ENTAC 2024
XX ENCONTRO NACIONAL DE TECNOLOGIA DO AMBIENTE CONSTRUÍDO
Maceió, Brasil, 9 a 11 de outubro de 2024

Zonas Climáticas Locais e sua relação com fatores geográficos em cidade tropical costeira

Local Climate Zones and their relationship with geographical factors in a coastal tropical city

CHRISTIANE ALVES ARAÚJO
Universidade Federal de Alagoas | Maceió | Brasil | christiane.araujo@fau.ufal.br
RICARDO VICTOR RODRIGUES BARBOSA
Universidade Federal de Alagoas | Maceió | Brasil | rvictor@fau.ufal.br
ÉRICO MASIERO
Universidade Federal de São Carlos | São Carlos | Brasil | erico@ufscar.br
JOSÉ FRANCISCO DE OLIVEIRA-JÚNIOR
Universidade Federal de Alagoas | Maceió | Brasil | jose.junior@icat.ufal.br

Resumo

Este artigo objetivou analisar as variações higrotérmicas em Zonas Climáticas Locais (LCZs) análogas em áreas distintas da cidade de Maceió/AL, com vistas a verificar a influência de fatores geográficos, como cota altimétrica e distância de massa d'água no microclima. O método consistiu em campanha de monitoramento de 4 pontos fixos, sendo dois classificados como LCZ 3 e dois como LCZ 9. Foram registrados dados higrotérmicos horários no período de cinco dias consecutivos, em estação de transição. Os resultados mostraram que aspectos geográficos como cota altimétrica e distância de corpos d'água influenciam na variabilidade microclimática, especialmente no período noturno e durante a madrugada, quando se evidencia o processo de dissipação do calor urbano para a atmosfera. A LCZ 3 na planície lagunar apresentou diferenças térmicas de até 2,9 °C, durante a madrugada, em relação à área com mesma LCZ sobre o tabuleiro. Dessa forma, destaca-se a necessidade de incorporação de fatores geográficos no método de classificação de LCZs, especialmente em cidades tropicais costeiras.

Palavras-chave: Clima urbano. Microclima. LCZ. Morfologia urbana. Clima tropical.

Abstract

This article aimed to analyze temperature and relative humidity variations in analogous Local Climate Zones (LCZs) in different areas of the city of Maceió, Brazil, in order to verify the influence of geographical factors such as elevation and distance from water bodies on the microclimate. The method consisted of a monitoring campaign at 4 fixed points, with two classified as LCZ 3 and two as LCZ 9. Hourly hygrometric data were recorded over a period of five consecutive days during a transition season. The results showed that geographical aspects such as elevation and distance from water bodies influence microclimatic variability, especially at night and during the early morning hours, when the process of urban heat dissipation to the

Como citar:
ARAÚJO, C. A.; BARBOSA, R. V. R.; MASIERO, E.; OLIVEIRA-JUNIOR, J. F. Zonas Climáticas Locais e sua relação com fatores geográficos em cidade tropical costeira. In: ENCONTRO NACIONAL DE TECNOLOGIA DO AMBIENTE CONSTRUÍDO, 20., 2024, Maceió. **Anais**... Maceió: ANTAC, 2024.

atmosphere is evident. The LCZ 3 in the lagoon plain showed thermal differences of up to 2.9 °C during the early morning hours compared to the same LCZ area on the plateau. Thus, it highlights the need to incorporate geographical factors into the LCZ classification method, especially in coastal tropical cities.

Keywords: Urban climate. Microclimate. LCZ. Urban morphology. Tropical climate.

INTRODUÇÃO

A densidade de construções e a altura dos edifícios são os principais fatores que influenciam na formação de ilhas de calor urbanas [1], ao passo que outros pesquisadores [2] evidenciam que a disposição das ruas e a presença de áreas verdes podem ajudar na redução da temperatura do ar nos ambientes urbanos. Além disso, a presença de água e áreas verdes também podem influenciar na umidade do ar e na qualidade do ar [3]. Assim, a morfologia urbana deve ser considerada nas estratégias de planejamento com vistas à redução dos impactos ambientais adversos nas cidades. Para tanto, torna-se imprescindível conhecer e classificar as diferentes morfologias existentes nas cidades e suas consequentes respostas às condições climáticas locais.

No Brasil, alguns estudos [4] [5] [6] [7] buscaram analisar e explicar a origem clima urbano, bem como propor ações preventivas ou de mitigação nas cidades. Neste cenário, Stewart e Oke [8] propuseram o método de classificação em Zonas Climáticas Locais (LCZs), as quais são definidas como regiões que apresentam cobertura uniforme do solo, estrutura, materiais e atividades humanas que se estendem por centenas de metros ou quilômetros e apresentam regime semelhante da temperatura do ar. Essa classificação visa extrair a magnitude da ilha de calor urbana por meio das diferenças entre as respostas climáticas de cada classe, evitando quantificar as ilhas de calor pela simples diferença de temperatura do ar entre as áreas urbanas e rurais.

Assim, cada classe LCZ foi caracterizada por propriedades geométricas, como fator de visão do céu, altura média dos elementos construídos, taxa de ocupação, coeficiente de aproveitamento, área permeável e impermeável, bem como propriedades térmicas, radiativas e metabólicas, como inércia, albedo e calor antropogênico produzido. No entanto, é importante destacar que as classes LCZ inicialmente estabelecidas não contemplam todas as situações urbanas e rurais existentes, e, portanto, pode ser necessário realizar combinações entre as classes originalmente propostas para melhor descrever a heterogeneidade dos tecidos urbanos [8].

A aplicação do método LCZ tem se mostrado promissora, tanto em larga escala, aplicado a áreas metropolitanas e grandes cidades, quanto a cidades médias e pequenas, ainda que adequações locais sejam necessárias [9] [10]. Entretanto, fatores geográficos determinantes na variabilidade microclimática, como cota altimétrica e maritimidade, não são considerados no método de classificação. Em cidades tropicais costeiras, estes fatores são fundamentais para compreensão do perfil climático local.

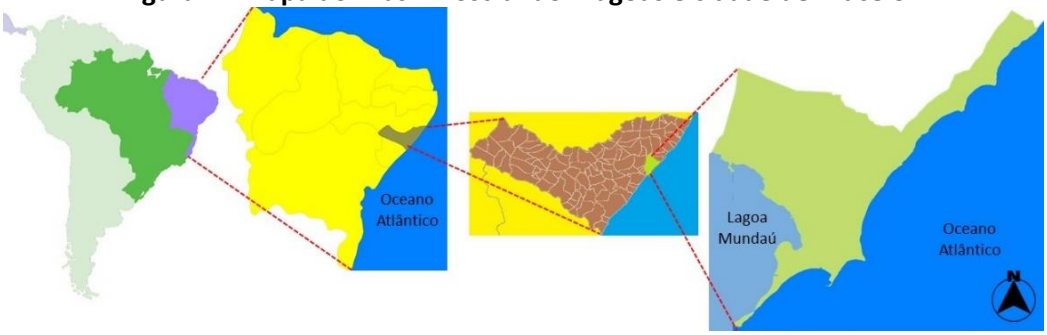
A partir do exposto, este artigo objetivou analisar as variações de temperatura e umidade relativa do ar em Zonas Climáticas Locais (LCZs) análogas em áreas distintas da cidade de Maceió/AL, com vistas a verificar a influência de fatores geográficos, como cota altimétrica e distância de massa d'água no microclima.

MÉTODO

CARACTERIZAÇÃO GEOGRÁFICA E CLIMÁTICA DA ÁREA DE ESTUDO

A cidade de Maceió está situada no extremo Leste do Estado de Alagoas, nas coordenadas geográficas 9°40’ Sul, de latitude, e 35°44’ Oeste, de longitude (Figura 1).

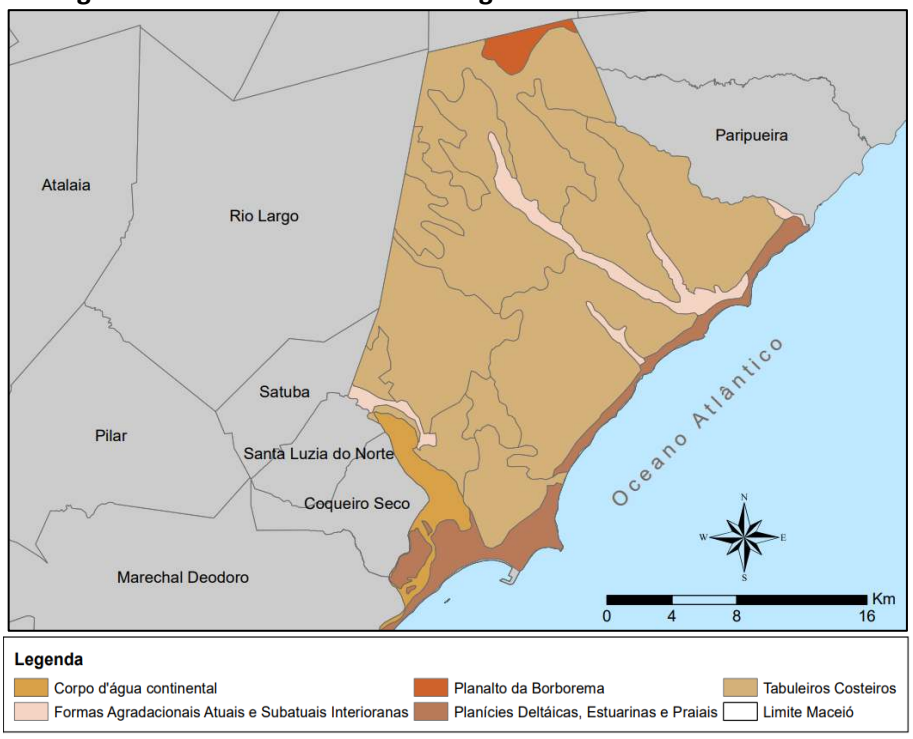
Figura 1 - Mapa do Brasil mostrando Alagoas e cidade de Maceió



Fonte: os autores

De acordo com a classificação climática de Köppen, a cidade de Maceió caracteriza-se como tipo As (tropical litorâneo úmido). O aspecto geomorfológico da cidade de Maceió apresenta-se de três formas: (a) Planície Litorânea e Lagunar, (b) Terraço do tabuleiro, e (c) Tabuleiros [11], como apresentado na Figura 2.

Figura 2 - Formas de relevo e hidrografia do sítio urbano de Maceió

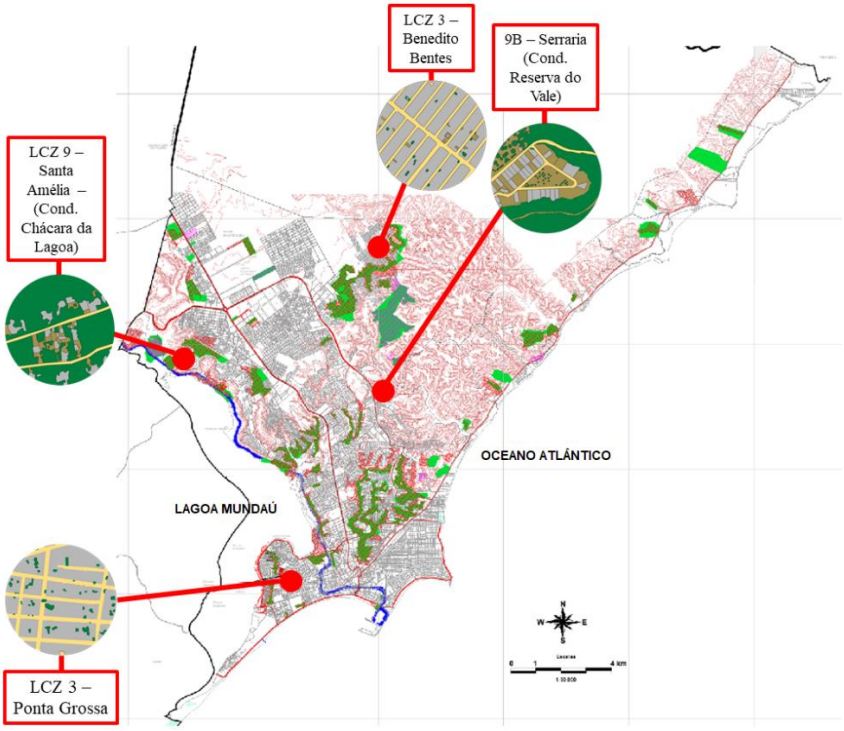


Fonte: os autores

IDENTIFICAÇÃO E SELEÇÃO DOS PONTOS AMOSTRAIS

A identificação das diferentes áreas amostrais foi realizada por meio da análise da malha urbana de Maceió com imagens recentes de satélite fornecidas pelo Google Earth Pro, utilizando-se como base áreas homogêneas contidas em um raio de 200 m [8]. Para o objetivo deste artigo, foram definidas 4 áreas na malha urbana de Maceió (Figura 3), classificadas com dois tipos de LCZ e uma subclassificação, porém diferentes em relação à proximidade de corpos d'água e cotas topográficas (Figura 3). As áreas foram classificadas como LCZs 3 e LCZs 9 e 9_B (destacadas em vermelho) [12].

Figura 3 - Localização dos quatro pontos amostrais na malha urbana de Maceió



Fonte: os autores

CARACTERIZAÇÃO DOS PONTOS AMOSTRAIS

Os pontos classificados como LCZ 3 estão localizados nos bairros da Ponta Grossa (P1A) e Benedito Bentes (P1B). O ponto no bairro da Ponta Grossa é caracterizado por ser uma área com edificações residenciais unifamiliares localizado na Rua Santos Dumont. A rua é composta por casas que variam de 1 a 2 pavimentos e possui alta densidade de construção. Caracterizada como uma rua de baixo tráfego de veículos, com pouca vegetação existente, pavimentação asfáltica e solo impermeável (Figura 4 à esquerda).

O ponto no bairro Benedito Bentes é caracterizado por ser uma área com edificações comerciais em sua maioria localizado na Avenida Pratagy. A rua é composta por área de pontos comerciais com prédios que variam de 1 a 2 pavimentos, possui alta densidade de construção, caracterizada como uma rua de alto tráfego de veículos e pedestres, com vegetação inexistente, pavimentação asfáltica e solo impermeável (Figura 4 à direita).

Figura 4 – Pontos com LCZ 3: (à esquerda) Ponto de coleta de dados e fotografia panorâmica do ponto analisado (h = 3,50 m do solo) - Ponta Grossa; (à direita) Ponto de coleta de dado e panorâmica do ponto analisado (h = 3,50 m do solo) - Benedito Bentes



Fonte: os autores

Os pontos classificados com LCZs 9 e 9_B estão localizados nos bairros da Serraria e Santa Amélia. O ponto no bairro da Serraria é caracterizado por ser uma área com edificações residenciais unifamiliares, localizada na Avenida Menino Marcelo, no Condomínio Reserva do Vale (P2A). A rua é composta por residências unifamiliares, com baixa densidade de construção. Caracterizada como uma rua de baixo tráfego de veículos e pedestres, cercada por vegetações, pavimentação asfáltica e áreas permeáveis (Figura 5 à esquerda).

O ponto no bairro da Santa Amélia é caracterizado por ser uma área com edificações residenciais unifamiliares, localizada na Avenida Dr. Amilton Falcão, no Condomínio Chácara da Lagoa (P2B). A rua é composta por residencias unifamiliares, com baixa densidade de construção, caracterizada como uma rua de baixo tráfego de veículos e pedestre, cercada por vegetações, pavimentação asfáltica em paralelepipedo e áreas permeáveis (Figura 5 à direita).

Figura 5 – Pontos com LCZ 9 e 9B: (à esquerda) Ponto de coleta de dados e panorâmica do ponto analisado (h = 3,50 m do solo) – Serraria; (à direita) Ponto de coleta de dados e fotografia panorâmica do ponto analisado (h = 3,50 m do solo) – Santa Amélia



Fonte: os autores

A partir das caracteristicas das áreas definidas é possível observar que os pontos P1A e P1B são similares e apesar da diferença geográfica dentro da cidade sua estrutura morfológica é semelhante, ambos exibem uma disposição de construção geminadas,

e com pouco ou nenhum recuo frontal, pouca ou nenhuma vegetação existente, a diferença que os encontra é a proximidade de P1A com a Lagoa Mundaú. Enquanto P2A e P2B possuem também semelhanças em sua estrutura morfológica e muita vegetação, a única diferença entre ambas é a proximidade com a Lagoa Mundaú, estando o ponto na P2B mais próximo. A tabela 1 apresenta apresenta uma síntese com as principais características desses pontos selecionados.

Tabela 1 – Características das áreas amostrais selecionadas

Ponto	Dist. média dos corpos d'água (m)		Altitude (m)
	Lagoa	Oceano	
P1-A - Ponta Grossa	1.400,00 m	1.800,00 m	6 m
P1-B - Benedito Bentes	8.490,00 m	7.865,00 m	87 m
P2-A - Reserva do Vale	7.530,00 m	5.740,60 m	70 m
P2-B - Chácara da Lagoa	411,00 m	13.555,60 m	107 m

Fonte: os autores

CAMPANHA DE MONITORAMENTO

O registro de temperatura do ar nos pontos amostrais por meio do método de pontos fixos foi feito com a instalação de sensores nos quatro pontos selecionados na área urbana de Maceió. Por meio do emprego de registros em pontos fixos, foi possível mensurar os efeitos da urbanização sobre a temperatura do ar e umidade relativa do ar. Para esta pesquisa foram utilizados dataloggers de temperatura do ar e umidade do ar para ambientes externos, da marca Hobo, modelo U23-001 (faixa de operação -40° a 70 °C; precisão ± 0,21 °C (0 °C a 50 °C); e resolução 0,02 °C a 25 °C, para registro de temperatura do ar). O datalogger foi alocado no interior de um abrigo meteorológico contra intempéries e incidência da radiação solar direta, da marca Hobo, modelo RS1.

Os equipamentos foram instalados em postes de iluminação pública a aproximadamente 3,5 m do solo (por questão de segurança do equipamento), fixados em pontos representativos da cidade, com o intuito de demonstrar os efeitos das diferentes geometrias urbanas no comportamento microclimático. Cada ponto selecionado foi detalhado no item anterior. A Figura 6 mostra o sensor HOBO utilizado nesta pesquisa.

Figura 6 - (à esquerda) Foto da instalação do Hobo (à direita) datalogger de temperatura do ar, marca Hobo, modelo U23-001 e abrigo meteorológico da marca Hobo, modelo RS1



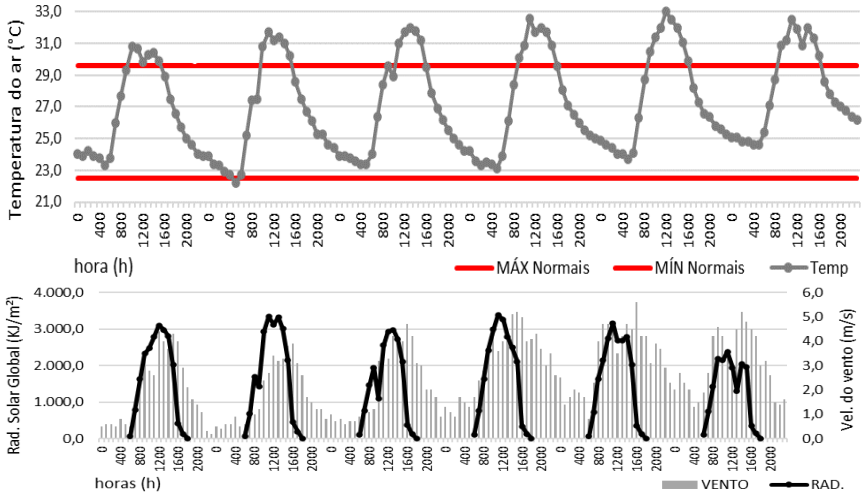
Fonte: os autores

A campanha de monitoramento foi realizada no período de 12/03/2022 à 16/07/2022, totalizando 127 dias. Entretanto, para o presente artigo, foi selecionado um período de seis dias representativos do período de transição (11 a 16 de abril de 2022), com predomínio de céu claro e calmaria.

CARACTERIZAÇÃO DOS DIAS ANALISADOS

A Figura 7 (acima) apresenta a variabilidade da temperatura do ar nos dias representativos escolhidos e os valores médios do mês de abril encontrados nas Normais Climatológicas de Maceió (1981-2010). A Figura 7 (abaixo) apresenta os dados obtidos de velocidade do vento e de radiação solar global nos dias representativos.

Figura 7 - Dados de (acima) temperatura do ar e (abaixo) de velocidade do vento e de radiação solar global no período de 11 a 16 de abril de 2022 e médias das máximas e mínimas para o mês de abril, de acordo com as Normais Climatológicas1981-2010.



Fonte: os autores

A análise dos dados indicou diferenças significativas nas temperaturas do ar mínimas nos dias 15 e 16 em comparação às normais. Durante a madrugada, por volta das 4 h, os valores encontrados foram mais altos do que o esperado, exceto no dia 12, quando registrou-se a menor temperatura do ar abaixo das normais, atingindo 22 ºC. Quanto às temperaturas do ar máximas, todos os dias apresentaram valores mais altos do que o máximo esperado para o período, entre 10 h e 14 h, indicando uma tendência de aumento ao longo dos anos. O dia 15 registrou a temperatura máxima mais elevada, atingindo 33 ºC.

Em relação à velocidade do vento e a radiação solar global, observou-se que os dias 14 e 15 foram os de maior incidência de radiação solar global e velocidade do vento. No dia 14, às 11 h, registrou-se um valor de 3.500 KJ/m² de radiação solar global, enquanto no dia 15, às 16 h, a velocidade do vento atingiu 5,8 m/s. Por outro lado, os valores mais baixos foram registrados no dia 13, às 10 h, com uma radiação solar de 1.000 KJ/m², e no dia 11, às 23 h, com a velocidade mínima do vento de 0,2 m/s. Esses dados indicam que as maiores velocidades do vento ocorreram nos dias mais quentes, enquanto as menores velocidades foram observadas nos dias e horários de temperaturas do ar mais baixas.

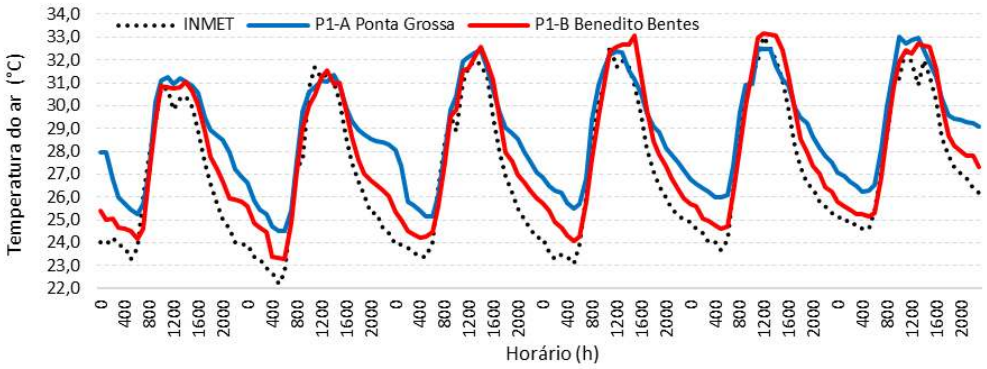
RESUTADOS E DISCUSSÕES

Na literatura encontramos outros autores [13][14][15] que utilizaram métodos de medição semelhantes para avaliarem o comportamento térmico encontrado em LCZs, de forma que seus estudos verificaram que LCZs 3 apresentaram temperaturas mais elevadas e menores perdas de umidade, sempre associando a áreas com maior concentração de urbanização e pouca área permeável. Dessa forma as subsseções irão tratar dos resultados encontrados tanto nas LCZs 3 quanto na LCZ 9 e 9_B.

LCZS 3: ZONAS COM MAIOR DENSIDADE CONSTRUÍDA (P1A) E (P1B)

Neste tópico, buscou-se analisar o comportamento dos pontos classificados com as LCZs do tipo 3, mas inseridos em diferentes localizações geográficas em relação ao relevo e proximidade com as massas d'água (Oceano Atlântico e Lagoa Mundaú), tomando-se a estação do INMET como referência para análise das diferenças térmicas. Dois pontos foram classificados como LCZ 3, sendo um localizado na Planície Lagunar (P1A), com cota topográfica próximo ao nível do mar (6 m) e proximidade com massa d'água (Lagoa Mundaú – 1.400m/ Oceano – 1.800m), e outro localizado na parte alta do tabuleiro (P1B), com cota topográfica de 87 m acima do nível do mar e distante das massas d'água (Lagoa Mundaú - 8.490m / Ocenao - 7.865m). O comportamento horário médio das temperaturas do ar monitoradas entre as LCZs 3 é apresentado na Figura 8.

Figura 8 – Diferenças térmicas entre LCZs 3



Fonte: os autores

A partir do gráfico acima, foi possível observar que as diferenças térmicas entre os pontos tem início no final da tarde, quando os ambientes começam a perder calor. As diferenças ficam mais acentuadas no período noturno e durante a madrugada, quando o ponto P1-A, mais próximo a lagoa Mundaú permanece mais aquecido. Esse resultado sugere forte influência da massa d'água no comportamento microclimático, que sobrepõe à influência da morfologia urbana no processo de perda de calor para a atmosfera. A tabela 2 apresenta os dados de temperaturas máximas, mínimas, média, desvio-padrão e diferenças térmicas entre as LCZs 3.

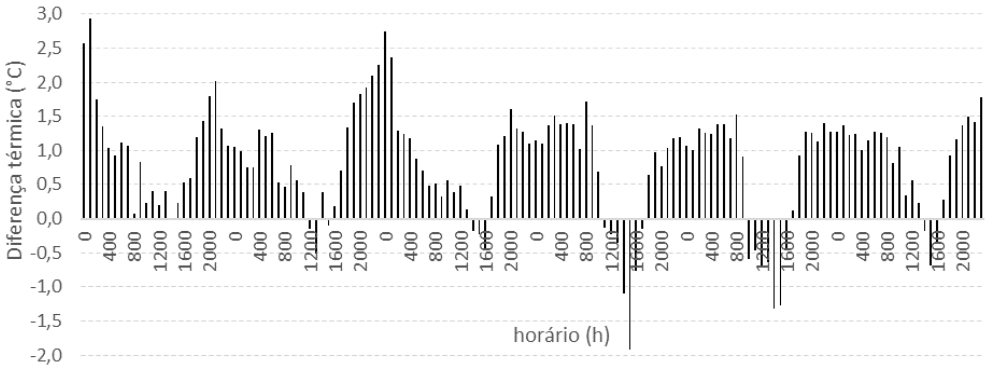
Tabela 2 – Estatística descritiva e diferenças térmicas entre LCZs 3

				Diferenças térmicas		
	P1-A	**P1-B**	**INMET**	***A***	***B***	***C***
Máx.	33,0	33,2	31,1	*2,9*	*4,2*	*2,2*
Mín.	24,5	23,3	22,4	*-1,9*	*-0,9*	*-1,4*
Méd.	28,7	27,9	26,7	*0,8*	*1,6*	*0,8*
σ	2,3	2,9	2,4	*0,8*	*1,1*	*0,7*

A: diferenças térmicas entre os pontos P1-A e P1-B.
B: diferenças térmicas entre o ponto P1-A e a estação do INMET.
C: diferenças térmicas entre o ponto P1-B e a estação do INMET.
Fonte: os autores

A partir da Tabela 2 foi possível observar que ambos os pontos apresentam variabilidade térmica semelhante, com diferença térmica média inferior a 1 °C. Entretanto, nos horários noturno e durante a madrugada, a diferença térmica entre os pontos chegou a uma máxima de 2,9 °C, evidenciando a forte influência da massa d'água no comportamento microclimático do ponto P1-A. Em relação ao INMET, a diferença do ponto P1-A chegou a 4,2 °C, enquanto no ponto P1-B a diferença foi de 2,2 °C. Diante dos dados, foi possivel observar as diferenças térmicas entre os dois pontos (Figura 9).

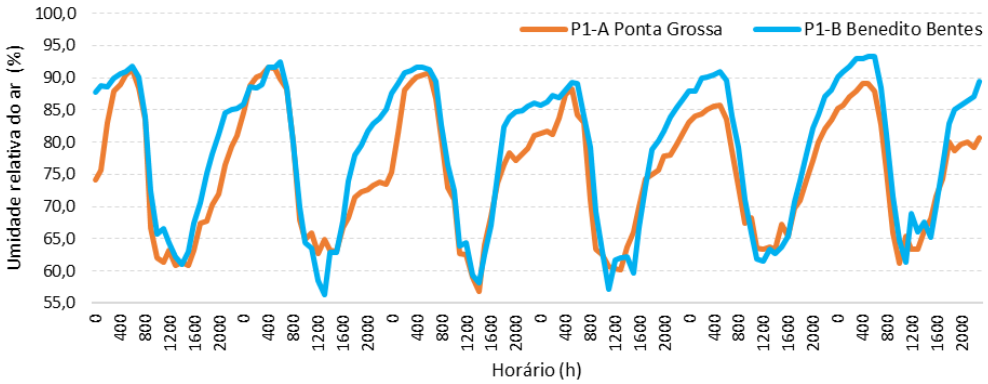
Figura 9 – Diferenças térmicas entre P1-A e P1-B



Fonte: os autores

As diferenças térmicas entre os dois pontos aponta que as maiores diferenças ocorrem no intervalo entre o final da tarde e o início da manhã. Nos horários com incidência de radiação solar, a variabilidade térmica entre ambos os pontos é semelhante, destacando que, nesses horários, a morfologia urbana assume uma influência maior na conformação do microclima. As elevadas diferenças térmicas nos pontos também pode sugerir a influência da topografia, uma vez que o ponto P1-A, mais aquecido, está localizado na planície lagunar, enquanto o ponto P1-B está sobre o tabuleiro, em área mais continentalizada. Ademais, o comportamento horário da umidade relativa do ar entre as LCZs 3 foi monitorado, entretanto, neste período, não houve registro dessa variável pela estação automática do INMET, possivelmente por falha na estação (Figura 10).

Figura 10 -Diferença em relação a umidade relativa do ar entre LCZs 3



Fonte: os autores

As LCZs 3 (P1A e P1B) mostraram que, apesar das suas diferentes localizações geográficas e configurações urbanas, apresentaram valores similares da percentagem mínima de umidade relativa do ar, com P1A medindo 56,8% às 14h e P1B medindo 56,4% às 13h, enquanto suas máximas apresentando pequenas diferenças, com P1A medindo 91,4% às 05h e P1B medindo 93,4% às 06h. A tabela 3 apresenta os dados de diferenças de umidade relativa do ar entre as LCZs 3.

Tabela 3 – Estatística descritiva e diferenças de UR (%) entre LCZs 3

	P1-A	P1-B	*Diferença*
Máx.	91,7	93,4	*8,5*
Mín.	56,8	56,4	*-13,6*
Méd.	75,5	78,7	*-3,1*
σ	9,7	11,1	*3,7*

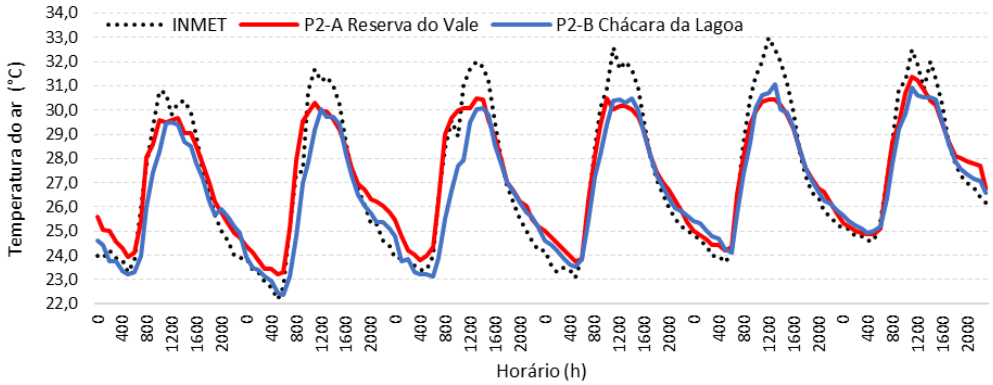
Fonte: os autores

A partir da Tabela 3 é possível observar que ambos os pontos apresentam variabilidade higrométrica semelhante, com diferença média menos 3,1%. Entretanto, a diferença entre os pontos chegou a uma máxima de 8,5% e mínima de menos 13,6%, evidenciando a influência da massa d'água no comportamento microclimático em relação aos pontos. O que reforça a importância de considerar não apenas a proximidade de uma LCZ com massas d'água, mas também sua localização específica em relação à área de influência dessas massas d'água para avaliar a umidade em diferentes LCZs.

LCZ 9: ZONAS COM MAIOR PRESENÇA DE VEGETAÇÃO

Outros dois pontos foram classificados como 9_B (Cond. Reserva do Vale – P2A) e LCZ 9 (Cond. Chácara da Lagoa – P2B) ambos localizados na parte alta do tabuleiro, entretanto com diferença quanto à proximidade da Lagoa Mundaú. O comportamento horário médio das temperaturas do ar monitoradas entre os pontos P2A e P2B é apresentado na Figura 11.

Figura 11 - Diferença térmica entre LCZs do tipo 9 e 9B



Fonte: os autores

A partir dos dados, observou-se que a variabilidade térmica de ambos os pontos são semelhantes, destacando que LCZ's análogas apresentam microclimas análogos, embora haja diferenças em relação à distância da massa d'água. Entretanto, cabe destacar que ambos os pontos possuem presença de vegetação, o que possibilita uma maior regularidade na variabilidade térmica diurna. A tabela 4 apresenta os dados de temperaturas máximas, mínimas, média, desvio-padrão e diferenças térmicas entre as LCZs 9 e 9_B.

Tabela 4 – Estatística descritiva e diferenças térmicas entre LCZs 3

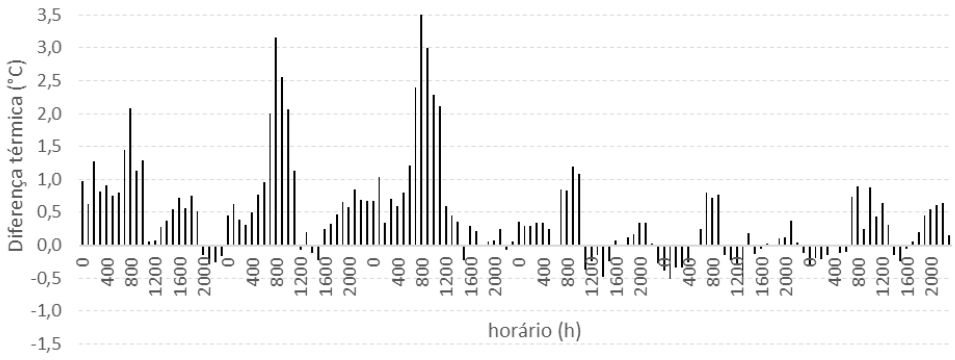
				Diferenças térmicas		
	P2-A	**P2-B**	**INMET**	***A***	***B***	***C***
Máx.	31,4	31,1	31,1	*3,5*	*2,0*	*1,2*
Mín.	23,2	22,4	22,4	*-0,6*	*-2,6*	*-3,1*
Méd.	27,1	26,7	26,7	*0,5*	*0,0*	*-0,5*
σ	2,3	2,4	2,4	*0,7*	*0,9*	*1,0*

A: diferenças térmicas entre os pontos P2-A e P2-B.
B: diferenças térmicas entre o ponto P2-A e a estação do INMET.
C: diferenças térmicas entre o ponto P2-B e a estação do INMET.

Fonte: os autores

A diferença térmica entre os pontos ocorreu no início da manhã, quando há o maior aquecimento do ambiente. O fato do ponto P2B ter aquecimento mais lento nesse horário pode estar relacionado a maior quantidade de vegetação arbórea, com consequente aumento de áreas sombreadas. Diante dos dados é possivel observar na Figura 12 as diferenças térmicas entre os dois pontos.

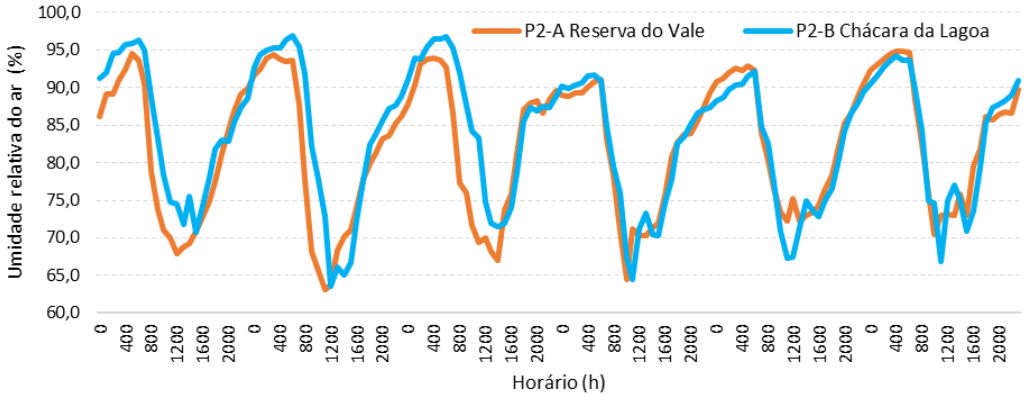
Figura 12 - Diferença térmica entre LCZs do tipo 9 e 9B



Fonte: os autores

Diferente do que foi observado nos pontos de LCZ 3, nas áreas classificadas como LCZ 9, as maiores diferenças térmicas ocorreram apenas em um curto horário no início da manhã, em torno de 8h. Ao longo do dia, as diferenças foram reduzidas, possivelmente devido a elevada presença de vegetação arbórea que atuou como um importante regulador térmico em ambos os pontos amostrais. A variabilidade horária da umidade relativa do ar entre as LCZs 9 e 9_B é apresentado na Figura 13.

Figura 13 - Diferença em relação a umidade relativa do ar entre LCZs 9 e 9_B



Fonte: os autores

As LCZs 9 e 9_B apresentaram valores de umidade relativa similares, com uma diferença de apenas 2%. Os pontos mostraram valores próximos tanto mínimos quanto máximos, sendo o ponto P2A medindo 63,1% às 11h e P2B medindo 64,5% às 10h, enquanto seus valores máximos medidos foram 94,8% e 97%, nos horários de 5h e 6h, respectivamente. A tabela 5 apresenta as diferenças de umidade relativa do ar entre as LCZs 9 e 9_B.

Tabela 5 – Estatística descritiva e diferenças de UR (%) entre LCZs 9 e 9B

	P2-A	P2-B	*Diferença*
Máx.	94,8	97,0	*7,8*
Mín.	63,1	63,6	*-14,6*
Méd.	82,3	83,7	*-1,4*
σ	8,9	9,0	*4,1*

Fonte: os autores

A partir da Tabela 5 é possível observar que ambos os pontos apresentam variabilidade higrométrica semelhante, com diferença média menos de menos 1,4%. Entretanto, a diferença entre os pontos chegou a uma máxima de 7,8 % e mínima de menos 14,6%. Esses resultados sugerem que a presença de vegetação nas LCZs favorecem condições microclimáticas similares em LCZs análogas, mitigando a influência de outros fatores geográficos, como a maritimidade.

CONSIDERAÇÕES FINAIS

A partir dos resultados obtidos, pode-se constatar que os fatores geográficos como a cota altimétrica e a distância de corpos d'água exercem influência na variabilidade microclimática de áreas urbanas, ainda que sejam classificadas com a mesma LCZ. Entretanto, essa influência é notável à noite e durante a madrugada, quando há o

processo de perda de calor das superfícies urbanas para a atmosfera. As áreas urbanas na planície lagunar/marítima mantém-se mais aquecida no período noturno em relação à área com mesma LCZ em região mais continentalizada, sugerindo forte influência da proximidade com a massa d´água. Entretanto, durante o período diurno, com inciência de radiação solar, as características da morfologia urbana são preponderantes na conformação microclimática da LCZ.

Em LCZ's com elevada presença de vegetação arbórea, como a LCZ 9, a influência dos fatores geográficos são reduzidos, possivelmente pela atuação da vegetação como regulador térmico microclimático.

Assim, os resultados obtidos na presente investigação sugere a necessidade de incorporação de fatores geográficos no método de classificação de LCZs, de modo que este possa ser mais efetivo para compreensão dos microclimas urbanos e no estabelecimento de estratégias de mitigação das ilhas de calor urbano, especialmente em cidades tropicais costeiras.

REFERÊNCIAS

[1] SAILOR, D. J.; LU, L. A top-down methodology for developing diurnal and seasonal anthropogenic heating profiles for urban areas. **Atmospheric Environment**. v. 38, n. 17, p. 2737-2748. 2004. DOI: https://doi.org/10.1016/j.atmosenv.2004.01.034.

[2] ALI-TOUDERT, F.; MAYER, H. Numerical study on the effects of aspect ratio and orientation of an urban street canyon on outdoor thermal comfort in hot and dry climate. **Building and Environment**. v. 41. n. 2. p. 94-108. 2007. DOI: https://doi.org/10.1016/j.buildenv.2005.01.013

[3] PUGH, T. A. M.; A. R. MACKENZIE; J. D. WHYATT, AND C. N. HEWITT. The effectiveness of green infrastructure for improvement of air quality in urban street canyons. **Environmental Science & Technology**. v. 46. p. 7692-7699. 2012. DOI: 10.1021/es300826w

[4] AMORIM, M. C. C. T. **O clima urbano de Presidente Prudente/SP.** 378p. Tese (Doutorado em Geografia) - FFLCH – USP. 2000.

[5] SANT'ANNA NETO, J. L. (org.). **Os climas das cidades brasileiras**. 227p. 2002.

[6] DUMKE, E. M. S. Clima urbano/conforto térmico e condições de vida na cidade – uma perspectiva a partir do Aglomerado Urbano da Região Metropolitana de Curitiba (AU-RMC). Tese de Doutorado. Programa de Doutorado em Meio Ambiente e Desenvolvimento, Universidade Federal do Paraná. 2007.

[7] UGEDA JUNIOR, J. C. **Clima urbano e planejamento na cidade de Jales-SP**. 383f. Tese (Doutorado em Geografia) – Faculdade de Ciências e Tecnologia, Universidade Estadual Paulista, Presidente Prudente. 2012.

[8] STEWART, I. D.; OKE, T. R. Local Climate Zones for Urban Temperature Studies. **Bulletin of the American Meteorological Society, Vancouver**, p. 1879-1900, 2012.

[9] CAI M.; REN C.; XU Y.; LAU K. K.-L.; WANG R. Investigating the relationship between local climate zone and land surface temperature using an improved WUDAPT methodology - A case study of Yangtze River Delta, China. **Urban Climate**. 2017.

[10] PERERA, N. G. R.; EMMANUEL, R. A. “Local climate zone” based approach to urban planning in Colombo, Sri Lanka. **Urban Climate**. 2016.

[11] BARBOSA, R. V. R. **Áreas Verdes e Qualidade Térmica em Ambientes Urbanos: estudo em microclimas de Maceió (AL).** Dissertação de Mestrado. Escola de Engenharia de São Carlos. Universidade de São Paulo. São Carlos. 2005.

[12] ARAÚJO, C. A. **Influência da morfologia urbana de diferentes zonas climáticas locais nos microclimas de Maceió - AL**. Dissertação de Mestrado. 2023.

[13] CARDOSO, R. S. **Modelagem do microclima e estratégias de mitigação do calor urbano em zonas climáticas locais.** Tese de Doutorado. Universidade Estadual Paulista (Unesp), Faculdade de Ciências e Tecnologias. Presidente Prudente. 2021.

[14] MONTEIRO, V. S. **Zonas Climáticas Locais e a relação com a morfologia urbana.** Estudo de caso: Campinas/SP. Dissertação de Mestrado em Sistemas de Infraestrutura Urbana. Programa de Pós Graduação em Sistemas de Infraestrutura Urbana. Centro de Ciências Exatas, Ambientais e de Tecnologia da Pontifícia. Universidade Católica de Campinas. PUC-Campinas. 2018.

[15] ARAÚJO, L. F. **Ilhas de calor em Sinop-MT: análise das características térmicas em conjunto com os aspectos socioeconômicos e ambientais.** Dissertação de Mestrado. Universidade Estadual Paulista (Unesp), Faculdade de Ciências e Tecnologia. Presidente Prudente. 2021.