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

Avaliação do conforto térmico em favelas e os benefícios de um parque linear: Caso de Paraisópolis

Evaluación del confort térmico en favelas y los beneficios de un parque lineal: caso de Paraisópolis

Assessment of thermal comfort in favelas and the benefits of a linear park: Case of Paraisópolis

Conforto Térmico / *Confort térmico / Thermal Comfort*

Abreu-Harbich, Loyde Vieira de
Doutora, Faculdade de Arquitetura e Urbanismo da Universidade Presbiteriana Mackenzie, São Paulo, Brazil, loyde. harbich@mackenzie.br

Resumo

Este estudo investiga o conforto térmico humano em favelas para desenvolver estratégias de mitigação do clima urbano em áreas vulneráveis. A metodologia consiste em: Seleção da área de estudo, Levantamento das variáveis arquitetônicas e urbanísticas, Levantamento de variáveis climáticas, Quantificação do conforto térmico em PET (Temperatura Fisiologicamente Equivalente) e UTCI (Indice Universal de Conforto Térmico), Simulação computacional dos cenários atual e futuros com software Envi-met 5.7. O levantamento de campo foi realizado durante a estação primavera do ano 2023 (sem o parque) e 2024 (com o parque). Resultados mostraram que a temperatura do ar foi mais quente 5º C em 2024 do que 2023 e o PET foi mais quente 7º C em 2024 . Apesar da intervenção realizada na área, onde um rio foi descoberto, promover mais circulação do ar no ambiente e acesso ao sol, houve maior desconforto térmico reforçando a necessidade de adaptação climática.

Palavras-chave: conforto térmico em ambientes externos, áreas vulneráveis, planejamento urbano, adaptação climática.

Resumen

Este estudio investiga el confort térmico humano en barrios marginales con el fin de desarrollar estrategias de mitigación del clima urbano en zonas vulnerables. La metodología consiste en: Selección del área de estudio, Relevamiento de variables arquitectónicas y urbanísticas, Relevamiento de variables climáticas, Cuantificación del confort térmico en PET (Temperatura Fisiológicamente Equivalente) y UTCI (Índice Universal de Confort Térmico), Simulación computacional de escenarios actuales y futuros con el software Envi-met 5.7. El estudio de campo se realizó durante la primavera de 2023 (sin el parque) y 2024 (con el parque). Los resultados mostraron que la temperatura del aire era 5o C más cálida en 2024 que en 2023 y la PET era 7o C más cálida en 2024. Aunque la intervención realizada en la zona, en la que se descubrió un río, favoreció una mayor circulación del aire en el entorno y el acceso al sol, se produjo un mayor malestar térmico, lo que refuerza la necesidad de adaptación climática.

Palabras clave: confort térmico en entornos exteriores, zonas vulnerables, planificación urbana, adaptación climática, clima urbano.

Abstract

This study investigates human thermal comfort in favelas to develop urban climate mitigation strategies in vulnerable areas. The methodology consists of: Selection of the study area, Survey of architectural and urban variables, Survey of climate variables, Quantification of thermal comfort in PET (Physiologically Equivalent Temperature) and UTCI (Universal Thermal Comfort Index), Computer simulation of current and future scenarios with Envi-met 5.7 software. The field survey was carried out during the spring season of 2023 (without the park) and 2024 (with the park). Results showed that the air temperature was 5º C warmer in 2024 than 2023 and the PET was 7º C warmer in 2024. Despite the intervention carried out in the area where a river was uncovered, promoting more air circulation in the environment and access to the sun, there was greater thermal discomfort reinforcing the need for climate adaptation.

Keywords: outdoor thermal comfort, vulnerable areas, urban planning, climate adaptation, urban climate

Introdução

As ondas de calor tem sido cada vez mais frequentes no Brasil (IPCC, 2021), e seus efeitos podem ser intensificados por causa das ilhas de calor promovendo eventos clima extremos, deslizamentos de terra e inundações, em cidades como São Paulo (ANELLI; LIMA, 2023). A falta de drenagem urbana, alteração no uso e ocupação do solo, aumento da densidade de construção e gabarito das edificações, materiais utilizados no pavimento e na envoltória do edifício, e a falta de vegetação são as principais causas das mudanças no clima local (OKE, 1976).

Define-se o fenômeno da ilha de calor pelo incremento da temperatura nos centros urbanos em relação às áreas de entorno, ou seja, o uso de materiais no piso e nas fachadas que armazenam calor, áreas adensadas e menos arborização tendem a apresentar temperaturas mais elevadas, mesmo durante a noite (DUARTE, 2010; BARROS; LOMBARDO, 2016). As ilhas de calor podem ser observadas pelas imagens térmicas de satélite e podem ser uma importante informação durante o processo de decisão quando integradas ao Banco de dados da cidade como Sistema de Informação Geográfica (SIG).

No planejamento urbano, as informações obtidas por satélite podem ser complementadas Fcom parâmetros climáticos, como a temperatura do ar e suas variações diurnas e sazonais, identificação do uso e ocupação do solo, diferentes configurações urbanas e materiais aplicados no solo e fachadas (Katzschner (1997). Salienta-se que a integração da climatologia urbana e planejamento urbano são cruciais para identificar áreas com risco de vulnerabilidade urbana, bem como planejar estratégias de mitigação e adaptação climática (MATZARAKIS, 2022).

A Alemanha é um exemplo de aplicação do mapeamento do clima urbano no planejamento urbano. Várias cidades do norte realizaram mapeamentos climáticos sintéticos com base na normativa VDI- Verien Deutscher Ingenieure -(1987). Já no sul da Alemanha, a prefeitura de Stuttgart realizou estudos climáticos e elaborou um atlas climático para a Associação de Moradores de Stuttgart (Klimaatlas Nachbarschaftsverband Stuttgart). Este atlas inclui mapas sinóticos, mapas termais, mapas de emissões, mapas climáticos, mapa de análise e UC-Map (Mapa de Clima Urbano) no sistema de informação geográfica (GIS) (Klimaatlas, 1992). Em 1995, a prefeitura de Berlim lançou seu atlas climático georreferenciado com oito temas: clima, áreas verdes, tráfego, poluição do ar, ventilação urbana, entre outros (Governo de Berlim, 2000). Posteriormente, a normativa VDI 3787: Parte 1 (1997), criada para orientar o

desenvolvimento de Mapas Climáticos Urbanos, definiu–símbolos e representações dos Estudos UC-Map e metodologia padrão (Matzarakis 2005).

Assim, os UC-maps também passaram a incluir informações sobre conforto térmico humano a partir do cálculo de índices como PET (Temperatura Fisiologicamente Equivalente) e UTCI (Índice de Conforto Térmico Universal). Salienta-se que para o desenvolvimento de mapas climáticos é importante a rede de monitoramento local por ser mais realista e no desenvolvimento de intervenções locais. Softwares como como Envimet, RayMan, Solweing, entre outros podem auxiliar no desenvolver estudos de cenário futuros do ambiente térmico para melhorias no microclima (ABREU-HARBICH et al., 2024).

Salienta-se que no Brasil não existem normativas que inclua estudos de bioclimatologia aplicada como um elemento fundamental para o desenvolvimento estratégias que possam adaptar o clima urbano. Além disso, existem poucas pesquisas sobre conforto térmico humano em favelas. Especificamente, pequenas intervenções urbanas em áreas vulneráveis podem ser muito benéficas à população sob o ponto de vista climático, reduzindo os impactos dos eventos de clima extremo como as inundações e arrefecendo o clima local. Neste contexto, este estudo visa avaliar quantitativamente os benefícios térmicos que a intervenção urbana realizada na Favela de Paraisópolis para desenvolver estratégias de mitigação do clima urbano em áreas vulneráveis.

Procedimentos Metodológicos

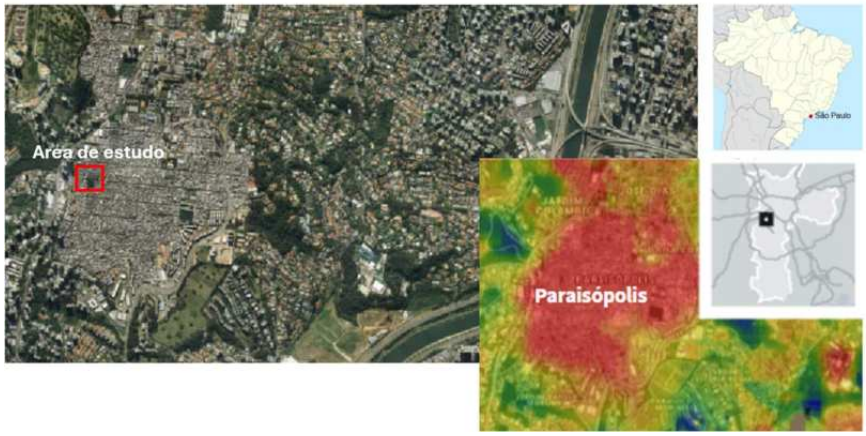
Os procedimentos metodológicos utilizados nesse trabalho são: Levantamento documental dos estudo de caso; Seleção dos equipamentos e métodos de coleta de dados e monitoramento da área (medições fixas e por meio de transecto); Análise de cenários atual e futuros a partir de softwares de simulação computacional tridimensional para avaliação do ambiente térmico; Análise estatística descritiva dos dados climáticos medidos e cálculo do conforto térmico humano intermediado pelo software Envi-Met.

Estudo de caso: Vale do Antonico em Paraisópolis

Os critérios de seleção foram: áreas em situação de vulnerabilidade social e ambiental, acesso aos atores sociais (líder comunitários, população, entre outros), acesso a levantamento de edificações no campo, segurança do pesquisador para fazer levantamento de campo. Nesta análise foi selecionada uma área vulnerável na favela de Paraisópolis (Figura 1). O local de medição foi selecionado a partir dos seguintes critérios: levantamento de dados existentes;

uso e ocupação; adensamento da área, vegetação, segurança para deixar os equipamentos (termo-higrômetros) medindo no local; segurança do pesquisador para visitar a área.

Figura 1: Localização do estudo de caso



Fonte: autora

Os materiais aplicados no pavimento são asfalto e concreto. Os edifícios são feitos de alvenaria de tijolo , que muitas vezes não tem reboco ou pintura. A cobertura é feita normalmente de laje de concreto ou telhas de fibrocimento. Há ausência de vegetação arbórea na área, mas muitos moradores colocam plantas em vasos nas varandas e ou marquises das edificações (Figura 2).

Figura 2: Principais materiais aplicado a envoltória dos edifícios na área de estudo e os valores de transmitância

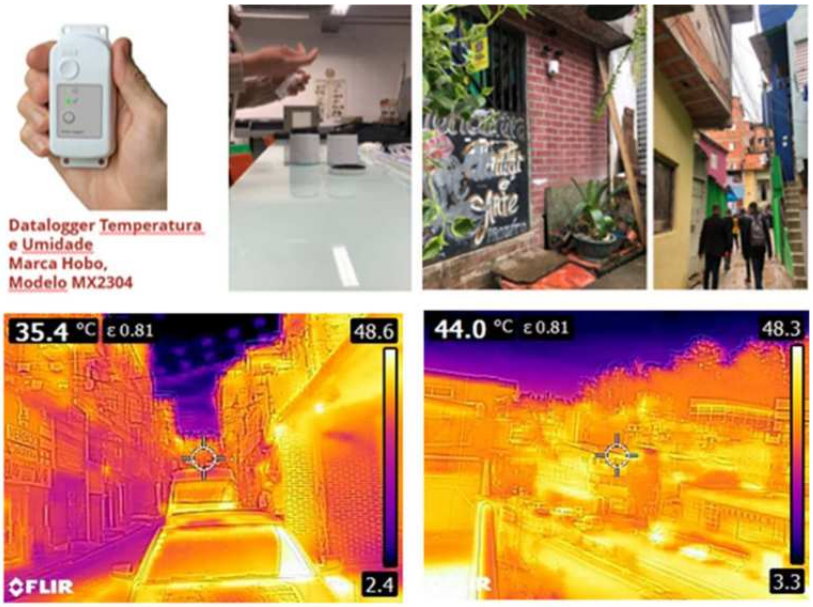
	Transmitância		Absortância
	Bloco cerâmico 9x14x24 cm :2,8 W/m²k Bloco cerâmico 14x9x24 cm: 2,4 W/m²k		Concreto : $\alpha = 0,5$
	Tijolo cerâmico maciço 9x6x19 cm: 3,8 W/m²k		Asfalto : $\alpha = 0,8$
	Laje maciça 10 cm: 3.74 W/m²k		Vegetação: variável
	Laje maciça 10 cm | Câmara de ar (> 5.0 cm) | Telha fibrocimento 0.8 cm: 2,06 W/m²k		**Fator Solar / Transmitância**
	Telha fibrocimento: 4,6 W/m²k		Vidro Simples: FS = 0,87 / 5,7 W/m²k
	Telha cerâmica: 4,5 W/m²k		

Fonte: autora

Seleção dos equipamentos e coleta de dados de campo

Devido a estação meteorológica estar a mais de 3km de distância do setor de estudo, a temperatura do ar e a umidade relativa do ar foram monitoradas por 3 dataloggers do marca HOBO, modelo MX2304. Esses dados foram coletados de 10 em 10 minutos na Floricultura do Rael, durantes o mês de setembro em 2023 e 2024 (Figura 3). Também foi monitorada a temperatura superficial através de uma câmera FLIR modelo E-5.

Figura 3: Preparação e coleta de dados de campo



Fonte: autora

Análise dos dados

Para analisar os dados medidos no local utilizou-se a estatística descritiva. Foi calculado os índices de conforto térmico humano: PET, mPET (adaptação do PET para locais úmidos) e UTCI utilizando o Software Rayman Pro. Os dados de radiação e velocidade do vento foram estimados para o ponto pelo software RayMan. As variáveis pessoais adotadas para vestimenta foi 0,6 Clo (camiseta e calça) e a atividade foi andando (80w).

Para classificar as sensações de conforto térmico em ambientes externos, os valores das temperaturas foram separados em sensações térmicas compatíveis com a percepção humana. Os índices utilizados nessa avaliação foram PET e UTCI. A classificação para PET foi considerada para mPET, pois essa foi uma adaptação do índice PET para climas tropicais (Lin et al. 2019).

Tabela 1: Sensações Térmicas do PET e UTCI para Europa, Taiwan e São Paulo

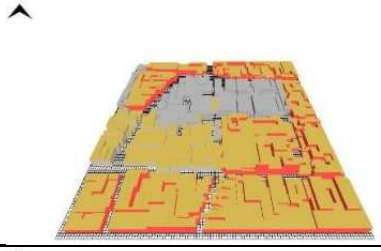
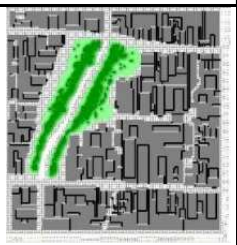
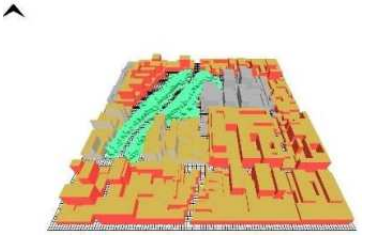
Sensação Térmica	UTCI (ºC) (Blażejczyk et al., 2010)	PET para European (ºC PET) (Matzarakis e Mayer 1996)	PET para Taiwan (ºC PET) (Lin e Matzarakis 2008)	PET para São Paulo (Monteiro e Allucci 2009)
Muito Frio	-13 a -27	<4	<14	
Frio	-13 a 0	4 a 8	14 a 18	< 4
Fresco	0 a 9	8 a13	18 a 22	4 a 12
Leve Frescor	9 a 18	13 a 18	22 a 26	12 a 18
Comfortavel	18 a 26	18 a 23	26 a 30	18 a 26
Leve Calor	26 a 32	23 a 29	30 a 34	26 a31
Calor	32 a 38	29 a 35	34 a 38	31 a 43
Quente	38 a 46	35 a 41	38 a 42	>43
Muito Quente	>46	>41	>42	

Fonte: ABREU-HARBICH et al.2013

Simulações Computacionais

Para analisar a influência da geometria urbana no conforto térmico humano em áreas abertas, será utilizado o software Envi-Met para o dia 25 de setembro de 2023. Este software permite a modelagem da geometria urbana e a interação da vegetação no cálculo do conforto térmico urbano. Foi analisado o cenário atual e futuro, considerando o descobrimento do rio, construção de um parque e plantio de árvores, e ainda, a verticalização da favela.

Tabela 1: Cenários simulados em janeiro e setembro

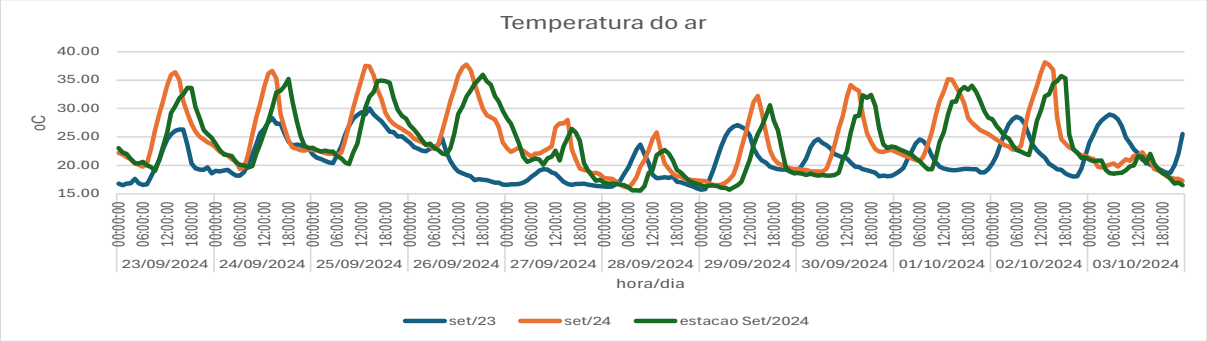
LOCAL	Planta	3D	MATERIAIS/ VEGETAÇÃO
CENARIO 1			A materialidade construtiva das edificações é o concreto, a altura das edificações em média é 2 a 3 pavimentos. Não há vegetação na área. O pavimento das ruas é de asfalto.
CENARIO 2			A materialidade construtiva das edificações é o concreto, a altura das edificações em média é 4 a 6 pavimentos. O rio foi descoberto e foi inserida vegetação na borda, como se fosse um parque.

Fonte: Autor

Resultados

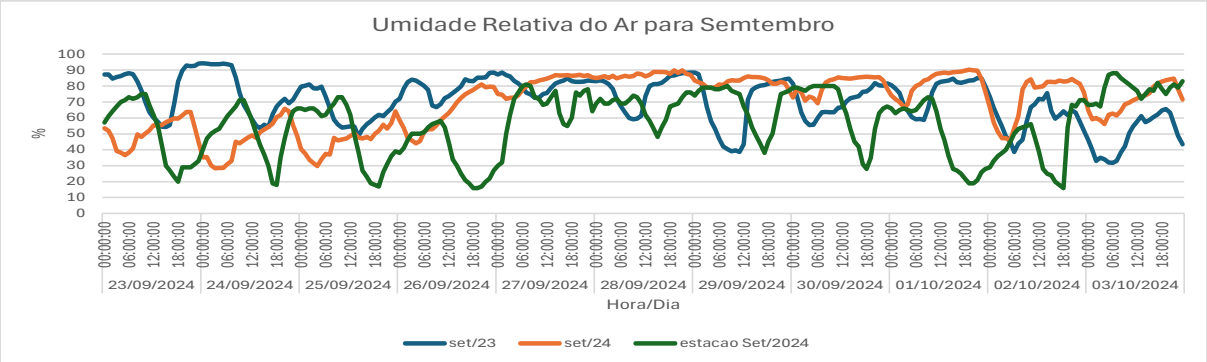
A Figura 4 apresenta os resultados da temperatura do ar para o período estudado. Observou-que o ano de 2024 foi 10º C mais quente do que o ano de 2023. Se comparar os dados coletados no local em 2024 com a estação meteorológica de referência que fica no aeroporto Campo de Martes, disponível no site do Instituto Nacional de Meteorologia - INME https://portal.inmet.gov.br/), observa-se uma diferença de 3 º C. Isso ocorre devido a forma urbana da favela e os materiais de construção aplicado nos edifícios. A Figura 5 apresenta os resultados de campo da umidade relativa para o período estudado. Se observarmos os resultados da umidade relativa, o ano de 2023 foi mais úmido do que 2024. Comparando a umidade relativa do local com a estação meteorológica, percebeu-se que a favela é mais úmida do que a estação. Isso ocorre devido à ausência de ventilação local.

Figura 4: Temperatura do ar no local para 2023 e 2024 comparados com a estação Meteorológica de referência



Fonte: Autores

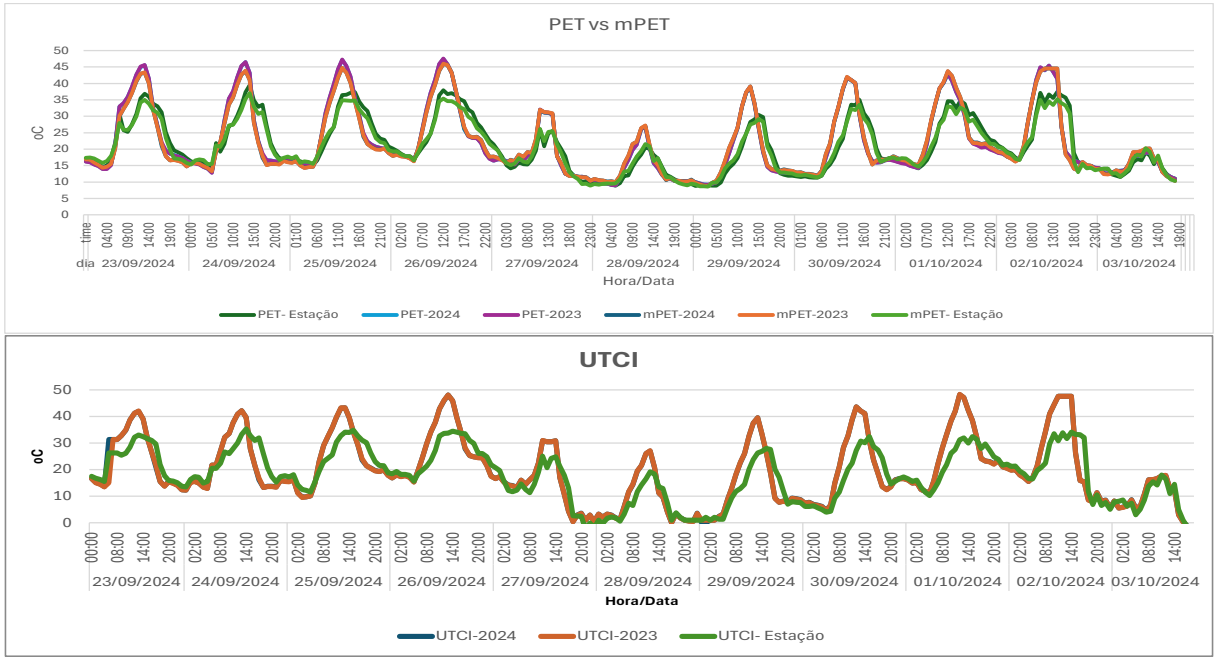
Figura 5: Temperatura do ar no local para 2023 e 2024 comparados com a estação Meteorológica de referência



Fonte: Autores

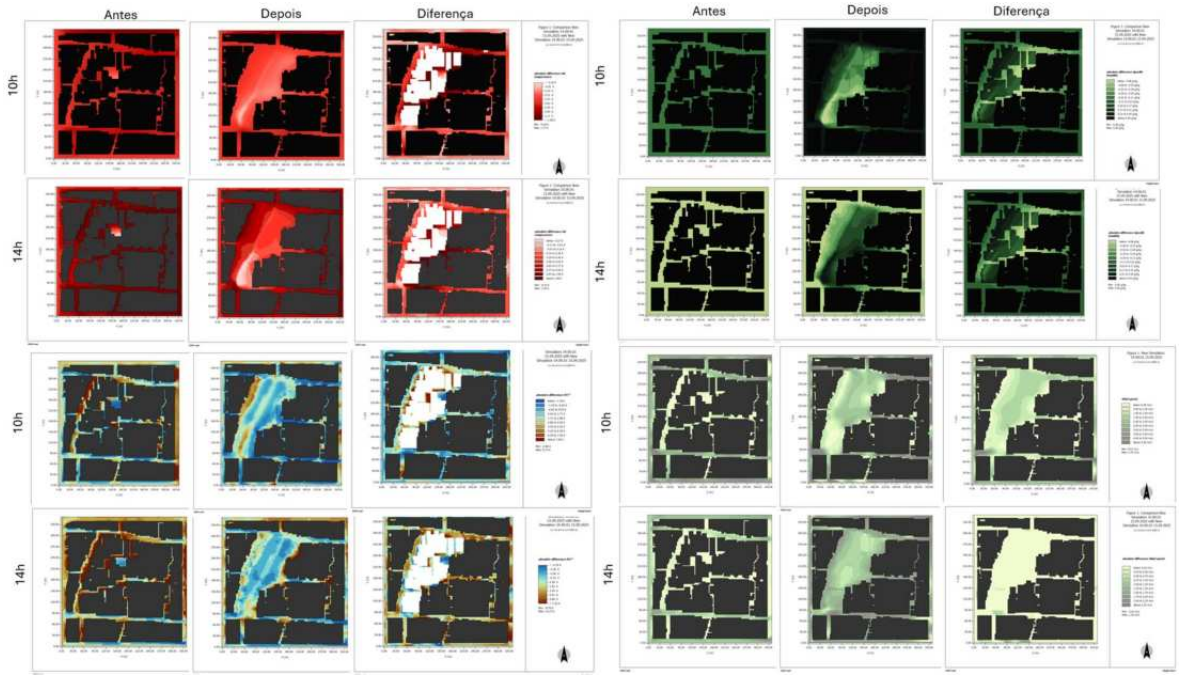
A Figura 6 apresenta os resultados dos cálculos dos índices de conforto PET e mPET e UTCI, respectivamente, para o período estudado. Observou-se que no local, em todos os índices medidos, as temperaturas ultrapassaram 35º C caracterizando, estresse por calor.

Figura 6: Resultados dos índices de Conforto PET, mPET e UTCI



Fonte: Autores

Figura 7: Resultados da Simulação no Envi-Met em 2023 e em 2024



Fonte: Autores

A Figura 7 apresenta os resultados simulados para setembro em 2023 e em 2024 com a construção do parque. Observou-se que a construção do parque arrefeceu a área em 1º C a temperatura do ar, em cerca de 7 º C. em termos PET e UCTI, e reduziu a umidade absoluta em até 0,5 g/ kg devido ao incremento da velocidade do vento em 2,25m/s. Observou-se também que houve variações de temperatura ao longo das ruas. O acesso ao sol, proporcionou retirada a umidade e promoveu maior ventilação urbana. Apesar das habitações que ficam de frente para a rua serem as maiores beneficiadas, a remoção dos edifício trouxe alterações climáticas locais. O excesso de materiais absorventes presentes na área, como concreto e asfalto, tornou alguns pontos mais desconfortáveis do que antes, fazendo com que a população se adapta a essa nova realidade, como mostra a Figura 8.

Figura 8: Adaptações Climáticas na Favela



Fonte: Autores

Conclusões

Esse artigo investigou os benefícios que o descobrimento de um rio e a construção de um parque linear trouxeram à favela de Paraisópolis. O levantamento de campo ocorreu em dois momentos, antes da implantação do parque após a implantação do parque, nos anos de 2023 e 2024. Por meio de medições de campo, foi possível verificar que o conforto térmico local é bem diferente da estação meteorológica, cerca de 3º mais quente em termos de temperatura do ar. A sensação térmica é cerca de 10°C com o índice PET e 14°C com o índice UTCI maior do que na estação. As simulações por meio de modelagem tridimensional utilizando o software Envi-met 5.7 para o dia 25 de setembro de 2023 no cenário atual e futuro apontou que os benefícios da criação do parque melhoraram o clima local, promovendo maior

ventilação urbana, que auxilia no controle da umidade. A criação do parque pode melhorar não apenas também os ambientes internos.

Os efeitos benéficos da vegetação no microclima podem ser observados por Abreu et al (2015), quando um agrupamento de árvores pode reduzir as temperaturas PET em até 16ºC. Em um meio, onde há muito material de construção que absorve muito calor, o efeito arrefecedor da vegetação não possui um raio de abrangência muito extenso. A inserção de parques lineares ou pequenos parques em áreas extremamente adensadas pode ser um caminho para promover a sustentabilidade em áreas vulneráveis, além de promover justiça climática.

Referências

ABREU-HARBICH, L. V.et al. Informações Climáticas e poluição sonora para planejamento urbano de cidades médias na região metropolitana de São Paulo. **E&S Engineering and Science**, v. 13, n. 4, p. 1-17, 2024.

ABREU-HARBICH, L. V.; LABAKI, LUCILA CHEBEL ; MATZARAKIS, ANDREAS . Effect of tree planting design and tree species on human thermal comfort in the tropics. LANDSCAPE AND URBAN PLANNING, v. 1, p. 111-131, 2015.

ANELLI, Renato; LIMA, Renata P. Plano de Drenagem Urbana do município (PDD) e Plano Diretor Estratégico (PDE): resistência à integração e seus efeitos nos impactos das mudanças climáticas em São Paulo. In: **Caderno de Resumos–acesso aos artigos completos, Forum SP23. São Paulo, FAUUSP/FAUMACKENZIE**. 2023

IPCC, 2021: Chapter 2. In: *Climate Change 2021: The Physical Science Basis. Contribution of Working Group I to the Sixth Assessment Report of the Intergovernmental Panel on Climate Change [Gulev, S.K., P. et al. (eds.)]. Cambridge University Press, Cambridge, United Kingdom and New York, NY, USA, pp. 287–422, doi: 10.1017/9781009157896.004* ..

PIZARRO, E. P.; GONÇALVES , J. C. S. QUALIDADE AMBIENTAL PARA TODOS! REPENSANDO A MORADIA AUTOCONSTRUÍDA NAS FAVELAS DE SÃO PAULO. **REVISTA FOCO**, *[S. l.]*, v. 18, n. 2, p. e7638, 2025. DOI: 10.54751/revistafoco.v18n2-013. Disponível em: https://ojs.focopublicacoes.com.br/foco/article/view/7638. Acesso em: 20 fev. 2025.

BARROS, H. R.; LOMBARDO, M. A. A ilha de calor urbana e o uso e cobertura do solo em São Paulo-SP. **Geousp – Espaço e Tempo (Online)**, v. 20, n. 1, p. 160-177, mês. 2016. ISSN 2179-0892.

BLAŽEJCZYK, K.; BROEDE, P.; FIALA, D.; HAVENITH, G.; HOLMÉR, I.r; JENDRITZKY, G.; KAMPMANN, B.; KUNERT, A.. Principles of the new Universal Thermal Climate Index (UTCI) and its application to bioclimatic research in European scale. **Miscellanea Geographica**, v. 14, 2010; p. 91-102

DUARTE, D. Variáveis urbanísticas e microclimas urbanos: Modelo empírico e proposta de um indicado. **FORUM PATRIMÔNIO : amb . constr. e patr . sust** . Belo Horizonte , v . 3 , n. 2 , jul. - dez. 2010 .

KATZSCHNER, Lutz. Urban climate studies as tools for urban planning and architecture. In: ENCONTRO NACIONAL DE CONFORTO NO AMBIENTE CONSTRUÍDO, 4., 1997, Salvador. *Anais* ... Salvador: ANTAC, 1997. p.49-58.

LIN, T.P.;MATZARAKIS, A. Tourism climate and thermal comfort in Sun Moon Lake, Taiwan. Int **Journal Biometeorol.** 52. 281-90. 2008 10.1007/s00484-007-0122-7.

Lin, TP., Yang, SR., Chen, YC.; Matzarakis, A.The potential of a modified physiologically equivalent temperature (mPET) based on local thermal comfort perception in hot and humid regions. **Theor Appl Climatol** 135, 873–876 (2019).

MATZARAKIS, A. Country report urban climate research in Germany. *IAUC Newsletter* 11, 4-6, 2005.

MATZARAKIS A, MAYER H.Heat stress in Greece. **Int Journal Biometeorol** 41(1):34–39. 1996 doi:10.1007/s004840050051.

MATZARAKIS, A., 2022: Communication Aspects about Heat in an Era of Global Warming – The Lessons Learnt by Germany and Beyond. **Atmosphere** 13, 226, 1-6,

MONTEIRO, L. M.; ALUCCI, M. P. Conforto Térmico em Espaços Abertos: parte 1, consideração de variáveis ambientais. In: ENCONTRO NACIONAL SOBRE CONFORTO NO AMBIENTE CONSTRUÍDO, 10.; ENCONTRO LATINO-AMERICANO SOBRE CONFORTO NO AMBIENTE CONSTRUÍDO, 6., Natal, 2009. **Anais...** Natal: ANTAC, 2009

VDI. 1997. **VDI-Guideline 3787**, Part 1, Environmental MeteorologyClimate and Air Pollution Maps for Cities and Regions.

VDI, Beuth Verlag: Berlin. **VDI.** 1988. Stadtklima und Luftreinhaltung. Springer-Verlag: Berlincorrespondente