III SIMPOSIO BRASILEIRO DE BIOMETEOROLOGIA HUMANA
26 a 28 de agosto de 2026

MAGNITUDE DAS ILHAS DE CALOR ENTRE OS ARRANHA-CÉUS DE BALNEÁRIO CAMBORIÚ/SC

Cassio Arthur Wollmann (1); Ismael Luiz Hoppe (2); João Paulo Assis Gobo (3)
(1) Doutor, UFSM, cassio@ufsm.br
(2) Doutor, UFSM, ismael.hoppe@hotmail.com
(3) Doutor, UNIR, joao.gobo@unir.br

RESUMO
A pesquisa analisou a magnitude das ilhas de calor urbanas na Local Climate Zone 1 (LCZ 1) de Balneário Camboriú/SC ao longo de um ano, considerando a intensa verticalização urbana da área central litorânea. A partir da classificação das LCZs e do monitoramento contínuo da temperatura do ar entre agosto de 2021 e julho de 2022. Identificou-se que as maiores intensidades de ilha de calor ocorreram durante o verão e no período noturno, alcançando valores superiores a +2,0°C. Em contraste, durante o inverno foram observadas ilhas de frescor nas primeiras horas da manhã, associadas ao sombreamento promovido pelos edifícios altos. Os resultados evidenciam que a morfologia urbana compacta e verticalizada influencia significativamente a dinâmica térmica local, ao mesmo tempo em que constitui elemento central da identidade turística e paisagística de Balneário Camboriú.
Palavras-chave: Magnitude; ilhas de calor urbanas; LCZ 1; verticalização urbana; Balneário Camboriú/SC.

1. INTRODUÇÃO
Proposto por Stewart, Oke (2012), o sistema LCZ classifica diferentes paisagens urbanas e naturais a partir de características morfológicas e de cobertura da superfície, possibilitando análises comparativas entre centros urbanos em distintas escalas espaciais. Nesse contexto, as LCZs tornam-se fundamentais para investigar fenômenos como ilhas de calor urbanas (ICU), ventilação, conforto térmico e impactos ambientais decorrentes da urbanização intensiva.

No litoral brasileiro, poucas cidades apresentam uma configuração urbana tão singular quanto Balneário Camboriú, em Santa Catarina. Reconhecida nacionalmente pelo intenso processo de verticalização de sua faixa costeira, a cidade se destaca pela presença marcante da LCZ 1 (*Compact High-Rise*), caracterizada por edificações altas, grande densidade construtiva e reduzida permeabilidade do solo. Essa configuração, relativamente rara no Brasil em áreas litorâneas, contribui para a construção da imagem turística de Balneário Camboriú como uma "cidade de arranha-céus à beira-mar", elemento que reforça sua atratividade econômica e simbólica no cenário turístico nacional (HOPPE, et. al., 2022).

A predominância da LCZ1 ao longo da orla modifica significativamente as condições microclimáticas locais, influenciando aspectos como sombreamento, circulação de ventos e conforto térmico urbano. Ao mesmo tempo, essa paisagem verticalizada tornou-se parte essencial da identidade turística do município, associando modernidade, valorização imobiliária e infraestrutura urbana sofisticada (BEUTING, MARTINS, 2016). Assim, compreender a distribuição e os impactos das LCZs em Balneário Camboriú permite não apenas interpretar suas transformações climáticas e ambientais, mas também analisar como a morfologia urbana participa diretamente da produção do espaço turístico contemporâneo.

2. OBJETIVO
Diante disto, o objetivo desta pesquisa foi caracterizar a magnitude das ilhas de calor no período de um ano na LCZ 1 de Balneário Camboriú/SC, tida como a paisagem urbana mais verticalizada do Hemisfério Sul, a qual atrai turistas motivados em conhecê-la sazonalmente.

3. MÉTODO
A elaboração das LCZs de Balneário Camboriú foi elaborada segundo a proposta de Stewart, Oke (2012). Inicialmente, realizou um estudo minucioso para compreender as classificações das LCZs e suas características e as possíveis adaptações que poda sobre a metodologia proposta pelos autores. Essa técnica

vem sendo utilizada em diversos estudos no mundo, e no Brasil, pode-se destacar o trabalho pioneiro de Cardoso e Amorim (2017).

O mapa das Local Climate Zones (LCZs) de Balneário Camboriú foi elaborado previamente pelos autores (HOPPE et al., 2022) por meio da plataforma World Urban Database and Access Portal Tools (WUDAPT). A plataforma integra imagens de satélite e informações obtidas em campo para a classificação das LCZs, permitindo representar as características morfológicas e de cobertura da superfície urbana (ZHANG et al., 2017). Para a classificação, foi utilizada uma imagem do satélite Landsat 8, selecionada por apresentar boas condições de qualidade e ausência de cobertura significativa de nuvens. Sobre essa imagem foram definidas áreas de treinamento, representadas por polígonos correspondentes às diferentes classes de LCZ, os quais serviram de base para o processo de classificação supervisionada, conforme a metodologia proposta por Demuzere, Kittner e Bechtel (2021). Concluída a etapa de treinamento, o arquivo contendo os polígonos em formato KML foi submetido à plataforma Web WUDAPT, que realiza automaticamente a validação da consistência dos dados e o processamento da classificação. Após essa etapa, o sistema gera o mapa final das LCZs, disponibilizando o resultado ao usuário e incorporando-o ao banco de dados da plataforma para consulta pública (HOPPE et al., 2022).

Para o monitoramento da temperatura do ar, foram instaladas duas estações meteorológicas automáticas (EMA) da marca Metos em duas áreas representativas do ambiente urbano de Balneário Camboriú, com os sensores instalados entre 1,5m e 2,0m acima do solo, conforme as normas da WMO (2010). O equipamento foi configurado para realizar medições automáticas da temperatura do ar em intervalos de 30 minutos, abrangendo o período de agosto de 2021 a julho de 2022. A instalação da estação seguiu as recomendações da Organização Meteorológica Mundial (WMO, 2010), posicionando os sensores em local livre de interferências diretas que pudessem comprometer a circulação do ar e a representatividade dos dados. Os registros obtidos foram armazenados continuamente em datalogger próprio da estação, possibilitando a formação de uma série temporal com resolução a cada meia hora para análise das condições térmicas urbanas ao longo do período estudado.

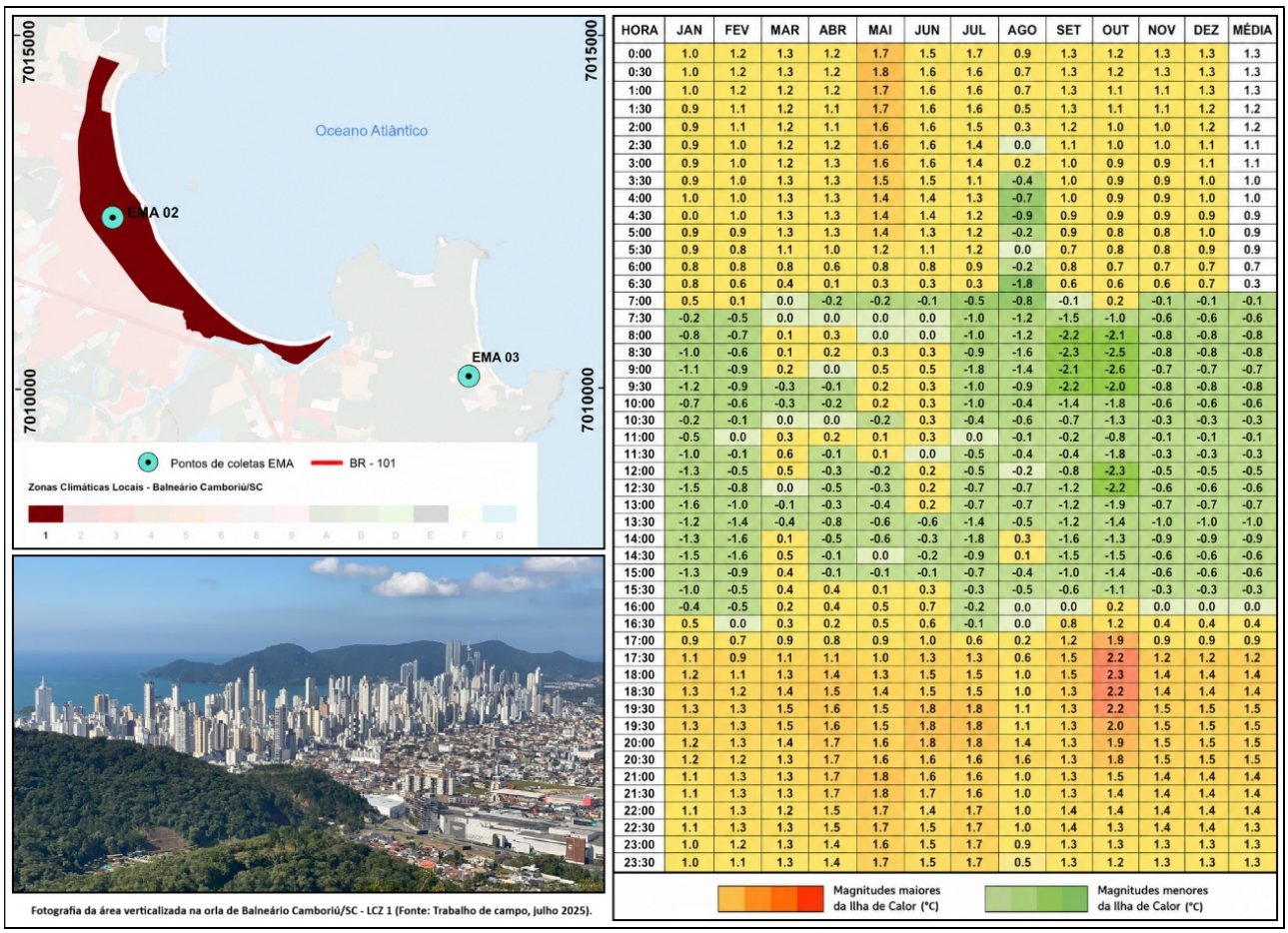
Para determinar a intensidade das ilhas de calor urbano (UTI), foi realizado o cálculo da diferença entre os valores de temperatura do ar coletadas entre os dois pontos. A classificação utilizada será a proposta por Stewart (2011), o qual classificou a diferença entre as magnitudes de ilhas de calor urbana quando (< 2,0ºC) de fraca magnitude, (2,0ºC – 4,0ºC) de média magnitude ou (> 5,0ºC) de grande magnitude.

Um dos pontos de instalação das estações meteorológicas está inserido na LCZ 1 e caracteriza-se por uma densidade elevada de edifícios, com uma média de altura dos edifícios superior a 10 andares, além de uma escassez de cobertura vegetal (STEWART; OKE; 2012; SHIH et al. 2020). A outra estação meteorológica foi instalada na LCZ 9, e é uma zona climática local caracterizada por uma baixa densidade de edifícios e uma cobertura vegetal significativa. É comumente encontrada em áreas rurais, subúrbios e áreas urbanas com parques e florestas (STEWART; OKE, 2012). As LCZs 9, geralmente mais fria do que outras zonas climáticas locais, pois os edifícios absorvem menos calor do sol e a vegetação ajuda a refletir o calor de volta para a atmosfera (AMANI-BENI, et. al., 2019). Este ponto localiza-se no bairro Praia do Estaleiro, um bairro com característica mais rural, com presença abundante de vegetação densa e casas esparsas de baixo pavimento (entre 1 e 2 andares).

4. RESULTADOS

Os edifícios na LCZ 1 costumam ser construídos com materiais que têm uma alta capacidade de absorção de calor, como concreto e asfalto. Isso implica que eles capturam uma quantidade substancial de calor solar durante o dia e o irradiam de volta para a atmosfera durante a noite. Além disso, a ausência ou escassez de vegetação na LCZ 1 contribui para o seu aquecimento, uma vez que a vegetação normalmente desempenha um papel fundamental na reflexão da luz solar e na absorção da umidade, auxiliando assim na redução das temperaturas locais (ANJOS, et. al., 2017).

A Figura 01, adaptada de Hoppe, et al. (2022), apresenta a localização da LCZ 1 no município de Balneário Camboriú, bem como a disposição espacial das duas estações meteorológicas automáticas instaladas e nomeadas de EMA 2 e EMA 3, utilizadas como pontos de coleta de dados. Além disso, a figura inclui um registro fotográfico obtido durante trabalho de campo realizado pelos autores, permitindo a caracterização visual da área de estudo. Complementarmente, é apresentado um quadro síntese contendo a magnitude horária e mensal das ICU identificadas em Balneário Camboriú.



HORA	JAN	FEV	MAR	ABR	MAI	JUN	JUL	AGO	SET	OUT	NOV	DEZ	MÉDIA
0:00	1.0	1.2	1.3	1.2	1.7	1.5	1.7	0.9	1.3	1.2	1.3	1.3	1.3
0:30	1.0	1.2	1.3	1.2	1.8	1.6	1.6	0.7	1.3	1.2	1.3	1.3	1.3
1:00	1.0	1.2	1.2	1.2	1.7	1.6	1.6	0.7	1.3	1.1	1.1	1.3	1.3
1:30	0.9	1.1	1.2	1.1	1.7	1.6	1.6	0.5	1.3	1.1	1.1	1.2	1.2
2:00	0.9	1.1	1.2	1.1	1.6	1.6	1.5	0.3	1.2	1.0	1.0	1.2	1.2
2:30	0.9	1.0	1.2	1.2	1.6	1.6	1.4	0.0	1.1	1.0	1.0	1.1	1.1
3:00	0.9	1.0	1.2	1.3	1.6	1.6	1.4	0.2	1.0	0.9	0.9	1.1	1.1
3:30	0.9	1.0	1.3	1.3	1.5	1.5	1.1	-0.4	1.0	0.9	0.9	1.0	1.0
4:00	1.0	1.0	1.3	1.3	1.4	1.4	1.3	-0.7	1.0	0.9	0.9	1.0	1.0
4:30	0.0	1.0	1.3	1.3	1.4	1.4	1.2	-0.9	0.9	0.9	0.9	0.9	0.9
5:00	0.9	0.9	1.3	1.3	1.4	1.3	1.2	-0.2	0.9	0.8	0.8	1.0	0.9
5:30	0.9	0.8	1.1	1.0	1.2	1.1	1.2	0.0	0.7	0.8	0.8	0.9	0.9
6:00	0.8	0.8	0.8	0.6	0.8	0.8	0.9	-0.2	0.8	0.7	0.7	0.7	0.7
6:30	0.8	0.6	0.4	0.1	0.3	0.3	0.3	-1.8	0.6	0.6	0.6	0.7	0.3
7:00	0.5	0.1	0.0	-0.2	-0.2	-0.1	-0.5	-0.8	-0.1	0.2	-0.1	-0.1	-0.1
7:30	-0.2	-0.5	0.0	0.0	0.0	0.0	-1.0	-1.2	-1.5	-1.0	-0.6	-0.6	-0.6
8:00	-0.8	-0.7	0.1	0.3	0.0	0.0	-1.0	-1.2	-2.2	-2.1	-0.8	-0.8	-0.8
8:30	-1.0	-0.6	0.1	0.2	0.3	0.3	-0.9	-1.6	-2.3	-2.5	-0.8	-0.8	-0.8
9:00	-1.1	-0.9	0.2	0.0	0.5	0.5	-1.8	-1.4	-2.1	-2.6	-0.7	-0.7	-0.7
9:30	-1.2	-0.9	-0.3	-0.1	0.2	0.3	-1.0	-0.9	-2.2	-2.0	-0.8	-0.8	-0.8
10:00	-0.7	-0.6	-0.3	-0.2	0.2	0.3	-1.0	-0.4	-1.4	-1.8	-0.6	-0.6	-0.6
10:30	-0.2	-0.1	0.0	0.0	-0.2	0.3	-0.4	-0.6	-0.7	-1.3	-0.3	-0.3	-0.3
11:00	-0.5	0.0	0.3	0.2	0.1	0.3	0.0	-0.1	-0.2	-0.8	-0.1	-0.1	-0.1
11:30	-1.0	-0.1	0.6	-0.1	0.1	0.0	-0.5	-0.4	-0.4	-1.8	-0.3	-0.3	-0.3
12:00	-1.3	-0.5	0.5	-0.3	-0.2	0.2	-0.5	-0.2	-0.8	-2.3	-0.5	-0.5	-0.5
12:30	-1.5	-0.8	0.0	-0.5	-0.3	0.2	-0.7	-0.7	-1.2	-2.2	-0.6	-0.6	-0.6
13:00	-1.6	-1.0	-0.1	-0.3	-0.4	0.2	-0.7	-0.7	-1.2	-1.9	-0.7	-0.7	-0.7
13:30	-1.2	-1.4	-0.4	-0.8	-0.6	-0.6	-1.4	-0.5	-1.2	-1.4	-1.0	-1.0	-1.0
14:00	-1.3	-1.6	0.1	-0.5	-0.6	-0.3	-1.8	0.3	-1.6	-1.3	-0.9	-0.9	-0.9
14:30	-1.5	-1.6	0.5	-0.1	0.0	-0.2	-0.9	0.1	-1.5	-1.5	-0.6	-0.6	-0.6
15:00	-1.3	-0.9	0.4	-0.1	-0.1	-0.1	-0.7	-0.4	-1.0	-1.4	-0.6	-0.6	-0.6
15:30	-1.0	-0.5	0.4	0.4	0.1	0.3	-0.3	-0.5	-0.6	-1.1	-0.3	-0.3	-0.3
16:00	-0.4	-0.5	0.2	0.4	0.5	0.7	-0.2	0.0	0.0	0.2	0.0	0.0	0.0
16:30	0.5	0.0	0.3	0.2	0.5	0.6	-0.1	0.0	0.8	1.2	0.4	0.4	0.4
17:00	0.9	0.7	0.9	0.8	0.9	1.0	0.6	0.2	1.2	1.9	0.9	0.9	0.9
17:30	1.1	0.9	1.1	1.1	1.0	1.3	1.3	0.6	1.5	2.2	1.2	1.2	1.2
18:00	1.2	1.1	1.3	1.4	1.3	1.5	1.5	1.0	1.5	2.3	1.4	1.4	1.4
18:30	1.3	1.2	1.4	1.5	1.4	1.5	1.5	1.0	1.3	2.2	1.4	1.4	1.4
19:30	1.3	1.3	1.5	1.6	1.5	1.8	1.8	1.1	1.3	2.2	1.5	1.5	1.5
19:30	1.3	1.3	1.5	1.6	1.5	1.8	1.8	1.1	1.3	2.0	1.5	1.5	1.5
20:00	1.2	1.3	1.4	1.7	1.6	1.8	1.8	1.4	1.3	1.9	1.5	1.5	1.5
20:30	1.2	1.2	1.3	1.7	1.6	1.6	1.6	1.6	1.3	1.8	1.5	1.5	1.5
21:00	1.1	1.3	1.3	1.7	1.8	1.6	1.6	1.0	1.3	1.5	1.4	1.4	1.4
21:30	1.1	1.3	1.3	1.7	1.8	1.7	1.6	1.0	1.3	1.4	1.4	1.4	1.4
22:00	1.1	1.3	1.2	1.5	1.7	1.4	1.7	1.0	1.4	1.4	1.4	1.4	1.4
22:30	1.1	1.3	1.3	1.5	1.7	1.5	1.7	1.0	1.4	1.3	1.4	1.4	1.3
23:00	1.0	1.2	1.3	1.4	1.6	1.5	1.7	0.9	1.3	1.3	1.3	1.3	1.3
23:30	1.0	1.1	1.3	1.4	1.7	1.5	1.7	0.5	1.3	1.2	1.3	1.3	1.3

Magnitudes maiores da Ilha de Calor (°C)

Magnitudes menores da Ilha de Calor (°C)

Figura 01 - Localização da LCZ 1 em Balneário Camboriú/SC, adaptado de Hoppe, et al. (2022) e localização das estações EMA 2 e EMA 3 utilizadas como pontos de coleta, registro fotográfico de trabalho de campo realizado pelos autores e quadro com a magnitude horária média, por mês, das ICU no município. (Org.: Os autores, 2026).

De acordo com a Figura 01, a variação térmica observada na LCZ 1 evidencia um comportamento sazonal e horário bastante marcado, refletindo diretamente a influência da elevada densidade construtiva e da verticalização urbana sobre a dinâmica térmica local. Os maiores valores positivos das magnitudes de ilha de calor urbana concentram-se predominantemente nos meses de verão, especialmente em janeiro, fevereiro e março. Nesse período, as médias horárias noturnas atingem valores entre +2,0°C e +2,3°C, principalmente entre 18h00 e 21h00, indicando elevada capacidade de armazenamento e liberação de calor pelos materiais urbanos. Em fevereiro, por exemplo, os valores máximos alcançam aproximadamente +2,3°C às 18h30 e 19h00, caracterizando forte intensidade da ilha de calor urbana noturna.

Durante os meses de abril e maio ainda persistem magnitudes positivas expressivas, variando entre +1,4°C e +1,9°C no período noturno, embora já se observe redução gradual da intensidade térmica em comparação ao verão. Esse comportamento sugere diminuição da disponibilidade de radiação solar e maior atuação de mecanismos atmosféricos associados às estações de transição, reduzindo parcialmente o aquecimento urbano acumulado ao longo do dia.

Nos meses de inverno, sobretudo junho e julho, ocorre a maior redução das magnitudes térmicas, com predominância de ilhas de frescor no início da manhã. Entre 7h30 e 9h00 registram-se os menores valores do ciclo diário, alcançando aproximadamente −2,5°C em julho às 8h00. Essas anomalias negativas indicam que, nesse horário, os pontos urbanos apresentam temperaturas inferiores às áreas de referência, fenômeno relacionado ao forte sombreamento promovido pelos edifícios altos, à menor incidência de radiação solar no inverno e à redução do armazenamento térmico superficial. Além disso, junho e julho apresentam médias horárias próximas de 0,0°C ou negativas durante parte da manhã, evidenciando enfraquecimento significativo da ilha de calor urbana nesse período sazonal.

A partir de agosto e setembro observa-se retomada gradual das magnitudes positivas, com aumento progressivo das temperaturas urbanas ao longo da tarde e da noite. Em outubro, novembro e dezembro os valores voltam a superar +1,5°C em diversos horários noturnos, indicando reintensificação do efeito de ilha de calor urbana associada ao aumento da radiação solar sazonal e da capacidade de armazenamento térmico

da superfície urbanizada. Em dezembro, por exemplo, os valores médios noturnos variam entre +1,7°C e +2,0°C após as 20h00.

5. CONCLUSÕES

A análise também demonstra que a verticalização intensa da LCZ 1, embora contribua para o fortalecimento das ICU, constitui simultaneamente um dos principais elementos de identidade paisagística e turística de Balneário Camboriú. O conjunto de edifícios altos, associado à proximidade com a linha costeira, produz uma paisagem urbana singular no contexto brasileiro, funcionando como importante fator de atração turística e valorização imobiliária. A intensa ocupação urbana, especialmente na orla marítima, favorece a concentração de atividades econômicas, de lazer e de serviços voltados ao turismo, consolidando a cidade como um dos principais destinos turísticos do sul do Brasil.

Os resultados obtidos para a LCZ 1 de Balneário Camboriú demonstram que a configuração urbana verticalizada exerce influência significativa sobre a dinâmica térmica local, produzindo intensas magnitudes de ilha de calor urbana ao longo do ano. As maiores anomalias positivas ocorreram durante o verão e nos horários noturnos, alcançando valores superiores a +2,0 °C, especialmente entre 18h00 e 21h00, enquanto os menores valores foram registrados no inverno, com magnitudes negativas próximas de −2,5 °C nas primeiras horas da manhã.

Como limitação deste estudo, destaca-se a ausência de uma análise detalhada das condições atmosféricas associadas aos episódios de maior magnitude das ICU, aspecto que será aprofundado em pesquisas futuras. Os resultados reforçam a importância da adoção de estratégias de planejamento climático urbano, como ampliação da arborização, criação de corredores de ventilação e uso de materiais menos absorventes, visando conciliar o desenvolvimento turístico e imobiliário com melhores condições de conforto térmico e sustentabilidade urbana.

REFERÊNCIAS BIBLIOGRÁFICAS

AMANI-BENI, M.; ZHANG, B.; XIE, G.-D.; SHI, Y. Impacts of Urban Green Landscape Patterns on Land Surface Temperature: Evidence from the Adjacent Area of Olympic Forest Park of Beijing, China. **Sustainability** 2019, 11, 513.

ANJOS, M.; LOPES, A. Urban Heat Island and Park Cool Island Intensities in the Coastal City of Aracaju, North-Eastern Brazil. **Sustainability** 2017, 9, 1379. https://doi.org/10.3390/su9081379

BEUTING, A.; MARTINS, B. C. V. **Evolução histórica da verticalização de Balneário Camboriú**: Orla da Praia e área central da cidade. In VIII Seminario Internacional de Investigación en Urbanismo, Barcelona-Balneário Camboriú, junho. 2016.

CARDOSO, R. AMORIM, M. Estimativa da distribuição espacial da temperatura do ar com base em zonas climáticas locais (LCZ) e modelos de regressão. **Revista de Geografia e Ordenamento do Território**, v. 1, p. 75-99, 2017.

DEMUZERE, M., KITTNER, J., BECHTEL, B. LCZ Generator: a web application to create Local Climate Zone maps. **Frontiers in Environmental Science**. 2021. https://doi.org/10.3389/fenvs.2021.637455

HOPPE, I. L., WOLLMANN, C. A., BUSS, A. S., GOBO, J. P. A., SHOOSHTARIAN, S. Local climate zones, sky view factor and magnitude of daytime/nighttime urban heat islands in Balneário Camboriú, SC, Brazil. Climate, 10(12), 197. 2022. https://doi.org/10.3390/cli10120197

SHIH, WAN-YU; AHMAD, SOHAIL; CHEN, YU-CHENG; LIN, TZU-PING; MABON, LESLIE (2020). Spatial relationship between land development pattern and intraurban thermal variations in Taipei. **Sustainable Cities and Society**, 2020. https://doi.org/doi:10.1016/j.scs.2020.102415

STEWART, I. D.; OKE, T. R. Local climate zones for urban temperature studies. **Bulletin of the American Meteorological Society**, 93(12), 1879-1900. 2012.

STEWART, I. D. A systematic review and scientific critique of methodology in modern urban heat island literature. **International Journal of Climatology** 31:200. 2011.

ZHANG, Q., WU, Z., GUO, G. **The cooling effect of water landscape in high-density urban built-up area a case study of the center urban district of Guangzhou**. 2nd International Conference on Frontiers of Sensors Technologies (ICFST), Shenzhen, 2017, pp. 394-400. http://doi.org/10.1109/ICFST.2017.8210543

WORLD METEOROLOGICAL ORGANIZATION (WMO). **Guide to the global observing system**. n. 488, Genebra, Suíça. 172p. 2010.

AGRADECIMENTOS

O autor agradece ao Conselho Nacional de Desenvolvimento Científico e Tecnológico (CNPq) pela bolsa de Produtividade em Pesquisa (Processo nº 309222/2023-0).