PAREDES VERDES E SUA CONTRIBUIÇÃO PARA O CONFORTO TÉRMICO EM AMBIENTE URBANO: ESTUDO POR SIMULAÇÃO COMPUTACIONAL NA CIDADE DE SANTA MARIA, RS

GREEN WALLS AND THEIR CONTRIBUTION TO THERMAL COMFORT IN AN URBAN ENVIRONMENT: A COMPUTER SIMULATION STUDY IN SANTA MARIA, RIO GRANDE DO SUL

Luísa Berwanger Ribas [1]; Brenda de Oliveira Dutra [2]; Lays Távore Silva [3]; Keren Francini Baracy [4]; Ana Lívia Farias Dib [5]; Minéia Johann Scherer [6]; Elaise Gabriel [7]

[1]Mestranda do PPPGAUP | ribas.luisa@acad.ufsm.br | UFSM | Santa Maria, Brasil. [2]Graduanda em Arquitetura e Urbanismo | brendadutra309@gmail.com | UFSM | Cachoeira do Sul, Brasil. [3]Graduanda em Arquitetura e Urbanismo | laystavore@live.com | UFSM | Cachoeira do Sul, Brasil; [4]Graduanda em Arquitetura e Urbanismo | keren.baracy@acad.ufsm.br | UFSM | Cachoeira do Sul, Brasil. [5]Graduanda em Arquitetura e Urbanismo | liviafdib9@gmail.com | UFSM | Cachoeira do Sul, Brasil. [6]Doutora em Arquitetura | mineia.scherer@ufsm.br | UFSM | Cachoeira do Sul, Brasil. [7]Doutora em Engenharia Civil | elaise.gabriel@ufsm.br | UFSM | Cachoeira do Sul, Brasil.

Resumo:
Diante das mudanças climáticas, é essencial repensar a urbanização das cidades, incorporando estratégias que promovam a sustentabilidade e o conforto térmico. A ampliação da vegetação urbana pode mitigar os efeitos da ilha de calor, mas o adensamento dos centros urbanos limita o espaço disponível. Nesse contexto, coberturas e fachadas verdes surgem como suportes alternativos viáveis e com significativo potencial. Desta forma, o objetivo desta pesquisa é avaliar a contribuição térmica da aplicação de fachadas vegetadas nas edificações, em um recorte urbano da cidade de Santa Maria, RS, localizada em clima subtropical. O procedimento metodológico recorre à simulação computacional, por meio do programa ENVI-met, onde são modelados e comparados o cenário real existente e os cenários com inserção de diferentes sistemas e áreas de verde nas fachadas. Neste artigo é apresentado o estudo piloto, composto por simulações do cenário existente e de um cenário com aplicação de parede verde modular. Os resultados apontam leve redução na temperatura do ar, indicando possível contribuição das paredes verdes para regularização do microclima do recorte.

Palavras-chave:
Mudanças climáticas; Desempenho de paredes verdes; Microclima urbano; ENVI-met.

Abstract:
In the face of climate change, it is essential to rethink urban development by incorporating strategies that promote sustainability and thermal comfort. Expanding urban vegetation can mitigate the effects of urban heat island, but the densification of urban centers limits the available space. In this context, green roofs and green façades emerge as viable sustainable solutions. Therefore, the objective of this research is to evaluate the thermal contribution of the application of vegetated façades in buildings, in an urban area of the city of Santa Maria, RS, located in a subtropical climate. Thermal simulations through ENVI-met software were performed comparing real existing scenarios and scenarios with the insertion of different systems and areas of greenery on the façades. This paper presents the pilot study, consisting of simulations of the existing scenario and one scenario with the application of a modular green wall. The results showed a slight reduction in air temperature, indicating a possible contribution of green walls to regulate the microclimate.

Keywords: *Climate change; Green wall performance; Urban microclimate; ENVI-met.*

1. INTRODUÇÃO

O acréscimo populacional e o modo de ocupação geram impactos que provocam inúmeras alterações climáticas. Como resultado, a demanda por recursos naturais aumenta, repercutindo em mudanças climáticas, como aumento exponencial da temperatura, eventos climáticos extremos, e diminuição do ritmo de adaptação (WMO, 2022). Quanto menor a capacidade de adaptação, mais vulneráveis se tornam as cidades e as pessoas (IPCC, 2022). Assim, o planejamento de ambientes urbanos resilientes aparece como premissa para a resiliência frente às alterações de clima.

O conceito de resiliência urbana, de acordo com Ribeiro e Gonçalves (2019), se refere à capacidade do sistema de lidar com os impactos resultantes de perturbações que o atinjam, mantendo suas ferramentas básicas para continuar funcional. Uma das grandes alterações sentida pelos ocupantes de uma área urbana é a elevação das temperaturas. Esse fenômeno é consequência tanto da diminuição e fragmentação das áreas vegetadas, quanto de uma maior complexidade formal do espaço, conforme explicam Masoudi et al. (2021). A partir dessa diferença de temperatura das áreas urbanas adensadas, nasce o fenômeno da Ilha de Calor Urbana (ICU), demonstrado por Oke (1982) como o aumento da temperatura em um espaço abundantemente edificado, quando comparado às regiões menos urbanizadas que o circundam.

A combinação de estratégias simples, como o uso de cores claras, materiais com menor absortância térmica, com soluções com base na natureza (SBN) são amplamente divulgadas como estratégias para melhorar o conforto térmico do meio urbano. Todavia, devido justamente ao grande adensamento das áreas habitadas, são diversas as dificuldades para inserção desses sistemas. A alta compactação do solo, o reduzido espaço para instalação, o manejo incorreto das plantas além de intercorrências danosas em vista da disposição da rede elétrica, são exemplos de obstáculos para inserir vegetação nas cidades DUARTE (2015). Nesse contexto, uma alternativa encontrada para tornar possível a adaptação das plantas a menor oferta de espaço, é a aplicação de infraestruturas vegetadas às envoltórias das edificações. As envoltórias vegetadas podem se caracterizar como coberturas e paredes vivas, terraços-jardim, brises vegetados, entre outras formas (SCHERER et al., 2020).

As fachadas vegetadas, ou paredes verdes, referem-se ao revestimento de alvenarias ou outras estruturas verticais, com vegetação trepadeira ou de pequeno porte, em que as raízes do vegetal estão em contato direto com o solo ou com substrato acondicionado em cavidades ou floreiras (DUNNETT; KINGSBURY, 2004). Podem ser classificadas segundo a forma de implantação e a característica da espécie vegetal, sendo as mais exploradas para aplicação na arquitetura: a) fachada verde direta, em que espécies trepadeiras aderentes às alvenarias revestem as superfícies; b) fachada verde indireta, quando há afastamento em relação à parede e necessidade de suporte para a trepadeira se desenvolver; c) parede viva modular, na qual espécies de pequeno porte são inseridas em pequenos vasos ou cavidades, com quantidade limitada de substrato (SCHERER et al., 2020).

Entretanto, o número de estudos referentes à aplicação das envoltórias vegetadas às edificações ainda é pequeno. Saaroni et al. (2018), ao realizar levantamento acerca das pesquisas sobre a temática da influência do verde na melhora do conforto térmico urbano, encontraram oitenta e nove trabalhos relevantes sobre o tema. Tal fato evidencia a relevância da vegetação para atenuar o desconforto térmico, porém, dentre esses estudos, a maioria (40%) possuía foco apenas na implantação de árvores, demonstrando a falta de pesquisas que abordem o papel das envoltórias vegetadas nessa contribuição. Já os resultados da revisão de literatura feita por Cheng et al. (2021), com 67 trabalhos aderentes, demonstram que a maioria dos estudos feitos sobre infraestrutura urbana verde focam em parques e jardins, com viés recreativo e de valor estético ou então educacional. Assim como na revisão feita por Abdulateef e A. S. Al-Alwan (2022), foi identificado que, mesmo em estudos focados em discutir fenômenos como a Ilha de Calor Urbana, pouco se aborda sobre estratégias para adaptação e mitigação desse.

Nos últimos anos, o avanço tecnológico possibilitou o aprimoramento de métodos para avaliar o papel da vegetação na obtenção de melhores condições de conforto térmico. Dentre esses métodos, existe a simulação computacional, realizada por meio de programas em que são inseridos dados e parâmetros sobre as particularidades bioclimatológicas de um determinado local. A partir de modificações de fatores de influência, como a materialidade, orientação solar, morfologia, entre outros, é possível avaliar a influência nos padrões térmicos, de umidade e ventilação do modelo (BARBOSA, 2018).

Portanto, o uso de ferramentas digitais, como o software ENVI-met, utilizado nesta pesquisa, tornam-se fundamentais para obtenção de soluções para os desafios urbanos atuais. Através das simulações, é possível analisar dados quantitativos relacionados ao microclima, permitindo a elaboração de estratégias de qualidade para planejamento urbano mais sustentável para as cidades. A avaliação dos parâmetros, que podem ser obtidos através do software, possuem o potencial de orientar soluções mais eficazes nos ambientes urbanos.

Neste contexto, este artigo tem por objetivo apresentar os primeiros resultados de um estudo que visa avaliar a contribuição da aplicação de paredes verdes para melhoria no conforto térmico de pedestres em áreas altamente adensadas, sem presença expressiva de arborização urbana, em região central da cidade de Santa Maria, RS, classificada como de clima subtropical.

2. MÉTODOS

2.1 ÁREA DE ESTUDO

A área de estudo é localizada na cidade de Santa Maria, no sul do Brasil. A altitude local é de aproximadamente 151 metros acima do nível do mar, abrangendo os biomas Pampa e Mata Atlântica. De acordo com a classificação climática clássica de Köppen (Organização Meteorológica Mundial, 2006), o clima é Subtropical Úmido (Cfa), caracterizado por verões quentes e úmidos e invernos de amenos a frios. A temperatura média anual é de 19,3 °C com verões longos e quentes, sendo comum que a temperatura máxima do ar atinja 40 °C. Durante o inverno, as temperaturas frequentemente caem para valores negativos (−3 °C) durante a noite, e a ocorrência de geadas é comum nas primeiras horas da manhã (INMET, 2018). A região também apresenta uma das maiores taxas de radiação solar do Brasil, com uma média de 237,8 horas de insolação durante o verão e um total anual de 2203,9 horas (INMET, 2018).

A definição do recorte da área de estudo seguiu os seguintes critérios: local central da cidade, configurar-se como cânion urbano, estar em área predominante de uso misto com concentração de comércio já consolidado e possuir pouco ou nenhum espaço para que se adicionem canteiros de arborização ao desenho urbano. Dessa forma, chegou-se à porção da malha urbana que circunda a Rua Marechal Floriano Peixoto, na quadra entre as ruas Venâncio Aires e Dr. Bozano, Figura 1.

Ainda na Figura 1, observa-se as principais características do recorte viário modelado, ao centro da malha. O local apresenta, aproximadamente, 55m de comprimento e 10m de largura, incluindo leito carroçável para passagem de um veículo e calçadas em ambas as laterais da via. Alguns aspectos foram relevantes para a definição do local como objeto de pesquisa: a) presença de edifícios de uso misto, com preponderância de espaços comerciais no térreo, em ambas as laterais da rua; b) impossibilidade de alargamento dos espaços destinados ao plantio de vegetação, em função da presença massiva de edificações no local e da pequena largura da via e das calçadas; c) largura total do local e altura das construções, o que dificulta a dispersão do calor emitido pelas superfícies aquecidas, assim como das fontes de calor antropogênico presentes no local; d) elementos de composição das edificações e superfície de piso de materialidades com tonalidades escuras, com alto poder de absorção e retenção de calor (asfalto e concreto, por exemplo).



Figura 1 – Recorte urbano de análise com indicação da área modelada e visual da via
Fonte: Adaptado de Google Earth Pro (2023).

2.2 SIMULAÇÕES

A pesquisa está sendo desenvolvida com o uso do software ENVI-met, que possibilita a interação entre os elementos urbanos e os índices fisiológicos vegetais. Através da criação de modelos tridimensionais e da utilização de diversos cálculos biometeorológicos, os resultados obtidos no software, incluem variáveis ambientais como temperatura do ar, e também índices de conforto térmico, como o PMV (Predicted Mean Vote) e PPD (Predicted Percentage of Dissatisfied), entre outros. O fluxo de uso do ENVI-met (Figura 2), consiste na modelagem dos cenários - que recriam ou modificam a configuração espacial do estudo; a realização da simulação - com a inserção das características climáticas do local; o processamento - gerando dados da simulação do microclima; e a visualização e análise dos dados gerados a partir dos parâmetros simulados.

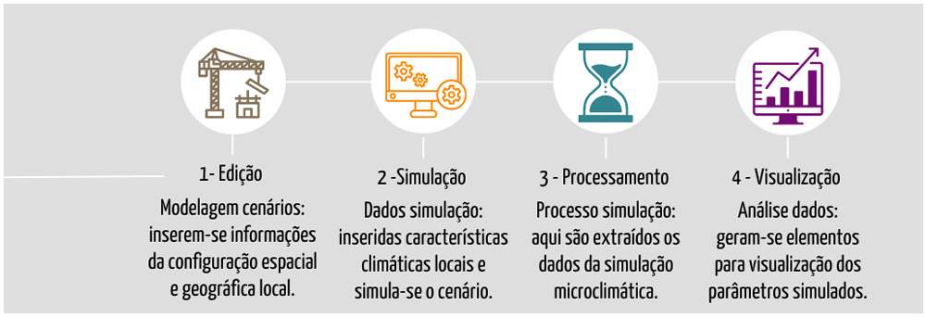

Figura 2: Fluxo de trabalho empregado no ENVI-met.
Fonte: Autores (2023).

Apesar do ENVI-met ser um programa amplamente utilizado para simulações microclimáticas ambientais urbanas, a versão gratuita denominada como ENVI-met Lite, apresenta algumas limitações quanto aos recursos disponíveis e aos parâmetros que podem ser analisados. Essa versão permite apenas a utilização de malhas com dimensões máximas de 150m x 150m x 150m. Neste estudo, o recorte urbano considerado será a área máxima permitida pelo software, mas a modelagem completa das características físicas do local, assim como as modificações nos diferentes cenários, será focado na área central do modelo.

Além disso, a versão Lite disponibiliza apenas o método *Simple Forcing* na inserção de dados meteorológicos, o que exige uma alimentação manual e restringe as variáveis climáticas à médias de temperatura, umidade, direção e velocidade do vento, em um determinado período de tempo. Podem ser inseridos ainda os parâmetros de rugosidade da superfície e cobertura de nuvens. Já a análise de conforto térmico também é limitada, sendo possível apenas a avaliação do índice PMV/PPD. Por outro lado, a versão paga do programa permite a inserção de malhas maiores e o

uso do método *Full Forcing*, com arquivos climáticos do tipo EPW, que conferem maior precisão às simulações por considerarem um período de tempo mais amplo e permitirem a inserção e o acesso a dados referentes a outras variáveis climáticas, como a radiação solar direta, radiação solar difusa, assim como dados de precipitações.

2.3 MODELAGEM E CONFIGURAÇÃO DOS CENÁRIOS

A partir dos dados do recorte apreendidos e classificados, a modelagem piloto foi simulada, inicialmente de forma simplificada com o cenário original, considerando as características principais do local, como distribuição espacial das construções, sua altura e forma, composição geral de sua materialidade, pavimentos, presença de áreas verdes e de vegetação. O cenário original é o existente, modelado a partir da configuração espacial encontrada no local, com a distribuição de vegetação e de revestimentos levantados. São feitas generalizações, em função de a modelagem ser uma representação próxima da realidade existente. Em seguida, foi modelado o cenário 01, com aplicação de vegetação na forma de paredes verdes, cobrindo 100% das superfícies verticais do recorte viário, de forma a ser possível a verificação da contribuição dos sistemas de paredes verdes no microclima da região.

A modelagem utilizou a ferramenta de *grid*, do software ENVI-met, com modulação de 3 em 3 metros, sobre uma malha de 50 x 50 x 40 grids. Os dados da simulação referem-se ao ano de 2022, utilizando um dia típico de verão definido como 16 de janeiro, que registrou temperaturas máximas de 40°C na cidade de Santa Maria (INMET, 2023). A extração dos dados foi definida para os horários de 05:00, 09:00, 12:00, 15:00 e 18:00, considerando intervalos de três horas e quatro horas, conforme recomendações do INMET, a fim de captar variações nas condições atmosféricas ao longo do dia.

Inicialmente, posicionou-se o recorte de estudo de forma ortogonal, corrigindo o norte geográfico deste, adotando uma rotação de 14º graus em direção ao leste. Para as configurações dos materiais das edificações, na situação real, adotou-se o material tijolo cerâmico (*Brick wall: burned*), configurado para ser composto por camada de reboco interno com 2 cm, tijolo de 14 cm e reboco externo de 2,5 cm. Para a cobertura das construções foram especificadas telhas padrão (*Roofing: tile*). O solo foi dividido conforme se apresenta no local, ruas em asfalto (*Asphalt road*) e grama (*grass 25 cm*). Também é necessário que se configure o material sob as edificações, sendo esse definido como concreto (*Pavement concrete*).

A vegetação inserida nas paredes utilizou o sistema intensivo modular, formado por blocos cerâmicos. No ENVI-met foi utilizado o parâmetro *Green + mixed substrate,* onde a vegetação escolhida foi da espécie Samambaia (*Nephrolepis*), sendo considerada a espessura da vegetação (*plant thickness*), como 50 cm. Para representar com maior fidelidade o sistema adotado, o substrato foi configurado em duas camadas, sendo a mais superficial definida como solo argiloso (*loam*) com 3 cm de espessura, sobre uma camada de solo arenoso misturado com silte e argila (*Sandy loam*), também com 3 cm de espessura, ajustados para se assemelhar ao sistema de parede verde adotado. A Figura 3 apresenta o diagrama com a proposta de simulação piloto (a), a visualização do cenário existente (b) e do cenário com vegetação (c).

A próxima etapa baseia-se na configuração dos parâmetros para a simulação no ENVI-guide. O método selecionado foi o *Simple forcing* onde a fonte de dados é definida pelo usuário. Para o dia 16 de janeiro de 2022, foram inseridos os dados meteorológicos: máximas e mínimas de temperatura do ar e umidade relativa do ar; média de velocidade e direção do vento.

Após a configuração dos cenários, parte-se para as simulações e espacialização dos dados. Gerados os dados, seleciona-se o parâmetro que se deseja analisar, neste caso foram os resultados de temperatura do ar, definindo-se alguns elementos anotativos, também uma legenda de cores, baseada em um intervalo numérico definido, abrangido pelo mapa.

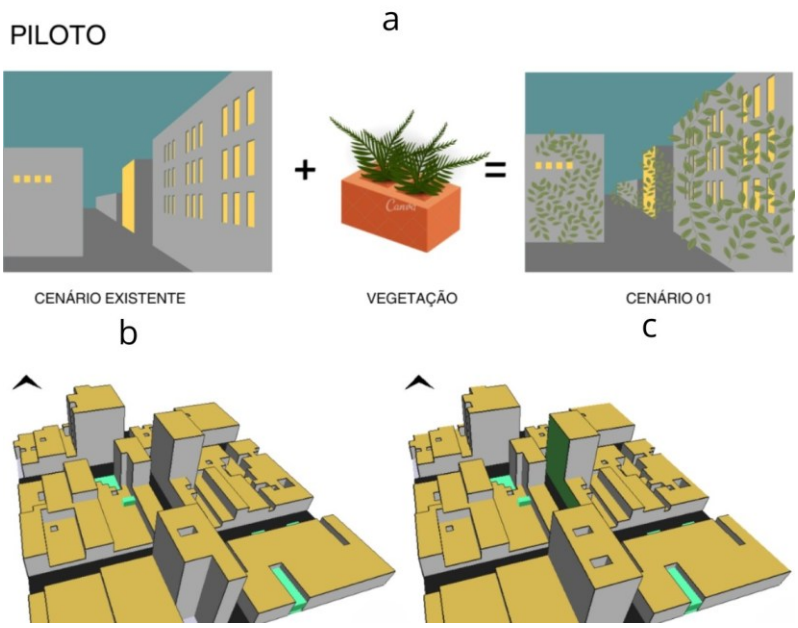

Figura 3: Diagrama com a proposta para simulação piloto (a). Representação 3D da modelagem do ENVI-met do cenário existente (b) e 01 (c).
Fonte: Autores (2023).

3. RESULTADOS E DISCUSSÃO

Como parâmetro de análise para esta fase da pesquisa, apresentada neste artigo, optou-se pela comparação da temperatura do ar, no dia típico de verão, obtida nos dois cenários da simulação piloto - existente e cenário 01, em diferentes horas do dia.

As Figuras 4a e 4b, correspondem aos horários do início e da metade da manhã, 05:00 e 09:00. No horário das 05:00, no cenário existente, as temperaturas variam entre 22,04 °C e 30,25 °C, com média de 26,14 ºC. Já no cenário 01, oscilam entre 22,10 °C a 30,29 °, com média de 26,19 ºC, o que revela praticamente uma equiparidade entre as temperaturas nas duas situações. No horário das 09:00, no cenário existente, as temperaturas variam entre 26,25 °C e 32,50 °C, com média de 29,37 ºC. Já no cenário 01, oscilam entre 25,99 °C a 32,48 °, com média de 29,23 ºC. Neste caso, é possível identificar uma leve redução da temperatura média, de 0,14 ºC, entre o cenário existente para o cenário 01, com uso da vegetação.

Na Figura 4c, é possível notar que os dados sobre este mesmo parâmetro começam a se modificar de maneira mais evidente durante o horário das 12:00. No cenário existente a temperatura varia entre 32,45 ºC a 37,53 ºC, com média de 34,99 °C. Já no cenário 01 estas temperaturas diminuem, oscilando entre 32,10 ºC até 37,13 ºC, com média de 34,61 °C. Comparando as médias, há diminuição de 0,38 ºC no cenário em que utiliza-se de vegetação.

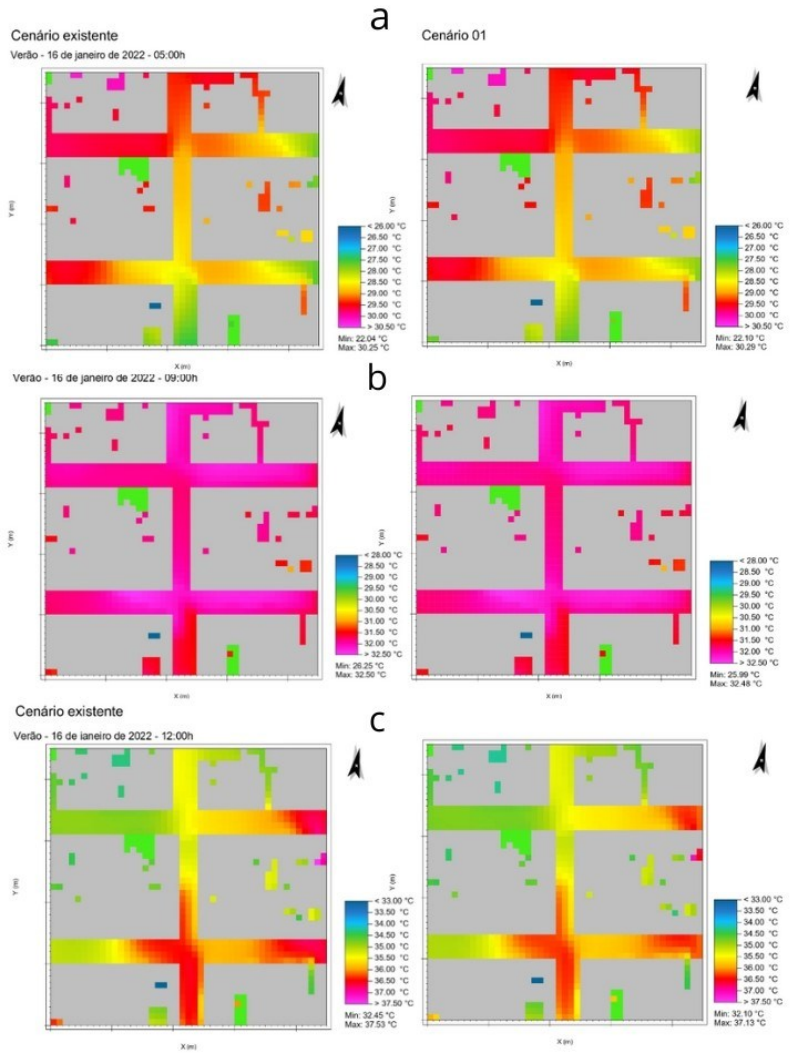

Figura 4: Mapas de temperatura do ar às 05:00, 09:00 e 12:00
Fonte: Autores (2023).

Seguindo a análise dos resultados, as figuras 5a e 5b correspondem aos horários da tarde, 15:00 e 18:00. No cenário existente, às 15:00, a temperatura fica entre 35,83 ºC e 39,32 ºC, com média de 37,57 °C. No cenário 01, as temperaturas variam entre 35,51 ºC e 39,15 ºC, com média de 37,33 °C. No final da tarde, às 18:00, a variação de temperatura no cenário existente fica entre 36,81 ºC e 39,93 ºC, com média de 38,37 °C. Já no cenário 01, as temperaturas oscilam entre 36,46 ºC e 39,77 ºC, com média de 38,11 ºC. Em ambos os horários, houve uma redução das temperaturas - de 0,24 °C às 15:00 e de 0,26 °C às 18:00, entre o cenário com presença da vegetação, em comparação com o cenário existente.

Deste modo, percebe-se uma alteração maior da temperatura do ar, a partir do horário das 12:00 até o final da tarde, sendo que o cenário existente possui temperaturas mais altas que o cenário 01. Se considerarmos somente o recorte viário modelado com a inserção da vegetação nas fachadas das edificações, os perfis de gradação de cores demonstram uma clara diminuição da temperatura do ar neste cenário, em comparação com o existente. Portanto, a partir dos resultados, foi possível identificar uma melhora no conforto térmico e a suavização das temperaturas, a partir do uso de vegetação adicionadas às paredes das edificações.

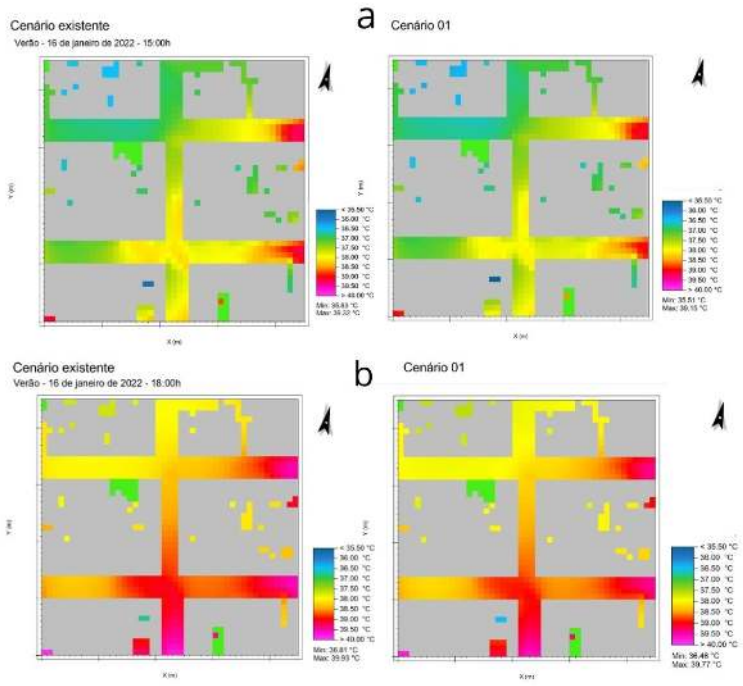

Figura 5: Mapa de temperatura do ar às 15:00 e 18:00.
Fonte: Autores (2023).

4. CONCLUSÕES

Considerando o contexto urbano atual, estratégias para um planejamento mais sustentável revelam-se cada vez mais necessárias. Questões como o conforto térmico de usuários e o desempenho energético de edificações são temáticas que devem ser exploradas e aprofundadas, diante do aumento das temperaturas globais e dos problemas a isto associados. A inserção de vegetação nos centros urbanos, mostra-se eficaz para amenizar os efeitos das ilhas de calor, contribuindo para um microclima mais agradável. Essa abordagem se alinha ao conceito da biofilia na arquitetura, que busca integrar elementos naturais ao ambiente construído. No entanto, apesar dos evidentes benefícios, o adensamento urbano vem limitando a possibilidade de inserção de áreas verdes convencionais, emergindo o uso de soluções alternativas como telhados verdes e paredes vegetadas.

Neste estudo, o uso do software ENVI-met, mesmo em sua versão gratuita, demonstrou potencial na simulação microclimática dos cenários da área de estudo, sendo possível visualizar e interpretar os resultados gerados. Utilizando o parâmetro de temperatura do ar, quando comparado o cenário existente ao cenário com inserção da vegetação nas fachadas das edificações, verificou-se uma diminuição das temperaturas, especialmente no período da tarde, com variação entre 0,14 °C e 0,38 °C.

Deste modo, a partir dos resultados obtidos, conclui-se que a vegetação aplicada em fachadas pode contribuir para a melhoria das condições microclimáticas urbanas e para o conforto ambiental dos usuários. Reforça-se a importância e o potencial do uso de métodos passivos e de soluções baseadas na natureza como parte de uma arquitetura mais sustentável.

Entre as limitações do estudo aqui apresentado, destaca-se a análise de apenas dois cenários e do parâmetro de temperatura do ar, além da simulação restrita a um dia específico. Com o andamento da pesquisa, pretende-se avaliar diferentes cenários, com inserção gradativa da vegetação nas fachadas do recorte urbano, gerando resultados também com base no índice de conforto térmico PMV e para outras épocas do ano. Desta forma, a ampliação dos dados gerados permitirá comparações mais abrangentes e a verificação mais precisa de validação dos resultados.

Outra limitação refere-se ao uso da versão gratuita do software ENVI-Met, que restringe alguns parâmetros de entrada, especialmente em relação aos dados climáticos do local. Entende-se que seria relevante, para o aprofundamento da pesquisa, a busca por alternativas para uso do software em sua versão integral, o que permitiria um entendimento mais abrangente sobre a eficácia do uso de estratégias com vegetação aplicadas à arquitetura.

REFERÊNCIAS BIBLIOGRÁFICAS

ABDULATEEF, Maryam F.; AL-ALWAN, Hoda A. S.. Planning Steps of Urban Green Infrastructure in Existing Cities. **Acta Scientiarum Polonorum Administratio Locorum**, [S.L.], v. 21, n. 4, p. 465-478, 14 dez. 2022. Uniwersytet Warminsko-Mazurski. http://dx.doi.org/10.31648/aspal.7815.

BARBOSA, Ariela. **Urbanismo Bioclimático**: efeitos do desenho urbano na sensação térmica. 2017. 356 f. Tese (Doutorado) - Curso de Arquitetura e Urbanismo, Arquitetura e Urbanismo, Universidade de São Paulo, São Carlos, 2018. Disponível em: https://teses.usp.br/teses/disponiveis/102/102131/tde-16042018-152343/publico/CorrigidaArielaBarbosa.pdf.

CHENG, Yuan (Daniel); FARMER, James R.; DICKINSON, Stephanie L.; ROBESON, Scott M.; FISCHER, Burnell C.; REYNOLDS, Heather L.. Climate change impacts and urban green space adaptation efforts: evidence from u.s. municipal parks and recreation departments. **Urban Climate**, [S.L.], v. 39, p. 100962, set. 2021. Elsevier BV. http://dx.doi.org/10.1016/j.uclim.2021.100962.

DUARTE, Denise Helena Silva. **O IMPACTO DA VEGETAÇÃO NO MICROCLIMA EM CIDADES ADENSADAS E SEU PAPEL NA ADAPTAÇÃO AOS FENÔMENOS DE AQUECIMENTO URBANO**: contribuições a uma abordagem interdisciplinar. 2014. 169 f. Tese (Doutorado) - Curso de Arquitetura e Urbanismo, Departamento de Tecnologia da Arquitetura, Faculdade de Arquitetura e Urbanismo da Universidade de São Paulo, São Paula, 2015. Disponível em: https://teses.usp.br/teses/disponiveis/livredocencia/16/tde-11052016-104104/publico//deniseduarte.pdf.

DUNNETT, Nigel; KINGSBURY, Noël. **Planting Green Roofs and Living Walls**. Portland: Timber Press, 2004. 254 p.

INSTITUTO NACIONAL DE METEOROLOGIA (INMET). Portal do INMET. Brasília: INMET, 2023. Disponível em: https://portal.inmet.gov.br . Acesso em: 13 set. 2023.

IPCC. **Climate Change 2022:** impacts, adaptation and vulnerability. 6aed. Cambridge, UK and New York, USA: Cambridge University Press, 2022. p. 907–1041. E-book. Disponível em: https://report.ipcc.ch/ar6/wg2/IPCC_AR6_WGII_FullReport.pdf.

MASOUDI, Mahyar; TAN, Puay Yok; FADAEI, Marjan. The effects of land use on spatial pattern of urban green spaces and their cooling ability. **Urban Climate**, [S.L.], v. 35, p. 100743, jan. 2021. Elsevier BV. http://dx.doi.org/10.1016/j.uclim.2020.100743.

OKE, T. R. The energetic basis of the urban heat island (Symons Memorial Lecture, 20 May 1980). **Quarterly Journal, Royal Meteorological Society**, [s.l.], v. 108, n. 455, p. 1–24, 1982.

RIBEIRO, Paulo Jorge Gomes; GONÇALVES, Luís António Pena Jardim. Urban resilience: a conceptual framework. **Sustainable Cities And Society**, [S.L.], v. 50, p. 101625, out. 2019. Elsevier BV. http://dx.doi.org/10.1016/j.scs.2019.101625.

SAARONI, H.; AMORIM, J.H.; HIEMSTRA, J.A.; PEARLMUTTER, D.. Urban Green Infrastructure as a tool for urban heat mitigation: survey of research methodologies and findings across different climatic regions. **Urban Climate**, [S.L.], v. 24, p. 94-110, jun. 2018. Elsevier BV. http://dx.doi.org/10.1016/j.uclim.2018.02.001.

SCHERER, Minéia Johann et al. O natural e o construído: sistemas vegetados integrados na arquitetura. In: MAFRA, Jeanine Migliorini (org.). **Arquitetura e urbanismo: competência e sintonia com os novos paradigmas do mercado.** Ponta Grossa, PR: Atena Editora, 2020. v. 3, p. 166–179. E-book. Disponível em: https://www.atenaeditora.com.br/catalogo/post/o-natural-e-o-construido-sistemas-vegetados-integrados-na-arquitetura.

WMO. **Provisional State of the Global Climate in 2022**, p. 26, 2022. Disponível em: https://library.wmo.int/index.php?lvl=notice_display&id=22156#.Y2yBqXZBwdW. Acesso em: 13 set. 2023.