INFLUÊNCIA DA ARBORIZAÇÃO NO MICROCLIMA URBANO DE EMPREENDIMENTOS DE HABITAÇÃO DE INTERESSE SOCIAL: SIMULAÇÃO EM TRÊS ZONAS BIOCLIMÁTICAS BRASILEIRAS

INFLUENCE OF TREE PLANTING ON THE URBAN MICROCLIMATE OF SOCIAL HOUSING DEVOLOPMENTS: A SIMULATION ACROSS THREE BRAZILIAN BIOCLIMATIC ZONES

Andiara Guerreiro Machado Campanhoni[1] Marta Adriana Bustos Romero[2]

[1]Doutoranda do Programa de Pós-graduação em Arquitetura e Urbanismo | andiara.campanhoni@gmail.com | UnB | Brasília, Brasil [2]Doutora em Arquitetura e Urbanismo | romero@unb.br| UnB | Brasília, Brasil

Resumo:
As áreas verdes urbanas e a vegetação arbórea em particular atenuam o aquecimento do solo pela radiação solar, incluindo o efeito secundário da temperatura do ar junto a essas áreas circundantes, assim como constituem estratégias de enfrentamento às Ilhas de Calor Urbanas, a partir do sombreamento e do processo de evapotranspiração. A presente pesquisa objetivou analisar a influência da arborização em empreendimentos de Habitação de Interesse Social em três diferentes zonas bioclimáticas brasileiras, por meio de cenários gerados por simulação computacional pelo *software* ENVI-Met 5.7. Foi realizada a comparação de uma mesma configuração urbana em três municípios representativos: Porto Alegre/RS (2R: Fria com inverno rigoroso); Brasília/DF (3B: Mista e seca); e João Pessoa/PB (5A: Quente e úmida). Diante dos resultados apresentados, concluiu-se que a presença de arborização propiciou a redução da temperatura do ar nas três zonas bioclimáticas selecionadas e nos três horários avaliados, em comparação a um cenário apenas com solo gramado, demostrando o potencial de arrefecimento das ilhas de calor por meio da arborização de áreas livres. Considera-se também o papel do poder público na definição de exigências de uso e ocupação do solo para proporcionar cidades ambientalmente adequadas e inclusivas, garantindo justiça climática para as populações vulneráveis.
Palavras-chave:
Arborização urbana; Simulação computacional; Habitação de Interesse Social; Planejamento urbano.

Abstract:
Urban green areas, and particularly tree vegetation, help mitigate ground heating caused by solar radiation, including the secondary effect on air temperature in the surrounding areas. They also serve as a strategy to combat Urban Heat Islands through shading and the process of evapotranspiration. This study aimed to analyze the influence of tree planting in Social Housing developments located in three different Brazilian bioclimatic zones, using scenarios generated by computer simulation with the ENVI-met 5.7 software. The same urban configuration was simulated and compared in three representative cities: Porto Alegre/RS (Zone 2R: Cold with harsh winters), Brasília/DF (Zone 3B: Mixed and dry), and João Pessoa/PB (Zone 5A: Hot and humid). Based on the results, it was concluded that the presence of trees led to a reduction in air temperature across the three selected bioclimatic zones and at all three evaluated times of day, when compared to a scenario with only grass-covered ground. This demonstrates the cooling potential of tree planting in open areas for mitigating heat islands. The study also highlights the role of public authorities in defining land use and occupation requirements to promote environmentally appropriate and inclusive cities, ensuring climate justice for vulnerable populations.
Keywords:
Urban tree planting; Computational simulation; Social housing; Urban planning.

1. INTRODUÇÃO

As áreas urbanas atualmente abrigam 57% da população mundial, estimando-se um crescimento para 68% até 2050 (UNITED NATIONS, 2024). No Brasil, a concentração da população em área urbana é ainda maior. De acordo com o último Censo Demográfico dos cerca de 203 milhões de brasileiros, 87% residem em áreas urbanas (IBGE, 2022). Segundo dados do IBGE de 2019, as áreas urbanizadas correspondiam a apenas 0,54% do território brasileiro, concentradas na faixa litorânea do Nordeste, Sudeste e Sul. Apesar de possuir 5.570 municípios, a maior parte da população do país, cerca de 57%, está concentrada em 319 municípios, em centros urbanos com mais de 100 mil habitantes (IBGE, 2022), evidenciando a alta concentração populacional nas cidades e enfatizando a importância da discussão sobre a qualidade de vida urbana.

A deterioração do ambiente natural devido à urbanização rápida e desordenada, leva à perda de biodiversidade e intensifica a ocorrência de desastres decorrentes de eventos climáticos extremos. Entre as diversas ameaças resultantes do aquecimento global, é possível citar os efeitos das ondas de calor, que impactam a saúde e a expectativa de vida dos grupos mais sensíveis da população. A Organização Meteorológica Mundial (OMM) divulgou o ano de 2024 como o mais quente já registrado, com cerca de 1,55°C acima dos níveis pré-industriais[1]. No Brasil, o Centro Nacional de Monitoramento e Alerta de Desastres Naturais divulgou estudo sobre temperaturas extremas combinadas com secas no país em 2023, mostrando que grande parte do território brasileiro já é exposta também a estas ameaças (CEMADEN, 2024).

A Ilha de Calor Urbana (ICU) é um fenômeno comum em cidades adensadas, apresentando condições microclimáticas diferentes das áreas rurais ou adjacentes não urbanizadas. É um evento reconhecido há mais de um século, e pode ser considerado um exemplo de mudança climática provocado pela ação antrópica. Se relaciona com outros importantes fatores climáticos como poluição atmosférica, fortes precipitações com risco de inundações, além de alteração nas amplitudes térmicas. (OKE, 1978; LOMBARDO, 1988).

Tal fenômeno torna-se ainda mais relevante dentro do atual contexto de agravamento das mudanças climáticas, principalmente devido à queima de combustíveis fósseis como carvão, petróleo e gás, que geram emissões de gases de efeito estufa, retendo o calor do sol e aumentando as temperaturas globais.

O excessivo revestimento do solo nas cidades contribui para o aumento gradativo da temperatura e redução da umidade relativa do ar, devido a formas urbanas que interferem na ventilação; a materiais das construções, que alteram a capacidade de absorção do calor; à taxa de impermeabilização do solo, que aumenta o albedo das superfícies; à carência de vegetação e de corpos d'água superficiais, que reduzem a evapotranspiração; além da dissipação de calor decorrente das atividades humanas e das máquinas, levando a formação das Ilhas de Calor Urbanas (ROMERO et al, 2019).

Os sistemas de vegetação arbóreo são excelentes estratégias de enfrentamento, pois reduzem o efeito de ilhas de calor a partir do sombreamento e do processo de evapotranspiração, assim como contribuem para a redução do consumo de energia – uma vez que o sombreamento evita o armazenamento de calor em diversos materiais construtivos, além de proteger os pedestres da radiação solar direta, promovendo sensação de frescor às mesmas (GARTLAND, 2008).

No Brasil, percebe-se o declínio da arborização nas cidades ano longo dos anos. Duas das cinco capitais brasileiras com maior proporção de vegetação urbana - Rio Branco/AC, Salvador/BA, Vitória/ES, Florianópolis/SC e São Luís/MA, perderam expressiva quantidade de vegetação nos últimos 20 anos. Rio Branco passou de 43,3% para 32,8% entre 2003 e 2023, seguida por São Luís, de 30,8% para 23%. Juntas, as capitais dos Estados no Brasil perderam 4,3 mil hectares de vegetação urbana nos últimos 20 anos, segundo estudo da Plataforma Mapbiomas (2024).

[1]https://brasil.un.org/pt-br/287173-onu-confirma-2024-como-o-ano-mais-quente-já-registrado-com-cerca-de-155°c-acima-dos-níveis

Além disso, estudos evidenciam que a arborização urbana nas cidades brasileiras é distribuída de forma desigual, favorecendo áreas de maior renda e contribuindo para a perpetuação de injustiças ambientais. Quanto menor a renda e quanto mais precárias as condições da moradia, menor o percentual de arborização urbana (DUARTE et al, 2017; CALIXTER, 2022).

Para promover justiça ambiental, é fundamental que políticas públicas priorizem a equidade na distribuição de infraestrutura verde, garantindo que todos os cidadãos tenham acesso aos benefícios proporcionados pela arborização urbana. Populações vulneráveis apresentam baixa capacidade adaptativa para se preparar ou se recuperar após um desastre climático, o que contribui para manutenção da pobreza e marginalização dessas comunidades (IPCC, 2023; OBSERVATÓRIO DO CLIMA, 2022).

Na medida que os desastres climáticos ficam mais recorrentes, se evidencia também a necessidade de garantir moradia digna para a população, considerando os aspectos urbanos, edilícios e sociais. Políticas públicas para Habitação de Interesse Social devem proporcionar moradias adequadas a população, por meio de um planejamento urbano que propicie, dentre outros aspectos, melhoria qualitativa ambiental, funcional e construtiva.

Diante do exposto, visando contribuir para o desenvolvimento de espaços ambientalmente adequados, a presente pesquisa objetivou analisar e discutir a influência da arborização em empreendimentos de Habitação de Interesse Social localizados em diferentes zonas bioclimáticas brasileiras, por meio de cenários parametrizados com auxílio de simulação computacional no *software* ENVI-Met 5.7.

2. MÉTODOS

Os procedimentos metodológicos adotados na presente investigação consistiram em três etapas: (i) seleção e caracterização de fração urbana representativa e definição de cenários para o estudo; (ii) definição dos dados de entrada para simulação computacional; (iii) elaboração dos modelos e simulação dos cenários hipotéticos no *software* Envi-met 5.7; e (iv) análise dos resultados encontrados.

2.1. SELEÇÃO DE FRAÇÃO URBANA E DEFINIÇÃO DE CENÁRIOS PARA O ESTUDO:

Para a definição da fração a ser analisada, buscou-se compreender o padrão recorrente de ocupação de empreendimentos habitacionais de interesse social construídos no Brasil nos últimos 15 anos, por meio do Programa Minha Casa, Minha Vida (MCMV).

O tamanho adotado para a fração corresponde a área máxima da quadra permitida atualmente para a construção dos empreendimentos no âmbito da faixa 1 do programa, de 10.000m^2, conforme disposto na Portaria MCID nº 725, de 15 de julho de 2023, que define as especificações urbanísticas e de projeto para os conjuntos habitacionais.

Para as simulações, foram selecionadas diferentes zonas bioclimáticas, conforme a recente atualização da NBR 15220-3, em dezembro de 2024, cuja revisão reduziu o número de zonas de oito para seis, agora numeradas de ZB01 (Muito Fria) a ZB06 (Muito Quente), com subdivisões baseadas em características climáticas específicas, como umidade e severidade do inverno.

Foram realizadas simulações em zonas bioclimáticas com características bastante distintas, visando a melhor comparação dos resultados, para as seguintes zonas e municípios representativos selecionados: ZB 2R – Fria com inverno rigoroso, Porto Alegre/RS; ZB 3B – Mista e seca, Brasília/DF; e ZB 5A – Quente e úmida, João Pessoa/PB.

Para as edificações, foi considerada a tipologia multifamiliar, composta por blocos do tipo H, com térreo mais 3 pavimentos, além de afastamentos e largura de vias usualmente encontrados nos empreendimentos habitacionais do programa. Adotou-se como modelo um trecho encontrado no Residencial Crixás, no Distrito Federal, conforme ilustrado na Figura 1 a seguir.

Além dos motivos expostos, o exemplo foi selecionado devido a existência de áreas comuns residuais onde poderia ser explorada a implantação de arborização agrupada para a formação de conjuntos arbóreos e praças.

A fração adotada pode ser classificada como Zona Climática Local (LCZ, sigla em Inglês), conforme modelo proposto por Stewart e Oke (2012), método que diferencia áreas com base em critérios urbanos, como a cobertura do solo e a densidade de construção. Para o Distrito Federal a fração urbana foi classificada como LCZ 3 – compacta com baixa elevação, segundo mapeamento realizado por Wernek (2022), baseada no mesmo método. A caracterização se justifica pela alta densidade construída, majoritariamente impermeável e com pouca vegetação. Apesar das edificações da fração selecionada apresentarem 4 pavimentos e da LCZ 3 geralmente estar associada a áreas com até 3 pavimentos, a proximidade do gabarito justifica sua classificação.



Figura 1 - Modelo de fração adotada para o estudo, com base em situação real encontrada no Residencial Crixás, no Distrito Federal.
Fonte: as autoras (2025)

Sobre as características dos materiais observados na parcela selecionada, notou-se que as ruas são revestidas com asfalto, as calçadas em concreto e as fachadas das edificações são em alvenaria ou blocos de concreto pintados em cores com baixa absortância solar. Os materiais da cobertura são telhas em fibrocimento ou lajes de concreto.

Definidas as características da fração e as diferentes zonas bioclimáticas a serem analisadas, partiu-se para a escolha dos elementos de cobertura do solo para a avaliação dos cenários. Dessa forma, foram consideradas as duas configurações: (i) áreas verdes sem arborização, apenas com o solo gramado; e (ii) áreas verdes com espécies arbóreas de pequeno e médio porte, combinadas com solo gramado. Assim, foram analisadas parcelas com mesma configuração, localizadas em diferentes zonas bioclimáticas, considerando a influência da arborização nas áreas comuns dos empreendimentos.

2.2. DEFINIÇÃO DOS DADOS DE ENTRADA PARA A SIMULAÇÃO:

A partir da definição das características e elementos necessários para a composição dos cenários, foi realizada a modelagem utilizando o plugin Spaces, integrado ao *software* ENVI-MET v.5.7.1.

A área adotada foi de 100X100X10m, que representa uma malha de 50X50X5 na simulação, considerando 1 pixel a cada 2metros. Os materiais utilizados na modelagem foram baseados nas opções existentes no banco de dados do *software*: asfalto, concreto cinza, grama e árvores com alturas de 10m e 5m.

A simulação foi realizada com data de início definida para as 6:00 horas, com duração de 12 horas e intervalos de registro de 60 minutos. Os parâmetros climáticos adotados foram resumidos conforme a Tabela 1 a seguir:

Parâmetros	ZB 2R	ZB 3B	ZB 5A
	Porto Alegre/RS	**Brasília/DF**	**João Pessoa/PB**
Mês de referência – mês mais quente na série histórica INMET (1991-2020)	Janeiro	Setembro	Março
Data da simulação (dia mais quente do mês em 2024 - INMET)	07/01/2024	28/09/2024	23/03/2024
Temperatura do ar a 2 m mês de referência (INMET 1991-2020)	31ºC	29,1ºC	31,2 ºC
Umidade relativa a 2m mês de referência (INMET 1991-2020)	73%	46,4%	75,4%
Temperatura do ar a 2 m – mínima para o dia de referência (INMET 2024)	22,30ºC	17,60ºC	26,40ºC
Temperatura do ar a 2 m – máxima para o dia de referência (INMET 2024)	35,80ºC	34,50ºC	33,70ºC
Umidade relativa a 2m – mínima para o dia de referência (INMET 2024)	49%	18%	48%
Umidade relativa a 2m – máxima para o dia de referência (INMET 2024)	91%	66%	83%
Umidade específica a 2.500m dados da Universidade de Wyoming	7,34 g/kg	6,23 g/kg	8,69 g/kg
Velocidade dos ventos a 10m da superfície (média do mês em 2024 INMET)	1,69 m/s	2,63 m/s	0,93 m/s
Direção dos ventos (média do mês em 2024 INMET)	136,46 º	92,87 º	152,71 º

Tabela 1 – Parâmetros climáticos adotadas nas três zonas bioclimáticas selecionadas e respectivos municípios.
Fonte: as autoras (2025)

3. RESULTADOS E DISCUSSÃO

A partir dos arquivos gerados nas simulações dos cenários parametrizados, os resultados foram visualizados por meio de mapeamento realizado com o *plugin* Leonardo, integrado ao *software* ENVI-MET v.5.7.

Foram gerados mapas relativos aos dados de temperatura do ar para a fração em cada cenário, com intervalos de 4 horas, às 09:00, 13:00 e 17:00 horas, a partir da visualização dos eixos X-Y, com o eixo z igual a 1,40 metros. Os resultados encontrados foram apresentados nas Tabelas 2, 3 e 4, a seguir.

Por meio dos resultados aferidos para a ZB 2R, representada por Porto Alegre/RS (Tabela 2), foi possível perceber que a temperatura do ar mínima e máxima apresentou redução no cenário com arborização em relação ao cenário com solo gramado em todos os horários simulados, com uma média de diminuição de 2,19ºC na temperatura máxima para o horário das 13:00h.

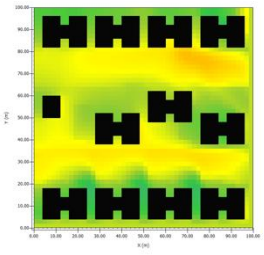
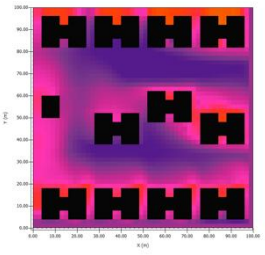
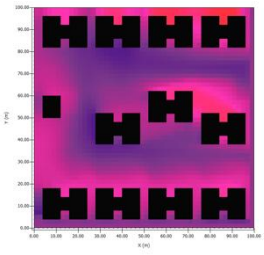
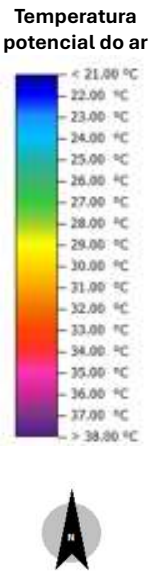
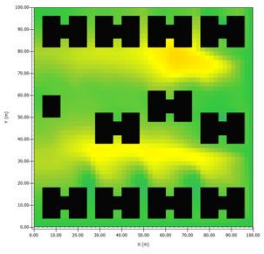
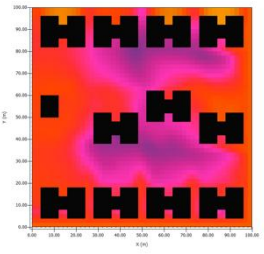
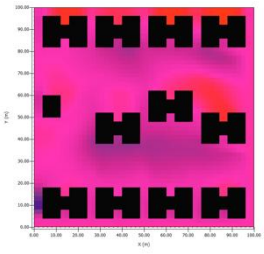
	ZB 2R: Fria com inverno rigoroso - Porto Alegre/RS			
	9h	13h	17h	07.01.2024
Solo gramado	 Min: 26.38 °C Max: 30.50 °C	 Min: 32.37 °C Max: 39.14 °C	 Min: 34.12 °C Max: 38.12 °C	
Arborização	 Min: 26.26 °C Max: 29.99 °C	 Min: 31.33 °C Max: 36.95 °C	 Min: 33.58 °C Max: 38.06 °C	

Tabela 2 – Simulações para temperatura do ar para a ZB 2R, nos três cenários propostos.
Fonte: as autoras (2025)

Destaca-se que a área onde foi implantada a arborização de médio porte, na região central da fração, registrou uma diferença significativa de temperatura. Nos horários de 9:00h e 17:00h a redução de temperatura foi de até 2ºC, chegando a 4ºC no horário das 13:00h, destacando a influência da arborização no arrefecimento da temperatura do ar.

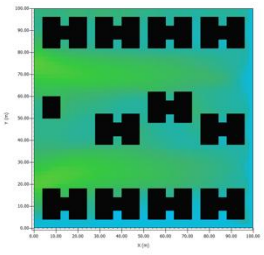
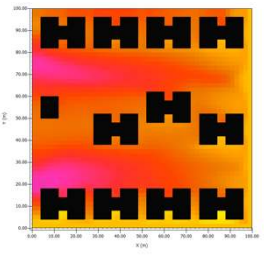
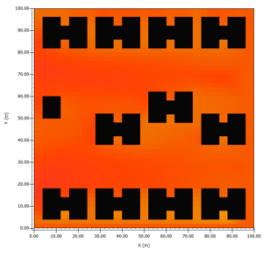
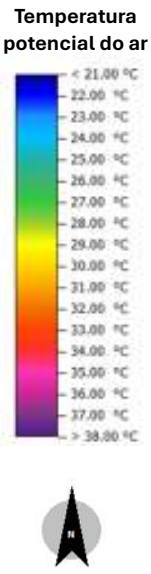
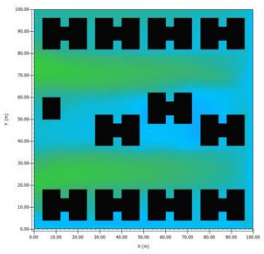
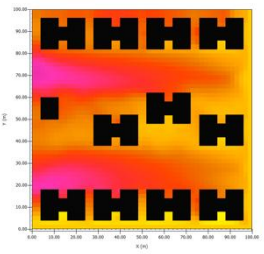
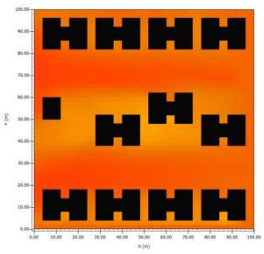
	ZB 3B: Mista e seca - Brasília/DF			
	9h	13h	17h	28.09.2024
Solo gramado	 Min: 24.24 °C Max: 27.34 °C	 Min: 29.50 °C Max: 35.17 °C	 Min: 31.44 °C Max: 33.52 °C	
Arborização	 Min: 23.56 °C Max: 26.99 °C	 Min: 29.21 °C Max: 35.27 °C	 Min: 31.00 °C Max: 33.26 °C	

Tabela 3 – Simulações para temperatura do ar para a ZB 3B, nos três cenários propostos.
Fonte: as autoras (2025)

Com relação aos resultados gerados para a ZB 3B, representada por Brasília/DF (Tabela 3), houve redução na temperatura do ar mínima e máxima no cenário arborizado comparado ao cenário com solo gramado em todos os horários simulados, com média de diminuição de temperatura do ar em até 0,68ºC.

A área onde a redução de temperatura foi mais expressiva corresponde a região central da fração, onde foi implantada a arborização, que registrou uma redução da temperatura em até 2ºC no horário das 9:00h. Nos horários de 13:00h e 17:00h a redução de temperatura nessa área foi em torno de 1ºC.

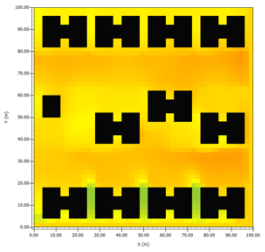
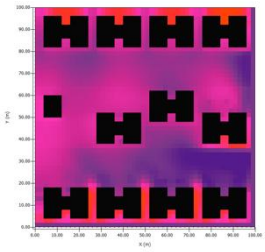
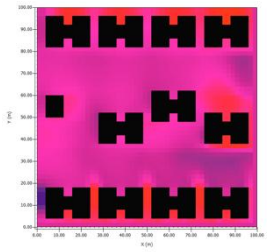
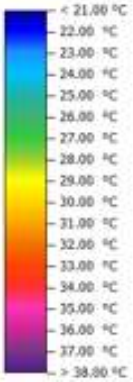
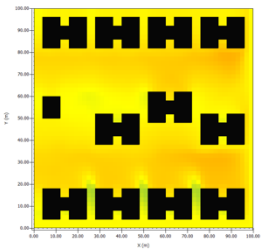
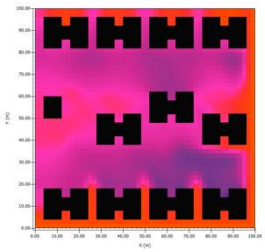
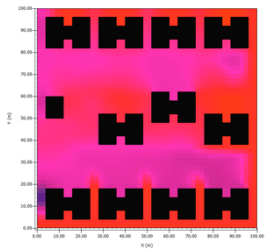
	ZB 5A: Quente e úmida - João Pessoa/PB			
	9h	13h	17h	23.03.2024
Solo gramado	 Min: 27.91 ºC Max: 31.18 ºC	 Min: 33.08 ºC Max: 38.78 ºC	 Min: 33.53 ºC Max: 38.72 ºC	Temperatura potencial do ar  
Arborização	 Min: 28.17 ºC Max: 30.74 ºC	 Min: 32.68 ºC Max: 37.42 ºC	 Min: 33.39 ºC Max: 37.71 ºC	

Tabela 4 – Simulações para temperatura do ar para a ZB 5A, nos três cenários propostos.
Fonte: as autoras (2025)

Para os resultados relativos a ZB 5A, representada por João Pessoa/PB (Tabela 4), foi verificado que a temperatura do ar máxima apresentou redução no cenário com arborização em relação ao cenário com solo gramado, com uma diminuição média de 1,36ºC na temperatura máxima para o horário das 13:00h.

Como percebido para as demais localizações, a área onde foi implantada a arborização registrou uma diferença mais expressiva na redução das temperaturas, chegando a uma diminuição de até 2,5ºC no horário das 13:00h, reforçando o papel da arborização na redução da temperatura do ar.

4. CONCLUSÕES

Após a avaliação dos resultados encontrados nas zonas bioclimáticas selecionadas para o estudo - Porto Alegre/RS (2R: Fria com inverno rigoroso); Brasília/DF (3B: Mista e seca); e João Pessoa/PB (5A: Quente e úmida), concluiu-se que a presença de arborização propiciou a redução da temperatura do ar nas três zonas bioclimáticas e nos três horários avaliados (9:00h, 13:00h e 17:00h), em comparação com o cenário apenas com solo gramado.

No caso de Porto Alegre/RS, a diminuição de temperatura foi de até 4ºC em algumas áreas da fração analisada, demostrando o papel da vegetação arbórea em atenuar o aquecimento do solo

pela radiação solar e, consequentemente, a temperatura do ar nas áreas circundantes, além do potencial de arrefecimento das Ilhas de Calor Urbanas.

A pesquisa se ateve a comparação de uma mesma configuração urbana para diferentes locais do país. Sugere-se que próximos estudos avaliem o impacto de diferentes disposições da forma urbana, bem como explorem outras zonas bioclimáticas para verificação de seu desempenho.

Em especial quanto as políticas públicas para Habitação de Interesse Social, é importante destacar o papel do poder público na garantia do desenvolvimento urbano sustentável das cidades, por meio da definição de exigências de uso e ocupação do solo que sejam voltados a proporcionar cidades ambientalmente adequadas e inclusivas, com moradia digna, garantindo justiça climática para as populações mais vulneráveis.

REFERÊNCIAS BIBLIOGRÁFICAS

BRASIL. Portaria MCID nº 725, de 15 de julho de 2023. Brasília: Ministério das Cidades, 2023. Disponível em: https://www.gov.br/cidades/pt-br/acesso-a-informacao/acoes-e-programas/habitacao/arquivos-1/copy_of_20241213_Portaria_MCID_725_Especificacoes_MCMV_FAReFDS_COMPILADA.pdf Acesso em: 22 abr. 2025.

CALIXTER, Abner Luis et al. Morfologia urbana, segurança pública e a sensação de medo em Brasilia, Distrito Federal. In: ROMERO, Marta Adriana Bustos; CALIXIER, Abner Luis; TEIXEIRA, Ederson Oliveira (org.). Desenho urbano sustentável participativo para a cidade resiliente: estratégias para políticas públicas contra violência. Brasília: LaSUS FAU: Universidade de Brasília, 2022. p. 60-78. DOI: 10.29327/567864. Disponível em: https://livros.unb.br/index.php/portal/catalog/book/226. Acesso em: 06 mai. 2022.

CENTRO NACIONAL DE MONITORAMENTO E ALERTA DE DESASTRES NATURAIS (CEMADEN). Avaliação de temperaturas extremas combinadas com a seca no Brasil no ano de 2023. Ministério da Ciência, Tecnologia e Inovação. Brasil, 2024.

DUARTE, Taise Ernestina Prestes Nogueira et al. Arborização urbana no Brasil: um reflexo de injustiça ambiental. Terr@Plural, Ponta Grossa, v. 11, n. 2, p. 291–303, jul./dez. 2017. DOI: 10.5212/TerraPlural.v.11i2.0008.

GARTLAND, Lisa M. Heat Islands: Understanding and Mitigating Heat in Urban Areas. Routledge, 2012.

INSTITUTO BRASILEIRO DE GEOGRAFIA E ESTATÍSTICA (IBGE). Censo Demográfico 2022. Disponível em: https://www.ibge.gov.br/estatisticas/sociais/populacao/22827-censo-demografico-2022.html?=&t=downloads. Acesso em: 20 jan. 2025.

INSTITUTO BRASILEIRO DE GEOGRAFIA E ESTATÍSTICA (IBGE). Áreas Urbanizadas do Brasil: 2019. Disponível em: https://www.ibge.gov.br/geociencias/cartas-e-mapas/redes-geograficas/15789-areas-urbanizadas.html. Acesso em: 24 jan. 2025.

INTERGOVERNMENTAL PANEL ON CLIMATE CHANGE (IPCC). Summary for Policymakers. In: Climate Change 2023: Synthesis Report. Contribution of Working Groups I, II and III to the Sixth Assessment Report of the Intergovernmental Panel on Climate Change [Core Writing Team: H. Lee; J. Romero (eds.)]. Geneva: IPCC, 2023.

LOMBARDO, M. A. A ilha de calor de São Paulo. Revista Ambiente, v. 2, n. 1, p. 14-18, 1988. Disponível em: https://revista.cetesb.sp.gov.br/revista/article/view/49/43 Acesso em: 25 de março de 2025.

MAPBIOMAS. Mapeamento anual de cobertura e uso da terra no Brasil entre 1985 a 2022 – Coleção 8. Disponível em: https://brasil.mapbiomas.org/wp-content/uploads/sites/4/2023/10/FACT_Areas-Urbanas-no-Brasil_31.10_v2.pdf. Acesso em: 24 jan. 2025.

OBSERVATÓRIO DO CLIMA. Quem precisa de justiça climática no Brasil? Organização de Andréia Coutinho Louback; Letícia Maria R. T. Lima. GT de Gênero e Justiça Climática, do Observatório do Clima, Hivos, 2022. Disponível em: https://acervo.socioambiental.org/acervo/livros/quem-precisa-de-justica-climatica-no-brasil. Acesso em: 24 jan. 2025.

OKE, T. R. Boundary Layer Climates. London: Methuen, 1978.

ROMERO, M. A. B.; BAPTISTA, G. M. de M.; LIMA, E. A. de; WERNECK, D. R.; VIANNA, E. O.; SALES, G. de L. Mudanças climáticas e ilhas de calor urbanas. Brasília: Universidade de Brasília, 2019. v. 1. 151p.

STEWART, I.D.; OKE, T.R. Local Climate Zones For Urban Temperature Studies. American Meteorological Society, v.93, p. 1879-1900, 2012.

UNITED NATIONS. The Sustainable Development Goals Report 2024. Department of Economic and Social Affairs. 2024. Disponível em: https://unstats.un.org/sdgs/report/2024/Goal-11/. Acesso em: 25 jan. 2025.

WERNECK, Daniela Rocha. Variabilidade da temperatura de superfície diurna entre as zonas climáticas locais (LCZ): um estudo para a área urbana do Distrito Federal. 2022. 174 f., il. Tese (Doutorado em Arquitetura e Urbanismo) — Universidade de Brasília, Brasília, 2022.