em relação aos demais blocos. A parede oeste estudada possui pouca incidência solar durante boa parte do dia por conta de sua localização. Quando isso acontece, mais ou menos as 14 horas, o sol está em declínio, não sendo suficiente para maior

elevação de temperatura na superfície estudada. O local é usado sazonalmente, ou seja, em momentos específicos como eventos universitários, palestras e cinema.

Como mostrado na figura 21, o horário com maior incidência do sol causando aumento da temperatura externa da parede leste do G10 foram as 15 horas com 26,7 graus devido a posição que o prédio se encontra em relação ao sol, e a menor as 21 horas com 18,2 graus, por se tratar do período da noite e a consequente perda de calor dessa superfície. O mesmo aconteceu com a parede leste da biblioteca, a maior média de temperatura aconteceu as 15 horas com 27,7 graus e a menor as 21 horas com 18,8 graus. Na parede oeste do anfiteatro a maior média de temperatura também foram as 15 horas com 20,6 graus e a menor as 9 horas com média de 15,5 graus, devido a posição da parede estudada se localizar contrária ao nascimento do sol.

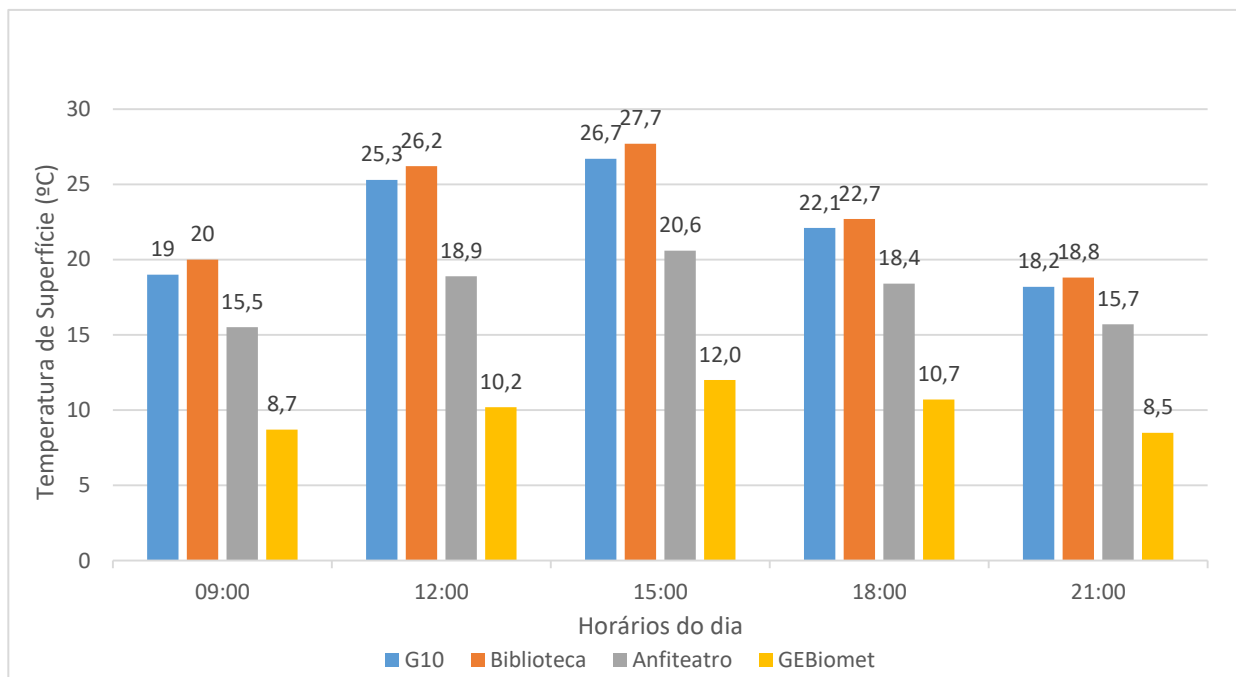


Figura 21 – Média das paredes por horário durante os nove meses

Fonte – Autor, 2022

4.2 Procedimentos projetuais e de implantação das proposições de jardins verticais para as edificações estudadas

Analisando os dados de custos e implementação, além do efeito desejado e o local a ser implantado, optou-se por métodos diferentes de acordo com a parede do bloco escolhida.

4.2.1 Parede Leste do Bloco G10

Para a parede do lado leste do G10 foi usado o método Extensivo com Fachada Verde indireta com cabos de aço galvanizado (Figura 22) de modo que fique inclinado e longe da parede, por existir grande quantidade de janelas na edificação. Esses cabos foram projetados para ficar encaixados em ganchos metálicos fixados ao longo da viga do último andar, já na parte inferior, os cabos foram chumbados ao longo de toda a extensão do chão.

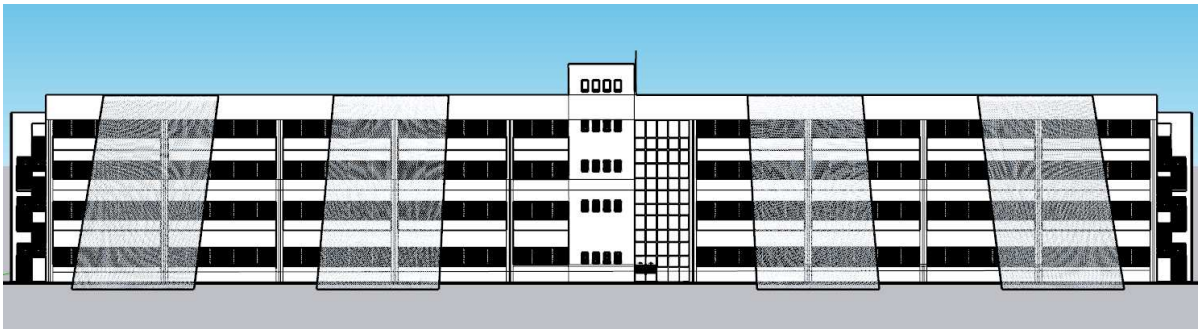


Figura 22 – Demonstrativo da faixa de 10mx17m com a disposição do cabo de aço

Fonte: Autor (2022)

A parede leste do bloco G10, na qual foi desenvolvida o projeto, possui 16,23 metros de altura por 96,52 metros de comprimento. Ao todo foram utilizados 80 cabos de 17 metros (espessura 3/18) distribuídos em 4 faixas de 10 metros. Em cada faixa foram alocados 20 cabos com espaçamento de 50 centímetros. Dessa forma, a fachada verde assumiu uma disposição inclinada com angulação aproximada de 60° com relação ao plano horizontal, sendo a distância da base da tela para a parte inferior da parede de 5 metros.

Para tentar atingir o fechamento da cortina com maior rapidez e analisando o histórico de crescimento das espécies escolhidas (apresentadas no quadro 1), foi utilizada uma muda para cada cabo de aço (Figura 23), tendo um espaçamento de 50 cm entre elas. O local onde as mudas terão de ser plantadas deve ser previamente preparado, no qual cada muda deve ser disposta em uma cova individual no solo com tamanho aproximado de 40cm de profundidade e com dimensões de 30x30cm (REFATI, 2020). Com esse método será utilizado um total de 80 mudas e conseqüentemente 80 covas. A irrigação no G10 será por meio da mangueira de gotejamento com um bico gotejador em cada muda ligado a uma torneira.

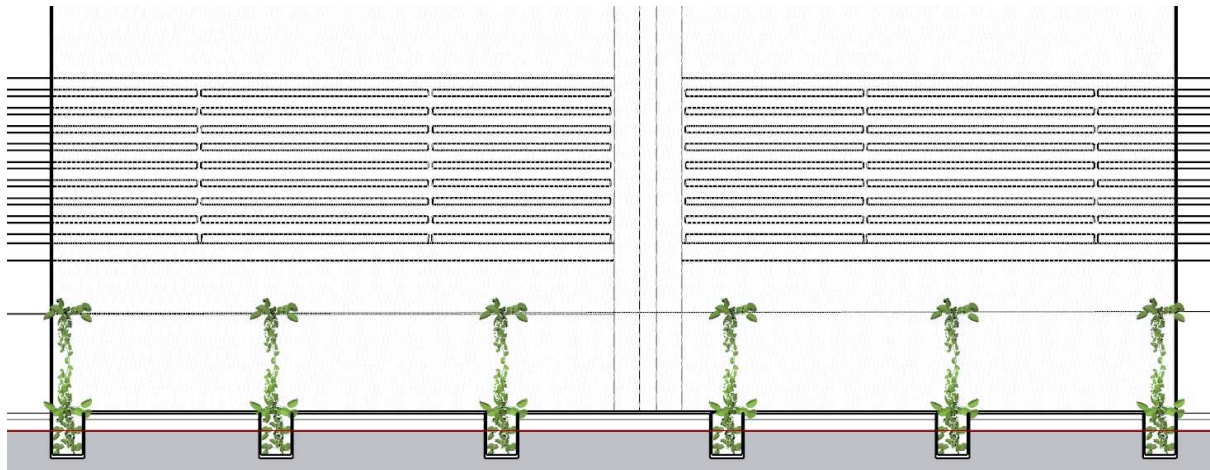


Figura 23 – Corte da vista frontal das covas e parede verde

Fonte: Autor (2022)

Seguindo o protocolo de escolha da melhor espécie, para esse tipo de fachada verde indireta foram escolhidas duas espécies, a *Thunbergia grandiflora*, ou como é conhecida, Tumbergia-azul e a *Jasminum azoricum*, de nome popular Jasmim-dos-açores, ambas apresentam crescimento volúvel, ou seja, crescem seguindo um apoio, seja enrolando em uma estrutura ou usando outras plantas como suporte, além disso apresentam caule alongado e flexível (Quadro 1).

Quadro 1 – Características das espécies escolhidas para compor o protocolo

Espécie	Nome Popular	Taxa de crescimento			Característica da Folhagem			Densidade Foliar		Presença de Flores	Clima
		Rápida	Moderada	Lenta	Pequena	Média	Grande	M. Ramificada	Ramificada		
<i>Thunbergia grandiflora</i>	Tumbergia-azul	X				X			X	X	Tropical e Subtropical
<i>Jasminum azoricum</i>	Jasmim-dos-açores		X				X	X		X	Resistente a geadas

Fonte: Autor (2022)

Além das características listadas no Quadro 1 outro motivo para a escolha dessas espécies, a fim de entender a aplicação da intercalação entre as duas espécies no G10, é que no estudo de Coma (2017) é dito que as espécies perenes (*Thunbergia grandiflora*) podem apresentar desvantagens em condições de baixas

temperaturas devido ao sombreamento que reduz a incidência de luz solar, podendo contribuir negativamente para a temperatura interna dessas edificações. Por esse fator a segunda espécie escolhida, de acordo com estudos de mercado, possui a perda quase que completa da sua estrutura foliar nos períodos de baixa temperatura, portanto, essa intercalação não deixará que no período de inverno as paredes sejam sombreadas por completo, ou seja, com a variação nos cabos de aço entre uma espécie e outra, será possível manter a cobertura total nos períodos mais quentes e nos períodos de baixa a espécie perene (*Thunbergia grandiflora*) se mantém enquanto a outra escolhida (*Jasminum azoricum*) perde totalmente as suas folhas. Abaixo, na figura 24 é possível entender como essas espécies se comportam.



Figura 24 – Exemplo da disposição de Jasmim-dos-açores e Tumbergia-azul

Fonte: Willemse France (2018) e Guia das Suculentas (2015)

Com a aplicação do método Extensivo com Fachada Verde indireta com cabos de aço, foi realizada uma projeção 3D para que pudesse facilitar a visualização de como ficará o projeto após sua aplicação (Figura 25).



Figura 25 – Método Extensivo com Fachada Verde indireta – Projeto G10

Fonte: Autor (2022)

Para implantação da fachada verde na parede leste do bloco G10 seriam utilizados 1360 metros de cabo de aço, 40 mudas de cada espécie selecionada, 80 metros de mangueira de irrigação e um bico gotejador para cada muda plantada como descrito na tabela 1, totalizando um custo de R\$ 13.654,80.

Tabela 1 – Lista de orçamento para o bloco G10

MATERIAL DE CONSUMO	QUANT. (unidade)	VALOR	
		UNITÁRIO (R\$)	TOTAL (R\$)
ITENS DE CUSTEIO			
Cabo de aço galvanizado	1360 (m)	499,00 (100m)	6.986,00
Mão de obra Instalação	4	300,00 (d/h)	2.400,00*
Tumbergia-azul	40	37,24	1.489,60
Jasmim-dos-açores	40	29,90	1.196,00
Mangueira Irrigação Gotej.	80 (m)	1,43	114,40
Bico Gotejador	80	0,86	68,80
Poda inicial	6	100 ,00	600,00
Poda anual	4	200,00	800,00**
VALOR TOTAL DO PROJETO (R\$)			13.654,80

* Dois dias de trabalho ** Podas anuais

Fonte: Autor (2022)

4.2.2 Parede Leste do Bloco J - Biblioteca

A parede leste da biblioteca, onde está sendo proposto o projeto, possui 35,95 metros de comprimento por 5,40 metros de altura e foi utilizado o método Extensivo com Fachada Verde indireta (Figura 26). Nessa parede foi utilizada uma treliça metálica formando uma malha de sustentação de 20 metros de comprimento, abrangendo quase toda a extensão do bloco, com altura de 7,60 metros e distância da base da edificação até a base da tela de 4 metros, tendo um ângulo de inclinação de 45°.

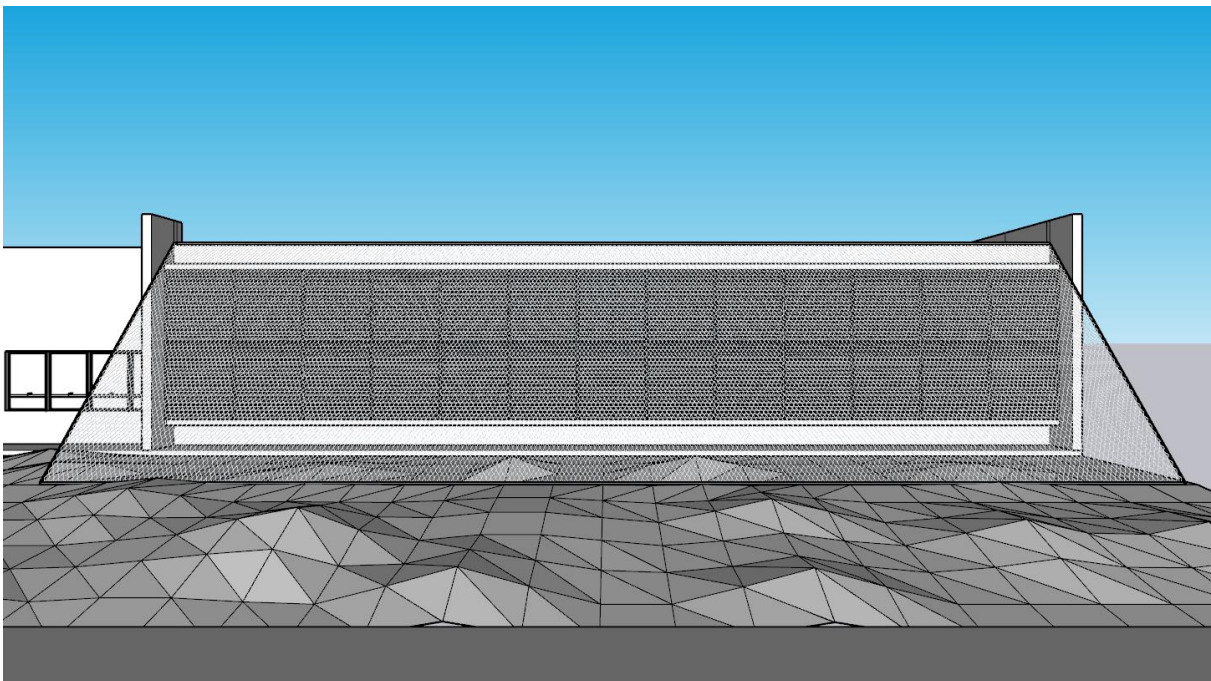


Figura 26 – Demonstrativo da manta metálica em corte frontal na parede oeste da Biblioteca

Fonte: Autor (2022)

Nesse caso, para tentar atingir o fechamento da cortina, foi utilizada no projeto uma muda para cada faixa horizontal de dois metros de extensão da treliça de aço. O local onde as mudas terão de ser plantadas deve seguir o mesmo procedimento do bloco anterior. Com esse método, foi utilizado um total de 10 mudas e, conseqüentemente, 10 covas. A irrigação nesse método será por mangueira de gotejamento com um bico gotejador em cada muda.

Por se tratar também do método Extensivo com Fachada Verde indireta, mesmo sendo com outra técnica, no caso usando mantas metálicas, as espécies

utilizadas foram as mesmas do bloco G10. Na figura 27 foi realizado uma projeção 3D para facilitar a visualização de como ficará esse projeto após a sua aplicação.



Figura 27 – Método Extensivo com Fachada Verde indireta – Parede Leste do Bloco J - Biblioteca

Fonte: Autor (2022)

Para ambos os blocos a poda deve ser feita uma vez por mês nos primeiros seis meses de instalação, isso se dá para que o direcionamento das espécies seja controlado e monitorado. Após isso, realizar quatro podas anuais, duas por semestre, de preferência a cada três meses.

Nesta parede foram usados 140 metros de treliça metálica, 5 mudas de cada espécie selecionada e 40 metros de mangueira de irrigação e um bico gotejador para cada muda plantada como descrito na tabela 2, totalizando um custo de implantação de R\$ 10.973,50.

Tabela 2 – Lista de orçamento para o bloco da biblioteca

MATERIAL DE CONSUMO	QUANT. (unidade)	VALOR	
		UNITÁRIO (R\$)	TOTAL (R\$)
ITENS DE CUSTEIO			
Treliça metálica - 1mx1m	140	59,80	8.372,00
Mão de obra	2	300,00 (d/h)	600,00*
Tumbergia-azul	5	37,24	186,20
Jasmim-dos-açores	5	29,90	149,50
Mangueira Irrigação Gotej.	40 (m)	1,43	57,20
Bico Gotejador	10	0,86	8,60

Poda inicial	6	100 ,00	600,00
Poda anual	4	200,00	800,00**
VALOR TOTAL DO PROJETO (R\$)			10.973,50

* Um dia de trabalho ** Podas anuais

Fonte: Autor (2022)

4.2.3 Parede Oeste Anfiteatro Douglas Sampaio Henrique

Para a parede oeste do anfiteatro, por não ter nenhuma abertura e ser a fachada da universidade e a área com maior fluxo de pessoas, foi escolhido o método Intensivo com Parede Viva Contínua, com auxílio de painéis hidropônicos modulares.

Esse sistema foi desenvolvido pela empresa VertiGarden e é composto por dois modelos, o sistema Home Light (Figura 28) e Sistema Corporativo. O primeiro sistema é voltado para projetos de menor escala, ideal para projetos residenciais e pequenos comércios, possui irrigação simples e automatizada e não necessita de casa de máquinas. O segundo sistema é voltado para projetos de maior escala, a maioria sendo projetos para empresas, condomínios, shoppings, entre outros, sua irrigação é mais complexa e totalmente automatizada, necessitando de casa de máquinas. Por esses motivos citados, visando custo-benefício e por ser a aplicação em uma única parede, o sistema escolhido foi o Home Light.

Figura 28 – Painel Hidropônico Modular (Sistema Home Light)



Fonte: Vertigarden (2020)

O sistema Home Light é composto basicamente por três grupos: hidropônico; fixação e; automação. O primeiro sistema hidropônico é feito com feltro 100% em poliéster, inorgânico, atóxico e imputrescível, pesa cerca de 9kg/m², possui proteção Anti UV e permite maior enraizamento das plantas. O sistema de fixação afasta o jardim da parede, não precisando impermeabilizá-la, o material é leve e em alumínio e não causa danos a parede. O sistema de automação é 100% automatizado, possuindo controlador, injetor de fertilizante, mangueira de exsudação e conexões.

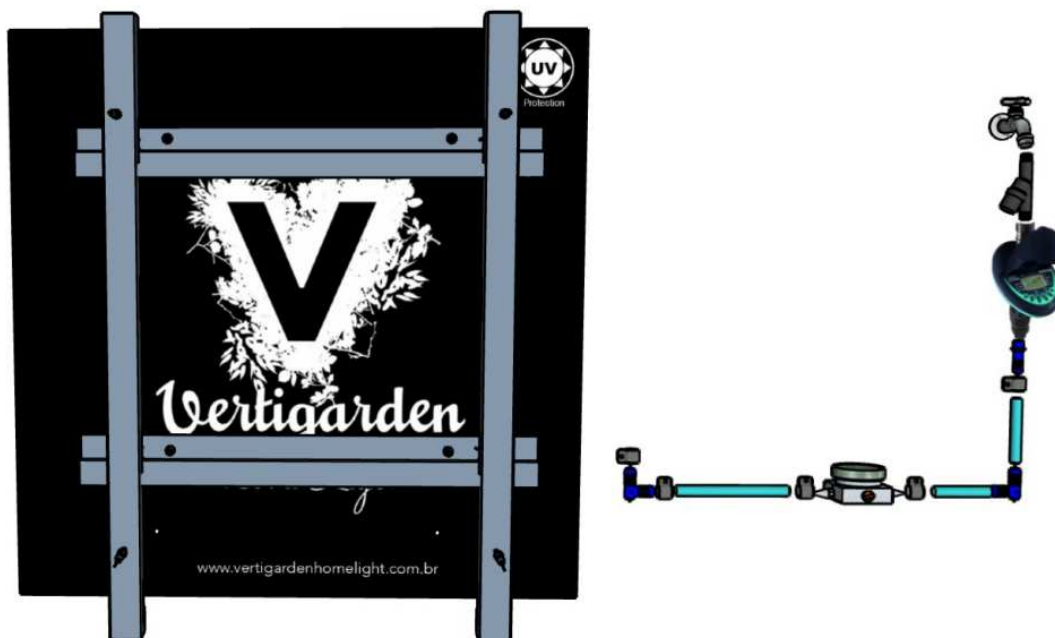


Figura 29 – Sistema VertiGarden método Home Light

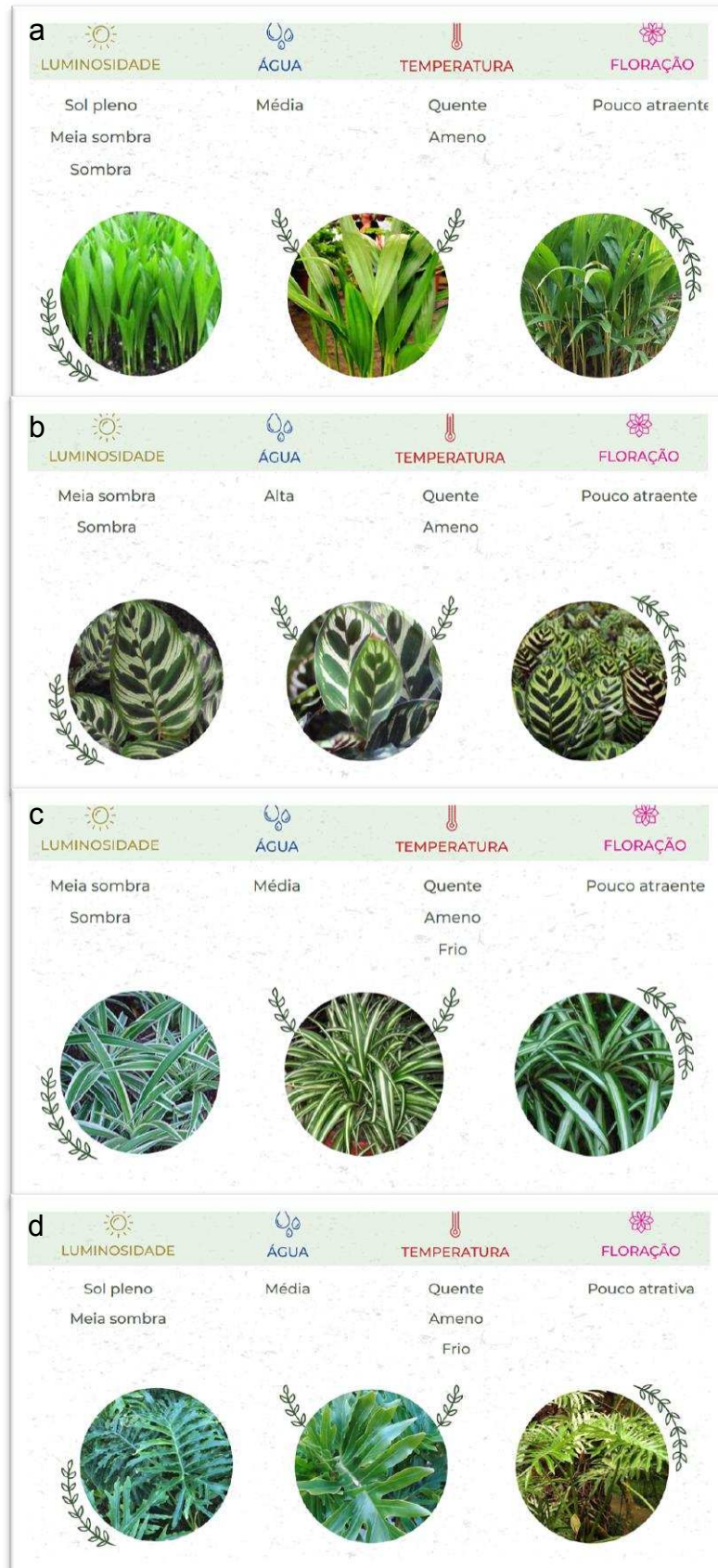
Fonte: Vertigarden (2021)

O painel hidropônico é modular, com placas de 1mx1m, e com capacidade para 20 mudas, sendo assim, na parede em que o sistema será utilizado serão necessários 19 painéis com 11 barras de fixação distribuídas em 76,77 m², totalizando 380 mudas. Como descrito, a irrigação será semi-automatizada, com tubulações por trás das mantas de ancoragem acopladas a uma torneira. Para esse método, será necessária manutenção mensal para manter a estética do paisagismo sempre em perfeitas condições.

Para a parede oeste do anfiteatro a opção de escolha se baseou em espécies com paisagismo mais atrativo e pouca floração, visando a baixa manutenção. Outro

ponto foi a mescla entre espécies que toleram baixa luminosidade em determinado horário do dia e espécies que toleram meia sombra na outra metade do dia, como é o caso desse local especificamente. Foram escolhidas 4 espécies: a (Areca bambu - *Dyopsis lutescens*), b (Calatea pavão - *Calathea makoyana*), c (Clorofito de sombra - *Chlorophytum comosum*) e d (Guaimbê - *Philodendron bipinnatifidum*) levando em consideração outros critérios em relação ao método anterior, tais como luminosidade, água, temperatura e floração como mostrado na figura 30.

Figura 30 - Espécies selecionadas para o paisagismo pelo Sistema Home Ligth



Fonte: Manual VertGarden (2022)

Com a aplicação do método Intensivo com Parede Viva Contínua com painéis hidropônicos modulares, foi realizada uma projeção 3D para que pudesse facilitar a visualização de como ficará o projeto após a sua aplicação (Figura 31).

Figura 31 – Método Intensivo com Parede Viva Contínua – Anfiteatro Douglas Sampaio Henrique



Fonte: Autor (2022)

Para essa técnica aplicada na parede oeste do anfiteatro foram usados 95 mudas de cada espécie selecionada e instalado o sistema Home Ligth que inclui os painéis, o sistema de irrigação e as vigas metálicas de sustentação, descrito na tabela 3, totalizando um custo de implantação de R\$ 23.729,55.

Tabela 3 – Lista de orçamento para o bloco do anfiteatro

MATERIAL DE CONSUMO	QUANT. (unidade)	VALOR	
		UNITÁRIO (R\$)	TOTAL (R\$)
ITENS DE CUSTEIO			
Sistema Home Light	1	15.000,00	15.000,00
Araca bambu	95	16,99	1.614,05
Calatea pavão	95	29,92	2.842,40
Clorofito de sombra	95	19,98	1.898,10
Guaimbê	95	25,00	2.375,00
VALOR TOTAL DO PROJETO (R\$)			23.729,55

Fonte: Autor (2022)

Por fim temos o custo total, como mostrado na tabela 4, somando o método Extensivo com Fachada Verde indireta com uso de cabo de aço aplicado no bloco G10 e o método Extensivo com Fachada Verde indireta usando treliça metálica aplicado no bloco J, da biblioteca, além do método Intensivo com Parede Viva Contínua com painéis hidropônicos modulares integrado ao bloco do anfiteatro.

Tabela 4 – Custo total estimado da implantação

BLOCO	TOTAL (R\$)
G10	13.654,80
Biblioteca	10.973,50
Anfiteatro	23.729,55
	48.357,85

Fonte: Autor (2022)

5 CONCLUSÃO

Concluiu-se que o mês com maior incidência solar causando um aumento da temperatura da superfície do bloco G10 foi o mês de fevereiro com 29,4 °C, do bloco da biblioteca foi o mês de fevereiro com 29,8 °C e o bloco do anfiteatro foi o mês de março com 24,7 °C.

Definiu-se o melhor tipo de Jardim Vertical visando o custo-benefício o do tipo Extensivo com Fachada Verde indireta para o G10 e biblioteca, sendo com cabos de aço e treliça metálica respectivamente e o tipo Intensivo com Parede Viva Contínua para o anfiteatro com mantas hidropônicas.

Levando em conta os critérios selecionados, optou-se pela escolha das espécies botânicas *Thunbergia grandiflora* e *Jasminum azoricum* para o G10 e biblioteca, e as quatro espécies para o anfiteatro, *Dyopsis lutescens*, *Calathea makoyana*, *Chlorophytum comosum* e *Philodendron bipinnatifidum*, pois apresentam uma alta resistência a ambientes sombreados, com pouca incidência solar durante o dia e cumprem bem a função paisagista.

REFERÊNCIAS BIBLIOGRÁFICAS

- ABRA - Academia Brasileira de Arte. **Jardins Suspensos da Babilônia**. Disponível em: <<https://abra.com.br/artigos/jardins-suspensos-da-babilonia/>> Acesso em 20 out. 2021.
- AMORIM, C. N. D. **Desempenho térmico de edificações e simulação computacional no contexto da arquitetura bioclimática: estudo de casos na região de Brasília**. 1998. 148 p. Dissertação (Mestrado em Arquitetura e Urbanismo) - UNB, Brasília, 1998.
- ASSOCIAÇÃO BRASILEIRA DE NORMAS TÉCNICAS. NBR 15575-1: **Desempenho de edifícios habitacionais: requisitos gerais**. 60p. Rio de Janeiro, 2013.
- COMA, J., et al. New green facades as passive systems for energy saving on Buildings. Energy Procedia, n. 57, p. 1851–1859, 2014.
- COSTA, C.S. **Jardins Verticais – uma oportunidade para as nossas cidades**. Arqtextos, 133p, 2011.
- DONA Euzébio Plantas. Dicas Dona Euzébio**. 2021. Disponível em: <<https://www.donaeuzebiaplantas.com.br/dicas/3/conheca-patrick-blanc-o-pioneiro-do-jardim-vertical.html>> Acesso em 02 nov. 2021.
- DACANAL, C. **Fragmentos florestais urbanos e interações climáticas em diferentes escalas: estudo em Campinas**. 249 f. Tese (Doutorado em Engenharia Civil)- Faculdade de Engenharia Civil, Arquitetura e Urbanismo, UNICAMP, Campinas, 2011.
- ELETROBRAS; PROCEL. **Planejamento e Controle ambiental-urbano e a eficiência energética**. Guia Técnico PROCEL Edifica. Rio de Janeiro. IBAM/DUMA. 2013. 222p.
- FROTA, A. B.; SCHIFFER, S. R. **Manual de conforto térmico**. 2ª edição. Nobel, São Paulo, 1995. 243 p.

FROTA, A.B.; SCHIFFER, S.R. **Manual do Conforto Térmico. 8ª edição.** Nobel, São Paulo. Studio, 2003.

GUIDE to iceland. The Ultimate guide to turf houses in iceland. 2021. Disponível em: <<https://guidetoiceland.is/history-culture/the-ultimate-guide-to-turf-houses-in-iceland>> Acesso em 21 out. 2021.

LAMBERTS, R.; DUTRA, L.; PEREIRA, F.R.O. **Eficiência Energética na Arquitetura.** PW Editores. São Paulo, 1997. 192p.

LAMBERTS, R. et al. **Desempenho Térmico de Edificações.** Laboratório de Eficiência Energética. Florianópolis, março de 2016. 239p.

MASCARÓ, L.; MASCARÓ, J. **Vegetação Urbana.** Mais Quatro Editora. Porto Alegre, 2005.

MATHEUS, C; et al. **Desempenho térmico de envoltórias vegetadas em edificações no sudeste brasileiro.** Revista IMED. Porto Alegre, v. 16, n. 1, p. 71-81, 2016.

MELLO, Guilherme B. P. de; COSTA, Mário D. P.; ALBERTI, Maurício S.; FILHO, Ricardo D. G de F. **Estudo da implantação de um telhado verde na faculdade de engenharia mecânica.** Revista Ciências do Ambiente On-line, v. 6, n. 2, 2010.

MENDES, E.S. **Parede verde – Estudo e desempenho no conforto térmico do bloco B da UTFPR – Campo Mourão.** 2017. 60p. Trabalho de Conclusão de Curso (Graduação) – Universidade Tecnológica Federal do Paraná, Campo Mourão, 2017.

NITSCHKE, P. C; CARAMORI, P. H; RICCE, W. da S.; PINTO, L. F. D. **Atlas Climático do Estado do Paraná.** IAPAR. Londrina, PR, 2019.

NUNES, C. **Jardins Verticais: Vantagens e Aplicações.** SustentArqui, Rio de Janeiro, 2014. Disponível em <<https://sustentarqui.com.br/jardins-verticais-vantagens-e-aplicacoes/>> Acesso em: 26 out. 2021.

PEREIRA, L. **Diretrizes de projeto para arquitetura de jardins verticais.** Trabalho de Iniciação Científica da Universidade Federal do Paraná, Paraná, 2014.

PORTAL São Francisco. **Jardins Suspensos da Babilônia**. 2016. Disponível em: <<https://www.portalsaofrancisco.com.br/historia-geral/jardins-suspensos-da-babilonia>> Acesso em 26 out. 2021.

PROJETEEE. Dados Climáticos. 2016. Disponível em: <http://projeteee.mma.gov.br/dados-climaticos/?cidade=PR+-+Dois+Vizinhos&id_cidade=bra_pr_dois.vizinhos.869270_inmet> Acesso em: 20 out. 2021.

ROCHA, M. **Avaliação das condições de conforto térmico ao calor em edificações habitacionais multipavimentadas na cidade de Ijuí – RS**. 2004, 78 p. Trabalho de conclusão de curso da Universidade Regional do Noroeste do Estado do Rio Grande do Sul, Rio Grande do Sul, 2004.

REFATI, K.K.P. **Cortina Verde com diferentes espécies trepadeiras e os efeitos Termo Higrométricos em um ambiente**. 2020. 174 p. Dissertação (Mestrado em Engenharia Ambiental) – Universidade Tecnológica Federal do Paraná, Francisco Beltrão, 2020.

SCHERER, M. J.; ALVES, T. S.; REDIN, J. **Envoltórias vegetadas aplicadas em edificações: benefícios e técnicas**. Revista de Arquitetura IMED, v. 7, n. 1, p. 84-101. Passo Fundo, 2018.

SCHERER, M. J. **Cortinas Verdes na Arquitetura: desempenho no controle solar e na eficiência energética de edificações**. 2014. 187 p. Tese de Doutorado. Universidade Federal do Rio Grande do Sul, Porto Alegre, 2014.

SILVA, L. M. **Espaços Verdes Urbanos: Ornamento Ambiental e Implementação**. São Paulo, 2007. 64 p.

SOUZA, R.B. **Jardins Verticais: um contributo para os espaços verdes urbanos e oportunidade na reabilitação do edificado**. 2012. 212 p. Dissertação de Mestrado. Universidade Lusófona do Porto. Porto, 2012.

VALESAN, M; FEDRIZZI, B; SATTLER, M. A. **Vantagens e desvantagens do uso de peles-verdes em edificações residenciais em Porto Alegre segundo seus moradores**. Porto Alegre, 2010.

VertiGarden. Manual Interativo VertiGarden. 2022. Disponível em:
<<https://www.vertigarden.com.br/>> Acesso em 10 out. 2022.

ZARD, J.L., GUYOT. A. **Tecnologia e Arquitetura – Arquitetura bioclimática.**
Mexico, D.F, 1983.

ANEXO A - Lei n. 9.610, de 19 de fevereiro de 1998

ANEXOS



