

**MINISTÉRIO DA EDUCAÇÃO
UNIVERSIDADE TECNOLÓGICA FEDERAL DO PARANÁ
CAMPUS FRANCISCO BELTRÃO
CURSO DE ENGENHARIA AMBIENTAL**

MAYSA DE CASTRO SOUSA

**FACHADA VERDE “A INFLUÊNCIA NO CONFORTO
TÉRMICO ENTRE ESPÉCIES DE TREPadeiras”**

TRABALHO DE CONCLUSÃO DE CURSO

FRANCISCO BELTRÃO

2021

MAYSA DE CASTRO SOUSA

**FACHADA VERDE “A INFLUÊNCIA NO CONFORTO
TÉRMICO ENTRE ESPÉCIES DE TREPADERAS”**

Trabalho de Conclusão de Curso como requisito parcial para a conclusão do Curso de Bacharelado em Engenharia Ambiental da UTFPR, Câmpus Francisco Beltrão.

Orientador: Prof. Msc. Cleila Cristina Navarini Valdameri

Coorientador: Prof. Dr. Ronan Carlos Colombo

**FRANCISCO BELTRÃO
2021**



Ministério da Educação
Universidade Tecnológica Federal do Paraná
Campus Francisco Beltrão
Curso de Engenharia Ambiental



TERMO DE APROVAÇÃO

Trabalho de Conclusão de Curso – TCC2

FACHADA VERDE “A INFLUÊNCIA NO CONFORTO TÉRMICO ENTRE ESPÉCIES DE TREPadeiras”

por

MAYSA DE CASTRO SOUSA

Trabalho de Conclusão de Curso 2 apresentado às 17:30 horas do dia 18 de maio de 2021, como requisito para aprovação da disciplina Trabalho de Conclusão de Curso 2, do Curso de Engenharia Ambiental da Universidade Tecnológica Federal do Paraná, Campus Francisco Beltrão. A candidata foi arguida pela Banca Avaliadora composta pelos professores abaixo assinados. Após deliberação, a Banca Avaliadora considerou o trabalho aprovado.

Banca Avaliadora:

**Prof^a. MSc. Cleila Cristina
Navarini Valdameri**
(Presidente da Banca)

Prof^a. Dr. Ronan Carlos Colombo
(Membro da Banca)

**Prof^a. Dr^a. Naimara Vieira do
Prado**
(Membro da Banca)

**Prof^a. Dr^a. Denise Andréia
Szymczak**
(Professora Responsável pelo TCC)

Prof^o. Dr. Wagner de Aguiar
(Coordenador do Curso de Engenharia Ambiental)

"O Termo de Aprovação encontra-se assinado na Coordenação do Curso"

DEDICATÓRIA

Dedico este trabalho a Deus, a mim, aos meus pais, a minha avó, ao meu irmão Marlon, sendo eles os maiores incentivadores das realizações dos meus sonhos. Para meu esposo Edinei, obrigada pelo seu incentivo e pela paciência comigo naqueles dias tão atarefados que precederam a entrega deste trabalho. Muito obrigada.

AGRADECIMENTOS

Agradeço primeiramente a Deus, por ter me dado o dom da vida, por todas as vezes em que ele me guiou e me deu forças para continuar esta caminhada e pelo cumprimento da palavra em minha vida.

Aos meus pais Márcio e Neire e a minha avó Ilídia (*in memorian*) pelo suporte, força e determinação que eles tiveram e por acreditar junto a mim e permitir seguir este sonho. Sem eles eu não teria concluído esta etapa na minha vida. Toda a minha família e amigos que me incentivaram e me apoiaram de alguma maneira a continuar seguindo em frente.

Ao meu irmão Marlon pelo apoio essencial nos momentos mais difíceis e por sempre estar perto de mim me motivando, e ao meu irmão Delmindo (*in memorian*) pelo exemplo que ele foi como pessoa e como profissional.

Ao meu esposo Edinei de Freitas Vieira pelo incentivo, pelo apoio, por todas as vezes que eu precisei me apoiou e pela caminhada ao longo de todos esses anos juntos, por se dedicar junto a mim neste trabalho em realizar a parte prática desde coleta de mudas até os cuidados finais de manutenção da vegetação trepadeira quando eu não estava presente.

A minha orientadora MSc, Cleila Cristina Navarini Valdameri e ao meu ao coorientador Dr. Ronan Carlos Colombo pela paciência, orientação e suporte deste trabalho, e a minha banca Dr^a. Maria Helene Gilvonetti Canteri e Dr^a. Naimara Prado por participarem desse momento tão importante na minha formação acadêmica disponibilizando seu tempo e compartilhando seus conhecimentos.

A todas as pessoas incríveis que conheci durante a graduação. Professores, aos colegas e servidores que, contribuíram de alguma forma no meu crescimento pessoal hoje.

À Universidade Tecnológica Federal do Paraná, campus Francisco Beltrão, por propiciar um ambiente agradável e voltado ao desenvolvimento acadêmico, dando suporte necessário tanto para o crescimento pessoal e profissional.

*“Na natureza, nada existe sozinho”
(Rachel Louise Carson)*

RESUMO

SOUSA, Maysa C. **FACHADA VERDE “A INFLUÊNCIA NO CONFORTO TÉRMICO ENTRE ESPÉCIES DE TREPADERAS”**. 2021. 55 f. Trabalho de Conclusão de Curso (Bacharelado em Engenharia Ambiental). Universidade Tecnológica Federal do Paraná. Francisco Beltrão, 2021.

O termo fachada verde é conhecido no meio arquitetônico, sendo uma combinação entre vegetação e edificações podendo contribuir para a mitigação dos efeitos das ilhas de calor em ambiente urbano, proporcionando melhor conforto térmico. Como o conforto térmico dos ambientes é dependente de variáveis ambientais, a compreensão e os possíveis ajustes que visam reduzir os efeitos adversos dessas variáveis pode tornar o ambiente mais agradável; além de reduzir o uso de equipamentos mecânicos para o controle da temperatura do ar e, conseqüentemente, redução no consumo de energia elétrica para a climatização. Sendo assim é de suma importância que seja realizado um estudo prévio das características das edificações e da vegetação que irá interagir com essas estruturas. O objetivo desse trabalho foi verificar a influência da fachada verde indireta no conforto térmico de ambientes localizados em regiões de clima subtropicais. Foram utilizadas para analisar as variáveis ambientais duas espécies de vegetação trepadeira *Pyrostegia venusta* (Cipó de São João) e a *Jasminum polyanthum* (Jasmim-dos-poetas). Os dados foram obtidos na estação verão, durante oito dias consecutivos através do dispositivo termo higrômetro, no mês de março de 2021. Foi utilizada uma análise não-paramétrica de Kruskal Wallis e Nemenyi para a comparação de médias entre os ambientes. O estudo demonstrou que no período da tarde há uma diferença de até $\pm 2,4^{\circ}\text{C}$ da temperatura do ar e no período da noite uma diferença de até $1,9^{\circ}\text{C}$ entre a ausência de fachada verde com a presença de fachada verde, pode-se observar uma diferença de até 5,9%UR entre os tratamentos, porém, entre as espécies de trepadeiras as médias foram estatisticamente iguais pelo teste de Kruskal Wallis e Nemenyi, com 5% de significância, Para o clima subtropical essas espécies tem condições viáveis para um bom desempenho na termorregulação e conforto térmico em ambientes. Logo, para melhores resultados podem ser atribuídos estudos para diferentes posições solares e espécies de trepadeiras na fachada verde, considerando outras estações do ano.

Palavras-chave: cortina verde; regulação térmica; eficiência energética; sustentabilidade; ilhas de calor.

ABSTRACT

SOUSA, Maysa C. **GREEN FACADE "THE INFLUENCE ON THERMAL COMFORT BETWEEN CREEPER SPECIES"**. 2021. 55 f. Course Completion Work (Bachelor of Environmental Engineering). Federal Technological University of Paraná, Francisco Beltrão, 2021.

The term green facade is known in the architectural environment, being a combination between vegetation and buildings can contribute to the mitigation of the effects of heat islands in urban environment, providing better thermal comfort. As the thermal comfort of the environments is dependent on environmental variables, the understanding and the possible adjustments that aim to reduce the adverse effects of these variables can make the environment more pleasant; in addition to reducing the use of mechanical equipment for air temperature control and, consequently, reducing the consumption of electric energy for air conditioning. Therefore, it is of paramount importance that a prior study of the characteristics of the buildings and the vegetation that will interact with these structures is carried out. The objective of this study was to verify the influence of the indirect green facade on the thermal comfort of environments located in subtropical climate regions. Two species of climbing vegetation *Pyrostegia venusta* (Cipó de São João) and *Jasminum polyanthum* (Jasmin-dos-poetas) were used to analyze environmental variables. The data were obtained in the summer season, during eight consecutive days through the device term hygrometer, in the month of March 2021. A non-parametric Kruskal Wallis and Nemenyi analysis was used to compare averages between environments. The study showed that in the afternoon there is a difference of up to 2.4°C of air temperature and in the evening a difference of up to 1.9°C between the absence of green facade with the presence of green facade and a difference of up to 5.9%UR between treatments can be observed. However, among the climbing species the means were statistically equal by the Kruskal Wallis and Nemenyi test, with 5% significance. For the subtropical climate these species have viable conditions for a good performance in thermoregulation and thermal comfort in environments. Therefore, for best results studies can be attributed to different solar positions and species of creepers on the green facade, considering other seasons of the year.

Keywords: green curtain; thermal regulation. energy efficiency. sustainability. heat islands.

LISTA DE ILUSTRAÇÕES

Figura 1 - Classificação climática do Paraná.....	15
Figura 2 – Classificação da temperatura média anual do Paraná	16
Figura 3 - Jardins suspensos da Babilônia – Interpretação de Martin Heemskerck. Séc. XVI	20
Figura 4 - Classificação geral dos sistemas verdes verticais (VGS)	21
Figura 5 - Demonstração do plantio da fachada verde direta	22
Figura 6 - Fachada verde direta auto aderente unha de gato	22
Figura 7- Demonstração do plantio da fachada verde indireta com treliça e cabos	23
Figura 8 - Sistema modular no edifício Le Nouvel, Kuala Lumpu -Malásia	24
Figura 9 - Sistemas com cabos da Empresa Ecotelhado	25
Figura 10 - Sistema de plantio indireto com malha	26
Figura 11 - Sistema de implantação com vasos plásticos e blocos de cerâmica	27
Figura 12 - Parede viva modular com módulos de madeira	28
Figura 13- Demonstração do plantio de parede viva contínua	28
Figura 14- Execução da parede viva contínua com painel geotêxtil em Lisboa, Portugal.....	29
Figura 15 - Trepadeiras comercializadas em Francisco Beltrão.....	30
Figura 16- Localização geográfica da cidade de Francisco Beltrão e UTFPR-FB	31
Figura 17 - Vista lateral do protótipo	32
Figura 18 - Protótipos com o material do tipo alvenaria localizados em sentido norte geográfico, com distância entre si de 2m	32
Figura 19 - Modelo da bússola para o georreferenciamento	33
Figura 20 - Modelo do termo-higrômetro utilizado no estudo	34
Figura 21- Confecção do suporte tipo malha.....	35
Figura 22– Caracterização da distância da vegetação trepadeira a edificação	35
Figura 23- Plantio da espécie no recipiente e plantio diretamente no solo à direita da vegetação trepadeira Cipó de São João	36
Figura 24- Dimensão da cova de 20cm para realizar o plantio	36

Figura 25 - Cavadeira Articulada - Cabo de Madeira Redondo à esquerda e perfurador manual de solo à direita	37
Figura 26- Espécie de Cipó de São João localizada na região de Marília, São Paulo	40
Figura 27- Espécie de Cipó de São João localizada na região de Francisco Beltrão, Paraná	40
Figura 28- Mudas da Jasmim dos Poetas em viveiro	41
Figura 29- Estrutura de fixação da vegetação trepadeira por meio de suas gavinhas	41
Figura 30- Evolução da espécie <i>Pyrostegia Venusta</i> : (a) 1 dia; (b) 30 dias; (c) 120 dias; (d) 150 dias; (e) 180 dias; (f) 210 dias e (g) 230 dias; (h) 280 e (i) 310 dias.....	42
Figura 31- Evolução da espécie <i>Jasminum polyanthum</i> : (a) 1 dia; (b) 30 dias; (c) 60 dias; (d) 80 dias; (e) 90 dias; (f) 120 dias e (g) 180 dias; (h) 190 dias e (i) 210 dias.....	43
Figura 32- Adubação com o resíduo orgânico adquirido pela compostagem da UTFPR-FB.....	45
Figura 33- Cipó de São João à esquerda e Jasmim dos poetas à direita, ambas com adubo proveniente de cinzas de madeira	45

LISTA DE TABELAS

Tabela 1 - Dados climatológicos para Francisco Beltrão de 1974 a 2019.....	16
Tabela 2- Média das temperaturas do ar e umidades relativas do ar para cada tratamento no período da madrugada	46
Tabela 3 - Média das temperaturas do ar e umidade relativa do ar para cada tratamento no período da manhã	47
Tabela 4 - Média das temperaturas do ar e umidades relativas do ar para cada tratamento no período da tarde	47
Tabela 5 - Média das temperaturas e umidade para cada tratamento no período da noite	48

SUMÁRIO

1 INTRODUÇÃO	13
2 OBJETIVOS	14
2.1 Objetivo Geral	14
2.2 Objetivos Específicos	14
3 REVISÃO BIBLIOGRÁFICA	15
3.1 CARACTERIZAÇÃO CLIMÁTICA DA CIDADE DE FRANCISCO BELTRÃO.....	15
3.2 VEGETAÇÃO E O IMPACTO AMBIENTAL NO MICROCLIMA URBANO	17
3.3 CONFORTO TÉRMICO	18
3.4 CLASSIFICAÇÃO DO SISTEMA VERDE VERTICAL - VGS	19
3.5 ESPÉCIES DE TREPADERAS UTILIZADAS NA REGIÃO SUL DO BRASIL.....	29
4 MATERIAL E MÉTODOS.....	31
4.1 CARACTERIZAÇÃO DA ÁREA EXPERIMENTAL.....	31
4.2 ESTRUTURA E MATERIAL DO PROTÓTIPO.....	31
4.3 SELEÇÃO DAS ESPÉCIES DE TREPADERAS	34
4.4 PROCEDIMENTO DO PLANTIO DA ESPÉCIE.....	35
4.5 PROTOCOLO DE ACOMPANHAMENTO E MANUTENÇÃO DA ESPÉCIE.....	37
4.6 PROCEDIMENTO DE COLETA E TRATAMENTO DE DADOS	37
4.7 ANÁLISES ESTATÍSTICAS	38
5 RESULTADOS E DISCUSSÕES	39
5.1 SELEÇÃO DAS ESPÉCIES TREPADERAS	39
5.2 PROTOCOLO DE ACOMPANHAMENTO E MANUTENÇÃO DA ESPÉCIE.....	44
5.3 ANÁLISES DAS TEMPERATURAS E DA UMIDADE RELATIVA.....	46
6 CONCLUSÃO	50
7 REFERÊNCIAS.....	52

1. INTRODUÇÃO

As fachadas verdes podem prover grandes benefícios ambientais e ecológicos para as densas áreas urbanas, podendo auxiliar na qualidade do ar e mitigar os efeitos das ilhas de calor, bem como reduzir o escoamento superficial da água da chuva (LUEDERITZ, et al, 2013).

Para Lamberts (2014), o conforto térmico pode ser denominado quanto a sensação humana no ambiente e está relacionado a três fatores: físicos, fisiológicos e psicológicos, os fatores físicos determinam a troca de calor do corpo com o meio, os fatores fisiológicos se relacionam a uma alteração na resposta fisiológica do organismo em uma determinada condição térmica, e os fatores psicológicos é quando há diferença na percepção e resposta a estímulos sensoriais na vida do indivíduo.

Por meio da identificação das existências de desconforto térmico por excesso de calor, é possível desenvolver estratégias de mitigação desse efeito, tendo como incentivo, por exemplo, a manutenção de espaços vegetados nas construções e aumento na vegetação e áreas de lazer no meio urbano.

O principal fenômeno associado ao clima urbano é a Ilha de Calor Urbana (ICU), o qual aponta que uma determinada área urbana demonstra condições microclimáticas diferentes em relação às áreas rurais ou que conservam sua paisagem natural (Environmental Protection Agency – EPA, 2008). Logo, quando em uma fração da cidade ocorre o fenômeno de ICU, estamos nos referindo a uma condição microclimática onde a temperatura estará mais elevada, a umidade relativa do ar estará mais baixa e que existe alteração na velocidade dos ventos e regimes das chuvas, entre outros (ROMERO, 2019).

Além disso, as massas de edificação modificam o curso natural dos ventos, prejudicando a ventilação natural, gerando poluição em meio urbano e modificando as condições e qualidade do ar quanto à sua composição química e odores. Pode-se observar que o uso da vegetação como dispositivo de sombreamento e gerador de umidade vem a ser bastante eficiente e agradável, de modo que contribua para redução do potencial de consumo de energia elétrica e seus custos, além de que, proporciona conforto térmico e sensação de bem-estar e minimizando os efeitos das Ilhas de Calor Urbana (ICU).

2. OBJETIVOS

2.1 Objetivo Geral

Verificar a influência da fachada verde indireta no conforto térmico de ambientes localizados em regiões de clima subtropicais.

2.2 Objetivos Específicos

- Selecionar a espécie da planta trepadeira que recobrirá a fachada;
- Definir o modelo do protótipo e o material a ser utilizado, bem como a estrutura de fixação da vegetação trepadeira;
- Caracterizar a distância de fixação da vegetação trepadeira em relação à parede do protótipo (fachada);
- Verificar as condições ambientais internas de três protótipos e condição externa por oito dias através do dispositivo termo higrômetro;
- Comparar o conforto térmico entre as duas espécies da vegetação trepadeira.

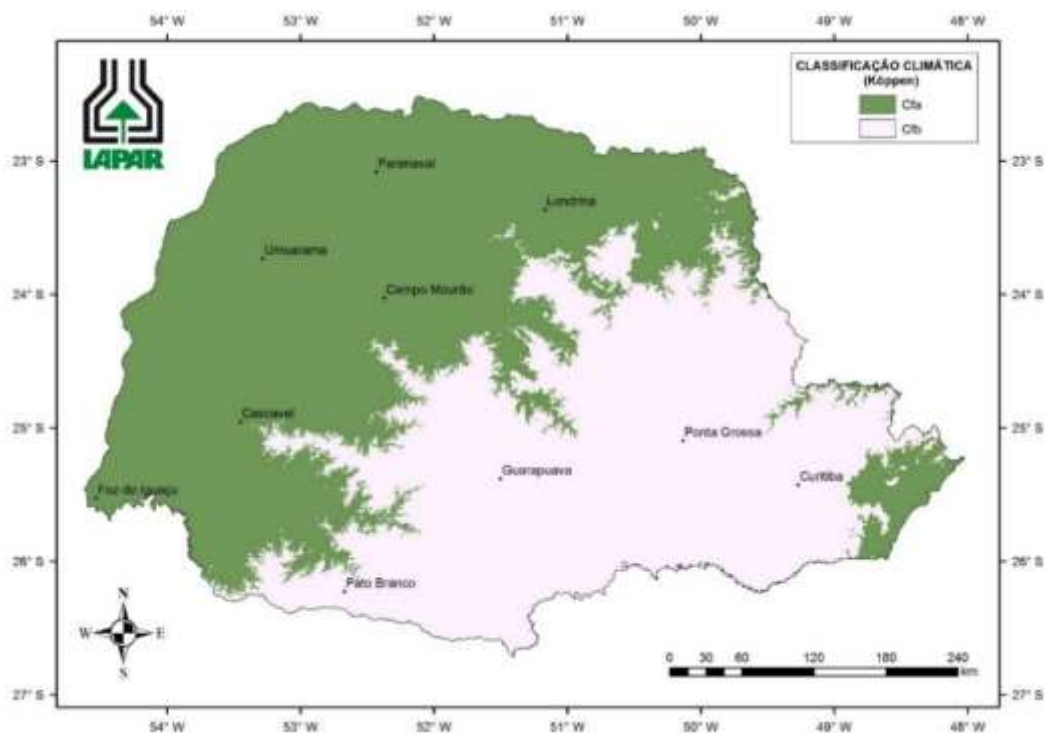
3. REVISÃO BIBLIOGRÁFICA

3.1 CARACTERIZAÇÃO CLIMÁTICA DA CIDADE DE FRANCISCO BELTRÃO

A cidade de Francisco Beltrão possui uma extensão territorial de 735.111 km², com uma população estimada pelo Instituto Brasileiro de Geografia e Estatística (IBGE) 2020 de aproximadamente 92.216 habitantes. Está localizada no sudoeste do Paraná, com as coordenadas geográficas de Latitude e Longitude LAT: 26.05 S / LONG: 53.04 W, a aproximadamente 508 km da capital do Estado (Curitiba), com altitude de 650 metros ao nível do mar (IBGE, 2020).

A região Sudoeste do estado do Paraná está situada na região de clima temperado úmido com verão quente, o Cfa, conforme é demonstrado na figura 1. Esse tipo climático tem como característica ser úmido, com precipitação em todos os meses do ano e nenhuma existência de estação seca definida. A temperatura média do mês mais quente é superior a 22 °C e a média do mês mais frio é inferior a 10 °C, sendo que em invernos brandos e verões quentes podem ocorrer gradientes de até 5 °C ao dia (SCALABRIN, 2016).

Figura 1 - Classificação climática do Paraná



Fonte: IAPAR, 2021.

A amplitude térmica anual média é de 9 °C, sendo uma das maiores do estado, o que faz com que os invernos sejam mais frios e os verões mais quentes.

Na tabela 1 estão apresentados os dados históricos de temperaturas máximas e mínimas, bem como as médias máximas e mínimas de temperatura histórica para a cidade de Francisco Beltrão, com observações entre 1974 a 2019.

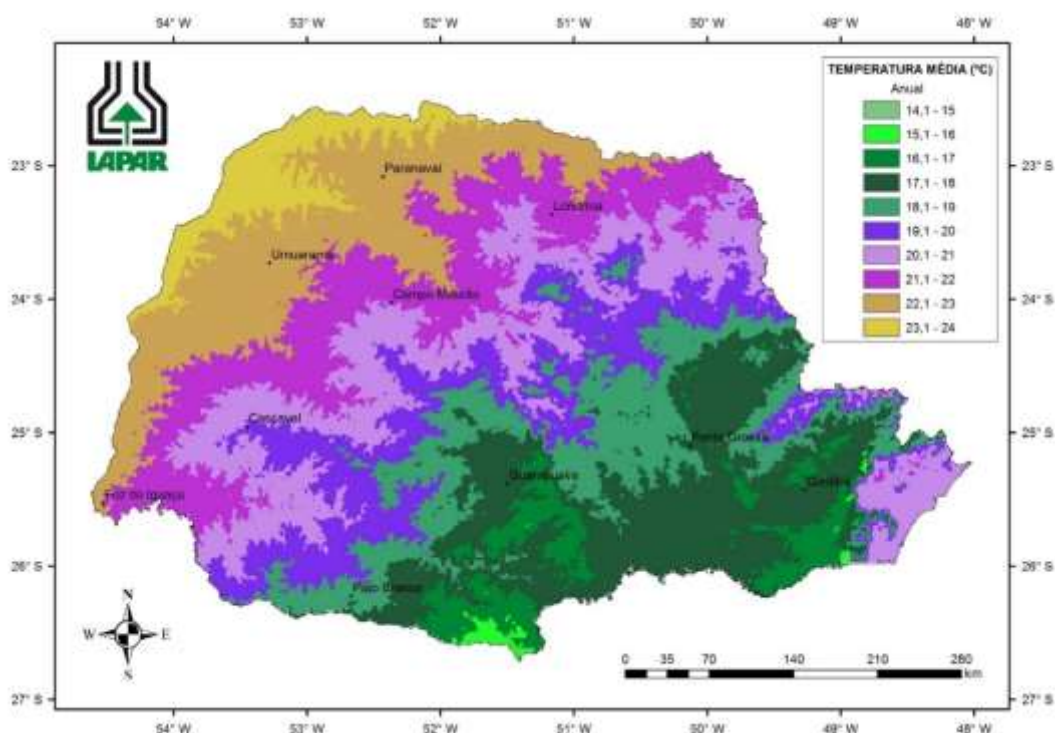
Tabela 1 - Dados climatológicos para Francisco Beltrão de 1974 a 2019

Mês	Jan	Fev	Mar	Abr	Mai	Jun	Jul	Ago	Set	Out	Nov	Dez
Temperatura Máxima registrada (°C)	36,4	37,6	37,4	33,8	31,9	31,0	30,0	34,0	35,7	36,4	38,3	38,2
Temperatura Máxima média (°C)	30,1	29,9	29,2	26,2	22,3	20,7	21,2	23,4	24,5	26,7	28,4	29,7
Temperatura Mínima média (°C)	18,5	18,4	17,0	14,2	10,8	9,4	9,0	10,2	12,0	14,7	15,9	17,7
Temperatura Mínima registrada (°C)	8,0	8,7	3,4	1,0	-0,2	-4,2	-5,0	-2,4	-0,4	3,3	4,8	8,6

Fonte: Adaptado, IAPAR, 2021.

A temperatura média anual para a cidade de Francisco Beltrão, segundo o Instituto Agrônômico do Paraná (IAPAR), apresentado no mapa de temperaturas, na figura 2, encontra-se entre 19,1 °C e 20 °C.

Figura 2 – Classificação da temperatura média anual do Paraná



Fonte: IAPAR, 2021.

3.2 VEGETAÇÃO E O IMPACTO AMBIENTAL NO MICROCLIMA URBANO

A vegetação é vista como um elemento muito importante, pois, ela proporciona conforto térmico no ambiente ao qual se integra. Além disso, a vegetação é responsável pelo controle da evapotranspiração; pela permeabilização do solo, o que facilita a infiltração das águas pluviais e a redução do escoamento superficial; controlam a poluição atmosférica e proporciona a melhoria de condições climáticas, reduzindo as temperaturas extremas; e também, apresenta funções ecológicas, bem estar social, estética e educativa.

O sombreamento proporcionado pela vegetação é um dos elementos fundamentais para se alcançar um conforto térmico em regiões de climas subtropicais, com isso, a vegetação tem um papel muito importante para a redução da temperatura de uma edificação, podendo ser obtida por meio do sombreamento e por meio da evapotranspiração.

Através desses meios é possível dizer que a vegetação influencia no ambiente de maneiras positivas como conduzir o resfriamento do ar, aumento da umidade relativa do ar, suprimento ao ar fresco, bem como a filtração do ar, produção de oxigênio e até mesmo à absorção de ruídos (PINHEIRO, 2014).

Podemos definir que a influência da vegetação dependerá dos fatores relacionados as suas propriedades ornamentais, tornando os espaços mais agradáveis.

Segundo Romero (2019), as principais mudanças climáticas provocadas pela urbanização afetam e aumentam o índice de ilhas de calor provocadas por diversos fatores como: o aumento da capacidade armazenadora de calor, a diminuição do albedo, pavimentação da superfície física do solo, modificação da transparência da atmosfera devido à emissão de poeira, poluição do ar, entre outros.

Logo, é importante conhecer as condições climáticas de cada região, quando o estudo for voltado a projetos para edificações, para que seja feita a escolha adequada de vegetação, a fim de melhorar a eficiência energética e o conforto térmico propício à utilização para cada usuário.

De modo a incentivar construções sustentáveis, foi lançado em 1998 um projeto piloto denominado LEED (*Leadership in Energy and Environment Design*), que mais tarde passou a ser reconhecido como selo LEED a nível mundial, esse selo busca desenvolver um sistema de certificação, de modo que classifica os

edifícios sustentáveis, considerando a peculiaridade de cada tipo de edificação e apresentando temáticas relacionadas a sustentabilidade (ESTEVEZ, 2016).

Possuindo várias modalidades e tipos diferentes cumprindo requisitos como otimização da eficiência energética, redução dos efeitos das ilhas de calor, reuso da água e paisagismo.

Perante a certificação LEED, é fundamental que haja gestão de resíduos como parte integrante da construção do edifício, tornando mais habituais as práticas sustentáveis pelos profissionais da área, fazendo com que haja um desenvolvimento de novos conceitos do sistema de construção e implementações de novas tecnologias.

Portanto, podemos definir que o impacto da vegetação no microclima urbano contribui para a minimização de elementos climáticos e quaisquer alterações que interfiram nas características do ambiente, tornando-o mais agradável e aproveitável para o dia a dia, proporcionando um maior conforto térmico e até mesmo efeitos estéticos, influenciando também, nos fatores psicológicos do ambiente, e, além disso os incentivos como por exemplo, a certificação LEED tem aumentado como uma busca por práticas mais sustentáveis e significativas.

3.3 CONFORTO TÉRMICO

Para Lamberts et al (2016), o conforto térmico está relacionado ao estado mental e a satisfação do homem com o ambiente térmico que o circunda, com isso visa-se analisar e estabelecer quais condições necessárias para avaliar as condições e concepções de um ambiente térmico adequado as atividades e ocupações humanas.

As variáveis de conforto térmico podem ser divididas em variáveis ambientais e humanas, sendo que as variáveis ambientais são a temperatura do ar, a temperatura radiante média, a velocidade do ar e a umidade relativa do ar, e as variáveis humanas são o metabolismo gerado pela atividade física e a resistência térmica oferecida pela vestimenta. Além disso, as variáveis como características físicas de cada pessoa devem ser consideradas, pois podem exercer influência no conforto térmico (LAMBERTS, et al, 2016).

Nos estudos de Hunter et al (2014), demonstra uma grande importância ao uso relacionado das fachadas verdes sobre redução e ganho de calor nas edificações. Além, da função estética que a vegetação de fachada pode conferir a uma edificação, estudos com um foco sobre o sombreamento da edificação bem como o conforto térmico que é proporcionado, apresentando respostas positivas e favoráveis à instalação de fachadas verdes (MORELLI, 2016; SCHERER, 2013).

Estudos como o de Perini et al (2017), demonstra que a fachada verde pode mitigar as temperaturas exterior e superficial da parede, melhorando o conforto térmico e a redução de aquecimento de superfícies dos edifícios, e também a mitigação de ilhas de calor urbana.

Ainda, Kalani e Chow (2016), demonstram em seus estudos que a utilização das fachadas pode diminuir em até 16% do consumo de condicionadores de ar, levantando então a questão sobre a eficiência energética das edificações e seus jardins, levando em consideração o sol e o vento, pois são os maiores influenciadores do conforto térmico em um funcionamento das edificações.

Logo, o conforto térmico deve-se basear em estudos de implantação da edificação e a utilização de vegetação contribui positivamente no quesito de eficiência energética minimizando o uso de equipamentos de sistema de refrigeração.

3.4 CLASSIFICAÇÃO DO SISTEMA VERDE VERTICAL - VGS

Podemos dizer que o uso da fachada verde está presente na história desde 600 a.C, onde foram construídos os jardins suspensos da Babilônia (Figura 3) pelo rei Nabucodonossor, na região leste do rio Eufrates (atualmente Iraque), onde homenageou sua esposa Amitys, que nascera em uma região montanhosa e com vegetações variadas e exuberantes, de modo que ela não se acostumava com a paisagem desértica de sua atual morada.

Figura 3 - Jardins suspensos da Babilônia – Interpretação de Martin Heemskerck. Séc. XVI

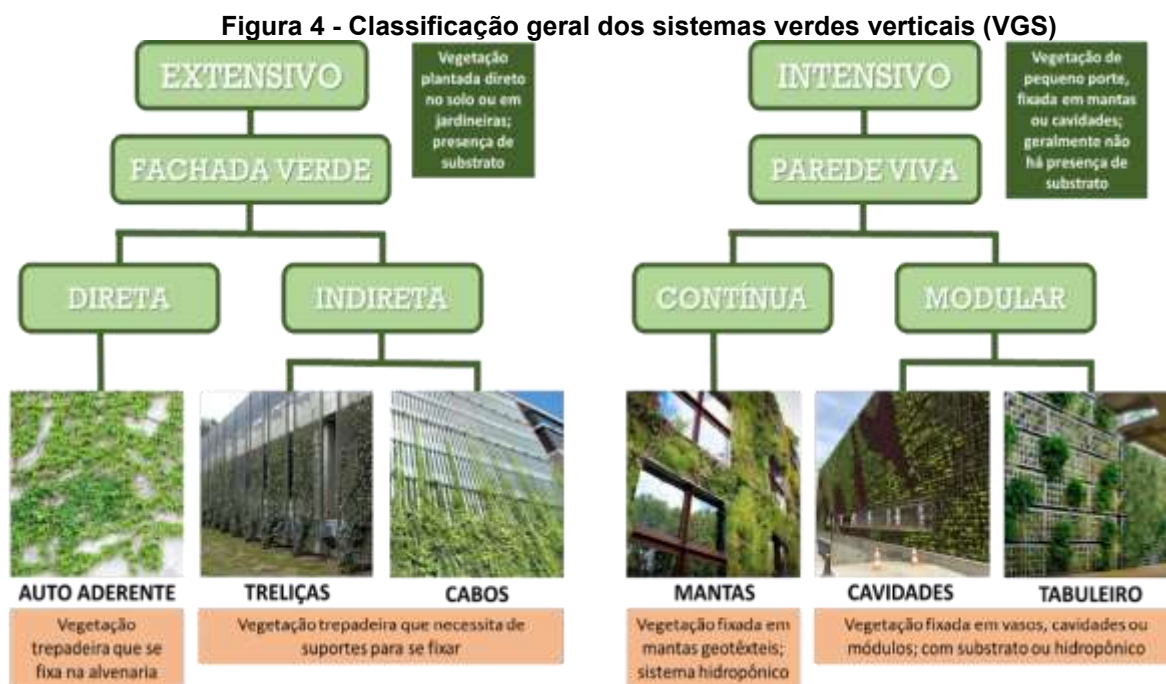


Fonte: Portal São Francisco, 2021.

A denominação fachada verde, em termos inglês *green all*, *green facade* ou *bio facade*, é um revestimento em alvenarias ou estruturas verticais, cujo desenvolvimento em sua superfície é de vegetação com auxílio de suportes, em que as raízes estão na base da estrutura ou em contato direto com o solo. (DUNNET; KINGSBURY, 2004).

Os sistemas verdes verticais (VGS) podem ser classificados em sistemas extensivos ou intensivos, e isto dependerá de como será implementado e do grau de dificuldade de execução e necessidade de manutenção.

A figura 4 apresenta a classificação dos diferentes tipos sistemas VGS identificadas na atualidade e cada vez mais em integração com a arquitetura, sendo elas: as fachadas que possuem vegetação autoaderente; as fachadas verdes, utilizando espécies variadas de trepadeiras podendo utilizar suportes como treliças ou cabos para o seu desenvolvimento e as paredes vivas, que se utiliza módulos, painéis geotêxtis para o desenvolvimento das mesmas.



Fonte: Scherer, 2018.

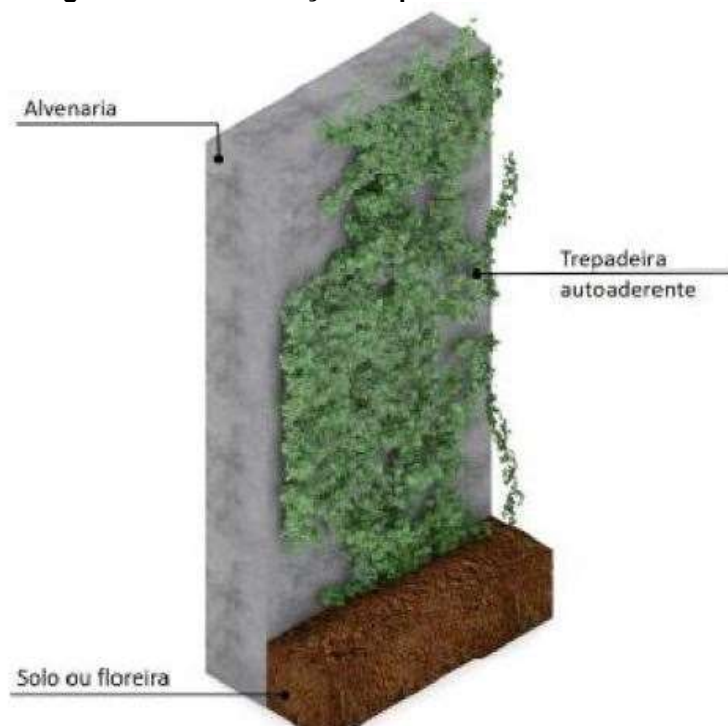
O sistema extensivo é caracterizado por fachada verde, podendo ser de modo direto ou indireto. Já os sistemas intensivos podem ser caracterizados pela necessidade de maiores cuidados e custos de manutenção e execução e são conhecidos como paredes vivas, sendo subdividido em parede viva contínua e parede viva modular.

3.4.1 Sistema Extensivo

3.4.1.1 Fachada verde direta

A fachada verde direta é caracterizada quando se utiliza a vegetação trepadeira auto aderente, ou seja, ela se desenvolve cobrindo a alvenaria (Figura 5), esse tipo de vegetação é capaz de se fixar diretamente em alvenarias por meio de suas raízes adventícias ou gavinhas ramificadas, formando um revestimento similar a pele verde na edificação, conforme ilustrado na figura 6. Ela pode ser fixada diretamente no solo ou em floreiras, necessitando de pouca ou nenhuma irrigação ou nutrição. É muito usual utilizar as seguintes espécies como a *Parthenocissus tricuspidata* (hera-japonesa ou falsa vinha), a *Hedera Helix* (hera-inglesa) e a *Ficus pumila* (unha-de-gato ou falsa hera). (SCHERER, 2018).

Figura 5 - Demonstração do plantio da fachada verde direta



Fonte: Scherer, 2018.

Figura 6 - Fachada verde direta auto aderente unha de gato



Fonte: Flores Cultura Mix, 2021.

3.4.1.2 Fachada verde indireta

A fachada verde indireta é caracterizada como sistemas nos quais a vegetação trepadeira se desenvolve em suportes, podendo ser fixados afastado das paredes ou podem estar em frente às aberturas ou regiões envidraçadas, podendo auxiliar no controle solar. Nesse modo a vegetação pode ser plantada diretamente no solo ou em vasos, jardineiras e floreiras, necessitando de cuidados com nutrição e irrigação das espécies, sendo muito importante fazer a manutenção com poda e controle da direção do crescimento.

Os suportes de fixação podem variar os formatos e de materiais variados, podem ser sistemas com treliças e sistemas com os cabos conforme a figura 7.

De acordo com Scherer (2018), podem ser utilizadas inúmeras espécies, porém recomenda-se utilizar de acordo com a região, afim de obter sucesso na fachada vertical. Alguns exemplos para a região sul do Brasil são: *Lonicera japônica* (madressilva), *Jasminum polyanthum* (Jasmim-dos-poetas), *Thunbergia grandiflora* (tumbérgia-azul).

Figura 7- Demonstração do plantio da fachada verde indireta com treliça e cabos



Fonte: Scherer, 2018.

Segundo Scherer (2018) a fachada verde indireta pode ser classificada em:

- a) Treliça: o plantio das espécies acontece diretamente no solo ou em grandes jardineiras contínuas, contribuindo em um desenvolvimento maior da vegetação: possuem uma maior flexibilidade e composições de fachadas variantes, sendo possível o uso de diferentes materiais e distância em relação da parede para sua execução (Figura 8).

Figura 8 - Sistema modular no edifício Le Nouvel, Kuala Lumpu -Malásia



Fonte: Patrick Blanc, 2018.

- b) Cabeada: São sistemas nos quais se utilizam cabos (Figura 9), geralmente de aço, servindo de suporte para a condução da vegetação, podendo ser fixado no solo ou em jardineiras. O afastamento e a disposição dos cabos permitem o controle de densidade de folhagem oferecendo uma área maior ou menor para o sombreamento.

Figura 9 - Sistemas com cabos da Empresa Ecotelhado



Fonte: ECOTELHADO, 2021.

- c) Malha: Neste sistema é possível perceber a semelhança ao sistema de treliças, variando somente no tamanho da tela ou malha, sendo essas mais maleáveis e leves, podendo ser confeccionada de acordo com as gramaturas e diferentes materiais, como o aço ou fio sintético conforme a figura 10.

Figura 10 - Sistema de plantio indireto com malha



Fonte: Pérez, 2016.

3.4.2 Sistema Intensivo – Parede Viva

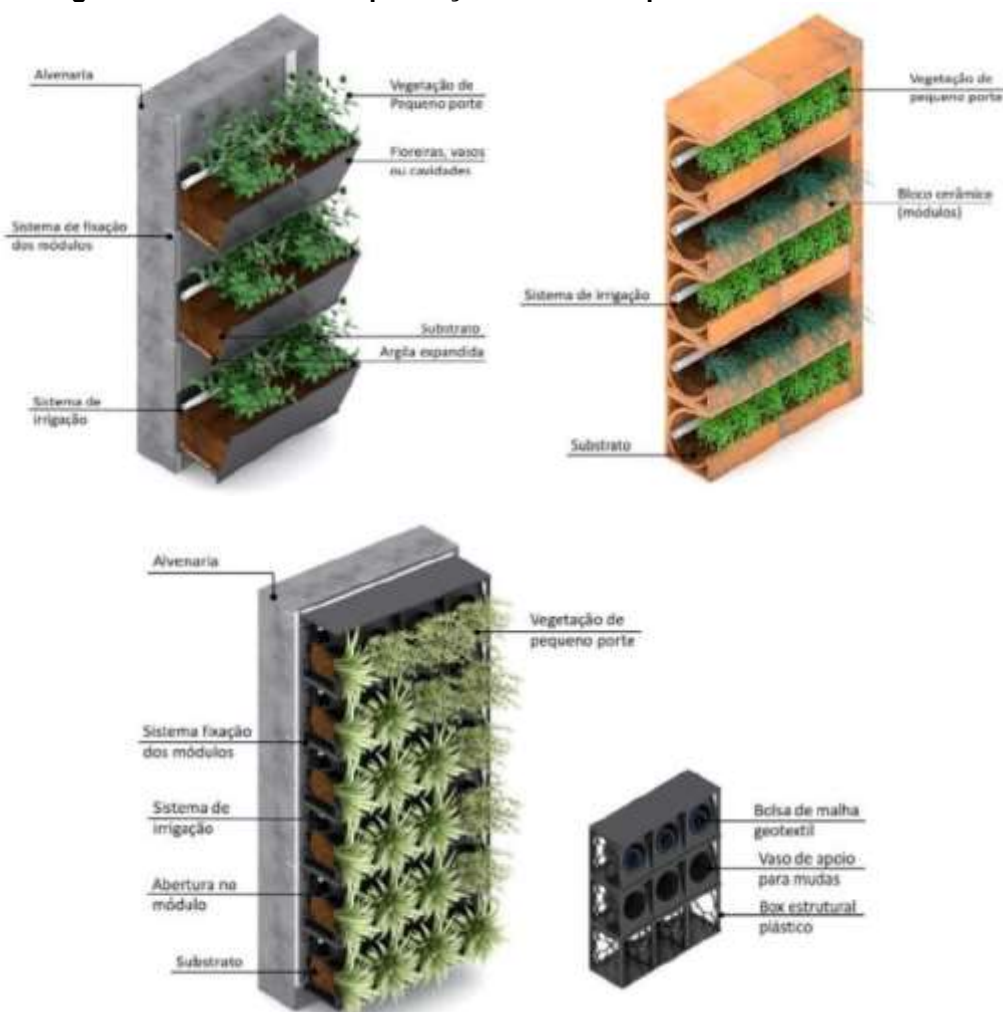
De acordo com Scherer (2018), os sistemas intensivos podem ser caracterizados pela necessidade de maiores cuidados e custos de manutenção e execução e são conhecidos como paredes vivas, sendo subdividido em parede viva contínua e parede viva modular.

Nesse sistema visa-se muito os elementos estéticos, como, por exemplo, os tons de folhagem e a floração, por isso, a escolha de espécies depende do clima de cada região sendo normalmente mais utilizadas espécies de pequeno porte. Alguns exemplos são as samambaias, bromélias e outras epífitas, e suculentas.

A parede viva pode ser chamada de sistema modular ou sistema contínuo, classificados como sistemas intensivos, se diferenciando por adotar módulos especiais para o desenvolvimento das plantas. Podem ser constituídos de painéis geotêxtis, vasos e blocos com cavidades para o substrato, sendo caracterizado por não manter o contato da raiz da planta com o solo na base da estrutura. Também, podem utilizar o sistema hidropônico, onde há apenas a irrigação com fertilizantes solúveis, sem substrato. São classificadas como:

- a) **Modular:** Na parede viva modular, utiliza-se um tipo de suporte no qual a vegetação é fixada em vasos, cavidades ou módulos contendo substrato e sistema hidropônico, podendo ser utilizadas combinações de módulos metálicos, jardineiras e treliças fixado na fachada de edificações. A vegetação terá uma área de substrato e seu crescimento limitado, facilitando a manutenção e controle de expansão figura 11 e figura 12.

Figura 11 - Sistema de implantação com vasos plásticos e blocos de cerâmica



Fonte: Scherer, 2018.

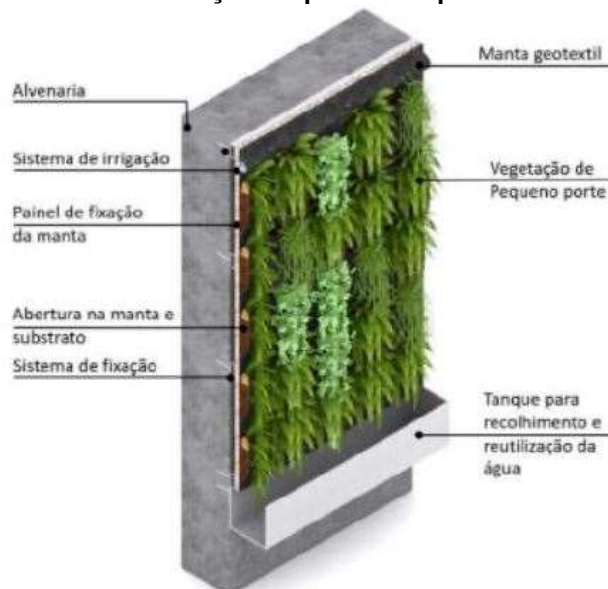
Figura 12 - Parede viva modular com módulos de madeira



Fonte: Green All Ceramic, 2021.

- b) Contínua: Técnica do Botânico Patrick Blanc, consiste no plantio de arbustos de pequeno porte ao longo de uma manta geotêxtil, previamente fixada e estruturada em uma grelha de material metálico ou de PVC (Figura 13) sem a necessidade de solo. Essa técnica pode ser empregada no interior de edificações, desde que exista iluminação, natural ou artificial (Figura 14).

Figura 13- Demonstração do plantio de parede viva contínua



Fonte: Scherer, 2018.

Figura 14- Execução da parede viva contínua com painel geotêxtil em Lisboa, Portugal



Fonte: Patrick Blanc, 2009.

3.5 ESPÉCIES DE TREPadeiras UTILIZADAS NA REGIÃO SUL DO BRASIL

De acordo com Morelli (2016), as trepadeiras são plantas de ramificação leve, flexível e permitem um crescimento apoiando-se em plantas arbóreas, arbustivas ou muros, suportes com treliças, arcos, pergolados e caramanchões.

Na primeira etapa de sua vida, o seu crescimento é lento, até que se fixem em um apoio, a partir de quando passa a crescer rapidamente alongando-se a distância entre os nós de seu caule. Sua flexibilidade varia de acordo com sua natureza: herbácea (caules verdes, frágeis e flexíveis) e semi-herbácea ou lenhosa (MORELLI, 2016).

As trepadeiras de caules flexíveis podem ser utilizadas facilmente em treliças ou em materiais de apoio para seu crescimento, sendo muito utilizadas no paisagismo, podendo ser utilizadas diretamente em muros ou em telas metálicas criando assim um muro verde.

As espécies mais comercializadas na região onde será desenvolvida a pesquisas estão apresentadas na figura 15.

Figura 15 - Trepadeiras comercializadas em Francisco Beltrão



Epipremnum pinnatum
Jibóia



Parthenocissus tricuspidata
(Hera japonesa)



Mandevilla splendens
Diplademia



Jasminum polyanthum
(Jasmim dos poetas)



Ficus pumila
(Unha de Gato)



Pyrostegia venusta
(Cipó de São Joao)

Fonte: Lorenzi e Souza, 2008.

4. MATERIAL E MÉTODOS

4.1 CARACTERIZAÇÃO DA ÁREA EXPERIMENTAL

O estudo foi realizado na Universidade Tecnológica Federal do Paraná, Câmpus Francisco Beltrão, localizada no sudoeste do Paraná (Figura 16), e foram implantados em local onde o sombreamento dos edifícios não interfira nas análises.

Figura 16- Localização geográfica da cidade de Francisco Beltrão e UTFPR-FB

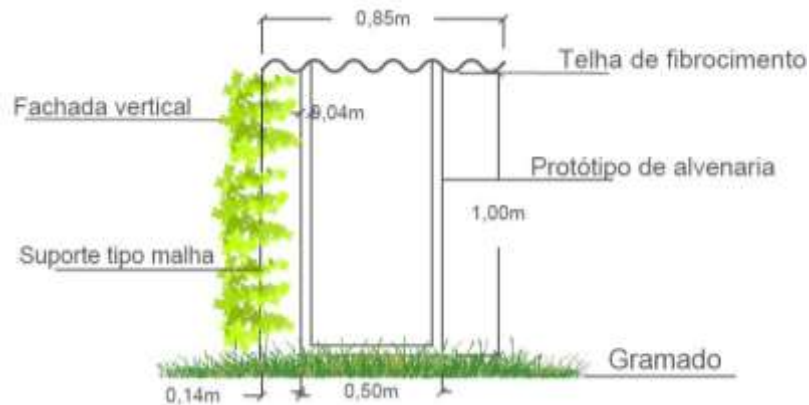


Fonte: REFATI, 2020.

4.2 ESTRUTURA E MATERIAL DO PROTÓTIPO

Os três protótipos possuem uma área de $0,25\text{m}^2$ cada, utilizando o material tipo alvenaria com $50\text{cm}\times 50\text{cm}\times 100\text{cm}$, com 4cm de espessura (Figura 17) e três telhados de fibrocimento com $0,43\text{m}^2$ cada.

Figura 17 - Vista lateral do protótipo



Fonte: Autoria própria, 2021.

Foi aplicado a fachada verde na parede norte de dois protótipos, o terceiro protótipo ficou ausente de fachada verde a fim de analisar e comparar sua eficiência com relação às outras, e por fim, foi feito uma quarta medição como condição externa, ambas as medições foram realizadas através do dispositivo termo-higrômetro. Os protótipos foram alocados em local aberto exposto ao sol (Figura 18), com uma distância de 2m entre cada um evitando o sombreamento.

Figura 18 - Protótipos com o material do tipo alvenaria localizados em sentido norte geográfico, com distância entre si de 2m



Fonte: Autoria própria, 2021.

O estudo em questão visou analisar a temperatura do ar interna, externa e umidade relativa do ar dos protótipos, de modo a verificar a eficiência do conforto térmico.

Os protótipos foram posicionados direcionados para o norte geográfico, utilizou-se uma bússola para o georreferenciamento (Figura 19), sendo possível observar que no hemisfério sul a fachada verde recebe maior incidência solar quando posicionadas na parede norte.

Figura 19 - Modelo da bússola para o georreferenciamento



Fonte: Autoria Própria, 2020.

Para a determinação da temperatura do ar interna e externa e umidade relativa do ar interna foram utilizados quatro termo higrômetros (Figura 20). Foi feita medições durante oito dias (do dia 11/03/2021 ao dia 19/03/2021) registrando o dia, a hora, temperatura do ar e umidade relativa do ar, sendo que, esse aparelho registra os dados a cada quinze minutos, e o armazenamento desses dados foi através de cartões de memória no próprio equipamento, e pode-se medir esses dados na estação do verão.

Figura 20 - Modelo do termo-higrômetro utilizado no estudo



Fonte: Autoria própria, 2021.

4.3 SELEÇÃO DAS ESPÉCIES DE TREPadeiras

A seleção de espécies para o plantio se baseou em alguns aspectos da região, selecionando-se as espécies mais utilizadas e aptas para o clima subtropical do Sul do Brasil, tendo em consideração alguns fatores, como:

- Adaptação ao clima local;
- Resistência ao inverno rigoroso;
- Altura máxima possível;
- Estrutura de fixação da vegetação trepadeira.

Foi realizado uma análise de acordo com o seu crescimento e desenvolvimento, além da disponibilidade de mudas para aquisição na região, bem como espécies que apresentam crescimento rápido.

4.4 PROCEDIMENTO DO PLANTIO DA ESPÉCIE

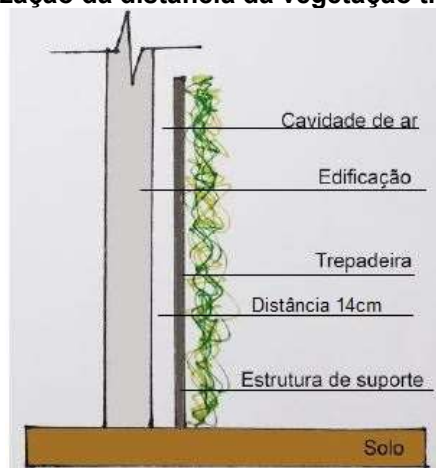
Para realizar o plantio da espécie, foi feito primeiramente o suporte do tipo malha metálica galvanizada de 2" com uma área de 1m² cada (Figura 21), foi utilizado também ripas de madeira para a confecção da fachada vertical, conforme já citado nas referências, esse suporte auxilia no crescimento da vegetação do tipo trepadeira, foi posicionado ao lado da parede dos protótipos a serem analisados, sempre respeitando a localização geográfica. Para a fixar a malha foi utilizado vigas como suporte e ripas de madeiras alocadas no chão respeitando a distância entre suporte e parede, deixando um vácuo de 14cm (Figura 22).

Figura 21- Confecção do suporte tipo malha



Fonte: Autoria própria, 2020.

Figura 22- Caracterização da distância da vegetação trepadeira a edificação



Fonte: Muñoz, 2019.

O plantio da espécie *Pyrostegia Venusta* (Cipó de São João) foi realizado (Figura 23) dentro de um recipiente de 20 litros de modo a contribuir com o crescimento das raízes, porém, posteriormente foi realizado o plantio diretamente no solo no local (Figura 24) a ser estudado, proporcionando desenvolvimento mais rápido da trepadeira, o plantio da espécie *Jasminum polyanthum* (Jasmim dos Poetas) foi feito diretamente no solo do local a ser estudado. Foi feito covas respeitando 20cm de diâmetro de acordo com a literatura e utilizou-se Cavadeira articulada - cabo de madeira redondo e o perfurador manual de solo para este fim. (Figura 25).

Figura 23- Plantio da espécie no recipiente e plantio diretamente no solo à direita da vegetação trepadeira Cipó de São João



Fonte: Autoria própria, 2020.

Figura 24- Dimensão da cova de 20cm para realizar o plantio



Fonte: Autoria própria, 2020.

Figura 25 - Cavadeira Articulada - Cabo de Madeira Redondo à esquerda e perfurador manual de solo à direita



Fonte: Google Imagens e Autoria Própria, 2021.

4.5 PROTOCOLO DE ACOMPANHAMENTO E MANUTENÇÃO DA ESPÉCIE

Após o plantio da espécie escolhida, realizou-se acompanhamento semanal das espécies. Realizou-se irrigações diárias com cerca de 16L, sempre ao final da tarde, com o auxílio de um regador manual. Além disso, procedeu-se ao controle de pragas, principalmente, formigas cortadeiras, para isso, aplicou-se formicidas ao redor da área da planta.

4.6 PROCEDIMENTO DE COLETA E TRATAMENTO DE DADOS

Foi feita uma análise estatística das médias por períodos: madrugada, manhã, tarde e noite, por oito dias no mês de março de 2021 e analisou-se a média da temperatura do ar e a média da umidade relativa do ar interna dos protótipos e da condição externa do protótipo por meio do dispositivo termo higrômetro, de modo a verificar diferenças significativas entre as variáveis para as quatro situações:

- Fachada verde contendo a espécie do Cipó de São-João na parede voltada para o norte geográfico;
- Fachada verde contendo a espécie do Jasmim dos Poetas na parede voltada para o norte geográfico;
- Protótipo com ausência de fachada verde;
- Medição em ambiente externo.

4.7 ANÁLISES ESTATÍSTICAS

Através do software profissional *RStudio*, foi feito as análises de dados desse estudo, onde o software faz combinação de análise de dados com ferramentas que visa compartilhar efetivamente produtos de dados. Com isso, para expressar os dados foi dividido em períodos entendidos como madrugada (00h00min às 05h59 min), manhã (06h00min às 11h59 min), tarde (12h00min às 17h59min) e noite (18h00min às 23h59min), realizando-se as médias de temperaturas do ar e umidades relativas do ar registradas. Logo, para facilitar o entendimento sobre o estudo os protótipos foram chamados de tratamentos:

- Cipó de São João: temperatura do ar e umidade relativa do ar do protótipo com fachada verde na parede norte;
- Jasmim dos Poetas: temperatura do ar e umidade relativa do ar do protótipo com fachada verde na parede norte;
- Sem fachada verde: temperatura do ar e umidade relativa do ar do protótipo sem fachada verde;
- Externo: temperatura do ar externa e umidade relativa do ar externa dos protótipos.

Foi aplicado o teste de normalidade e homogeneidade de Shapiro Wilk e verificamos que os dados não possuíam distribuição normal de probabilidades, logo o teste de Tukey não foi atendido para essas condições, pois, ele compara as médias das variáveis entre si, portanto, foi utilizado o teste de Kruskal Wallis e Nemenyi, pois, ele permite realizar a comparação de três ou mais grupos em amostras independentes.

A partir dos dados coletados foi possível obter a média, desvio padrão de cada tratamento nos períodos e dias determinados. Deste modo, para comparação das médias de temperaturas do ar e umidades relativas do ar dos tratamentos, por período, foi utilizado o teste não paramétrico de Kruskal-Wallis-Nemenyi, com 5% de significância.

5 RESULTADOS E DISCUSSÕES

5.1 SELEÇÃO DAS ESPÉCIES TREPADERAS

Através das pesquisas realizadas foi utilizado duas espécies da vegetação trepadeira, a primeira espécie escolhida foi a *Pyrostegia Venusta* (Cipó de São João) (Figura 26 e Figura 27).

De acordo com Lorenzi & Souza (2008), as características botânicas da *Pyrostegia Venusta* (Cipó de São João) é uma trepadeira semi lenhosa, nativa em quase todo território brasileiro e possui uma densa ramagem e folhas compostas por dois a três folíolos esverdeados com 6-8 cm de comprimento e 4-5 cm de largura, esse folíolo central se transforma em gavinhas. A Inflorescências numerosas com cerca de 15 a 20 flores tubulosas e alaranjadas com 7cm de comprimento e 1,5-20,0cm de largura, contendo também corola com cinco lobos que se curvam para trás. Sua floração se dá principalmente no inverno, entre junho e setembro, seu crescimento varia de 8 a 12 metros de comprimento, sua multiplicação é através de sementes e tem-se dificuldade por alporquia e estacas para seu desenvolvimento.

Sua distribuição geográfica é desde a Costa atlântica e sul do Brasil, podendo ser localizada também do Piauí até o Rio Grande do Sul, sul do Paraguai e nordeste da Argentina (Pool, 2008).

Seu habitat é o clima subtropical e temperado, pode ser encontrada também em altitudes na faixa entre 70 a 1300 metros, ocupa beira de matas, ambientes como barrancos, cerca de pastagens e beiras de estradas, além dos aspectos ornamentais, são utilizadas na medicina popular para tratamento de manchas brancas no corpo (leucoderma, vitiligo), seu caule é utilizado medicinalmente como tônico e antidiarreico e também como matéria-prima na confecção de cestos. Sua propagação é por meio de sementes e estacas, devem ser cultivadas em solo fértil e regas sempre a sol pleno. (CORADIN et al, 2011).

Figura 26- Espécie de Cipó de São João localizada na região de Marília, São Paulo



Fonte: Autoria própria, 2020.

Figura 27- Espécie de Cipó de São João localizada na região de Francisco Beltrão, Paraná



Fonte: Autoria própria, 2020.

Outra espécie escolhida foi a *Jasminum polyanthum* (Jasmim dos poetas), pode ser adquiridas em casas de floriculturas (Figura 28).

É uma trepadeira da família semi-herbácea da Família Oleaceae, originária da China, tem um crescimento moderado, ramificado, possuem folhas com 5-7 folíolos com ramos avermelhados, suas inflorescências são axilares ramificadas com numerosas flores perfumadas sendo brancas por dentro e rosáceas por fora. Seu período de floração entre o outono e inverno, e tolera temperaturas baixas, é cultivada a pleno sol e é adequada para ser apoiadas em suportes, tem um florescimento mais intenso em regiões de altitude menor e clima mais amenos, como no Sul do Brasil, multiplicação é feita por estacas após o florescimento, devem ser deixadas enraizar em ambiente protegido onde a umidade e temperaturas são mais elevadas (LORENZI & SOUZA, 2008). Quanto ao seu crescimento pode chegar até 6 metros.

Figura 28- Mudas da Jasmim dos Poetas em viveiro



Fonte: Viveiro verde, 2021.

Ambas as espécies foram escolhidas pois se adequam ao clima local, resistem a temperaturas mais brandas e quanto ao método de fixação, sendo fixadas através de suas gavinhas (Figura 29), pois, facilitam o desenvolvimento e fixação nas malhas ou treliças.

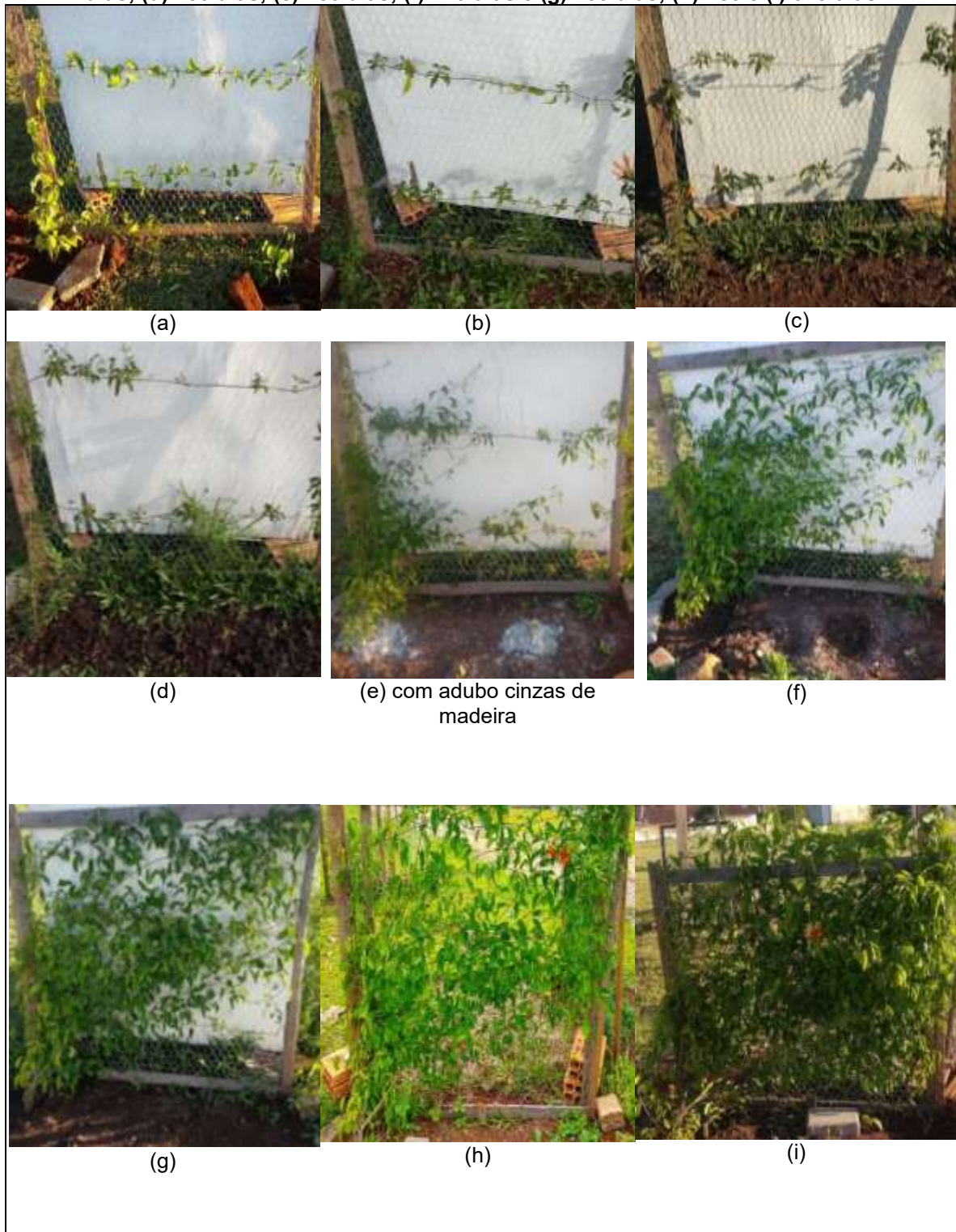
Figura 29- Estrutura de fixação da vegetação trepadeira por meio de suas gavinhas



Fonte: GreenScreen, 2021.

Pode-se observar através da figura 30 e figura 31 a evolução das duas espécies:

Figura 30- Evolução da espécie *Pyrostegia Venusta*: (a) 1 dia; (b) 30 dias; (c) 120 dias; (d) 150 dias; (e) 180 dias; (f) 210 dias e (g) 230 dias; (h) 280 e (i) 310 dias



Fonte: Autoria própria, 2021.

Figura 31- Evolução da espécie *Jasminum polyanthum*: (a) 1 dia; (b) 30 dias; (c) 60 dias; (d) 80 dias; (e) 90 dias; (f) 120 dias e (g) 180 dias; (h) 190 dias e (i) 210 dias



Fonte: Autoria própria, 2021.

Considerando as espécies selecionadas, pode-se perceber que a *Jasminum polyanthum* (*Jasmim dos Poetas*) obteve um crescimento maior em menos tempo que a *Pyrostegia Venusta* (Cipó de São João), pois, o plantio da Cipó de São João foi por meio de estacas, logo, o ideal é fazer o plantio por meio de sementes conforme a literatura cita, e quanto a Jasmim dos Poetas foi feito o plantio através de estacas, o que pode ter influenciado nessa demora de uma para outra, outro fator que deve ser levado em consideração são as regas, devendo ser feitas sempre em pleno sol. Nota-se que a *Pyrostegia Venusta* (Cipó de São João) se desenvolveu mais em questão de crescimento foliar, ambas, conforme o crescimento, foram direcionadas manualmente no suporte do tipo malha metálica galvanizada, a fim de facilitar seu desenvolvimento e o fechamento. Foi observado nesse estudo que após a adubação proveniente de cinzas de madeiras o crescimento de ambas se desenvolveu mais rapidamente, sendo observado através de crescimento foliar.

5.2 PROTOCOLO DE ACOMPANHAMENTO E MANUTENÇÃO DA ESPÉCIE

Após o plantio da espécie escolhida, foi feito um acompanhamento semanal da planta. Foi feita a irrigação manual das plantas trepadeiras através de um regador, mantendo uma irrigação diária (domingo a sábado, ao final do dia) durante 45 dias, posteriormente foram feitas regas a cada dois dias durante 45 dias, depois foi feito regas a cada 15 dias em um período de 60 dias e então, foi deixado rega através da irrigação natural como o meio a chuva.

Foi verificado se houve presença de pragas, foi feito o combate das mesmas com formicidas ao redor da área da planta, foi feita a técnica de adubagem com material orgânico a cada 30 dias (Figura 32), o NPK foi utilizado somente uma vez ao longo do período respeitando a distância de 20cm longe da raiz e a cova ao em torno de cada muda.

Foi feita adubação também com cinzas provenientes da queima de madeira do fogão à lenha para contribuir com nutrientes para o desenvolvimento da vegetação trepadeira e verificou-se um bom desempenho após essa adubação com cinzas (Figura 33).

Figura 32- Adubação com o resíduo orgânico adquirido pela compostagem da UTFPR-FB



Fonte: Autoria própria, 2020.

Figura 33- Cipó de São João à esquerda e Jasmim dos poetas à direita, ambas com adubo proveniente de cinzas de madeira



Fonte: Autoria própria, 2020.

5.3 ANÁLISES DAS TEMPERATURAS E DA UMIDADE RELATIVA

Utilizando o software *RStudio* e através do teste de Kruskall Wallis e Nemenyi, pode-se analisar as médias de temperatura e umidade para cada tratamento no período da madrugada conforme resultados da tabela 2:

Tabela 2- Média das temperaturas do ar e umidades relativas do ar para cada tratamento no período da madrugada

Madrugada			
Temperatura do ar (°C)		Umidade Relativa do ar (%)	
Tratamentos	Média e Desvio padrão	Tratamentos	Média e Desvio padrão
Cipó de São João	18,77± 2,39 a	Cipó de São João	67,49±4,88 b
Jasmim dos Poetas	18,50 ± 2,50 a	Jasmim dos Poetas	70,61±4,61 b
Sem Fachada	18,85±2,46 a	Sem Fachada	68,53±4,52 b
Externo	18,21±2,32 a	Externo	97,00±1,75 a

*Letras iguais indicam médias estatisticamente iguais pelo teste de Kruskall Wallis e Nemenyi, com 5% de significância.

Fonte: A autoria própria, 2021.

A partir desses dados é possível observar que a média da temperatura no período da madrugada não apresentou diferenças significativas entre os tratamentos. Isso indica que não há influência da fachada verde neste período. Ao analisar as médias da umidade relativa, nota-se que o tratamento Externo se diferenciou dos demais com 97%UR, no entanto, a ausência ou presença de vegetação apresentou médias de umidade relativa estatisticamente iguais para o período da madrugada, porém, ao analisar numericamente, nota-se que a Jasmim nos Poetas apresentou 3,1%UR melhor que a Cipó de São João, garantindo então um maior rendimento de umidade relativa do ar e a Jasmim dos Poetas apresentou uma diferença de até 2,1%UR em relação ao tratamento sem fachada.

A Tabela 3 apresenta uma síntese para o parâmetro temperatura do ar e umidade relativa do ar no período da manhã:

Tabela 3 - Média das temperaturas do ar e umidade relativa do ar para cada tratamento no período da manhã

Manhã			
Temperatura do ar (°C)		Umidade Relativa do ar (%)	
Tratamentos	Média e Desvio padrão	Tratamentos	Média e Desvio padrão
Cipó de São João	24,80±0,94 a	Cipó de São João	66,65±6,03 b
Jasmim dos Poetas	24,56±0,97 a	Jasmim dos Poetas	71,56±5,60 bc
Sem Fachada	24,60±1,06 a	Sem Fachada	72,04±4,78 bc
Externo	23,45±2,32 a	Externo	82,88±10,33 ac

*Letras iguais indicam médias estatisticamente iguais pelo teste de Kruskal Wallis e Nemenyi, com 5% de significância.

Fonte: Autoria própria, 2021.

Analisando a temperatura do ar, nota-se que as médias dos tratamentos foram iguais estatisticamente e evidencia que a presença ou ausência de fachada verde é equivalente a temperatura de um ambiente externo. Para a umidade, nota-se o tratamento Externo obteve a maior média com 82,3%UR e analisando os valores entre o Cipó de São João e Jasmim dos Poetas há uma diferença observada entre esses tratamentos de até 4,9%UR. Ao analisar a presença de fachada verde e ausência, tem-se uma diferença observada de até 5,4%UR.

A Tabela 4 apresenta uma síntese para o parâmetro temperatura do ar e umidade relativa do ar no período da tarde:

Tabela 4 - Média das temperaturas do ar e umidades relativas do ar para cada tratamento no período da tarde

Tarde			
Temperatura do ar (°C)		Umidade Relativa do ar(%)	
Tratamentos	Média e Desvio padrão	Tratamentos	Média e Desvio padrão
Cipó de São João	37,26±2,19 ac	Cipó de São João	40,62±9,92 a
Jasmim dos Poetas	37,24±2,06 ac	Jasmim dos Poetas	44,82±9,18 a
Sem Fachada	39,68±2,31 a	Sem Fachada	43,18±7,56 a
Externo	35,93±3,18 bc	Externo	46,51±15,40 a

*Letras iguais indicam médias estatisticamente iguais pelo teste de Kruskal Wallis e Nemenyi, com 5% de significância.

Fonte: Autoria própria, 2021.

Para a temperatura do ar, nota-se que, ambos os tratamentos Cipó de São João e Jasmim dos poetas apresentaram um média bem próximas com 37,26°C e 37,24°C, respectivamente. A maior temperatura do ar foi do tratamento sem fachada atingindo uma média de 39,68°C, evidenciando que o uso da fachada verde pode diminuir em até ± 2,4°C em um ambiente interno.

No estudo de Refati (2020), com as condições semelhantes a este trabalho, porém com espécies diferentes foi registrado a temperatura diurna para a estação

verão, com a ausência de fachada verde em média foi de 28,6°C e com fachada verde apresentou uma média de 26,5°C, demonstrando então uma diferença entre até 2,1°C.

Para a umidade relativa os tratamentos tiveram médias próximas de acordo com a análise estatística, porém, ao analisar os dados entre os tratamentos Cipó de São João e Jasmim dos Poetas nota-se uma diferença de até 4,2%UR. Em relação a presença de fachada verde e ausência, nota-se a diferença de até 2,7%UR. Analisando a relação entre os tratamentos, teve-se uma diferença entre ambos de até 5,9%UR.

Um estudo de Pérez et al (2017), demonstrou que houve uma redução da temperatura superficial de até 16,4°C de uma fachada vegetada, apresentando em uma economia de energia elétrica de até 34%, indicando que esse potencial pode atuar como um sistema de resfriamento, esses resultados foram significativos para três orientações no hemisfério norte.

Em relação a umidade relativa, para Refati (2020), a diferença observada entre os ambientes foi de 6,0%UR.

A Tabela 5 apresenta uma síntese para o parâmetro temperatura do ar e umidade relativa do ar no período da noite:

Tabela 5 - Média das temperaturas e umidade para cada tratamento no período da noite

Noite			
Temperatura do ar (°C)		Umidade Relativa do ar (%)	
Tratamentos	Média e Desvio padrão	Tratamentos	Média e Desvio padrão
Cipó de São João	28,28±2,50 a	Cipó de São João	51,48±7,65 b
Jasmim dos Poetas	27,97±2,45 a	Jasmim dos Poetas	54,99±6,68 b
Sem Fachada	29,02±2,57 a	Sem Fachada	51,78±6,64 b
Externo	26,06±2,46 a	Externo	73,27±9,34 a

*Letras iguais indicam médias estatisticamente iguais pelo teste de Kruskal Wallis e Nemenyi, com 5% de significância.

Fonte: Autoria própria, 2021.

Para a variável ambiental de temperatura nota-se que os tratamentos Cipó de São João e Jasmim dos poetas tiveram valores bem próximos com 28,28°C e 27,97°C, respectivamente. Analisando o tratamento sem fachada, pode-se notar que teve a maior média de temperatura do ar, atingindo 29,02°C, com isso, evidencia que há uma diferença de até 1,9°C entre a presença de fachada verde e ausência para o período noturno.

Nos estudos de Refati (2020), os dados em sua pesquisa para a média da temperatura noturna sem a ausência de fachada verde foi de 26,9°C e com a fachada verde apresentou uma média 26,1 °C, com isso diferença de até 1°C evidenciando assim que, o uso da fachada verde influência na termorregulação do ambiente interno para o período noturno.

Analisando os dados de umidade relativa do ar, nota-se que a Jasmim dos Poetas obteve 54,99%UR, e quando comparado com a Cipó de São João teve uma diferença de até 3,51%UR. Analisando os parâmetros de presença e ausência de fachada, é possível observar uma diferença de até 3,21%UR.

Foi verificado diferentes efeitos da umidade do ar relativa em virtude das espécies estudadas, sendo que, no verão a *Thunbergia grandiflora* (Tumbérgia Azul) proporcionou no aumento de aproximadamente 5,5% de umidade relativa do ar (MORELLI, 2016).

6 CONCLUSÃO

Este estudo sugere que ambas as espécies podem ser utilizadas e apresentaram boas condições de crescimento para os períodos analisados, mesmo sendo espécies que necessitam de pleno sol para seu desenvolvimento, conseguiram suportar quando houve temperatura muito branda, algumas folhas caíram, porém, as espécies não morreram, notou-se que a Jasmim-dos-Poetas obteve um crescimento mais rápido em um período de tempo menor.

As espécies necessitaram de poucos cuidados referente a podas, houve necessidade de direcionar e conduzir as folhas para que suas gavinhas se fixassem na malha no seu estágio inicial sendo que a caracterização da distância entre fachada verde e a parede do protótipo de 14cm facilitou em realizar a condução das gavinhas.

A estrutura do suporte do tipo malha metálica galvanizada 2" foi adequado para o modo fachada verde indireta.

De acordo com os resultados obtidos em relação a temperatura do ar, pode-se notar que, para os períodos da madrugada e manhã, a presença ou ausência de fachada verde não obteve diferença significativa de temperatura em relação quanto à espécie e para a variável ambiental umidade relativa teve uma diferença de até 2,1%UR e 5,4%UR, respectivamente.

Analisando o período da tarde, no fator temperatura, o tratamento "sem fachada" teve a maior média, se destacando das demais chegando a 39,68°C, o que nos demonstra que utilizar a fachada verde pode reduzir em até $\pm 2,4^\circ\text{C}$ de temperatura em um ambiente interno e uma diferença de até 5,9%UR entre os tratamentos, influenciando assim um conforto térmico mais agradável.

E no período noite, houve uma redução de até $\pm 1,9^\circ\text{C}$ da temperatura interna utilizando a fachada verde, e uma redução de até 3,2%UR.

Notou-se também que a espécie *Jasminum polyanthum* (Jasmim dos Poetas) apresentou melhor eficiência em relação a temperatura do ar e umidade relativa do ar se comparado com a *Pyrostegia Venusta* (Cipó de São João).

As vantagens da utilização da fachada verde relaciona-se, quanto ao tempo do seu crescimento e o tipo de suporte utilizado, devem ser levado em consideração esses fatores bem como a escolha da parede a ser implantada e a posição solar, onde deve-se existir todo um projeto para que a fachada verde tenha uma eficácia

melhor, com isso, o projeto pode ser ajustado a diversas situações, afim de minimizar o uso de condicionadores de ar, outra vantagem, é que a estrutura é fácil e de rápida montagem e não demanda grandes investimentos.

Através dessa pesquisa pode-se demonstrar potencialidade no uso das espécies trepadeiras *Pyrostegia venusta* e a *Jasminum polyanthum* nas fachadas verticais, auxiliando na redução de temperatura interna e manutenção de índices de umidade relativa do ar, esses efeitos direcionou os objetivos de conforto térmico mais agradáveis e proporciona meios de uma bioclimática mais sustentável afim de reduzir o consumo de energia elétrica melhorando a eficiência energética dos ambientes em relação a climatização.

REFERÊNCIAS

- ASSOCIAÇÃO BRASILEIRA DE NORMAS TÉCNICAS (ABNT). **Desempenho Térmico de edificações**: NBR 15220. Rio de Janeiro: ABNT, 2005.
- ASSOCIAÇÃO BRASILEIRA DE NORMAS TÉCNICAS (ABNT). **Informação e documentação — Trabalhos acadêmicos — Apresentação**: NBR 14724. Rio de Janeiro: ABNT, 2011.
- ARTE VEGETAL. **Trepadeiras**. Disponível em: <<http://www.artevegetal.com.br/trepadeiras/>> Acesso em 07. nov. 2019.
- AXARLI, Kleo; EMORFOPOULOU, Ekaterini. **Energy efficient vegetation design for temperate climate**. In: 18^o International Conference on Passive and Low Energy Architecture. Florianópolis. 2001.
- BACK, Adalberto Gregório. **Urbanização, planejamento e mudanças climáticas: desafios da capital paulista e da Região Metropolitana de São Paulo / Adalberto Gregório Back**. -- São Carlos: UFSCar, 2016. 218 p.
- BLANC, Patrick. **Vertical Garden**. Disponível em: <<https://www.verticalgardenpatrickblanc.com/>> Acesso em 10. mai. 2021.
- COMA, Júlia.; et al. **Vertical greenery systems for energy savings in buildings: A comparative study between green walls and green facades**. Elsevier, 2016.
- CORADIN, Lídio.; et al. **Espécies nativas da flora brasileira de valor econômico atual ou potencial: plantas para o futuro – Região Sul / Lídio Coradin; Alexandre Siminski; Ademir Reis**. – Brasília: MMA, 2011. 934p.: il. color.; 29cm.
- DE PAULA, R.Z.R.; **A Influência da Vegetação no Conforto Térmico do Ambiente Construído**. Dissertação de Mestrado, Campinas, SP. 2004. Faculdade de Engenharia Civil, Arquitetura e Urbanismo – Universidade Estadual de Campinas – UNICAMP
- DUNNETT, Nigel; KINGSBURY, Noël. **Planting Green Roofs and Living Walls**. Portlando: Timber Press, 2004.
- ECOTELHADO. Disponível em: <<https://ecotelhado.com/>> Acesso em 12. mai. 2021.
- ESTEVEES, Mariana N. **Estudo Comparativo de impacto de consumo de edifícios certificados LEED e PROCEL**. Trabalho de Conclusão de Curso, Universidade de Brasília, Brasília, 2016.
- Environmental Protection Agency - EPA, U. S.; **Reducing Urban Heat Islands: Compendium of Strategies - Urban Heat Island Basics**. 2008. Disponível em: <<https://nepis.epa.gov/Exe/ZyPURL.cgi?Dockkey=P100RPJ6.txt>> Acesso em 25 de mar de 2021.

FERREIRA, M. L. **Ferramentas ambientais aplicadas ao planejamento de cidades sustentáveis: da geoconservação às adaptações às mudanças climáticas**/ Maurício Lamano Ferreira (orgs). 1 ed. – Tupã: ANAP, 2021.

FLORES, Cultura mix. **Unha-de-Gato: A Trepadeira De Folhas Finas e Aderentes**. Disponível em: <<https://flores.culturamix.com/informacoes/unha-de-gato-a-trepadeira-de-folhas-finas-e-aderentes>> Acesso em 05. mai. 2021.

FROTA, A. B.; et al. **Manual de conforto térmico: arquitetura, urbanismo / 5. ed.** São Paulo: Studio Nobel, 2001.

GIVONI, Baruch. **Climate Considerations in Building and Urban Design**. New York: Vnr, 1998.

GREEN WALL CERAMIC. **Stand Expo Revestir 2016**. Disponível em: <<http://www.greenwallceramic.com.br/album/66>> Acesso em 25 jan. 2021.

GREEN SCREEN. **Projects & photo gallery**. Los Angeles. Estados Unidos, 2019. Disponível em: <<https://greenscreen.com/projects/photo-gallery/>> Acesso em 25. Mar, 2021.

HUNTER, et al. **Quantifying the Thermal the Performance of green façades: A critical review**. In: Ecological Engineering, Elsevier, vol. 63, p. 102-113, 2014.

INSTITUTO AMBIENTAL DO PARANÁ (IAPAR). **Médias Históricas - Francisco Beltrão**. Disponível em: <http://www.idrparana.pr.gov.br/system/files/publico/agrometeorologia/medias-historicas/Francisco_Beltrao.pdf> Acesso em 01. fev. 2021.

IAPAR. INSTITUTO AMBIENTAL DO PARANÁ (IAPAR). **Atlas Climático**. Disponível em: <<http://www.idrparana.pr.gov.br/Pagina/Atlas-Climatico#>> Acesso em 01. fev. 2021.

Instituto Brasileiro de Geografia e estatística (IBGE). **Francisco Beltrão**. Disponível em: <<https://www.ibge.gov.br/cidades-e-estados/pr/francisco-beltrao.html>> Acesso em 01. Fev. 2021.

Instituto Paranaense de Desenvolvimento Econômico e Social (IPARDES). **Caderno Estatístico Município de Francisco Beltrão**, 2019.

KALANI, K.W.D.C.D.; CHOW, C.L. **Studying the potential of energy saving through vertical greenery systems: Using Energy Plus simulation program**. Department of Architecture and Civil Engineering, City University of Hong Kong, China. Elsevier, 2016.

KÖHLER, Manfred. **Green facades – a view back and some visions**. Urban Ecosyst. N 11, p 423-436, 2008.

LAMBERTS, R. et al. **Eficiência energética na arquitetura**. Rio de Janeiro: PROCEL, 2014. Disponível em: <<http://www.labee.ufsc.br/publicacoes/livros>> Acesso em 20 jan. 2021.

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

LORENZI, Harri, **Plantas ornamentais no Brasil: arbustivas, herbáceas e trepadeiras**/ Harri Lorenzi, Hermes Moreira de Souza; computação gráfica Henrique Martins Lauriano. – 4. Ed. Nova Odessa, SP: Instituto Plantarum, 2008.

LUEDERITZ, D. J.; LANG, H. Von Wehrden, **A systematic review of guiding principles for sustainable urban neighborhood development, Landsc. UrbanPlan**. 118 (October) (2013) 40–52. Disponível em: <<https://doi.org/10.1016/j.landurbplan.2013.06.002>> Acesso em 25. Mar. 2021.

MORAIS, H. et al. **Conforto térmico humano no estado do Paraná**. REVISTA GEONORTE, Edição Especial 2, V.2, N.5, p. 271 – 278, 2012.

MORELLI, D. D. O. **Desempenho de Paredes Verdes como Estratégia Bioclimática**. Tese de Doutorado. Universidade Estadual de Campinas, Campinas, 161p., 2016.

MOTTIN, M. H. **Isolamento térmico em fachadas pelo exterior: redução do consumo energético da edificação para fins de conforto térmico**. Trabalho de conclusão de curso. Centro Universitário UNIVATES, Lajeado, 2015.

MUÑOZ, L. S. et al. **Desempenho térmico de jardins verticais de tipologia fachada verde**. PARC Pesquisa em Arquitetura e Construção, Campinas, SP, v. 10, p. e019013, mar. 2019. ISSN 1980-6809. Disponível em: <<https://periodicos.sbu.unicamp.br/ojs/index.php/parc/article/view/8652775>> Acesso em 25. Mar. 2021.

MUÑOZ, L. S. **Potencial amenizador térmico de jardim vertical do tipo fachada verde indireta: estudos com diferentes espécies de trepadeiras** / Luiza Sobhie Muñoz, 2019 146 f.: il.

NITSCHKE, R. P. **Atlas climático do estado do Paraná** [recurso eletrônico] / Pablo Ricardo Nitsche... [et al.]. – Londrina (PR): Instituto Agrônômico do Paraná, 2019. 210 p.: map. tab. color.

PÉREZ, Gabriel. **Façanes vegetades: estudi del seu potencial com a sistema passiu d'estalvi d'energia, em clima mediterrani continental**. Tese (doutorado). Programa de Doctorado Àmbits de Recerca de la Construcció i l'Energia a l'Arquitectura. Universitat Politècnica de Catalunya, Barcelona, 2010.

PÉREZ, G. et al. **Green facade for energy savings in buildings: The influence of leaf area index and facade orientation on the shadow effect**. Applied

- Energy, n. 187, p. 424–437, 2017. Disponível em:
<<https://doi.org/10.1016/j.apenergy.2016.11.055>> Acesso em 01 mar. 2021.
- PERINI, K. et al. **The use of vertical greening systems to reduce the energy demand for air conditioning. Field monitoring in Mediterranean climate.** Energy and Buildings, n. 143, p. 35–42, 2017. Disponível em:<<https://doi.org/10.1016/j.enbuild.2017.03.036>> Acesso em 01 mar. 2021.
- PINHEIRO, A. C. F. B. **Conforto ambiental: iluminação, cores, ergonomia, paisagismo e critérios para projetos** / Antônio Carlos da Fonseca Braganca Pinheiro, Marcos Crivelaro. – 1. ed. – São Paulo: Érica, 2014.
- POOL, A. **A review of the genus *Pyrostegia* (Bignoniaceae).** Ann. Missouri Bot. Gard., v. 95, p. 495-510, sep. 2008.
- PORTAL, São Francisco. **Jardins Suspensos da Babilônia.** Disponível em:
<<https://www.portalsaofrancisco.com.br/historia-geral/jardinssuspensos-da-babilonia>> Acesso em 23. abr. 2021.
- REFATI, K. K. P. **Cortina verde com diferentes espécies de trepadeiras e os efeitos termo higrométricos em um ambiente.** Dissertação. Universidade Tecnológica Federal do Paraná, 2020.
- REVEST IN CENA. **Fachada verde.** Disponível em:
<<http://revestincena.com.br/materias.php?id=64>> Acesso em 23. abr. 2021.
- ROMERO, Marta Adriana Bustos. [et al.]. **Mudanças climáticas e ilhas de calor urbanas – Projeto Pesquisa intitulado “Estudos sobre a relação entre mudanças climáticas e ilhas de calor urbanas em Brasília.** Universidade de Brasília, Faculdade de Arquitetura e Urbanismo, 2019 – 1ª edição / Editora ETB. 151 p.:il formato: 21 x 29,7 cm
- SAFIKHANI, Tabassom. et al. **A review of energy characteristic of vertical greenery systems. Department of Architecture, Faculty of Built Environment, University Teknology Malaysia (UTM), Johor, Malaysia.** Elsevier, 2014.
- SANTOS, Alipson de Assis Melo dos. **Ilha de Calor Urbana: Uma Proposta de Atividade Investigativa Baseada na Utilização da Placa Arduino/** Alipson de Assis Melo dos Santos - Rio de Janeiro: UFRJ / IF, 2016.
- SANTOS, Francisco Cunha. **Uso de vegetação na envolvente vertical dos edifícios.** Universidade do Porto, Porto, Portugal, 2017.
- SCALABRIN, Ediane Cristina Daleffe. **Mapeamento da susceptibilidade de movimentos de massa no perímetro urbano da cidade de Francisco Beltrão – Paraná** / Ediane Cristina Daleffe Scalabrin, -- 2016. 176f.; il; 30 cm
- SHINZATO, Paula. **Impacto da vegetação nos microclimas urbanos em função das interações solo-vegetação-atmosfera** / Paula Shinzato. --São Paulo, 2014.205p.: il.

SCHERER, Minéia Johann. **Cortinas Verdes na arquitetura: desempenho no controle solar e na eficiência energética de edificações/** Minéia Johann Scherer – Porto Alegre, RS: [s.n.], 2014.

SCHERER, M.J.; FEDRIZZI, B.; **Determinação do Percentual de Área de Abertura na Fachada (PAF) em Proteções Solares com Vegetação – Cortinas Verdes.** Encontro Nacional de Conforto no Ambiente Construído XII ENCAC. Encontro Latino americano de Conforto no Ambiente Construído VIII ELACAC. Brasília-DF, 2013.

SCHERER, M. J.; et al. **Envoltórias vegetadas aplicadas em edificações: benefícios e técnicas.** Revista de Arquitetura IMED, Passo Fundo, v. 7, n. 1, p. 84-101, out. 2018. ISSN 2318-1109. Disponível em: <<https://doi.org/10.18256/2318-1109.2018.v7i1.2693>> Acesso em: 21 jan. 2019.

SCHERER, Minéia Johann. **Envoltórias vegetadas aplicadas em edificações: benefícios e técnicas.** Disponível em: <<https://seer.imed.edu.br/index.php/arqimed/rt/prINTERfriendly/2693/1871>> Acesso em 15. nov. 2019.

STYLEPARK. **Anatomia da fachada verde.** Disponível em: <<https://www.stylepark.com/en/news/anatomy-of-a-green-facade>> Acesso em 05. nov. 2019.

VIVEIRO VERDE. **Jasmim dos poetas.** Disponível em: <<http://www.viveiroverdemudas.com.br/produtos/jasmim-dos-poetas>> Acesso em 06. mai. 2021.

VIEIRA, E. F. **Conforto Térmico com uso de Partículas de Vidro Incorporado a Tinta.** 2019. 42 p. Trabalho de Conclusão de Curso (Bacharelado em Engenharia Ambiental). Universidade Tecnológica Federal do Paraná. Francisco Beltrão, 2019.

WONG, Irene.; Baldwin, Andrew N. **Investigating the potential of applying vertical green walls to high-rise residential buildings for energy-saving in sub-tropical region.** National Centre for International Research of Low-carbon and Green Building, Chongqing University, Chongqing, China, 2016.