XVIII ENCONTRO NACIONAL DE CONFORTO NO AMBIENTE CONSTRUÍDO
XIV ENCONTRO LATINO-AMERICANO DE CONFORTO NO AMBIENTE CONSTRUÍDO
AMBIENTE CONSTRUÍDO E USUÁRIO: PERSPECTIVAS LATINO-AMERICANAS

A Vegetação como Estratégia de Resfriamento Urbano no Sul Global: Simulações ENVI-met em Naviraí-MS

La vegetación como estrategia de enfriamiento urbano en el Sur Global: simulaciones ENVI-met en Naviraí-MS

Vegetation as an Urban Cooling Strategy in the Global South: ENVI-met Simulations in Naviraí-MS

Simulação computacional em clima urbano

Amaro de Souza, Camila

Doutora em Tecnologias Ambientais, Universidade Federal de Mato Grosso do Sul, Naviraí, Brasil, camila.amaro@ufms.br

Niz Santos, Sarah

Graduanda em Arquitetura e Urbanismo, Universidade Federal de Mato Grosso do Sul, Naviraí, Brasil, sarah.niz@ufms.br

De Jesus Nazareth Neto, Antonio

Doutorando em Recursos Naturais, Universidade Federal de Mato Grosso do Sul, Campo Grande, Brasil, arq.adauzaker@gmail.com

Guaraldo, Eliane

Doutora em Arquitetura e Urbanismo, Universidade Federal de Mato Grosso do Sul, Campo Grande, Brasil, eliane.guaraldo@ufms.br

Resumo

Diante do acelerado processo de urbanização, torna-se imprescindível uma abordagem integrada que envolva a participação da sociedade, a eficácia das políticas públicas e a valorização da vegetação urbana como elementos centrais para o desenvolvimento sustentável. Tecnologias como o software ENVI-met são ferramentas estratégicas para avaliar impactos da arborização no microclima urbano. A pesquisa foca na análise da influência da arborização no conforto ambiental e na infraestrutura verde em Naviraí-MS. Por meio de simulações computacionais busca-se identificar formas de mitigar e melhorar o microclima local considerando aspectos como conforto térmico, seleção de arbóreas adequadas e diretrizes de arborização urbana. A substituição de árvores de pequeno porte por espécies de médio e grande porte diminuiu em 1,3°C a temperatura do ar no verão e aumentou 4% da umidade relativa do ar, evidenciando a necessidade de integrar a vegetação no planejamento urbano para garantir ambientes mais sustentáveis e confortáveis.

Palavras-chave: Arborização urbana. Simulação computacional. ENVI-met. Análises térmicas.

Resumen

Ante el acelerado proceso de urbanización, se hace imprescindible un enfoque integral que involucre la participación de la sociedad, la efectividad de las políticas públicas y la valorización de la vegetación urbana como elementos centrales para el desarrollo sostenible. Tecnologías como el software ENVI-met son herramientas estratégicas para evaluar los impactos de la forestación en el microclima urbano. La investigación se centra en analizar la influencia de la forestación en el confort ambiental y la infraestructura verde en Naviraí-MS. A través de simulaciones por computadora, buscamos identificar formas de mitigar y mejorar el microclima local, considerando aspectos como el confort térmico, selección de árboles adecuados y pautas de forestación urbana. La sustitución de árboles pequeños por especies medianas y grandes redujo la temperatura del aire en verano en 1,3°C y aumentó la humedad relativa en un 4%, lo que pone de relieve la necesidad de integrar la vegetación en la planificación urbana para garantizar entornos más sostenibles y confortables.

Palabras clave: Arborización urbana. Simulación por ordenador. ENVI-met. Análisis térmicos.

Abstract

In the face of the accelerated process of urbanization, an integrated approach that involves the participation of society, the effectiveness of public policies and the valorization of urban vegetation as central elements for sustainable development becomes essential. Technologies such as the ENVI-met software are strategic tools for assessing the impacts of urban afforestation on the urban microclimate. The research focuses on analyzing the influence of afforestation on environmental comfort and green infrastructure in Naviraí-MS. Through computer simulations, the aim is to identify ways to mitigate and improve the local microclimate, considering aspects such as thermal comfort, selection of suitable trees and urban afforestation guidelines. Replacing small trees with medium and large species reduced the air temperature in summer by 1°C and increased relative humidity by 4%, highlighting the need to integrate vegetation into urban planning to ensure more sustainable and comfortable environments.

Keywords: Urban afforestation. Computer simulation. ENVI-met. Thermal analyses.

Introdução

De acordo com a Organização do Programa das Nações Unidas para Assentamentos Humanos (UNHABITAT, 2020), 87,1% da população brasileira reside em áreas urbanas e a previsão para o ano de 2030 é de 89,3%. Diante disso, Oliveira et al. (2013) relatam que o crescimento desordenado observado na maioria das cidades brasileiras, aliado às ocupações irregulares do solo, tem representado um desafio significativo para a implementação de planejamentos urbanos adequados. Do mesmo modo, descrevem que essa dificuldade compromete a integração harmoniosa entre áreas construídas e vegetadas, sejam estas naturais ou artificiais, resultando em uma redução expressiva na qualidade de vida nos espaços urbanos.

Maricato (2021) afirma que as cidades brasileiras são afetadas por problemas urbanos, não por falta de leis e de planos, mas devido à sua inefetividade. Souza (2022) destaca que a grandiosidade do êxito das conquistas dessas leis e planos urbanos depende da vontade política e do incentivo à atuação dos mais diversos atores coletivos nos processos de planejamento e nas tomadas de decisões.

É apontado por Rosseti et al. (2019) a importância da recuperação da vegetação urbana, pois certifica uma capacidade de minimizar os efeitos da Ilha de Calor Urbano (ICU) e melhora a qualidade de vida da população. Além disso, contribui para a umidificação do ar por evapotranspiração, proteção contra ventos, redução de ruídos, sombreamento e equilíbrio dos ciclos naturais, resultando também na economia de energia elétrica ao reduzir as temperaturas das superfícies. Essa recuperação também protege os pedestres da radiação solar direta, proporcionando uma sensação de frescor (Tavares, 2021).

Oliveira et al. (2013) afirmam que, para mitigar os problemas causados pela urbanização desordenada, um dos meios é a arborização de vias públicas, com a finalidade de favorecer a permanência e agregar vitalidade urbana. Em relação ao estudo das variáveis da implantação de vegetação em ambientes externos urbanos, Rosseti et al. (2019) discutem que um caminho é a simulação computacional em clima urbano.

Liu et al. (2020) discorrem que as áreas verdes urbanas desempenham um papel fundamental na promoção do equilíbrio ambiental nas cidades, uma vez que contribuem significativamente para a regulação da temperatura e da umidade relativa do ar, além de proporcionar sombreamento

em períodos de intensa radiação solar. Esses fatores combinados resultam em ambientes urbanos mais termicamente confortáveis, favorecendo a qualidade de vida da população e mitigando os efeitos adversos das condições climáticas extremas.

Um exemplo disso foi a pesquisa realizada por Shinzato (2009) que investigou o impacto da vegetação nos microclimas das áreas urbanas a partir do uso do software ENVI-met como uma ferramenta de pesquisa. Essa análise foi realizada por meio da criação de diferentes cenários, tanto em pequenas quanto em médias escalas, permitindo uma avaliação detalhada das condições climáticas. Como resultado desse estudo, foi possível observar uma diferença média de temperatura de 1,5 °C entre as áreas verdes arborizadas e as ruas adjacentes. Essa variação significativa destaca a importância da presença de vegetação nas cidades, evidenciando seu papel crucial na modulação das temperaturas urbanas e na promoção de um ambiente mais confortável e saudável para os habitantes.

Outro ponto importante abordado nas análises realizadas por Oliveira et al. (2013) foi que ao compararmos as variações microclimáticas entre ambientes que são sombreados por árvores e aqueles que não possuem este sombreamento, é possível observar que a presença de vegetação tem um efeito significativo na amenização da temperatura do ar sob as copas das árvores. Diante desses resultados, é fundamental priorizar o plantio de espécies que tenham a capacidade de atingir médio e grande porte, pois isso maximiza o efeito de sombreamento.

Além disso, é importante que essas espécies apresentem valores elevados de IAF (Índice de Área Foliar) e que sejam perenes, ou seja, não decíduas (CAMPOS, 2018). Essa escolha é especialmente pertinente em regiões onde a radiação solar é intensa e as temperaturas permanecem elevadas ao longo de todo o ano, garantindo, assim, um ambiente urbano mais confortável e saudável para a população.

Holanda (2000), Maricato (2021), Mendonça e Monteiro (2003) e Oke (1979) apontam que a presença de cobertura vegetal, áreas permeáveis e arborização planejada de forma conjunta são fatores determinantes na redução da temperatura do ambiente urbano. Dessa forma, a incorporação de elementos naturais no espaço urbano torna-se uma medida essencial para a promoção de cidades mais sustentáveis, resilientes e ambientalmente equilibradas.

Diante deste contexto, este estudo teve como objetivo avaliar os impactos da vegetação arbórea no microclima urbano, como mitigadora de temperaturas extremas e indutora do conforto térmico em áreas urbanizadas.

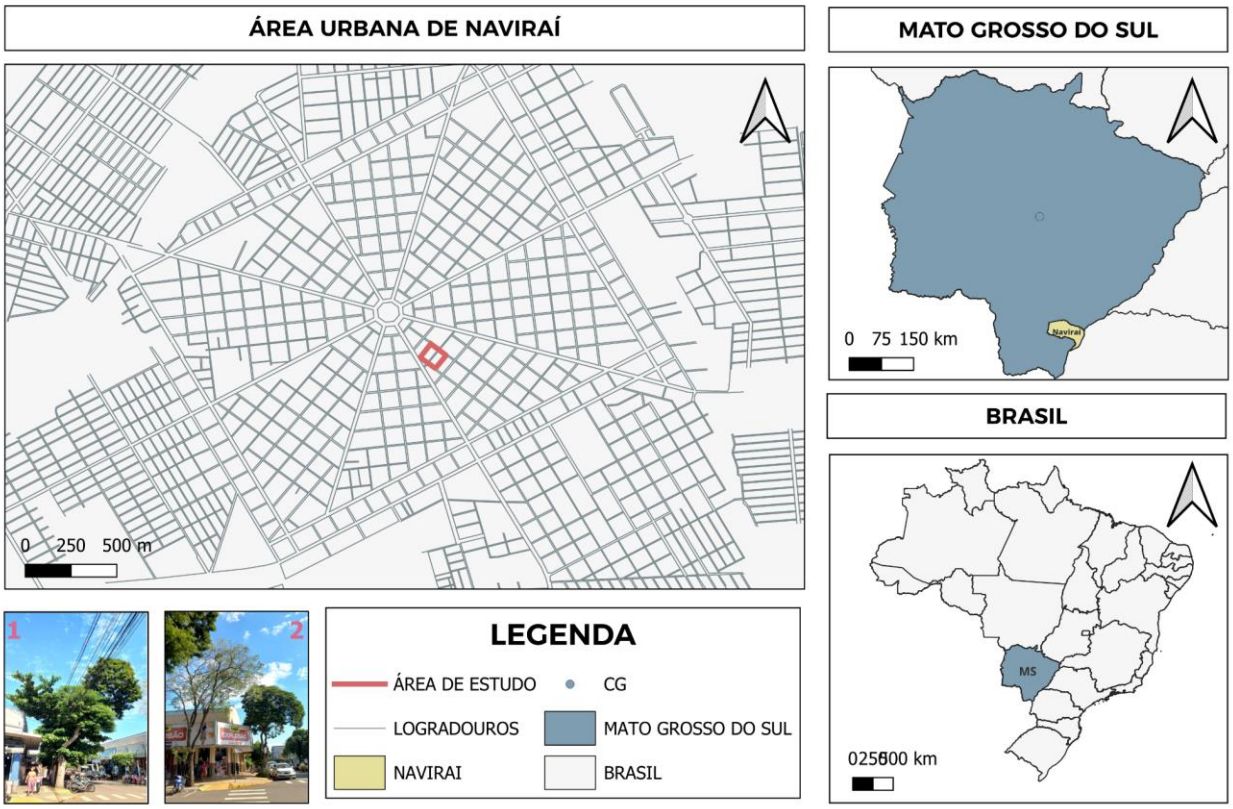
Material e métodos

Este artigo foi realizado a partir de quatro etapas metodológicas, sendo: 1) escolha da área de estudos e diagnóstico da mesma; 2) configurações gerais da ferramenta ENVI-met para as análises de simulação computacional; 3) coleta e organização de dados de entrada do software; 4) cálculo da simulação computacional e análise dos produtos alcançados.

O estudo foi desenvolvido no Município de Naviraí, localizado no Estado de Mato Grosso do Sul, Brasil. De acordo com a classificação de Koppen-Geiger, o clima da região é subtropical úmido (Cfa), caracterizado por chuvas bem distribuídas ao longo do ano, com verões quentes e invernos frios (PEEL, 2007). De acordo com dados do INMET (2025), Naviraí apresenta temperatura média de 23° C, sendo a média mínima mensal de 16° C em junho e a média máxima mensal de 26° C em março e novembro, e umidade relativa do ar (UR) com médias mensais que oscilam entre 58% no mês de abril e 77% em julho e dezembro. A latitude da cidade é de 23° e a longitude 54°, com elevação média de 350 metros.

A área de estudo foi a Rua Alagoas, situada no centro da cidade (Figura 1), sendo uma via de natureza predominantemente comercial. Apresenta edifícios com gabarito majoritariamente de até dois pavimentos, o que configura um ambiente urbano de média densidade. A escolha da Rua Alagoas deve-se à sua relevância no tecido urbano e à presença de áreas arborizadas que oferecem potencial para o estudo dos efeitos microclimáticos da vegetação.

Figura 1: Localização da área de estudo.



Fonte: Autores, 2025.

Na segunda etapa do trabalho, foi empregada a ferramenta ENVI-met versão 5.6.1., gratuita, um software amplamente utilizado para modelagens microclimáticas em ambientes urbanos. Inicialmente, foi realizada a modelagem tridimensional das edificações e elementos urbanos presentes na área de estudo utilizando a ferramenta *Spaces* do programa, permitindo a criação de representações espaciais precisas.

A aplicação do ENVI-met incluiu a categorização da vegetação arbórea existente na Rua Alagoas. Para isso, foram utilizados dois métodos de classificação disponíveis no software, considerando as características específicas das espécies e as interações ambientais.

O primeiro método de classificação foi a categorização das espécies arbóreas conforme as similaridades biológicas disponibilizadas no catálogo do ENVI-met. Durante as visitas *in loco*,

identificaram-se as seguintes espécies predominantes na Rua Alagoas: Sibipiruna (Caesalpinia pluviosa), Amendoeira (Terminalia catappa), Oiti (Licania tomentosa), Jacarandá (Jacaranda mimosifolia) e Ipê Rosa (Handroanthus impetiginosus). O segundo método adotado baseou-se nas características estruturais das árvores, considerando o porte, a densidade da copa e o tipo de tronco. Esse método proporcionou uma abordagem alternativa para representar a vegetação de forma aproximada no modelo, garantindo maior flexibilidade na simulação.

Após esta parte, já na terceira etapa da pesquisa, foi realizada a obtenção de dados de entrada para o software. Envolveu a realização de visitas *in loco* e a análise de imagens aéreas, obtidas por meio de plataformas gratuitas, com o objetivo de coletar informações detalhadas sobre as dimensões e características físicas da área analisada. Paralelamente, os dados climáticos foram extraídos do banco de dados do Instituto Nacional de Meteorologia (INMET).

A área selecionada para a análise foi configurada em uma malha tridimensional composta por 50 x 50 x 45 *grids*, abrangendo um espaço de 100m x 100m x 135m. Cada célula da malha foi dimensionada em 2m x 2m x 3m, correspondendo, respectivamente, às dimensões horizontais (X e Y) e vertical (Z).

Para as simulações, foram selecionados dois períodos distintos do ano, representando as estações do verão e do inverno, a fim de capturar as variações microclimáticas sazonais. As datas escolhidas foram 20 de janeiro de 2023, para o verão, e 20 de julho de 2023, para o inverno. Os dados meteorológicos de cada período, incluindo valores horários de temperatura do ar e umidade relativa do ar, foram extraídos da base do INMET e integrados ao ENVI-met por meio do ENVI-guide, uma parte do software dedicada à inserção e ajuste de dados climáticos. Esses valores foram inseridos na aba *Simple Forcing*.

Além disso, foi necessário calcular a média da umidade específica do ar. Os dados foram coletados a partir do banco de dados meteorológicos da Universidade de Wyoming, localizada na cidade de Laramie, Estados Unidos (2024). A média da umidade específica do ar calculada para o verão foi de 9,85g/kg, enquanto para o inverno foi de 6,05g/kg, dados que foram integrados às simulações no software ENVI-met.

No quarto passo da pesquisa, e último, foram conduzidas simulações e análises detalhadas do microclima da Rua Alagoas, com o objetivo de avaliar as condições ambientais da área em

diferentes cenários. Inicialmente, foi realizada uma simulação piloto com a finalidade de calibrar o software utilizado, assegurando que os dados obtidos refletissem com precisão a realidade.

As simulações climáticas foram conduzidas considerando dois cenários distintos: o cenário real, que representa as condições atuais da Rua Alagoas, com predominância de superfícies impermeáveis; e o cenário idealizado, com a presença de árvores de pequeno, médio e grande porte. Por exemplo, as calçadas, em sua configuração atual, apresentam limitações de espaço para o adequado escoamento da água pluvial e para o desenvolvimento saudável da vegetação existente. A análise geral conta com 24 horas de dados e para esta pesquisa foi selecionado o horário de 12h (meio-dia), considerado o período de maior criticidade térmica, devido à intensidade da radiação solar e ao consequente aquecimento das superfícies urbanas.

Para a interpretação dos dados climáticos, utilizou-se o módulo Leonardo, mais uma parte do software ENVI-met, que possibilitou a geração de mapas temáticos e a análise das variáveis ambientais, tais como a temperatura do ar, a umidade relativa e a temperatura potencial do ar em pontos específicos da área de estudo. E por fim, a partir das informações geradas por esse recurso, foi possível realizar uma comparação detalhada entre os dois cenários propostos, com o intuito de identificar variações significativas nos padrões térmicos e hídricos da região.

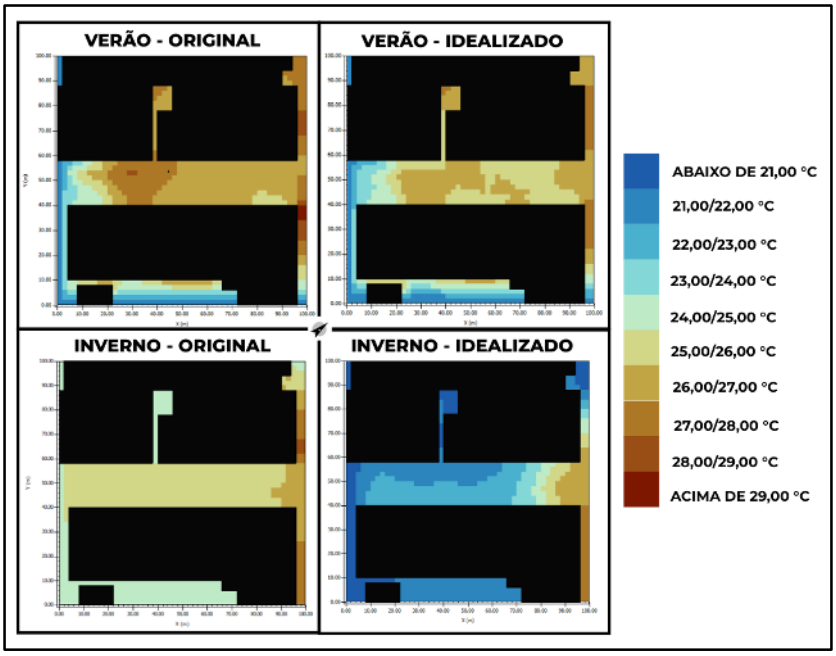
Importante ressaltar que foi adotada neste trabalho a escala microclimática de acordo com a metodologia de Stewart e Oke (2012), a qual caracteriza e define as zonas climáticas locais para o entendimento mais detalhado do tecido urbano, se comparado com metodologias anteriores de análises térmicas de perímetros urbanos, além de seguir um padrão de observação de dados climáticos já reconhecido.

Resultados e discussão

A figura 2 apresenta os cenários térmicos original e idealizado para o verão e para o inverno de 2023. A partir das análises realizadas acerca das condições térmicas, observou-se que, durante o verão, a substituição das árvores resultou em uma estabilidade na temperatura mínima do ar e uma redução de 1,3°C na temperatura máxima do ar.

Já no inverno, as simulações indicaram uma diminuição de 6°C na temperatura mínima e uma estabilidade na temperatura máxima do ar, evidenciando o impacto da alteração da cobertura arbórea sobre o microclima local (Figura 2).

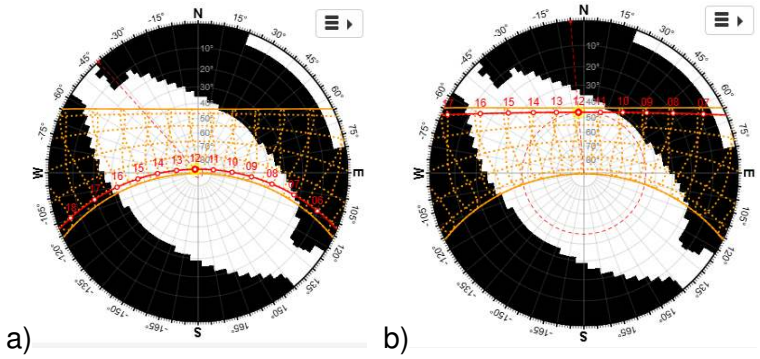
Figura 2: Comparativo dos Cenários Original e Idealizado de Temperatura do Ar no Verão e Inverno de 2023.



Fonte: Autores, 2025.

As características de vento (velocidade e direção) e radiação solar (Kj/m²) neste período do ano influenciam na oscilação térmica, estes dados foram extraídos do INMET, a partir da Tabela de Dados de Estação, disponível gratuitamente. A análise dos dados permitiu verificar que a radiação recebida no inverno é menor e a velocidade do vento é maior, o que auxilia na validação da queda mais drástica de temperatura. A figura 3 mostra a carta solar com os horários de incidência direta e a máscara de sombreamento na rua Alagoas e corresponde a mais uma justificativa dos valores alcançados nesta estação, pois ilustra o recebimento de radiação em apenas seis horas ao longo do dia de coleta (20/07/2023), sendo três horas a menos do que na coleta de verão (20/01/2023).

Figura 3: Carta solar e máscara de sombreamento da Rua Alagoas nas datas de a) 20/01/2023 (incidência solar das 07h às 16h) e b) 20/07/2023 (incidência solar das 10h30 às 16h15).



Fonte: Autores. Disponível em: https://drajmarsh.bitbucket.io/site-designer.html. Acesso em: 11/04/2025.

A análise da umidade relativa do ar, realizada sob as mesmas condições adotadas para a avaliação da temperatura do ar, permitiu identificar variações significativas entre os cenários estudados. De acordo com os resultados obtidos a partir das simulações computacionais apresentadas na Figura 4, verificou-se que, durante o período de verão, a substituição das árvores de pequeno porte por árvores de grande porte, resultou em um aumento de 4% na umidade relativa mínima do ar. Esse incremento é atribuído à maior capacidade das árvores de em reter e liberar umidade para o ambiente por meio de processos fisiológicos, como a evapotranspiração, contribuindo para a melhoria do conforto térmico na área de estudo.

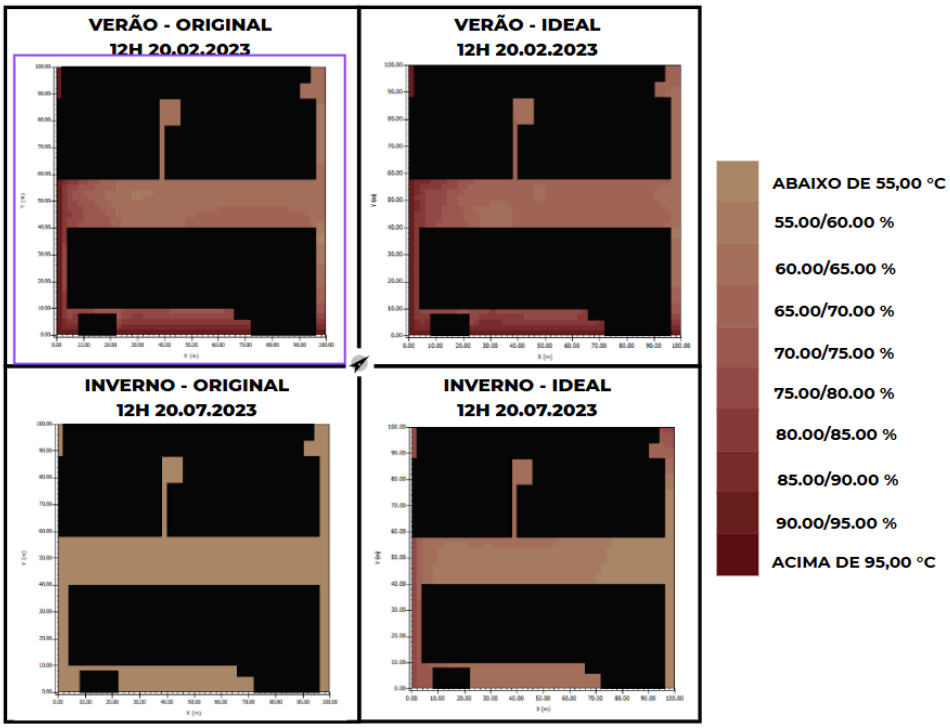
Durante o inverno, as simulações representadas na Figura 4 indicaram uma elevação expressiva nos valores de umidade relativa do ar (UR), sendo este o cenário proposto (idealizado). Os dados obtidos revelaram um aumento de 2% na UR mínima e um incremento de 12% na UR máxima, alcançando um valor de 75% de UR máxima no cenário proposto. Esses resultados demonstram a influência positiva da vegetação arbórea na regulação dos níveis de UR, promovendo um ambiente urbano mais equilibrado e confortável ao longo das diferentes estações do ano.

Diante desse contexto, é possível destacar que, caso houvesse uma maior disponibilidade de espaço para plantio de vegetação arbórea nas calçadas, os resultados obtidos em termos de conforto térmico poderiam ser ainda mais expressivos.

Nesse contexto, Alves e Biudes (2012) e Romero (2013) ressaltam que áreas urbanas caracterizadas pelo predomínio de superfícies impermeáveis, como pavimentos asfálticos e

edificações, apresentam temperaturas elevadas e baixos níveis de umidade relativa do ar. A ausência de vegetação nessas regiões intensifica a absorção de calor pelas superfícies urbanas e reduz a capacidade de retenção de umidade no ambiente, tornando evidente a necessidade da introdução de cobertura vegetal arbórea como estratégia eficaz para mitigar os efeitos negativos do aquecimento urbano e melhorar as condições microclimáticas.

Figura 4: Cenário Original (esquerda) e cenário idealizado (direita) de umidade relativa do ar no verão e no inverno de 2023.



Fonte: Autores.

Com base nos resultados apresentados, verificou-se que a presença de vegetação arbórea desempenha também um papel fundamental na redução das temperaturas do ar, devido principalmente ao efeito combinado de sombreamento e às funções biológicas desempenhadas pelas árvores. Essas características foram evidenciadas em todos os cenários parametrizados analisados sob essa condição. O processo de sombreamento desempenhado pelas árvores é essencial para minimizar a incidência direta de radiação solar sobre a superfície terrestre,

enquanto a evapotranspiração atua na remoção de calor latente, favorecendo a regulação térmica do ambiente urbano.

Considerações Finais

A pesquisa permitiu confirmar que árvores com elevada densidade foliar e perenidade são fundamentais para regiões de alta incidência solar, contribuindo significativamente para a qualidade ambiental urbana. Ademais, os resultados reforçam a necessidade de integrar áreas permeáveis e implementar infraestrutura verde no planejamento urbano, destacando o papel estratégico de políticas públicas e práticas sustentáveis na construção de cidades resilientes.

Os resultados obtidos permitiram avaliar o impacto das mudanças propostas na composição da arborização sobre as condições microclimáticas locais, subsidiando, assim, recomendações para a implementação de estratégias de melhoria ambiental na área estudada.

Pesquisas futuras podem transpor as limitações metodológicas decorrentes das simulações microclimáticas com o software em sua versão gratuita, o que gerou desafios devido a ausência de alguns comandos de análise no momento de cálculo.

Referências

Alves, Elis Dener Lima; Biudes, Marcelo Sacardi. Análise da temperatura do ar e da umidade relativa: estudo de microclimas. **INTERthesis: Revista Internacional Interdisciplinar**, v. 9, n. 2, dez. 2012, p. 139–156.

Campos, Maíra Ribeiro. **O uso do ENVI-met na análise microclimática urbana**: A Praça Afonso Pena - Tijuca, RJ. Dissertação (mestrado). Universidade Federal do Rio de Janeiro, Rio de Janeiro, 2018.

Holanda, Frederico Rosa Borges de. Kohlsdorf, Maria Elaine. Farret, Ricardo Libanez. Cordeiro, Sonia Helena Camargo. Forma urbana: que maneiras de compreensão e representação? **Revista Brasileira de Estudos Urbanos e Regionais**, Rio de Janeiro, n. 3, nov. 2000, p.9-18.

Instituto Brasileiro de Geografia e Estatística (IBGE). Brasil - Mato Grosso do Sul - Panorama, 2023a. Disponível em: <https://cidades.ibge.gov.br/brasil/ms/panorama>. Acesso em: 19 de fev. 2025.

_____. **Censo Demográfico, 2010**. Arborização de vias públicas; Urbanização de vias públicas. Rio de Janeiro: IBGE, 2023b. (v. 4.6.89). Disponível em: <https://cidades.ibge.gov.br/brasil/ms/panorama>. Acesso em: 19 de fev. 2025.

Instituto Nacional de Meteorologia (INMET). Dados meteorológicos. Disponível em: <https://tempo.inmet.gov.br/TabelaEstacoes/A749>. Acesso em: 20 jan. 2024.
Liu, Yan. Li, Qi. Yang, Liu. Mu, Kaikai. Zhang, Moyan. Liu, Jiaping. Urban heat island effects of various urban morphologies under regional climate conditions. **Science of The Total Environment**, v. 743,n. , nov. 2020, p. 140589.
Maricato, Ermínia. As ideias no lugar correto, para tirar nossas ideias do lugar. **Revista Políticas Públicas & Cidades,** v.10, n. 1, mar. 2021, p. 38-46.
Mendonça, Francisco; Monteiro, Carlos Augusto de Figueiredo. **Clima urbano**. São Paulo: Contexto, 2003.
Oke, Timothy Richard. Advectively-assisted evapotranspiration from irrigated urban vegetation. **Boundary-Layer Meteorology**, v. 17, set. 1979, p.167-173.
Oliveira, Angela Santana; Sanches, Luciana; De Musis, Carlo Ralph; Nogueira, Marta Cristina de Jesus Albuquerque. Benefícios da arborização em praças urbanas - O caso de Cuiabá/MT. **Revista Eletrônica Em Gestão Educação e Tecnologia Ambiental**, v. 9, n. 9, fev. 2013, p. 1900-1915.
Peel, Murray C.; Finlayson, Brian L.; McMahon, Thomas A. Updated world map of the KöppenGeiger climate classification. **Hydrology and Earth System Sciences**, v. 11, n. 5, out. 2007, p. 1633–1644.
Projeteee. **Dados climáticos de cidades brasileiras**. Disponível em: <http://www.mme.gov.br/projeteee/dados-climaticos/>. Acesso em: 20 jan. 2024.
Romero, Marta Adriana Bustos. **Princípios Bioclimáticos para o desenho urbano**. Brasília: editora UnB, 2013.
Rosseti, Karyna de Andrade Carvalho. Scaffi, Malu Herrera. Callejas, Ivan Julio Apolonio. Durante, Luciane Cleonice. Proposta metodológica para levantamento e configuração de densidade de Área Foliar (DAF) para aplicação no software ENVI-met. **E&S Engineering and Science**, v. 8, n. 2, jul. 2019, p. 35–46.
Shinzato, Paula. **O impacto da vegetação nos microclimas urbanos**. Dissertação (mestrado). Universidade Estadual de São Paulo, São Paulo, 2009.
Souza, Ailton. Disputas na revisão do plano diretor de Campo Grande – MS. **Revista Brasileira de assuntos Regionais e Urbanos**, v. 8, n. 16, nov. 2022, p. 16-32.
Stewart, Ian D. Oke, Timothy Richard. Local Climate Zones for Urban Temperature Studies. **Bulletin of the American Meteorological Society**, v. 93, dez. 2012, p. 1879–1900.
Tavares, Fabiany Sampaio Bertucci; Bergier, Ivan; Guaraldo, Eliane. Análise cienciométrica de espaços verdes urbanos e seus serviços ecossistêmicos. **Interações**, v. 22, n. 1, mar. 2021, p. 103–114.
Universidade de Wyoming. **Dados de radiossonda**. Disponível em: <https://weather.uwyo.edu/upperair/sounding.html>. Acesso em: 20 jan. 2024.