

Cortina-verde: estratégia bioclimática viável para Habitações de Interesse Social (HIS)

Green curtain: viable bioclimatic strategy for Social Housing

Cortina verde: estrategia bioclimática viable para Vivienda de Interés Social

Renata Serafin de Albernard

Arquiteta Mestre, UFSM, Brasil
renata.albernard@gmail.com

Minéia Johann Scherer

Professora Doutora, UFSM, Brasil
mineia.scherer@ufsm.br

Luísa Berwanger

Mestranda, UFSM, Brasil
luisaberwanger.arq@gmail.com

RESUMO

Inúmeras pesquisas ressaltam o uso da vegetação como estratégia de conforto térmico devido a sua capacidade de umidificação, barrar parcialmente radiação, proporcionar sombra e, assim, minimizar temperaturas reduzindo consumo energético. O objetivo principal da pesquisa é averiguar a viabilidade da implantação de uma cortina verde na realidade de habitações de interesse social (HIS), por meio de métodos quantitativos e qualitativos. Assim, descreveu-se implantação de cortina verde em HIS, quantificaram-se os custos de execução e foram registradas e comparadas temperaturas das fachadas com e sem essa. Os objetos de estudo localizam-se na cidade Santa Maria, RS, no residencial Leonel Brizola. Para análise, definiu-se duas edificações unifamiliares, térreas, geminadas duas a duas, com fachada oeste livre. Utilizou-se modelo de cortina verde com corda elástica, com implantação da espécie Glicínia. Realizou-se registro térmico semanal durante o mês de fevereiro de 2021, com a câmera FLIR TG165. Os principais resultados foram que a escolha do tipo de cortina verde foi adequada, devido seu baixo custo e não requerer reposição de elementos. O custo geral para a instalação totalizou aproximadamente R\$532,00, cerca de 0,8% do valor do imóvel. As imagens térmicas do objeto com cortina verde mostram crescimento constante dessa durante o período analisado (atuando como barreira térmica em porção do envelope), assim como registro de temperatura média superficial 2,8°C inferior à fachada sem proteção, sendo as diferenças mínima e máxima, respectivamente, 2,1°C e 4°C. Conclui-se que o modo de implantação da cortina foi preciso e com nível de dificuldade baixo, envolvendo poucos recursos humanos.

PALAVRAS-CHAVE: Estratégia bioclimática. Cortina-verde. Custo-benefício.

SUMMARY

Many studies highlight the use of vegetation as a thermal comfort strategy due to its ability to humidify, partially block radiation, provide shade and minimize temperatures by reducing energy consumption. The main objective of the research is to investigate the feasibility of implementing a green curtain in the reality of social housing, through quantitative and qualitative methods. Thus, the implementation of a green curtain in HIS was described, the execution costs were quantified and the temperatures of the facades with and without it were recorded and compared. The objects of study are located in the city of Santa Maria, RS, in the residential Leonel Brizola. For analysis, two single-family buildings, single-story, twinned two by two, with a free west facade were defined. A green curtain model with elastic cord was used, with implantation of Glicínia species. A weekly thermal recording was carried out during the month of February 2021, with the FLIR TG165 camera. The main results were that the choice of the type of green curtain was adequate, due to its low cost and not requiring elements replace. The general cost for the installation was around R\$532.00, 0.8% of the value of the property. The thermal images of the object with the green curtain show constant growth during the analyzed period (acting as a thermal barrier in part of the envelope), as well as a record of average surface temperature 2.8°C lower than the unprotected facade. It is concluded that the method of implantation of the curtain was precise.

KEYWORDS: Bioclimatic strategy. Greencurtain. Cost benefit.

RESUMEN

Numerosos estudios destacan el uso de vegetación como estrategia de confort térmico por su capacidad de humedecer, bloquear parcialmente la radiación, sombrear y minimizar las temperaturas al reducir el consumo energético. El objetivo principal es investigar la factibilidad de implementar una cortina verde en la realidad de la vivienda social, a través de métodos cuantitativos y cualitativos. Así, se describió la implementación de una cortina verde, se cuantificaron los costos de ejecución y se registraron y compararon las temperaturas de las fachadas con y sin ella. Los objetos de estudio están ubicados en la ciudad de Santa María, RS, en el residencial Leonel Brizola. Para el análisis se definieron dos edificios unifamiliares, de una sola planta, hermanados dos a dos, con fachada libre oeste. Se utilizó un modelo de cortina verde con cordón elástico, con implantación de especie Glicínia. Se realizó registro térmico semanal durante el mes de febrero de 2021, con la cámara FLIR TG165. Los principales resultados fueron que la elección del tipo de cortina verde fue adecuada, debido su costo y no requerir reposición de elementos. El costo general de la instalación fue de alrededor de R\$ 532,00, 0,8% del valor de la propiedad. Las imágenes térmicas del objeto con la cortina verde muestran crecimiento constante durante el periodo analizado (actuando como barrera térmica en parte de la envolvente), así como un registro de temperatura superficial media 2,8°C inferior a la de la fachada desprotegida. Se concluye que el método de implantación de la cortina fue preciso.

PALABRAS CLAVE: Estrategia bioclimática. Cortina verde. Costo beneficio.

1 INTRODUÇÃO

O ambiente construído é o local onde o ser humano desempenha atividades como moradia, alimentação, trabalho e lazer. Esses espaços são abrigos de longa permanência nos quais o usuário habita. Atualmente, muitos projetos buscam resgatar a conexão do ambiente interno construído com a natureza, frente a existência de espaços inadequados, despreocupados com aspectos como a luz natural, ventilação, materiais naturais, vegetação e vistas (KELLERT; CALABRESE, 2015). O uso da vegetação nessa busca vem aumentando, exemplificados, principalmente, em projetos relacionados a coberturas verdes e jardins verticais. O Brasil é um país com médias anuais de irradiação relativamente altas, que apresenta picos durante a Primavera sobre as regiões Nordeste e Centro-Oeste, e durante o Verão, na região Sul e Nordeste, segundo o Instituto Nacional de Pesquisas Espaciais – INPE (2017). Com predomínio da estação quente em ampla parte do país, há grande esforço em manter as edificações agradáveis termicamente, o que, muitas vezes, acarreta maior consumo de energia elétrica para que se alcance esse conforto e necessidade.

Desde residências, escolas, hospitais até escritórios, todos ocupantes e usuários buscam o bem-estar ao permanecerem nesses ambientes. Entretanto, a realidade, muitas vezes, impede parte da população de alcançar esse grau de conforto que está atrelado ao poder aquisitivo, seja em adquirir equipamentos de climatização ou conseguir arcar com os custos do consumo e também à arquitetura das edificações, que trazem projetos, muitas vezes, mal elaborados, não respeitando a característica de cada região do país. Estudos comprovam que para obter-se uma construção eficiente é importante levar em consideração a análise de muitas variáveis, como o clima, características locais, orientação solar, direção dos ventos, entre outros. Além disso, é importante considerar as diretrizes apontadas para a zona climática em que se está projetando, a qual carece de soluções construtivas únicas. Dessa forma, sabe-se que com “o uso da climatologia é possível obter uma construção eficiente sem alterar os custos” (JACOSKI, C. A.; DREHER, A. R.; MEDEIROS, 2016, p.157).

Apesar dos diferentes climas existentes no Brasil, a preocupação com o conforto térmico por calor é algo que deve ser pensado para todas as regiões, visto que, mesmo nas regiões com clima subtropical, como a região sul do país, as médias das temperaturas máximas absolutas durante o período de verão podem ser maiores que 39 °C, conforme Wrege (2012). Inúmeras pesquisas ressaltam o uso da vegetação como estratégia de conforto térmico, pois as plantas conseguem umidificar os ambientes, barrando parte da radiação, proporcionando sombra e, conseqüentemente, minimizando as temperaturas e reduzindo o consumo energético (MASCARÓ & MASCARÓ, 2005). O mecanismo, conhecido como evapotranspiração, promove o aumento da umidade do ar na medida em que a folhagem da planta consegue absorver parte da radiação solar transformando em calor latente e vapor de água (MUÑOZ, L. S. et al., 2019).

Quando aplicadas às edificações, elementos com vegetação são comumente chamados de envoltórias vegetadas, constituindo fechamentos, revestimentos ou outros componentes construtivos nos quais a vegetação é o elemento principal (SCHERER; ALVES; REDIN, 2018). Juntamente com outras camadas, conformam um elemento que pode ser executado de diversas maneiras, utilizando variadas técnicas, as quais estão relacionadas, diretamente, ao custo e à execução.

Tais envoltórias vegetadas podem ser implantadas por meio de coberturas vivas, também chamadas de telhados vegetados, que são um tipo de fechamento verde superior das

edificações, e jardins verticais, também chamados de paredes vegetadas, os quais se referem à vegetação que cresce de forma vertical juntamente ou afastada à edificação, conforme Loh (2008). O elemento de estudo da pesquisa é a cortina verde, classificada como uma das variações de jardim vertical. De acordo com a bibliografia, o termo que se refere à aplicação da vegetação nos fechamentos verticais da edificação, pode ser referido de maneiras distintas de acordo com os autores, como: jardins verticais, paredes verdes, paredes vivas, biowall, sistema de vegetação vertical, fachadas verdes e cortinas verdes (SCHERER, 2014; MANSO; CASTRO-GOMES, 2015).

De acordo com essa classificação, a cortina verde pode ser considerada um jardim vertical extensivo, do tipo fachada verde, indireta, com trepadeiras que crescem auxiliadas por suportes do tipo grelha ou cabos. Dessa forma, as cortinas verdes surgem como uma alternativa às estratégias convencionais e tecnológicas de controle da incidência solar para verão com o objetivo de tornar as edificações mais agradáveis. Ainda, as cortinas verdes podem proporcionar economia de energia nas edificações, dependendo da espécie utilizada, do clima e da edificação, uma vez que controlam a incidência solar, segundo Ivanissevich (2016). Para climas subtropicais com estação quente e fria, a cortina verde também mostra-se uma alternativa viável, uma vez que podem serem utilizadas espécies vegetais decíduas, as quais “estão cobertas de folhas nos meses mais quente do verão, após o solstício, mas caducas e relativamente transparentes no equinócio de primavera e no mês seguinte” (BROWN, DEKAY, 2007:167). Por possuírem folhas de vida útil mais curta, perdendo essas no período frio e permitindo passagem de radiação solar, “funcionam como elemento de proteção solar adequados a cada estação do ano”, conforme Keeler e Vaidya (2018:134).

Instaladas próximas ao envelope das edificações, as cortinas verdes permitem contato do usuário com a vegetação, seja para manejo (irrigação, poda, aplicação de insumos, reposição de mudas) ou apreciação (tato, olfato, visão). Essa proximidade traz benefícios psicológico, físicos e de bem-estar aos usuários. A permanência prolongada em ambientes fechados, seja residencial ou de trabalho, é uma realidade reforçada pelo cenário atual de pandemia (COVID-19), que tem limitado o uso de espaços públicos e contribuído para o “crescimento de uma cultura de inquietação, aumento do estresse e elevados níveis de ansiedade”, segundo Casamassima (2020:01).

Grande parte do ato de sentir-se bem dentro de uma habitação está ligada ao grau de conforto térmico que o ambiente nos proporciona. Para Lamberts et al (2016:06) “a não satisfação pode ser causada pela sensação de desconforto pelo calor ou pelo frio, quando o balanço térmico não é estável”. Encontrar instrumentos que não usem energia elétrica, que sejam autossuficientes e que auxiliem os usuários a controlar a temperatura, é de grande valia na realidade brasileira. Analisando a grande área - vegetação aplicada às edificações na busca do conforto térmico -, foi escolhido como objeto de pesquisa os jardins verticais do tipo cortina verde aplicados às fachadas de habitações de interesse social (HIS) localizadas na cidade de Santa Maria, RS. A área do conforto térmico aplicado a HIS vem sendo estudado e apresenta diversas pesquisas publicadas. Entretanto, grande parte das pesquisas, sobretudo na região sul do Brasil, concentram-se em estudos de casos que avaliam a situação atual das residências e, por meio de simulações, propõem melhorias construtivas e de revestimentos, a fim de otimizar a eficiência energética da habitação.

O uso de elementos naturais, como a cortina verde, surge como um importante instrumento, pois permite a proteção solar, proporciona permeabilidade e embeleza o ambiente, aproximando ser humano e natureza. Garrido (2011:07) reforça essa ideia dizendo que a

vegetação tem relação com impacto visual na medida em que “deve ser vista como um elemento de composição arquitetônica adicional na sintaxe do novo paradigma da arquitetura sustentável”. Dessa forma, pesquisar novas estratégias de controle térmico – usual e de fácil aquisição - para edificações mostra-se tema de grande relevância para a sociedade, uma vez que se mostra capaz de melhorar o conforto térmico dos usuários, tornando-os menos reféns da climatização ativa e, conseqüentemente, consumindo menos energia. Além disso, estudos nessa área permitirão explorar a vasta flora brasileira, experimentando espécies e realizando novas descobertas. Levando em consideração o recorte e delimitações criados para a pesquisa – conforto térmico dos usuários de HIS na cidade de Santa Maria – juntamente com os trabalhos similares já publicados para a mesma realidade (GRIGOLETTI; LINCK, 2014; ZENATI, S. et al, 2016; PARIZZI et al, 2018), entende-se que o estudo das cortinas verdes como estratégia bioclimática aplicadas às HIS na cidade de Santa Maria configura-se uma lacuna de conhecimento, podendo contribuir e somar com as demais pesquisas na área.

2 OBJETIVOS

O objetivo principal é averiguar a viabilidade da implantação de uma cortina verde como estratégia bioclimática na realidade de habitações de interesse social. Para isso, foram traçados três objetivos específicos: descrever a implantação de uma cortina verde em HIS; quantificar os custos envolvidos na execução de uma cortina verde; registrar e comparar as temperaturas das fachadas de HIS com e sem cortina verde.

3 MÉTODOS

A pesquisa utilizou métodos quantitativos e qualitativos. A fim de descrever a implantação da cortina verde, foram escolhidos os objetos de estudo, modelo e espécie utilizada na cortina verde e foi registrado o passo a passo de cada etapa executiva objetivando criar um protocolo possível de ser reproduzido posteriormente. Da mesma forma, os custos foram registrados item a item, com a intenção de mensurar o real investimento de uma estratégia bioclimática passiva, a cortina verde. O método utilizado para levantamento das temperaturas nas fachadas aconteceu por meio do registro termográfico e sua comparação descritiva em relação às imagens levantadas.

3.1 Processos até a implantação de uma cortina verde

Esta seção é reservada para explicar e descrever as etapas empreendidas no processo de tomada de decisão para se implantar o protótipo em questão. Aqui se aponta como o objeto de estudo foi definido, no que se baseou a escolha da espécie a ser implantada, como se quantificam os custos necessários para tal assim como a maneira pela qual se registrou e comparou a temperatura da fachada.

3.1.1 Escolha do objeto de estudo

O local de escolha para o desenvolvimento da pesquisa foi a cidade de Santa Maria, RS. É uma cidade de médio porte, com 261.031,00 habitantes, segundo o censo de 2010 (IBGE), e localiza-se no centro do Estado do Rio Grande do Sul. É um pólo estudantil e militar. Apresenta verão longo, quente e abafado e inverno curto e ameno. Ao longo do ano, em geral, a temperatura varia de 10°C a 31°C e raramente é inferior a 3°C ou superior a 35°C (WEATHER SPARK). A cidade está localizada na latitude de -29,684°, longitude de -53,807° e 123m de altitude. Nesse contexto, a definição das HIS escolhida para o desenvolvimento do estudo teve auxílio da Casa Civil - Superintendência de Habitação - da Prefeitura Municipal de Santa Maria, RS. Atualmente, existem oito residenciais participantes dos programas federais Programa de Aceleração do Crescimento (PAC) e Programa Minha Casa, Minha Vida (PMCMV). Suas tipologias e capacidade de edificações podem ser observadas na Tabela 1.

Tabela 1 – Programas de política habitacional em Santa Maria, RS, até o momento da pesquisa

| PAC | Minha Casa, Minha Vida |
|---|--|
| Loteamento Cipriano da Rocha: 545 casas | Residencial Videiras: 420 apartamentos |
| Loteamento Lorenzi: 64 casas | Residencial Zilda Arns: 500 casas |
| Loteamento Brenner: 386 casas | Residencial Dom Ivo Lorscheiter: 578 casas |
| Loteamento Ecologia: 09 casas | Residencial Leonel Brizola: 362 casas |

Fonte: Adaptado de Prefeitura Municipal de Santa Maria, 2016.

Em virtude do PAC promover o planejamento e execução de grandes obras de infraestrutura social, urbana, logística e energética do Brasil, optou-se por escolher entre as habitações do PMCMV, uma vez que é focado no déficit habitacional, apresenta maior número de residências na cidade de Santa Maria, RS, e tem moradias construídas em todo o país. Também, levando em consideração a ocorrência de tipologias na cidade, optou-se por trabalhar com edificações térreas unifamiliares. Atualmente, na cidade existem três residenciais de habitações unifamiliares pelo PMCMV, ambos construídos próximos um do outro (Figura 01).

Figura 1 – Localização dos residenciais unifamiliares PMCMV em Santa Maria, RS



Fonte: As autoras, 2021.

O critério de escolha do objeto de estudo foi o tempo de existência – optou-se pelo mais atual em virtude de não ter sofrido tantas modificações em relação ao projeto original. Dessa forma, o objeto de estudo foi definido como o Residencial Leonel Brizola. Localizado no Bairro Diácono João Luiz Pozzobon, região Leste da cidade, conta com 362 unidades habitacionais geminadas. Teve a entrega de chaves em abril de 2016, segundo texto de Minussi

(2016) publicado na página oficial da Prefeitura Municipal de Santa Maria. Seu acesso se dá pela Estrada Municipal Eduardo Duarte, via que se conecta aos residenciais Zilda Arns e Dom Ivo Lorscheiter, ambos do PMCMV. As unidades habitacionais do Residencial Leonel Brizola (Figura 02) apresentam programa de necessidades composto por uma sala de estar integrada a cozinha, dois dormitórios, um sanitário e espaço externo para área de serviço. As edificações totalizam 39,60m² de área total, sendo 36,04m² área útil. Todas as residências são térreas, geminadas duas a duas, apresentam aberturas em todos os cômodos e estão implantadas em orientações solares diversas.

Figura 2 – Planta Baixa de tipologia do Residencial Leonel Brizola



Fonte: As autoras, 2021.

A seleção das edificações, objeto de estudo, teve como primeiro critério a orientação solar. Escolheram-se edificações cujas fachadas principais tivessem orientação oeste, pois sofrem intensa ação do sol. Estudos concluíram que, na cidade de Santa Maria, a “fachada oeste, com ou sem aberturas, mais desfavorável, necessidade de prever melhor resistência térmica para esse fechamento” (GRIGOLETTI, G. de C.; LINCK, G. I., 2014). Nesse caso, a vegetação poderia ser utilizada como “eficiente elemento externo de proteção solar” (LabEEE, 2019), auxiliando no sombreamento da fachada. O segundo critério foi possuir a fachada livre, sem obstruções de elementos como pérgolas, coberturas ou vegetação de grande porte na parte frontal. Desse modo, visitaram-se todas as 114 edificações de fachada oeste e apenas 63 delas ainda estavam sem interferências. Dessas, duas habitações foram selecionadas para serem objetos de estudo (Figura 03), equivalendo à, aproximadamente, 3% do total das 63 objetos de estudo possíveis de receberem o experimento.

Figura 3 – Objetos de Estudo Selecionados: a) sem cortina verde b) com cortina verde



Fonte: As autoras, 2021.

A escolha de um objeto de estudo sem receber a cortina verde objetiva servir como objeto testemunho, conforme estudo de Morelli (2016), servindo de base para comparações. A escolha do objeto testemunho baseou-se, também, no estudo de Sunakorn e Yimprayoon (2011), no qual a edificação sem a proteção vegetal mostrou-se de grande importância para o entendimento do comportamento da cortina verde frente a alguns parâmetros.

3.1.2 Escolha do modelo de cortina verde

A escolha da espécie baseou-se no estudo de Scherer (2014), no qual foram avaliados o desempenho de quatro espécies trepadeira para a zona bioclimática 2. Entre as espécies que “melhor repercutiram na redução de energia total, (...)”, foram a Glicínia e a Madressilva-creme” (SCHERER, 2014, p.145). Também, entre as espécies caducifólias, a que “apresentou maior correlação entre as estações climática e o grau de fechamento de sua folhagem” (SCHERER, 2014, p.145) foi a *Wisteria* sp (Glicínia), sendo a espécie escolhida para uso na pesquisa. Utilizada também no trabalho de Pérez et al. (2011), a Glicínia (*Wisteria sinensis*) é classificada como uma trepadeira decídua, de rápido crescimento e ótimo desenvolvimento. A espécie também foi utilizada na zonabioclimática 2, mesma da corrente pesquisa, no experimento de Fensterseifer (2018).

O modelo de jardim vertical adotado baseou-se nos estudos de Pérez et al (2011), Sunakorn e Yim Prayoon (2011), Yang et al (2018), Fensterseifer (2018) e Refatti (2020), que executaram jardim vertical indireto do tipo cortina verde. O modelo de cortina verde desenvolvido encontra-se na classificação de jardim vertical organizada por Manso e Castro-Gomes (2015), o qual é considerado um jardim vertical do tipo fachada verde, indireto, executado por meio de guias contínuas (redes e/ou cabos). Visando ao baixo custo e facilidade na execução, o modelo adotado foi similar ao de Fensterseifer (2018), com adaptações em relação ao plantio, que aconteceu diretamente no solo, sem recipientes, com colocação de condicionador de solo, conforme detalhado no item 4.1, que trata da descrição da implantação de uma cortina verde.

3.1.3 Quantificação dos custos envolvidos

A quantificação dos recursos utilizados para a execução da cortina verde na fachada oeste foi estimada de acordo com medições realizadas in loco no objeto de estudo. Por se tratar do cômodo de uso mais intenso e comum a todos os usuários, optou-se por trabalhar com

porção da fachada oeste cuja abertura corresponde ao ambiente da sala de estar. Posteriormente, representou-se digitalmente o protótipo com medidas e distanciamentos existentes (Figura 4) a fim de quantificar os itens e elementos envolvidos, tendo-se assim, uma estimativa de custo de uma cortina verde em porção da fachada de HIS. Os itens e insumos necessários para a execução deste modelo desse modelo de cortina foram: perfil de cedrinho, lixadeira, verniz, buchas e parafusos, pitão e corda elástica, pá de corte, substrato e mudas da espécie escolhida.



Fonte: As autoras, 2019.

Aliando os projetos de arquitetura ao meio em que são inseridos, utilizando materiais corretos para a realidade e combinando boas técnicas construtivas “é possível criar ambientes confortáveis aliados à sustentabilidade, proporcionando a satisfação do usuário”, conforme afirma Jacoski, Dreher e Medeiros (2016). O não envolvimento de custos elevados é levado em consideração para os autores, que acreditam nas estratégias naturais.

3.1.4 Registro e comparação das temperaturas da fachada

Os registros realizados com a câmera termográfica (FLIR TG165) aconteceram semanalmente durante o mês de fevereiro de 2021 – verão (dias 07, 13, 24 e 28) e captaram as imagens termográficas do objeto de estudo com a cortina verde e da daquele sem a cortina verde, unidade testemunha. As imagens foram obtidas a uma distância de, aproximadamente, 3,4m da cortina verde, conforme Figura 5, seguindo o recomendado pelo fabricante: distância mínima de medição de 26 cm (10 pol.) e relação de distância até o ponto de 24:1.

Figura 5 – Posicionamento da câmera termográfica e registro de imagem



Fonte: As autoras, 2020.

As imagens termográficas foram analisadas de forma qualitativa, com objetivo de obter visualmente o termograma com variação de paleta de cores, as quais representam as respostas térmicas da superfície. A análise dos registros térmicos em forma de imagem foi utilizada para observar o efeito do sombreamento da cortina verde na fachada oeste do objeto de estudo, permitindo comparação entre eles.

4 RESULTADOS

Os principais resultados da etapa metodológica de execução e observação, que buscava descrever a escolha, implantação e manutenção de cortina verde instalada em HIS foram: a escolha do tipo de cortina verde foi adequada, pois se mostrou de baixo custo e não necessitou reposições de elementos; o modo de implantação da cortina foi precisa e com nível de dificuldade baixo, envolvendo poucos recursos humanos. O custo geral para a instalação deste modelo de cortina verde totalizou, aproximadamente, R\$532,00 (quinhentos e trinta e dois reais), representando, aproximadamente, 0,8% do valor do imóvel. As imagens térmicas do objeto com cortina verde mostram que a cortina teve crescimento constante durante o período analisado, atuando como uma barreira térmica em porção do envelope. A média de temperatura na superfície da cortina verde foi de 2,8°C inferior à fachada sem proteção, sendo a diferença mínima de 2,1 °C e máxima de 4 °C.

4.1 Descrição da implantação de uma cortina verde

A execução da cortina verde aconteceu na primavera de 2019 (dia 29 de setembro). Essa foi implantada seguindo as seguintes etapas: foram cavadas três aberturas de 20x20x30cm, retirado o solo original (1); foram colocadas as espécies de glicínia com seu torrão original e cobriu-se com substrato (2); parafusaram-se os perfis de madeira na calçada-laje (3) e no beiral (4); colocou-se a corda elástica nos pitões fixos no perfil de madeira; e entrelaçou-se a espécie junto às cordas elásticas (6). Ao final, irrigou-se as mudas.

Após o plantio, os usuários foram orientados a realizar a irrigação de manutenção da glicínia, mantendo o solo úmido, nem encharcado, nem seco. Apesar de a irrigação ser realizada de maneira empírica, com observação do solo, foi explicado aos usuários a sua importância, visto que “se feita de forma incorreta, pode trazer prejuízos, provocando estresse hídrico, estimulando a incidência de doenças e afetando a nutrição da planta” (PETRY, 2008, p. 101).

4.2 Quantificação dos custos envolvidos

Os custos de implantação por metro linear de uma cortina verde são mais baratos se comparado com modelos de jardim vertical como as paredes vivas, segundo Perini e Rosasco (2013). Os itens necessários para execução da cortina tiveram seu valor de mercado e estimado e contabilizados para o ano de 2021, diferente daquela de execução. A mão de obra e transporte não foram contabilizados, uma vez que podem apresentar variação expressiva entre regiões do Brasil. Também, a mão de obra foi realizada pelos próprios usuários, mostrando a facilidade e baixo grau de dificuldade na execução da cortina verde. O custo geral para a instalação deste modelo de cortina verde totalizou, aproximadamente, R\$532,00 (quinhentos e trinta e dois reais), conforme Quadro 1.

Quadro 1- Materiais envolvidos na execução de uma unidade de Cortina Verde

| Item | Quantitativo | Valor unitário | Valor total |
|--------------------------------|--------------|----------------|------------------|
| Perfis Cedrinho 5 x 5 x 200cm | 2 perfis | R\$15,00 | R\$30,00 |
| Lixadeira orbital 180w Makita | Locação/dia | R\$20,00 | R\$20,00 |
| Verniz Poliulack Brilho 2,3L | 1/5 lata | R\$30,00 | R\$6,00 |
| Furadeira de Impacto | Locação/dia | R\$30,00 | R\$30,00 |
| Buchas e parafusos 10mm | 12 unidades | R\$0,50 | R\$6,00 |
| Pitão com rosco B-06 pacote 10 | 1 pacote | R\$5,00 | R\$5,00 |
| Corda elástica 8mm (rolo 50m) | 1 rolo | R\$250,00 | R\$250,00 |
| Pá de corte | Locação/dia | R\$15,00 | R\$15,00 |
| Saco Substrato 25Kg | 2 sacos | R\$25,00 | R\$50,00 |
| Muda Glicínia (60 – 80cm) | 3 mudas | R\$40,00 | R\$120,00 |
| | | Total | R\$532,00 |

Fonte: As autoras, 2021.

Analisando a realidade dos usuários de HIS por meio do Programa do Governo Federal “Casa Verde e Amarela”, tem-se o Grupo 1 com menor faixa de renda, de até R\$2.000,00 (dois mil reais). De acordo com a Lei 14.158, de 02 de junho de 2021 (BRASIL, 2021), o salário mínimo vigente no país hoje é de R\$1.100,00 (mil e cem reais). Dessa forma, quando comparado o custo total da cortina verde com o salário mínimo, tem-se um percentual de 48,36% do salário, equivalendo quase a metade da renda de uma família do grupo com menor faixa de renda. Analisando este cenário, percebe-se que a cortina verde torna-se uma aquisição onerosa para esses usuários.

Entretanto, quando comparado o custo da cortina verde em relação ao valor do imóvel (valor referente ao imóvel no ano da entrega das chaves em 2016), cerca de R\$64.000,00 (sessenta e quatro mil reais), segundo Dihl (2016), tem-se um percentual de 0,8%, representando maior viabilidade de inclusão desta estratégia bioclimática, cortina verde, nos projetos dos programas de HIS do país.

Apesar de não haver um comparativo monetário com outros estudos, pode-se considerar a cortina verde implantada na pesquisa como um elemento de baixo custo, pois envolveu apenas o investimento inicial, não necessitando de reposição de cordas elásticas, substituição de guias de madeira ou pitões, nem fixações extras (reforço com parafusos) durante o período da pesquisa, de 2019 a 2021. A execução da cortina apresentou baixo nível de dificuldade e envolveu os usuários, que puderam participar e aprender, podendo replicar o modelo futuramente.

4.3 Registro e comparação das temperaturas da fachada

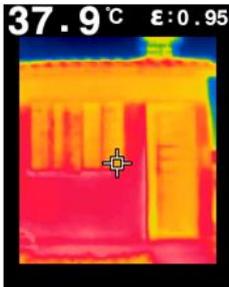
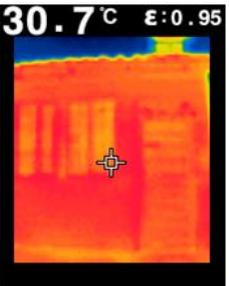
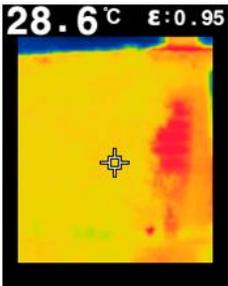
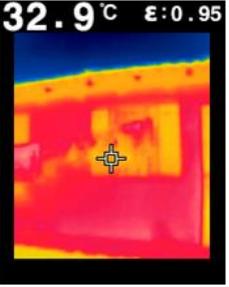
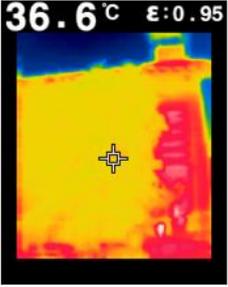
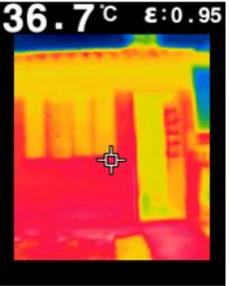
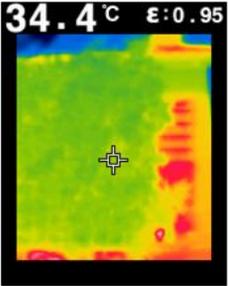
O levantamento termográfico externo mostrou-se um instrumento de avaliação qualitativa que permitiu observar o comportamento térmico do envelope dos objetos de estudo durante o período (fevereiro de 2021). Semelhante ao estudo de Padovan (2021, p. 76), “as análises foram realizadas mediante a interpretação do termograma por variação de paleta de cores, que representam as respostas térmicas da superfície”. O mosaico criado com as imagens termográficas do envelope oeste com escala de cores aproximada da escala térmica foi disposta ao lado da imagem real do momento da medição.

Na figura Figura 6 é possível observar o comportamento térmico do objeto sem cortina verde, representado pelas cores predominantes vermelhas, equivalentes às elevadas temperaturas da superfície. Nota-se que a porção média a baixa do envelope é o mais afetada

pelo calor – principalmente entre as aberturas, pois está totalmente exposta, diferente da porção superior que recebe sombreamento do beiral da edificação.

As imagens térmicas do objeto com cortina verde, Figura 6, mostram que a cortina teve crescimento constante durante o período analisado, atuando como uma barreira térmica em porção do envelope. Foi possível observar o satisfatório fechamento, exemplificado pela homogeneidade cromática nos registros térmicos. Os pontos de mais altas temperaturas, de contraste térmico na cor vermelha, encontram-se na abertura (a direita nas imagens termográficas), em porção da cobertura (acima) e em pontos específicos na porção inferior da cortina, junto ao solo, região basal da espécie, com menor número de folhas.

Figura 6 – Comparação dos Registros Termográfico das Fachadas dos Objetos de Estudo

| Comparação Termográfica das Fachadas de HIS sem e com Cortina Verde | | | |
|---|---|--|--|
| | Objeto SEM a cortina verde | Objeto COM a cortina verde | |
| 07 de fevereiro de 2021 |   |   | |
| 13 de fevereiro de 2021 |   |   | |
| 24 de fevereiro de 2021 |   |   | |
| 28 de fevereiro de 2021 |   |   | |

Fonte: As autoras, 2021.

Ainda observando a Figura 7, é possível constatar a eficácia da cortina verde como proteção solar. Com exceção do registro realizado no dia 24 de fevereiro, no qual é nítido que o ponto medido no objeto sem a cortina verde não correspondeu à fachada da edificação, mas sim ao elemento têxtil no varal, as medições dos demais dias apresentaram diferenças significativas entre os objetos. A média de temperatura na superfície da cortina verde foi de 2,8°C inferior à fachada sem proteção, sendo a diferença mínima de 2,1 °C e máxima de 4 °C.

5 CONCLUSÃO

Conclui-se que a escolha do tipo de cortina verde foi adequada, pois se mostrou de baixo custo e não necessitou reposições de elementos; o modo de implantação da cortina foi preciso e com nível de dificuldade baixo, envolvendo poucos recursos humanos. Os custos envolvidos na execução de uma cortina verde podem ser facilmente incorporados ao projeto original dos programas federais de moradia, como o Casa Verde e Amarela, uma vez que representam menos de 1% do valor de uma HIS e podem proporcionar redução de energia elétrica em virtude do sombreamento promovido pela cortina verde e consequente atenuação térmica na fachada ensolarada.

De forma geral, o registro termográfico se mostrou importante instrumento no auxílio da constatação de falhas de cobrimento e apontamento de pontos da fachada mais críticos termicamente. Percebe-se que a cortina verde como instrumento de proteção é mais uma estratégia de barreira para a incidência solar e deve ser pensada com outros instrumentos passivos a fim de alcançar-se melhores resultados térmicos.

As temperaturas na fachada no objeto sem cortina verde foram mais elevadas em todos os dias de registro termográfico, quando comparadas com o objeto com cortina verde. Tal constatação foi evidenciada pela discrepância de tons nas imagens termográficas.

Frente à realidade dos usuários de HIS e a dificuldade de investimento em conforto térmico, seja condicionamento artificial ou melhorias nas habitações, a cortina verde mostrou-se um elemento potencial a fim de contribuir para o melhor desempenho térmico de HIS (zona bioclimática 2, situação de verão). Sendo o sombreamento sua principal função, tem-se menor acesso de radiação solar ao edifício e a diminuição da temperatura do ar devido à umidade oriunda do processo de evapotranspiração.

Seguir investigando os benefícios da vegetação no ambiente construído cria lacunas para sua utilização mais corrente, seja em novos projetos ou adaptando situações pré-existentes. Além do ganho térmico, a vegetação otimiza qualidade de vida aos usuários, que são influenciados positivamente nos aspectos psicológicos e de saúde. A cortina verde utiliza vegetação trepadeira e mostra-se uma alternativa de baixo custo, apresentando-se como uma importante estratégia para melhorar o conforto térmico e sensação de bem-estar em usuários de HIS.

5 REFERÊNCIAS

BRASIL, **Lei Federal nº 14.158, de 2 de junho de 2021**. Dispõe sobre o valor do salário-mínimo a vigorar a partir de 1º de janeiro de 2021. Disponível em: http://www.planalto.gov.br/ccivil_03/_Ato2019-2022/2021/Lei/L14158.htm. Acesso em 17 de out. 2021.

BROWN, G. Z. DEKAY, Mark. **Sol, vento e luz: estratégias para o projeto de arquitetura**. São Paulo: Bookman, 2007.

CASAMASSIMA, B. Bem-estar no “Novo Normal” por meio do design biofílico. **Interface**, 2020. Disponível em: <https://blog.interface.com/pt-br/bem-estar-no-novo-normal-por-meio-do-design-biofilico/>. Acesso em: 12 jun. 2021.

DIHL, Bibiana. 362 famílias recebem residências do Minha Casa, Minha Vida em Santa Maria. **Gaúcha ZH**, Santa Maria, 24 de abril de 2016. Gaúcha Geral. Disponível em: <https://gauchazh.clicrbs.com.br/geral/noticia/2016/04/362-familias-recebem-residencias-do-minha-casa-minha-vida-em-santa-maria-cj5watmij1j4zxbj0fkwy97gu.html>. Acesso em 17 de out. de 2021.

FENSTERSEIFER, Paula. **Avaliação térmica de brise vegetal em casa popular**. 2018. Monografia (Trabalho de Conclusão de Curso em Engenharia Sanitária e Ambiental) – Curso de Engenharia Sanitária e Ambiental, Universidade Federal de Santa Maria, 2018.

GRIGOLETTI, Giane de Campos; LINCK, Gabriela Inês. Análise de comportamento térmico de HIS térreas unifamiliares em Santa Maria, RS. **Ambiente Construído**, Porto Alegre, v. 14, n. 2, p. 109-123, Junho 2014. Disponível em: http://www.scielo.br/scielo.php?script=sci_arttext&pid=S1678-86212014000200008

&lng=en&nrm=iso. Acesso em 21 fev. 2020.

INPE INSTITUTO NACIONAL DE PESQUISAS ESPACIAIS. **INPE informa**: Atlas Brasileiro de Energia Solar ganha nova edição após dez anos. INPE, 2017. Disponível em: < <https://bit.ly/32MQiY6> >. Acesso em: 28 ago. 2019.

IVANISSEVICH, Alicia. Cortinas Verdes. **Ciência Hoje**: **Revista Ciência Hoje**, Rio de Janeiro, v. 56, n. 336, maio 2016.

KELLERT, S.R.; CALABRESE, E.F. **The Practice of Biophilic Design**, 2015. Disponível em: <https://www.biophilic-design.com/>. Acesso em: 13 jul. 2021.

LABEEE. **Arquivos climáticos INMET**, 2018. Disponível em: <http://labeee.ufsc.br/downloads/arquivos-climaticos/inmet2018>. Acesso em: 11 mar. 2020.

LAMBERTS, R. et al. **Desempenho térmico de edificações**: apostila. 7ª ed. Florianópolis: Universidade Federal de Santa Catarina, 2016. 239 p.

LOH, S. Living Walls – A Way to Green the Built Environment. **Environment Design Guide**, TEC 26. 2008. Disponível em: https://pdfs.semanticscholar.org/b083/aefc5b87a9f45eaa935a91a7f27502b63acc.pdf?_ga=2.214406686.825476024.1582052398-1790820998.1582052398. Acesso em: 18 fev. 2020.

MANSO, M.; CASTRO-GOMES, J. Green wall systems: A review of their characteristics. **Renewable and Sustainable Energy Reviews**, Covilhã, Portugal, v. 41, n. January 2015, p. 863–871, 2015. Disponível em: <http://dx.doi.org/10.1016/j.rser.2014.07.203>. Acesso em: 28 ago. 2019.

MASCARÓ, Lúcia. MASCARÓ, Juan José. **Ambiência Urbana**. 3 ed. Porto Alegre: Masquatro, 2009.

MINUSSI, F. Com inauguração do Residencial Leonel Brizola, Prefeitura atinge marca de 2.833 casas entregues. **Prefeitura Municipal de Santa Maria**. 2016. Disponível em: <https://www.santamaria.rs.gov.br/habitacao/noticias/12787-com-inauguracao-do-residencial-leonel-brizola-prefeitura-atinge-marca-de-2833-casas-entregues>. Acesso em: 05 dez. 2019.

MUÑOZ, L. S. et al. Desempenho térmico de Jardins Verticais de Tipologia Fachada Verde. **Periódicos Unicamp**, Bauru, Brasil, p. 1–20, 2019. Disponível em: <http://periodicos.sbu.unicamp.br/ojs/index.php/parc>. Acesso em: 28 ago. 2019.

MORELLI, D. D. O. **Desempenho de Paredes Verdes como Estratégia Bioclimática**. 2016. 161f. Dissertação (Doutorado em Engenharia Civil) – Universidade Estadual de Campinas. Campinas, SP, 2016.

PADOVAN, Leonardo Diba Gonçalves. **Desempenho Térmico De Jardins Verticais Extensivos: Estudo Com Uso Da Trepadeira Ipomoea Horsfalliae**. 2020. 109 p. Dissertação (Mestrado) - Universidade Estadual Paulista (Unesp), Faculdade de Arquitetura, Artes e Comunicação, Bauru, SP, 2020.

PARIZZI, D. S. et al. Jardim vertical: uma proposta de tecnologia sustentável para a melhoria bioclimática das edificações. **15º Congresso Nacional de Meio Ambiente**, Poços de Caldas, 2018. Disponível em: <https://bit.ly/2VipsEH>. Acesso em: 29 abr. 2019.

PERINI, K.; ROSASCO, P. Costebenefit analysis for green façades and living wall systems. **Building and Environment**, n. 70, p. 110-121, 2013. Disponível em: <https://www.sciencedirect.com/science/article/abs/pii/S0360132313002382>. Acesso em: 17 jun. 2021.

PETRY, Cláudia (org). **Plantas ornamentais: aspectos para a produção**. 2ª ed., rev. e ampl. – Passo Fundo: Ed. Universidade de Passo Fundo, 2008.

SCHERER, Minéia Johann; ALVES, Thales Severo; REDIN, Janaína. 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.

SUNAKORN, P., & YIMPRAYOON, C. Thermal performance of biofacade with natural ventilation in the tropical climate. **Procedia Engineering**, 2011, 21, 34–41. Disponível em: <https://doi.org/10.1016/j.proeng.2011.11.1984>. Acesso em: 17 jun. 2021.

ZENATI, S. et al. Parede verde: a integração do ambiente construído com a natureza. **4 Encontro em Engenharia de Edificações e Ambiental**, Brasil, 2016. Disponível em: <http://eventosacademicos.ufmt.br/index.php/eeee/eeee2016/paper/viewFile/678/242>. Acesso em: 28 ago. 2019.

WREGGE, Marcos Silveira et al. **Atlas Climático da Região Sul do Brasil: Estados do Paraná, Santa Catarina e Rio Grande do Sul**. Brasília, DF: Embrapa, 2012.

WHEATHER SPARK. **Condições meteorológicas médias de Santa Maria**. Disponível em: <https://pt.weatherspark.com/y/29563/Clima-caracter%C3%ADstico-em-Santa-Maria-Brasil-durante-o-ano>. Acesso em: 07 jun. 2021.