

ΑΑΣ
•
ΙΧΗ
•
ΧΑΝ

Igor V.B. Duchini

Trabalho de Conclusão de Curso

UNIVERSIDADE ESTADUAL PAULISTA
"JÚLIO DE MESQUITA FILHO"
Campus Presidente Prudente

unesp

FAPESP

GAIA

INTERFACE ENTRE A PRODUÇÃO DO ESPAÇO E O CLIMA URBANO

Perspectivas em uma Cidade Média

Climatologia Geográfica

Ilha de Calor Urbana

Morfologia Urbana

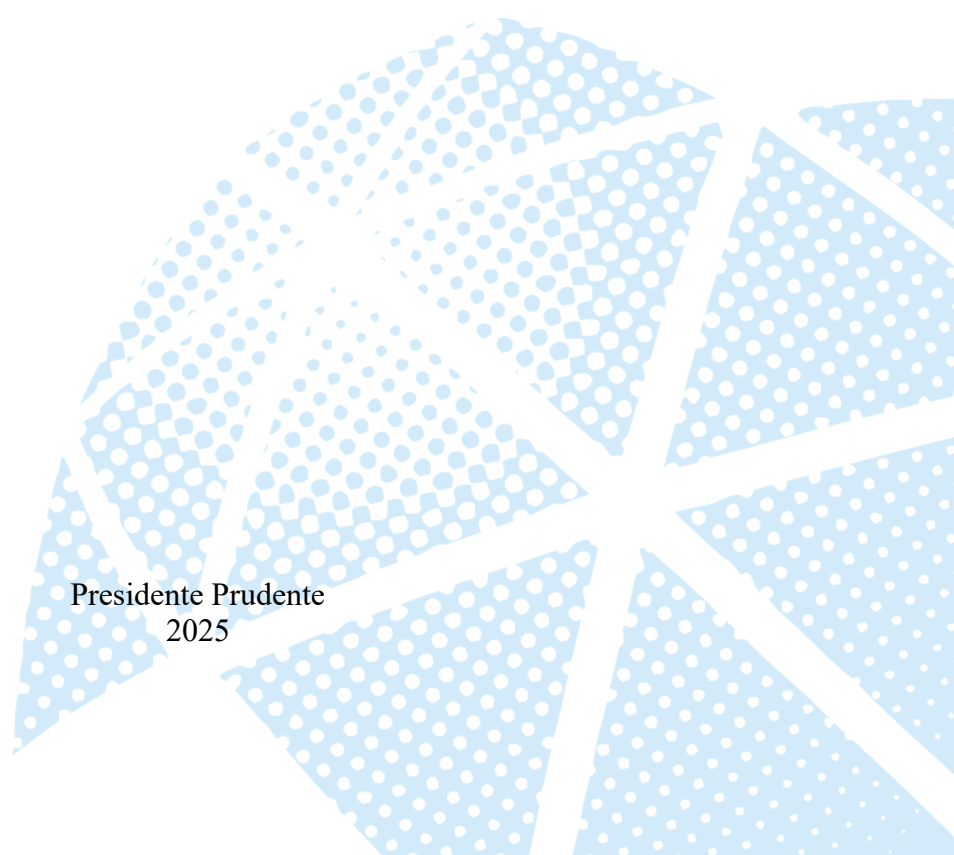
Presidente Prudente (SP)

UNIVERSIDADE ESTADUAL PAULISTA – UNESP
Faculdade de Ciências e Tecnologia - Campus de Presidente Prudente

IGOR VINÍCIUS BARBOSA DUCHINI

**INTERFACE ENTRE A PRODUÇÃO DO ESPAÇO E O CLIMA URBANO:
PERSPECTIVAS EM UMA CIDADE MÉDIA**

Presidente Prudente
2025



IGOR VINÍCIUS BARBOSA DUCHINI

**INTERFACE ENTRE A PRODUÇÃO DO ESPAÇO E O CLIMA URBANO:
PERSPECTIVAS EM UMA CIDADE MÉDIA**

Trabalho de Conclusão de Curso apresentado ao curso de Geografia da Faculdade de Ciências e Tecnologia – Unesp, Presidente Prudente (SP) como requisito para a obtenção do título de Bacharel em Geografia.

Orientadora: Profa. Dra. Danielle Cardozo Frasca Teixeira

Coorientadora: Profa. Dra. Margarete Cristiane de Costa Trindade Amorim

Presidente Prudente

2025

D831i

Duchini, Igor Vinícius Barbosa

Interface entre a produção do espaço e o clima urbano : perspectivas em uma cidade média / Igor Vinícius Barbosa Duchini. -- Presidente Prudente, 2025

180 f. : il., tabs., fotos, mapas

Trabalho de conclusão de curso (Bacharelado - Geografia) - Universidade Estadual Paulista (UNESP), Faculdade de Ciências e Tecnologia, Presidente Prudente

Orientadora: Danielle Cardozo Frasca Teixeira

Coorientadora: Margarete Cristiane de Costa Trindade Amorim

1. Geografia. 2. Climatologia geográfica. 3. Ilha de calor urbana. 4. Morfologia urbana. I. Título.

DECLARAÇÃO

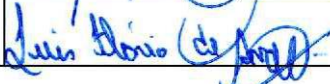
Eu, **Profª Drª Danielle Cardozo Frasca Teixeira**, declaro que o aluno **Igor Vinícius Barbosa Duchini**, cumpru, sob minha orientação, 180 horas de
Estágio Supervisionado e Trabalho de Graduação do Curso de Bacharelado em Geografia,
desta Faculdade.

Título de Monografia: ***"Interface entre a Produção do Espaço e o Clima Urbano: Perspectivas em uma Cidade Média."***

A Monografia foi apresentada, em defesa pública, no dia **06 de novembro de 2025**, às 08h30min, no Anfiteatro VII, da Faculdade de Ciências e Tecnologia UNESP Presidente Prudente.

Após as arguições e defesa do(a) candidato(a), eu, mais os membros da banca arrolados abaixo, atribuímos a nota 10,0 (dez).

Presidente Prudente, 06 de novembro de 2025.

BANCA AVALIADORA	ASSINATURAS
Profª Drª Danielle Cardozo Frasca Teixeira (orientadora)	
Profª Drª Margarete Cristiane de Costa Trindade Amorim (coorientadora)	
Profª Drª Maria Encarnação Beltrão Sposito	
Dr. Luis Flávio de Araújo	

Agradecimentos

Agradeço, primordialmente, a meu pai, Edson, e minha mãe, Vânia, não apenas pelo suporte emocional, financeiro, e em tantos outros aspectos, mas, também, por serem minhas principais referências para o incentivo constante à busca pelo aprendizado e pela educação, não poupando esforços para sempre me garantir acesso ao ensino.

Agradeço também ao meu irmão, Vitor, o qual, em grande medida, me influenciou e me inspirou a seguir pelas veredas da pesquisa acadêmica. Estendo meus agradecimentos à minha cunhada, Juliana, a qual considero como irmã. Aproveito para agradecer a minha sobrinha, Cecília, que em breve estará entre nós.

Agradeço também ao Lucas, Guilherme, Heloisa, Cristiane, Luís, Dalila, Rafael, Breno, Bruno, Giovana, Diego, Bia, Pedro, e tantos outros da “Arena” e que me acolheram como família em Presidente Prudente.

Agradeço, em especial, ao William, o qual não pôde presenciar a finalização dessa etapa, mas cujos ensinamentos, ajudas e momentos de alegria levarei comigo para sempre.

Agradeço à Violeta e à Dona Alvina pelos momentos de aprendizado de francês. *Merci à vous!*

Agradeço aos professores que muito me ensinaram e aos meus colegas de classe, com os quais aprendi tanto quanto.

Agradeço ao professor Edilson pelos meus primeiros passos na pesquisa acadêmica, e às professoras Danielle e Margarete, não apenas pela orientação no presente trabalho, mas, igualmente, pelo constante incentivo, apoio e inspiração para meu aperfeiçoamento.

Agradeço ao Luís e à Carminha pela participação na banca avaliativa desse projeto e pelas contribuições, apontamentos e críticas, essenciais para o desenvolvimento de um estudo científico de qualidade.

Agradeço aos meus colegas do Gaia com os quais também aprendi muito e pude compartilhar de bons momentos em conjunto.

Agradeço à minha amiga Giovanna, pelas inúmeras caronas, presentes e trabalhos e projetos desenvolvidos em parceria.

Agradeço ao meu amigo, e futuro físico, Vitor, por um sem número de noites de conversas e pela companhia em todos esses anos. Agradeço também à minha amiga, e jornalista, Luana, a qual em muito me inspirou e me inspira e cujas conversas, embora esporádicas, são sempre enriquecedoras.

O presente trabalho foi realizado com apoio da Fundação de Amparo à Pesquisa do Estado de São Paulo (FAPESP), Brasil. Processo nº 2024/10061-1.

As opiniões, hipóteses e conclusões ou recomendações expressas neste material são de responsabilidade do autor e não necessariamente refletem a visão da FAPESP.

Enfim, agradeço a todos e todas aqueles e aquelas que possam não ter sido diretamente mencionados/as aqui. Agradeço a todos os rostos sem nome e nomes sem rostos que povoaram boa parte do meu cotidiano e que, mesmo assim, em muito me moldaram, me guiaram e me auxiliaram.

E, finalmente, agradeço a você, o/a leitor/a. Espero poder contribuir, dentro das limitações do estudo realizado e das minhas limitações intelectuais, com suas investigações e indagações.

E se porventura as problemáticas aqui apresentadas e discutidas parecerem datadas e não mais condizentes com a realidade em que você se encontra, nesse caso, convido-o/a a repousar este texto e desfrutar da cidade do futuro em que habita.

Resumo

A interface entre a análise dos processos de produção do espaço urbano e o clima daí resultante é essencial para que se tenha uma compreensão mais aprofundada da realidade das cidades. A produção do espaço urbano é um fator que, em muito, molda os ambientes nos quais boa parte da população humana habita atualmente. A cidade contemporânea, e sua (re)produção capitalista geram realidades climáticas que implicam em uma série de efeitos na vida dos indivíduos. Nesse sentido, o presente trabalho se estrutura de forma a buscar pontes entre esses dois objetos de estudo, a cidade e seu clima, valendo-se de procedimentos de investigação dos padrões térmicos e morfológicos da cidade de Presidente Prudente (SP). A hipótese central, assim, é que o modo de produção da cidade capitalista contemporânea suscita uma configuração morfológica característica do ambiente construído e que tal configuração, por sua vez, estabelece dinâmicas climáticas particulares. A investigação se estabelece a partir da busca por identificação de ilhas de calor, tanto superficiais quanto atmosféricas, assim como é proposta uma análise dos padrões morfológicos das áreas monitoradas a partir da delimitação das zonas climáticas locais. Para tanto, são considerados dois pontos de monitoramento no meio urbano, comparados a um outro na porção rural próxima da malha urbana. Dos pontos urbanos, um se encontra mais próximo à superfície, inserido na camada do dossel urbano, e o outro se encontra no topo de um edifício, a cerca de 15 metros de altura, mais próximo do limiar da camada do dossel urbano. Dessa forma, torna-se viável alcançar o estabelecimento de perspectivas de análise que são tecidas por meio das respostas térmicas encontradas e o processo de produção do espaço urbano local. Assim, os resultados obtidos a partir do estudo conduzido demonstram uma conexão importante entre a morfologia dos locais monitorados e os padrões térmicos, atmosféricos e superficiais. O ponto em maior altura apresentou intensidades levemente menores em relação àquele em menor altura. Além disso, o período de pico de aquecimento em cada ponto também foi diferenciado, muito em decorrência dos aspectos morfológicos e geométricos dos dois ambientes. Ao final do trabalho são apontadas algumas ponderações acerca das possibilidades de se pensar uma cidade do futuro, na qual a produção do espaço urbano ultrapasse as lógicas de reprodução do capital e estabeleça bases para uma melhora na qualidade climática para os habitantes da cidade.

Palavras-chave: Climatologia geográfica; Ilha de Calor Urbana; Morfologia Urbana; Presidente Prudente (SP).

Abstract

The interface between the analysis of production of urban space and its resulting climate is essential to the achievement of a deeper understanding of cities' realities. Production of urban space is a factor that, in great measure, shapes the ambiances in which a great deal of human population currently inhabits. The contemporary city, and its capitalist (re)production, generates climatic realities which implies a series of effects on the life of individuals. In this regard, the current work structures itself in a way that it aims to establish bridges between these two objects of study, the city and its climate, considering investigative procedures of thermal and morphological patterns of Presidente Prudente, localized in the State of São Paulo, Brazil. The main hypothesis, thus, would be that the means of production of the contemporary capitalist city create a built environment with a particular morphological configuration, and that this configuration, in its turn, establishes a particular climatic dynamic. The investigation occurs from the search for the identification of urban heat islands, both superficial and atmospheric, as well as an analysis of the morphological patterns of the monitored areas, from the delimitation of local climate zones. To reach such objectives, two monitored urban locales are considered, and compared with another one within the rural zone, next to the urban tissue. Considering the urban localizations, one of them consists of an area closer to the surface, inserted in the urban canopy layer, and the other one is an area atop a building, around 15 meters from the ground, closer to the urban canopy layer limit. In such a way, it is possible to understand the relation between the observed thermal responses of both urban areas and the local urban space production process. Thus, the results acquired from the present study show that there is an important connection between the local morphology of monitored areas and the atmospheric and superficial thermal patterns. The local at a greater height demonstrated slightly lower urban heat island intensities compared to the area closer to the surface. Furthermore, the highest heating period in each area was equally different, due to the morphological and geometrical aspects of both monitored places. At the end of the investigation, some ponderations are presented regarding the possibilities of thinking about the city of the future, in which the production of the urban space goes further than the logics of capital reproduction and establishes a base for the improvement on climate quality for urban dwellers.

Key words: Geographical climatology; Urban heat island; Urban morphology; Presidente Prudente (SP).

Lista de Figuras

Figura 1 – Síntese dos conceitos de urbanização, cidade e espaço urbano	26
Figura 2 – Modelo esquemático do balanço de energia em um ambiente urbanizado	45
Figura 3 – Classes de Local Climate Zones.	51
Figura 4 – Parâmetros de definição das LCZs.....	51
Figura 5 – Esquema de convecção de uma parcela de ar em uma configuração instável	54
Figura 6 – Diferentes camadas da atmosfera urbana	55
Figura 7 – Variação da T_a , razão de aquecimento/resfriamento e magnitude da ICUDSL no ambiente rural e urbano em diferentes períodos do dia	58
Figura 8 – Dinâmica térmica da superfície e da atmosfera inferior durante o dia (“a” e “b”) e a noite (“c” e “d”) no ambiente rural (“a” e “c”) e urbano (“b” e “d”)	59
Figura 9 – Diagrama do SCU	61
Figura 10 – Caracterização dos subsistemas do SCU e seus respectivos canais de percepção	63
Figura 11 – Ponto Urb. 1, a cerca de 15 metros de altura	69
Figura 12 – Ponto Urb. 2, na altura do telhado de uma casa térrea	69
Figura 13 – Ponto Rural	69
Figura 14 – Tabela utilizada para a análise rítmica	72
Figura 15 – Representação do Espectro Eletromagnético	77
Figura 16 – Detalhamento dos Satélites Landsat.....	78
Figura 17 – Padrão de circulação do vento em uma condição padrão de percolação	96
Figura 18 – Padrão de circulação do vento em cânions urbanos.....	97

Lista de Tabelas

Tabela 1 – Características térmicas de alguns materiais comuns do ambiente urbano	48
Tabela 2 – Informações estatísticas da temperatura do ar nos três pontos de análise em janeiro de 2024.	90
Tabela 3 – Frequência de classes de intensidade de ICU e de diferença térmica entre os pontos urbanos em janeiro de 2024.....	116
Tabela 4 – Frequência de classes de intensidade de ICU e de diferença térmica entre os pontos urbanos em maio de 2024.....	116
Tabela 5 – Frequência de classes de intensidade de ICU e de diferença térmica entre os pontos urbanos em julho de 2024.....	117
Tabela 6 – Frequência de classes de intensidade de ICU e de diferença térmica entre os pontos urbanos em outubro de 2024	117
Tabela 7 – Temperaturas superficiais e atmosféricas às 10 horas nos pontos de monitoramento em janeiro de 2024	128
Tabela 8 – Temperaturas superficiais e atmosféricas às 10 horas nos pontos de monitoramento em maio de 2024	131
Tabela 9 – Temperaturas superficiais e atmosféricas às 10 horas nos pontos de monitoramento em julho de 2024	134
Tabela 10 – Temperaturas superficiais e atmosféricas às 10 horas nos pontos de monitoramento em outubro de 2024.....	136
Tabela 11 – Média das temperaturas superficiais (em °C) às 10 horas da manhã em dias de janeiro, maio, julho e outubro de 2024 nas áreas de interesse.....	143

Lista de Quadros

Quadro 1 – Vistas superficiais da zona climática local urbana	93
Quadro 2 – Vistas dos horizontes em diferentes sentidos na LCZ urbana	94
Quadro 3 – Imagens superficiais da LCZ rural	100
Quadro 4 – Cálculo das ilhas de calor por horário em janeiro 2024	104
Quadro 5 – Cálculo das ilhas de calor por horário em maio de 2024.....	106
Quadro 6 – Cálculo das ilhas de calor por horário em julho de 2024	108
Quadro 7 – Cálculo das ilhas de calor por horário em outubro de 2024	110
Quadro 8 – Frequência das intensidades de ilha de calor em janeiro de 2024	111
Quadro 9 – Frequência das intensidades de ilha de calor em maio de 2024	112
Quadro 10 – Frequência das intensidades de ilha de calor em julho de 2024.....	113
Quadro 11 – Frequência das intensidades de ilha de calor em outubro de 2024.....	114
Quadro 12 – Temperaturas superficiais e índice de vegetação nos meses de análise	124
Quadro 13 – Vista aproximada das imagens termais em janeiro	129
Quadro 14 – Vista aproximada das imagens termais em maio	131
Quadro 15 – Vista aproximada das imagens termais em julho	134
Quadro 16 – Vista aproximada das imagens termais em outubro	137
Quadro 17 – Áreas seleccionadas para análise morfológica	139

Lista de Mapas

Mapa 1 – Localização de Presidente Prudente	35
Mapa 2 – Expansão urbana em Presidente Prudente (1917-2018).....	37
Mapa 3 – Setores de Presidente Prudente por faixa de renda.....	38
Mapa 4 – “Potenciais Unidades Climáticas” da região da malha urbana de Presidente Prudente	52
Mapa 5 – Posição dos sensores na malha urbana de Presidente Prudente	68
Mapa 6 – Classificação climática do estado de São Paulo Segundo Monteiro (1973)	85
Mapa 7 – Vista aérea da LCZ urbana e áreas adjacentes	92
Mapa 8 – Vista aérea da LCZ rural	99

Lista de Gráficos

Gráfico 1 – Gráfico das temperaturas médias do ar no mês de janeiro de 2024	89
Gráfico 2 – Valores médios horários de ΔT e diferença térmica entre pontos urbanos para janeiro de 2024	118
Gráfico 3 – Valores médios horários de ΔT e diferença térmica entre pontos urbanos para maio de 2024	118
Gráfico 4 – Valores médios horários de ΔT e diferença térmica entre pontos urbanos para julho de 2024	119
Gráfico 5 – Valores médios horários de ΔT e diferença térmica entre pontos urbanos para outubro de 2024.....	119

Lista de Abreviações e Siglas

CHM – Centro de Hidrologia da Marinha

CPTEC-INPE – Centro de Previsão de Tempo e Estudos Climáticos – Instituto Nacional de Pesquisas Espaciais

DSA – Divisão de Satélites e Sensores Ambientais

EZ – *Entrainment Zone* (zona de arrasto)

FA – *Free Atmosphere* (atmosfera livre)

FPA – Frente Polar Atlântica

ICU – Ilha de Calor Urbana

ICU_{CLU} – Ilha de Calor Urbana da Camada Limite Urbana

ICU_{DSL} – Ilha de Calor Urbana do Dossel Urbano

ICU_{Sub} – Ilha de Calor Subsuperficial

ICU_{Sup} – Ilha de Calor Superficial

INMET – Instituto Nacional de Meteorologia

ISL - *Inertial Sublayer* (subcamada inerte)

IT – Instabilidade Tropical

LCZ – *Local Climate Zone* (zona climática local)

MCMV – Minha Casa Minha Vida

ML – *Mixed Layer* (camada de mistura)

mPa – Massa Polar Atlântica

mTa – Massa Tropical Atlântica

mTc – Massa Tropical Continental

NASA – *National Aeronautics and Space Administration* (Administração Nacional da Aeronáutica e Espaço)

NCL – *Nocturnal Stable Layer* (camada estável noturna)

NDVI – *Normalized Difference Vegetation Index* (Índice de Vegetação por Diferença Normalizada)

OLI - *Operational Land Imager* (imageador de superfície operacional)

mPt – Massa Polar Atlântica

PUC – Potencial Unidade Climática

REGIC – Região de Influência das Cidades

REM – Radiação Eletromagnética

REP – Repercussão de Frente Polar

RSL – *Roughness sublayer* (subcamada de rugosidade)

SCU – Sistema Clima Urbano

SIG – Sistema de Informação Geográfica

TIRS - *Thermal Infrared Sensor* (sensor infravermelho termal)

TOAr – *Temperature at the top of the atmosphere* (temperatura no topo da atmosfera)

UBL – *Urban Boundary Layer* (camada limite urbana)

UCL – *Urban Canopy Layer* (camada do dossel urbano)

UTC – *Coordinated Universal Time* (tempo universal coordenado)

Lista de Símbolos

$K\uparrow$ – Radiação de ondas curtas refletida

$K\downarrow$ – Radiação de ondas curtas incidente

$L\uparrow$ – Radiação de onda longa refletida

$L\downarrow$ – Radiação de onda longa incidente

n – total de amostras

Q^* - Total líquido de energia solar

Q_E – Fluxo de calor latente

Q_F – Fluxo de calor antropogênico

Q_G – Fluxo de calor subsuperficial

Q_H – Fluxo de calor sensível

T_0 – Temperatura superficial

T_a – Temperatura do ar

T_{Ru} – Temperatura no ambiente rural

T_{Urb} – Temperatura no ambiente urbano

$T_{Urb,1}$ – Temperatura no Ponto Urbano 1

$T_{Urb,2}$ – Temperatura no Ponto Urbano 2

$\bar{x}$ – Média amostral

xi – Cada valor do conjunto de dados

ΔQ_A – Calor inserido/removido pela advecção

ΔQ_s – Total de energia em estoque

ΔT – Diferença de temperatura do ar entre o ambiente urbano e rural

σ – Desvio padrão

Ψ – *Sky view factor* (fator de visão do céu)

Sumário

Introdução.....	20
Seção I – A Complexa Cidade do Século XXI.....	24
1.1 A Produção Capitalista da Cidade	27
1.2 A Cidade Média, a Cidade Global e a Morfologia da Cidade Contemporânea.....	31
1.3 O Espaço Urbano de Presidente Prudente	35
Seção II – As Dinâmicas do Clima Urbano.....	40
2.1 A Cidade e suas Implicações Climáticas	41
2.1.1 A Interface entre o Meio Físico-Natural e a Morfologia Urbana.....	41
2.1.2 Aspectos Energéticos e Térmicos do Ambiente Urbano.....	44
2.2 Fundamentos Teóricos do Clima Urbano	49
2.2.1 As Zonas Climáticas Locais	49
2.2.2 As Camadas da Atmosfera Urbana	53
2.2.3 Os Tipos de Ilha de Calor Urbanas	56
2.2.4 O Sistema Clima Urbano	61
Seção III – Materiais e Procedimentos Metodológicos	66
3.1 Localização dos Sensores	68
3.2 A Análise Rítmica e os Tipos de Tempo	70
3.3 As Tabelas Dinâmicas e a Intensidade das ICUs.....	72
3.4 Plataformas de Satélites e Informações da Superfície	74
3.5 Representação Gráfica dos Resultados	80
3.6 Procedimentos da Análise Morfológica.....	81
Seção IV – As Condições na Escala Local: um Estudo de Caso.....	84
4.1 Condições Sinóticas.....	84
4.1.1 As Condições da Temperatura do Ar nos Locais Monitorados	88
4.2 Caracterização das Zonas Climáticas Locais.....	91
4.2.1 A Zona Climática Local Urbana	91
4.2.2 A Zona Climática Local Rural	99
4.3 A Ilha de Calor na Camada do Dossel Urbano	102
4.4 A Ilha de Calor Superficial	123
4.5 Análise Morfológica de Quatro Áreas Urbanas.....	139
Seção V – A Cidade Produzida e o Clima Resultante.....	147
5.1 As Implicações de um Clima Urbano	148
5.2 Perspectivas de Produção do Espaço Urbano	150

5.3 É Possível um Planejamento Climático da Cidade?	153
5.4 Pensando a Cidade do Futuro	161
5.5 Considerações Finais	164
6. Referências.....	167
Apêndice A	173
Apêndice B	178
Apêndice C	180

Introdução

A partir do presente trabalho propõe-se o estabelecimento de linhas de discussão acerca de dois campos de estudo bastante caros à ciência geográfica, quais sejam, a cidade e seus processos de produção e o clima daí resultante. Com as investigações conduzidas pelo estudo realizado, pretendeu-se contribuir para as discussões de ambos os âmbitos, buscando, sobretudo, pontos de contato entre os dois objetos de estudo – a cidade e seu clima.

Logo, as discussões, apontamentos e resultados aqui apresentados visaram trazer possibilidades de se pensar a produção do espaço urbano e como tal processo implica na geração de uma dinâmica climática particular vinculada aos aspectos morfológicos e funcionais das cidades.

Dessa forma, a principal hipótese estabelecida para o estudo é que o modo de produção da cidade capitalista contemporânea suscita configurações morfológicas características do ambiente urbano e que tais configurações, por sua vez, podem estabelecer dinâmicas climáticas próprias do ambiente construído.

A partir disso, foram definidos alguns objetivos, tais como: identificar a formação e a intensidade de ilhas de calor urbanas – atmosféricas e superficiais – em dois recintos urbanos diferenciados pela sua altimetria; analisar as características paisagísticas das localidades estudadas (urbana e rural) segundo os parâmetros das zonas climáticas urbanas; identificar a sucessão dos tipos de tempo durante o período de investigação, a fim de tomar conhecimento do ritmo climático atuante nas áreas monitoradas; analisar a morfologia urbana de áreas distintas da cidade estudada a fim de identificar suas interações com a energia solar na gênese de valores térmicos superficiais particulares; e, finalmente, compreender como o processo de produção do espaço urbano pode ter influenciado os padrões térmicos auferidos.

Contextualizando a investigação, é relevante salientar que há vasta literatura referente a Presidente Prudente (SP), cidade em foco no estudo, em seus aspectos climáticas e de dinâmicas urbanas. Trabalhos como os de Cardoso (2015), Rampazzo (2019), Amorim (2020), Silva (2024) entre tantos outros, os quais versam, hora mais enfaticamente, hora de maneira mais abrangente, acerca das dinâmicas climáticas e os processos urbanos na cidade em questão.

Logo, a pesquisa proposta também tem como um de seus objetivos se somar a essas demais análises anteriores e procurar novas perspectivas, as quais tragam à tona, principalmente, maneiras de estabelecer interfaces entre as dinâmicas climáticas, mais

especificamente neste caso as ilhas de calor urbanas, e o contexto de produção do espaço urbano de Presidente Prudente, a qual se enquadra enquanto uma cidade média (Sposito, 2010), fato que, por si só, já instiga dinâmicas, condicionantes e fatores que propiciam particularidades no âmbito de investigação.

Além disso, os estudos supracitados já deixaram em evidência que a cidade de interesse é marcada por uma realidade climática que incita maior aprofundamento investigativo. Seja considerando os processos de formação das ilhas de calor (Amorim, 2020), seja considerando os impactos causados pela forma como a cidade é estruturada e a dinâmica atmosférica que lhe é característica (Silva, 2024).

De toda forma, entende-se a necessidade de constante análise de tal realidade em níveis crescentes de complexidade e, principalmente, buscando articulações entre os diferentes campos de estudo da ciência geográfica. Tais perspectivas podem promover maior detalhamento de dinâmicas já conhecidas, assim como são extremamente relevantes para a elucidação de questões ainda latentes.

O presente texto, portanto, visa expor os resultados e elucubrações resultantes da busca por atingir tais objetivos e testar a hipótese estabelecida. Para tanto, estrutura-se da seguinte maneira. A Seção I compreende uma análise das principais teorias e conceitos que versam a respeito do espaço urbano e sua produção. São apresentados e discutidos os conceitos de “urbanização”, “cidade” e “espaço urbano”, além de discussões a respeito das lógicas econômicas que conduzem a produção da cidade capitalista.

Na Seção II, é realizada uma exposição das principais concepções acerca do clima urbano. Logo, é tratado desde a compreensão da morfologia urbana enquanto âmbito de estabelecimento e percepção do clima urbano, até a teoria do Sistema Clima Urbano, concebida por Monteiro (2009) como forma de análise das dinâmicas climáticas atinentes à cidade. É também nesta seção na qual são delimitados de maneira mais detalhada o conceito de ilha de calor urbana.

A Seção III aborda os procedimentos metodológicos empregados para a realização das investigações propostas, a qual tomou como recorte quatro meses do ano de 2024. A Seção IV, em seguida, visa apresentar os resultados obtidos a partir da análise empírica e sistemática realizada a partir dos procedimentos metodológicos definidos. É nessa seção, portanto, que são expostos os resultados dos objetivos estabelecidos para a pesquisa.

A Seção V, por fim, busca trazer uma articulação geral dos resultados da Seção IV e as concepções acerca da produção do espaço urbano e do clima urbano, analisadas nas seções

iniciais do estudo. A Seção V, em certa medida, busca trazer indagações referentes aos âmbitos de estudo abordados e, sobretudo, procura tecer possíveis interfaces de análise que promovam o pensar conjunto dos processos de produção da cidade e as dinâmicas climáticas que lhes são inerentes. Ao final dessa seção também é apresentado, brevemente, algumas discussões acerca de perspectivas de uma produção do espaço urbano que possa promover melhor qualidade climática para os habitantes.

Com a realização do estudo, portanto, buscou-se evidenciar como o espaço geográfico é permeado por uma complexidade atrelada à coexistência dos processos sociais e naturais que o produzem. A análise da produção do espaço, no contexto urbano, deixa em evidência como a realização da vida dos indivíduos, inseridos em uma estrutura social marcada por lógicas culturais, históricas, econômicas etc., também implica em alterações diretas e indiretas nas dinâmicas naturais do ambiente terrestre.

A Complexa Cidade do Século XXI

1.1

A Produção
Capitalista
da Cidade

1.2

A Cidade Média, a
Cidade Global e a
Morfologia da Cidade
Contemporânea

1.3

O Espaço
Urbano de
Presidente Prudente

Seção I – A Complexa Cidade do Século XXI

Em se tratando de um estudo que visa estabelecer uma interface de análise entre o ambiente urbano e o clima nele estabelecido, é pertinente que seja, antes de tudo, definidos alguns conceitos-chave para a compreensão desse tipo particular de espaço que são as cidades. Logo, serão expostos a seguir três desses conceitos-chave, a saber, o de urbanização, de cidade e de espaço urbano.

Ressalta-se, primeiramente, que todos esses conceitos são apresentados em um recorte temporal em que as sociedades humanas estão inseridas em um modelo capitalista, o qual estabelece bases econômicas, políticas, sociais e mesmos culturais que incidem diretamente na forma como as cidades são produzidas, consumidas, imaginadas, enfim, concebidas pelos mais diversos indivíduos, grupos e agentes que ocupam o espaço urbano (Carlos, 1992). Não se pretende, aqui, esmiuçar considerações teóricas das cidades da antiguidade ou pré-capitalistas, as quais passaram por processos e dinâmicas próprias referentes à organização social e econômica das antigas civilizações (embora reconheça-se que, em certa medida, alguns processos permearam pelo tempo e ainda se manifestam no presente).

Isto posto, inicia-se afirmando que a urbanização é, essencialmente, um processo. Sendo assim, ela está profundamente atrelada não apenas ao espaço, mas também ao tempo. Devido a essa conexão inerente, a urbanização também reflete as condições de produção do espaço sob a qual determinada sociedade está inserida (Sposito, 1988; Carlos, 1992).

Dessa forma, a urbanização é a materialização de uma lógica de produção do espaço que visa propiciar a manutenção do modo de produção vigente. Em outras palavras, urbaniza-se pois, em assim fazendo-se, propicia-se a reprodução do capital.

Afirma-se, assim, que a urbanização tem uma componente histórica, ligada às diferentes formas pelas quais o modelo capitalista passou. Se hoje temos cidades que são moldadas, primordialmente, a partir de lógicas econômicas, é pelo fato de o estágio atual do capitalismo exigir uma produção/reprodução do espaço que favoreça sua propagação temporal e espacial.

Contudo, por ser um processo, a urbanização possui uma expressão, isto é, algo que resulta deste processo. Tal é a cidade, a qual é a manifestação material da lógica de produção do espaço urbano e, em ampla escala temporal e espacial, da urbanização. A cidade, portanto, é perpassada por uma série de aspectos que são inerentes a um modo de produção do espaço nos moldes econômicos vigentes.

Logo, ela é um “local de mercado”; – conforme coloca Souza (2003), apresentando o pensamento de Max Weber (Velho, 1987 *apud* Souza, 2003) acerca da cidade – um palco de disputas pelo sua ocupação e consumo (Carlos, 1992); um ambiente de profundo distanciamento social e interpessoal (Carlos, 1992); – fato que também já havia sido percebido na década de 1930, pelo sociólogo Louis Wirth (1938) – um local que apresenta importância locacional em termos de concentração de atividades e funções econômicas (Carlos, 1992; Souza, 2003); um centro de mando e controle do território, ao passo que estabelece as bases materiais de empresas, do governo etc. (Singer, 1990; Souza, 2003).

Enfim, a cidade contemporânea é a materialização de uma série de elementos que dizem respeito diretamente à forma como as sociedades humanas produzem o espaço a partir de um modelo econômico capitalista. As cidades contemporâneas deixam em evidência os conflitos, contradições, problemáticas, condicionamentos, imposições, que a reprodução do capital implica. Logo, é razoável estipular, também, que a cidade seja condição, ao passo que direta e indiretamente estabelece as bases materiais pelas quais a própria possibilidade de realização da vida dos indivíduos se dá.

Por ser expressão de uma estrutura social bastante desigual, as cidades também revelam, por vezes de maneira implícita, os diferentes atores, pertencentes a classes sociais distintas, que exercem influência no processo de produção do espaço. A cidade, desse modo, passa também a incorporar em sua estrutura física a coexistência desses diferentes grupos, os quais, em suma, participam do processo de reprodução/acumulação do capital.

É justamente por esse fato, inclusive, que se faz alusão a uma “complexa cidade do século XXI”, a qual, em suma, é um amálgama de diferentes formas de ocupação e consumo do espaço, estabelecidas pelas lógicas de vida dos diferentes grupos socioeconômicos e que são realizada a partir de bases materiais e econômicas profundamente desiguais, características do modo de produção capitalista. A cidade, portanto, revela como o processo de urbanização no capitalismo reproduz desigualdades.

Na explicação dos dois conceitos anteriores utilizou-se frequentemente a expressão “produção do espaço”. O entendimento desta expressão é fundamental para compreender o que é o espaço urbano. Ao se afirmar que o espaço é produzido, o que está sendo determinado é que as atividades humanas, em especial o trabalho, geram uma transformação na natureza primitiva, acarretando uma modificação materialmente perceptível (Carlos, 1992).

O espaço é “produzido” ao passo que os seres humanos passam a se utilizar do ambiente natural para a criação de meios para a sua subsistência. O espaço, portanto, é resultado da ação

intencional dos seres humanos no ambiente, gerando uma transformação estrutural na ordenação dos elementos materiais e das relações estabelecidas com os mesmos.

Dessa forma, o espaço urbano é o espaço produzido a partir da multiplicidade dos grupos sociais que o trazem à tona, isto é, o produzem. Tal processo é definido segundo o tipo de intencionalidade que se estabelece nas transformações que serão engendradas no espaço, que no caso do urbano, prevalece a produção de um espaço que favoreça as relações econômicas e de reprodução do capital. Uma das marcas dessa produção do espaço urbano é o tipo de uso do solo, o qual, diferentemente do campo, passa a ter uma componente de instigação de relações de troca (Singer, 1990; Souza, 2003).

É possível afirmar que as intencionalidades dos grupos sociais dominantes condiciona o modo de produção do espaço nas cidades, e mesmo, em certa medida, fora delas. Sendo essas intencionalidades determinadas pelos interesses de produção, reprodução e acumulação de capital, o espaço urbano passa a ser a representação dessa apropriação e alteração da natureza, visando alcançar tais objetivos econômicos (Carlos, 1992).

O espaço urbano, pois, torna-se um ambiente de justaposição espacial e sobreposição temporal de diferentes usos do solo no âmbito da cidade capitalista. Nas palavras de Corrêa (1989, p. 9), o espaço urbano é “fragmentado e articulado, reflexo e condicionante social, um conjunto de símbolos e campo de lutas”, uma vez que essas diferenciações são atravessadas pelos fluxos, as atividades, realizadas no espaço urbano.

A Figura 1 traz uma síntese dos conceitos, atrelados a palavras-chave que os definem sucintamente conforme as exposições acima.

Figura 1 – Síntese dos conceitos de urbanização, cidade e espaço urbano

Urbanização Processo		Cidade Expressão/Condição		Espaço Urbano Produção/Reprodução	
Tempo Histórico	Espaço Geográfico	Materialização	Concentração Espacial	Sociedade	Capital

Fonte: Elaboração própria (2025).

A análise da figura também possibilita algumas conclusões. Primeiro, enquanto urbanização implica em processo histórico, o qual indica uma série de transformações do espaço e nas relações produtivas entre os indivíduos, – em especial no que tange à divisão social do trabalho (Singer, 1990; Carlos, 1992) – a produção do espaço urbano, por sua vez, está muito mais atrelada a um “fazer incessante” (Carlos, 1992, p. 31). A urbanização exige tempo e uma

completa alteração das lógicas de produção do espaço. De fato, a urbanização também pode ser pensada como uma consolidação no tempo e espaço da produção do espaço urbano.

Nesse sentido, a urbanização também é a consolidação, no espaço, das bases sociais, econômicas, políticas etc. do modo de produção capitalista. Procter (1984), ao trazer as divergências do conceito de urbanização a partir de diferentes pensadores (Harvey, 1976; 1977; 1978; Gordon, 1978; Roberts, 1978; Smith, 1980 e Castells, 1978) deixa, igualmente, em evidência a confluência entre cada um deles da percepção da urbanização enquanto um processo que visa, primordialmente, estabelecer um espaço que seja capaz de reproduzir as lógicas e as bases materiais (inclusive da força de trabalho) que propiciem a manutenção da produção capitalista.

Nesse espaço resultante, porém, também se torna evidente as constantes disputas pelo controle do processo de produção do espaço. Cada indivíduo, sendo pertencente a uma determinada classe social, produz o espaço de acordo com suas capacidades e competências materiais. A urbanização, ao vincular-se a um modo particular de organizar o espaço, leva ao extremo as desigualdades dessa conjuntura. A cidade resultante é um espaço de disputas das mais diversas ordens: da própria estética que se deseja imbuir na paisagem das cidades, às atividades que se desejam realizar no espaço urbano.

1.1 A Produção Capitalista da Cidade

Partindo do princípio de que a cidade é, essencialmente, uma das expressões espaciais dos ditames da lógica de reprodução do capital, é relevante que seja estabelecido algumas implicações de tal dinâmica. Assim, é preciso traçar mais alguns apontamentos acerca da produção do espaço urbano, em especial a partir de suas conjunturas econômicas.

Produção, referindo-se ao espaço urbano, tem dois sentidos. Primeiro, um sentido material; produzir indicando uma transformação da realidade material, uma soma de elementos estruturantes que passam a compor o espaço geográfico em que determinada sociedade se instala e pratica suas atividades. Nesse contexto, produção refere-se à capacidade de os seres humanos, dotados de competência técnica, científica e de demais saberes, alterarem o meio em que vivem.

A produção, todavia, também possui um sentido econômico, afinal de contas, em sendo a cidade um espaço produzido segundo as lógicas de reprodução do capital, é inerente à

formulação daquelas características desse próprio modo de produção. Logo, produzir o espaço urbano implica na realização de certos tipos de interações e disputas de cunho econômicos.

Nesse sentido, há, no âmbito das cidades, uma organização de diferentes setores do mercado que visam se apropriar e estabelecer o controle sobre os rumos da estruturação e reestruturação do espaço urbano a partir da acumulação de terrenos. Em particular, o mercado imobiliário é aquele que mais direta e incisivamente realiza tal função econômica (Singer, 1980; Farret, 1985).

O mercado imobiliário, nesse contexto, assume um papel de destaque, justamente por ser diretamente comandado pelos interesses dos agentes com maior acúmulo de capitais. São, portanto, as grandes empresas, os donos de terra, os agentes de incorporação imobiliária e o próprio Estado (Farret, 1985; Corrêa, 1989). Apesar de tais agentes comandarem a produção do espaço urbano, esta não está limitada a eles, sendo que os demais grupos presentes na cidade também a consomem e a produzem, porém sem a mesma capacidade de mando daqueles primeiros.

Porém, para além dessa dimensão social atrelada ao mercado de terras, é necessário compreender também a terra como uma mercadoria em si. Ela, em sendo indispensável para a produção do espaço, é dotada de uma renda inerente. A terra, contudo, não possui um valor, visto que não é produzida a partir do trabalho (Farret, 1985). Antes, ela é uma componente da natureza apropriada pelos seres humanos, visando o estabelecimento das bases materiais para a propiciação da vida.

Ao passo que a terra passa a ter uma renda, portanto um preço, ela passa a se tornar cada vez menos acessível para aqueles que não dispõem da capacidade econômica para sua aquisição (Singer, 1980).

Assim, é seguindo essas lógicas do mercado imobiliário e as ações dos agentes detentores do capital incorporador que a cidade é produzida. Isto posto, ressalta-se que as próprias ações de tais agentes visam reproduzir as condições de sua perpetuação econômica e, consequentemente, espacial. De fato, o capital incorporador, para além de produzir o espaço urbano, o faz também visando a manutenção das suas próprias condições de atuação futura (Smolka, 1987).

O que torna esse processo ainda mais nocivo é o fato de que tal renda da terra tem íntima relação com as transformações materiais e funcionais da área urbana. Assim, a instalação de infraestruturas, aparelhos e serviços de uso coletivo tornam determinada área mais cara, expulsando a população mais pobre (Smolka, 1987). Nesse sentido, é relevante destacar que,

em certa medida, o próprio poder público acaba assumindo um papel de agente produtor do espaço urbano, porém favorecendo a manutenção das condições de reprodução do capital imobiliário, ao passo que ele gera essas transformações e melhorias em diferentes áreas da cidade (Corrêa, 1989). Não é de todo incomum, inclusive, que diferentes atores representantes de empresas do setor imobiliário tenham algum grau de influência no comando público.

Ao passo que tal processo ocorre, as áreas mais bem equipadas da cidade, seja no sentido das funcionalidades urbanas (transporte, educação, saúde, lazer etc.), seja nos aspectos de qualidade ambiental (arborização, espaços livres abertos etc.), tornam-se mais caras, portanto, menos acessíveis. Produz-se uma cidade espacialmente diferenciada e que favorece uma população atinente a uma faixa econômica bastante restrita (Sposito, 2019).

Definidos os conceitos e teorias acerca do espaço urbano, questiona-se agora: como eles se relacionam com a geração de um clima urbano?

As estruturas das dinâmicas climáticas são direta e indiretamente alteradas pela forma como a cidade é produzida. Porém, – e esse é um dos entendimentos centrais do trabalho desenvolvido – a cidade é produzida a partir de intenções. Sejam elas econômicas, políticas, sociais, culturais (e geralmente há uma combinação desses fatores), a produção do espaço urbano ocorre por uma multiplicidade de fatores, e entendê-los permite não apenas compreender como a cidade se consolida materialmente, mas permite também a compreensão de como os paradigmas da urbanização geram uma realidade climática particular.

Dessa forma, quando afirma-se que o espaço é produzido segundo um processo de produção e reprodução do capital, e que tal processo resulta na materialização de um ambiente com características materiais específicas – a cidade –, e que tal movimento se propaga em uma ampla escala temporal e espacial e configura a urbanização de uma determinada sociedade humana, diz-se, igualmente, que é produzido um espaço com aspectos morfológicos particulares, os quais afetam e são afetados pelas bases físicas dos mais diversos ambientes terrestres.

A produção do espaço também significa produção do clima (Sant’Anna Neto, 2011). Essa afirmação toma uma dimensão ainda mais complexa quando considerados os aspectos mencionados anteriormente sobre como o espaço urbano é, essencialmente, o resultado das lógicas do capital na forma de organização dos espaços.

A cidade contemporânea, que é o centro da lógica do capitalismo financeiro, passa a ser também o centro de uma forma de apropriação e transformação do ambiente natural que reforça a degradação da qualidade climática. As cidades de hoje são ambientes que, mesmo em

diferentes contextos climáticos, apresentam uma série de alterações da dinâmica atmosférica local, que resultam em impactos negativos diretos para a população.

Monteiro (2009) aponta de maneira muito pertinente para essas diferentes questões associadas à cidade e as interfaces com os aspectos climáticos inerentes ao meio ambiente terrestre, os quais podem ser percebidos por diferentes “canais”, conforme será elucidado na Seção II.

As cidades de hoje, das maiores às menores, nas mais diferentes latitudes (Gartland 2008; Oke *et al.* 2017; Amorim, 2020; Teixeira; Amorim, 2022a), apresentam características térmicas as quais configuram a “ilha de calor urbana” (ICU), resultado dessa profunda alteração do meio natural, engendrado pela forma de produção do espaço urbano e que propicia uma alteração térmica perceptível na cidade, caracterizando-a como um verdadeiro “domo” de calor.

Assim, há uma nítida relação que se estabelece entre as técnicas de produção material do espaço urbano e aos problemas decorrentes desse processo no âmbito da qualidade climática das localidades.

Porém, e fazendo a conexão com o que foi exposto inicialmente, essa produção material é diretamente determinada pelos agentes detentores do capital, os quais visam, antes de tudo, a manutenção das estruturas e processos que garantam a reprodução desse capital, inclusive pretendendo aumentá-lo e acumulá-lo ainda mais.

Partindo desse princípio, se as cidades de hoje apresentam uma problemática climática, da qual as ICUs fazem parte, elas garantem, por outro lado, a reprodução do capital e a manutenção dos meios para sua acumulação. É inviável pensar que a cidade será produzida de forma a mitigar tais problemas, ao menos enquanto o cerne de sua produção se mantiver nas mãos dos agentes detentores do capital.

Logo, o que se pretende ressaltar nesse primeiro momento é que a cidade apresenta a problemática climática que tanto a caracteriza, pois, em larga medida, sua forma de produção e reprodução propicia a perpetuação das vantagens econômicas para aqueles que detêm o comando da produção do espaço.

O que se pode esperar, contudo, é que tais agentes aprofundem as desigualdades espaciais, criando apenas para si espaços de habitação que mitiguem as intempéries climáticas geradas. Tal fato inclusive é já bastante perceptível, haja vista os planos arquitetônicos e paisagísticos das áreas de mais alto padrão em diferentes contextos urbanos brasileiros (Macedo, 1999).

1.2 A Cidade Média, a Cidade Global e a Morfologia da Cidade Contemporânea

Um último ponto de discussão a ser apresentado antes de se abordar a cidade de estudo do presente trabalho tem relação com as lógicas de produção do espaço urbano pensadas na conjuntura das cidades médias e ditas “globais” no contexto brasileiro. Mais especificamente, é necessário compreender, mesmo que superficialmente, os tipos de morfologias urbanas que estão associados às lógicas de produção do espaço nessas cidades.

Por que tal discussão? Pois em grande medida os padrões térmicos que se fazem perceptíveis nas cidades tem relação direta com as particularidades da morfologia urbana de cada local (Stewart; Oke, 2009b; Oke *et al.*, 2017). Tais morfologias, por sua vez, são determinadas pelos agentes que produzem o espaço urbano, os quais, como já apontado, estão inseridos na lógica do mercado imobiliário, a qual extrapola os ditames locais, o que é justamente o que configura, de maneira mais expressiva, as cidades globais (Fix, 2009).

De forma sucinta, a cidade é produzida, no sentido material e estético, a partir de tendências que muito pouco tem a ver com as particularidades e singularidades do ambiente natural local. Em suma, a cidade não é produzida para a população e sim para o capital e para a facilitação de sua fixação e desafixação (Fix, 2009). Assim, o padrão estético local deve também estar afeito aos interesses do capital. As tipologias urbanas, portanto, são, em certa medida, determinadas por essa dinâmica.

A abordagem da cidade média e da cidade global se dá por dois motivos. Um primeiro, mais pragmático, pois o estudo aborda uma cidade média, segundo sua posição na rede urbana intraestadual, tornando a análise é pertinente. Um segundo, pois, de certa forma, a mundialização dos lugares do capital (Santos, 1993) acaba por entranhar lógicas semelhantes da produção material das cidades globais nas cidades mais inferiores na hierarquia da rede urbana. Isto posto, é evidente que há distinções entre tais espaços e é igualmente relevante que elas sejam destacadas.

Quanto às cidades globais, é preciso primeiro definir o que se entende por “global” nesse contexto.

Como estabelecido desde o início da discussão sobre produção do espaço urbano, o capital é o principal ponto de confluência das dinâmicas dos agentes produtores do espaço urbano. Sendo assim, a cidade global é o espaço urbano onde se concentram de maneira mais incisiva os processos econômicos do capitalismo financeiro, o qual extrapola a territorialidade dos lugares (Fix, 2009), logo, tornando-se global.

Esses processos econômicos são espacialmente paradoxais, pois ao passo que tentam ao máximo se desvincular do território que ocupam, visando o máximo de fluidez possível (Santos, 1993), acabam por ditarem a própria forma de produção do espaço, condicionando-a a uma lógica bastante particular, a qual resulta em uma cidade que, essencialmente, visa tornar-se o receptáculo perfeito do comando financeiro.

Fix (2009) estuda a cidade de São Paulo como um exemplo evidente dessa produção do espaço urbano segundo uma lógica do capitalismo global e a partir daí faz uma observação bastante pertinente:

Edifícios e infraestrutura urbana, portanto, ao mesmo tempo em que configuram fisicamente o espaço, nos dão a percepção que temos da cidade, uma paisagem de poder e dinheiro que tem por trás uma história marcada por impasses e conflitos. (p. 44).

O que se tem como ambiente de habitação, ao fim, é uma cidade que é constantemente modificada para se adequar a essa perspectiva de financeirização. A partir daí, as cidades passam a ser estruturadas ou reestruturadas seguindo uma lógica de adaptação ao mercado global. Nesse âmbito, contudo, pouco espaço é dado para a produção de uma cidade que de fato seja pensada para o abrigo de pessoas, especialmente as das classes sociais de menor renda.

Evidentemente esse processo possui implicações nos aspectos morfológicos da cidade. No caso da cidade global, a qual também é uma metrópole com altíssima densidade construtiva, as implicações morfológicas são da ordem de reestruturação. Retira-se o que já está estabelecido para a instalação do novo, processo esse que cada vez mais implica em verticalização (Abramo, 1989).

Porém, essa reestruturação significa a atuação do mercado imobiliário sobre uma área visando aumentar a renda da terra. Com isso, o que ocorre na prática é a remoção de comunidades urbanas já consolidadas e uma gradual expulsão dos moradores para cederem lugar para uma nova dinâmica de produção do espaço urbano, a dinâmica global, que também é muito cara, portanto, pouco acessível (Fix, 2009).

Maricato (2002) chama a atenção para o processo, destacando que:

A importação dos padrões do chamado "primeiro mundo", aplicados a uma parte da cidade (ou da sociedade) contribuiu para que a cidade brasileira fosse marcada pela modernização incompleta ou excludente. (p. 123).

Nessas novas áreas produzidas para o capital, a qualidade paisagística e arquitetônica é reflexo do “poder e dinheiro” (Fix, 2009, p. 44). Porém, tal transformação não é sinônimo de melhora na interface clima e ambiente urbano. De fato, o aumento do adensamento construtivo

local implica em uma maior complexificação dos padrões termodinâmicos e pode corroborar a formação de um microclima de baixa qualidade climática, caso não haja uma atenção às dinâmicas climáticas locais (Corbella; Yannas, 2003).

A cidade global nos trópicos, portanto, ao tentar copiar as condições estéticas do ambiente urbano dos países no centro do capitalismo, acaba por incorporar as mesmas intempéries climáticas que tanto caracterizam as cidades contemporâneas, ou até mesmo criam novos problemas, ao reproduzir um ambiente urbano pensado para climas não tropicais nos trópicos.

Conforme a cidade torna-se globalizada, os mesmos impasses climáticos também se globalizam.

Mesmo em situações em que há uma certa adaptação dos aspectos materiais com intuito de promover certa qualidade climática, tais procedimentos esbarram na dinâmica de aumento da renda da terra pelas “vantagens locacionais” auferidas. Uma boa qualidade climática local implica em maiores preços, portanto menor acessibilidade.

Nas cidades médias, o cenário é semelhante, porém com uma diferenciação essencial. O adensamento e verticalização também ocorrem nas cidades médias enquanto forma de reestruturação do espaço urbano pelos agentes do mercado imobiliário. Todavia, há de se considerar que nelas não existe a mesma limitação territorial observada nas grandes metrópoles. Assim, ainda há, nas cidades médias, uma importante expansão horizontal, a qual ocorre principalmente nos limites da malha urbana (Sposito 2019; Barcella; Melazzo, 2022; Brambilla, 2024).

Nessa dinâmica, torna-se comum nessas cidades o surgimento de espaços residenciais fechados, os quais se inserem justamente nessa zona limítrofe entre a cidade e o campo, visando a produção do espaço urbano nessas áreas (Sposito, 2019). Lá, o capital incorporador possui vantagens econômicas, ao passo que pode se valer do aumento da renda das terras, que passam de rural para urbana (Barcella; Melazzo, 2022).

Assim, a partir dessa constante expansão da área urbana, gerando alterações nas características naturais das áreas ao entorno da cidade, há a propiciação de transformações nas dinâmicas climáticas locais. De maneira direta, a propagação desta lógica de produção do espaço também propaga problemas de ordem climática, os quais passam a vigorar na cidade média com cada vez maior intensidade.

A cidade média passa a ser um ambiente no qual é possível perceber, dadas as devidas proporções, a consolidação de formas urbanas que também se concretizam nas metrópoles,

porém de maneira muito mais intensa nestas. A cidade média apresenta, em menor grau, adensamento e verticalização, somada a uma expansão de áreas urbanizadas nos limites da malha urbana.

Não se afirma, aqui, que Presidente Prudente seja ou está em vias de tornar-se uma cidade global. Antes, a discussão atem-se ao fato de que, estando inserida na dinâmica de globalização, a qual tem efeitos diretos nas relações da rede urbana (Sposito, 2010), as cidades médias passam a apresentar processos de produção do espaço urbano por parte de agentes e atores que, em algum grau, são influenciados pelas lógicas globais de organização do espaço urbano. Assim, infere-se que exista uma expressão material desse permeação das lógicas globais no espaço da cidade média, em especial considerando-se as conformações morfológicas resultantes da edificação de determinadas áreas da cidade.

Reitera-se que o clima urbano (Monteiro, 2009) é, mesmo que indiretamente, um corolário da forma como a estruturação física da cidade ocorre. Uma vez que tal estruturação está intimamente relacionada com processos econômicos que perpassam a escala local, ela passa a ser realizada de forma pouco atenta às dinâmicas do ambiente físico-natural pelo qual ela se expande.

No contexto do trabalho realizado, uma das propostas centrais de análise foi justamente a comparação de padrões térmicos em dois tipos de edificação distintas: uma residência térrea, de baixa projeção vertical, e uma edificação com cinco pavimentos, representando, portanto, um padrão de adensamento e verticalização distinto.

A partir desse procedimento de análise, instiga-se uma investigação das implicações climáticas da materialização das lógicas de produção do espaço urbano que foram apresentadas. Evidentemente não é possível, dado o escopo do trabalho, o aprofundamento da compreensão da diversidade de ações dos agentes produtores do espaço urbano e os padrões morfológicos resultantes na materialização da cidade.

O que se pretende com essa exposição inicial é estabelecer um contexto que fomentará discussões e provocações posteriores, as quais inclusive apontam para possibilidades de demais pesquisas e contribuições. De toda forma, os resultados a serem apresentados poderão ser mais bem apreendidos a partir da conjuntura estabelecida com as discussões suscitadas nessa Seção I.

1.3 O Espaço Urbano de Presidente Prudente

Para finalizar a Seção I, é preciso tratar a respeito de algumas características gerais da cidade de estudo abordada pelo presente trabalho e traçar algumas considerações gerais acerca da produção do espaço urbano neste contexto.

Presidente Prudente se localiza no Oeste do Estado de São Paulo (Mapa 1) e se configura como uma cidade média, com 225.668 mil habitantes (IBGE, 2024). Essa definição de cidade média, a propósito, é estabelecida segundo a rede urbana definida para o território brasileiro, principalmente a partir da Região de Influência das Cidades (REGIC), estudo elaborado pelo Instituto Brasileiro de Geografia e Estatística (IBGE) em 2018.

Mapa 1 – Localização de Presidente Prudente



Fonte: Elaborado pelo autor (2024).

Na REGIC, a cidade de Presidente Prudente é caracterizada como uma “Capital Regional C”, exercendo uma influência mais direta na região do Oeste Paulista. Devido à essa influência, a cidade está inserida na hierarquia urbana como uma cidade média, a qual tem importância mais significativa para os municípios menores mais próximos.

Sendo assim, Presidente Prudente é um polo regional de serviços e comércios, além de oferecer acesso à serviços mais especializados, os quais não podem ser encontrados nas cidades menores no entorno, propiciando um deslocamento recorrente de indivíduos dessas áreas para a cidade média.

Cabe ressaltar que Presidente Prudente é uma cidade originária de um processo de expansão das linhas férreas por São Paulo, ainda durante o começo do século XX. No ápice do ciclo cafeeiro, quando as áreas de plantação se expandiam para o interior do país a partir do litoral, particularmente na região Sudeste, as instalações de linhas férreas tiveram um papel fundamental como meio de escoamento da produção das regiões interioranas (Cano, 1977).

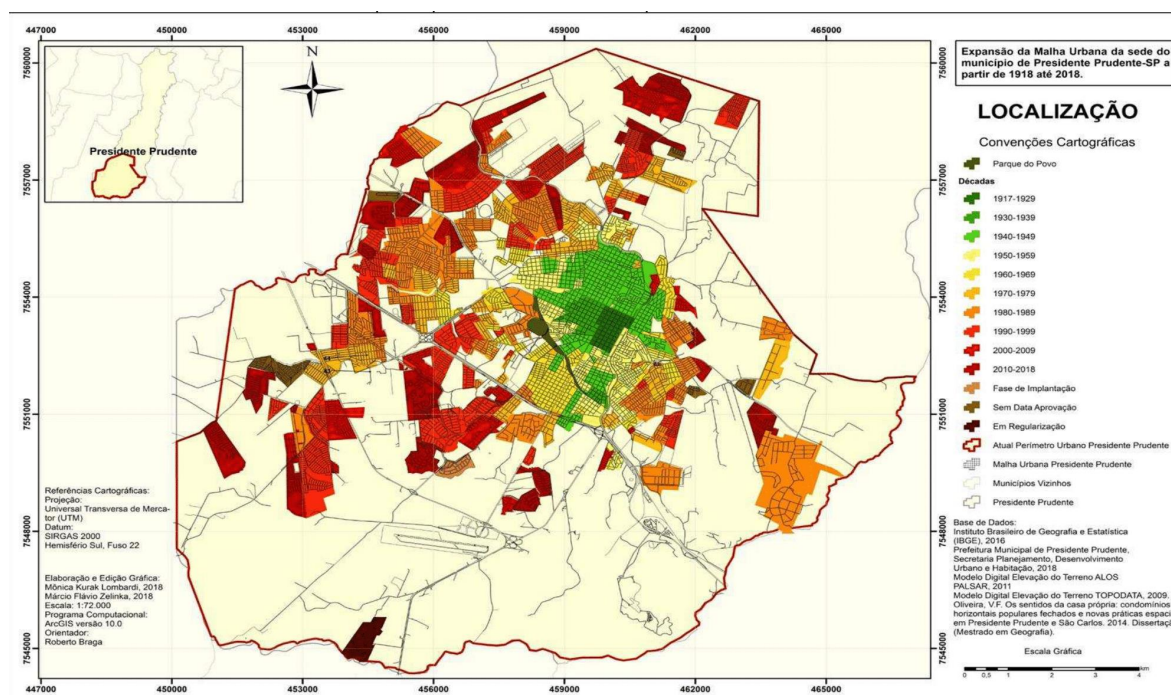
Assim, Presidente Prudente se consolidou como uma cidade de “ponta de trilhos”, conforme classifica Corrêa (2004). A cidade apresentava importância como ponto central de armazenamento e posterior transporte da produção agrícola das imediações. De fato, as áreas mais antigas da cidade ainda apresentam edificações como galpões e trechos de linhas férreas que eram utilizados no contexto daquele ciclo econômico.

Dessa forma, a cidade desenvolveu-se economicamente, justamente por estar inserida em uma estrutura produtiva que, em muito, foi responsável pela concentração de capital na região Sudeste do Brasil (Santos, 2005). Mesmo com o arrefecimento do ciclo do café, Presidente Prudente continuou se expandindo e o processo de urbanização, que na verdade se propagava por boa parte do interior paulista, continuou se consolidando.

Esse processo de urbanização, que perdurou por todo o século XX, é um exemplo claro de como a cidade – nesse caso Presidente Prudente, mas é verdade também para demais cidades do “circuito cafeeiro” de São Paulo – é resultado de um processo de produção do espaço que tem íntima relação com a perpetuação de uma determinada lógica econômica, a qual se vale da concentração espacial propiciada pelo espaço urbano.

De toda forma, passado o ciclo do café, outras culturas agrícolas e demais desenvolvimentos, em parte industriais, passaram a guiar a produção urbana de Presidente Prudente. O Mapa 2, elaborado por Kurak-Lombardi (2020), a qual estudou o processo de expansão urbana e fragilidade ambiental em Presidente Prudente, deixa em evidência essa perpetuação das diferentes áreas da cidade e os diferentes momentos associados a ocupação do solo pelas áreas urbanas.

Mapa 2 – Expansão urbana em Presidente Prudente (1917-2018)



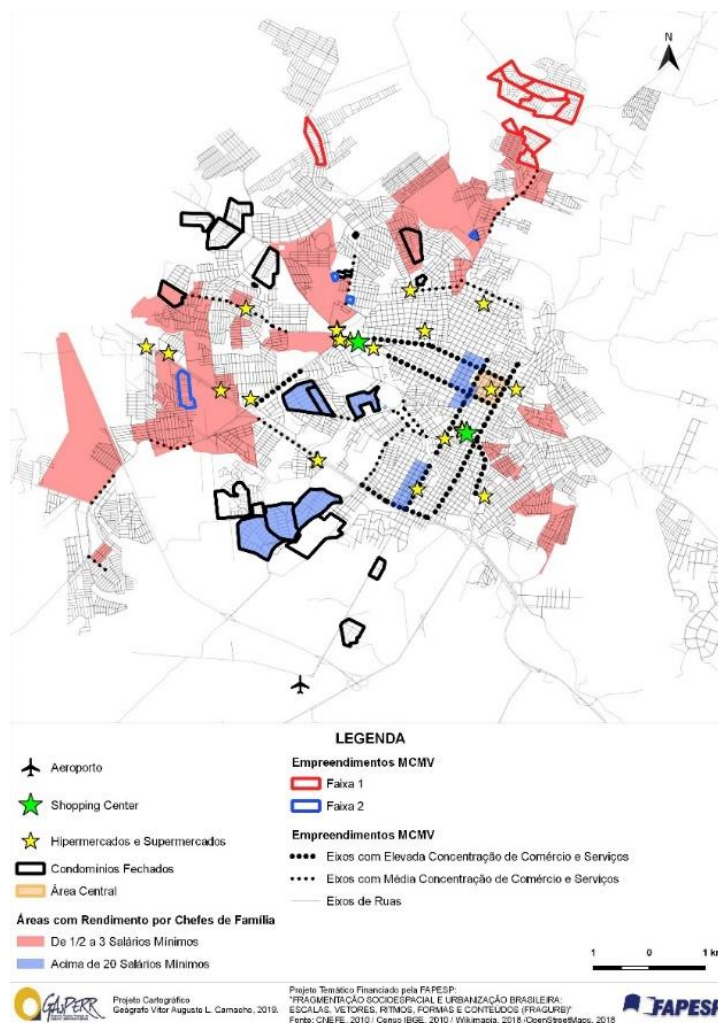
Fonte: Kurak-Lombardi (2020, p. 87).

Cabe destacar, ainda, o Mapa 3, elaborado no contexto de um estudo acerca das centralidades urbanas e diferenciação socioespacial (valendo-se de dados do Censo de 2010 realizado pelo IBGE) (Silva *et al.*, 2021), o qual diz respeito a uma representação cartográfica da cidade de Presidente Prudente na qual está em destaque uma divisão de diferentes setores representativos do tipo de ocupação do solo a partir da faixa de renda da população. Além disso, o mapa ressalta áreas de centralidade (com presença de *shopping centers*) e as principais vias com concentração comercial. Estão delimitados, igualmente, os condomínios fechados e as áreas de empreendimento do programa Minha Casa Minha Vida (MCMV).

O mapa é relevante, pois fornece um panorama geral dos eixos de ocupação da cidade a partir da faixa de renda da população, portanto, destacando as áreas de ocupação de grupos mais ricos e mais pobres. De modo geral, a parte centro-sul da cidade é marcada por uma população de classe média a alta. No sul, em particular, há uma concentração mais significativa de espaços residenciais fechados de alto padrão.

Nas demais zonas da cidade, especialmente nas áreas periféricas, na margem da malha urbana, se concentram uma população de classe econômica baixa. A presença de condomínios fechados ainda é perceptível, em particular na porção Noroeste da malha urbana.

Mapa 3 – Setores de Presidente Prudente por faixa de renda

Fonte: Silva *et al.*, 2021

Esse padrão de ocupação evidentemente acarreta padrões morfológicos específicos, uma vez que a capacidade econômica de os indivíduos produzirem o espaço urbano é atravessada por uma ampla desigualdade. De fato, a porção sul da cidade é produzida por indivíduos com renda 40 vezes maior, nos casos mais extremos, do que aqueles em áreas de menor renda.

As implicações morfológicas dessa disparidade serão expostas com mais clareza no tópico 4.5 da Seção IV. Por hora, cabe ressaltar que Presidente Prudente, assim como uma série de outras cidades médias brasileiras, é marcada por uma aguda diferenciação espacial. Consequentemente, a cidade é perpetuada de modo a reforçar essa condição, inclusive reproduzindo formas urbanas que propiciam a formação de um clima urbano adverso.

As Dinâmicas do Clima Urbano

2.1

A Cidade e suas Implicações Climáticas

2.2

Fundamentos Teóricos do Clima Urbano

Seção II – As Dinâmicas do Clima Urbano

Estabelecidas as discussões iniciais acerca do meio urbano, será dada atenção, agora, ao outro ponto de discussão de interesse para o trabalho desenvolvido. Assim, na Seção II serão expostas teorias, conceitos e pontos de análise do meio urbano pensado a partir das dinâmicas atmosféricas que lhes são inerentes.

Para tanto, será realizada, primeiramente, uma breve abordagem a respeito das morfologia urbana, pensando-a como uma interface entre os processos urbanos, apresentados na Seção I, e os climáticos. Sendo assim, toma-se a morfologia urbana, em um primeiro momento, como um ponto de partida da discussão almejada, entendendo aquela como uma base física de realização das atividades urbanas e as dinâmicas climáticas em nível local.

Posteriormente, será abordado o conceito de balanço energético local, o qual implica nas interações e dinâmicas físico-naturais que transcorrem no meio urbano e que o caracteriza com padrões térmicos particulares. Logo, compreender o balanço energético será imprescindível para a análise posterior da relação entre os aspectos térmicos e morfológicos que definem o ambiente urbano.

Em sequência, serão tratados de conceitos caros à climatologia urbana. Um primeiro ponto de interesse serão as zonas climáticas locais (LCZs), as quais dão base para a classificação das paisagens urbanas segundo uma perspectiva climática da cidade. As zonas climáticas, no contexto deste trabalho, foram adotadas como forma principal de representação morfológica dos pontos de monitoramento térmico.

Após isso, a investigação passa para as camadas atmosféricas urbanas. Conceituação realizada por Oke *et al.* (2017), a compreensão das diferentes camadas que compõem o ambiente urbano é essencial, considerando os dois níveis de investigação realizada no contexto do trabalho (superficial e atmosférico) e a preocupação com dois níveis altimétricos na camada do dossel urbano.

Em sequência, a preocupação volta-se para os diferentes tipos de ilha de calor urbanas. Mais uma vez o trabalho realizado por Oke *et al.* (2017) se destaca por apresentar uma base teórica fundamental para o entendimento de como tal fenômeno característico do clima urbano ocorre e é caracterizado por diferentes aspectos a partir das dinâmicas da atmosfera urbana e suas camadas.

Por fim, será exposta a perspectiva teórica-metodológica do Sistema Clima Urbano (SCU), proposta desenvolvida por Monteiro (2009) e que é de suma importância para a

compreensão da interação entre o espaço produzido pelos sujeitos e o clima resultante. O SCU, nesse sentido, possibilitará uma compreensão de como as dinâmicas climáticas condicionam e são condicionadas pela realização da vida nas cidades e, além disso, será relevante para o âmbito da percepção atrelada aos fenômenos climáticos, a partir do que Monteiro (2009) chama de “canais de percepção”.

2.1 A Cidade e suas Implicações Climáticas

2.1.1 A Interface entre o Meio Físico-Natural e a Morfologia Urbana

É relevante que ao discutir-se a interface entre a cidade e o clima dela resultante, se tenha em mente as diferentes morfologias que moldam os espaços urbanos. Diferentes arranjos das formas urbanas resultam em configurações formais particulares do ambiente construído, as quais possuem relação direta com a dinâmica atmosférica local. A geometria das formas, os materiais que as compõem e a justa ou sobreposição dos recintos resultam em espaços com dinâmicas de uso pelos indivíduos e influências térmicas variadas.

Compreender a morfologia urbana implica em uma compreensão mais abrangente a respeito das formas urbanas (Whitacker; Miyazaki, 2012). Sendo assim, há diversas possibilidades de análise da morfologia urbana, isto é, há diferentes caminhos pelos quais se pode traçar uma compreensão da relação entre as formas espaciais que compõem o ambiente urbano e os processos, sociais, mas também naturais, que influem na materialidade dos espaços, propiciando aspectos morfológicos particulares (Whitacker; Miyazaki, 2012).

Esse fato é de particular relevância para o estudo realizado, pois põe em evidência que os elementos que podem ser percebidos no espaço revela as bases de estruturação espacial da cidade. Com isso, torna-se possível estabelecer uma conexão mais clara entre as lógicas sociais, econômicas, políticas etc. que conduzem a produção do espaço urbano e como tais processos culminam em determinados tipos de modificações do meio físico-natural.

Além disso, fica em evidência a componente temporal inerente a todo processo de produção da cidade. Ter em mente essa temporalidade é fundamental, uma vez que revela uma dinâmica de constante transformação do espaço. Assim, configuram-se sucessões de alterações e interações com o ambiente físico, que o modificam ininterruptamente (Carlos, 1992). Tal processo fica evidente nas formas urbanas, as quais, consequentemente, criam ambientes marcados por uma combinação de diferentes tempos (Whitacker; Miyazaki, 2012).

Em suma:

As formas urbanas são figurativas de uma soma de tempos, nelas cristalizados. Ao se intentar recompor este tempo pelas formas deparamo-nos com um duplo desafio: depreender os processos em diferentes momentos de sua consecução e, ao mesmo tempo, apreender a dinâmica da própria produção do espaço urbano, forma e conteúdo. (Whitacker; Miyazaki, 2012, p. 324).

As formas urbanas, para além disso, também “[...] expressa[m] uma ideologia e uma expressão empiricizada [sic] de poder sobre a cidade” (Whitacker; Miyazaki, 2012, p. 312). O que se pretende reforçar aqui é a compreensão de que, para além de revelar as componentes sociais de produção do espaço, as formas urbanas e, tão logo, a morfologia urbana, também põem em evidência a interferência humana nos processos naturais, entre eles, o clima em escala local, ao passo que as modificações na materialidade do espaço ocorrem a partir de intenções dos indivíduos que produzem o espaço.

As formas urbanas, portanto, são uma ligação material entre a intencionalidade de criação do espaço por meios dos aparatos técnicos, científicos, econômicos etc. dos seres humanos e o aspecto pervasivo das leis naturais que regem o ambiente terrestre. Dentre essas dinâmicas naturais estão os processos climáticos, os quais são particularmente sensíveis às características físicas do ambiente.

Afirma-se, assim, que a cidade é constituída de uma vasta gama de configurações morfológicas, as quais se combinam e se sucedem no espaço e no tempo (Oliveira, 2020). Diferentes ambientes, gerados a partir de diferentes agentes, com distintas capacidades de alteração da materialidade, podem ser observados e percebidos no espaço urbano. Em uma mesma cidade, pode-se encontrar um bairro marcado por construções dispersas, com extensas áreas verdes e amplas vias de circulação, e uma outra área muito mais densa, com edificações de vários pavimentos inseridas em desertos florísticos.

Essa heterogeneidade de padrões formais é importante, pois ela revela que o ambiente urbano, antes de mais nada, é um espaço que condiciona uma escala bastante restrita do espaço a condições profundas de diversidade morfológica. A proximidade de ambientes com características tão diversas é, em partes, um dos motivos pelo qual a dinâmica climática das cidades é tão complexa (Oke *et al*, 2017).

No contexto de urbanização brasileira, essa grande diversidade morfológica dos ambientes urbanos tem certas particularidades, muito em decorrência do próprio processo de conformação histórica e urbana do país (Macedo, 1999). Como exposto na Seção I, as lógicas do mercado imobiliário em muito definem os processos de expansão e modificação do espaço

urbano. Sendo assim, a morfologia urbana é a expressão espacial dessas lógicas de mercado que permeiam a cidade.

Dessa feita, a cidade resultante é atravessada por uma série de problemas oriundos de um processo de expansão ou modificação que tem como principal objetivo a produção do espaço visando os interesses econômicos. As terras e os imóveis nelas construídos, ao se tornarem, primordialmente, bens de troca, passam a negligenciar a formulação de recintos que garantam um mínimo de equilíbrio ambiental.

Nucci (1998), ao propor uma metodologia de Planejamento da Paisagem, aponta para algumas dessas questões inerentes à produção de um espaço urbano com uma qualidade ambiental prejudicada. O autor destaca que a produção da cidade se pauta sobremaneira nas demandas que se tem sobre os espaços com um ponto de partida nas atividades humanas a serem realizadas nos locais. Pouca atenção é dada aos aspectos ambientais primordiais que já ditam a dinâmica física local, o que acarreta desbalanços, ou, no contexto do estudo do autor, em piora na qualidade ambiental, o que gera, consequentemente, uma piora na qualidade de vida dos cidadãos.

O estudo realizado por Nucci (1998) é de considerável interesse porque traz à tona como a morfologia urbana pode ser entendida como uma condicionadora dos processos físico-naturais próprios do espaço e como é possível identificar as inadequações do conjunto de formas urbanas às dinâmicas do ambiente natural modificado.

Em síntese, a morfologia, entendida aqui como base para análise dos processos urbanos, revela uma confluência de duas dinâmicas inerentes ao espaço urbano. Por um lado, a produção do espaço pelas ações dos diferentes agentes e grupos que ocupam a cidade. Por outro, as alterações das dinâmicas físicas, propiciadas pelo estabelecimento de um ambiente artificial. O âmbito da morfologia da cidade, portanto, é o plano material que revela a simultaneidade espacial das intervenções antrópicas e das dinâmicas intrínsecas à natureza.

Porém, para que se tenha a devida compreensão das implicações dessa combinação de fatores, é preciso que sejam explicitados alguns dos conceitos primordiais que regem o sistema térmico dos ambientes. Tais conceitos visam expor, em especial, o balanço energético ao qual os ambientes estão submetidos.

2.1.2 Aspectos Energéticos e Térmicos do Ambiente Urbano

Definir os fluxos de energia e calor inerentes ao ambiente urbano é essencial para permitir uma análise mais eficiente dos processos naturais que são basilares para o estudo do clima nas cidades.

Particularmente para o ambiente urbano, a interação entre os elementos construídos e as dinâmicas térmicas são estabelecidas pelo balanço energético local, o qual relaciona os diferentes fluxos de calor com a geometria e composição material do ambiente.

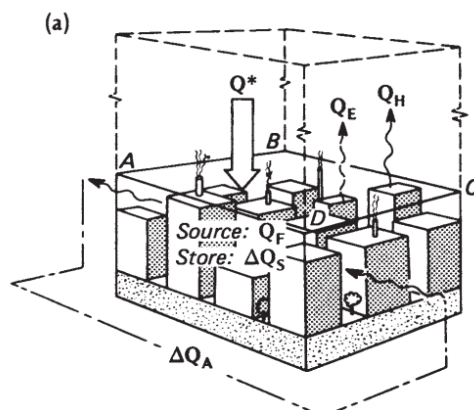
De modo geral, o balanço energético de uma determinada área pode ser dado a partir do momento em que se estabelecem as fontes primárias de energia que subsidiam a dinâmica energética local. Em ampla escala, pode-se afirmar que o sol é a fonte primária de energia para toda a superfície terrestre. A radiação ultravioleta oriunda da nossa estrela fornece calor para o ambiente terrestre, propiciando a vida tal qual a conhecemos.

Porém, é necessário ressaltar que essa entrada de energia no sistema terrestre não ocorre de maneira homogênea. O próprio ciclo diurno-noturno implica em diferentes níveis de energia que incidem sobre parcelas do terreno (Oke et al., 2017). Somado a isso, elementos como a posição latitudinal de determinada área do planeta e as características geomorfológicas da área significam mais ou menos entrada de energia solar. A sazonalidade também tem implicações na quantidade de luz solar que chega aos hemisférios terrestres durante o ano.

Para a cidade, esse balanço energético é ainda mais complexo, visto a profunda heterogeneidade, justaposição e sobreposição de construções de diferentes materiais que compõem o ambiente urbano (Oke et al., 2017). A compreensão do clima urbano perpassa tais aspectos, uma vez que os padrões térmicos e higrométricos têm relação direta com as maneiras com que a energia flui por determinada área.

Oke (1987) apresenta uma representação sucinta acerca de um balanço energético geral que ocorre em uma determinada parcela do ambiente urbano (Figura 2). Na ilustração, destacam-se alguns elementos importantes para a compreensão dos fluxos de energia que se estabelecem em relação à superfície urbanizada e a atmosfera local.

Figura 2 – Modelo esquemático do balanço de energia em um ambiente urbanizado



Fonte: Oke (1987, p. 275).

O primeiro termo a ser explanado é Q^* , o qual representa o total líquido de energia originária do sol. Esse total líquido é dado pelo que resta de energia, em $W.m^{-2}$, após as absorções e reflexões ocasionadas pelas partículas presentes na atmosfera. Assim, pode-se definir uma Equação 1 geral:

$$Q^* = (K_{\downarrow} - K_{\uparrow}) + (L_{\downarrow} - L_{\uparrow}) \quad (1)$$

Onde $K_{\downarrow}$ é a radiação de ondas curtas total incidente que é absorvida pelas partículas/superfícies, $K_{\uparrow}$ é a radiação de ondas curtas refletida pelas partículas/superfícies, $L_{\downarrow}$ são as ondas longas absorvidas pelas partículas/superfícies e $L_{\uparrow}$ são as ondas longas emitidas pelas partículas/superfícies.

Logo, é possível afirmar que a principal fonte de energia que adentra um sistema é determinada pelo balanço dessas entradas e saídas de radiação incidente e/ou emitida. Porém, Q^* , o total de energia líquida disponível, é alterada por outros dois fluxos principais de calor. São eles o fluxo de calor sensível (Q_H) e o fluxo de calor latente (Q_E).

Q_H é definido como a parcela do ar aquecida de forma a gerar turbilhões que se propagam verticalmente pela atmosfera, ocasionando micro variações de temperatura conforme a parcela de ar se propaga a partir da superfície (Wallace; Hobbs, 2006). O calor sensível, portanto, pode ser definido como uma adição ou subtração de energia de um objeto/superfície gerando um aumento ou diminuição de temperatura correspondente (Oke, 1987).

Q_E , por sua vez, é um aquecimento que se dá associado à transformação do estado físico da matéria da componente de água no sistema. Assim, a inserção de calor em um objeto/superfície causando a evaporação das moléculas de água lá presente faz com que a

energia utilizada não seja percebida “sensivelmente” (aumento de temperatura), estando, portanto, latente.

Uma vez que parte do calor que flui por determinado elemento é utilizada no processo de vaporização (ou fusão, no caso de água em estado sólido), a energia que propicia tal processo de mudança do estado físico não aquece diretamente o corpo do material. Sendo assim, o calor latente não ocasiona alteração da temperatura. Antes, a energia utilizada na transformação fica armazenada nas partículas e, caso haja um retorno ao estado físico anterior, há liberação da energia (Oke, 1987).

Outro fluxo de calor importante, porém não representado na Figura 2, é Q_G , o fluxo de calor para a subsuperfície. Esse fluxo ocorre pela condução térmica da energia absorvida pela superfície. Dessa forma, parte da energia inserida no ambiente é armazenada em diferentes profundidades do terreno.

A Figura 2 também expõe um fluxo de calor relevante, associado à dinâmica de movimentação local da atmosfera pela força dos ventos. Tal é ΔQ_A , o qual é o calor inserido/removido pela advecção causada pelo fluxo de vento horizontal no ambiente. Esse elemento de análise é importante pois considera o efeito das áreas ao redor no local de análise, uma vez que o vento perpassa esses diferentes locais.

Dentre esses fluxos de calor, há um que se difere quanto a sua origem. Tal é Q_F , o qual diz respeito ao calor de origem antrópica. Esse fluxo de calor é bastante relevante para a análise realizada, uma vez que o ambiente urbano, especialmente os mais adensados ou com grande fluxo de veículos, apresentam Q_F considerável.

Com isso, tem-se, finalmente, ΔQ_S , o total de energia em estoque na parcela do ambiente analisada. A combinação dos fluxos de calor subtraídos dos processos de retirada de calor resulta no estoque de energia. A variação desse estoque de energia é o que define os padrões de aquecimento ou resfriamento da área.

Assim, chega-se à Equação 2 (Oke, 1987, p. 274), a qual descreve o balanço energético do ambiente urbano:

$$Q^* + Q_F = Q_H + Q_E + \Delta Q_S + \Delta Q_A \quad (2)$$

Onde Q^* é o total líquido de energia solar, Q_F é o calor antropogênico, Q_H é o calor sensível, Q_E é o calor latente, ΔQ_S é o estoque de energia em determinada parcela do ambiente e ΔQ_A é o fluxo de calor por advecção.

Considerando o balanço de energia, é relevante também que se tenha em mente as propriedades físicas dos materiais que compõem o ambiente construído, dentre elas uma das mais relevantes é a admitância térmica. Esta diz respeito à inércia térmica dos corpos, ou seja, a capacidade destes de receber, armazenar e emitir calor, em outras palavras, de resistir a mudanças de temperatura. É expressa por $\text{J.m}^{-2}.\text{s}^{-1/2}.\text{K}^{-1}$ (Oke *et al.*, 2017).

Porém, a fim de se compreender a admitância térmica, é preciso, inicialmente, definir outros três conceitos que a influenciam diretamente. São eles a capacidade térmica, a condutividade térmica e a difusividade térmica.

O primeiro diz respeito à capacidade de determinado material de reter calor e quanto dessa quantidade de energia térmica é necessária para que haja o aumento da temperatura do material. A capacidade térmica tem relação com o calor específico do material, que por sua vez, indica a quantidade de calor necessária para aumentar em 1°C um grama do material em questão. Assim, a capacidade térmica expressa a relação entre a densidade do material e o calor específico dele (Oke *et al.*, 2017). A capacidade térmica é uma medida volumétrica, expressa por $\text{J.m}^{-3}.\text{K}^{-1}$.

O segundo conceito indica a competência de determinado material de propagar um fluxo de calor em um determinado gradiente de temperatura. Em outras palavras, materiais com baixa condutividade térmica transmitem pouco calor em um determinado intervalo de temperatura, enquanto materiais com alta condutividade transferem grande quantidade de calor (Oke *et al.*, 2017). A condutividade térmica é uma medida linear, expressa por $\text{W.m}^{-1}.\text{K}^{-1}$.

Finalmente, a difusividade térmica implica na velocidade de propagação de calor por determinado material. A difusividade tem relação com a densidade do material e com a capacidade térmica específica do mesmo. Em suma, a difusividade indica o tempo necessário para que mudanças na temperatura do corpo se propaguem superficialmente (Oke *et al.*, 2017). Logo, a difusividade térmica é uma medida superficial, expressa por $\text{m}^2.\text{s}^{-1}$.

Com esses conceitos em mente, é possível pensar a admitância térmica como uma medida que expõe uma interface entre dois meios. Ao relacionar os demais conceitos supracitados, a admitância elucida as trocas de calor do ambiente a partir dos aspectos térmicos das superfícies. De modo geral, quanto menor (maior) a admitância térmica, maior (menor) a amplitude térmica do corpo, visto sua baixa (alta) capacidade de reter calor.

A Tabela 1 destaca alguns valores para diferentes materiais dos aspectos térmicos discutidos.

Tabela 1 – Características térmicas de alguns materiais comuns do ambiente urbano

Material	State	Heat capacity C ($\text{MJ m}^{-3} \text{K}^{-1}$)	Thermal conductivity k ($\text{W m}^{-1} \text{K}^{-1}$)	Thermal diffusivity κ ($\text{m}^2 \text{s}^{-1} \times 10^{-6}$)	Thermal admittance μ_s ($\text{J m}^{-2} \text{s}^{-1/2} \text{K}^{-1}$)
Natural materials (rural and undeveloped urban sites)					
Sandy soil (40% porosity)	Dry	1.28	0.3	0.24	620
	Saturated	2.96	2.2	0.74	2,550
Clay soil (40% porosity)	Dry	1.42	0.25	0.18	600
	Saturated	3.10	1.58	0.51	2,210
Peat soil (80% porosity)	Dry	0.58	0.06	0.10	190
	Saturated	4.02	0.5	0.12	1,420
Snow	Fresh	0.21	0.08	0.10	130
	Old	0.84	0.42	0.40	595
Ice	0°C, pure	1.93	2.24	1.16	2,080
Water ¹	4°C, still	4.18	0.57	0.14	1,545
Air ¹	10°C, still	0.0012	0.025	21.5	5
	Turbulent	0.0012	~125	~10 × 10 ⁶	390
Construction and building materials in dry state (built sites)					
Asphalt road	Range	1.92–2.10	0.74–1.40	0.38–1.04	1,205–1,960
	Typical	1.94	0.75	0.38	1,205
Concrete	Aerated	0.28	0.08	0.29	150
	Dense	2.11	1.51	0.72	1,785
Stone	Typical	2.25	2.19	0.97	2,220
Brick	Typical	1.37	0.83	0.61	1,065
Adobe		1.50	0.57	0.38	922
Clay tiles		1.77	0.84	0.47	1,220
Stone ballast	40% void	1.30	0.86	0.66	1,058
Wood	Light	0.45	0.09	0.20	200
	Dense	1.52	0.19	0.13	535
Steel		3.93	53.3	13.6	14,475
Glass		1.66	0.74	0.44	1,110
Plaster	Gypsum	1.40	0.46	0.33	795
Gypsum board	Typical	1.49	0.27	0.18	635
Insulation	Polystyrene	0.02	0.03	1.50	25
	Cork	0.29	0.05	0.17	120

Fonte: Oke *et al.* (2017, p. 169).

Apesar da densidade de informações apresentadas, justifica-se tal exposição ao passo que permitem o entendimento das respostas térmicas esperadas dadas as diferentes condições climáticas que incidem sobre a cidade. Assim, torna-se possível inferir diferentes cenários microclimáticos ao relacionar-se os aspectos térmicos dos materiais – em suma, sua taxa de aquecimento e capacidade de armazenar calor – com a sucessão de diferentes tipos de tempo (Sorre, 1951) em determinada localidade.

Logo, conhecer os fluxos de energia inerentes aos corpos que compõem o ambiente permite, de fato, a elucidação dos processos que formam as ICUs e, com o devido conjunto de informações, a identificação da magnitude (García, 1996) do fenômeno e as possíveis causas para os diferentes padrões térmicos em cada localidade.

2.2 Fundamentos Teóricos do Clima Urbano

2.2.1 As Zonas Climáticas Locais

A fim de se estabelecer uma metodologia de análise dos microclimas que se formam no ambiente urbano de maneira mais detalhada e apropriada, Stewart e Oke (2009b) propuseram as “*Thermal Climate Zones*”, posteriormente chamadas de “*Local Climate Zones*” (Stewart; Oke, 2009b), as quais visam justamente categorizar parcelas do ambiente urbano a partir de suas características morfológicas, de ocupação da terra e dos materiais construtivos que influenciam diretamente no padrão térmico nessas diferentes escalas locais da cidade.

Stewart e Oke (2009a, p. 1) definem que as LCZs “[...] são locais na escala horizontal [...] e representam regiões climáticas homogêneas”.

Assim, levando em conta a grande heterogeneidade de paisagens das cidades contemporâneas, as LCZs permitem uma melhor compreensão não apenas dos processos microclimáticos, mas também da dinâmica de formação das ICUs, levando em conta recortes do espaço urbano que visam explicitar as características do ambiente que possam influenciar diretamente nas dinâmicas climáticas locais.

Desse modo, Stewart e Oke (2009b) definem que as LCZs devem ser delimitadas com base em quatro critérios:

- “acessibilidade”, ou seja, devem ser classificados de maneira “universal” e com em uma escala “gerenciável” (Stewart; Oke, 2009b, p. 2, tradução nossa);
- devem ser “objetivas”, apresentando elementos “testáveis” e “mensuráveis” que estejam diretamente relacionados às características térmicas do local de estudo (Stewart; Oke, 2009b, p. 2, tradução nossa);
- precisam apresentar “inclusividade”, não incorporando elementos particulares ou singulares que prejudiquem o teor geral das classes (Stewart; Oke, 2009b, p. 2, tradução nossa);
- e as classes devem ser “padronizadas”, a fim de que se mantenha a equivalência dos locais de análise (Stewart; Oke, 2009b, p. 2, tradução nossa).

As LCZs são, portanto, definidas em quatro grupos que representam diferentes formas de ocupação do solo que é possível de serem encontradas no entorno e nos ambientes urbanos. São eles o grupo “*City*” (cidade), que representam parcelas do território ocupadas majoritariamente por elementos urbanos de origem antrópica (Stewart; Oke, 2009b). Outro grupo é o “*Agricultural*” (rural), representando áreas modificadas para atenderem a produção

agropastoril (Stewart; Oke, 2009b). Também há o grupo “*Natural*” (natural), no qual se encontram as classes do ambiente que são muito pouco ou não são ocupadas por construções urbanas e nem usadas para fins de produção rural (Stewart; Oke, 2009b). E, finalmente, o grupo “*Mixed*” (misto), no qual há uma mistura de elementos construídos e áreas agrícolas ou naturais (Stewart; Oke, 2009b).

Dentro de cada um desses grupos, em uma escala ainda mais detalhada, se configuram as LCZs propriamente ditas. Cada classe é definida tendo como referência seis parâmetros térmicos e geométricos que influenciam diretamente na dinâmica climática do local (Stewart; Oke, 2009b).

O primeiro, a altura dos elementos de rugosidade do terreno, ou seja, as construções ou materiais que causam algum tipo de interferência no fluxo de ar e calor da camada atmosférica (Stewart; Oke, 2009b).

O segundo, a porção de solo permeável e impermeável (Stewart; Oke, 2009b).

O terceiro, o fator de visão do céu (“*sky view factor*”, ou, Ψ), que determina a entrada e saída da energia solar e da energia que emana dos materiais (Stewart; Oke, 2009b).

O quarto, a admissão térmica, que determina o fluxo de energia nos diferentes materiais construtivos e no solo (Stewart; Oke, 2009b).

O quinto, o albedo (α), que diz respeito a quantidade de calor absorvido ou refletido por diferentes objetos.

Finalmente, o sexto, o fluxo de calor antropogênico (Q_F), o qual define a quantidade de calor adicionado ao ambiente devido às atividades humanas (Stewart; Oke, 2009b).

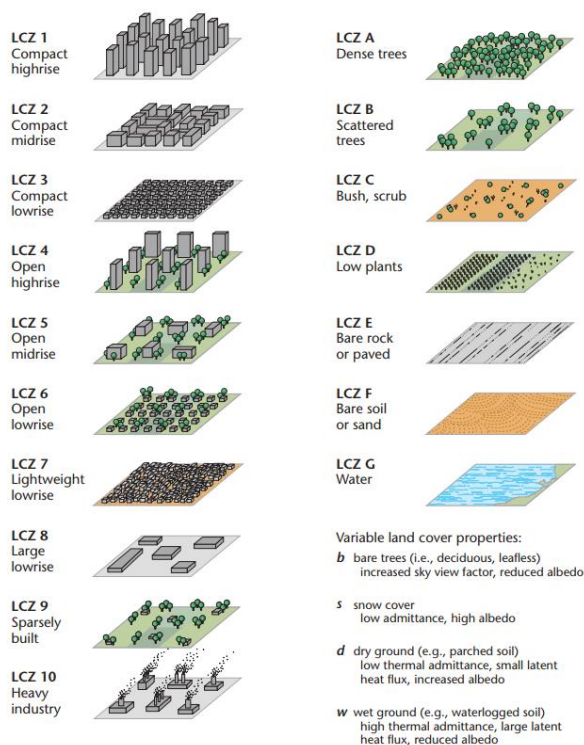
Oke *et al.* (2017) destacam também que as LCZs apresentam uma função de representação mais aguçada da realidade climática de determinadas porções da cidade e de seu entorno. A geometria do local, juntamente com os materiais construtivos que o moldam, ditam os fluxos de energia que implicam diretamente na forma como o clima se manifesta em escalas locais. Oke *et al.* (2017, p. 25) ainda apontam que:

Esse esquema é mais adequado para estudos e projetos climáticos urbanos do que classes de uso da terra (e.g. comercial, industrial, residencial) os quais são elaborados para expressarem a função urbano ao invés das propriedades físicas do local que controla suas respostas climáticas. (*tradução nossa*).

Sendo assim, Oke *et al.* (2017) determinam 17 classes de LCZs distintas (Figura 3), abrangendo esses aspectos morfológicos e ambientais que implicam na formação de diferentes

microclimas. Na Figura 4 estão expostos alguns valores gerais dos aspectos referentes às LCZs da área urbana.

Figura 3 – Classes de Local Climate Zones.



Fonte: Oke *et al.* (2017, p. 26).

Figura 4 – Parâmetros de definição das LCZs

Local Climate Zone	Building plan fraction ⁽¹⁾ , λ_b (%)	Impervious plan fraction ⁽²⁾ , λ_i (%)	Canyon aspect ratio ⁽³⁾ , $\lambda_c = H/W$	Sky view factor, ψ_{sky}	Mean height of roughness elements, z_H (m)	Thermal admittance ⁽⁴⁾ of system, μ ($J m^{-2} s^{-1/2} K^{-1}$)	Anthropogenic heat flux density ⁽⁵⁾ , Q_F ($W m^{-2}$)
LCZ 1 Compact high-rise	40–60	40–60	> 2	0.2–0.4	> 25	1,500–1,800	50–300
LCZ 2 Compact midrise	40–70	30–50	0.75–2	0.3–0.6	10–25	1,500–2,200	< 75
LCZ 3 Compact lowrise	40–70	20–50	0.75–1.5	0.2–0.6	3–10	1,200–1,800	< 75
LCZ 4 Open high-rise	20–40	30–40	0.75–1.25	0.5–0.7	> 25	1,400–1,800	< 50
LCZ 5 Open midrise	20–40	30–50	0.3–0.75	0.5–0.8	10–25	1,400–2,000	< 25
LCZ 6 Open lowrise	20–40	20–50	0.3–0.75	0.6–0.9	3–10	1,200–1,800	< 25
LCZ 7 Lightweight lowrise	60–90	< 20	1–2	0.2–0.5	2–4	800–1,500	< 35
LCZ 8 Large lowrise	30–50	40–50	0.1–0.3	> 0.7	3–10	1,200–1,800	< 50
LCZ 9 Sparsely built	10–20	< 20	0.1–0.25	> 0.8	3–10	1,000–1,800	< 10
LCZ 10 Heavy industry	20–30	20–40	0.2–0.5	0.6–0.9	5–15	1,000–2,500	> 300

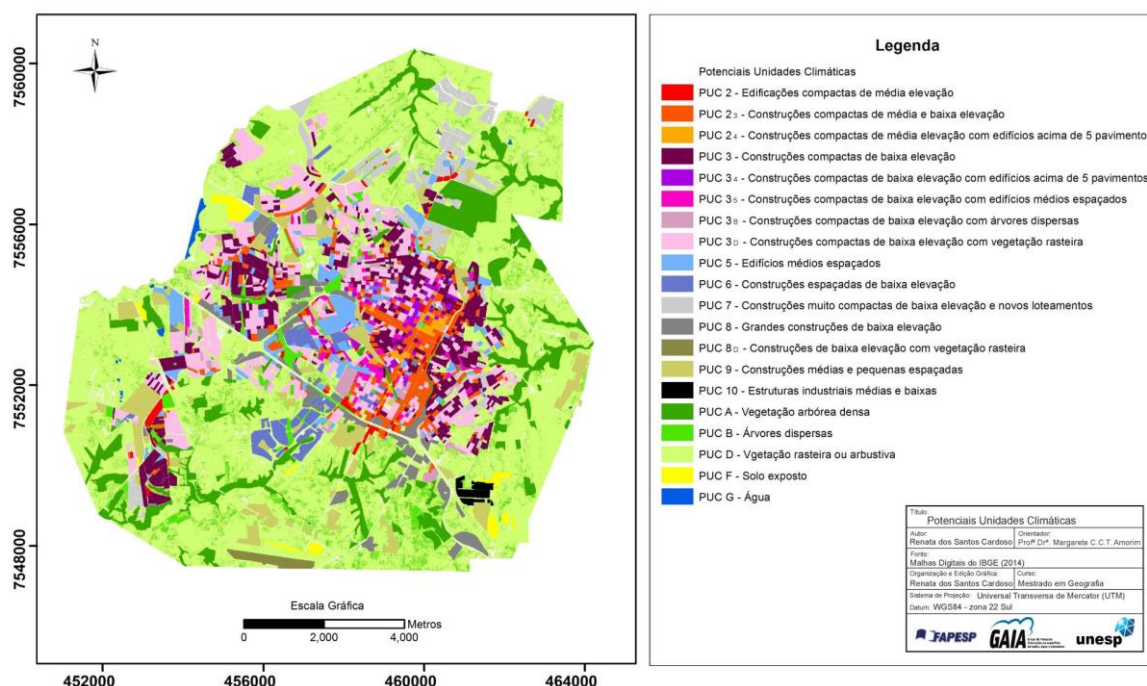
Fonte: Oke *et al.* (2017, p. 27).

Para a pesquisa desenvolvida, a classificação do ambiente urbano em LCZ se mostrou bastante adequada uma vez que permite melhor definir o padrão das ilhas de calor formadas em função das condições construtivas e térmicas do local de estudo. A designação de uma LCZ para a área estudada é de grande auxílio considerando a cidade de estudo, a qual é marcada por diferentes formas de organização do espaço e, desse modo, apresenta configurações construtivas variadas, as quais impactam diretamente nos aspectos climáticos locais (Lemoine-Rodríguez *et al.*, 2022). Stewart e Oke (2009b) também vão destacar que o uso desse método de classificação evita uma simplificação exagerada entre urbano e rural, como se ambos se apresentassem de maneiras homogêneas.

Para Presidente Prudente, Cardoso (2015) propunha as “Potenciais Unidades Climáticas” (PUC), incorporando alguns dos parâmetros de classificação estabelecidos para as LCZs. As PUCs foram relevantes para auxiliar na classificação das LCZs dos ambientes analisados.

Cardoso identificou as PUCs a partir de dois procedimentos centrais: interpretação de imagens de satélite (GeoEye-1) a fim de relacionar visualmente diferentes porções do ambiente urbano com as diferentes LCZs e o uso do Índice de Vegetação por Diferença Normalizada (NDVI), utilizado para melhor identificação do ambiente rural (Cardoso, 2015). Com isso, a autora chegou a um mapa da cidade de Presidente Prudente composto por 20 PUCs (Mapa 4).

Mapa 4 – “Potenciais Unidades Climáticas” da região da malha urbana de Presidente Prudente



Fonte: Cardoso (2015, p. 107).

2.2.2 As Camadas da Atmosfera Urbana

Para que se compreenda os tipos de ilhas de calor que se formam no ambiente urbano, primeiro é necessário que se faça uma análise das camadas que compõem a atmosfera da cidade. Esta, por sua vez, representa uma parcela da atmosfera planetária, a qual se estende por diferentes tipos de superfícies e ambientes.

De modo geral, a atmosfera terrestre é composta por diferentes camadas, nas quais as dinâmicas climáticas ocorrem. A porção mais próxima à superfície é a Troposfera, a qual se estende desde o solo até cerca de 10 km de altura, com certas variações nessa altura a depender do local no planeta (Wallace; Hobbs, 2006).

No intervalo da Troposfera, ocorrem os principais fenômenos atmosféricos: desde os padrões de convecção locais até a circulação geral da atmosfera em escalas sinóticas. Por se tratar de uma camada instável (ar mais aquecido sob o ar mais frio), há uma dinâmica que se estabelece a partir dos gradientes de calor no perfil vertical da Troposfera (Wallace; Hobbs, 2006).

Porém, no âmbito dos estudos locais, em particular para a consideração dos efeitos do ambiente urbano no clima local, considera-se uma parcela limitada da Troposfera, a qual é chamada de camada limite atmosférica, ou simplesmente camada limite urbana (*“urban boundary layer”*) (Oke, 1987; Wallace; Hobbs, 2006; Oke *et al.*, 2017). Ela é definida a partir dos mecanismos térmicos que atuam próximos à superfície terrestre, em especial o padrão de turbulência assumido por uma parcela de ar que sofre convecção.

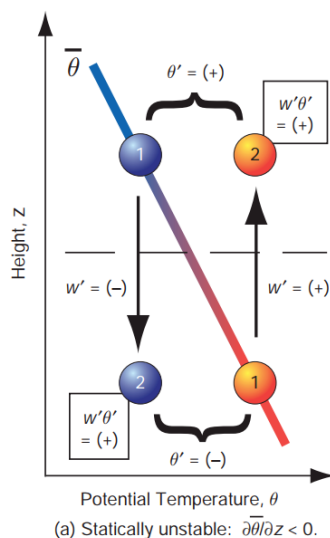
A turbulência pode ser de caráter térmico ou mecânico (Wallace; Hobbs, 2006). No caso, térmico pois o ar mais quente, menos denso e com tendência ascendente, gera um efeito de empuxo que ocasiona o deslocamento do ar mais aquecido próximo à superfície para maiores alturas. Esse deslocamento tem aspecto turbulento e gera turbilhões (*“eddies”*) os quais geram a propagação de calor para porções do ar mais distantes da superfície (Wallace; Hobbs, 2006).

No outro caso, o mecânico, a turbulência é resultado da rugosidade do terreno, ou seja, dos elementos materiais que compõem a feição da superfície e que causa efeitos diretos na forma como o ar se desloca, tanto no sentido vertical, quanto no horizontal (Wallace; Hobbs, 2006).

Assumindo uma dinâmica instável (ar mais quente sob o ar mais frio), estabelece-se um fluxo de calor ascendente que leva o calor da superfície terrestre para maiores alturas, sendo

caracterizado como um processo de convecção (Figura 5). É a partir dessa convecção que se define a camada limite.

Figura 5 – Esquema de convecção de uma parcela de ar em uma configuração instável



Fonte: Wallace; Hobbs (2006, p 382).

Conforme o ar aquecido ascende e perde energia para o meio, ele é resfriado e a umidade nele retida tende a condensar. A condensação da umidade propicia a formação de nuvens, as quais mantêm uma tendência de ascensão e desenvolvimento, contanto que haja uma força de empuxo que favoreça tal processo (Wallace; Hobbs, 2006).

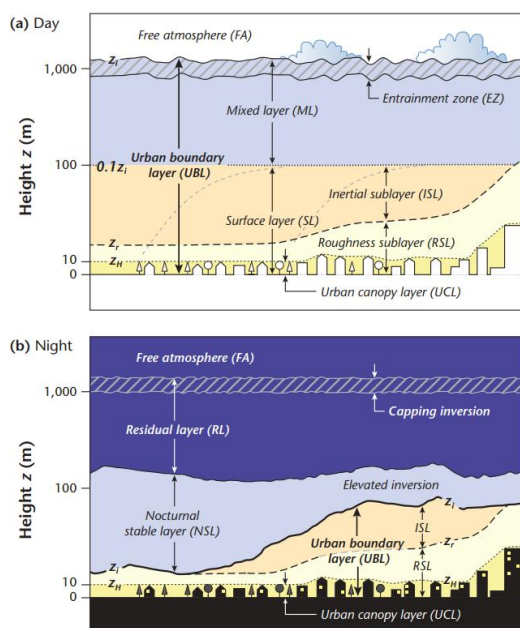
Contudo, ao passo que essa condensação ocorre, há liberação de calor para o meio, fazendo com que haja aquecimento do ar. Esse processo gera uma inversão térmica em altitude, essa faixa de inversão térmica é chamada de “*capping inversion*” (inversão de limite) e ela separa a camada limite da atmosfera livre, mais acima. Essa, por sua vez, é uma outra parcela da Troposfera e que não sofre efeito direto das características da superfície (Wallace; Hobbs, 2006).

Essa estrutura atmosférica faz com que parte do ar fique retido na porção mais baixa da Troposfera, gerando, assim, a camada limite atmosférica.

Todavia, levando em consideração a complexidade e heterogeneidade do ambiente artificialmente construído da cidade, essa camada limite sofre alterações significativas. Desse modo, para o clima urbano, a camada limite atmosférica possui certas particularidades que conferem a ela uma dinâmica diferente de outras áreas do planeta.

Para representar essa particularidade da atmosfera urbana, Oke *et al.* (2017) trazem uma representação generalizada dessa camada limite no contexto urbano (Figura 6).

Figura 6 – Diferentes camadas da atmosfera urbana

Fonte: Oke *et al.* (2017, p. 31).

A Figura 6 põe em evidência alguns elementos importantes acerca da camada limite. Primeiro, ela em si é composta por demais subcamadas que dizem respeito às interações entre a atmosfera local e as formas urbanas. Segundo, ela possui um ritmo diário que implica em diferentes configurações.

Quanto às camadas atmosféricas que compõem essa conjuntura, destacam-se: a camada do dossel urbano (“*urban canopy layer*” – UCL), que abrange a superfície até a altura média das construções; a subcamada de rugosidade (“*roughness sublayer*” – RSL), imediatamente acima da UCL e que diz respeito aos efeitos da rugosidade do terreno que afetam diretamente o ar acima dele; e a subcamada inerte (“*inertial sublayer*” – ISL), na qual os efeitos da superfície começam a se perder, ou seja a turbulência mecânica é mais branda (Oke *et al.*, 2017).

Essas subcamadas compõem a camada limite urbana (“*Urban Boundary Layer*” – UBL). Acima dela, há outras três camadas. A camada de mistura (“*mixed layer*” – ML), onde as características atmosféricas tendem a serem padronizadas devido à turbulência térmica; a zona de arrasto (“*entrainment zone*” – EZ), a qual representa a faixa de inversão térmica, que separa a camada limite urbana da atmosfera livre acima (“*free atmosphere*” – FA) (Oke *et al.*, 2017).

Quanto às transformações do ritmo diário da camada limite urbana, ressalta-se a formação de uma camada estável noturna (“*nocturnal stable layer*” – NCL). Essa configuração estável ocorre devido ao resfriamento relativo da superfície em relação ao período diurno.

Conforme o ar se resfria próximo à superfície, o processo turbulento de convecção é limitado, criando uma condição de certa estabilidade (Oke *et al.*, 2017).

É nessa estrutura atmosférica induzida pelos aspectos do ambiente urbano que ocorre o fenômeno da ICU. Porém, o principal ponto a se levar em consideração quanto a isso é que o fenômeno também se diferencia de acordo com as particularidades das diferentes camadas da atmosfera urbana ressaltadas. É isso que será abordado a seguir.

2.2.3 Os Tipos de Ilha de Calor Urbanas

A definição mais geral de ilha de calor urbana (ICU) é dada como a diferença de temperatura entre o ambiente urbano, mais quente, e o rural em seu entorno (Oke; Maxwell, 1975). Porém, Oke *et al.* (2017), vão destacar quatro tipos do fenômeno, cada qual apontando para essa diferença de temperatura em distintos níveis atmosféricos (Figura 6).

Assim, os autores evidenciam a ilha de calor da atmosfera inferior ou do dossel (ICU_{DSL}), a qual abrange a camada atmosférica da superfície até a altura média dos edifícios (*canopy*) de uma determinada localidade (LCZ) comparada com a mesma compartimentação no ambiente rural (Oke *et al.*, 2017).

A ilha de calor da atmosfera superior ou da camada limite urbana (ICU_{CLU}), por sua vez, abrange do topo da altura média dos edifícios até o topo da camada atmosférica limite do ambiente urbano (*boundary layer*) em comparação com a mesma região atmosférica no ambiente rural próximo (Oke *et al.*, 2017).

A ilha de calor superficial (ICU_{Sup}) aponta para a temperatura dos alvos, ou seja, a diferença de temperatura das diferentes superfícies no ambiente urbano em relação ao rural no entorno (Oke *et al.*, 2017).

Por fim, a ilha de calor subsuperficial (ICU_{Sub}) ressalta a diferença de temperatura perceptível entre o subsolo das cidades e essa mesma camada do terreno no ambiente rural (Oke *et al.*, 2017).

Essa distinção entre os diferentes tipos de ICUs é particularmente relevante a fim de trazer uma melhor compreensão das dinâmicas de aquecimento do ambiente urbano, além de também ser de grande auxílio para medidas de mitigação dos efeitos das ICUs, uma vez que a forma urbana, em especial com a verticalização do ambiente urbano, pode causar transformações em níveis distintos da atmosfera urbana (Nugroho *et al.*, 2022).

Assim, como as LCZs, uma melhor e mais precisa definição do fenômeno das ilhas de calor permite um estudo mais bem direcionado e eficiente para o entendimento do ambiente

urbano, com suas complexidades morfológicas e de dinâmicas humanas, e seu impacto no microclima local.

Conforme será aprofundado posteriormente, Monteiro (2009), ao elaborar uma interpretação sistêmica da dinâmica climática do ambiente urbano, corrobora também essa percepção do clima urbano como uma interação de diferentes processos que condicionam e são condicionados por elementos tanto naturais, quanto originados pela ação humana.

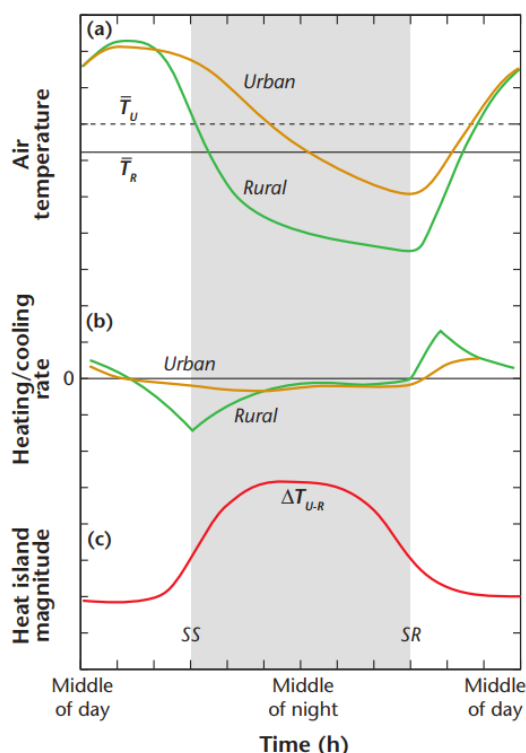
Para a pesquisa realizada, dois dos quatro tipos de ICUs foram abordadas, a saber, a ICU_{DSL} e a ICU_{Sup} . Para o primeiro tipo de ICU, ela se manifesta próximo à superfície urbana (abaixo da altura média das construções (Oke *et al.*, 2017) e, portanto, está intrinsecamente conectada às características dessa porção do ambiente urbano. A arquitetura e material construtivo dos edifícios, o plano urbano, a presença ou ausência de áreas verdes e corpos d'água, o fluxo de veículos e presença de processos produtivos que liberam calor e gases são alguns dos elementos que influenciam o microclima da atmosfera inferior da cidade (Oke *et al.*, 2017).

Além disso, a ICU_{DSL} possui maior intensidade em condições sinóticas de calmaria e tempo aberto, ou seja, pouca cobertura de nuvens e ventos fracos. Isso porque nessas condições a diferença de temperatura do ar entre o ambiente urbano e rural (ΔT) é intensificada, visto a maior incidência de radiação solar e uma menor mistura de massas de ar devido aos ventos mais fracos (Oke *et al.*, 2017).

Nessa mesma lógica, é durante a noite quando é possível observar as maiores intensidades desse tipo de ilha de calor urbana, uma vez que o ambiente rural se resfria de maneira muito mais rápida do que o ambiente urbano, o qual retém o calor devido as características construtivas e geométricas que lhe são próprias (Oke *et al.*, 2017) (Figura 7).

As condições sinóticas e do solo também representam um fator de relevância para a análise do processo de formação das ICUs (Oke *et al.*, 2017). O ambiente rural, devido às características que lhe são inerentes, possui uma maior capacidade de absorção da água, fator que altera não só a resposta térmica do solo, mas também provoca mudanças nas características da vegetação (Oke *et al.*, 2017). Ambos esses fatores geram cenários distintos no ambiente rural, o que impacta diretamente na dinâmica da ICU_{DSL} .

Figura 7 – Variação da temperatura do ar, razão de aquecimento/resfriamento e magnitude da ICUDSL no ambiente rural e urbano em diferentes períodos do dia



Fonte: Oke *et al.* (2017, p. 217).

Outras condições atmosféricas, como velocidade do vento e cobertura de nuvens, também representam fatores de variação da ocorrência da ICU na atmosfera inferior, conforme expõem Oke *et al.* (2017). Os autores apontam que, usualmente, dias com velocidades do vento mais intensas tendem a atenuar a intensidade da ICU, isso porque o fluxo do ar gera uma mistura das diferentes porções da atmosfera, tanto em nível horizontal, quanto vertical.

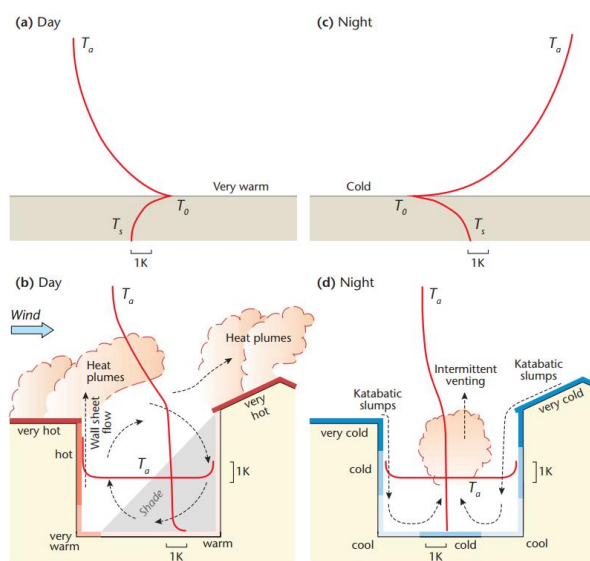
Ademais, o formato da ICU também é alterado quando a força do vento é maior, tomando um aspecto mais de pluma, ao invés de um domo. Já a cobertura de nuvens altera diretamente no “[...] fluxo de ondas curtas e longas” (Oke *et al.*, 2017, p. 219, *tradução nossa*); ou seja, na incidência direta dos raios solares e na irradiação térmica dos objetos expostos à luz solar.

Sendo assim, é evidente que a variabilidade e ritmo atmosférico (Sant’Anna Neto, 2013) interferem diretamente no fenômeno das ICUs. A chegada de frentes, a mudança de estações do ano, a atuação de processos atmosféricos como a Oscilação Sul (ENOS) e a La Niña, representam alterações das condições do tempo em uma escala mais ampla, que acarretam transformações das circunstâncias de formação e da intensidade da ICU_{DSL}.

O surgimento da ICU_{DSL} em si se dá justamente devido ao padrão de aquecimento e resfriamento diferenciado entre o ambiente urbano e o rural. A geometria de ambas as localidades, somado aos materiais que as compõem, criam um cenário propício para o surgimento de microclimas específicos, mesmo sob condições sinóticas semelhantes.

Logo, durante o ritmo diário de fluxo de energia solar, o aquecimento da cidade se dá de maneira mais lenta (devido a arquitetura, materiais construtivos e os efeitos de sombreamento), assim como se resfria de modo semelhante. Desse modo, durante a noite a diferença de temperatura em relação ao ambiente rural próximo fica bastante explícita, uma vez que lá o resfriamento é, comumente, mais rápido devido a um maior fator de visão do céu, ao comportamento térmico da matéria orgânica e à maior probabilidade de resfriamento por fluxo de energia latente (Oke *et al.*, 2017). Oke *et al.* (2017) propõem um esquema para representar essas diferentes dinâmicas térmicas durante o dia, representado na Figura 8.

Figura 8 – Dinâmica térmica da superfície e da atmosfera inferior durante o dia (“a” e “b”) e a noite (“c” e “d”) no ambiente rural (“a” e “c”) e urbano (“b” e “d”)



Fonte: Oke *et al.* (2017, p. 225).

Além da ICU_{DSL} , também é importante compreender alguns aspectos mais fundamentais da ICU_{Sup} , a qual possui relação direta com o outro tipo e que também impacta profundamente a dinâmica climática do ambiente urbano. A observação da ICU_{Sup} é feita, primordialmente, a partir de plataformas remotas capazes de obter uma visão afastada da malha urbana, propiciando uma leitura completa tanto do ambiente urbano quanto do rural no entorno. De modo geral, a aferição das temperaturas superficiais da cidade, consequentemente da ICU_{Sup} , é feita por meio

de imagens de satélite, capazes de trazerem leituras de temperatura a partir da propagação de ondas eletromagnéticas infravermelhas (Meneses *et al.*, 2012).

Porém, Oke *et al.* (2017) ressaltam que a obtenção de dados a partir desse método implica em limitações quanto às superfícies de fato observadas. Os autores apontam que um ângulo de visão “*nadir*” (ou seja, em 90°) não permite a aferição de temperaturas de superfícies verticais, como paredes. Os autores destacam que a “soma e obtenção da média de uma miríade de fachadas na interface ar-superfície resulta na temperatura da superfície completa ($T_{0,C}$) [...]” (p. 206, *tradução nossa*). Sendo assim, a observação da ICU_{Sup} é atrelada a fatores geométricos que limitam a sua compreensão integral, além das limitações sinóticas (presença de nuvens) e temporais (resolução temporal do satélite).

Assim como a ICU_{DSL} , a ICU_{Sup} também é diretamente influenciada pelas condições meteorológicas de cada período. Assim sendo, eventos de precipitação e ampla cobertura de nuvem geram alterações na intensidade e própria formação da ICU_{Sup} (Oke *et al.*, 2017). A incidência da radiação solar é particularmente relevante para esse tipo de ICU, uma vez que o aquecimento dos materiais se dá, em sua maior parte, devido a capacidade de absorção, armazenamento e reflectância de calor oriundo da radiação solar (Oke *et al.*, 2017).

A formação da ICU_{Sup} é resultado do aquecimento mais intenso dos materiais construtivos da cidade em relação a vegetação comumente encontrada no ambiente rural próximo. Conforme apontam Oke *et al.* (2017), os telhados tendem a serem a superfície que mais se aquece durante o dia, devido à alta exposição à radiação solar incidente; esse maior aquecimento dos telhados também representa um fluxo de calor sensível que permeia o ar imediatamente acima desta camada urbana.

Por outro lado, os autores destacam que durante a noite os telhados se resfriam mais, pela mesma razão pela qual também se aquecem de maneira mais rápida: um maior fator de visão do céu. Sendo assim, as paredes e o chão da camada urbana inferior tendem a se manter mais aquecidas do que os telhados.

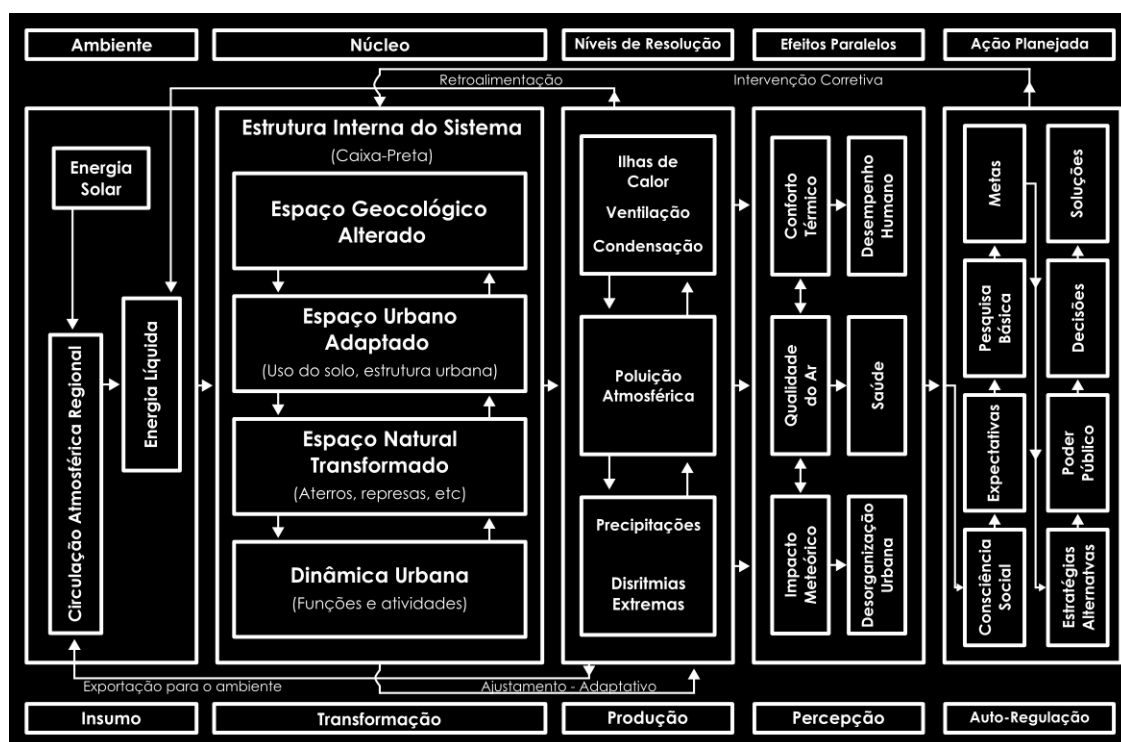
De modo geral, a temperatura da superfície rural é mais amena, uma vez que a maior quantidade de água no sistema vegetativo tende a gerar uma perda de calor por evapotranspiração, evitando um aquecimento direto da superfície (Taha, 1997). Logo, é bastante propícia a formação da ICU_{Sup} durante o dia, quando a superfície local, conquanto que esteja desobstruída, recebe a maior quantidade de radiação de onda longa. Ademais, as próprias características térmicas do ambiente natural vegetado também promovem temperaturas menores se comparadas à cidade.

2.2.4 O Sistema Clima Urbano

Monteiro (2009) desenvolveu uma proposta teórica-metodológica análise do clima no ambiente urbano levando em consideração tal meio como um sistema de interação de matéria e energia. Assim, ele propôs o Sistema Clima Urbano (SCU), o qual é caracterizado por trazer uma leitura do espaço urbano enquanto um ambiente com diferentes núcleos de interação entre os processos naturais (climáticos) e os de origem humana (Figura 9).

O SCU é particularmente relevante para fornecer um panorama de análise amplo da forma como a cidade interage com as condicionantes naturais, promovendo o estabelecimento de um ambiente que é constantemente transformado pelas próprias dinâmicas da natureza, as quais, por sua vez, também são alteradas.

Figura 9 – Diagrama do SCU



Fonte: Adaptado de Monteiro (2009, p. 45).

Por se tratar de uma análise sistêmica, o SCU implica na interação de diferentes fluxos de energia e matéria, os quais geram cenários particulares do clima urbano. As principais entradas de energia (os “insumos”) provêm do ambiente natural, em especial da luz solar, que, de forma geral, rege os padrões de aquecimento da superfície terrestre, o que permite a existência de uma dinâmica atmosférica.

Frente a essa inserção de energia, o ambiente urbano modificado pela ação humana provoca diferentes respostas. É no “núcleo” do sistema onde as características inerentes às cidades são determinantes para a produção de um clima essencialmente urbano. Assim, diferentes processos passam a vigorar no ambiente urbano, em particular referentes aos aspectos de temperatura, qualidade do ar e padrões de precipitação. Nesse sentido, Monteiro (2009) define três subsistemas distintos e interconectados que dizem respeito justamente a essas distintas interações com a atmosfera urbana.

É evidente que essas interações entre a dinâmica atmosférica e o ambiente urbano resultam em impactos diretos ou indiretos na população que ocupa e produz a cidade. De forma mais direta, os impactos podem se dar na própria saúde e qualidade de vida dos cidadãos. Porém, os efeitos também podem se manifestar na morfologia da cidade e até mesmo nas formas de organização e produção do espaço urbano. Sendo assim, entender o clima urbano enquanto um sistema de interações amplas e contínuas é bastante relevante, uma vez que permite tomar ciência tanto dos processos naturais, quanto daqueles antrópicos, mas, especialmente, da interação de ambos e as implicações para o ambiente habitado.

O SCU é subdividido em subsistemas (Figura 10), os quais visam representar com maior detalhe as diferentes formas com que os processos naturais interagem com a cidade. Logo, Monteiro (2009) define três subsistemas de análise, a saber, o termodinâmico, o físico-químico e o hidrometeorológico. Cada qual também é caracterizado por um “canal de percepção”, ou seja, os meios pelos quais os efeitos dos subsistemas são percebidos pelos indivíduos.

O subsistema termodinâmico diz respeito ao fluxo de calor que se dá no ambiente urbano, isto é, a entrada de energia solar na cidade e as interações dela com a geometria e materiais construtivos característicos do espaço urbano. Deste modo, o subsistema termodinâmico é marcado pela entrada de energia de uma fonte externa (o sol) e por subsequentes transformações que ocorrem no ambiente urbano.

A principal forma de percepção desse subsistema é o conforto térmico, o qual representa a capacidade de determinados ambientes fornecerem uma sensação térmica agradável a partir das condições atmosféricas e morfológicas do local. Devido à arquitetura e materiais construtivos típicos das cidades, o conforto térmico pode ser bastante prejudicado, em especial quando comparada as temperaturas de centros urbanos mais densos com áreas com menor densidade construtiva e mais vegetação.

Figura 10 – Caracterização dos subsistemas do SCU e seus respectivos canais de percepção

Subsistemas Canais Caracterização	I Termodinâmico Conforto térmico	II Físico-Químico Poluição atmosférica	III Hidrometeorológico Impacto meteorológico
Fonte	Atmosfera Radiação circulação horizontal	Atividade urbana Veículos auto-motores Indústrias obras-Limpa	Atmosfera estados especiais (desvios rítmicos)
Trânsito no sistema	Intercâmbio de operador e operando	De operando ao operador	Do operador ao operando
Mecanismo de ação	Transformação no sistema	Difusão através do sistema	Concentração no sistema
Projeção	Interação Núcleo Ambiente	Do núcleo ao ambiente	Do ambiente ao núcleo
Desenvolvimento	Contínuo (permanente)	Contínuo (renovável)	Episódio (eventual)
Observação	Meteorológica especial (T. de campo)	Sanitária e meteorológica especial	Meteorológica hidrológica (T. de campo)
Correlações disciplinares e tecnológicas	Bioclimatologia Arquitetura Urbanismo	Engenharia sanitária	Engenharia sanitária e infraestrutura urbana
Produtos	"Ilha de Calor" Ventilação Aumento de precipitação	Poluição do ar	Ataques à integridade urbana
Efeitos diretos	Desconforto e redução do desempenho humano	Problemas sanitários Doenças respiratórias, oftalmológicas etc.	Problemas de circulação e comunicação urbana
Reciclagem adaptativa	Controle do uso do solo Tecnologia de conforto habitacional	Vigilância e controle dos agentes de poluição	Aperfeiçoamento da infraestrutura urbana e regularização fluvial. Uso do solo
Responsabilidade	Natureza e Homem	Homem	Natureza

Fonte: Adaptado de Monteiro (2009, p. 46).

Outra forma de análise do subsistema termodinâmico são as próprias alterações do microclima local que decorrem da concentração de calor nos núcleos urbanos. Monteiro (2009) chama a atenção para alterações nos padrões de circulação do ar e até mesmo nos padrões de precipitação. Ademais, o autor também destaca a ocorrência do fenômeno das ilhas de calor urbanas, já discutidas no item anterior.

O subsistema físico-químico, por sua vez, traz à tona os materiais particulados e poluentes que se concentram na atmosfera urbana, em especial devido às atividades e meios de transporte praticados nas cidades. Diferentemente do subsistema termodinâmico, no físico-químico o fluxo ocorre do núcleo (a cidade) para o ambiente, ou seja, as fontes de materiais particulados e poluentes diversos provêm dos processos realizados na cidade.

Desse modo, o subsistema físico-químico implica diretamente na qualidade do ar e seus impactos na saúde da população urbana. Centros urbanos com maior quantidade de atividades poluentes provocam uma piora na qualidade do ar, não apenas por lançarem maior carga de partículas na atmosfera, mas também por propiciarem uma grande concentração desses materiais. Isso porque a geometria urbana, somada aos padrões de circulação do ar (os quais são impactados pelo aquecimento diferencial da cidade, como já comentado anteriormente),

fazem com que as partículas poluidoras permaneçam por mais tempo na atmosfera urbana, degradando continuamente a qualidade do ar.

Finalmente, o subsistema hidrometeorológico representa as diferentes configurações atmosféricas que provocam episódios extremos, sejam de precipitação, tempestades, ventanias etc. Esses episódios extremos se dão não apenas devido às características da morfologia urbana, - que por vezes favorece alagamentos e demais situações de concentração de grande quantidade de água em áreas urbanas ocupadas - mas também pelos padrões e dinâmicas atmosféricas em maiores escalas.

É relevante salientar que cada um desses subsistemas evidencia processos climáticos que causam impactos diretos e indiretos na população e nas próprias infraestruturas do meio urbano, fazendo com que os governos locais tomem certas medidas (hora mais, hora menos eficientes) para mitigar ou evitar tais impactos. Assim, o planejamento urbano e a produção do espaço urbano têm íntimas conexões com cada um dos subsistemas e com o próprio Sistema Clima Urbano.

Logo, o SCU caracteriza-se por ser uma base teórica e metodológica relevante, ao passo que não apenas denota as interfaces intrínsecas entre o ambiente artificial – a cidade construída por meios técnicos – e o natural, em particular o clima, mas também define parâmetros para uma análise compartimentada, embora interligada, das diferentes dinâmicas que podem ser percebidas sensivelmente pelos indivíduos.

Materiais e Procedimentos Metodológicos

3.1

Localização
dos Sensores

3.2

A Análise Rítmica
e os Tipos
de Tempo

3.3

As Tabelas
Dinâmicas e
a Intensidade
das ICUs

3.4

Plataformas
de Satélite e
Informações da
Superfície

3.5

Representação
Gráfica dos
Resultados

3.6

Procedimentos
de Análise
Morfológica

Seção III – Materiais e Procedimentos Metodológicos

Inicialmente os procedimentos tomados foram de revisão bibliográfica, a fim de tomar contato com as bases teóricas e conceituais indispensáveis para a realização do estudo. Assim, para o estabelecimento das primeiras análises acerca da produção do espaço urbano, foram realizadas pesquisas bibliográficas que trouxeram à tona a temática com um enfoque na compreensão dos processos de surgimento de uma forma de ocupação do espaço por meio das cidades, em particular no contexto da organização capitalista da sociedade, e como essa dinâmica se estabeleceu no contexto de análise.

Posteriormente, a revisão bibliográfica teve um enfoque na interface nas alterações do ambiente local pelas modificações causadas por essa produção do espaço urbano, com foco nas alterações da dinâmica climática. Finalmente, foram consultadas obras que versam a respeito das dinâmicas climáticas urbanas propriamente ditas e como diferentes fenômenos, como as ICUs, se configuram no ambiente da cidade.

Quanto aos procedimentos tomados para o estudo *in loco* proposto pelo projeto, tendo em vista seus recortes temporais e das áreas de análise, aprofundou-se na ICU_{Sup} e na ICU_{DSL}, como os dois tipos principais de ICUs e o subsistema termodinâmico como o de maior interesse para a compreensão da dinâmica sistêmica do clima da cidade.

Desse modo, a pesquisa valeu-se de três sensores (modelo HOBO Data Logger U23-00X com abrigo meteorológico RS3) que registraram dados de temperatura do ar em quatro meses diferentes do ano de 2024, sendo dois sensores instalados em uma LCZ urbana e o terceiro em uma LCZ rural em Presidente Prudente (SP). Para a análise das temperaturas da superfície utilizou-se imagens de satélite (modelos Landsat-8 e Landsat-9) da *National Aeronautics and Space Administration* (NASA), fornecidas gratuitamente através do sítio eletrônico do Serviço Geológico dos Estados Unidos¹.

Para os sensores na LCZ urbana, houve uma distância vertical de cerca de 15 metros e linear de cerca de 170 metros. Esse distanciamento da superfície visou justamente compreender o padrão de temperatura próximo ao limite da camada do dossel urbano. Enquanto a proximidade linear entre os dois pontos procurou limitar as influências de demais variações

¹ Disponível no site: <https://earthexplorer.usgs.gov/>

espaciais no microclima (variações do terreno, das tipologias urbanas, de proximidade com áreas mais ou menos vegetadas etc.), procurando ao máximo expor as diferenciações causadas pela divergência de alturas.

O estudo foi conduzido no período de um ano, sendo que para análise propriamente dita foram definidos quatro meses representativos de cada estação do ano. Deste modo, foram trabalhados dados de janeiro (verão), maio (outono), julho (inverno) e outubro (primavera). Para cada um desses meses foram coletados dados horários para os trinta e um dias de cada ponto de estudo. Somado a isso, também foram aplicados diferentes procedimentos de análise, os quais serão elucidados posteriormente.

Para a definição da LCZ da área de estudo foram utilizadas imagens de satélite, visitas em campo aos locais, trabalhos anteriores que versaram acerca do tópico (em especial aquele realizado por Cardoso (2015), conforme citado na Seção II) e imagens registradas pela ferramenta *Google Street View*®.

Tais medidas foram tomadas visto que a identificação das zonas climáticas locais requer uma observação direta da geometria e morfologia dos ambientes estudados, sendo necessário, portanto, que se tenha informações visuais que tragam à tona tais elementos.

Na presente pesquisa desenvolvida, optou-se por uma sintetização das classes propostas por Cardoso (2015) a fim de simplificar e melhor generalizar os pontos de interesse, evitando um excesso de detalhamento, o qual poderia trazer confusão ou variáveis indesejadas acerca da dinâmica do clima urbano na escalada que se pretendeu estudar. Além disso, uma maior simplificação das classes vai ao encontro do que é inicialmente proposto por Stewart e Oke (2009b). Logo, as PUCs propostas por Cardoso (2015) serviram de auxílio para a classificação adotada, porém não foram incorporadas em sua plenitude.

Assim, foram tomadas imagens de satélite (a partir do *software Google Earth Pro*®) e imagens da paisagem local (com imagens oferecidas pela ferramenta digital *Google Maps*®) a partir das quais foram feitas descrições gerais do ambiente, a fim de se ter uma percepção mais abrangente das áreas de estudo e seus entornos. Além disso, foram realizados trabalhos de campo nas áreas para observação *in loco*. Dessa forma, foi possível a realização da identificação da LCZ de maneira mais precisa.

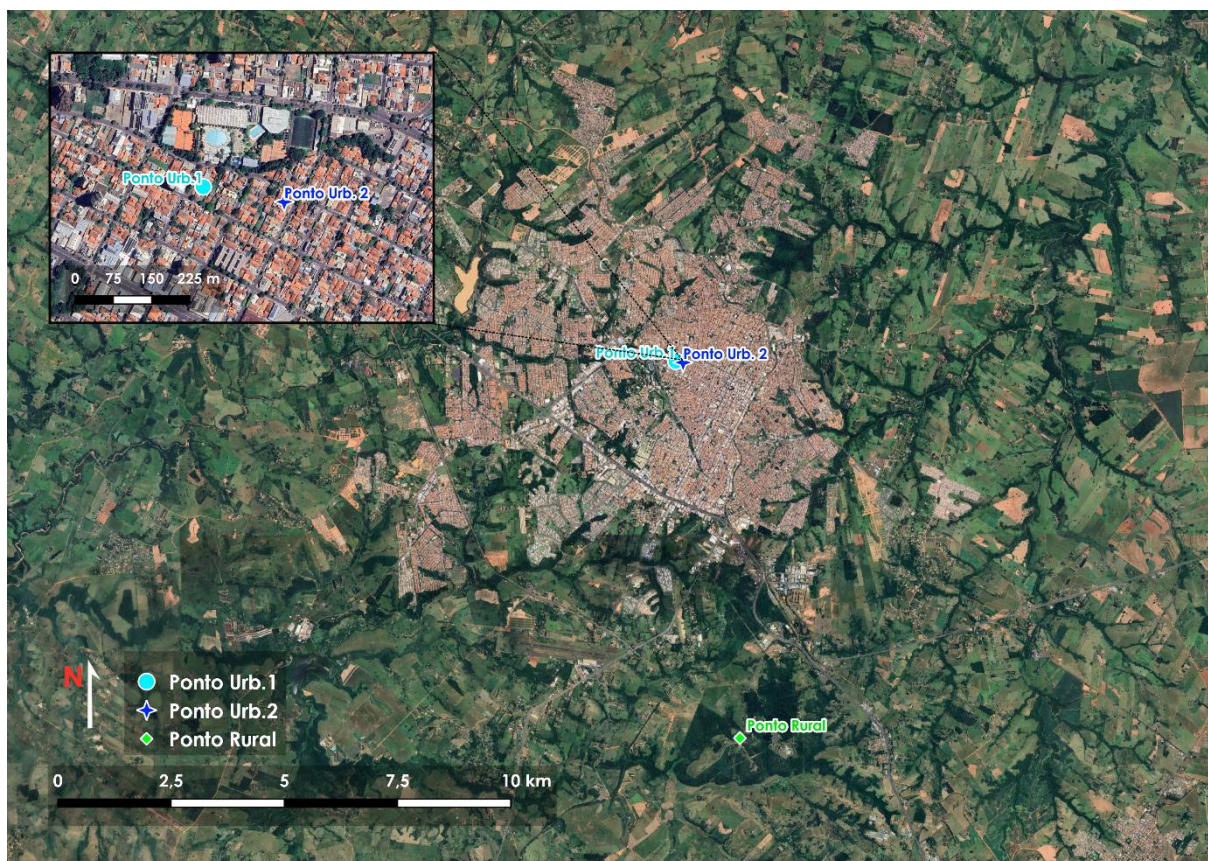
Contudo, é necessário destacar que esta classificação se deu a partir das características morfológicas dos ambientes monitorados. A classificação de uma LCZ exige uma série de procedimentos e equipamentos que fogem ao escopo do estudo realizado. Nesse sentido, o

trabalho de Cardoso (2015) foi bastante importante como uma base a partir da qual foram tecidas as conclusões para a classificação da LCZ no presente trabalho.

3.1 Localização dos Sensores

O Mapa 5 mostra a posição dos sensores na malha urbana de Presidente Prudente.

Mapa 5 – Posição dos sensores na malha urbana de Presidente Prudente



Fonte: Elaborado pelo autor (2024).

A fim de indicar cada um desses sensores foram estipuladas nomenclaturas como referencial. Assim, o “Ponto Urb. 1” representa o sensor instalado no topo da construção, a cerca de 15 metros da superfície. O “Ponto Urb. 2” representa o sensor instalado, mais próximo da superfície (Figuras 11 e 12). Já o “Ponto Rural” (Figura 13) diz respeito ao sensor localizado na margem da malha urbana da cidade, mais próximo do ambiente não urbanizado.

Figura 11 – Ponto Urb. 1, a cerca de 15 metros de altura



Fonte: Registro pessoal (2024).

Figura 12 – Ponto Urb. 2, na altura do telhado de uma casa térrea



Fonte: Registro pessoal (2024).

Figura 13 – Ponto Rural



Fonte: Registro pessoal (2025).

3.2 A Análise Rítmica e os Tipos de Tempo

A análise rítmica é um procedimento de compreensão das dinâmicas sinóticas em certa localidade em determinado período e vale-se de diferentes informações atmosféricas que visam trazer à tona as diferentes configurações da atmosfera em uma sequência diária. O procedimento de análise foi primeiramente proposto por Monteiro (1971), o qual afirmou que:

[...] o ritmo climático só poderá ser compreendido através da representação concomitante dos elementos fundamentais do clima em unidades de tempo cronológico pelo menos diárias, compatíveis com a representação da circulação atmosférica regional, geradora dos estados atmosféricos que se sucedem e constituem o fundamento do ritmo. (p. 9).

Dessa forma, a análise rítmica é um procedimento de relevante eficiência para o entendimento da sequência de tipos de tempo que se deram em determinado período para uma área de interesse. Logo, é indispensável que haja a disponibilidade de dados e informações climáticas que permitam a realização de tal análise.

Para a presente pesquisa a análise rítmica foi elaborada levando em conta três conjuntos de dados principais, a saber, imagens de satélite, cartas sinóticas e dados climáticos como temperatura do ar, umidade relativa do ar, pressão atmosférica, entre outros. A seguir, cada uma dessas fontes de informação serão detalhadas.

As imagens de satélite utilizadas foram obtidas por meio da Divisão de Satélites e Sistemas Ambientais (DSA) do Centro de Previsão de Tempo e Estudos Climáticos – Instituto Nacional de Pesquisas Espaciais (CPTEC-INPE)². A plataforma de satélite utilizada é a GOES-16, da qual valeu-se do canal 13 (banda infravermelha com captação de luz no intervalo de 10,35 μm) para a obtenção das imagens. Elas foram coletadas para cada um dos dias de cada mês estudado.

O principal objetivo de se utilizar essas informações foi de poder observar a formação e propagação de diferentes sistemas atmosféricos em escala regional. As informações em infravermelho permitem a visualização de frontogêneses e frontólises, consolidação de frentes estacionárias, bloqueios atmosféricos, zonas de instabilidades e demais dinâmicas atmosféricas em escala regional que geram impactos diretos no local de estudo.

² Disponível no site: <https://satelite.cptec.inpe.br/acervo/goes16.formulario.logic>.

Para auxiliar na compreensão desses processos também foram utilizadas as informações das cartas sinóticas. Cartas sinóticas são definidas como representações cartográficas de zonas de pressão atmosférica ao nível da superfície. Além disso, as cartas destacam alguns sistemas atmosféricos, como frentes frias, quentes, estacionárias etc.

Para o presente trabalho as cartas sinóticas foram utilizadas como apoio da interpretação da situação da atmosfera nos dias estudados. Os produtos cartográficos foram obtidos por meio do Centro de Hidrografia da Marinha (CHM) da Marinha do Brasil³, a qual produz cartas sinóticas para as 0 e 12 horas UTC, sendo utilizadas estas para a análise na pesquisa em questão. Tais cartas abrangem toda a região da América do Sul, com destaque para o Oceano Atlântico Sul.

A análise sinótica realizada com a combinação das imagens de satélite e das cartas sinóticas permitem a identificação mais precisa dos sistemas atmosféricos. Porém, para além dessas informações visuais e cartográficas, a análise rítmica também precisa ser desenvolvida levando em conta dados locais de temperatura do ar, umidade, pressão atmosférica etc.

Deste modo, utilizou-se os dados da estação meteorológica automática do Instituto Nacional de Meteorologia (INMET) localizada em Presidente Prudente. A Estação A707 fornece dados de temperatura do ar (instantânea, mínima e máxima), umidade relativa do ar (instantânea, mínima e máxima), pressão atmosférica, velocidade e direção do vento. Os dados de precipitação foram obtidos da Estação V0464⁴, também localizada em Presidente Prudente.

Para a realização da análise em si foram levados em conta os dados representativos das 12 horas UTC, correspondendo às 9 horas do horário local de Brasília (-3 UTC). Assim, a temperatura do ar, pressão atmosférica, umidade relativa do ar e direção e velocidade do vento correspondem a esse horário em particular. Para precipitação, por outro lado, é considerado o acumulado diário. A temperatura máxima e mínima, também presentes no gráfico de análise rítmica, corresponde aos valores máximo e mínimo do dia.

Os dados foram então reunidos em uma tabela (Figura 14) no *software Excel®* (*Microsoft Corporation*) e a partir disso foi possível estabelecer os sistemas atmosféricos atuantes propriamente ditos.

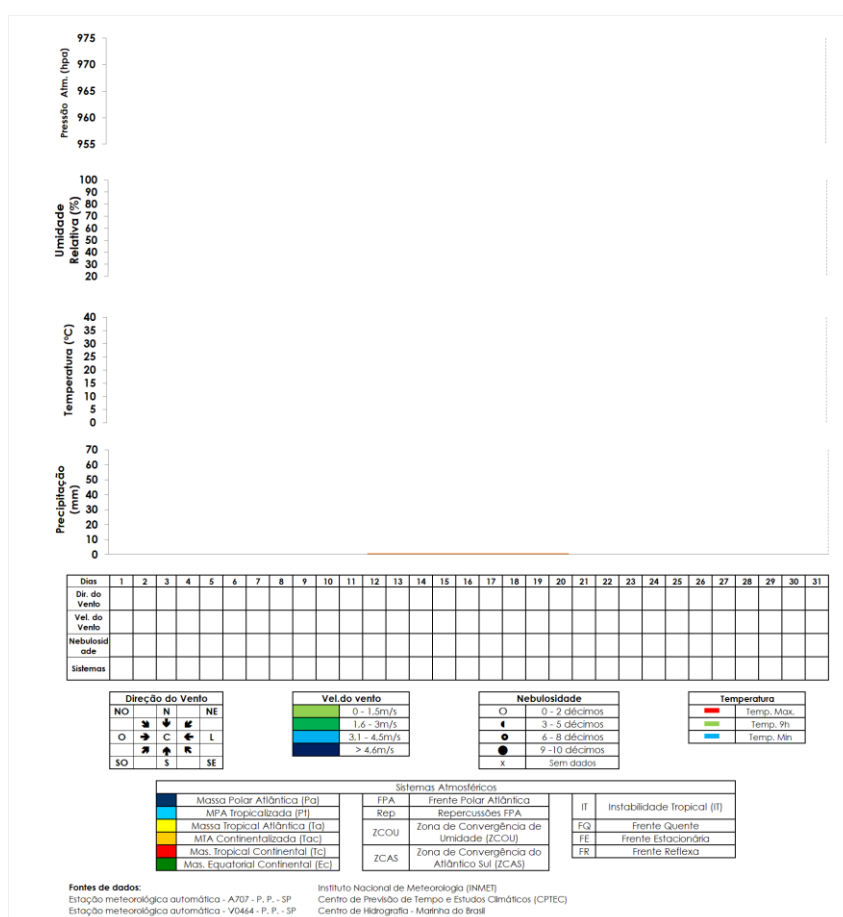
³ Disponível no site: [https://www.marinha.mil.br/chm/dados-do-smm-cartas-sinoticas/A cartas-sinoticas](https://www.marinha.mil.br/chm/dados-do-smm-cartas-sinoticas/A%20cartas-sinoticas).

⁴ A tomada dos dados pluviométricos de outra estação meteorológica ocorreu devido à indisponibilidade de tais dados na estação A707. Durante o decorrer da pesquisa, o pluviógrafo desta estação se encontrava avariado e incapaz de realizar os registros.

Como embasamento teórico para a identificação dos sistemas tomou-se como principais referências as obras de Sant’Anna Neto e Tommaselli (2009) e Mendonça e Danni-Oliveira (2009). Tais autores trazem, respectivamente, as características climáticas de Presidente Prudente, as noções das dinâmicas climáticas gerais e os tipos de clima do Brasil.

A identificação dos sistemas atmosféricos atuantes, a partir dos procedimentos da análise rítmica, no contexto de investigação da ICU é fundamental, uma vez que possibilita a compreensão de como as dinâmicas atmosféricas em escala regional condicionam as configurações locais do tempo. A partir disso, torna-se viável o entendimento de como tais configurações puderam influenciar na formação de ICUs de diferentes intensidades.

Figura 14 – Tabela utilizada para a análise rítmica



Fonte: Elaborado pelo autor (2024).

3.3 As Tabelas Dinâmicas e a Intensidade das ICUs

Outro elemento de análise fundamental para a realização dos objetivos propostos é a aferição das intensidades das ICUs. Para tanto foram elaboradas tabelas dinâmicas no *software Excel®*, a fim de melhor representar visualmente os padrões temporais de formação das ICUs

e suas respectivas intensidades. As tabelas mostram dados horários das intensidades de ICU para cada dia do mês, além de trazer as médias horárias e diárias das intensidades. Nas tabelas também foram inseridas informações de quantidade de precipitação total em cada dia e os sistemas atmosféricos atuantes, auferidos a partir da análise rítmica.

Desta forma, foram estabelecidos cinco graus distintos de ICU para a área de estudo. Em ordem crescente de intensidade, foram definidas as classes: “ilha de frescor”⁵ (valores ΔT negativos), “fraca” (ΔT entre 0 e 2), “moderada” (ΔT entre 2,1 e 4), “forte” (ΔT entre 4,1 e 6) e “muito forte” (ΔT acima de 6) García (1996). Onde ΔT é dado pela Equação 3.

$$\Delta T = T_{Urb} - T_{Ru} \quad (3)$$

Sendo T_{Urb} a temperatura do ar do ponto urbano e T_{Ru} aquela do ponto rural. Tal classificação foi inspirada naquela dada por García (1996). Define-se o uso da intensidade como forma de classificação uma vez que ela fornece uma possibilidade de comparação entre os ambientes monitorados (urbanos e rural) que explicita tanto os valores quantitativos referentes aos padrões térmicos identificados, assim como uma noção qualitativa da ICU. Cabe ressaltar, também, que a definição de tais classes se valeu do próprio conjunto de dados dos resultados obtidos, instigando a delimitação dos intervalos entre classes como tais.

Para além da comparação urbano-rural, também foram geradas tabelas dinâmicas que estabelecem uma análise direta entre os dois pontos urbanos estudados. Assim, definiu-se a diferença térmica T_{Urb} a qual é definida pela Equação 4.

$$\text{Diferença Térmica} = T_{Urb,2} - T_{Urb,1} \quad (4)$$

Onde $T_{Urb,1}$ representa o Ponto Urb. 1, a 15 metros de altura e $T_{Urb,2}$ aquele mais próximo à superfície. As classes definidas para esse cenário de comparação foram “< -3,1°C”, “-3 a -2°C”, “-1,9 a 0°C”, “0,1 a 2°C” e “> 2,1°C”, levando em conta os valores empíricos obtidos a partir do conjunto de dados trabalhado.

⁵ Situação na qual a temperatura do meio rural é maior àquela do urbano, configurando uma “ilha de frescor” na área urbana (Amorim, 2020). Tal cenário é mais corriqueiro nas primeiras horas após o nascer do sol.

Como outra forma de avaliação das intensidades das ICUs foram elaborados gráficos de linha com os dados de ΔT médios para cada horário, assim como uma representação do desvio padrão como parâmetro de erro. O desvio padrão (σ) é dado pela Equação 5.

$$\sigma = \sqrt{\frac{\sum (xi - \bar{x})^2}{n-1}} \quad (5)$$

Onde xi é cada valor do conjunto de dados, $\bar{x}$ é a média amostral e n é o total de amostras.

As tabelas e gráficos respectivos de cada mês analisado estão inseridos posteriormente nos resultados e discussões.

Essa representação das intensidades também se deu por gráficos de linhas, sendo definido o eixo “x” como cada horário do dia e o eixo “y” como a média da intensidade da ICU considerando-se todos os dias do mês (Gráficos 2 a 5). Ademais, foram inseridos os valores de desvio padrão da amostra. Após isso, foram criados gráficos de barras empilhadas para representar a quantidade de dias classificados conforme as classes supracitadas em cada uma das 24 horas (Quadro 1 a 5).

No total foram feitas três tabelas dinâmicas, um gráfico de linha e três gráficos de barras empilhadas para cada mês analisado. Cada um desses associando o Ponto Urb. 1 (topo do edifício) em relação ao ponto rural; o Ponto Urb. 2 (próximo à superfície) em relação ao ponto rural e o Ponto Urb. 2 em relação ao Ponto Urb. 1.

3.4 Plataformas de Satélites e Informações da Superfície

Um dos campos de estudo mais relevantes quando se trata do estudo e análise de processos espaciais que ocorrem na superfície terrestre é, sem dúvidas, o sensoriamento remoto. Tal área do conhecimento é definida de diferentes formas, mas que, em suma, pode ser definida como uma série de metodologias e técnicas que visam obter informações acerca de objetos ou dinâmicas da superfície terrestre sem que haja interação física direta entre tal elemento estudado e o captor de informações. Em outras palavras, por meio do sensoriamento remoto busca-se tomar conhecimento dos mais variados fatos que são espacialmente percebidos de forma não invasiva, ou seja, tendo uma certa distância de separação (Jensen, 2014).

Usar sensores sofisticados para mensurar a quantidade de energia eletromagnética que existe em um objeto ou área geográfica a distância e então extrair informações valiosas dos dados usando algoritmos

matemáticos e estatísticos é uma atividade científica (Jensen, 2014, p. 4, *tradução nossa*).

Assim sendo, a aplicação de tais procedimentos é de considerável relevância quando se busca realizar um estudo no qual informações geográficas são relevantes para se compreender a ocorrência de determinado fenômeno espacial, tal qual é proposto no presente trabalho. Ademais, o sensoriamento remoto possui algumas vantagens quanto a sua utilização, tais como não ser invasivo, isto é, não estabelecer contato físico direto com o meio estudado, ser capaz de extrair informações primárias do ambiente de análise, poder abranger áreas amplas com informações contínuas, entre outros fatores de destaque (Jensen, 2014).

Contudo, é evidente que há limitações quanto à sua utilização, em especial no que diz respeito à resolução espacial e temporal associadas aos equipamentos utilizados para a realização do sensoriamento remoto. A resolução espacial de um determinado sensor que capta informações da superfície diz respeito ao nível de detalhamento e escala que tal equipamento é capaz de coletar dados, em outras palavras, “[...] a menor área da qual o sensor é capaz de registrar a REM [Radiação Eletromagnética]” (Novo *et al.*, 2001, p. 10).

Por exemplo, o satélite Landsat-8, da *National Aeronautics and Space Administration* (NASA), é capaz de gerar imagens com, no máximo, 15 metros de resolução espacial, isso para uma única banda, a pancromática. Para as bandas multiespectrais, que geralmente contém informações mais relevantes para análise, a resolução passa a ser de 30 metros. Na prática, isso significa que cada pixel da imagem representa 30 metros de comprimento e largura da área real, ou seja, uma área total de 900 m², causando uma ampla generalização de todo esse local. Neste exemplo, objetos menores do que 30 metros acabariam sendo generalizados e, portanto, perderiam detalhamento.

A resolução temporal, por sua vez, diz respeito ao período de revisita da plataforma que carrega o sensor espectral. No caso dos satélites (como o Landsat-8 exemplificado acima), há um período de revisita que está associado à órbita que realizam ao redor do planeta. Sendo assim, há sempre um intervalo de tempo no qual não é realizada a coleta de informações da superfície. Quanto maior é esse intervalo de obtenção, menor é a resolução temporal do equipamento (Novo *et al.*, 2001, p. 11).

Demais limitações e atenções são explicitadas por Jensen (2014), porém são acentuadas estas citadas, pois são as que mais diretamente impactaram os resultados da pesquisa desenvolvida.

Todavia, Jensen (2014, p. 8, *tradução nossa*) alerta que:

O sensoriamento remoto não é uma panaceia que irá prover todas as informações necessárias para conduzir pesquisas científicas físicas, biológicas ou sociais. Ele simplesmente fornece algumas informações espaciais, espectrais e temporais de valor de maneira que esperamos ser eficiente e econômica (grifo do autor).

Com isto posto, é relevante agora ser apresentado alguns elementos fundamentais acerca do tipo de plataforma de sensoriamento remoto utilizada para a condução da pesquisa e como as informações superficiais foram trabalhadas no estudo.

Primeiramente é necessário pontuar que no escopo do sensoriamento remoto diversas são as plataformas e tipos de sensores que são utilizados para a obtenção de informações. As plataformas representam o equipamento no qual o sensor é instalado e elas podem ser de três tipos diferentes: orbital (equipamentos fora da atmosfera terrestre), aéreo (veículos capazes de alçar voo e se deslocar pela atmosfera) e terrestre (como torres de rádio fixas) (Novo *et al.*, 2001).

Já quanto aos sensores, eles dizem respeito ao aparelho que de fato faz a coleta de informações da superfície terrestre. Podem também ser de diferentes tipos, sendo os mais comuns os sensores passivos e os ativos. Aqueles valem-se da energia eletromagnética proveniente do próprio ambiente (como a luz solar) para obter informações, já estes geram seu próprio feixe de energia (como rádio) como forma de coletar dados.

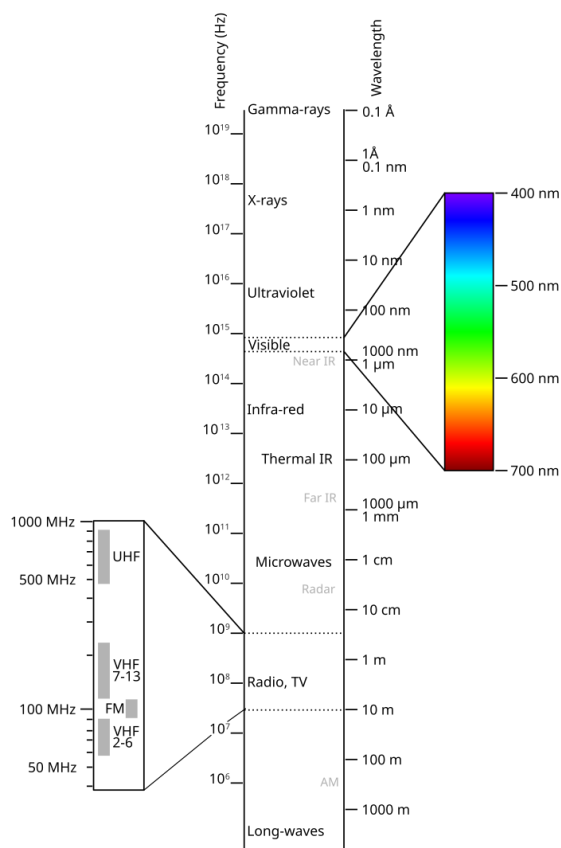
Um elemento fundamental a respeito dos sensores é quanto à capacidade de obter imagens multiespectrais. Isso significa que os sensores (geralmente a bordo de satélites orbitais) são capazes de produzir imagens que contêm informações em diversos intervalos do espectro eletromagnético. Essas imagens são usualmente separadas em bandas, as quais representam os diferentes intervalos espectrais que um sensor é capaz de produzir imagens. Meneses *et al.* (2012, p. 27) salientam que:

Comparativamente, um sensor tem melhor resolução espectral se ele possui maior número de bandas situadas em diferentes regiões espectrais e com larguras estreitas de comprimentos de onda. Essa necessidade é devido às diferenças relativas de reflectância entre os materiais da superfície da terra, que permitem distinguir um material do outro, em determinados comprimentos de onda.

Esse trecho também traz à tona outro aspecto fundamental quanto a obtenção de imagens em diferentes intervalos do espectro eletromagnético (Figura 15). Tal aspecto é o comportamento espectral dos alvos, o qual diz respeito ao fato de que cada objeto na superfície terrestre possui uma marcação eletromagnética distinta pelo fato de emitir radiação em diferentes comprimentos de onda. Assim, quando se trabalha com o sensoriamento remoto

multiespectral é essencial que se tenha em mente que cada alvo será mais ou menos evidente em diferentes intervalos do espectro eletromagnético.

Figura 15 – Representação do Espectro Eletromagnético



Fonte: Wikipédia (2012).⁶

Para o estudo em questão, foram utilizados como fonte de informações remotas as plataformas Landsat-8 e Landsat-9 da NASA (Figura 16), as quais são dotadas de dois sensores passivos (*Operational Land Imager* (OLI) e *Thermal Infrared Sensor* (TIRS) capazes de obter informações em um intervalo espectral entre 0,435 μm e 1,384 μm , separadas em 11 bandas distintas.

⁶ Wikipédia Commons. Electromagnetic-Spectrum. Disponível em: <https://commons.wikimedia.org/wiki/File:Electromagnetic-Spectrum.svg>. Acesso em 23 de janeiro de 2025.

Figura 16 – Detalhamento dos Satélites Landsat

Sensor	Operational Land Imager (OLI)									Thermal Infrared Sensor (TIRS)	
Bandas Espectrais	Banda 1 - Costeira/Aerosol	Banda 2 - Azul	Banda 3 - Verde	Banda 4 - Vermelho	Banda 5 - NIR	Banda 6 - SWIR-1	Banda 7 - SWIR-2	Banda 8 - Pan	Banda 9 - Citrus	Banda 10 - TIR-1	Banda 10 - TIR-2
Resolução Espectral	435-451 nm	452-512 nm	533-590 nm	636-673 nm	851-879 nm	1566-1651 nm	2107-2294 nm	503-676 nm	1363-1384 nm	10600-11190 nm	11500-12510 nm
Resolução Espacial	30 m							15 m	30 m	100 m	
Resolução Temporal	16 Dias										
Tipo de Órbita	SSO (Sun-Synchronous Orbit) - Órbita Heliossíncrona										
Altitude de Órbita	705 Km										
Área Imageada	Faixa de 185x180 Km										
Resolução Radiométrica	16 bit										

Fonte: USGS (2025)⁷ Elaboração: O autor (2024).

O principal elemento de estudo visado na pesquisa foi a temperatura da superfície, a qual pode ser aferida por meio da banda 10 (infravermelho termal) de ambos os satélites supracitados. Ambas as bandas representam um intervalo espectral no infravermelho próximo, o qual é ideal para a obtenção da temperatura de diferentes alvos.

Para além das informações de temperatura superficial, as imagens de satélite também foram utilizadas aquelas das bandas 5 (infravermelho próximo) e 4 (vermelho) (que representam os intervalos respectivos de 636 a 673 nm e 851 a 879 nm), do mesmo satélite, a fim de elaborar-se o índice de vegetação por diferença normalizada (NDVI).

O índice é amplamente utilizado em estudos que se valem do sensoriamento remoto e é particularmente eficiente para a aferição do vigor vegetativo representado na cena (Huang *et al.*, 2021). Isto porque a vegetação possui um comportamento espectral bastante responsivo ao infravermelho captado nos intervalos das bandas 5 e 4 do Landsat-8 e 9.

As imagens em questão foram obtidas no site *EarthExplorer* da *United States Geological Survey* (USGS)⁸. Lá, os produtos são disponibilizados com diferentes níveis de tratamento, sendo utilizadas as imagens do “*level 1*” da Coleção 2.

Após a coleta das imagens como informação bruta foi necessário realizar diferentes procedimentos para a elaboração de produtos cartográficos. Para tanto, em um ambiente de Sistema de Informação Geográfica (SIG) foi feita a conversão dos valores dos *pixels* da imagem para temperatura em graus Celsius. A conversão é executada da seguinte forma:

Equação 6, para conversão de *Digital Number* (DN) para radiância:

⁷ Disponível no site: https://www-usgs-gov.translate.google/landsat-missions/landsat-8?_x_tr_sl=en&_x_tr_tl=pt&_x_tr_hl=pt&_x_tr_pto=tc

⁸ Disponível no site: <https://earthexplorer.usgs.gov/>.

$$TOA_r = mx + a \quad (6)$$

Onde TOA_r é a radiação no topo da atmosfera (*Top of the atmosphere radiation*), m é o multiplicador da radiação, x são os valores dos *pixels* da banda utilizada e a é o valor de adição da radiação. Para a banda 10 dos satélites utilizados os valores são tais que $m = 3,342 \cdot 10^{-4}$ e $a = 0,1$.

Equação 7, para conversão de radiação para graus Kelvin:

$$k2 / \ln(k1/TOA_r + 1) \quad (7)$$

Onde $k1$ e $k2$ são constantes de calibração que, no caso dos satélites Landsat-8 e 9, são, respectivamente, 774.89 e 1321.08 para a banda 10.

Finalmente, a conversão para graus Celsius é realizada subtraindo 273,15 do valor obtido a partir da Equação 7.⁹

Para a obtenção de informação de NDVI foi utilizada a Equação 8, conforme apontam Huang *et al.* (2021).

$$NDVI = \frac{Banda\ 5 - Banda\ 4}{Banda\ 5 + Banda\ 4} \quad (8)$$

Onde a “Banda 5” representa a banda do infravermelho próximo e a “Banda 4” representa a banda vermelha dos satélites Landsat 8 e 9.

A equação 8 resulta em um índice que varia, ao máximo, de -1 a 1, sendo que valores positivos maiores indicam um vigor vegetativo mais pungente, enquanto os valores negativos dizem respeito a áreas impermeabilizadas, solo exposto, demais áreas não vegetadas e, o menor valor, corpos d’água. No contexto do trabalho desenvolvido, os valores finais do índice variaram entre -0,35 (corpos d’água e áreas densamente urbanizadas) e 0,7 (vegetação densa e áreas cultivadas).

⁹ O detalhamento acerca das equações utilizadas pode ser encontrado no site: <https://www.esri.com/arcgis-blog/products/product/analytics/deriving-temperature-from-landsat-8-thermal-bands-tirs/>.

Após a organização de toda essa informações foram elaborados diferentes mapas representado cada mês de estudo. Devido às limitações quanto à disponibilidade de imagens, foram utilizadas apenas duas para cada produto cartográfico, uma referente à primeira metade do mês e outra, à segunda metade. Deste modo, foi possível estabelecer uma melhor comparação entre as condições sinóticas e as temperaturas da superfície aferidas..

Uma vez obtidas e processadas as imagens selecionadas para o estudo, foi necessário a definição das intensidades da ICU_{Sup} . Para tanto, ainda com o uso do *software* de SIG QGIS, foram observadas e anotadas as temperaturas referentes aos *pixels* (cada um representando uma área de 900 m^2) de cada uma das localizações de estudo. Dessa forma, realizou-se a subtração dos valores dos pontos urbanos e rural, chegando-se à intensidade da ICU_{Sup} .

Reitera-se que o valor de temperatura apresentado no *pixel* diz respeito a uma área de 900 m^2 , além de que nem todas as superfícies são abrangidas pelo ângulo de obtenção dos dados pelo sensor. Assim, há um alto grau de generalização que limita análises mais detalhadas dos ambientes. Todavia, as informações são relevantes para estabelecer mais um nível de comparação entre as condições térmicas de interesse para os locais estudados.

3.5 Representação Gráfica dos Resultados

A fim de complementar as informações acerca de cada ambiente estudado, foram elaborados gráficos de linhas e tabelas com análise estatística para permitir a compreensão das configurações da temperatura do ar nesses locais. Tais gráficos e tabelas também foram organizadas no *software Excel*®.

Para os gráficos de linha, foram consideradas as temperaturas dos horários sinóticos, frequentemente empregados para a análise das dinâmicas atmosféricas, como representativas. Logo, o eixo “x” dos gráficos compreendem os horários de 00, 03, 06, 09, 12, 15, 18 e 21 horas do horário local (GMT -3). Para cada um desses horários foi definida uma média simples de todas as temperaturas do ar registradas nos dias do mês (Gráfico 1 e gráficos nos Apêndices). Associada à essa informação, foram definidos os desvios padrão, conforme a Equação 5.

Para as tabelas de informações estatísticas, elas foram geradas por meio da função de “Estatística Descritiva” no *Excel*®. Ao todo, as tabelas mostram seis informações distintas: a temperatura do ar média geral do mês (todos os horários de todos os dias), o desvio padrão dos dados, a variância das amostras no conjunto de dados (permitindo o cálculo do coeficiente de

variação), as temperaturas máxima e mínima registradas em todo o mês e a contagem de todos os dados que compõem o conjunto (Tabela 2 e tabelas nos Apêndices).

No total, foram feitos quatro gráficos de linha, um para cada mês considerado, somado de 12 tabelas de informações estatísticas, uma para cada ponto monitorado, para cada um dos quatro meses.

3.6 Procedimentos da Análise Morfológica

Um último procedimento metodológico tomado no estudo foi a análise morfológica de demais áreas da cidade, a fim de se estabelecer, em certa medida, uma comparação entre as diferentes configurações das formas urbanas e tecer uma relação com a produção do espaço urbano.

Para isso, foram selecionadas quatro imagens de satélite que abarcassem diferentes áreas de Presidente Prudente, tendo como critério de escolha dos locais a faixa de renda da população residente (levando em consideração as informações do Mapa 3).

A partir disso, foram utilizadas imagens disponibilizadas pela empresa *Google*, cujos satélites apresentam uma resolução espacial de 0,5 metros. As imagens são referentes ao início do ano de 2025.

A análise morfológica foi estabelecida levando em conta os seguintes elementos: grau de densidade construtiva das áreas, grau de verticalização, tamanho dos lotes e cobertura por áreas verdes.

Com isso, foram elaborados, em um ambiente SIG, mapas que representam a vista orbital de cada um dos recortes da cidade, assim como sua localização na malha urbana.

O principal ponto a ser destacado com essa análise é a identificação de diferentes configurações morfológicas do ambiente urbano, levando em consideração a produção do espaço urbano por indivíduos pertencentes à diferentes classes econômicas. Além disso, foi a partir desta análise morfológica que se realizou as considerações dos vazios urbanos no contexto de cada local selecionado, permitindo comparações.

Reitera-se que não houve coleta de dados climáticos *in loco* em cada uma das áreas selecionadas. Apesar disso, as informações e análises desenvolvidas a partir da área de estudo propriamente dita possibilitam inferências acerca das possíveis condições térmicas das demais áreas.

Em suma, a análise morfológica permite não apenas identificar alguns padrões distintos da produção do espaço urbano em Presidente Prudente, como propicia também a identificação

das possíveis relações dessas configurações morfológicas com o padrão térmico superficial em cada um dos locais.

Somado a esses recortes selecionados, também foi calculada a temperatura superficial média de cada uma das áreas, a fim de destacar eventuais diferenciações nos padrões térmicos entre elas. Para tanto, valeu-se das imagens termais já obtidas para a investigação das ilhas de calor superficiais.

O cálculo da temperatura superficial média foi realizado em um ambiente SIG. O procedimento foi feito definindo-se um polígono retangular referente a cada área de interesse e calculando-se, via ferramenta digital, a média dos valores de todos os *pixels* (valores da temperatura superficial) dentro do polígono.

As Condições na Escala Local: Um Estudo de Caso

4.1

Condições
Sinóticas

4.2

Caracterização
das Zonas
Climáticas
Locais

4.3

A Ilha de
Calor na
Camada do
Dossel
Urbano

4.4

A Ilha de
Calor
Superficial

4.5

Análise
Morfológica de Quatro
Áreas Urbanas

Seção IV – As Condições na Escala Local: um Estudo de Caso

A exposição desses procedimentos metodológicos, teorias e conceitos a respeito do ambiente urbano e sua relação direta com as dinâmicas climáticas são estabelecidas em um recorte definido para um recinto da já abordada cidade de Presidente Prudente, no estado de São Paulo. O objetivo da Seção IV, portanto, é de trazer os principais resultados obtidos com as metas e hipóteses estabelecidas pela pesquisa e evidenciar, de maneira empírica, as dinâmicas climáticas em um ambiente de profunda modificação antrópica, em relação a um outro, com características rurais.

Os resultados da Seção IV visam trazer um exame pormenorizado das componentes climáticas que foram definidas como relevantes para investigação. Logo, nessa seção serão elucidadas as principais condições sinóticas em vigor durante os meses estudados, a caracterização das zonas climáticas dos três ambientes monitorados e os principais aspectos das ilhas de calor atmosférica e de superfície identificadas a partir dos dados de temperatura obtidos nos quatro meses de análise do ano de 2024.

Com essas definições, será possível, na Seção V, o estabelecimento de uma interface analítica entre os dados empíricos obtidos com as diferentes investigações e os processos de produção do espaço urbano apontados na primeira seção deste trabalho.

4.1 Condições Sinóticas

A análise das condições sinóticas dos quatro meses analisados (janeiro, maio, julho e outubro de 2024) permite uma compreensão dos sistemas atmosféricos que atuaram durante os períodos. Contudo, antes de aprofundar esses elementos de aspecto meteorológico, é necessário primeiramente compreender o clima de Presidente Prudente.

A cidade se encontra sobre o domínio de um tipo climático tropical. Segundo Dubreuil *et al.* (2018), durante um intervalo de 55 anos (1961 a 2015), Presidente Prudente apresentou características climáticas do tipo Aw em 82% de seus “Tipos Climáticos Anuais” (TCA), o tipo climático representativo de um período de todo o ano (Dubreuil *et al.*, 2018).

Isso significa que o clima da cidade apresenta um clima predominantemente tropical quente, com chuvas concentradas no verão, hora com chuvas de inverno que se sobressaem (As), hora sem períodos secos (Af) (Dubreuil *et al.*, 2018, p. 4).

Nela, Presidente Prudente ficaria dentro de uma dinâmica atmosférica regida por massas tropicais e polares. Assim, o encadeamento de massas tropicais atlânticas (mTa), tropicais continentais (mTc), e polares atlânticas (mPa) geram o perfil climático da cidade. Ela é, assim, marcada por verões chuvosos e quentes, com predominância de atuação da mTa e invernos secos, nos quais a mPa atua mais vigorosamente (Sant’Anna Neto e Tommaselli, 2009).

ATLAS DO ESTADO DE SÃO PAULO - 2000
DEPARTAMENTO DE GEOGRAFIA
FACULDADE DE FLORESTA, LETRAS E CIÊNCIAS HUMANAS
UNIVERSIDADE DE SÃO PAULO

CLIMA

TENTATIVA DE CLASSIFICAÇÃO

ESQUEMA REPRESENTATIVO DAS FEIÇÕES CLIMÁTICAS INDIVIDUALIZADAS NO TERRITÓRIO PAULISTA DENTRO DAS ARTICULAÇÕES DESTAS NAS FAIXAS ZONAIS (MONTEIRO, 1973)

The map illustrates the state of São Paulo divided into various climate zones and individualized climatic features. The zones are color-coded: yellow for the majority of the interior, blue for coastal areas, purple for the southwestern corner, and red for a small coastal strip. Individualized features are labeled with Roman numerals (I, II, III, IV, V, VI, VII, VIII) and letters (a, b, c). Major cities like São Paulo, Campinas, and Ribeirão Preto are indicated by dots. A scale bar at the bottom right shows distances up to 100 km.

CLIMAS ZONAIS	FEIÇÕES CLIMÁTICAS INDIVIDUALIZADAS NOS CLIMAS REGIONAIS, SEGUNDO AS UNIDADES GEOMORFOLÓGICAS				
	LITORAL	PICADO ATLÂNTICO	MONTANHO	INTERIORES	PICADO OCIDENTAL
CLIMA TROPICAL ÚMIDO COM ESTACIONALIDADE EXISTENTE EM TODOS OS MÊSES	BACIA SUPERIOR DO PARANAÍBA	VALLE DO PARANAÍBA	SERRA DA Mantiqueira		
CLIMA TROPICAL SEMI-ÚMIDO COM ESTACIONALIDADE EXISTENTE EM ALGUNS MÊSES					
CLIMA SUBTROPICAL COM INVERNO SECO					
CLIMA DESERTO					
CLIMA POLAR					

OCEANO ATLÂNTICO

ESCALA 0 50 100 Km

Fonte: MONTEIRO, C. A. F. A dinâmica climática e as chuvas do estado de São Paulo. IG-USP, 1973.

MARCELLO MARTINELLI
PROJETO O ATLAS DO ESTADO DE SÃO PAULO: UMA REFLEXÃO METODOLÓGICA
CNPq - PRODUTIVIDADE EM PESQUISA - JC
PROJETO 2013 E.A.

85

CLIMAS ZONAS	CLIMAS REGIONAIS	FEIÇÕES CLIMÁTICAS INDIVIDUALIZADAS NOS CLIMAS REGIONAIS, SEGUNDO AS UNIDADES GEOMORFOLÓGICAS					
		LITORAL	PLANALTO ATLÂNTICO	VALE DO PARAIBA	MANTIQUEIRA	DEPRESSÃO	PLANALTO OCIDENTAL
A1	CLIMAS ÚNIDOS DAS COSTAS EXPOSTAS ÀS MASSAS NT	I NORTE	II BACIA SUPERIOR DO PARAIBA	III VALE DO PARAIBA	IV SERRA (Borda do Planalto)		
	A2						
B	CLIMAS TROPICAIS ALTERNADAMENTE SECOS E ÚNIDOS				CONTINENTAL	V SETOR NORTE	NORTE
						VI "PERCÉE" DO TIETÊ	SERRA DE SÃO CARLOS
							SERRA DE BOTUCATU
							VIII OESTE
	CLIMAS ÚNIDOS DA FACE ORIENTAL E SUB-TROPICAL DOS CONTINENTES DOMINÁ DO POR MASSA NT	IX ORIENTE	X BACIA PAULISTA				XI SUDOESTE
		XII SUL	XIII BACIA DO PARANÁ				

Fonte: Martinelli (2010).

Com isso, parte-se para o que foi observado para a cidade durante os meses de interesse para o presente estudo. Os gráficos de análise rítmica usados para interpretação se encontram nos Apêndices.

Janeiro de 2024

O mês de janeiro de 2024 foi marcado pela sucessão de massas de ar mTa e mPa. Esse encadeamento sucessivo ocasionou frontogêneses associadas a episódios de precipitação. Quanto a esta, o total para o mês foi de 69,9 mm, sendo que somente no dia 19 foram 34,9 mm acumulados.

Quanto às temperaturas do ar, para a maioria dos dias as mínimas e máximas se mantiveram entre 20°C e 35°C. A menor temperatura do ar registrada foi de 16,9°C, no dia 26, e a maior foi de 38,6°C, no dia 8.

É relevante ressaltar que durante o período do mês o fenômeno Oscilação Sul (ENOS) estava em vigor e apresentava uma intensidade de 1,8 (NOAA, 2025)¹⁰. Para a região Sudeste

¹⁰ NATIONAL OCEANIC AND ATMOSPHERIC ADMINISTRATION (NOAA). **Cold & Warm Episodes by Season.** Climate Prediction Center. 2025. Disponível em: https://origin.cpc.ncep.noaa.gov/products/analysis_monitoring/ensostuff/ONI_v5.php. Acesso em 10 de abril de 2025.

do Brasil, onde se localiza Presidente Prudente, o fenômeno climático se caracteriza por temperaturas mais altas do que a média histórica e, ocasionalmente, maior volume de precipitação (INMET, 2024)¹¹.

Maio de 2024

O mês de maio, por sua vez, foi marcado pela influência de uma onda de calor durante a primeira metade do período (INMET, 2024). Durante essa condição, a atmosfera em Presidente Prudente esteve aquecida e seca, com temperaturas diárias entre 20°C e 35°C. O padrão de aquecimento se encerrou no dia 14, em Presidente Prudente, quando uma massa de ar frio conseguiu avançar pelo interior do continente, baixando as temperaturas e aumentando significativamente a umidade.

A precipitação no mês foi de 25,3 mm. O período de transição de outono, para o tipo climático tropical da cidade, é marcado por uma significativa diminuição da precipitação e umidade do ar, sendo o ápice durante o inverno, que tem início em junho. Logo, os baixos índices de precipitação são esperados. Contudo, a onda de calor (INMET, 2024) no início do mês pode ter incentivado quantidades ainda mais reduzidas.

Ao final do mês, as entradas de mPa se intensificaram e ocasionaram frontogêneses e temperaturas mais baixas. Assim, maio foi um mês explicitamente delimitado por uma primeira metade seca e quente e uma segunda mais fria e úmida, propiciada pelas entradas de massas de ar mais frias.

Julho de 2024

Julho, um mês tipicamente seco e frio para o tipo climático da cidade, apresentou o padrão esperado. Logo, as temperaturas diárias se mantiveram em um intervalo entre 15°C e 30°C. A mínima registrada no mês foi de 11,6°C, após uma longa sequência de atuação de um sistema frontal ocasionado por uma mPa.

¹¹ INSTITUTO NACIONAL DE METEOROLOGIA (INMET). **El Niño: saiba como foi a atuação do fenômeno no Brasil**. Notícias. 2024. Disponível em: <https://portal.inmet.gov.br/noticias/el-ni%C3%B1o-saiba-como-foi-atua%C3%A7%C3%A3o-do-fen%C3%B4meno-no-brasil>. Acesso em 24 de abril de 2025.

O mês de julho teve um total de precipitação maior do que maio, com 66,1 mm. Porém, para julho, boa parte dessa precipitação se concentrou em uma sequência de três dias: 8, 9 e 10, nos quais choveu um total de 64 mm, aproximadamente 97% do total do mês. Destaque para o dia 9, com 56,9 mm.

Após o dia 10, porém, não houve mais episódios de precipitação e o tempo permaneceu mais estável, com poucas entradas de sistemas atmosféricos. Durante essa segunda metade de julho, massas de ar tropicais atuaram na região de Presidente Prudente, inclusive massas tropicais continentais (mTc), as quais baixaram os índices de umidade e aumentaram a temperatura do ar.

Outubro de 2024

Outubro foi um mês marcado por instabilidades e uma sequência constante de entradas de massas de ar frio. Essas mPa e frentes frias foram intercaladas pela vigência de massas de ar tropicais, em particular a mTc, durante as quais a umidade foi extremamente baixa – com um registro de 32% às nove horas da manhã do dia 2 – e as temperaturas chegaram a quase 40°C. Ainda assim, os dias também apresentaram uma amplitude térmica bastante marcante; dia cinco, por exemplo, com mínima de 15,6°C e máxima de 33,5°C.

Devido ao encadeamento de frentes frias, a precipitação foi bem distribuída pelo mês. O total acumulado mensal foi de 87,1 mm, o maior para os meses analisados em 2024. Os episódios de chuva estiveram todos relacionados à entrada da FPA e na sequência, a atuação da mPa. Considerando a transição para o período chuvoso do verão, os índices de precipitação observados são, de certo modo, esperados.

4.1.1 As Condições da Temperatura do Ar nos Locais Monitorados

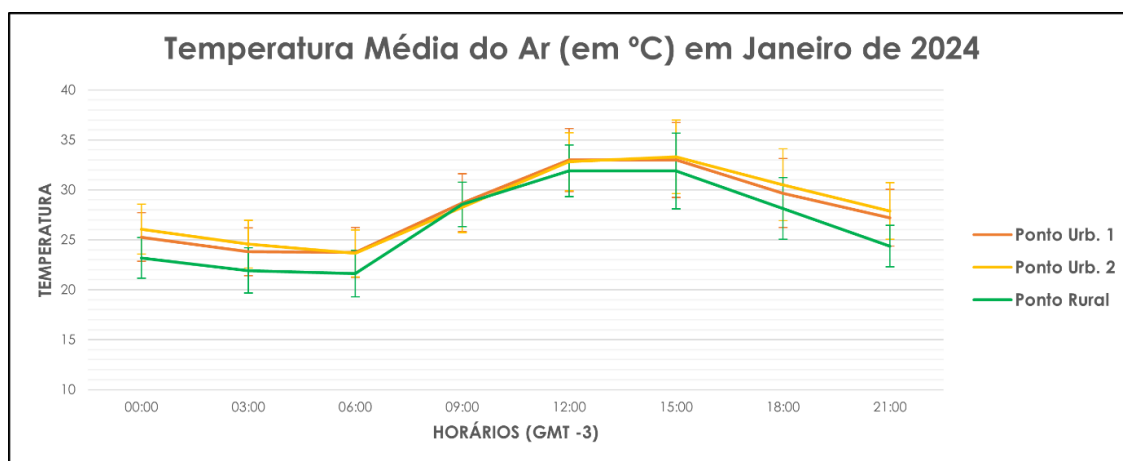
Para além dessas informações mais amplas acerca das condições do tempo levando em consideração os dados fornecidos pelas estações meteorológicas automáticas, é relevante observar os padrões de temperatura do ar observados nos pontos monitorados. Dessa forma, torna-se possível uma primeira aproximação das condições mais gerais propiciadas pela escala sinótica e o ambiente local influenciado pelos aspectos morfológicos.

As tabelas apresentadas nos Apêndices demonstram alguns parâmetros estatísticos que fornecem uma noção das condições do tempo nas áreas de estudo.

Quanto a janeiro de 2024, o Gráfico 1 mostra um cenário típico de verão no clima tropical continental, com temperaturas variando entre 20°C e 35°C tanto nos ambientes urbanos como no rural. Porém, há uma clara disparidade entre esse e aqueles, uma vez que na área não urbanizada as temperaturas médias se mantiveram cerca de 2°C mais baixas em relação aos pontos urbanos, condição essa que ocorreu especialmente no período noturno.

A maior quebra desse padrão se deu para o horário das 12 horas, no qual as temperaturas médias no mês dos três pontos se mostraram muito semelhantes. Tal fato pode estar relacionado ao padrão de aquecimento do ambiente rural, o qual se aquece e se esfria mais rapidamente.

Gráfico 1 – Gráfico das temperaturas médias do ar no mês de janeiro de 2024



Elaboração: O autor (2024).

O Gráfico 1 põe em evidência as relações estatísticas entre os padrões térmicos dos três pontos em janeiro. Observando as informações é nítido que há uma relação de forte proximidade entre os dois pontos urbanos – sendo “Ponto Urb. 1” o sensor em maior altura, e o “Ponto Urb. 2”, o mais próximo da superfície. As temperaturas médias, mínimas e máximas e mesmo as variâncias e desvios padrão apresentam uma conjuntura semelhante, considerando uma análise dos gráficos plotados.

Considerando a proximidade dos sensores, esses resultados são esperados, e revelam que, de um ponto de vista analítico de parâmetros estatísticos básicos, a diferença de altura entre os sensores não implicou em grandes distinções da temperatura do ar no período de um mês. Logo, para detectar possíveis divergências térmicas, é necessária uma análise mais pormenorizada dos padrões de temperatura. Tal análise foi possível com a organização das tabelas dinâmicas, apresentadas adiante.

Quanto ao ambiente rural, é relevante chamar a atenção para a diferença da temperatura média em relação aos pontos urbanos. Os dados desse ambiente são cerca de 2°C mais baixos, além de um registro de temperaturas máxima e mínima também menores do que aquelas aferidas para as áreas urbanizadas.

A Tabela 2 compila os dados referentes às condições da temperatura do ar no mês de janeiro de 2024 nos pontos analisados. Os dados dos demais meses se encontram no Apêndice.

Tabela 2 – Informações estatísticas da temperatura do ar nos três pontos de análise em janeiro de 2024.

Ponto Urb. 1 – Janeiro Dados T _a (em °C)	
Média	28
Desvio Padrão	4,5
Mínimo	17,8
Máximo	39,2
Ponto Urb. 2 – Janeiro Dados T _a (em °C)	
Média	28,4
Desvio Padrão	4,4
Mínimo	18,4
Máximo	40,2
Ponto Rural – Janeiro Dados T _a (em °C)	
Média	26,5
Desvio Padrão	4,7
Mínimo	15,8
Máximo	38,4

Fonte dos dados: Trabalho de campo. Organização: do Autor (2025).

O que foi observado para o mês de janeiro com relação à temperatura do ar também ocorreu de maneira bastante análoga nos demais meses (gráficos e tabelas seguem nos Apêndices B e C). As maiores diferenças entre os meses na verdade estão relacionadas à própria variabilidade climática associada às estações do ano. Logo, maio e julho tiveram temperaturas mais amenas, enquanto em outubro os valores aumentaram.

Ressalta-se que o ano de 2024 foi marcado por temperaturas particularmente altas, fato que pode ser verificado com as temperaturas máximas registradas nos pontos, mesmo no ambiente rural (com máximas próximas dos 40°C).

Assim, a fim de explicitar os padrões de formação das ilhas de calor, é necessário que se faça uma análise da morfologia local em uma resolução temporal maior, ou seja, considerando as condições horárias da temperatura do ar em cada local estudado.

4.2 Caracterização das Zonas Climáticas Locais

4.2.1 A Zona Climática Local Urbana

Antes do detalhamento da formação das ilhas de calor, é necessário que se faça a caracterização de ambas as Zonas Climáticas Locais (LCZs) onde os sensores foram instalados. Uma delas sendo urbana e abrangendo os sensores posicionados em duas alturas distintas, e a outra uma LCZ rural, com o sensor de comparação para o cálculo da intensidade das ilhas de calor.

A caracterização das LCZs se deu a partir da análise das diferentes morfologias encontradas nas paisagens do local de estudo. Assim, considerou-se os padrões construtivos do local, especialmente no que diz respeito aos graus de adensamento das edificações e os estágios de verticalização. Para a LCZ rural, levou-se em conta as características da cobertura vegetativa, o tipo de uso do solo e a proximidade com construções.

Como exposto anteriormente, as LCZs são formas de classificação geral da paisagem em escala local e possuem alguns parâmetros estabelecidos, visando, principalmente, a definição dos aspectos físicos que influenciam diretamente no balanço energético do ambiente (Stewart; Oke, 2009b).

Contudo, devido às limitações operacionais, não foi viável estabelecer diretamente parâmetros tais como fator de visão do céu, albedo, índice de impermeabilidade do solo etc. Tais aspectos requerem procedimentos metodológicos específicos que fogem do escopo do estudo proposto. Sendo assim, a classificação das LCZs se deu, eminentemente, por meio dos aspectos visuais que compõem a paisagem urbana. A partir disso, inferiu-se os demais parâmetros físicos que, comumente, são associados às diferentes classes das LCZs. Vale ressaltar que o recorte espacial tomado como referência para a definição da LCZ diz respeito à área apresentada nos Mapas 7 (urbano) e 8 (rural).

Isso posto, definiu-se que a LCZ urbana seria do tipo “compacta de baixa elevação” (Oke *et al.*, 2017, p. 26) (Mapa 7), com algumas torres esparsas denotando ao local um grau de verticalização baixo. Essa classificação corrobora o que também foi definido por Cardoso (2015), que destaca a predominância de construções de baixa elevação para a área.

Mapa 7 – Vista aérea da LCZ urbana e áreas adjacentes



Fonte: Google Earth (2025).

A visualização da imagem permite a compreensão de alguns outros pontos relevantes acerca do tipo de ambiente analisado. Primeiramente, a presença considerável de arborização na área. Tal fato pode ser associado ao estilo de paisagismo “cidade jardim” adotado para a produção do bairro durante a primeira metade do século XX (Macedo, 1999).

Além disso, na porção Norte da área se destaca um recinto que se difere consideravelmente das demais localidades. Essa área, um clube recreativo, se destaca por ter uma arborização mais significativa e um adensamento construtivo menor. Logo, pode-se considerá-la como uma LCZ distinta. Contudo, predominam na paisagem construções compactas, com perfil majoritariamente horizontal e bastante adensadas.

Para além da vista aérea, é relevante também que sejam evidenciadas algumas imagens em nível superficial que destaquem a paisagem de um ponto de vista tridimensional. O Quadro 1 apresenta algumas dessas visualizações

Quadro 1 – Vistas superficiais da zona climática local urbana



Fonte: Google Maps (2025).

A partir das imagens é possível observar que a zona urbana estudada é caracterizada por adensamento construtivo considerável, presença de cobertura vegetal de arborização razoável e verticalização bastante limitada a pontuais edifícios com vários pavimentos. No Quadro 2 são expostas algumas imagens que garantem uma vista oblíqua da paisagem urbana analisada.

Quadro 2 – Vistas dos horizontes em diferentes sentidos na LCZ urbana



Fonte: Registro pessoal (2024).

Essas representações visuais do ambiente, assim como a classificação da LCZ, permitem a inferência quanto aos parâmetros que influenciam diretamente no balanço energético local, conforme exposto anteriormente. De forma geral, predomina na área de estudo construções térreas (com um pavimento), com considerável grau de adensamento construtivo e impermeabilização, apresentando expressiva vegetação arbórea, principalmente nas calçadas das vias.

Tendo isso em mente, estabelecem-se algumas considerações possíveis para a LCZ abordada. Primeiramente, a entrada de radiação solar direta (K_d) pode ser considerada alta, visto que os elementos que mais propiciam sombreamento, no caso as árvores e edifícios de vários pavimentos, são limitados no local. Como colocado, tais edifícios são bastante pontuais

e, quanto às árvores, se concentram nas vias, não fornecendo, necessariamente, sombreamento para toda a porção dos lotes.

Em outros termos, pode-se inferir que o fator de visão do céu (Ψ) é amplo, principalmente em áreas onde a arborização é mais escassa e não há prédios de vários andares. Para além da maior incidência de radiação solar direta, um valor de Ψ maior pode propiciar um processo de resfriamento noturno igualmente maior.

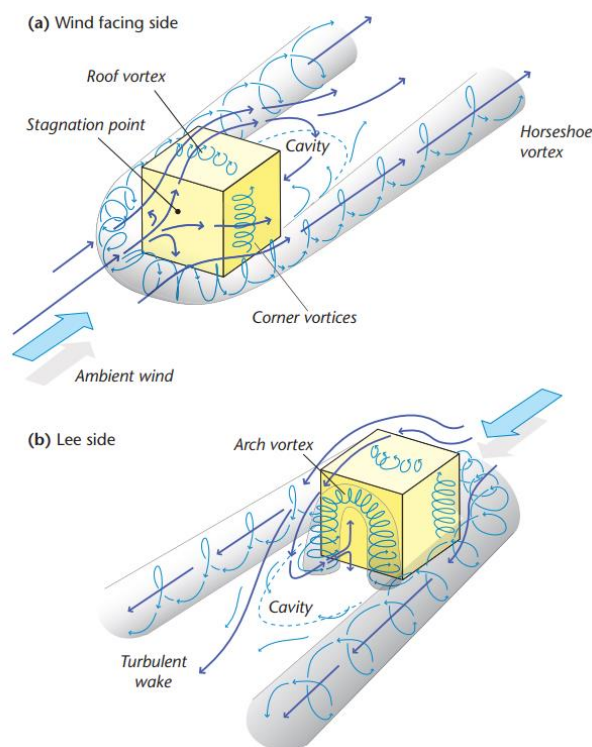
Isso porque a ausência de superfícies verticais – o que diminuiria Ψ por bloquearem uma linha de visão direta para o céu aberto – implica também em fluxos de calor de ondas longas ($L\uparrow$) menores. Em outras palavras, há menos calor sendo gerado por superfícies adjacentes, o que permite uma taxa de resfriamento mais rápida do ambiente (Oke *et al.*, 2017).

Outro aspecto importante a se considerar é a impermeabilidade do solo. Levando em conta que a área de análise se trata de um ambiente com uma urbanização já bastante consolidada (Kurak-Lombardi, 2020), praticamente não há porções do terreno com uma predominância de solo não impermeabilizado com concreto, asfalto e demais materiais artificiais. Mesmo as árvores estão plantadas em canteiros extremamente reduzidos e limitados, que não oferecem pontos que facilitam a infiltração de água.

Sendo assim, é possível considerar que há um amplo escoamento superficial local. Esse intenso escoamento implica uma série de questões para a dinâmica local, porém quanto aos aspectos climáticos de interesse, ela pode representar um estoque hídrico menor, o que pode ocasionar menor fluxo de calor latente (Q_E) e, portanto, maiores temperaturas.

Quanto à rugosidade do terreno e suas implicações com a circulação dos ventos no local, destaca-se que a predominância de edificações baixas confere à LCZ um perfil de circulação de vento mais turbulento em baixas altitudes. Oke *et al.* (2017) apresentam um esboço de um padrão de circulação do ar possível para um único elemento cúbico na superfície, representando, por exemplo, uma edificação térrea (Figura 17).

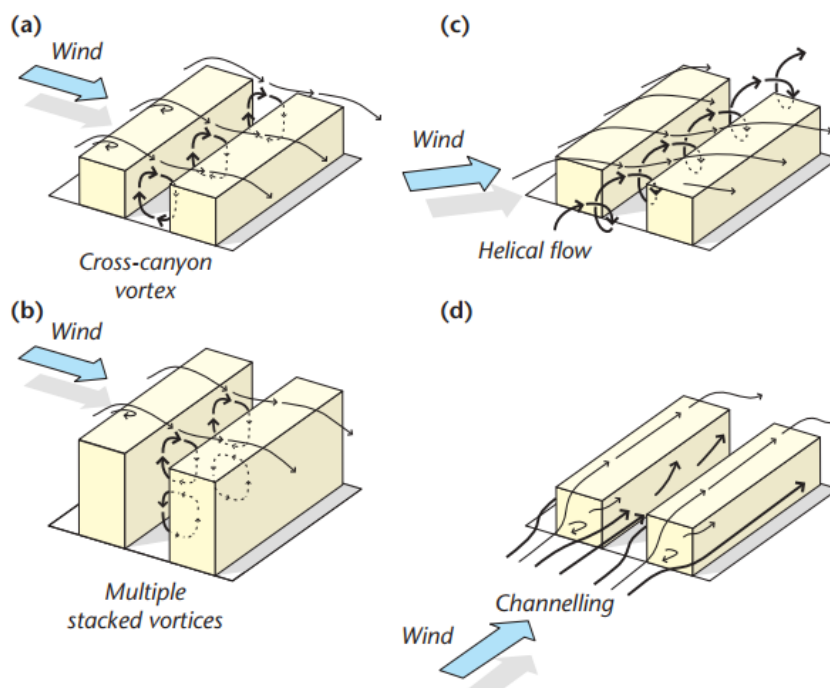
Figura 17 – Padrão de circulação do vento em uma condição padrão de percolação

Fonte: Oke *et al.* (2017, p. 84).

Como é possível observar na figura, a percolação do vento passa a ser marcada pela geração de vórtices no entorno das faces do bloco. Além disso, esses vórtices geram circulações locais que estão associadas à própria geometria da construção. Esse padrão de circulação do vento possui implicações diretas nas dinâmicas térmicas e de concentração de partículas no ambiente local.

Porém, é necessário considerar que a situação observada na LCZ de estudo envolve uma configuração construtiva composta por diversas construções justapostas. Assim, a representação na Figura 18 traz uma aproximação melhor da realidade da área analisada, ao passo que apresenta um esboço com o padrão de circulação na presença de uma série de construções em sequência (representadas em blocos contínuos) que caracterizam o “cânion urbano” (Oke *et al.*, 2017).

Figura 18 – Padrão de circulação do vento em cânions urbanos

Fonte: Oke *et al.* (2017, p. 89).

Apesar de serem representações idealizadas do ambiente urbano, as figuras evidenciam alguns aspectos gerais quanto aos efeitos da rugosidade do terreno na forma com que o vento se propaga pelo ambiente. Essas informações permitem, portanto, a compreensão de que há um certo grau de manutenção do ar local na parcela atmosférica do cânion urbano. Dessa forma, os fluxos de calor que se desenvolvem a partir das superfícies aquecidas geram um processo convectivo em microescala, processo que é fundamental para a ocorrência das ilhas de calor.

A rugosidade do terreno, dessa forma, soma-se às propriedades físicas dos materiais construtivos das edificações e se torna um elemento condicionante das dinâmicas do clima local.

Outro fator diretamente ligado à rugosidade do terreno gerado pelas construções é o efeito de sombreamento. Ele tem relação direta com o ciclo diário e a insolação solar, tendo como resultado padrões térmicos associados à forma como as diferentes fácies das construções são expostas à luz solar.

Considerando que na LCZ abordada sobressaem-se edifícios baixos, o efeito de sombreamento possivelmente limita-se às superfícies horizontais do solo, as quais se encontram totalmente abaixo da altura média dos telhados. Ainda assim, o sombreamento maior deve-se dar nas primeiras horas após o nascer do sol e pouco antes do pôr do sol. Enquanto no período

da tarde o sombreamento deve ser limitado a elementos que fornecem algum tipo de cobertura para a superfície abaixo (e. g. árvores).

Ainda acerca da rugosidade, é necessário considerar os efeitos dos altos edifícios, que, por mais que sejam limitados no contexto analisado, se destacam por gerarem condições particulares no local. Assim, construções mais baixas situadas nas imediações dos edifícios de vários pavimentos são influenciadas pelo sombreamento causado pelo elemento vertical. Esse sombreamento tem implicações diretas nos padrões térmicos e higrométricos locais (Nugroho *et al.*, 2022).

Quanto à admitância térmica da LCZ, Oke *et al.* (2017) definem para o tipo compacto de baixa elevação um valor de $1200 - 1800 \text{ J m}^{-2} \text{ s}^{-1/2} \text{ K}^{-1}$, o qual pode ser considerado um valor alto. Como explicitado na Seção II, valores elevados de admitância térmica indicam que os materiais absorvem e retêm uma quantidade de calor maior, sendo que a amplitude térmica diária tende a ser baixa. Em contrapartida, o calor armazenado durante os horários de insolação é liberado durante o período noturno, favorecendo a formação de ICUs.

Porém, essa admitância térmica assumida para a LCZ é generalista, ou seja, abrange toda uma gama de diferentes materiais que compõem a área. Em maior nível de detalhe, certos materiais possuem admitâncias térmicas menores, o que significa que aquecem e esfriam mais rapidamente, gerando um fluxo de calor sensível mais expressivo, o que inclusive pode ser observado nas temperaturas superficiais mais elevadas.

Outro fator importante que deve ser levado em conta acerca da admitância térmica local é a quantidade de água no sistema. Condições de maior umidade aumentam a admitância térmica dos materiais, visto a própria alta admitância da água (Tabela 1). Sendo assim, o fluxo de calor predominante passa a ser o calor latente, o qual ameniza o aquecimento do ambiente.

Finalmente, o fluxo de calor antrópico (Q_F) é também dado por Oke *et al.* (2017) para a classe da LCZ estudada, sendo de $>75 \text{ W.m}^{-2}$. Contudo, é necessário que se considere que Q_F tem íntima relação com os tipos de atividades urbanas desenvolvidas no local. Logo, para o contexto de estudo, esse valor geral é possivelmente menor, considerando que a área não apresenta um fluxo de veículos tão intenso, por se tratar de uma área predominantemente residencial com baixa verticalização.

4.2.2 A Zona Climática Local Rural

Quanto à LCZ referente ao ambiente rural, definiu-a como “árvores dispersas” (Oke *et al.*, 2017, p. 26). Apesar dessa classificação, a área apresenta um mosaico de paisagens distintas. Nas imediações da localização do sensor, predominam árvores mais dispersas e vegetação rasteira, principalmente de gramíneas. Contudo, há a presença de grandes fragmentos de mata mais densa próximos ao local. Da mesma forma, há presença pontual de edificações horizontalizadas dispersas pela área. Cardoso (2015) atesta essa mesma heterogeneidade de ambientes no local.

De toda forma, predominam características não urbanas. A área dista cerca de 4 quilômetros da malha urbana mais adensada, e cerca de 8 quilômetros dos pontos urbanos. Esse distanciamento visa a aquisição de dados que possuam o mínimo de interferência causada pelas características morfológicas do ambiente urbano.

O Mapa 8 representa a vista aérea da LCZ e arredores. O Quadro 3 representa algumas fotografias à nível superficial do local.

Mapa 8 – Vista aérea da LCZ rural



Fonte: Google Earth (2025).

Quadro 3 – Imagens superficiais da LCZ rural



Fonte: Registro pessoal (2025).

Quanto aos parâmetros de caracterização da LCZ, tem-se: Ψ local pode ser definido como praticamente total, com exceção dos pontos mais próximos às árvores, as quais possuem projeção vertical significativa. Ressalta-se que o sensor não esteve sob influência do sombreamento causado pelas árvores.

Um valor de Ψ elevado indica maior entrada de radiação de ondas curtas no sistema. Logo, a ausência de elementos que gerem sombreamento no local propicia um aquecimento mais intenso do ambiente durante os horários de maior incidência da luz solar. Tal fato é relevante para a análise dos padrões de aquecimento do ambiente rural, o qual tem relação direta com a formação das ICUs. De fato, o aquecimento do ambiente rural é bastante intenso no período vespertino, sendo nesse momento quando há a possibilidade de ocorrência de valores negativos de intensidade das ICUs (Oke *et al.*, 2017).

Outro elemento que corrobora esse aquecimento mais intenso do ambiente são os baixos valores de albedo (α) associados às coberturas naturais. Oke *et al.* (2017, p. 129) destacam alguns valores gerais de α entre 10% e 20%, considerando a vegetação rasteira (gramíneas), solo exposto e árvores. Valores baixos de α indicam uma maior absorção da radiação de ondas curtas incidente, o que favorece o aquecimento do local.

Quanto à impermeabilidade do solo, ressalta-se um valor possivelmente baixo, a julgar pela ausência de qualquer tipo de pavimentação presente no local. Sendo assim, infere-se que o balanço hídrico local seja determinado por uma alta absorção de água, proporcionada pelo

tipo de cobertura do solo. Portanto, é viável assumir que o fluxo de calor latente no ambiente em questão seja favorecido, particularmente durante os períodos de chuvas.

Como exposto anteriormente, o local é marcado por um mosaico de áreas mais abertas e com características de campos, enquanto outras, mais afastadas, porém adjacentes, são dominadas por maior adensamento de árvores, com alturas distintas. Logo, a rugosidade do terreno, no geral, é definida por esses dois tipos de ambientes justapostos. O fluxo de vento local, assim, possivelmente tem relação direta com essas diferenciações morfológicas.

A admitância térmica, por sua vez, é particularmente difícil de ser definida para o ambiente não urbanizado. Isso porque os aspectos térmicos dos materiais naturais apresentam grande variabilidade a depender das condições de umidade do ambiente, devido à própria fisionomia da vegetação, a qual apresenta processos de geração/assimilação de água (Oke, 1987). Oke *et al.* (2017) apontam que, para o solo, a maior quantidade de água aumenta significativamente a admitância térmica da superfície.

Uma vez que os materiais naturais também têm maior capacidade de absorção de água, as variações de suas condições térmicas tornam-se muito mais variáveis se comparado aos materiais construtivos presentes no ambiente urbano (Oke *et al.* 2017). Tal fato é bastante relevante para a compreensão do balanço energético local do ambiente, uma vez que põe em evidência como a influência das condições sinóticas podem afetar diretamente os parâmetros de ocorrência das ICU.

Finalmente, o fluxo de calor antropogênico pode ser inferido como mínimo. Apesar do local apresentar tráfego eventual de veículos, de modo geral, o ambiente não apresenta uma frota que implique em inserção de calor significativo no sistema local. Além disso, o ambiente não apresenta demais atividades que estejam associadas diretamente a processos antropogênicos que possam influenciar diretamente no balanço energético da área.

Ainda acerca do ambiente rural, Oke (1987) aponta que os processos inerentes às atividades celulares das plantas causam efeitos diretos na dinâmica climática local. Atividades como fotossíntese, respiração e transpiração provocam transformações na composição atmosférica local, ao passo que há remoção/inserção de CO₂ e água no sistema. Isso implica em um balanço energético profundamente orientado pelas condições fisionômicas da vegetação. No ambiente natural, com ampla cobertura vegetal, essas condicionantes propiciam padrões térmicos particulares.

Sendo assim, no contexto da zona climática local rural, torna-se ainda mais relevante que sejam considerados a quantidade de precipitação acumulada durante o período de análise,

a fim de que se obtenha uma maior clareza das condições vegetativas do ambiente. Tal percepção auxilia na compreensão das diferentes intensidades de ICU observadas sobre diferentes condições sinóticas.

Definidas as características e particularidades de ambas as zonas climáticas locais, passa-se, agora, para a exposição e interpretação dos padrões de ocorrência das ilhas de calor em cada um dos ambientes descritos.

4.3 A Ilha de Calor na Camada do Dossel Urbano

Primeiramente, reitera-se que a investigação desenvolvida no contexto do trabalho se ateve à camada atmosférica do dossel urbano. Porém, é possível afirmar que o ponto monitorado mais próximo da superfície se insere completamente na camada do dossel, ao passo que o outro ponto, em maior altura, se insere na subcamada de rugosidade, a RSL (Oke *et al.*, 2012), conforme exposto na Seção II. Sendo assim, cada ponto esteve sobre dinâmicas atmosféricas e morfológicas distintas.

O primeiro instrumento de análise da dinâmica de formação das ICUs em cada ambiente urbano foram as tabelas dinâmicas. São apresentadas nos Quadros 4 a 7 as tabelas dos quatro meses de estudo.

Ressalta-se que o principal objetivo da análise via tabelas dinâmicas foi o de compreender a temporalidade associada à formação das ilhas de calor, os momentos de maior/menor intensidade da ICU e a identificação de possíveis diferenciações ocasionadas pelas condições sinóticas e sazonalidade anual.

Além disso, a tabela de diferença entre os pontos urbanos – terceira tabela nos quadros – pretende expor mais nitidamente a divergência de temperaturas atmosféricas entre as duas áreas, limitando a análise à cidade.

Janeiro de 2024

Logo, tem-se os seguintes cenários. Para o mês de janeiro (Quadro 4), a formação de ICUs de maiores intensidades (moderada e forte) concentrou-se no período noturno. De fato, as maiores intensidades médias horárias ocorreram entre 19 e 23 horas. Tal fato corrobora a literatura (Oke *et al.*, 2017; Amorim, 2020) e reforça a hipótese da dinâmica de resfriamento diferencial entre o ambiente urbano e rural.

No período da tarde, por outro lado, foi possível observar uma predominância de intensidades menores (ICUs fracas) ou mesmo a formação de ilhas de frescor (Amorim, 2020). Mais uma vez os resultados vão ao encontro do que é apontado na literatura consultada e atestam o maior aquecimento do ambiente com maior cobertura vegetal durante os horários de pico de incidência de radiação solar.

Quanto à relação das intensidades das ICUs com as condições sinóticas, apontam-se as seguintes observações. Nos dias com episódios de precipitação – assim como os dias subsequentes – e, concomitantemente, com entrada de massas polares, pôde-se observar ilhas de calor com intensidades bem menores, principalmente no período noturno relativo aos demais dias sem chuvas (estáveis).

Os dias com as maiores intensidades médias de ICU estiveram relacionados com a atuação de sistemas que apresentam, habitualmente, maiores temperaturas e ventos fracos, no caso massas de ar tropical atlântica e continental.

Em relação à diferença de padrões entre os pontos urbanos, ressalta-se que a divergência mais notória é a frequência das classes de intensidade de ICUs em cada local. Ao passo que o sensor mais próximo à superfície apresentou uma quantidade significativa a mais de horários e dias com classes moderadas e fortes de ICUs, o Ponto Urb. 1 apresentou um padrão de diferença de temperaturas menores. Ademais, este ponto não teve nenhum momento com ICUs classificadas como muito forte, enquanto no outro local tal condição ocorreu em cinco momentos distintos.

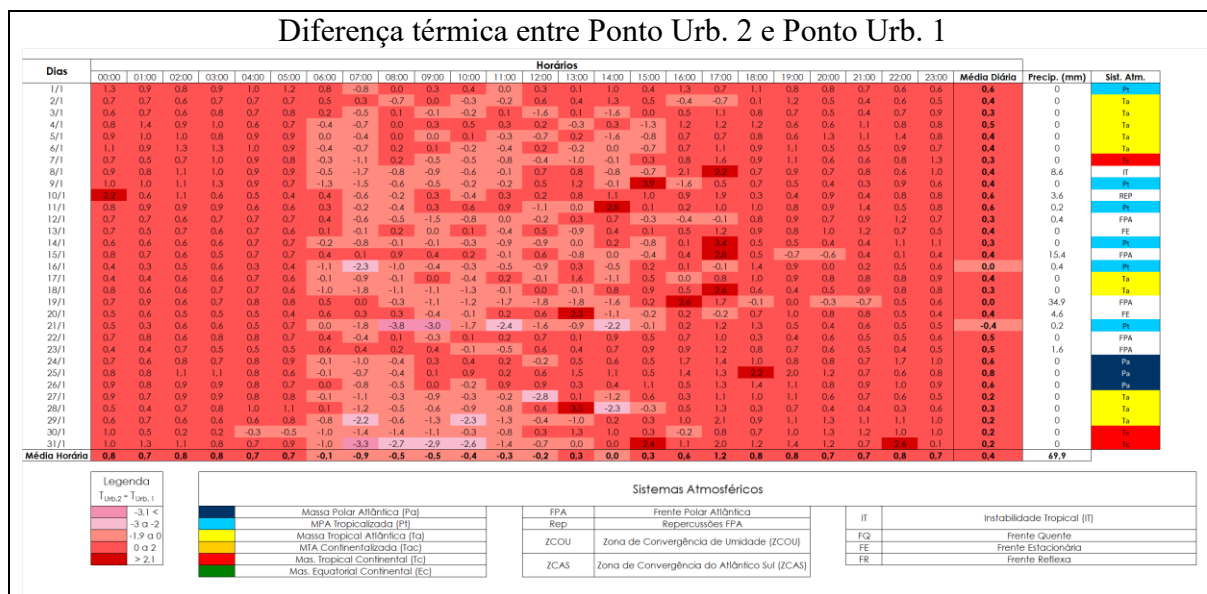
Outro ponto de destaque tem relação com o horário de guinada dos padrões de ICU nos dois pontos. No local próximo à superfície, as intensidades das ICUs começam a se tornar notoriamente maiores a partir das 17 horas, no outro ponto, porém, essa mudança no padrão térmico só se torna mais proeminente a partir das 19 horas.

Isso posto, de modo geral, ambos os pontos urbanos apresentaram diferenças de intensidades bastante tênues. O período de maiores disparidades foi durante a tarde, entre 13 e 17 horas, quando, em alguns dias em particular, foram detectadas diferenças de mais de 2°C, com um máximo de 3,9°C às 15 horas do dia 9. A média das diferenças chegou a 0,4°C.

Em suma, para o Ponto Urb. 1 a média geral de intensidades foi de 1,5°C, o valor máximo foi de 5,9°C, registrado às 15 horas do dia 31 e o mínimo foi de -4,7°C, às 17 horas do dia 15. Para o Ponto Urb. 2, a média geral foi de 1,9°C, com máxima de 8,2°C, também às 15 horas do dia 31, e mínima de -2,2°C, às 18 horas do dia 15.

Ponto Urb. 1

104



Fonte: Elaborado pelo autor (2024)¹².

Maio de 2024

Para o mês de maio (Quadro 5), destacam-se as seguintes observações. De modo geral, mantiveram-se os padrões térmicos apontados para o mês de janeiro. O período noturno com as maiores diferenças de temperatura entre o ambiente urbano e rural. O ponto mais próximo à superfície apresentando uma intensificação das ICUs de modo mais adiantado em relação ao outro ponto, além de valores mais altos de intensidade. As maiores intensidades de ICUs concentradas nos períodos de maiores temperaturas em escala sinótica (mTc em vigor).

Possivelmente a diferença mais notória em relação ao período de análise anterior diz respeito aos valores das intensidades observadas em maio. Na primeira metade do mês predominaram ICUs moderadas e, esporadicamente, fortes magnitudes. Já na segunda metade, muito em razão de entradas de massas de ar polares e episódios de precipitação, as ICUs se mantiveram mais fracas. Somado a isso, em maio foi detectado apenas um caso de ICU considerada como muito forte, às 8 horas do dia 29, no ponto em maior altura.

No que tange à comparação entre os pontos urbanos, observou-se uma grande proximidade entre as temperaturas. De fato, a média geral das diferenças chegou a apenas 0,2°C. A maior diferença foi de 3,4°C, a qual também ocorreu às 8 horas do dia 29, quando o “Ponto Urb. 1” esteve mais aquecido.

¹² Resultados já apresentados em Duchini *et al.* (2024).

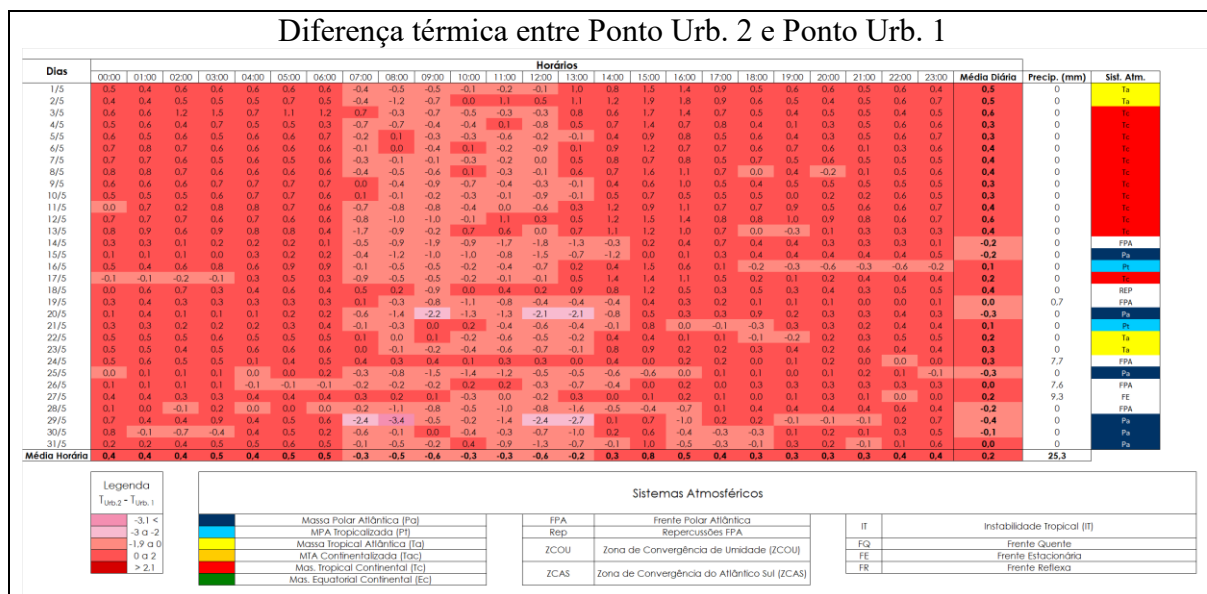
Quadro 5 – Cálculo das ilhas de calor por horário em maio de 2024

Horários

Dias	0000	0100	0200	0300	0400	0500	0600	0700	0800	0900	1000	1100	1200	1300	1400	1500	1600	1700	1800	1900	2000	2100	2200	2300	Média Diária	Precip. (mm)	Sist. Atm.	
1/5	2,7	2,1	2,7	1,5	1,3	1,4	1,3	2,2	1,0	1,2	1,1	1,1	1,3	1,3	1,6	0,5	1,1	2,0	2,3	1,7	2,3	2,2	1,9	1,6	1,6	0	1a	
2/5	1,0	1,2	1,0	1,1	1,0	1,1	2,6	3,4	1,5	0,7	1,0	0,8	1,2	1,3	0,2	1,0	2,3	2,8	3,4	2,9	3,3	3,1	2,2	1,7	0	1a		
3/5	2,1	3,5	2,1	2,1	3,1	2,3	1,5	2,3	1,5	2,3	1,5	2,3	1,5	2,3	1,5	2,3	1,5	2,3	1,5	2,3	1,5	2,3	1,5	2,3	1,5	0	1a	
4/5	1,7	2,3	2,5	2,4	2,3	2,3	2,0	2,9	3,3	1,1	1,3	1,2	0,5	1,4	1,0	1,2	0,6	1,5	3,3	4,4	5,0	4,1	3,8	3,5	2,4	0	1a	
5/5	4,0	3,4	4,2	4,4	3,7	3,5	2,8	2,8	1,1	0,2	0,4	0,9	1,1	1,2	0,8	0,9	1,3	5,2	5,1	5,0	5,1	5,4	4,3	3,4	2,9	0	1a	
6/5	4,5	3,3	3,5	3,8	3,8	3,3	3,3	3,1	0,1	0,2	0,7	0,4	0,9	1,1	1,2	0,8	0,9	1,3	5,2	5,1	5,0	5,1	5,4	4,3	2,9	0	1a	
7/5	3,1	3,2	2,9	2,8	2,3	2,0	1,7	0,3	0,7	0,4	0,3	0,5	1,0	1,4	0,8	1,7	1,1	2,5	2,5	3,2	3,5	4,4	3,8	3,1	2,5	1,9	0	1a
8/5	1,9	1,6	1,6	1,6	1,7	1,9	1,9	2,3	1,0	1,5	0,7	0,9	1,1	1,3	0,9	0,6	1,3	2,1	3,6	3,2	3,4	3,8	2,0	2,1	1,8	0	1a	
9/5	2,1	2,3	3,2	1,7	1,5	1,6	1,7	2,0	1,0	0,7	1,5	1,0	0,7	1,3	0,7	0,7	-0,3	1,7	4,6	4,7	4,5	5,1	4,7	4,9	2,2	0	1a	
10/5	4,8	4,6	4,5	3,7	3,5	3,5	3,5	2,9	0,2	0,0	-0,1	-0,5	0,9	0,4	1,0	0,2	1,5	3,3	3,3	3,1	3,2	2,5	2,5	2,5	2,5	0	1a	
11/5	2,4	1,8	2,3	3,3	3,2	2,7	2,4	1,0	0,8	0,7	0,8	1,2	0,8	1,8	1,1	0,4	2,1	1,9	3,0	3,5	1,7	2,6	3,3	1,9	0	1a		
12/5	2,2	1,9	4,0	4,4	4,4	3,1	2,8	3,0	1,7	0,9	1,5	0,1	0,4	0,6	0,5	0,1	1,2	2,3	2,4	2,0	1,5	1,7	2,3	2,0	1,9	0	1a	
13/5	2,7	4,1	3,9	3,6	4,4	3,5	2,6	5,2	2,0	0,9	0,4	0,4	0,4	0,6	0,5	0,3	0,9	2,2	2,3	2,4	3,0	2,0	1,6	2,2	0	1a		
14/5	1,6	1,8	1,0	1,4	1,6	1,6	1,6	2,2	2,1	2,5	1,4	2,1	1,5	1,2	1,4	1,5	1,2	2,4	1,8	1,2	1,6	1,7	1,6	1,7	1,6	0	1a	
15/5																												

Ponto Urb. 2

Dias	Horários																								Precip. (mm)	Sst. Atm.	
	0000	0100	0200	0300	0400	0500	0600	0700	0800	0900	1000	1100	1200	1300	1400	1500	1600	1700	1800	1900	2000	2100	2200	2300			
1/5	3,2	2,6	3,3	2,1	1,9	2,0	1,8	1,8	0,4	0,7	1,0	0,9	1,2	2,3	2,5	2,0	2,5	2,9	2,8	2,3	2,8	2,8	2,5	2,0	2,1	0	Pa
14/5	1,4	1,0	1,4	1,6	1,5	1,5	3,1	3,0	0,4	0,5	1,8	1,2	2,4	2,0	2,8	3,2	3,3	3,3	3,3	3,3	3,3	3,3	3,3	3,3	2,4	0	Pa
3/5	2,7	2,7	4,3	3,6	3,8	4,2	4,7	4,2	1,9	0,3	0,4	0,7	0,6	2,1	2,6	2,6	2,7	3,1	2,6	2,3	2,5	2,2	1,9	2,2	2,5	0	Pa
4/5	2,2	2,9	2,9	3,1	2,8	3,5	3,2	2,6	0,5	0,9	0,7	0,7	0,6	1,5	1,9	1,9	2,2	4,1	4,7	5,1	4,7	4,6	4,4	4,1	2,7	0	Pa
4/5	4,5	3,3	4,8	4,9	4,3	3,9	2,4	1,2	0,5	1,2	0,5	1,2	0,5	1,1	0,5	1,2	0,5	1,1	0,5	1,2	0,5	1,2	0,5	1,2	0,5	0	Pa
6/5	5,1	4,0	4,2	4,4	4,4	4,0	4,6	3,0	0,9	-0,3	-0,6	0,3	0,4	1,2	1,9	1,8	1,9	2,7	3,0	3,7	3,7	3,6	4,7	4,3	2,8	0	Pa
7/5	3,8	3,9	3,5	3,3	2,9	2,5	2,3	1,8	0,6	-0,4	-0,1	0,4	1,0	1,9	1,6	2,3	1,8	3,0	2,6	4,0	3,0	2,6	2,8	3,0	2,3	0	Pa
8/5	2,7	2,3	2,2	2,2	2,3	2,5	2,5	2,0	0,6	0,9	0,8	0,6	1,0	1,9	1,6	2,2	2,4	2,9	3,5	3,6	3,2	3,9	2,5	2,7	2,2	0	Pa
9/5	2,8	2,9	3,4	2,4	2,2	2,2	2,4	2,1	0,7	-0,2	0,8	0,6	0,4	1,2	1,1	1,2	0,7	0,8	5,2	4,9	5,6	5,2	5,4	5,4	2,5	0	Pa
10/5	4,9	4,8	5,0	4,3	4,2	4,1	4,1	2,9	0,1	-0,1	-0,4	-0,5	0,0	0,4	1,5	0,9	2,0	3,1	4,0	3,3	3,4	3,5	3,1	2,9	2,4	0	Pa
11/5	2,5	2,5	2,5	4,0	3,9	3,4	3,3	1,7	0,2	0,0	0,3	0,8	0,6	1,1	2,9	2,0	1,5	2,9	2,7	3,9	4,0	2,3	3,2	4,1	2,3	0	Pa
12/5	2,9	2,7	4,7	5,0	5,0	3,7	3,4	2,2	0,7	-0,1	1,4	1,2	0,7	1,1	1,7	1,6	2,6	3,1	3,2	2,9	2,5	2,5	2,9	2,6	2,5	0	Pa
13/5	4,5	4,3	4,6	4,6	5,2	4,3	3,9	2,4	1,0	0,7	1,1	1,0	0,4	1,2	0,6	1,2	0,6	2,2	3,0	2,5	3,3	2,3	2,3	1,9	2,2	0	Pa
14/5	1,9	1,4	1,1	1,6	1,8	1,8	1,7	1,2	0,6	0,5	0,4	-0,3	0,9	1,1	1,7	1,3	2,3	2,7	2,8	2,2	2,1	2,0	1,7	1,5	0	FPA	
15/5	1,4	1,4	1,5	1,5	1,7	1,7	1,7	1,2	0,2	0,2	0,7	-0,8	-0,5	0,9	0,9	1,1	2,3	3,5	3,7	3,4	3,5	3,4	3,1	1,6	0	Pa	
16/5	3,2	3,2	3,3	3,1	3,2	3,7	3,6	2,8	-0,2	-1,3	-0,6	-0,6	-1,0	0,9	1,2	1,8	1,8	2,1	1,9	1,8	1,6	2,0	2,1	2,2	1,7	0	Pa
17/5	1,9	2,3	1,6	1,7	1,9	1,9	3,4	2,0	0,2	0,8	0,4	0,8	1,4														



Fonte: Elaborado pelo autor (2024).

Julho de 2024

O mês de julho (Quadro 6) apresentou padrões térmicos e de formação de ICU bastante semelhantes aos períodos anteriores. Mais uma vez as maiores intensidades de ICU ocorreram durante a noite e madrugada, em particular nos dias com atuação de massas de ar tropicais, sem episódios de precipitação.

Assim como maio, julho foi marcado por uma intensidade geral média relativamente baixa, para ambos os pontos foram registrados 1,4°C. A intensidade mais alta de ICU foi de 5,4°C, registrada no dia 22 às 20 horas no ponto em maior altura. No outro ponto, a máxima foi próxima, com 5,2°C no mesmo momento do anterior. Os mínimos também foram semelhantes, com -2,5°C às 11 horas do dia 23, no Ponto Urb. 1, e -2,3°C no mesmo momento no Ponto Urb. 2.

Os dados apontam, assim, que houve uma profunda similaridade entre os padrões térmicos dos dois pontos durante o mês de julho. De fato, a média das diferenças das intensidades entre os dois ambientes urbanos foi praticamente nula, sendo de 0,003°C.

Ponto Urb. 1

Ponto Urb. 2

Dias	Horários																								Média Diária	Precip. (mm)	Sit. Alm.		
	00:00	01:00	02:00	03:00	04:00	05:00	06:00	07:00	08:00	09:00	10:00	11:00	12:00	13:00	14:00	15:00	16:00	17:00	18:00	19:00	20:00	21:00	22:00	23:00					
3/9	3,5	2,6	2,2	2,5	1,8	2,2	1,4	0,8	0,2	1,2	1,3	0,7	1,8	2,0	2,1	1,6	0,8	1,0	1,8	2,7	2,5	2,3	2,9	3,0	3,1	1,3	0,1	IT	
1/5	3,1	2,3	2,9	3,0	3,1	4,0	3,5	0,2	1,2	1,6	1,7	1,3	0,4	0,8	0,1	0,6	1,0	0,6	1,5	2,3	2,5	2,3	2,5	2,5	2,3	0,2	0,0	IT	
3/5	3,1	2,1	1,8	1,7	2,3	3,2	2,7	3,1	0,6	1,4	2,0	2,3	2,0	1,2	0,5	0,5	0,9	1,8	1,2	1,5	1,7	1,9	0,9	0,7	0,4	0,0	0,0	IT	
4/5	1,3	0,7	0,6	0,5	0,9	0,9	1,0	0,9	0,7	1,2	1,3	1,2	1,7	0,7	0,2	0,5	0,0	1,0	0,1	0,0	1,2	2,5	2,2	2,0	2,0	0,4	0,0	IT	
5/5	2,6	1,6	1,4	1,3	1,9	2,7	2,4	2,7	0,4	0,4	0,4	0,3	0,8	1,4	0,3	1,4	0,3	1,4	0,3	1,1	2,1	2,0	1,8	1,4	1,4	0,7	0,0	IT	
6/5	1,3	1,4	1,2	1,4	1,2	1,7	2,5	2,5	1,4	1,8	0,9	-1,4	-1,4	0,9	0,0	0,6	0,1	1,3	1,4	1,0	1,2	1,8	1,4	1,0	1,0	0,9	0,0	IT	
7/5	3,7	4,6	4,0	3,5	3,4	3,9	4,1	3,2	1,3	0,4	-0,8	-0,9	-0,3	-0,4	0,3	0,7	0,8	2,1	2,3	1,9	2,3	2,5	2,3	2,3	2,3	1,9	0,0	IT	
8/5	2,2	1,8	2,0	2,1	2,2	1,8	1,7	1,4	0,8	0,2	-0,5	0,2	0,1	0,3	1,3	1,4	1,3	1,2	1,0	1,1	0,8	1,1	1,1	0,8	1,1	4,6	FFA		
9/5	0,6	0,9	0,9	0,9	0,9	0,9	0,7	0,5	0,6	0,7	0,4	0,5	0,3	0,1	1,1	1,1	1,1	0,5	0,6	0,4	0,6	0,8	0,6	0,6	0,6	0,7	0,0	FF	
10/5	0,6	0,6	0,8	1,1	0,7	0,9	1,0	0,9	0,6	0,3	0,7	1,2	1,0	0,1	0,4	0,7	0,5	0,8	1,4	1,8	2,3	2,4	2,3	2,4	2,4	1,1	2,5	FF	
11/5	2,7	2,4	2,0	1,4	1,3	1,4	1,5	1,3	0,8	-0,5	-0,5	-1,6	-1,4	-1,1	-0,6	-2,1	-0,4	-0,4	1,1	1,5	1,3	0,9	1,0	1,3	0,6	0,0	0,0	Pa	
12/5	1,3	1,3	1,4	1,1	1,5	1,7	1,7	1,4	0,0	0,3	-0,4	0,1	0,1	0,1	0,2	0,6	0,1	0,1	0,5	1,0	1,5	1,5	1,8	1,8	1,0	0,0	0,0	Pa	
13/5	1,6	1,5	1,0	0,9	0,9	1,5	1,7	1,6	0,0	-0,1	-1,2	-1,3	-1,2	-1,0	-0,8	-2,1	0,4	1,9	2,3	1,9	2,0	2,1	2,0	1,8	0,8	0,0	0,0	FF	
14/5	1,7	1,5	1,9	1,5	1,0	1,5	0,5	0,2	0,3	0,4	1,2	0,5	0,3	-0,5	0,2	0,8	0,3	0,8	1,1	1,4	1,4	1,5	1,7	1,5	0,9	0,0	0,0	Pa	
15/5	1,8	1,3	1,3	1,5	1,4	1,1	0,9	1,7	1,9	-0,4	-0,9	-1,5	-0,9	0,8	1,0	0,7	1,3	2,3	2,6	2,7	2,8	2,9	2,3	1,2	0,0	0,0	0,0	Pa	
16/5	2,2	2,2	2,0	1,7	1,6	1,8	1,8	1,3	-0,4	-1,4	-1,8	-1,3	-1,5	-1,3	-0,4	0,1	0,1	0,9	1,3	1,3	1,2	1,3	1,3	1,3	1,3	2,7	0,0	0,0	Pa
17/5	2,1	2,1	2,0	1,8	1,7	1,8	2,0	1,7	-0,2	-1,4	-2,0	-1,8	-2,1	-1,1	0,5	0,9	0,3	0,5	0,9	0,9	0,8	0,4	0,5	1,0	0,6	0,0	0,0	0,0	Pa
18/5	2,5	1,6	2,7	3,8	3,6	4,0	3,7	2,5	0,6	-1,9	-2,1	-1,5	-2,0	-0,8	0,2	0,9	0,2	1,3	2,2	1,8	2,5	4,5	4,2	3,6	1,5	0,0	0,0	0,0	Pa
19/5	4,0	4,1	4,1	4,4	4,5	4,4	4,0	3,7	0,3	-1,3	-1,6	-1,5	-1,4	-0,8	0,1	0,4	0,4	2,1	4,5	4,7	4,8	4,1	3,8	3,8	2,3	0,0	0,0	0,0	Pa
20/5	3,7	3,7	3,6	3,6	2,9	2,5	2,5	2,5	0,0	0,3	1,2	1,5	1,3	1,6	0,0	0,7	1,8	1,6	4,1	4,7	4,9	4,6	4,4	4,4	3,8	2,1	0,0	0,0	Pa
21/5	4,1	3,8	3,8	3,3	4,0	4,2	4,7	4,3	1,6	0,1	0,1	1,5	1,2	1,3	1,4	0,4	0,9	2,9	4,4	4,6	4,1	4,1	3,8	2,3	0,0	0,0	0,0	0,0	Pa
22/5	3,3	3,7	3,9	3,1	3,2	4,0	3,6	3,3	0,3	-1,5	1,4	1,7	1,7	1,0	0,5	1,4	1,0	1,9	4,3	4,6	5,2	4,7	4,3	4,0	2,2	0,0	0,0	0,0	Pa
23/5	3,9	3,7	3,2	3,0	3,1	3,5	3,2	2,8	0,4	-1,3	1,7	2,3	1,6	1,7	-0,1	0,9	2,0	2,0	4,1	4,7	4,3	4,6	4,3	3,7	2,0	0,0	0,0	0,0	Pa
24/5	3,7	3,8	3,9	3,8	4,2	4,4	4,4	3,8	0,2	-1,5	0,3	1,1	-1,0	-0,5	0,6	0,7	0,8	1,5	3,3	3,2	3,8	3,8	3,7	3,6	2,2	0,0	0,0	0,0	Pa
25/5	3,6	3,4	3,0	2,1	1,8	2,9	3,5	3,0	0,4	-1,4	-1,3	-0,5	-0,6	0,3	1,4	1,1	0,8	1,2	1,8	1,3	2,6	4,9	4,1	4,4	1,8	0,0	0,0	0,0	Pa
26/5	4,8	4,1	4,1	4,1	3,1	2,5	3,7	3,5	1,9	0,1	-0,5	-0,7	-0,8	-1,0	0,4	0,2	1,2	1,0	1,9	3,5	3,7	3,3	4,2	3,4	3,4	2,1	0,0	0,0	Pa
27/5	3,1	3,2	3,7	3,7	3,2	3,3	3,6	3,4	2,4	-0,8	-1,3	-1,6	-1,6	-1,0	0,3	0,4	2,0	1,6	1,6	2,0	2,0	2,0	2,0	2,0	2,0	2,0	0,0	0,0	Pa
28/5	4,3	4,1	4,2	4,2	4,2	4,1	3,7	3,6	3,1	0,5	-0,6	-1,3	-1,4	-0,6	-0,1	0,9	1,0	1,5	1,1	0,7	1,4	-0,4	-1,5	1,3	1,4	0,0	0,0	0,0	Pa
29/5	1,6	0,5	0,5	2,0	3,3	2,4	3,9	2,9	1,8	1,3	-0,2	-0,4	-0,6	-1,4	1,7	1,5	1,3	2,3	2,4	2,7	2,1	2,1	2,9	2,2	1,7	0,0	0,0	0,0	Pa
30/5	2,1	2,2	1,8	2,5	1,8	1,8	1,7	1,9	1,2	0,8	-0,4	-0,3	-1,4	-0,6	-0,9	-1,1	0,0	1,5	3,0	3,9	3,8	3,3	2,7	2,3	1,2	0,0	0,0	0,0	Pa
31/5	1,8	1,8	1,9	1,8	1,8	1,8	1,8	1,5	1,5	1,7	-0,1	-0,2	-0,3	-0,8	-1,8	-1,8	-1,8	-1,8	-1,8	-1,8	-1,8	-1,8	-1,8	-1,8	-1,8	1,1	0,0	0,0	Pa
Média Horária	2,6	2,4	2,4	2,3	2,3	2,5	2,4	2,2	0,6	-0,4	-0,9	-1,1	-1,1	-0,4	0,2	0,6	0,5	1,3	2,1	2,2	2,5	2,7	2,5	1,4	66,1	0,0	0,0	0,0	Pa

Legenda ΔT
(T_{atm} - T_{sol})

-0.0
0.0-2
2.0-4
4.0-6
6.0-8
8.0-10
10.0-12
12.0-14
14.0-16
16.0-18
18.0-20
20.0-22
22.0-24
24.0-26
26.0-28
28.0-30
30.0-32
32.0-34
34.0-36
36.0-38
38.0-40
40.0-42
42.0-44
44.0-46
46.0-48
48.0-50
50.0-52
52.0-54
54.0-56
56.0-58
58.0-60
60.0-62
62.0-64
64.0-66
66.0-68
68.0-70
70.0-72
72.0-74
74.0-76
76.0-78
78.0-80
80.0-82
82.0-84
84.0-86
86.0-88
88.0-90
90.0-92
92.0-94
94.0-96
96.0-98
98.0-100
100.0-102
102.0-104
104.0-106
106.0-108
108.0-110
110.0-112
112.0-114
114.0-116
116.0-118
118.0-120
120.0-122
122.0-124
124.0-126
126.0-128
128.0-130
130.0-132
132.0-134
134.0-136
136.0-138
138.0-140
140.0-142
142.0-144
144.0-146
146.0-148
148.0-150
150.0-152
152.0-154
154.0-156
156.0-158
158.0-160
160.0-162
162.0-164
164.0-166
166.0-168
168.0-170
170.0-172
172.0-174
174.0-176
176.0-178
178.0-180
180.0-182
182.0-184
184.0-186
186.0-188
188.0-190
190.0-192
192.0-194
194.0-196
196.0-198
198.0-200
200.0-202
202.0-204
204.0-206
206.0-208
208.0-210
210.0-212
212.0-214
214.0-216
216.0-218
218.0-220
220.0-222
222.0-224
224.0-226
226.0-228
228.0-230
230.0-232
232.0-234
234.0-236
236.0-238
238.0-240
240.0-242
242.0-244
244.0-246
246.0-248
248.0-250
250.0-252
252.0-254
254.0-256
256.0-258
258.0-260
260.0-262
262.0-264
264.0-266
266.0-268
268.0-270
270.0-272
272.0-274
274.0-276
276.0-278
278.0-280
280.0-282
282.0-284
284.0-286
286.0-288
288.0-290
290.0-292
292.0-294
294.0-296
296.0-298
298.0-300
300.0-302
302.0-304
304.0-306
306.0-308
308.0-310
310.0-312
312.0-314
314.0-316
316.0-318
318.0-320
320.0-322
322.0-324
324.0-326
326.0-328
328.0-330
330.0-332
332.0-334
334.0-336
336.0-338
338.0-340
340.0-342
342.0-344
344.0-346
346.0-348
348.0-350
350.0-352
352.0-354
354.0-356
356.0-358
358.0-360
360.0-362
362.0-364
364.0-366
366.0-368
368.0-370
370.0-372
372.0-374
374.0-376
376.0-378
378.0-380
380.0-382
382.0-384
384.0-386
386.0-388
388.0-390
390.0-392
392.0-394
394.0-396
396.0-398
398.0-400
400.0-402
402.0-404
404.0-406
406.0-408
408.0-410
410.0-412
412.0-414
414.0-416
416.0-418
418.0-420
420.0-422
422.0-424
424.0-426
426.0-428
428.0-430
430.0-432
432.0-434
434.0-436
436.0-438
438.0-440
440.0-442
442.0-444
444.0-446
446.0-448
448.0-450
450.0-452
452.0-454
454.0-456
456.0-458
458.0-460
460.0-462
462.0-464
464.0-466
466.0-468
468.0-470
470.0-472
472.0-474
474.0-476
476.0-478
478.0-480
480.0-482
482.0-484
484.0-486
486.0-488
488.0-490
490.0-492
492.0-494
494.0-496
496.0-498
498.0-500
500.0-502
502.0-504
504.0-506
506.0-508
508.0-510
510.0-512
512.0-514
514.0-516
516.0-518
518.0-520
520.0-522
522.0-524
524.0-526
526.0-528
528.0-530
530.0-532
532.0-534
534.0-536
536.0-538
538.0-540
540.0-542
542.0-544
544.0-546
546.0-548
548.0-550
550.0-552
552.0-554
554.0-556
556.0-558
558.0-560
560.0-562
562.0-564
564.0-566
566.0-568
568.0-570
570.0-572
572.0-574
574.0-576
576.0-578
578.0-580
580.0-582
582.0-584
584.0-586
586.0-588
588.0-590
590.0-592
592.0-594
594.0-596
596.0-598
598.0-600
600.0-602
602.0-604
604.0-606
606.0-608
608.0-610
610.0-612
612.0-614
614.0-616
616.0-618
618.0-620
620.0-622
622.0-624
624.0-626
626.0-628
628.0-630
630.0-632
632.0-634
634.0-636
636.0-638
638.0-640
640.0-642
642.0-644
644.0-646
646.0-648
648.0-650
650.0-652
652.0-654
654.0-656
656.0-658
658.0-660
660.0-662
662.0-664
664.0-666
666.0-668
668.0-670
670.0-672
672.0-674
674.0-676
676.0-678
678.0-680
680.0-682
682.0-684
684.0-686
686.0-688
688.0-690
690.0-692
692.0-694
694.0-696
696.0-698
698.0-700
700.0-702
702.0-704
704.0-706
706.0-708
708.0-710
710.0-712
712.0-714
714.0-716
716.0-718
718.0-720
720.0-722
722.0-724
724.0-726
726.0-728
728.0-730
730.0-732
732.0-734
734.0-736
736.0-738
738.0-740
740.0-742
742.0-744
744.0-746
746.0-748
748.0-750
750.0-752
752.0-754
754.0-756
756.0-758
758.0-760
760.0-762
762.0-764
764.0-766
766.0-768
768.0-770
770.0-772
772.0-774
774.0-776
776.0-778
778.0-78

Ponto Urb. 2

Dias	Horários																								Média Diária	Precip. (mm)	Sist. Alm.			
	00:00	01:00	02:00	03:00	04:00	05:00	06:00	07:00	08:00	09:00	10:00	11:00	12:00	13:00	14:00	15:00	16:00	17:00	18:00	19:00	20:00	21:00	22:00	23:00						
1/5	39	35	25	22	23	18	22																			13	21	17		
2/5	31	23	29	30	34	30	34	30	0.2	1.2	1.6	1.5	1.7	1.3	0.4	0.8	0.1	0.6	1.0	0.6	1.3	2.3	2.5	2.3		1.2	0	1/0		
3/5	31	21	1.8	1.7	2.3	3.2	2.7	3.1	0.6	1.4	2.0	2.3	2.0	1.2	0.5	0.3	0.9	2.0	0.9	1.8	1.2	1.3	1.7	1.0	0.9	0.9	0	1/1		
4/5	1.3	0.7	0.6	0.5	0.9	0.9	0.9	0.9	0.7	1.2	1.3	1.2	1.7	0.7	0.2	0.5	0.0	1.0	1.0	0.1	0.0	1.2	2.5	2.2	2.0	0.4	0	0		
5/5	1.7	1.6	1.4	1.3	1.5	2.7	2.4	2.7	0.4	0.4	0.3	0.4	0.4	0.4	0.3	0.4	0.3	1.1	0.3	1.4	2.7	2.1	2.0	1.8	1.4	0.9	0.7	0	1/1	
6/5	1.3	1.4	1.2	1.4	1.2	1.7	2.5	2.0	1.4	1.8	0.9	1.4	1.4	0.9	0.0	0.6	0.1	1.3	1.4	1.0	1.2	1.8	1.8	1.4	1.0	1.9	0	0	1/1	
7/5	3.7	4.6	4.0	3.5	3.4	3.9	4.1	3.2	1.3	0.4	0.8	0.9	0.3	0.4	0.3	0.7	0.8	2.1	2.3	1.9	2.3	2.5	2.3	2.3		1.0	0	0	1/1	
8/5	2.8	2.0	2.1	2.2	1.8	1.7	1.6	0.4	0.2	0.5	0.2	0.1	0.3	0.3	0.4	1.3	1.2	1.0	1.1	0.8	1.1	1.3	0.8			1.1	4.6	0	1/1	
9/5	0.9	0.6	0.9	0.9	0.8	1.0	0.9	0.7	0.5	0.6	0.7	0.6	0.5	0.3	0.5	0.5	1.1	1.1	0.5	0.6	0.6	0.6	0.6	0.6		0.7	56.9	0	1/1	
10/5	0.6	0.6	0.8	1.1	0.7	0.9	1.0	0.9	0.6	0.3	0.7	1.2	1.0	0.1	0.4	0.7	0.5	0.8	1.4	1.8	2.3	2.4	2.3	2.4		1.1	2.5	0	1/1	
11/5	2.7	2.4	2.0	1.6	1.3	1.4	1.5	1.3	0.8	-0.5	-0.5	-1.6	-1.4	-1.1	-0.6	-2.1	-0.4	-0.4	1.1	1.5	1.3	0.9	1.0	1.3		0.6	0	0	1/1	
12/5	1.3	0.1	1.4	1.1	1.5	1.7	1.4	0.3	0.1	0.4	0.3	-0.4	0.1	0.1	0.2	0.6	0.5	0.5	1.0	1.8	2.0	1.5	1.8	1.8		1.0	0	0	1/1	
13/5	1.6	1.5	1.0	0.9	0.9	1.5	1.7	1.6	0.0	-0.1	-1.2	-1.3	-1.2	-1.0	-0.8	-1.1	0.6	1.9	2.3	1.9	2.0	2.1	2.0	1.8		0.8	0	0	1/1	
14/5	1.7	1.5	1.9	1.5	1.0	0.5	0.2	0.3	0.4	1.2	0.5	0.3	0.3	-0.5	0.2	0.8	0.3	0.8	1.1	1.4	1.4	1.5	1.7	1.5		0.9	0	0	1/1	
15/5	1.8	1.2	1.3	1.3	1.5	1.4	1.1	0.9	1.7	1.9	0.4	0.9	-1.5	-0.9	0.8	1.0	0.7	1.3	2.3	2.6	2.7	2.8	2.9	2.5		1.2	0	0	1/1	
16/5	2.2	2.0	1.7	1.6	1.8	1.5	0.4	1.4	-1.8	1.3	1.3	1.3	1.3	1.3	1.3	1.3	1.3	1.3	1.3	1.3	1.3	1.3	1.3	1.3		0.9	0	0	1/1	
17/5	2.1	2.1	2.0	1.8	1.7	1.8	2.0	1.7	-0.2	-1.4	-2.0	-1.8	-2.1	-1.1	0.5	0.9	0.3	0.5	0.9	0.9	0.8	0.4	0.5	1.0		0.4	0	0	1/1	
18/5	2.5	1.6	2.7	3.8	3.6	4.0	3.7	2.5	0.6	1.9	2.1	1.5	2.0	-0.8	0.2	0.9	0.2	1.3	2.2	1.8	2.5	4.5	4.2	3.6		1.5	0	0	1/1	
19/5	4.0	4.1	4.1	4.4	4.5	4.0	3.7	4.0	0.3	1.8	1.6	1.5	1.4	0.8	0.1	0.8	0.4	2.1	2.5	4.7	4.8	4.1	3.8	3.8		2.3	0	0	1/1	
20/5	3.7	4.2	3.7	3.6	2.9	2.8	1.9	0.0	0.3	1.2	1.5	1.6	1.6	0.0	0.8	0.6	0.6	4.1	4.1	4.6	4.2	4.5	4.6	4.3		4.2	0	0	1/1	
21/5	4.1	3.8	3.8	3.3	4.0	4.2	4.7	4.3	1.6	0.1	1.0	1.5	1.2	1.3	0.0	1.4	0.4	0.9	2.9	4.4	4.6	4.1	4.1	3.8		2.3	0	0	1/1	
22/5	3.3	3.7	3.9	3.1	3.2	4.0	3.6	3.3	0.3	1.5	1.4	1.7	1.7	1.0	0.5	1.4	1.0	1.9	4.3	4.6	5.2	4.7	4.3	4.0		2.2	0	0	1/1	
23/5	3.9	3.7	3.2	3.0	3.1	3.5	3.2	2.8	0.3	1.3	1.7	2.3	1.6	-0.7	0.1	0.9	0.4	2.0	4.1	4.7	4.3	4.6	4.3	4.0		2.0	0	0	1/1	
24/5	3.7	3.8	3.9	3.8	4.2	4.4	4.4	3.8	0.2	-1.5	0.3	1.1	-1.0	-0.5	0.6	0.7	0.8	1.5	3.3	3.2	3.8	3.8	3.7	3.6		2.2	0	0	1/1	
25/5	3.6	3.4	3.0	3.1	2.8	2.9	3.5	3.0	0.4	-1.4	-1.3	-0.5	-0.6	0.3	1.4	1.1	0.8	1.2	1.8	1.3	2.6	4.9	4.4	4.4		1.8	0	0	1/1	
26/5	4.8	4.1	4.1	4.1	3.1	2.5	3.7	3.5	1.9	0.1	-0.5	0.7	-0.8	-1.5	0.4	0.2	1.2	1.0	1.9	3.5	3.7	3.3	4.2	3.4		1.4	0	0	1/1	
27/5	3.1	2.7	3.3	3.7	3.5	3.7	3.5	3.6	2.4	2.0	-1.6	-1.2	-1.1	0.7	0.6	1.0	0.7	1.6	2.0	2.3	2.9	3.0	3.1	2.8		2.1	0	0	1/1	
28/5	4.3	4.1	4.2	4.2	4.2	4.1	3.7	3.6	3.1	0.5	-0.6	-1.3	-1.4	-0.6	-0.1	0.9	1.5	1.5	1.1	0.7	1.4	-0.4	1.5	1.3		1.4	0	0	1/1	
29/5	1.6	0.5	0.5	0.0	3.3	2.4	3.6	2.9	1.8	1.3	0.2	-0.4	-0.6	-1.4	1.7	1.5	1.3	2.3	2.4	2.7	2.1	2.1	1.9	2.2		1.7	0	0	1/1	
30/5	2.1	2.2	1.8	2.0	1.8	1.5	1.7	1.9	0.7	0.8	0.4	-0.3	-1.4	-1.0	-0.0	1.5	3.0	3.0	2.8	2.8	2.3	2.7	2.7	2.7		1.4	0	0	1/1	
31/5	1.8	1.8	1.8	1.8	1.8	1.8	1.8	1.8	1.8	1.8	1.8	1.8	1.8	1.8	1.8	1.8	1.8	1.8	1.8	1.8	1.8	1.8	1.8	1.8		1.8	0	0	1/1	
Média Horária	2.6	2.4	2.4	2.3	2.3	2.5	2.4	2.2	0.6	-0.4	-0.9	-1.1	-1.1	-0.4	0.2	0.6	0.5	1.3	2.1	2.2	2.5	2.7	2.7	2.5	1.4		46.1	0	0	1/1

Legenda AT
(P_{0.2} = 1 h)

0.0

2.0

2.1 e 4

3.1 e 6

7 e 6

Massa Polar Atlântica (Pa)

MFA tropicalizada (Ta)

Massa tropical Atlântica (Ta)

MFA Continentalizada (Ca)

MFA tropicalizada (Ca)

MFA Equatorial Continental (Ca)

Sistemas Atmosféricos

IPA

Keo

PCOH

ZCAS

Fronte Polar Atlântica

superfícies IPA

Zona da Convergência da Unidade (ZCOU)

Zona da Convergência do Atlântico Sul (ZCAS)

IT

IG

IE

IR

Instabilidade Tropical (IT)

rente quente

rente latitudinal

rente reflexa

Diferença térmica entre Ponto Urb. 2 e Ponto Urb. 1

Dias	Horários																								Precip. (mm)	Sist. Alm.	
	00:00	01:00	02:00	03:00	04:00	05:00	06:00	07:00	08:00	09:00	10:00	11:00	12:00	13:00	14:00	15:00	16:00	17:00	18:00	19:00	20:00	21:00	22:00	23:00			
1/7	0.5	0.4	0.6	0.4	0.8	0.5	0.5	0.4	0.5	0.2	0.2	-0.4	-0.3	0.1	-0.3	0.5	0.2	0.5	0.4	0.6	0.8	0.8	0.7	0.8	0.4	2.1	FFA
2/7	0.6	0.7	0.6	0.5	0.7	0.4	0.7	-0.2	-0.8	-0.7	-0.3	-0.7	-1.2	-1.7	-0.3	0.6	0.0	0.2	0.3	-0.1	0.0	0.3	-0.1	0.0	0.0	0	PQ
3/7	-0.4	0.1	-0.8	-0.7	-0.7	0.2	-0.1	-0.5	-0.8	-0.5	-0.7	-1.5	-1.5	-1.2	-0.5	-0.4	-0.3	-0.2	-0.9	-1.1	-0.9	-0.7	-0.7	-0.4	-0.4	0	PI
4/7	-0.3	-0.6	-0.3	-0.6	-0.1	-0.7	-0.7	0.0	-0.3	0.0	-0.2	-0.6	-1.3	-0.7	-0.8	0.7	-0.2	-0.4	-0.8	-0.6	-1.0	-0.3	-0.5	-0.2	-0.4	0	PI
5/7	-0.2	0.1	0.0	-0.2	0.0	0.3	0.3	0.1	0.2	0.2	0.1	0.0	0.0	-0.6	-0.1	0.6	0.0	-0.3	-0.4	-0.2	0.1	0.2	0.3	0.2	0.0	0	PI
6/7	0.3	0.4	0.2	0.5	0.5	0.5	0.6	0.8	-0.3	0.1	-0.1	-0.2	-0.8	-0.5	-0.3	0.6	-0.3	-0.3	-0.8	-0.9	-0.6	-0.7	0.1	0.1	0.0	0	PI
7/7	0.0	0.4	0.5	0.6	0.6	0.7	0.8	0.8	-0.3	0.0	-0.1	-0.8	-0.2	0.0	0.4	0.7	0.2	0.0	0.5	0.3	0.1	0.1	0.2	0.2	0.2	0	PI
8/7	0.1	0.2	0.1	0.2	0.1	0.2	0.1	0.1	-0.1	-0.1	-0.8	-0.4	-1.3	-1.0	-0.5	-0.3	-0.2	0.2	0.2	0.2	0.0	0.2	0.2	0.1	-0.1	4.6	FFA
9/7	0.3	0.0	0.2	0.2	-0.1	0.3	0.0	0.1	-0.1	0.1	0.0	0.3	0.3	0.2	0.2	0.3	0.5	0.3	0.0	0.0	0.0	-0.1	-0.1	-0.1	0.1	56.9	FE
10/7	0.1	0.2	0.2	0.3	0.1	0.2	0.3	0.2	0.1	0.0	-0.6	-0.5	-0.6	-0.2	-0.5	-0.7	-0.3	0.0	0.2	0.5	0.7	0.6	0.3	0.6	0.0	2.5	FE
11/7	0.6	0.6	0.4	0.5	0.3	0.5	0.4	0.4	0.5	0.1	0.0	-0.3	-0.5	-0.8	-0.6	-0.3	-0.6	-1.4	-0.6	-0.2	-0.3	-0.1	0.0	0.1	-0.1	0	PQ
12/7	0.1	0.2	0.2	0.1	0.3	0.5	0.3	0.1	0.0	-0.1	0.1	0.2	0.1	0.2	-0.1	-0.1	0.0	-0.1	-0.1	-0.1	0.1	0.2	0.2	0.2	0.1	0	FFA
13/7	0.3	-0.1	0.1	0.4	0.3	0.4	0.4	0.2	-0.3	0.0	0.2	-0.1	-0.3	0.0	-0.1	-0.2	-0.3	-0.5	-0.4	0.1	0.1	0.2	0.3	0.3	0.0	0	FE
14/7	0.2	0.2	0.2	0.2	0.3	0.1	0.0	0.0	-0.1	0.0	-0.3	-0.5	-0.9	-1.5	-0.4	0.3	0.1	0.0	0.0	-0.1	0.2	0.1	-0.1	0.0	-0.1	0	PQ
15/7	0.1	0.1	0.2	0.1	0.2	0.3	0.1	0.2	-1.4	-0.5	0.2	-1.2	-2.2	-2.0	-0.9	0.2	0.1	-0.1	0.2	-0.1	0.2	0.0	0.0	0.1	-0.3	0	PI
16/7	0.2	0.2	0.2	0.3	0.3	0.3	0.3	0.2	0.0	0.1	0.0	-0.1	-0.7	-0.5	-0.3	0.3	0.2	-0.4	-1.4	-1.3	-1.2	-0.6	-0.2	-0.1	-0.2	0	PI
17/7	0.0	0.1	0.2	0.2	0.3	0.3	0.2	0.0	0.1	0.3	-0.6	-1.4	-0.9	-0.2	0.6	0.7	-0.3	-0.4	-0.5	-0.4	-0.3	-0.1	-0.2	-0.1	-0.1	0	PI
18/7	-0.4	-1.0	-0.2	-0.3	-0.3	-0.1	0.0	0.0	0.0	0.0	0.3	0.2	-0.9	-0.8	0.0	1.1	0.6	-0.1	-1.1	-0.7	-0.8	-0.1	-0.2	0.2	-0.2	0	Ta
19/7	0.2	0.3	0.6	0.5	0.5	0.3	0.3	0.2	-0.2	0.3	0.5	0.0	-0.5	-0.5	0.4	0.5	0.4	-0.2	-0.3	-0.2	-0.1	0.1	0.1	0.1	0.1	0	Ta
20/7	0.3	0.2	0.2	0.2	-0.1	0.3	0.6	0.2	0.2	0.4	0.7	0.1	-1.0	-0.6	-0.1	0.5	0.5	-0.1	-0.6	-0.2	-0.2	-0.1	-0.1	0.1	0.1	0	Ta
21/7	0.0	0.0	0.1	0.1	0.3	0.4	0.6	0.5	-0.2	-0.3	0.4	0.1	-0.4	-0.7	-0.2	1.1	0.5	-0.3	-1.5	-0.4	-0.2	0.1	0.0	0.0	0.0	0	Ta
22/7	0.1	0.0	0.3	0.2	0.3	0.0	0.1	0.5	-0.3	-0.1	0.1	-0.1	-0.4	-1.2	0.5	0.7	1.0	-0.2	-0.5	-0.3	-0.2	-0.1	0.1	0.1	0.0	0	Ta
23/7	0.0	0.0	0.1	0.2	0.3	0.3	0.3	0.4	0.4	0.3	0.5	0.2	0.0	-0.6	0.1	0.3	0.4	-0.2	-0.4	-0.1	0.1	0.1	0.2	0.0	0.1	0	Ta
24/7	0.1	0.2	0.4	0.4	0.4	0.4	0.5	0.3	0.1	0.2	0.4	0.2	-0.9	-0.8	0.1	0.2	0.5	-0.3	-0.7	-0.2	0.1	0.0	0.1	0.2	0.1	0	Ta
25/7	0.1	-0.1	-0.3	-0.2	0.5	0.1	-0.1	-0.7	-1.0	-0.5	0.5	0.3	-0.7	0.0	0.5	0.5	0.7	-0.2	-1.0	-1.2	-0.6	-0.4	-0.2	0.7	-0.1	0	Ta
26/7	-0.2	0.3	0.1	0.2	0.4	0.7	0.4	0.1	0.2	0.4	0.3	0.2	-0.8	-0.2	-0.2	0.8	0.5	0.0	-0.3	0.1	0.2	0.1	0.0	0.1	0.1	0	Ta
27/7	0.3	0.3	0.4	0.4	0.4	0.4	0.5	0.8	0.6	0.3	0.2	0.0	-0.4	-0.5	0.1	0.2	0.5	0.0	-1.0	-0.5	-0.3	-0.1	0.0	0.1	0.1	0	Ta
28/7	0.1	0.4	0.4	0.2	0.7	0.5	0.2	0.2	0.1	0.4	0.7	-0.3	-0.9	-0.7	0.4	0.3	0.8	0.1	-0.7	0.1	-0.1	-0.7	-0.9	-1.2	0.0	0	Ta
29/7	-1.1	-0.9	-0.3	0.5	0.1	0.4	0.8	0.5	-0.1	-0.9	0.3	0.4	-2.8	-1.0	-0.3	0.6	0.2	0.1	0.4	0.5	0.5	0.5	0.4	0.6	-0.1	0	FE
30/7	0.4	0.5	0.5	0.5	0.5	0.5	0.5	0.5	0.5	0.6	0.7	0.8	0.2	0.4	0.4	0.5	0.3	0.2	0.2	0.2	0.2	0.3	0.4	0.5	0.4	0	FFA
31/7	0.4	0.4	0.5	0.5	0.5	0.5	0.5	0.4	0.7	0.7	0.6	0.1	-0.2	-0.2	0.4	0.2	-0.1	-0.4	-1.2	-1.2	-0.6	-0.1	0.0	0.1	0.1	0	PQ
Média Horária	0.1	0.1	0.2	0.2	0.3	0.3	0.3	0.2	-0.1	0.0	0.1	-0.2	-0.7	-0.6	-0.1	0.4	0.2	-0.1	-0.4	-0.2	-0.1	0.0	0.0	0.1	0.0	44.1	

Legenda

$T_{\text{Ponto 2}} - T_{\text{Ponto 1}}$

-3.1 <

-3.0 a -2

-1.9 a 0

0 a 2

> 2.1

Sistemas Atmosféricos

Massa Polar Atlântica (Pa)

Massa Tropical Atlântica (Pt)

Massa Continentalizada (Tac)

Massa Tropical Continental (Tc)

Massa Equatorial Continental (Ec)

FFA

Rep.

ZCOU

ZCAS

Fronte Polar Atlântica

Repercussões FFA

Zona de Convergência de Umidade (ZCOU)

Zona de Convergência do Atlântico Sul (ZCAS)

IT

FQ

FE

FR

Instabilidade Tropical (IT)

Fronte Quente

Fronte Estacionária

Fronte Reflexa

Fonte: Elaborado pelo autor (2024).

Outubro de 2024

O mês de outubro (Quadro 7) apresenta uma leve divergência nos padrões térmicos observados até então. Primeiro, o período de início das maiores intensidades das ilhas de calor coincide para ambos os pontos urbanos, sendo às 19 horas. Além disso, as maiores intensidades não necessariamente ocorreram nos períodos de vigência de sistemas atmosféricos mais estáveis. Mesmo durante a presença de frentes polares atlânticas e com precipitação, ainda se formaram ICUs moderadas e fortes.

Outro ponto de destaque é a média geral das intensidades para o Ponto Urb. 1, a qual foi a mais baixa para todos os períodos de registro, chegando a apenas 1,1°C de diferença média em relação às temperaturas do ambiente rural. Os valores máximos também não foram altos, sendo de 5,9°C para o ponto supracitado e 5,3°C para o Ponto Urb. 2.

Em nenhum momento do mês foram registradas intensidades muito fortes. Contudo, quando comparados os dois ambientes urbanos, em alguns momentos específicos houve uma diferença significativa de temperaturas. Às 15 horas do dia 24, por exemplo, o ponto mais próximo à superfície estava 3,3°C mais aquecido em relação àquele em maior altura. Em contrapartida, este estava 2,7°C mais quente do que o primeiro às 9 horas do dia 12.

109

Quadro 7 – Cálculo das ilhas de calor por horário em outubro de 2024

Ponto Urb. 1

Dias	Horários																								Média Diária	Precip. (mm)	Sist. Alm.
	00:00	01:00	02:00	03:00	04:00	05:00	06:00	07:00	08:00	09:00	10:00	11:00	12:00	13:00	14:00	15:00	16:00	17:00	18:00	19:00	20:00	21:00	22:00	23:00			
17/10	1.9	2.1	2.0	1.2	0.9	1.1	0.6	0.2	-0.4	0.3	0.9	0.2	-0.4	-0.3	0.9	0.1	-0.1	0.6	1.2	2.7	1.4	3.1	3.6	3.4	1.1	0	IT
18/10	3.1	2.6	4.2	1.7	-1.2	-0.2	0.2	0.7	-0.2	0.3	-0.4	0.3	1.0	1.7	0.3	0.9	0.8	0.9	1.5	1.8	1.2	2.2	2.2	2.8	1.2	0	IT
19/10	1.8	1.6	1.5	1.4	1.3	1.2	1.0	0.0	-0.7	-0.9	0.9	0.7	-1.2	-1.0	-0.7	-0.6	-0.3	-0.1	0.5	0.9	0.9	0.8	1.0	1.0	0.3	0	FPA
20/10	0.9	1.0	0.7	0.9	1.0	1.0	1.0	0.7	0.1	-0.7	-0.4	-1.0	-1.8	-1.0	-1.4	-1.2	-0.6	0.0	1.0	1.3	1.0	1.0	1.1	0.8	0.2	0	FPA
21/10	1.2	1.2	1.2	1.3	1.3	1.2	1.7	0.9	0.1	-1.0	-1.3	-1.3	0.1	-0.5	-0.1	-0.7	-1.7	-0.5	1.2	4.0	4.7	4.5	2.9	2.5	1.0	0	FPA
22/10	2.0	1.7	1.5	1.6	1.5	1.3	2.3	1.2	-0.5	-0.1	-0.5	0.1	0.9	0.7	0.3	0.2	-0.9	0.3	1.8	3.5	4.2	5.1	5.1	4.8	1.4	0	FPA
23/10	3.8	4.2	2.8	1.9	2.1	1.9	1.7	0.9	-0.1	-1.0	-1.0	-1.5	-0.7	-0.9	-0.5	0.0	-1.0	-0.2	2.2	3.4	3.8	3.0	2.6	2.2	1.2	0	IT
24/10	1.8	1.7	1.8	1.4	1.3	1.5	2.4	1.4	0.4	0.4	1.0	1.9	0.6	1.1	0.6	-0.1	-0.2	0.0	0.4	0.9	-0.1	1.5	1.8	1.5	1.0	0	FPA
25/10	1.5	1.6	2.7	2.5	3.6	3.5	3.3	1.0	-2.7	1.5	1.2	-2.3	1.1	-2.7	0.5	0.3	1.1	0.7	0.9	1.2	1.2	1.1	1.1	1.0	1.2	14.8	FPA
26/10	1.0	0.9	1.5	1.3	1.1	1.0	0.9	0.8	0.3	-0.2	0.1	-0.1	0.1	0.4	0.3	0.4	0.1	0.3	0.6	0.8	0.8	0.7	0.8	0.6	0.4	1.9	FPA
27/10	0.6	0.4	0.4	0.6	0.6	0.5	0.5	0.5	0.7	0.8	1.0	0.7	0.7	1.4	1.5	0.0	0.8	1.3	1.0	0.7	0.7	0.6	0.7	0.7	0.7	21	FPA
28/10	0.5	0.5	0.8	0.6	0.7	0.7	1.4	2.8	3.9	3.3	2.5	2.5	2.9	1.9	2.1	1.3	-0.8	-0.8	1.1	2.9	2.5	1.6	1.8	1.1	1.6	0	FPA
29/10	0.9	0.7	-3.6	2.0	1.2	1.4	1.9	0.8	-0.9	-0.7	-1.1	-0.7	-1.1	-0.5	-0.9	-0.2	-0.6	0.3	2.5	2.4	2.4	1.7	1.6	1.5	0.8	0	FPA
30/10	1.3	1.2	1.2	1.1	1.2	1.1	1.3	0.8	-0.7	-1.4	-1.5	-0.9	-0.6	-0.8	-0.4	-0.2	-0.7	0.3	1.2	1.4	1.5	1.5	1.5	1.3	0.5	0	IT
31/10	1.4	1.5	1.4	1.2	1.3	1.2	1.2	1.0	-0.4	-0.5	1.3	1.5	0.9	0.4	1.3	1.2	0.0	0.1	1.3	2.4	3.4	3.8	3.4	3.1	1.4	0	FPA
Média Horária	1.8	1.7	1.8	1.5	1.4	1.4	1.5	0.9	0.2	0.1	0.2	0.3	0.4	0.5	0.6	0.2	-0.4	0.2	1.2	2.1	2.2	2.3	2.1	2.0	1.1	87.1	

Legenda ΔT		Sistemas Atmosféricos		IT		Instabilidade Tropical (IT)	
<0 0 a 2 2.1 a 4 4.1 a 6 >6	Massa Polar Atlântica (Pa) MFA Tropicalizada (Pt) Massa Tropical Atlântica (Ta) MFA Continentalizada (Tca) Mas. Tropical Continental (Tc) Mas. Equatorial Continental (Ec)	FPA	Fronte Polar Atlântica	IT	Instabilidade Tropical (IT)		
		Rep	Repercussões FPA	FQ	Fronte Quente		
		ZCOU	Zona de Convergência de Umidade (ZCOU)	FE	Fronte Estacionária		
		ZCAS	Zona de Convergência do Atlântico Sul (ZCAS)	FR	Fronte Reflexa		

Ponto Urb. 2

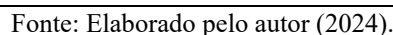
Dias	Horários																								Média Diária	Precip. (mm)	Sist. Alm.	
	00:00	01:00	02:00	03:00	04:00	05:00	06:00	07:00	08:00	09:00	10:00	11:00	12:00	13:00	14:00	15:00	16:00	17:00	18:00	19:00	20:00	21:00	22:00	23:00				
17/10	2.0	2.3	2.2	1.5	1.2	1.5	0.9	0.3	-0.8	-0.4	0.2	0.6	0.5	1.1	1.8	0.9	1.3	1.5	1.7	2.1	1.0	2.9	3.6	3.6	1.4	0	IT	
18/10	3.2	3.8	2.9	2.8	2.9	2.0	0.0	0.4	-0.3	-0.8	-0.8	-0.5	-0.9	-1.1	1.1	1.1	1.1	1.1	1.4	1.3	2.1	3.1	2.4	3.1	1.8	0	FPA	
19/10	2.4	2.3	2.2	2.2	2.0	2.0	1.8	0.4	-0.3	-0.8	-0.8	-0.5	-0.9	-1.1	-0.5	-0.3	0.2	0.3	1.0	1.4	1.4	1.5	1.8	1.8	0.8	0	FPA	
20/10	1.8	1.8	1.6	1.7	1.7	1.7	1.8	1.3	0.4	-0.2	0.2	0.0	-0.9	-0.5	-0.6	-0.2	0.2	0.5	1.2	1.6	1.4	1.6	1.8	1.6	1.5	0	FPA	
21/10	2.8	2.5	2.1	2.0	2.1	2.0	2.0	1.4	-0.1	-0.4	-0.5	-0.6	-0.9	-0.8	-0.1	0.1	0.4	1.4	4.8	4.8	4.8	3.2	2.9	1.5	0	IT		
22/10	2.5	2.5	2.3	2.3	2.2	2.0	2.4	1.1	-0.3	0.0	0.1	0.2	0.1	0.2	0.0	0.3	0.2	0.4	2.0	3.6	4.1	4.5	5.1	4.8	1.7	0	FPA	
23/10	4.1	4.5	3.2	2.5	2.7	2.5	2.1	1.1	0.1	-1.0	-0.9	-1.2	-1.0	-1.0	-0.4	0.4	-0.1	0.7	2.8	3.8	3.0	2.7	2.4	1.4	0	IT		
24/10	2.1	2.1	2.3	1.9	1.9	2.7	2.8	1.3	-0.1	-0.1	0.7	0.5	0.5	1.2	0.8	0.5	0.4	0.4	0.8	0.3	-0.3	1.3	1.6	1.1	1.1	0	FPA	
25/10	0.9	1.0	1.0	2.8	3.9	3.9	3.4	1.6	-1.6	-1.5	-1.0	0.8	1.8	1.6	1.4	0.8	0.9	-1.1	0.7	1.6	1.8	1.4	1.5	1.2	1.7	14.8	FPA	
26/10	1.5	1.4	2.1	1.8	1.5	1.4	1.3	1.2	0.7	0.2	0.3	0.3	0.7	0.7	0.8	0.5	0.7	1.1	1.3	1.1	0.9	0.9	0.5	1.0	1.9	0	FPA	
27/10	0.7	0.4	0.6	0.7	0.8	0.8	0.8	0.8	0.9	0.7	0.7	0.5	0.4	1.4	1.3	0.2	0.9	1.1	1.1	0.9	0.9	0.8	0.9	1.1	0.8	21	FPA	
28/10	0.8	1.1	1.1	1.1	1.0	1.6	1.9	1.7	0.6	-0.4	1.6	1.5	1.4	1.4	2.1	1.4	0.4	0.4	2.9	2.1	1.3	1.3	1.2	1.4	1.2	0	IT	
29/10	1.1	1.2	3.2	2.4	1.7	1.8	1.4	0.7	-0.1	-0.2	-0.4	-0.2	-0.1	-0.1	-0.2	0.5	1.1	0.9	2.2	2.5	2.6	2.0	2.0	2.0	1.0	0	IT	
30/10	1.8	1.9	1.9	1.7	1.8	1.5	1.5	0.9	-0.4	-0.9	-1.1	-0.3	-0.2	-0.2	-0.1	0.4	0.7	1.3	1.5	1.7	1.9	2.2	2.1	1.9	1.4	0	FPA	
31/10	1.9	2.5	2.1	2.1	2.0	2.0	2.0	1.3	-0.3	-0.6	0.1	1.3	1.3	1.4	1.6	1.9	1.8	2.3	2.2	2.0	3.0	3.3	3.9	3.6	3.7	1.9	0	FPA
Média Horária	2.2	2.3	2.1	1.9	1.7	1.7	1.7	1.7	0.9	0.1	-0.1	0.2	0.3	0.4	0.7	0.9	0.8	0.8	1.4	2.4	2.5	2.5	2.4	2.4	1.4	87.1		

Legenda ΔT		Sistemas Atmosféricos		IT		Instabilidade Tropical (IT)	
<0 0 a 2 2.1 a 4 4.1 a 6 >6	Massa Polar Atlântica (Pa) MFA Tropicalizada (Pt) Massa Tropical Atlântica (Ta) MFA Continentalizada (Tca) Mas. Tropical Continental (Tc) Mas. Equatorial Continental (Ec)	FPA	Fronte Polar Atlântica	IT	Instabilidade Tropical (IT)		
		Rep	Repercussões FPA	FQ	Fronte Quente		
		ZCOU	Zona de Convergência de Umidade (ZCOU)	FE	Fronte Estacionária		
		ZCAS	Zona de Convergência do Atlântico Sul (ZCAS)	FR	Fronte Reflexa		

Ponto Urb. 2

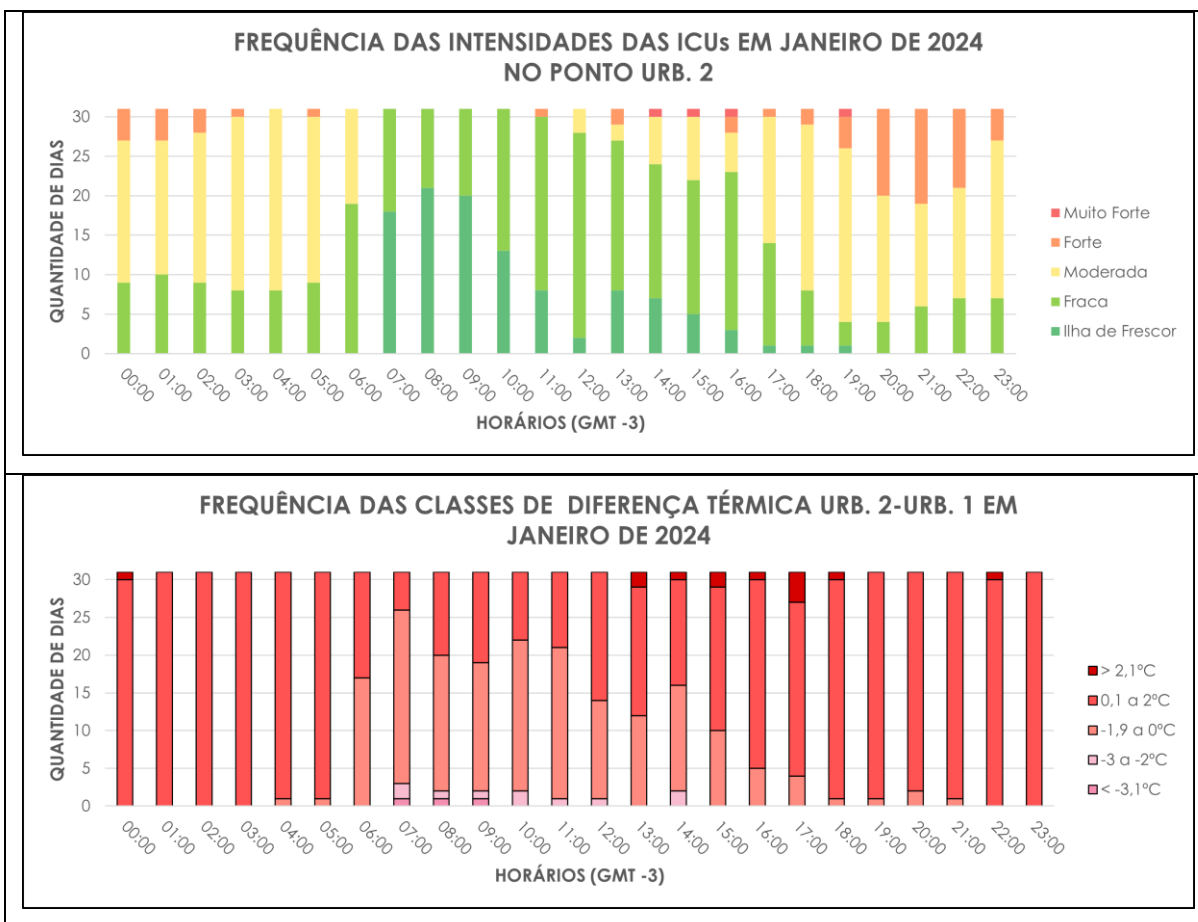
Dias	Horários																								Média Diária	Precip. (mm)	Sist. Alm.	
	00:00	01:00	02:00	03:00	04:00	05:00	06:00	07:00	08:00	09:00	10:00	11:00	12:00	13:00	14:00	15:00	16:00	17:00	18:00	19:00	20:00	21:00	22:00	23:00				
17/10	2.0	2.3	2.3	1.5	1.2	1.6	1.4	0.9	0.3	-0.8	-0.4	0.2	0.6	0.5	1.1	1.8	0.9	1.3	1.5	1.7	2.1	1.0	2.9	3.6	3.6	1.4	0	IT
18/10	3.2	2.8	4.2	2.0	-1.3	-0.9	0.0	-0.5	-1.4	-0.4	-0.4	-0.2	0.5	1.8	0.7	1.3	1.1	1.1	1.8	2.1	1.4	2.5	2.4	3.1	1.2	0	FPA	
19/10	2.4	2.3	2.2	2.2	2.0	2.0	2.0	1.8	0.4	-0.3	-0.8	-0.8	-0.5	-0.9	-1.1	-0.5	-0.3	0.2	0.3	1.0	1.4	1.4	1.5	1.8	1.8	0.8	0	FPA
20/10	1.8	1.8	1.6	1.7	1.8	1.7	1.8	1.3	0.4	-0.2	0.2	0.5	-0.9	-0.5	-0.6	-0.2	0.2	0.5	1.2	1.6	1.4	1.6	1.8	1.6	0.9	0	FPA	
21/10	2.0	1.9	2.1	2.0	2.1	1.9	2.0	0.9	0.3	-0.6	-0.5	-0.9	0.7	0.3	-0.1	-0.1	0.1	0.6	1.4	4.0	4.6	4.6	3.7	2.9	1.5	0	FPA	
22/10	2.5	2.3	2.2	2.3	2.2	2.0	2.4	1.1	-0.3	0.0	-0.4	-0.1	0.2	0.1	0.0	0.3	0.2	0.7	0.4	2.0	3.6	4.1	4.5	5.1	4.8	1.7	0	IT
23/10	4.1	4.5	3.2	2.5	2.7	2.5	2.1	1.1	0.1	-1.0	-0.9	-1.2	-1.0	-1.0	-0.4	0.4	0.6	-0.1	0.7	2.8	3.8	3.0	2.7	2.4	1.4	0	IT	
24/10	2.1	2.1	2.3	1.9	1.9	2.7	2.8	1.3	-0.1	-0.1	0.7	0.7	0.5	1.7	0.8	0.5	0.4	0.4	0.8	0.3	-0.3	1.3	1.6	1.1	1.1	0	FPA	
25/10	0.9	1.0	1.0	2.1	2.8	3.9	3.9	3.6	1.4	-1.6	1.5	1.1	-0.5	1.0	-0.1	0.7	0.8	1.4	0.8	0.9	1.2	1.5	1.5	1.5	1.5	1.3	14.8	FPA
26/10	1.5	1.4	2.1	1.8	1.5	1.4	1.3	1.2	0.7	0.2	0.3	0.3	0.7	0.7	0.7	0.8	0.5	0.7	1.1	1.3	1.1	0.9	0.9	0.5	1.0	1.9	FPA	
27/10	0.7	0.6	0.6	0.7	0.8	0.8	0.8	0.8	0.9	0.8	0.7	0.5	0.4	1.4	1.3	0.2	0.9	1.1	1.1	0.9	0.9	0.8	0.9	1.1	0.8	21	FPA	
28/10	0.8	0.8	1.1	1.1	1.1	1.0	1.4	1.9	1.7	0.6	1.6	1.5	1.4	1.4	2.1	1.4	1.4	0.6	1.4	2.9	2.1	1.3	1.3	1.2	1.4	0	FPA	
29/10	1.1	1.2	3.2	2.4	1.7	1.8	1.4	0.7	-0.1	-0.2	-0.4	-0.2	-0.4	0.1	-0.2	0.5	1.1	0.9	2.2	2.5	2.6	2.0	2.0	2.0	1.2	0	FPA	
30/10	1.8	1.9	1.9	1.7	1.8	1.6	1.5	0.9	-0.4	-0.9	-1.1	-0.3	-0.2	-0.2	-0.1	0.4	0.7	1.3	1.5	1.7	1.9	2.2	2.1	1.9	1.0	0	IT	
31/10	1.9	2.3	2.1	2.1	2.0	2.0	2.0	1.3	-0.3	-0.6	0.1	1.3	1.3	1.6	1.9	1.6	2.3	2.2	2.0	3.0	3.3	3.9	3.6	3.7	1.9	0	IT	
16/10	2.7	3.2	3.1	4.2	4.0	3.5	2.7	1.1	0.3	1.0	1.8	1.8	2.0	0.9	1.7	2.1	2.1	1.6	2.0	2.7	2.7	3.1	2.8	3.0	2.3	0	IT	
17/10	3.5	2.9	3.1	3.5	2.9	4.3	3.0	0.7	-0.9	-0.4	0.4	-0.2	0.2	1.5	1.9	2.2	1.9	2.2	1.7	3.1	3.7	4.4	4.7	4.2	1.4	0	FPA	
18/10	4.0	3.7	3.0	3.7	3.0	4.7	2.5	1.7	0.8	0.4	0.2	0.6	1.6	1.5	1.9	2.5	4.9	3.5	2.3	2.9	3.7	4.1	3.6	3.9	2.4	12.1	FPA	
19/10	3.8	3.5	3.4	2.9	3.5	2.4	2.0	1.6	0.4	-0.9	0.2	2.1	0.6	0.8	1.3	1.9	1.4	1.6	1.6	1.4	1.5	1.3	1.2	1.3	1.7	2	FPA	
20/10	1.8	1.6	1.6	1.3	1.4	1.4	1.2	1.0	0.7	0.8	0.9	0.9	1.2	0.9	1.3	1.0	1.1	1.4	1.4	1.6	1.4	1.4	1.4	1.4	1.4	0	FPA	
21/10	1.5	1.4	1.5	1.5	1.4	1.2	0.9	0.1	-0.2	-1.4	0.3	-0.4	0.1	-0.1	0.4	-1.0	-0.2	0.0	2.0	2.8	3.2	3.0	2.6	2.9	1.0	0	FPA	
22/10	2.1	2.3	2.5	2.3	2.2	2.3	2.0	1.0	0.0	0.2	-0.5	-0.2	0.3	0.2	0.2	0.3	0.9	0.3	1.4	2.2	2.0	2.3	1.6	2.1	1.3	0	FPA	
23/10	2.0	2.0	2.3	2.3	1.9	2.2	1.9	1.0	0.0	0.6	0.1	1.5	0.8	1.4	1.5	0.8	0.7	1.4	3.0	3.2	2.8	2.5	2.2	1.4	5.5	10	FPA	
24/10	1.9	1.4	1.3	1.3	1.5	1.5	1.0	0.7	-0.6	0.8	0.2	1.9	2.5	2.1	1.3	0.9	1.4	2.2	2.0	2.0	1.4	1.4	0.6	1.3	1.4	0	FPA	
25/10	0.9	1.4	1.0	0.9	1.0	0.7	0.6	0.5	0.9	1.3	1.0	0.8	1.2	1.3	2.0	0.8	1.4	1.1	1.1	2.0	1.5	1.7	2.6	2.3	1.3	29	FPA	
26/10	2.7	1.9	1.1	1.5	1.6	1.8	1.8	1.8	1.5	1.1	0.5	1.0	1.1	1.1	1.5	1.8	1.5	1.5	1.5	1.7	2.6	3.0	2.7	2.7	1.7	0	FPA	
27/10	2.0	2.0	2.3	2.0	2.8	2.3	2.3	2.3	2.0	0.2	0.2	0.3	0.3	0.3	0.2	0.2	0.2	0.2	1.2	1.4	2.2	2.7	2.5	2.7	1.4	0	FPA	
28/10	2.0	2.2	2.1	2.0	1.7	1.6	1.4	1.2	0.3	0.6	0.3	0.6	0.1	1.3	1.0	0.6	0.5	0.3	1.1	2.7	3.1	3.0	3.2	3.0	1.4	0.2	FPA	
29/10	2.6	2.4	2.5	2.3	2.1	2.2	1.7	0.9	0.4	0.4	0.6	0.5	0.8	1.4	0.0	0.5	0.5	1.0	1.9	4.6	4.8	4.4	3.6	3.4	1.9	0	FPA	
30/10	2.9	2.6	2.4	2.4	2.4	2.4	2.4	2.4	2.4	2.4	2.4	2.4	2.4	2.4	2.4	2.4	2.4	2.4	2.4	2.4	2.4	2.4	2.4	2.4	2.4	2.4	0	FPA
31/10	2.9	3.0	2.8	2.4	2.3	2.1	1.7	0.1	1.1	1.1	0.5	0.4	0.2	0.2	0.7	0.3	0.7	1.1	1.7	1.9	2.5	2.3	2.4	1.8	1.1	0	FPA	
Média Horária	2.2	2.2	2.3	2.1	1.9	2.0	1.7	0.9	0.1	-0.1	0.2	0.3	0.6	0.7	0.9	0.8	0.8	1.0	1.6	2.4	2.5	2.5	2.4	2.4	1.4	87.1		

Legenda ΔT		Sistemas Atmosféricos			
<0 0 a 2 2.1 a 4 4.1 a 6 >6	Massa Polar Atlântica (Pa) MFA Tropicalizada (Pt) Massa Tropical Atlântica (Ta) MFA Continentalizada (Tca) Mas. Tropical Continental (Tc) Mas. Equatorial Continental (Ec)	FPA	Fronte Polar Atlântica	IT	Instabilidade Tropical (IT)
		Rep	Repercussões FPA	FQ	Fronte Quente
		ZCOU	Zona de Convergência de Umidade (ZCOU)	FE	Fronte Estacionária
		ZCAS	Zona de Convergência do Atlântico Sul (ZCAS)	FR	Fronte Reflexa

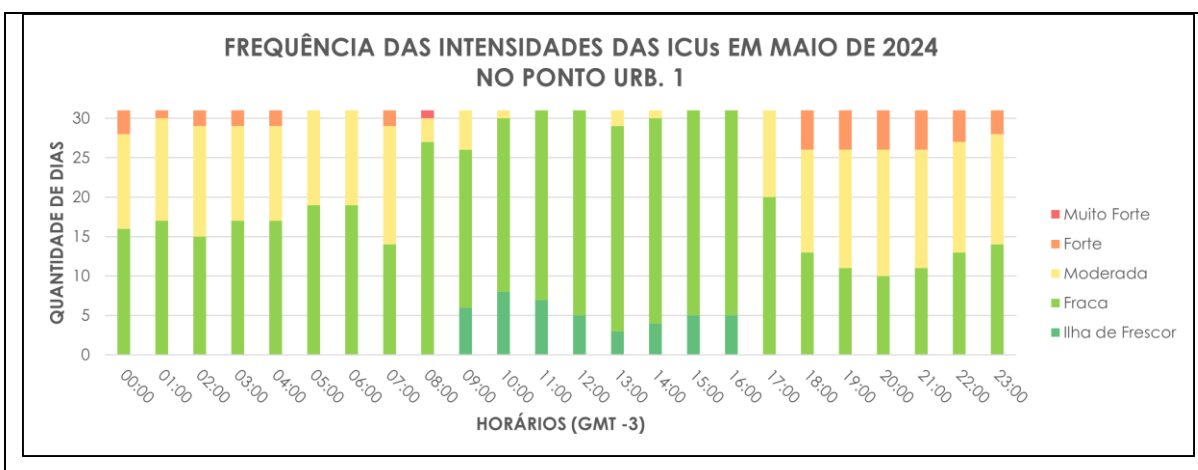


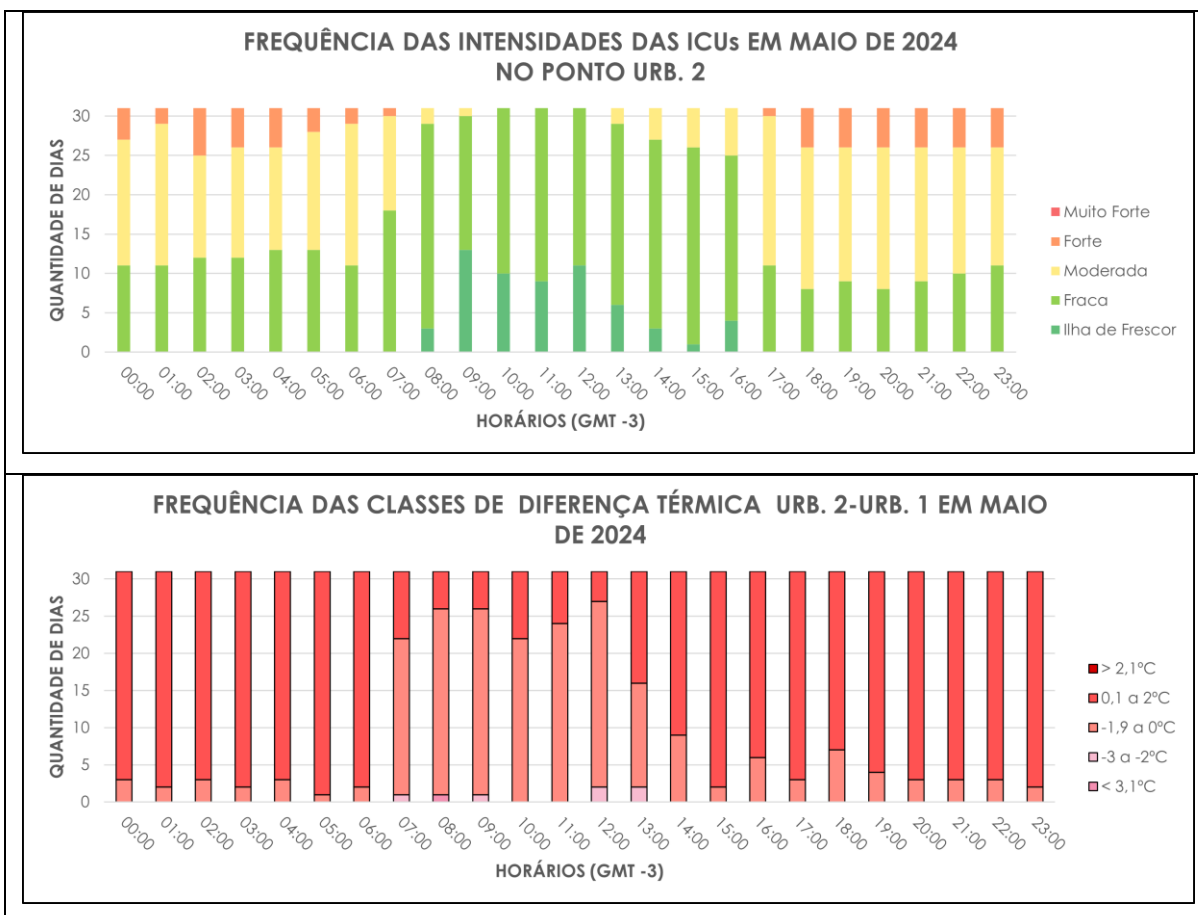
Quadro 8 – Frequência das intensidades de ilha de calor em janeiro de 2024





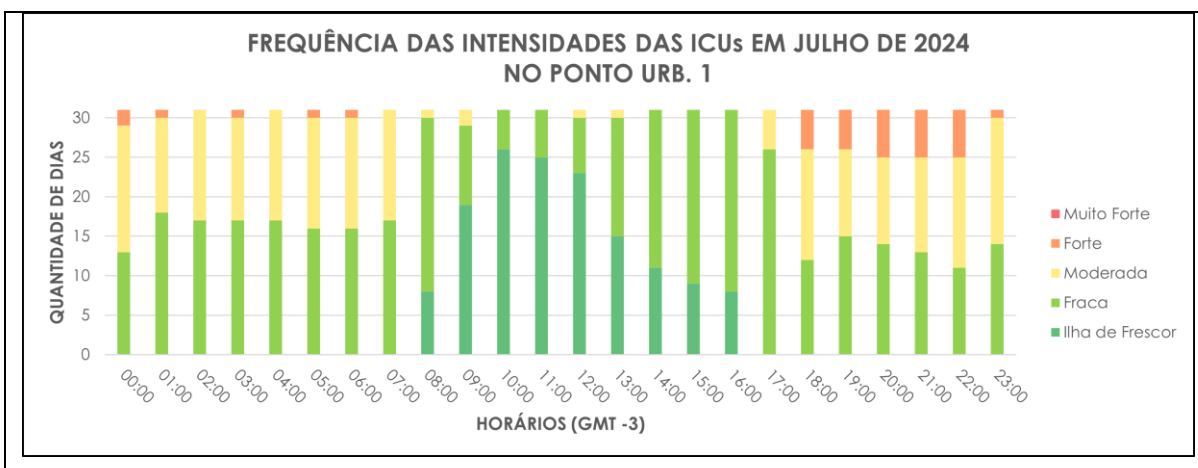
Quadro 9 – Frequência das intensidades de ilha de calor em maio de 2024

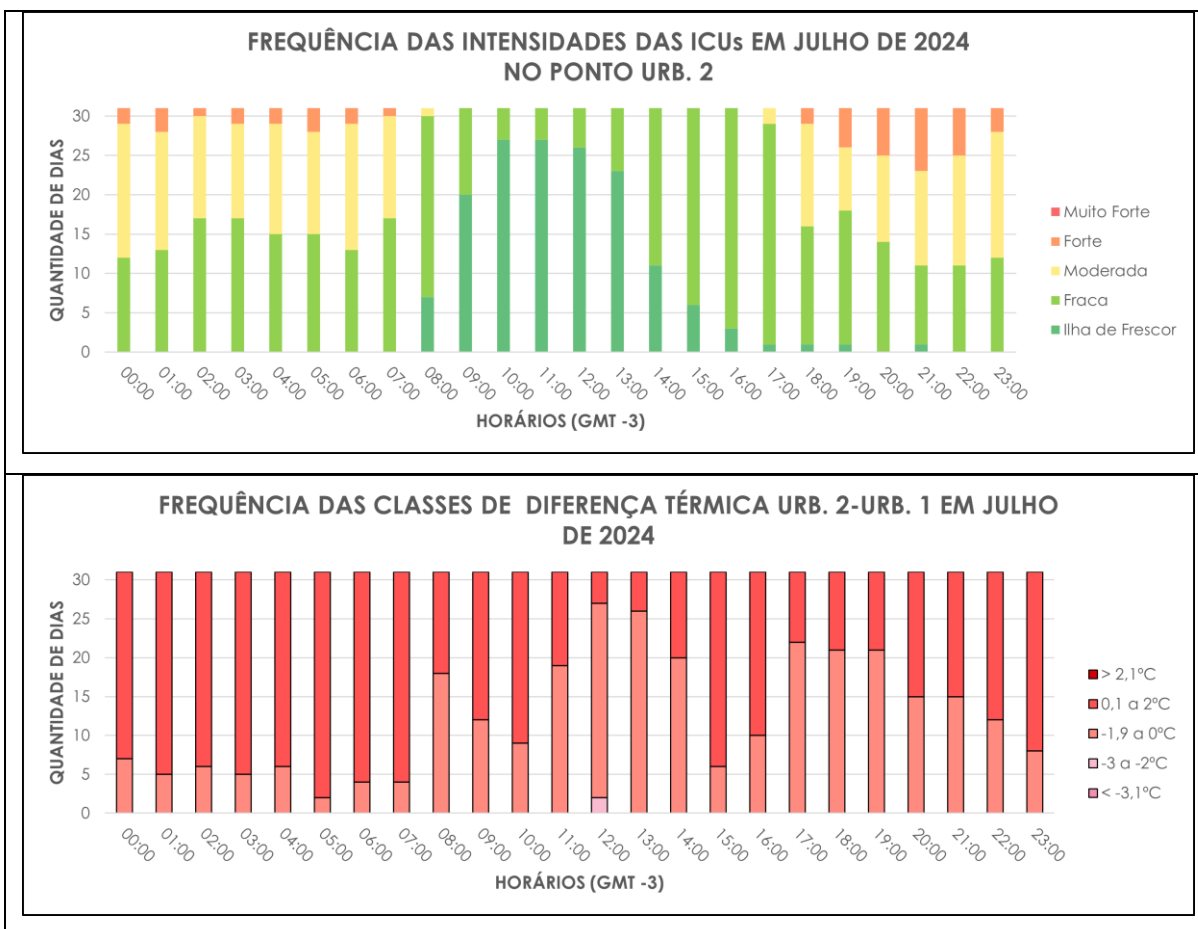




Elaboração: O autor (2025).

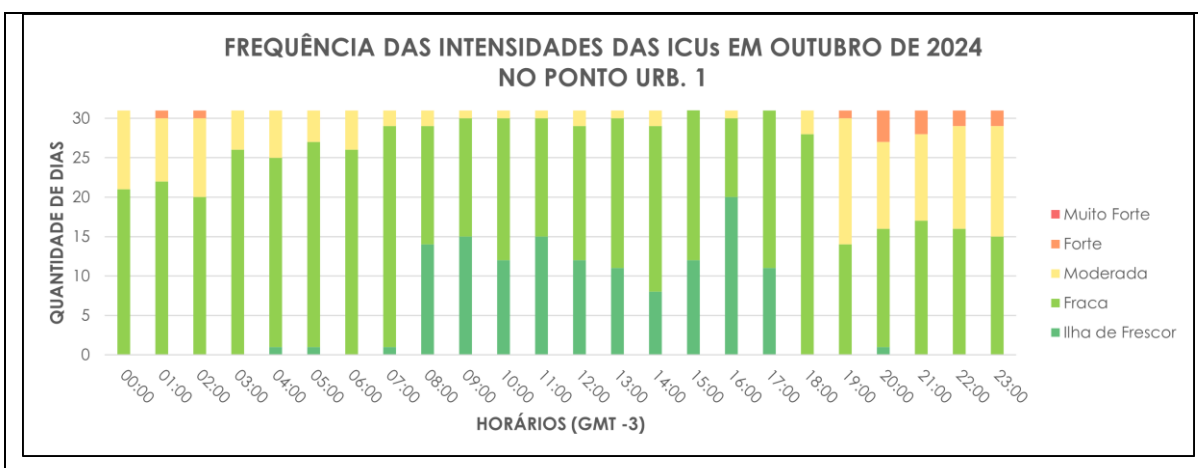
Quadro 10 – Frequência das intensidades de ilha de calor em julho de 2024

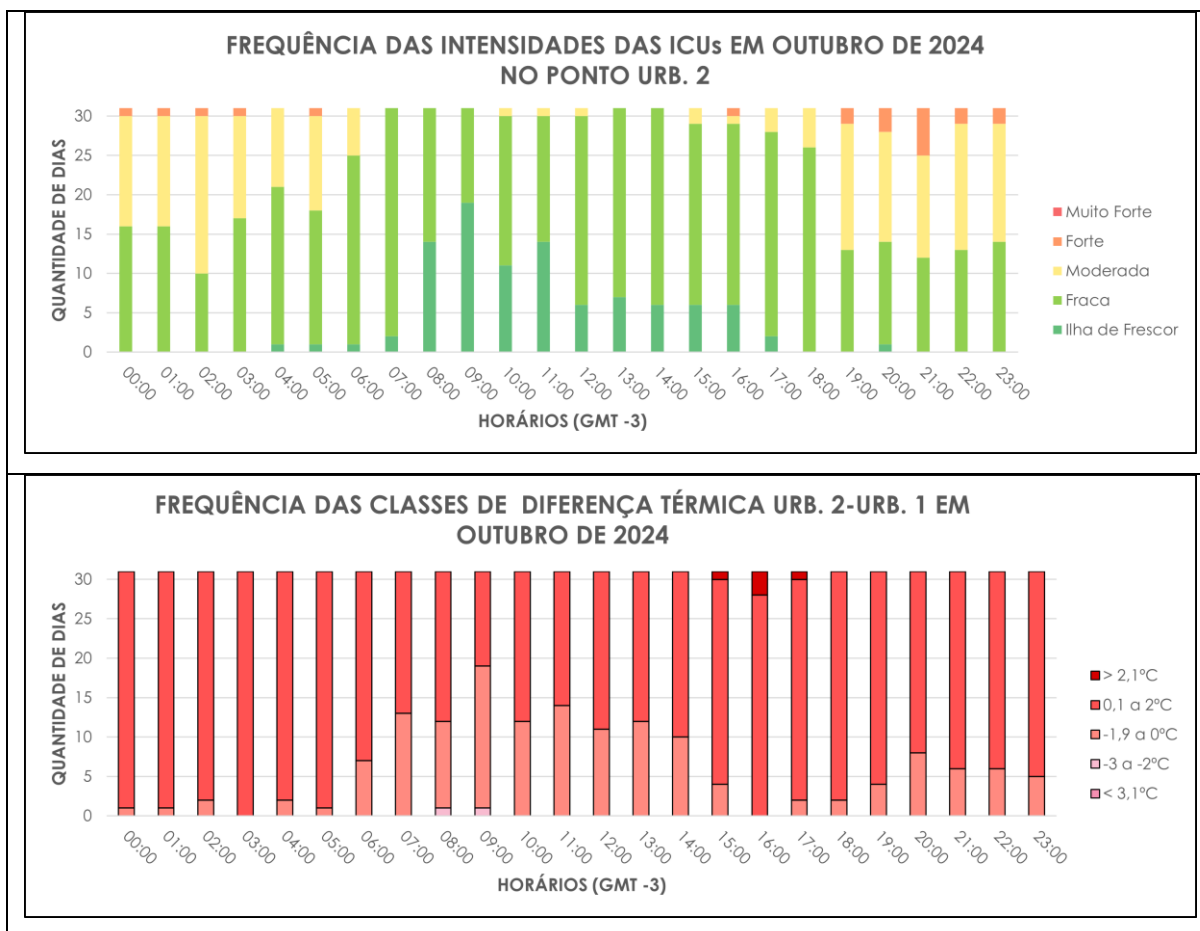




Elaboração: O autor (2025).

Quadro 11 – Frequência das intensidades de ilha de calor em outubro de 2024





Elaboração: O autor (2025).

Os gráficos reforçam alguns pontos já discutidos anteriormente, tal como a maior frequência de maiores intensidades nos períodos noturnos e a ocorrência de ilhas de frescor durante a tarde. Além disso, destaca-se a predominância de ICUs fracas e moderadas em praticamente todos os meses. As ICUs fortes ocorreram de maneira mais esparsa e as muito fortes de forma bastante pontual, particularmente concentradas no mês de janeiro.

Quanto à comparação entre os pontos urbanos, ressalta-se a maior frequência de ICUs de intensidade moderada e forte no “Ponto Urb. 2”, ponto mais próximo à superfície. Tal fato também pôde ser observado com as tabelas dinâmicas.

Em suma, tem-se os seguintes dados apresentados nas Tabelas 3 a 6.

Tabela 3 – Frequência de classes de intensidade de ICU e de diferença térmica entre os pontos urbanos em janeiro de 2024

Ponto Urb. 1				
Ilha de Frescor	Fraca	Moderada	Forte	Muito Forte
12,65%	55,72%	27,32%	4,3%	0%
Ponto Urb. 2				
3,22%	39,25%	37,36%	8,33%	0,54%
Diferença térmica entre Ponto Urb. 2 e Ponto Urb. 1				
< -3,1°C	entre -3 e -2°C	entre -1,9 e 0°C	entre 0 e 2°C	> 2,1°C
0,4%	1,34%	24,19%	72,31%	1,75%

Elaboração: O autor (2025).

Tabela 4 – Frequência de classes de intensidade de ICU e de diferença térmica entre os pontos urbanos em maio de 2024

Ponto Urb. 1				
Ilha de Frescor	Fraca	Moderada	Forte	Muito Forte
5,78%	60,35%	28,5%	5,24%	0,13%
Ponto Urb. 2				
8,06%	49,19%	34,81%	7,93%	0%
Diferença térmica entre Ponto Urb. 2 e Ponto Urb. 1				
< -3,1°C	Entre -3 a -2°C	Entre -1,9 a 0°C	Entre 0 e 2°C	> 2,1°C
0,13%	0,8%	28,76%	70,3%	0%

Elaboração: O autor (2025).

Tabela 5 – Frequência de classes de intensidade de ICU e de diferença térmica entre os pontos urbanos em julho de 2024

Ponto Urb. 1				
Ilha de Frescor	Fraca	Moderada	Forte	Muito Forte
19,35%	49,19%	29,74%	4,7%	0%
Ponto Urb. 2				
20,7%	47,58%	25,53%	6,18%	0%
Diferença térmica entre Ponto Urb. 2 e Ponto Urb. 1				
< -3,1°C	Entre -3 e -2°C	Entre -1,9 e 0°C	Entre 0 e 2°C	> 2,1°C
0%	0,27%	40,05%	59,68%	0%

Elaboração: O autor (2025).

Tabela 6 – Frequência de classes de intensidade de ICU e de diferença térmica entre os pontos urbanos em outubro de 2024

Ponto Urb. 1				
Ilha de Frescor	Fraca	Moderada	Forte	Muito Forte
18%	64,11%	17,34%	1,88%	0%
Ponto Urb. 2				
13,04%	60,35%	23,8%	2,82%	0%
Diferença térmica entre Ponto Urb. 2 – Ponto Urb. 1				
< -3,1°C	Entre -3 e -2°C	Entre -1,9 a 0°C	Entre 0 e 2°C	> 2,1°C
0%	0,27%	20,43%	78,63%	0,67%

Elaboração: O autor (2025).

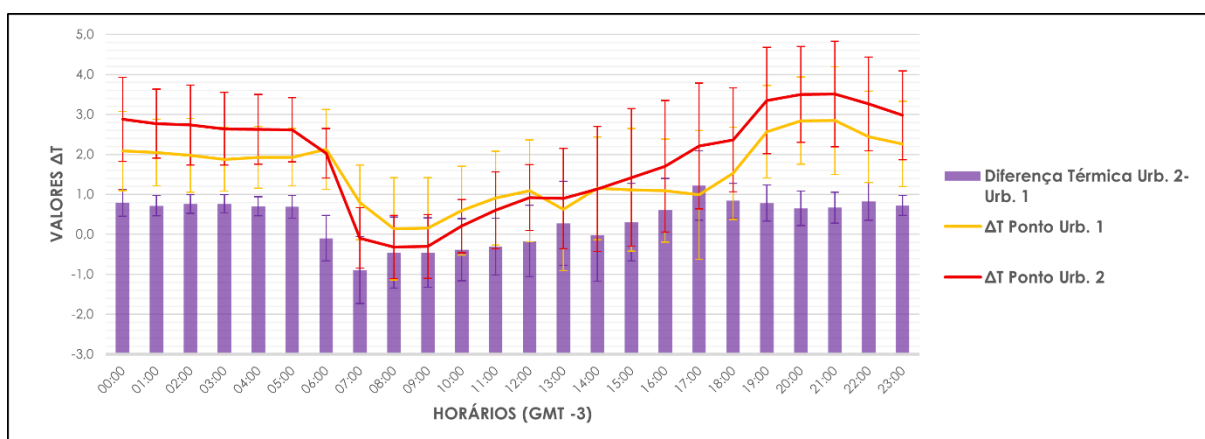
Os dados expostos acima trazem algumas informações relevantes quanto ao padrão das ilhas de calor registradas nos períodos de análise. Primeiro, ressalta-se a maior regularidade das classes moderadas e fortes no ambiente urbano mais próximo à superfície. Tal padrão só não ocorreu no mês de julho, quando o Ponto Urb. 1 apresentou maior quantidade de momentos com ICUs moderadas.

Outro padrão de particular interesse é a predominância de intensidades fracas. Em todos os meses, a classe representou a maior parte das ocorrências de ilhas de calor, chegando a 64% dos casos em outubro. Apenas o mês de janeiro apresentou uma leve divergência do padrão, tendo 39% dos casos de ICU como sendo de fraca intensidade, estando, assim, mais próximo da frequência das ilhas de calor moderadas.

Finalmente, destaca-se que na maior parte dos casos, nos quatro meses estudados, as diferenças térmicas entre os pontos urbanos estiveram, no máximo, a 2°C, predominando, contudo, valores mais baixos, próximos de 0°C. O mês de julho, em particular, apresentou uma tendência maior a valores negativos, com mínimos de -1,9°C, ou seja, momentos nos quais o ponto em maior altura esteve mais aquecido.

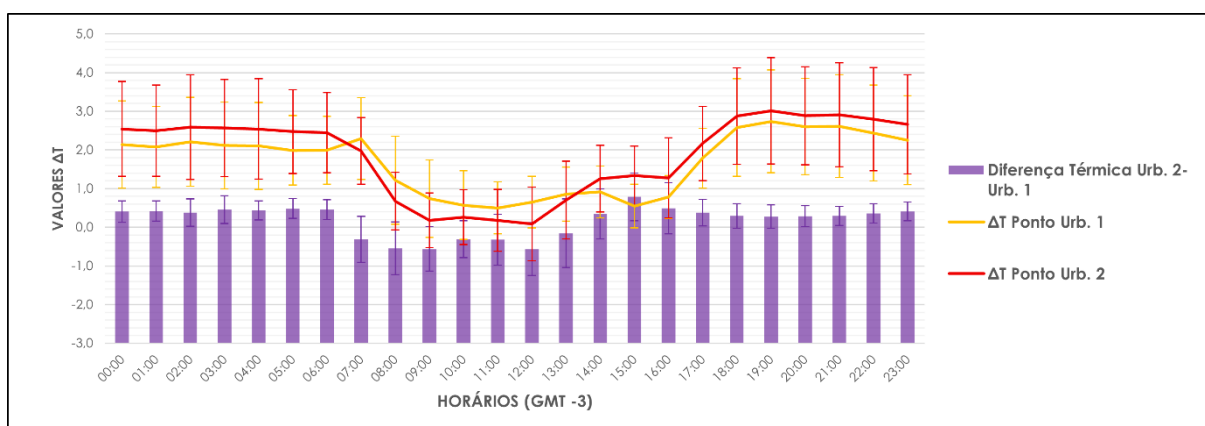
Como um último instrumento de análise dos padrões térmicos das ICU do dossel urbano, são expostos os Gráficos 2 a 5. Eles destacam os valores médios de ICU para os diferentes horários, além do desvio padrão associado à cada dado.

Gráfico 2 – Valores médios horários e desvio padrão de ΔT e da diferença térmica entre pontos urbanos para janeiro de 2024



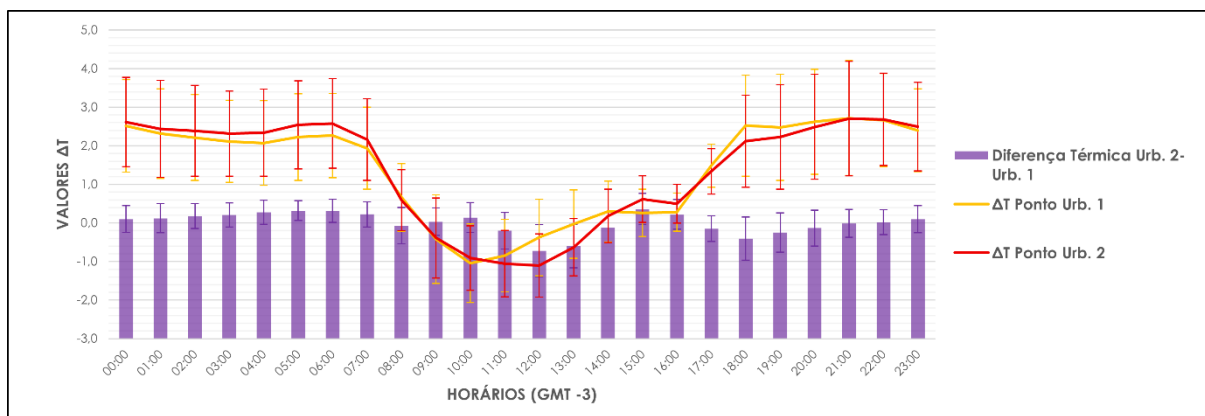
Elaboração: O autor (2024).

Gráfico 3 – Valores médios horários e desvio padrão de ΔT e da diferença térmica entre pontos urbanos para maio de 2024



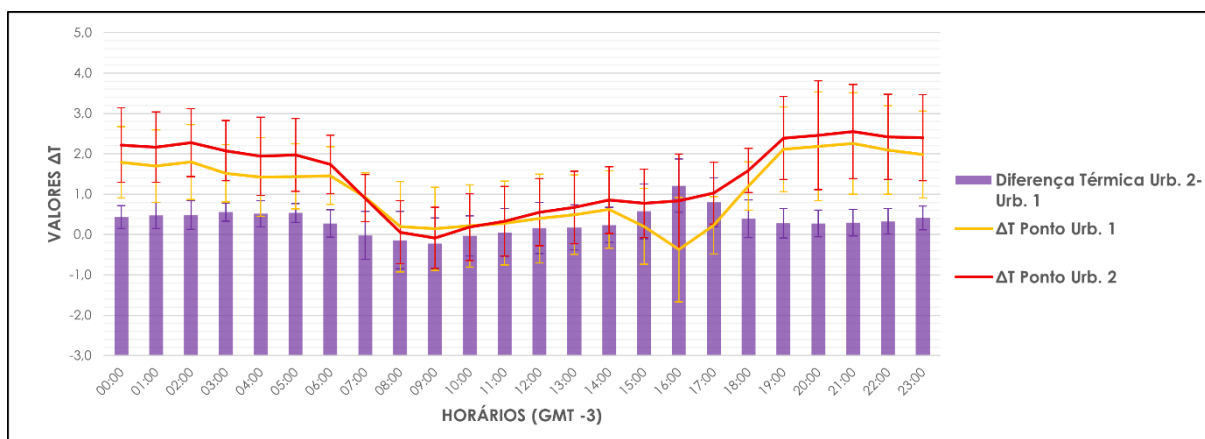
Elaboração: O autor (2024).

Gráfico 4 – Valores médios horários e desvio padrão de ΔT e da diferença térmica entre pontos urbanos para julho de 2024



Elaboração: O autor (2024).

Gráfico 5 – Valores médios horários e desvio padrão de ΔT e da diferença térmica entre pontos urbanos para outubro de 2024



Elaboração: O autor (2024).

Essa última sequência de gráficos põe em evidência o caráter temporal de formação das ICUs em suas diferentes intensidades. Mais uma vez, percebe-se a frequência de valores mais elevados para os períodos noturnos, com valores ultrapassando os 2°C de diferença média entre o ambiente urbano e rural.

Também é possível observar que o Ponto Urb. 2 apresenta as maiores médias de intensidade para esse mesmo período. Por outro lado, o ponto urbano em maior altura, durante o início da tarde, esteve levemente mais aquecido do que o seu análogo em menor altura.

As maiores divergências das médias entre os pontos ocorreram em janeiro, quando chegaram quase a 1°C em vários horários sucessivos durante a noite e madrugada. Nos demais

meses, as diferenças entre as médias foram menores e seguiram um padrão de variação temporal semelhante.

É interessante notar a variação dos valores horários em si, a qual é denotada pelo desvio padrão. Praticamente todos os meses tiveram variações expressivas, sendo que durante o período noturno elas se destacaram.

Relevante atentar-se também para o fato de que em maio não houve valores de intensidade médias horárias que demonstraram temperaturas mais baixas do que o ambiente rural. Ao passo que em janeiro, outubro e, particularmente, em julho, sobretudo durante às tardes, o ambiente urbano teve temperaturas mais amenas em relação à área rural.

Estabelecidas as análises para ambos os ambientes urbanos estudados, cabe agora apontar alguns elementos que configuraram as ICUs registradas nos locais. Primeiramente, é necessário destacar que, apesar das diferenciações morfológicas e altimétricas entre os pontos, as intensidades da ICUs se mostraram bastante semelhantes.

Além disso, as intensidades também foram, no geral, fracas, com poucas ocorrências de diferenças de temperatura que superaram 6°C. Cabe destacar que em Presidente Prudente já foram registradas ICUs com intensidades horárias médias superiores a 6°C (Amorim e Dubreuil, 2017).

Isto posto, expõe-se, agora, os destaques das diferenças entre os dois ambientes urbanos. O primeiro elemento a ser ressaltado é a ligeira assincronia nos padrões de aquecimento dos locais. Como apontado anteriormente, o ponto mais próximo à superfície apresentou maiores temperaturas mais cedo, no geral em uma hora, em relação ao outro ponto urbano no final da tarde.

Uma possibilidade para tal aquecimento diferencial é a posição dos sensores. Por estar mais próximo de outras superfícies, horizontais e verticais, o Ponto Urb. 2 pode ter sofrido aquecimento pela liberação de radiação de ondas longas por parte dos materiais aquecidos durante a tarde. Conforme a incidência de radiação solar diminuía, os materiais, com alta admitância térmica, começaram a liberar o calor armazenado e aquecem o ambiente. O Ponto Urb. 1, por estar mais afastado de outras superfícies, pode ter sofrido menos influência desse aquecimento.

Ademais, conforme o gradiente de temperatura entre o ambiente rural e urbano aumentava no início da noite, é possível que tenham se formado fluxos de ar daquele ambiente para este. Como estabelecido, as rápidas variações de temperatura do meio rural também implicam em taxas de resfriamento mais intensas. Dessa forma, as diferenças de temperatura

entre a área urbana e a não urbana propicia uma circulação do ar mais frio para o interior da cidade. Por estar em maior altura, o Ponto Urb. 1 pode ter sofrido maior efeito desse padrão de ventos.

Na transição do final da manhã e início da tarde, porém, não foi perceptível essa divergência do padrão de aquecimento. Ambos os pontos registraram temperaturas próximas ou menores do que aquelas do ambiente rural. Acerca disso, é necessário salientar que esse predomínio de intensidades menores no período das tardes tem relação direta com os aspectos térmicos do ambiente rural. Neste, os materiais apresentam uma alta amplitude térmica, se aquecendo e perdendo calor rapidamente (Oke *et al.*, 2017), além de uma ausência de sombreamento significativo, como ficou evidente com a análise da LCZ rural em questão. Logo, no ápice de entrada de radiação solar, o ambiente rural se aquece sobremaneira, podendo mesmo ultrapassar as temperaturas do ambiente urbano (formando ilhas de frescor na cidade).

É perceptível, igualmente, alguns momentos esporádicos, principalmente durante a tarde, quando os valores de intensidade destoaram significativamente do padrão predominante. Esses “picos”, embora aparentemente aleatórios, possivelmente tem relação com os fluxos de vento que sopravam pelos locais e geraram uma mistura turbulenta de ar, aumentando as temperaturas.

Outra possível explicação é um resfriamento no ambiente rural, também ocasionado por fluxo de ar. Contudo, considerando a menor rugosidade do terreno neste ambiente, o ar mais frio das áreas sombreadas pode facilmente fluir para demais porções do local. No ambiente urbano, devido à geometria e aspectos térmicos dos materiais, o fluxo de ar tende a propiciar aquecimento (Oke *et al.*, 2017).

Mais uma questão a ser discutida diz respeito ao fato de que, apesar de apresentar, em ampla análise, as maiores intensidades de ICU, o sensor mais próximo à superfície se mostrou, frequentemente, menos aquecido que aquele em maior altura no período do final da manhã e início da tarde. Isso pode ser explicado pelo efeito de sombreamento do local (Mascaró, 2004; Oke *et al.*, 2017).

Como afirmado acima, o Ponto Urb. 2 se encontra circundado por demais superfícies, em particular, as verticais, as quais propiciam sombreamento no sensor durante o período acentuado, quando a inclinação solar favorece a formação de sombras no recinto. No ponto em maior altura, a ausência de superfícies que possam gerar sombras acarreta a incidência direta da radiação solar, a qual pode propiciar um maior aquecimento no local.

Infere-se que o sensor em maior altura se insere na subcamada de rugosidade, o que implica em um ambiente de fluxos de ar mais instáveis e influenciados pela geometria das edificações subjacentes. Logo, os padrões térmicos observados no Ponto Urb. 1 também representam essa condição espacial.

Outro aspecto de interesse diz respeito aos efeitos da sazonalidade nas condições térmicas locais. Durante o verão, em janeiro, foram registradas as maiores intensidades de ICUs. Somado a isso, o período também foi marcado por uma pior definição dos horários de picos de intensidade, isto é, enquanto nos demais meses os picos de intensidade ocorreram, majoritariamente, no período noturno, em janeiro esse padrão não ficou tão bem definido, com picos ocorrendo de maneira mais dispersa, inclusive no período vespertino.

As tabelas dinâmicas de janeiro atestam essa maior dispersão de momentos de altas intensidades em diferentes momentos do dia, com particular destaque para as tardes. É relevante ressaltar que tais momento de menor definição, no geral, para janeiro, estiveram associados à sistemas atmosféricos instáveis, tais como frentes polares atlânticas (FPA) e repercussão de frentes polares (REP), os quais também trouxeram, em menor ou maior quantidade, precipitação.

Nos outros meses, contudo, os períodos de aquecimento foram mais bem demarcados e as intensidades consideravelmente menores. Uma possível explicação para esse cenário são as maiores temperaturas e a maior incidência de radiação solar na superfície terrestre na primavera e verão. O saldo térmico dos ambientes torna-se maior devido à maior quantidade de calor entrando no sistema. Assim, as diferenciações dos aspectos térmicos das áreas foram acentuadas, propiciando maiores distinções de temperatura entre o urbano e o rural.

Uma outra característica perceptível foram as variações dos períodos de início de maior intensidade de ICUs no fim da tarde. Durante o solstício de verão, iniciava-se, principalmente, às 19 horas. No inverno, porém, nota-se o início às 18 horas. Curiosamente, nos equinócios, quando há o mesmo padrão de trajetória solar diária, notou-se que, no outono, as maiores intensidades iniciaram-se às 17 horas, ao passo que na primavera, às 18 horas.

Quanto ao ritmo dos tipos de tempo, é de se mencionar o efeito da precipitação nas condições de formação de ICUs. É notório como em dias chuvosos, e mesmo nos dias subsequentes, as intensidades foram menores, mesmo no período noturno, quando tendem a se desenvolver com mais vigor.

Isso ocorre, pois, a inserção de água nos sistemas urbano e rural atuam de forma a homogeneizar as condições térmicas dos locais. A inserção de calor, que em condições secas

favorece o fluxo de calor sensível, propicia a evaporação das componentes hídricas do sistema, produzindo fluxo de calor latente. Dessa forma, o aquecimento é desfavorável e as temperaturas registradas na cidade e no rural no entorno tornam-se análogas.

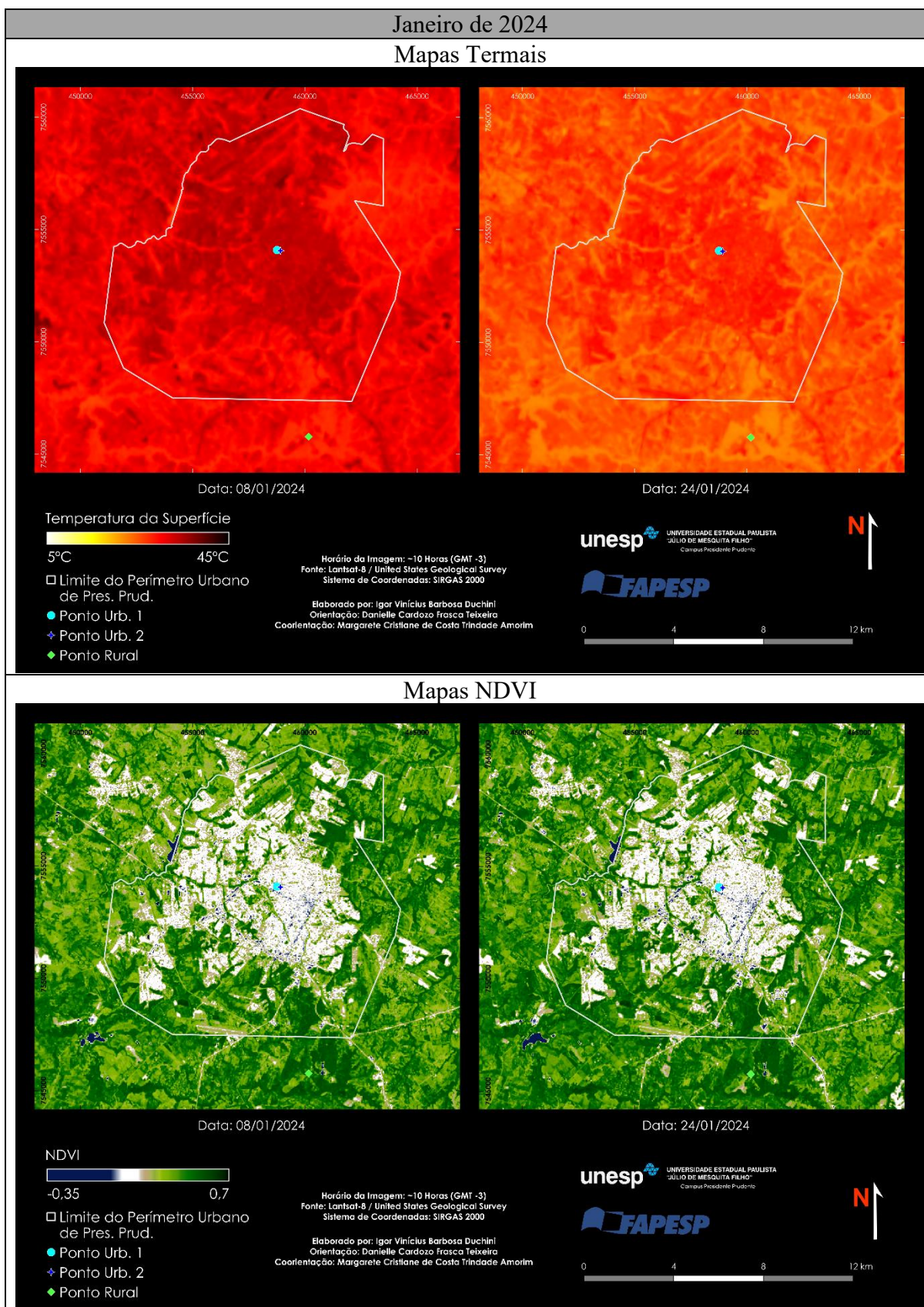
4.4 A Ilha de Calor Superficial

Levando em consideração as limitações das imagens de satélite expostas na Seção III, é necessário enfatizar que a análise da formação das ilhas de calor superficiais (ICU_{Sup}) ocorreu a partir da seleção de duas imagens distintas em cada um dos meses estudados. Uma imagem correspondendo a um dia da primeira metade do mês e, a outra, da segunda metade. Dessa forma, pretendeu-se uma maior amplitude na representação temporal das condições térmicas de interesse.

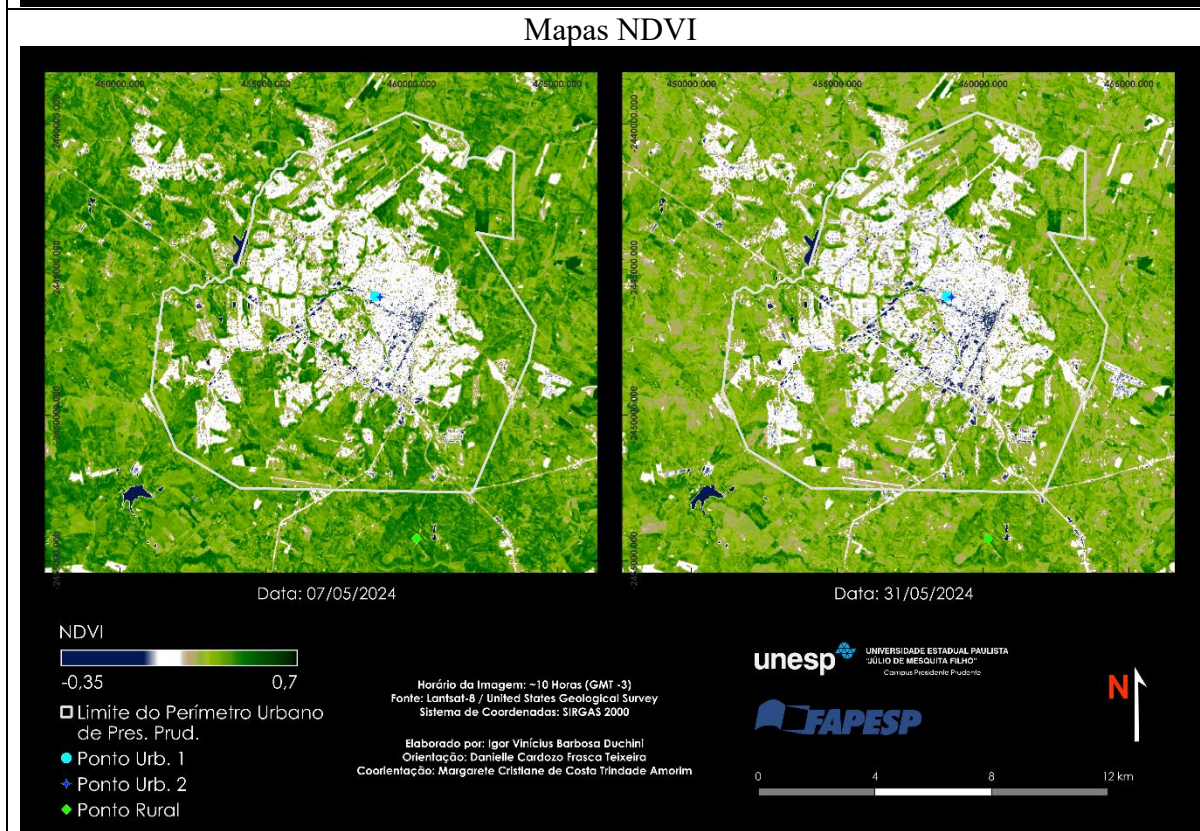
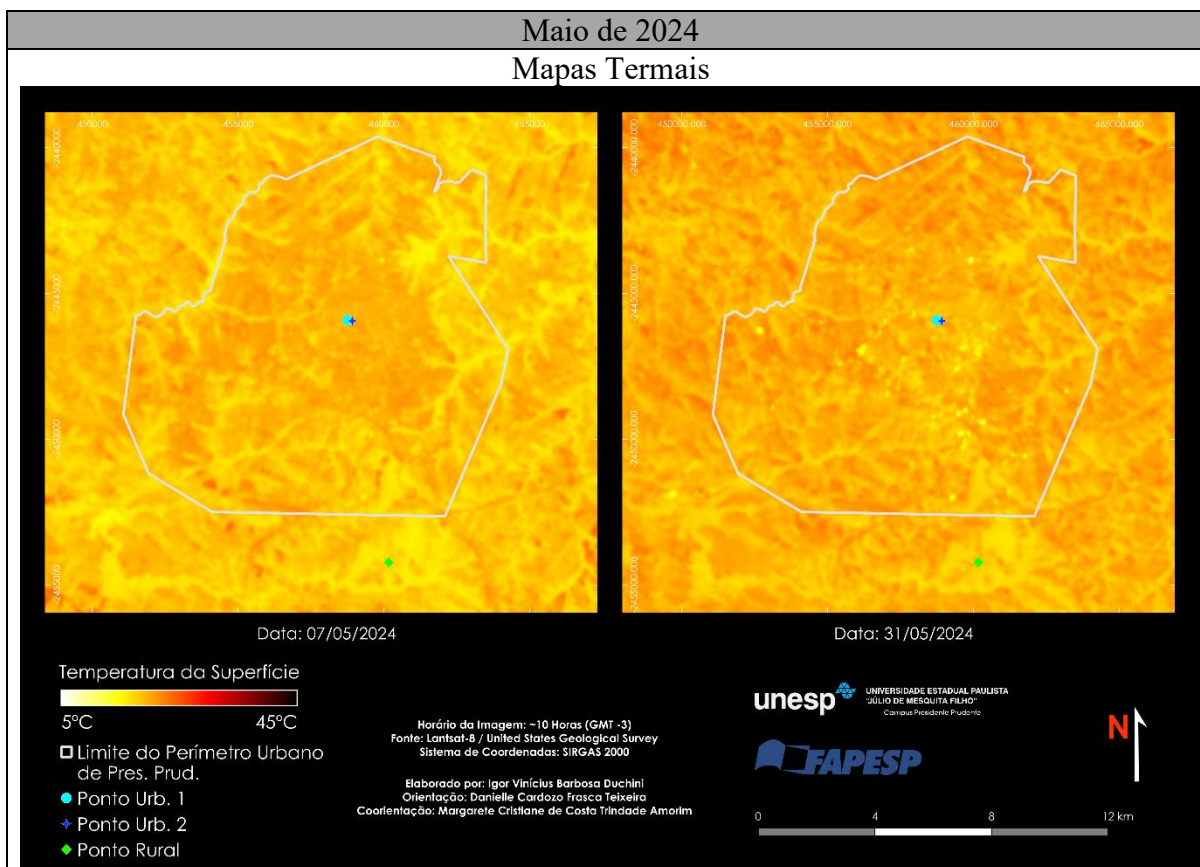
Como também mencionado anteriormente, as imagens dizem respeito ao período do final da manhã de cada dia (por volta das 10 horas). Logo, representam os padrões térmicos referentes a esse recorte temporal. Apesar de tais limitações, as análises das temperaturas e ICU_{Sup} foram relevantes para destacar eventuais diferentes respostas térmicas dos ambientes urbano e rural. Ademais, a análise por procedimentos remotos complementou aquilo que foi auferido na atmosfera do dossel urbano.

Os mapas gerados a partir das imagens de satélite são apresentados no Quadro 12. Além das informações de temperatura superficial, são expostas também a precipitação antecedente acumulada, a qual representa a quantidade de chuva nos dias anteriores a cada imagem, e o sistema atmosférico atuante no dia de cada registro.

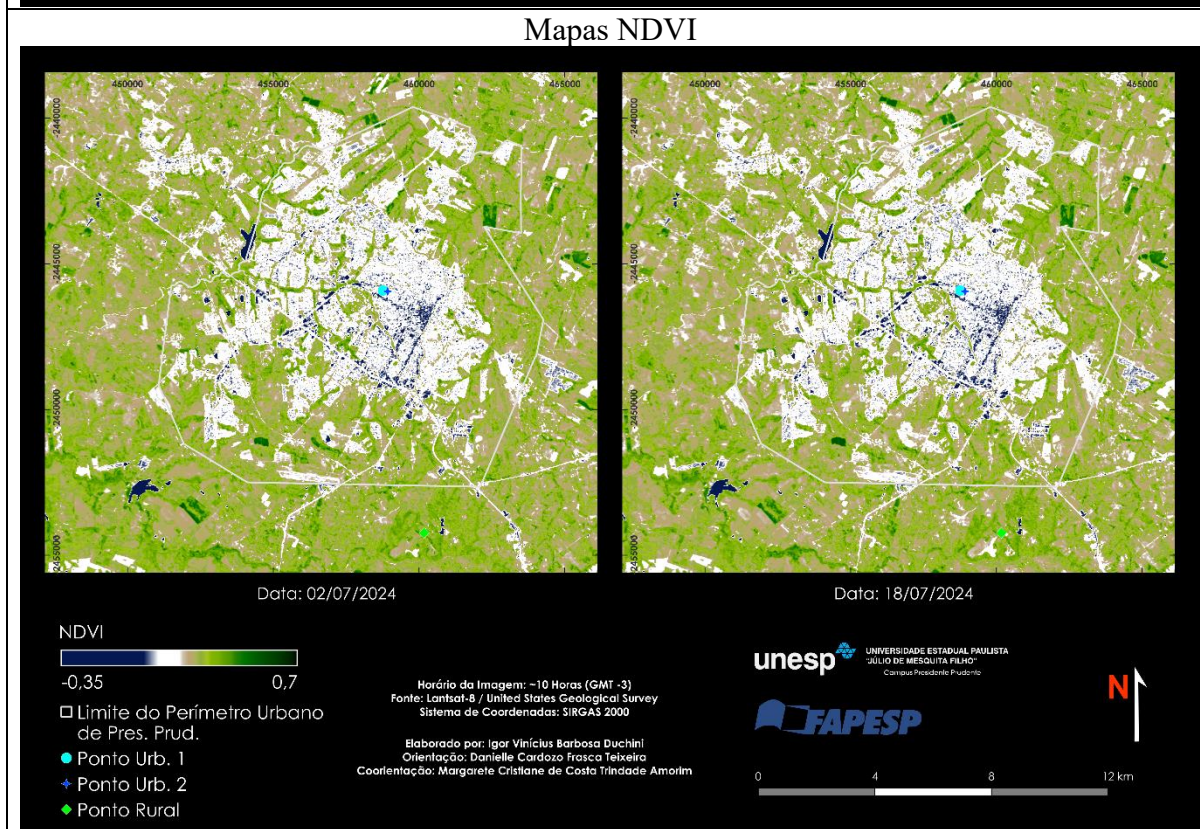
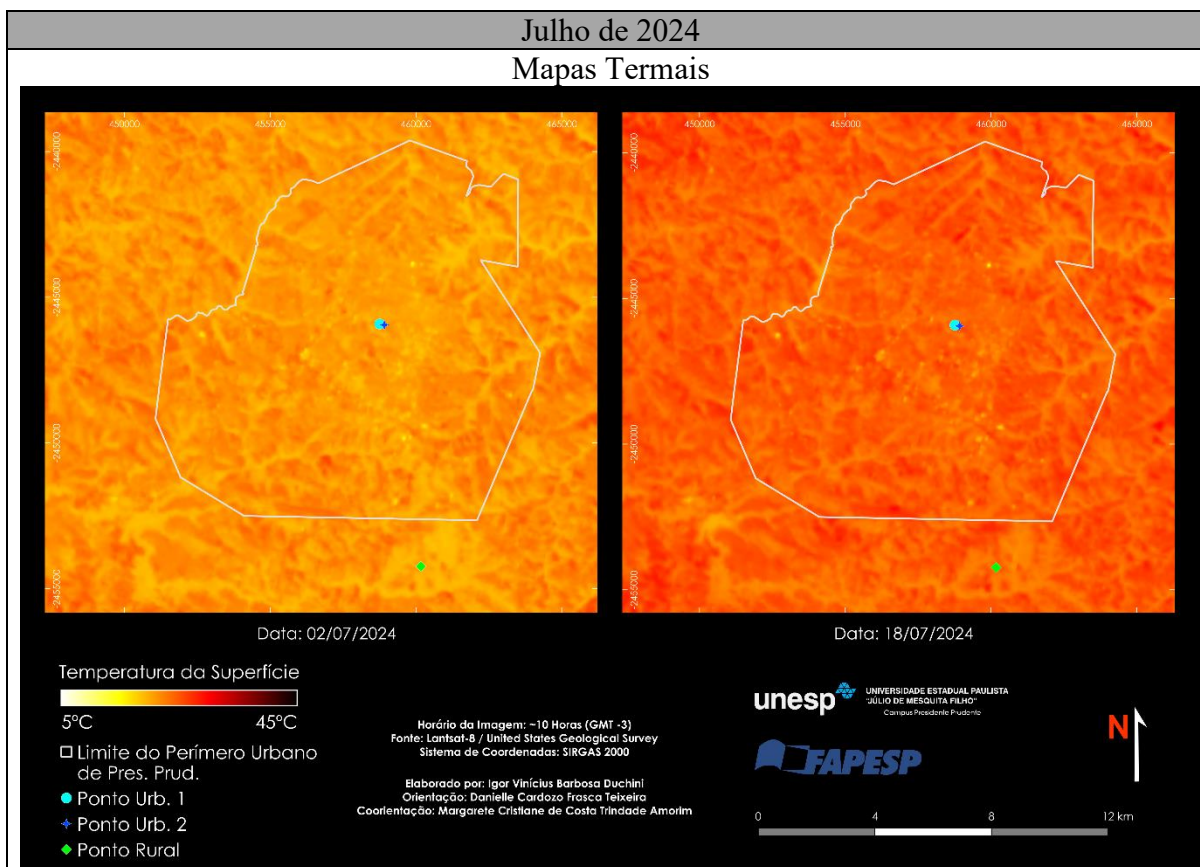
Quadro 12 – Temperaturas superficiais e índice de vegetação nos meses de análise



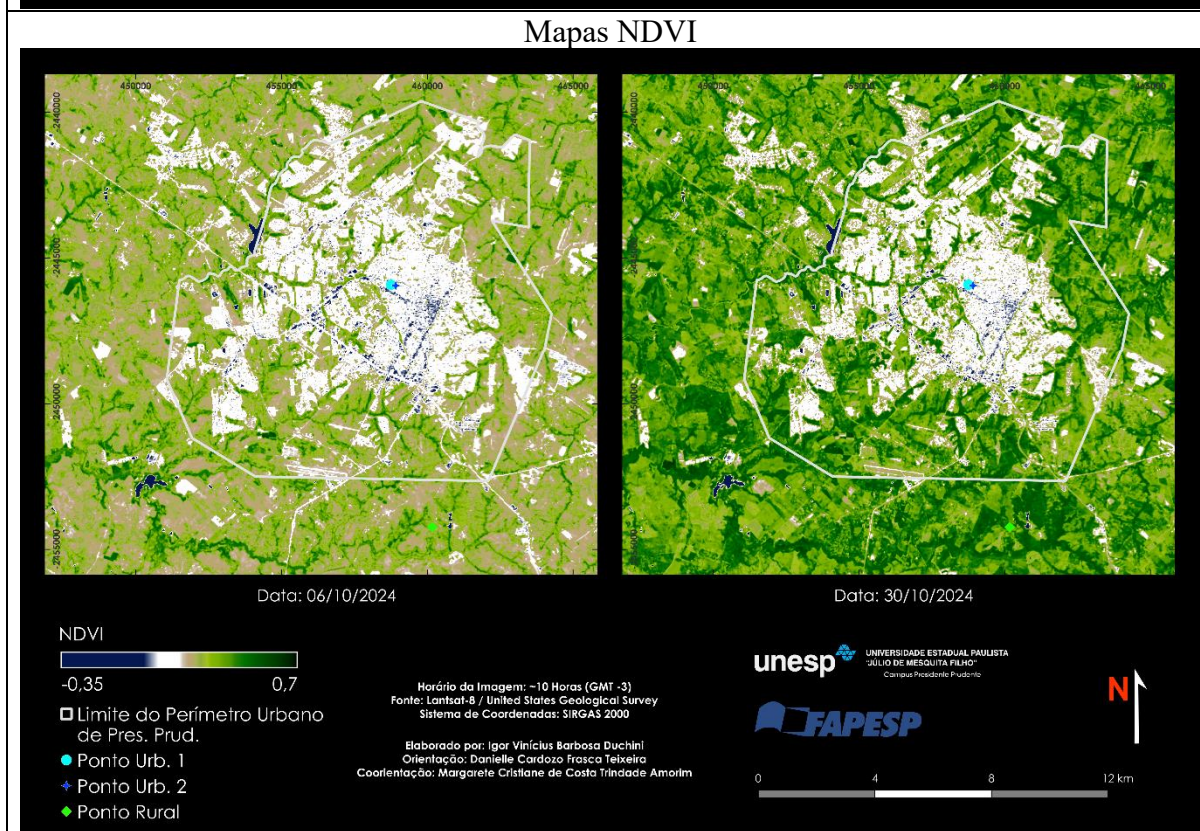
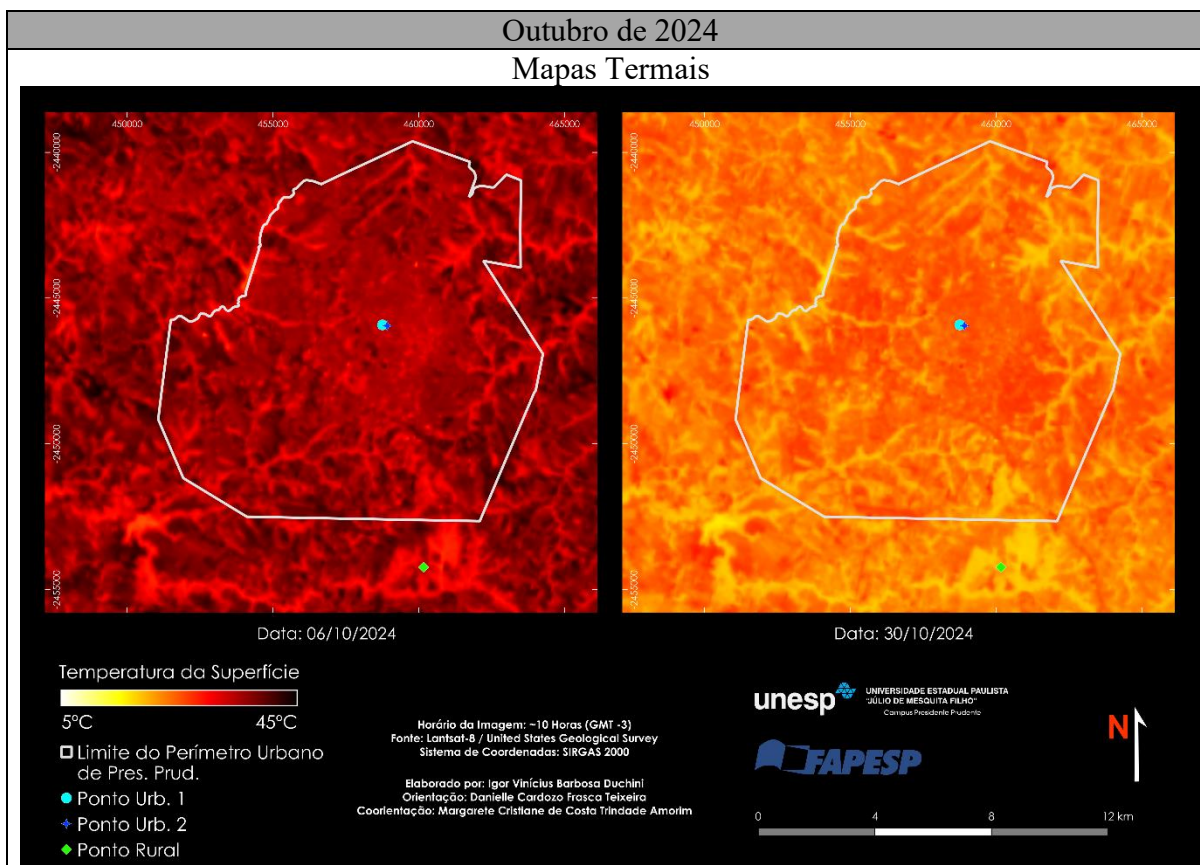
Elaboração: O autor (2025).



Elaboração: O autor (2025).



Elaboração: O autor (2025).



Elaboração: O autor (2025).

Janeiro de 2024

A primeira imagem do mês de janeiro, referente ao dia 8, foi registrada em um contexto de poucas chuvas antecedentes. Cinco dias antes do imageamento, não foi marcada precipitação, quinze dias antecedentes, 0,9 mm de chuva, e trinta dias antes, 51 mm. Vale ressaltar que houve precipitação leve e contínua durante o dia 8, propiciada por uma instabilidade tropical (IT) atuante.

Na segunda imagem do dia 24, porém, a precipitação acumulada foi mais significativa. Foram 40,9 mm cinco dias antes, 57,9 mm nos quinze dias anteriores e 67,4 mm trinta dias antecedentes. Na ocasião, uma mPa estava em vigor no Oeste Paulista.

Apesar das poucas chuvas no início do mês, em ambos os momentos de registro das imagens o NDVI se apresentou consideravelmente elevado para as áreas vegetadas. As porções do terreno com cobertura vegetal mais abundante tiveram os maiores valores do índice e mesmo a vegetação em meio ao ambiente urbano apresentou um vigor relevante.

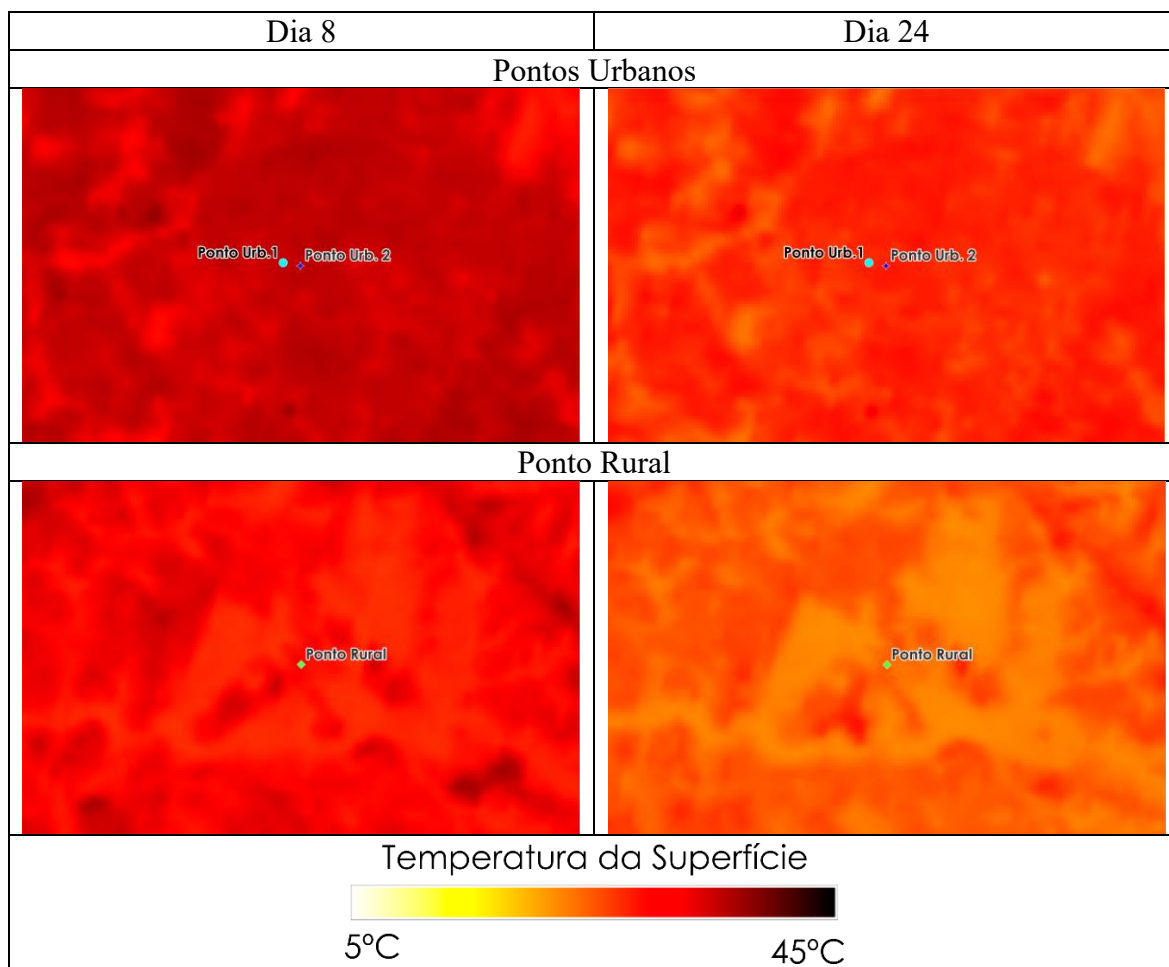
Em relação às informações de temperatura superficial extraídas por ponto de monitoramento, ressalta-se a Tabela 7 e o detalhamento do Quadro 13.

Tabela 7 – Temperaturas superficiais e atmosféricas às 10 horas nos pontos de monitoramento em janeiro de 2024

Temperatura Superficial às 10 Horas (em °C) (Sist. Atmos. em parênteses)				
Janeiro	<i>Dia 8 (IT)</i>	<i>Intensidade ICU</i>	<i>Dia 24 (Pa)</i>	<i>Intensidade ICU</i>
Ponto Urb. 1	33,5	3,5	27,9	3,4
Ponto Urb. 2	33,8	3,8	28,5	4
Ponto Rural	30	-----	24,5	-----
Temperatura Atmosférica às 10 Horas (em °C)				
Ponto Urb. 1	35,8	1,3	25,8	-0,7
Ponto Urb. 2	35,2	0,7	26,1	-0,4
Ponto Rural	34,5	-----	26,5	-----
Diferença Temperatura Superficial e Atmosférica				
Ponto Urb. 1	-2,3		2,1	
Ponto Urb. 2	-1,4		2,4	
Ponto Rural	-4,5		-2	

Elaboração: O autor (2025).

Quadro 13 – Vista aproximada das imagens termais em janeiro



Elaboração: O autor (2025).

Como é possível observar, comparando as imagens de ambos os dias e de ambos os ambientes, em janeiro as temperaturas superficiais e atmosféricas foram mais elevadas no dia 8. Possivelmente, essa condição foi gerada pela configuração sinótica em questão: uma IT precedida por uma sequência de dias quentes, com massas de ar tropicais em vigor.

No dia 24 o resultado foi diferente. Ambos os níveis de análise da temperatura (ar e alvo) apresentaram valores mais baixos, inferiores a 30°C. Mais uma vez a condição sinótica em vigor – mPa – propiciou um padrão térmico mais ameno.

Isto posto, é necessário ressaltar os valores das intensidades das ICUs em cada ponto em ambos os dias. Percebe-se que no caso das temperaturas superficiais as magnitudes foram moderadas para os dois dias analisados. Contudo, ressalta-se que no dia 24, quando as temperaturas superficiais foram menores, a intensidade das ICU_{Sup} foi quase semelhante (Ponto Urb. 1) ou mesmo superior (Ponto Urb. 2) ao dia com as maiores temperaturas.

Por outro lado, a intensidade da ilha de calor atmosférica nos dois dias de janeiro foi aproximada. De fato, no dia 24 foram registradas, para ambos os pontos urbanos, ilhas de frescor. A justificativa para tal fato tem relação com o padrão de aquecimento diferencial das superfícies e da atmosfera dos ambientes urbano e rural.

Quanto às condições superficiais, justifica-se as maiores intensidades devido ao fato da forma como os alvos são aquecidos durante o ciclo diurno e a incidência de luz solar na superfície terrestre. Conforme a elevação solar aumenta no avançar do dia, uma área maior da superfície terrestre é iluminada. Assim, os alvos aquecem progressivamente. Dado os aspectos térmicos dos materiais construtivos do ambiente urbano (discutidos na Seção II), conforme há incidência de radiação solar, tais materiais emitem o calor absorvido (ondas longas), resultando em temperaturas superficiais mais altas.

Logo, durante o final da manhã, as temperaturas dos alvos se tornam mais elevadas. Levando em consideração que os materiais do ambiente urbano têm maior capacidade de absorção e emissão de calor do que o ambiente rural, tem-se, dessa forma, intensidades de ICU_{Sup} também mais elevadas (Oke *et al.*, 2017).

Maio de 2024

No que tange ao mês de maio, a primeira imagem, do dia 7, foi registrada em um período de subsequentes dias quentes com ação de uma mTc. Até quinze dias anteriores ao imageamento não foram registradas chuvas. Porém, trinta dias antes, foram marcados 152,9 mm acumulados.

No segundo dia selecionado, 31, as condições foram bem distintas. Alguns dias precedentes a passagem de uma frente fria e a entrada de uma mPa atenuaram as temperaturas do ar. A precipitação acumulada foi tal que cinco dias antes foram 17,9 mm, quinze dias, 33,8 mm e nos trinta dias anteriores não houve novos episódios de chuva.

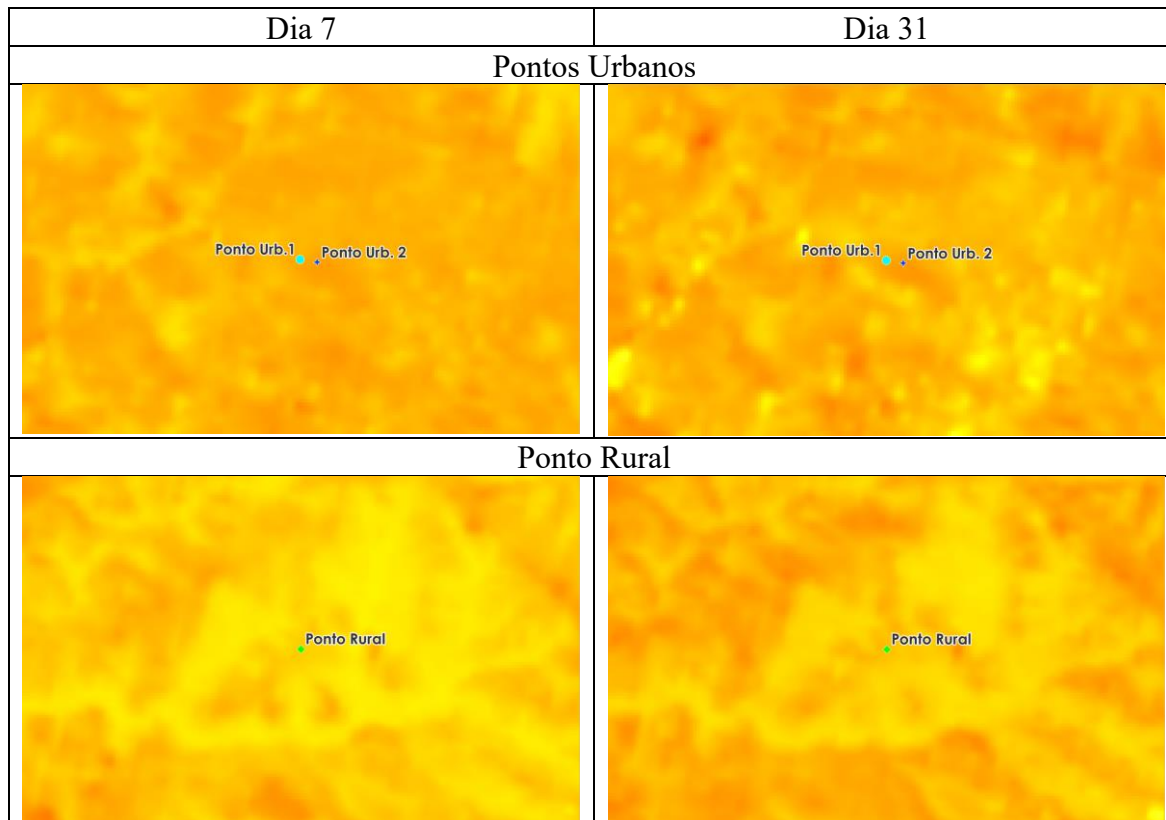
Tem-se, portanto, a Tabela 8 com as informações da distribuição térmica dos dois momentos e o Quadro 14 detalha os pontos de interesse.

Tabela 8 – Temperaturas superficiais e atmosféricas às 10 horas nos pontos de monitoramento em maio de 2024

Temperatura Superficial às 10 Horas (em °C) (Sist. Atmos. em parênteses)				
Maio	Dia 7 (mTc)	Intensidade ICU	Dia 31 (Pa)	Intensidade ICU
Ponto Urb. 1	19,9	1,9	20,1	1,4
Ponto Urb. 2	20,5	2,5	20,9	2,2
Ponto Rural	18	-----	18,7	-----
Temperatura Atmosférica às 10 Horas (em °C)				
Ponto Urb. 1	30,8	0,3	18,6	-1,2
Ponto Urb. 2	30,5	0	19	-0,8
Ponto Rural	30,5	-----	19,8	-----
Diferença Temperatura Superficial e Atmosférica				
Ponto Urb. 1	-10,9		1,5	
Ponto Urb. 2	-10		1,9	
Ponto Rural	-12,5		-1,1	

Elaboração: O autor (2025).

Quadro 14 – Vista aproximada das imagens termais em maio





Elaboração: O autor (2025).

Os dados auferidos para o mês de maio mostram uma diferença nítida nos valores de intensidade das ilhas de calor superficiais. Enquanto janeiro foi marcado por dois momentos com ampla diferença de temperaturas das superfícies rural e urbana às 10 horas da manhã, em maio, os dias selecionados apresentaram condições bem mais amenas. De fato, mesmo os valores absolutos das temperaturas foram consideravelmente mais baixos.

Em maio, durante o período de outono, portanto no equinócio, a máxima elevação solar é menor se comparado ao solstício de verão, condição a qual vigorava em janeiro. Sendo assim, às 10 horas da manhã, a quantidade de radiação solar que havia atingido a superfície terrestre nos locais de estudo foi menor relativa ao mesmo horário no primeiro mês do ano. Isso pode ter propiciado menor aquecimento dos materiais.

Porém, é necessário ainda fornecer uma hipótese quanto à menor diferença entre o ponto rural e os urbanos. Para tanto, é preciso se atentar ao índice de vigor vegetativo, o qual também foi menor no começo de maio em relação a janeiro e consideravelmente menor no final do mês de outono. Apesar das precipitações próximas ao dia 31, maio foi um mês bastante seco, o que favoreceu condições mais debilitantes às plantas no ambiente rural. Dessa forma, as condições térmicas da superfície dos ambientes rural e urbano se tornam homogêneas, uma vez que o vigor vegetativo é baixo.

Como explicado anteriormente, uma vegetação mais seca também se aquece mais facilmente, haja vista a menor capacidade de geração de fluxo de calor latente por evapotranspiração. Desse modo, as diferenças de temperaturas superficiais entre o ambiente rural e urbano são atenuadas (Amorim, 2017; Oke *et al.*, 2017; Teixeira; Amorim, 2022b). Tal fato torna-se ainda mais evidente quando considerado os resultados do dia 31, quando o NDVI era mais baixo para a porção rural monitorada e, conseqüentemente, a intensidade da ilha de calor superficial também foi menor.

O padrão das intensidades da ilha de calor atmosférica foi semelhante àquele observado em janeiro. Reitera-se que os padrões de aquecimento e a temporalidade de formação das ilhas de calor do dossel já foram abordadas no tópico anterior. O que é relevante ressaltar é a divergência de temperaturas registradas entre a superfície e a atmosfera no mesmo horário. Nos

dois dias de janeiro houve uma certa confluência entre ambos os meios, ao passo que no dia 7 de maio foram registradas amplitudes de mais de 10°C.

Tal acontecimento revela que não há, necessariamente, uma relação direta entre a temperatura das superfícies e a do ar. Teixeira e Amorim (2022b) apontam que o padrão de aquecimento/resfriamento dos materiais urbanos implica em respostas térmicas distintas nos níveis superficial e atmosférico. A inserção de radiação solar no ambiente gera um aquecimento mais célere das superfícies, em especial aquelas com baixa capacidade térmica (Teixeira e Amorim, 2022b), ao passo que a atmosfera se aquece de maneira mais lenta.

Um fator de intensificação dessa diferença entre os dois níveis certamente foi a condição sinótica atípica do período em questão. A primeira metade de maio de 2024 foi caracterizada por uma onda de calor bastante intensa. Logo, a temperatura do ar estava particularmente elevada. Em contrapartida, tal efeito não foi notado, diretamente, na temperatura dos materiais da superfície urbana.

No segundo dia de análise de maio, dia 31, as condições voltaram a se assemelhar com janeiro, assim, as temperaturas superficiais e da atmosfera inferior urbana apresentaram certa paridade.

Julho de 2024

Quanto ao mês de inverno monitorado, as condições foram tais: no início do mês, mais especificamente no dia 2, vigorava uma massa de ar polar precedida por uma frente fria que trouxe pouca precipitação à região. De fato, nos trinta dias anteriores, apenas 2,5mm de chuva foram acumulados.

No segundo dia analisado, o dia 18, a condição sinótica foi marcada pela atuação de uma massa de ar tropical atlântica (mTa), com temperaturas mais elevadas, com máxima próxima aos 30°C. A precipitação acumulada também foi mais expressiva, com 64,5 mm totais em trinta dias antecedentes. Ressalta-se que, deste montante, 56,9 mm são referentes ao dia 9, quando da vigência de uma frente estacionária.

Chama a atenção o NDVI para ambos os dias, o qual foi particularmente baixo nas áreas vegetadas. Levando em conta o período de inverno seco da região de estudo, tal resultado não é de todo inesperado.

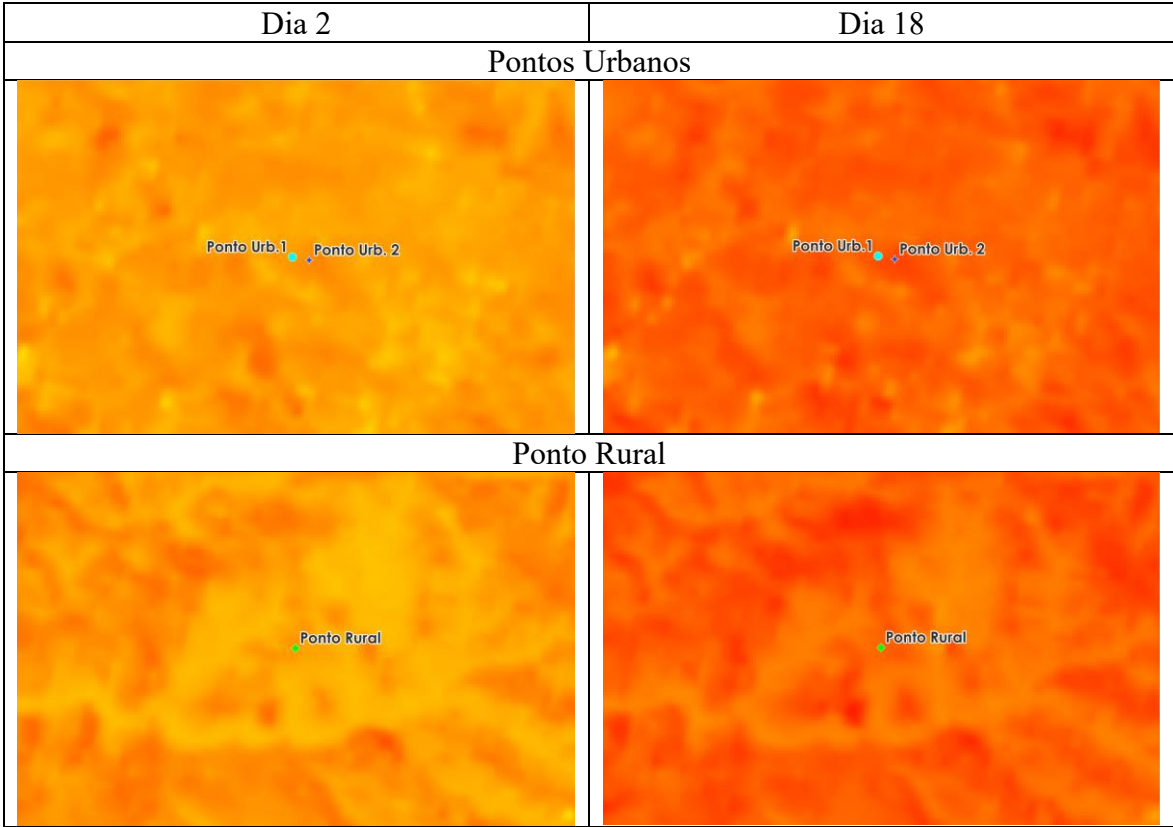
A Tabela 9 apresenta os dados referentes às condições térmicas de interesse e o Quadro 15 apresenta o detalhamento dos pontos urbanos e rural.

Tabela 9 – Temperaturas superficiais e atmosféricas às 10 horas nos pontos de monitoramento em julho de 2024

Temperatura Superficial às 10 Horas (em °C) (Sist. Atmos. em parênteses)				
Julho	Dia 2 (Pa)	Intensidade ICU	Dia 18 (mTa)	Intensidade ICU
Ponto Urb. 1	21	0	25	0,9
Ponto Urb. 2	21,7	0,7	25,7	1,6
Ponto Rural	21	-----	24,1	-----
Temperatura Atmosférica às 10 Horas (em °C)				
Ponto Urb. 1	21,2	-1,3	25,1	-2,4
Ponto Urb. 2	20,9	-1,6	25,4	-2,1
Ponto Rural	22,5	-----	27,5	-----
Diferença Temperatura Superficial e Atmosférica				
Ponto Urb. 1	-0,2		-0,1	
Ponto Urb. 2	0,8		0,3	
Ponto Rural	-1,5		-3,4	

Elaboração: O autor (2025).

Quadro 15 – Vista aproximada das imagens termais em julho





Elaboração: O autor (2025).

Analisando a tabela fica nítido como os valores de intensidade da ilha de calor superficial são consideravelmente mais baixos em relação aos demais meses até então expostos. As intensidades são todas de fraca magnitude em ambos os dias selecionados.

Uma possível explicação mais evidente para tal padrão térmico seja o baixo vigor vegetativo devido ao período de estiagem do inverno do clima tropical do ambiente em questão. Uma vez estando mais seco, o ambiente rural apresentou condições físicas que não propiciaram uma diferenciação térmica relevante em relação ao ambiente urbano.

Esse resultado é importante, pois revela como as condições sinóticas e as características superficiais exercem uma influência direta nas respostas térmicas de ambientes bastante heterogêneos (*i.e.* urbano e rural). Períodos secos atenuam a capacidade da vegetação de manter temperaturas mais baixas. Tal observação também traz implicações para a vegetação urbana e sua eficiência enquanto meio de mitigar ilhas de calor (Mascaró; Mascaró, 2002).

Outro elemento que é curioso de se atentar é que, apesar de se tratar do período de solstício de inverno, portanto, durante o mínimo de insolação diária, os dois dias selecionados de julho apresentaram temperaturas superficiais mais altas às 10 horas da manhã em relação ao mesmo período no equinócio durante o mês de maio, exposto anteriormente.

Tal fato instiga a consideração da possibilidade de os índices de umidade das superfícies exercerem maior influência nas temperaturas superficiais do que a quantidade de entrada de radiação solar propriamente dita (ressalta-se que os quatro dias analisados dos dois meses apresentaram tempo firme e céu predominantemente limpo).

Finalmente, a diferença entre a temperatura superficial e atmosférica é bastante pequena, na verdade a mais baixa se considerado os dias dos outros meses. Essa proximidade ocorreu mesmo em condições sinóticas distintas. Apenas o ambiente rural apresentou uma divergência mais significativa entre a temperatura do ar e das superfícies.

Outubro de 2024

Por fim, os dois dias do mês de outubro, como representante do período da primavera, foram caracterizados pelos seguintes aspectos climáticos. No dia 6, estava em vigor uma massa

de ar polar tropicalizada (mPt), durante a qual o tempo se manteve firme, com céu aberto e temperaturas consideravelmente elevadas (a máxima do dia foi de 35,2°C). Quinze dias antes do imageamento acumularam-se 8,9mm de chuva e trinta dias anteriores, um total de 35,1mm. Vale ressaltar que o início de outubro foi marcado por altas temperaturas, com máximas de 39°C.

No final do mês, no dia 30, vigorava a mTa, durante a qual também o tempo se encontrava firme e com céu limpo. A temperatura máxima do ar no dia foi de 33,7°C. Quanto à precipitação acumulada no período precedente, foi mais expressiva; sendo 49mm em quinze dias antecedentes e 86,7mm em trinta dias.

Essa diferenciação nos índices de precipitação fica mais nítida ao comparar-se com o NDVI de cada dia. No dia 6 de outubro foi evidente o baixo vigor vegetativo nas áreas no entorno da malha urbana, ao passo que no dia 30 de outubro, o índice encontrado atesta uma vegetação mais bem abastecida de água.

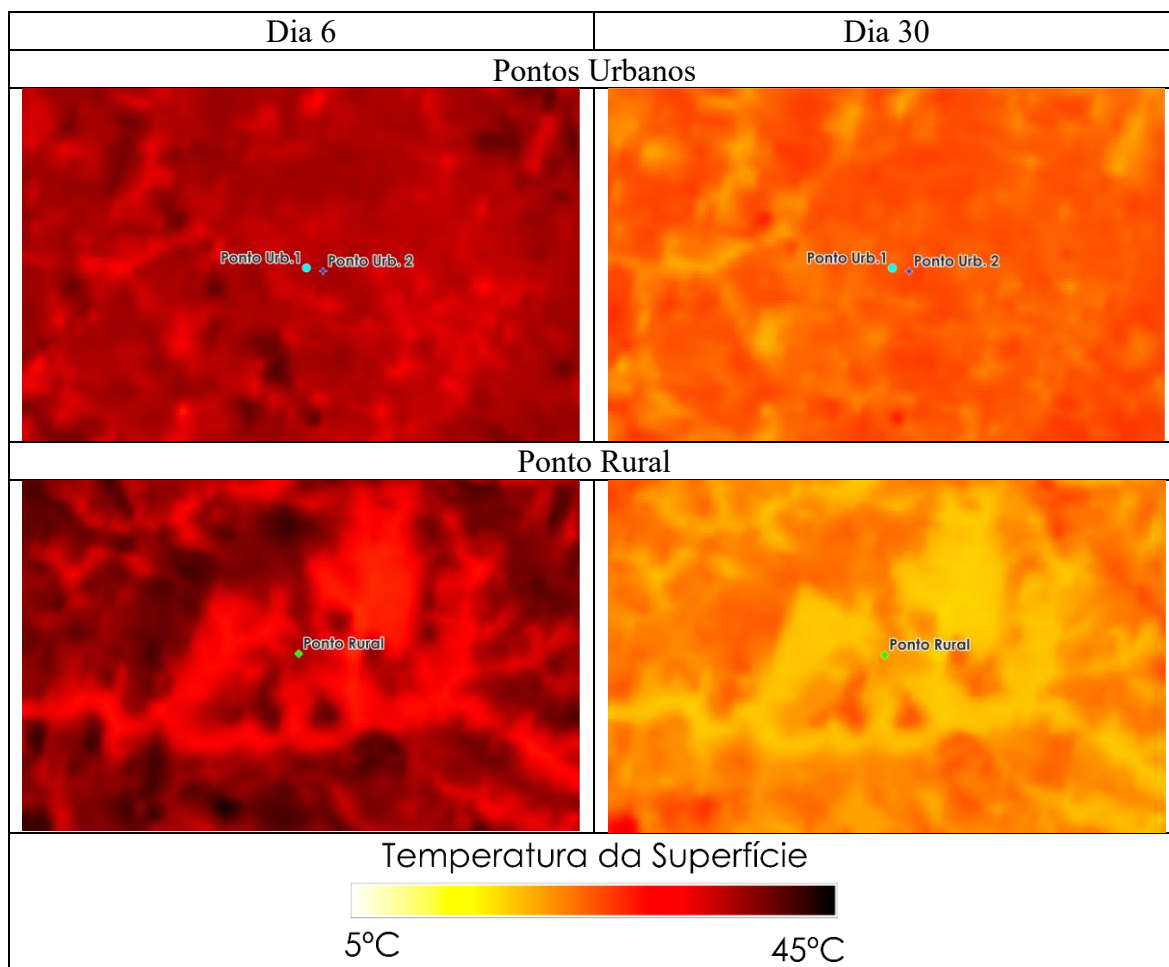
A Tabela 10 destaca os dados de temperatura do ar e da superfície para os dias analisados em outubro. O Quadro 16 apresenta os detalhes da temperatura superficial no urbano e na área rural.

Tabela 10 – Temperaturas superficiais e atmosféricas às 10 horas nos pontos de monitoramento em outubro de 2024

Temperatura Superficial às 10 Horas (em °C) (Sist. Atmos. em parênteses)				
Outubro	<i>Dia 6 (Pt)</i>	<i>Intensidade ICU</i>	<i>Dia 30 (mTa)</i>	<i>Intensidade ICU</i>
Ponto Urb. 1	34,4	-0,7	24,8	3,8
Ponto Urb. 2	35,2	0,1	25,5	4,5
Ponto Rural	35,1	-----	21	-----
Temperatura Atmosférica às 10 Horas (em °C)				
Ponto Urb. 1	27,5	-0,5	29,8	0,3
Ponto Urb. 2	27,5	-0,5	29,3	-0,2
Ponto Rural	28	-----	29,5	-----
Diferença Temperatura Superficial e Atmosférica				
Ponto Urb. 1	6,9		-5	
Ponto Urb. 2	7,7		-3,8	
Ponto Rural	7,1		-8,5	

Elaboração: O autor (2025).

Quadro 16 – Vista aproximada das imagens termais em outubro



Elaboração: O autor (2025).

Destaca-se, em outubro, a grande divergência das intensidades de ilha de calor superficial entre os dois dias selecionados. No início do mês, as intensidades foram particularmente baixas, ou mesmo negativas. O baixo NDVI possivelmente favoreceu um aquecimento elevado da vegetação na zona rural, o que acarretou uma certa equiparação com o ambiente urbano.

No dia 30, por outro lado, o maior vigor vegetativo fez com que tal aquecimento não ocorresse de maneira tão expressiva. Assim, a temperatura superficial na cidade manteve-se mais elevada e propiciou a formação da ilha de calor superficial. De fato, a maior intensidade da ilha de calor superficial dentre os dias analisados ocorreu em 30 de outubro.

A temperatura atmosférica manteve o padrão observado nos meses expostos anteriormente. Contudo, a diferença entre temperatura atmosférica e superficial também tem destaque em outubro. No dia 6, quando as temperaturas das superfícies foram altas, a temperatura da atmosfera não apresentou o mesmo padrão térmico. A entrada de uma massa de

ar frio em alguns dias antecedentes ao momento em questão teve influência na consolidação desse cenário.

Considerando o alto aquecimento atmosférico durante o início do mês de outubro, pensa-se em uma possível inércia térmica apresentada pela superfície. Mesmo com a entrada da mPa – que não trouxe precipitação – a superfície não apresentou o mesmo ritmo de resfriamento do que o ar, muito provavelmente em decorrência dos aspectos térmicos dos materiais construtivos e da vegetação mais seca.

No dia 30, todavia, o cenário foi bem diferente. As subseqüentes entradas de massas polares e episódios de precipitação durante o mês de outubro possivelmente colaboraram para uma atenuação das temperaturas das superfícies urbanas. Ao mesmo tempo, mais chuvas foram cruciais para uma melhora do vigor vegetativo. Assim, a entrada de uma mTa no final do mês aumentou a temperatura do ar, mas não foram determinantes para a temperatura superficial.

Finalizando esse tópico de análise da formação das ilhas de calor superficiais, dois elementos puderam ser percebidos. Primeiro, não há uma relação direta entre os valores de temperatura do ar e da atmosfera para o horário das 10 horas da manhã nos pontos considerados. De fato, o pico de aquecimento superficial, por volta das 12 horas do horário local, não corresponde ao pico de aquecimento do ar, que ocorre por volta das 15 horas (Oke *et al.*, 2017). Mesmo em julho, quando a proximidade das temperaturas foi maior, as condições sinóticas e o grau de insolação relacionado à sazonalidade aparentam influenciar nas condições térmicas dos ambientes.

Os diferentes aspectos e respostas térmicas da atmosfera e da superfície são um elemento importante a se considerar quando da análise desses diferentes níveis do ambiente. Sendo assim, por mais que haja uma relação de aquecimento do ar pela irradiação de ondas longas das superfícies, outras condicionantes – tais como precipitação e entrada de massas de ar frias – têm um peso importante na determinação das temperaturas.

Isto posto, relaciona-se tal apontamento com outro fator de interesse para o estudo realizado. A relação entre a temperatura da superfície e do ar considerando as diferenças altimétricas dos sensores urbanos. Com os resultados obtidos não foi possível detectar uma influência direta da temperatura superficial na temperatura do ar, mesmo em relação à diferença de altura e da morfologia local do ambiente de cada sensor. Como colocado acima, as condições sinóticas demonstram um peso maior nos padrões térmicos.

Contudo, duas ressalvas devem ser feitas. Primeiro, o período do final da manhã não é o mais favorável à detecção das influências da temperatura superficial na temperatura

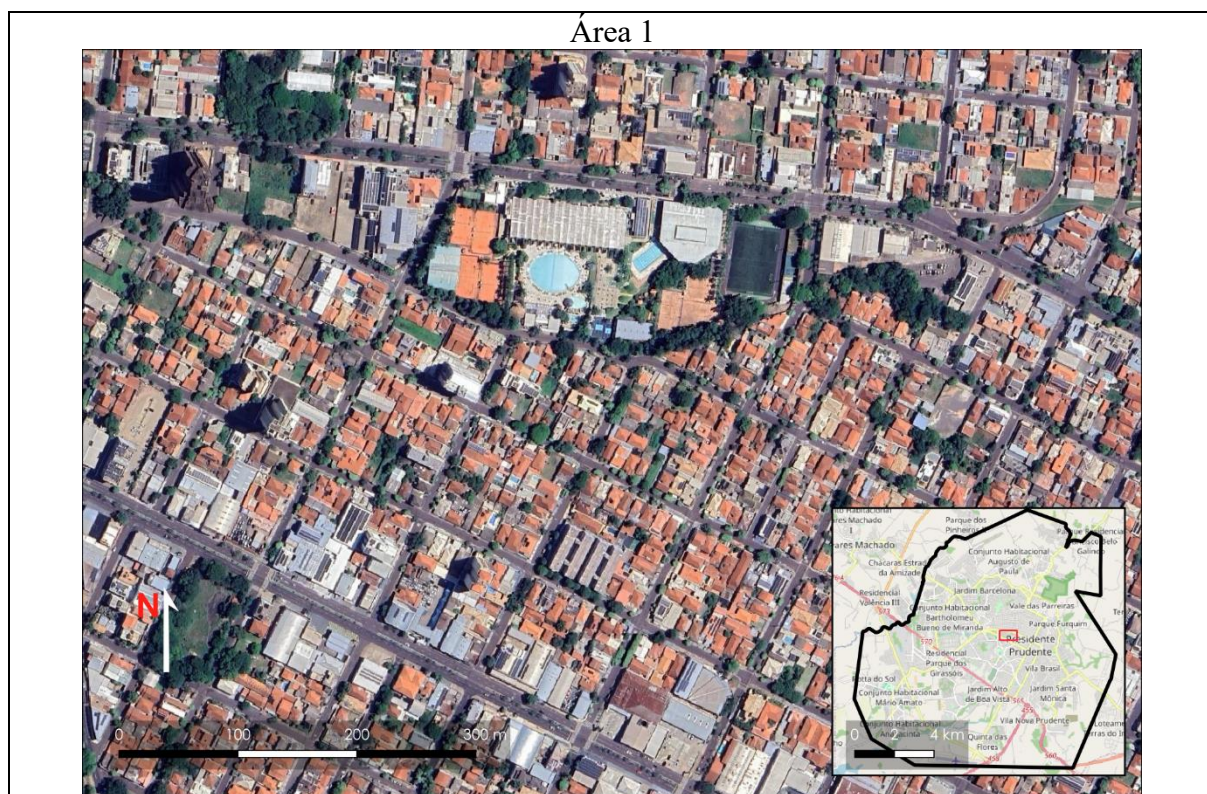
atmosférica local. A inércia térmica dos materiais é melhor expressa durante o final da tarde, conforme o sol se põe. Tal fato ficou evidente com a análise das tabelas dinâmicas no tópico anterior.

Ademais, a resolução espacial do sensor do Landsat-8 e 9, como também já afirmado, gera uma generalização dos valores de temperatura superficial em uma área bastante extensa. Desta feita, dificulta-se uma comparação direta entre os valores obtidos a partir de resoluções espaciais distintas (bem maior para os sensores instalados nos pontos Urb. 1 e 2). A temperatura superficial do pixel da imagem de satélite não se limita a superfícies como telhados, as quais trariam valores mais adequados de serem comparados ao Ponto Urb. 1.

4.5 Análise Morfológica de Quatro Áreas Urbanas

Como colocado na Seção III, o principal objetivo da análise morfológica realizada é identificar os padrões espaciais suscitados pelos diferentes agentes que produzem o espaço urbano em determinadas localidades da cidade. As imagens de satélite das áreas selecionadas seguem no Quadro 17.

Quadro 17 – Áreas selecionadas para análise morfológica

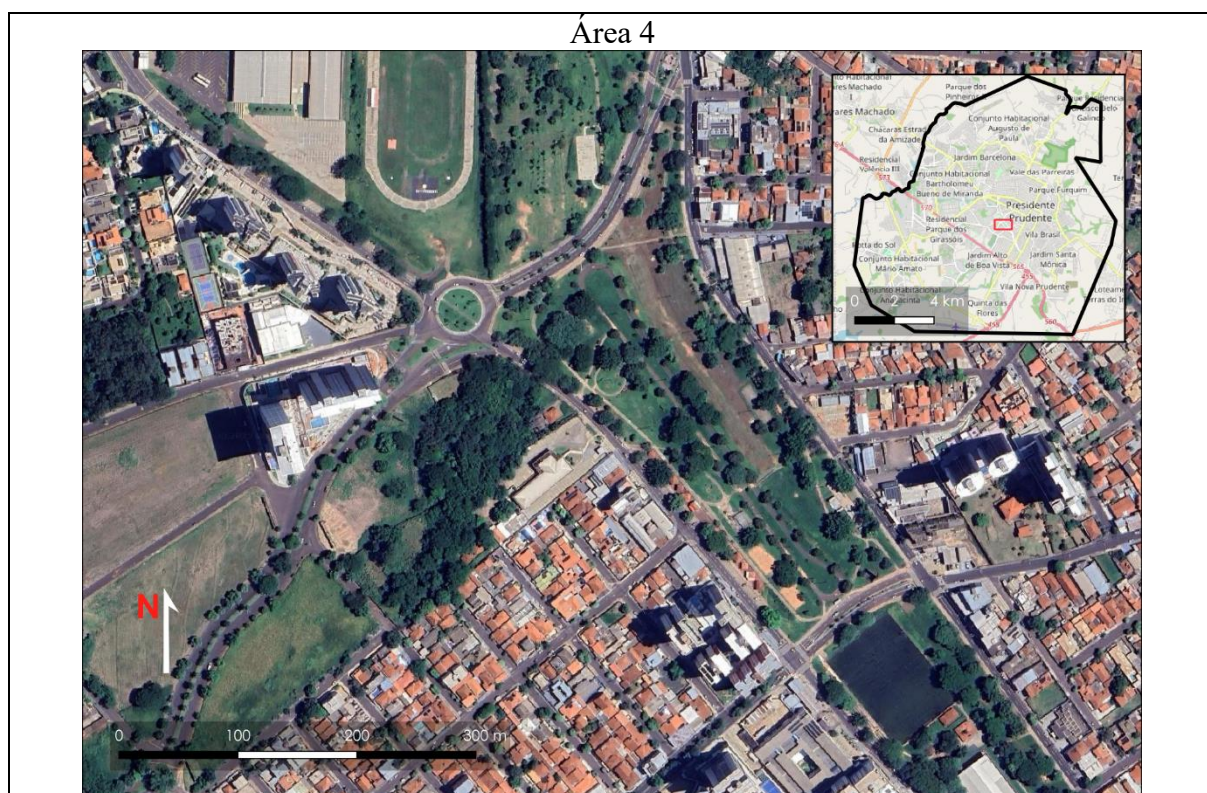


Área 2



Área 3





Fonte: Elaboração própria (2025).

A Área 1 diz respeito às imediações dos locais onde se encontravam os sensores utilizados para a coleta dos dados climáticos. De modo geral, a área é caracterizada por um adensamento construtivo considerável, onde o processo de urbanização já está mais consolidado. De fato, a área data das primeiras décadas de expansão da malha urbana de Presidente Prudente, sendo ainda comum a presença de edificações que datam dos anos 1940-1950 (Kurak-Lombardi, 2020).

O padrão do plano urbano no local é predominantemente regular (ortogonal), com uma exceção mais evidente nas quadras ao Norte da área representada, onde o uso do solo – comércio e lazer – é distinto do restante da área. As quadras residenciais possuem dimensões de aproximadamente 90 metros. Predominam edificações horizontais, não obstante, há presença pontual de edifícios verticalizados, alguns com mais de 10 pavimentos.

Destaca-se um uso do solo majoritariamente residencial, porém, no entorno das vias principais, destacam-se galpões de comércio diversos (principalmente na porção sul da área representada). As dimensões dos lotes são variadas, predominando aqueles com fachadas de 10 metros e comprimento de 30 metros.

As edificações horizontais, por sua vez, possuem um recuo frontal significativo, sendo que o quintal frontal é utilizado como garagem, coberta ou não. Em alguns casos pontuais há presença de jardim.

Finalmente, a arborização da área é esparsa, se concentrando em algumas vias em específico. Vale ressaltar que a área se encontra em um bairro que foi concebido em uma época quando os planos urbanísticos da cidade seguiam, em certa medida, um molde de cidade-jardim, em voga na primeira metade do século XX (Macedo, 1999).

A Área 2, por sua vez, diz respeito a um espaço residencial fechado com residências e terrenos com preço consideravelmente elevado. O padrão morfológico é bastante característico e destaca-se os espaços livres e a arborização, que é bastante significativa.

O padrão construtivo também é particular. Predominam residências horizontais, em maioria sobrados. O tamanho dos lotes, de forma geral, contudo, continua seguindo um padrão semelhante à Área 1, de 10x30 metros. A presença de lotes vazios é bem mais expressivo, destacando uma ocupação ainda em andamento.

O plano urbano também chama a atenção, destacando-se vias que seguem padrões mais irregulares e que, em certa medida, podem visar integrar de maneira mais orgânica os espaços livres e arborizados ao deslocamento dos residentes. Há de se destacar também a presença de equipamentos de lazer, tais como quadras, piscinas e afins.

Quanto à Área 3, a princípio o plano urbano da área chama bastante atenção, sendo caracterizado por uma irregularidade marcante, destoando das demais áreas apresentadas. Tal conformação é resultado de processo de ocupação urbana em uma área com terreno bastante irregular, o que condicionou o traçado das vias e disposição dos lotes.

Estes, a propósito, são consideravelmente menores em relação àqueles das áreas 1 e 2. Aqui, as edificações se encontram em um terreno de, no geral, 8x20 metros. Dessa forma, a densidade construtiva nas quadras é bastante significativa. As residências, por sua vez, são, em sua maioria, térreas.

A arborização é razoável, sendo mais destacada na porção oeste do recorte selecionado. É possível observar alguns espaços livres com vegetação, hora como pequenas praças, hora como lotes vazios.

Por fim, a Área 4 foi selecionada como representativa de uma porção da cidade que apresenta um processo de verticalização mais pujante, em decorrência da ocupação de lotes no entorno de um parque linear que percorre boa parte das áreas centrais de Presidente Prudente.

As torres podem ser observadas na parte oeste do parque, ao centro da imagem, assim como em outros trechos a sudeste. O local se destaca também pela presença de quantidade considerável de lotes vagos, assim como uma heterogeneidade maior de padrões de densidade construtiva. Em se tratando de uma área com proximidade ao parque linear, o local apresenta terrenos com renda consideravelmente alta.

De toda forma, destaca-se que essa proximidade com um espaço livre de grande proporção torna-se um atrativo significativo para a instalação de empreendimentos. Dessa forma, a verticalização nessa porção da cidade acaba por se destacar, propiciando um padrão morfológico bastante particular.

Definidas essas análises morfológicas dos locais selecionados, parte-se agora para a análise térmica dos locais, levando em consideração as temperaturas superficiais, conforme foram apresentadas no tópico 4.4. A Tabela 11 destaca a temperatura superficial média de cada recorte das cenas apresentadas no Quadro 17 para cada um dos dias analisados no tópico anterior.

Tabela 11 – Média das temperaturas superficiais (em °C) às 10 horas da manhã em dias de janeiro, maio, julho e outubro de 2024 nas áreas de interesse.

	Janeiro		Maio		Julho		Outubro	
	<i>Dia 8</i>	<i>Dia 24</i>	<i>Dia 7</i>	<i>Dia 31</i>	<i>Dia 2</i>	<i>Dia 18</i>	<i>Dia 6</i>	<i>Dia 30</i>
Área 1	33,5	28	19,7	19,4	20,7	24,5	34,3	25,1
Área 2	32,5	27,1	19,1	19,4	21	24,3	35,1	23,7
Área 3	34	29	20,3	20,9	22	25,7	36,4	26,4
Área 4	33	27,5	19,6	19,7	21,4	24,7	35,4	24,6

Elaboração: O autor (2025).

Como é possível observar, a Área 3 foi, sistematicamente, a mais aquecida considerando os dias selecionados para análise. Por outro lado, a Área 2, na maioria dos casos, apresentou as menores temperaturas superficiais médias. Voltando a atenção para os quadros de análise morfológica, tais resultados revelam alguns apontamentos relevantes.

Primeiro, o grau de adensamento construtivo na Área 3 possivelmente está relacionado às temperaturas mais elevadas observadas. Ademais, as áreas verdes pouco expressivas também corroboram para temperaturas superficiais maiores. Em contrapartida, a menor densidade construtiva e maior presença de vegetação de porte na Área 2, ou seja, o exato oposto da Área 3, possivelmente implicaram em temperaturas superficiais mais amenas.

Outro elemento que se estabelece como uma hipótese a ser investigada diz respeito aos materiais construtivos de ambas as áreas. Como exposto na Seção II, os aspectos térmicos dos materiais implicam em padrões de aquecimento particulares (Gartland, 2008). Assim, considerando a grande divergência no processo de estruturação das áreas 2 e 3, pondera-se o grau de influência que os diferentes tipos de materiais tiveram na delimitação das temperaturas superficiais. Investigações em escala local são necessárias para atestar essa hipótese.

As áreas 1 e 4, por sua vez, apresentaram um padrão térmico um tanto semelhante em determinados momentos. De fato, o padrão morfológico de ambas as áreas guarda certas correspondências, diferindo-se, primordialmente, no grau de verticalização e de arborização. Esta última tendo um peso relevante, haja visto que no mês de julho, quando o vigor vegetativo foi menor (vide tópico 4.4), as temperaturas da Área 4, onde há maior arborização, foram superiores à Área 1.

Esses resultados põem em evidência a indissociabilidade da relação entre a morfologia urbana e os padrões térmicos locais. Nesse sentido, o espaço produzido segundo as lógicas e capacidades técnicas, econômicas e sociais dos grupos que o ocupa acaba culminando em um ambiente urbano que traz à tona diferentes interfaces com o meio físico-natural. O espaço, portanto, é um meio que é condicionado pelas modificações angariadas pelos indivíduos e que condiciona os mesmos por sua estrutura física produzida.

Considerando os canais de percepção apontados por Monteiro (2009), esses ambientes também passam a implicar em formas de ocupar e viver a cidade atravessadas pelas condicionantes ubíquas do clima. Assim, o conforto térmico, o nível de poluição do ar e o impacto de eventos hidrometeorológicos certamente afetam essas áreas de distintas maneiras.

Além disso, a observação dessas quatro áreas destaca como em cada uma delas é possível detectar condições térmicas bastante distintas. Como discutido no início da Seção II, a morfologia urbana traz consigo uma interface inerente entre os aspectos construídos segundo a intencionalidade dos agentes e as modificações dos processos naturais que são decorrentes desta ação. Assim, os aspectos morfológicos que tornam uma área entendida como agradável ou desagradável – grau de arborização, presença de espaços livres, padrão arquitetônico, padrão do arruamento, grau de densidade construtiva etc. – também são somados às qualidades climáticas que passam a gerar uma determinada percepção das paisagens da cidade.

Contudo, os aspectos positivos de uma localidade, devido às lógicas de mercado apresentadas na Seção I, são incorporadas como vantagens locais para os empreendimentos das incorporadoras. O preço dos terrenos, portanto, torna-se maior quanto

melhor forem as condições estruturantes das áreas, e a qualidade climática, nesse sentido, torna-se mais um aspecto restrito àqueles que podem pagar para tal.

A Cidade Produzida e o Clima Resultante

5.1

As Implicações
de um Clima
Urbano

5.2

Perspectivas
de Produção
do Espaço
Urbano

5.3

É Possível um
Planejamento
Climático da
Cidade?

5.4

Pensando
a Cidade
do Futuro

5.5

Considerações
Finais

Seção V – A Cidade Produzida e o Clima Resultante

Muitas foram as discussões angariadas no decorrer do presente trabalho. Inicialmente com a exposição das principais bases teóricas e conceituais que guiaram as análises realizadas, e, posteriormente, a apresentação dos resultados obtidos no contexto de uma investigação empírica do clima urbano.

Assim, é interessante que sejam recapitulados alguns pontos centrais de discussão. Inicialmente, na Seção I, foram apresentadas as definições dos conceitos de urbanização, cidade e espaço urbano, visando a devida compreensão de cada um deles no contexto da investigação proposta.

Posteriormente, foi dada ênfase ao processo de produção do espaço urbano, considerando que este é um dos principais processos de interesse no estudo. Para tanto, foi apontada a algumas concepções acerca do conceito de produção no contexto de análise, para o entendimento da maneira como o espaço urbano é produzido na cidade capitalista.

Em seguida, foram debatidas as lógicas de produção do espaço urbano no âmbito das cidades globais e médias, pretendendo destacar os padrões morfológicos da cidade oriundos dessas duas realidades urbanas que perpassam a estruturação física da cidade contemporânea.

A partir daí, foi estabelecida uma breve análise do conceito de morfologia urbana e como ela representa uma interface que aproxima os aspectos formais do ambiente urbano com as características do microclima inerente a essas configurações morfológicas.

Com isso, foram definidas algumas perspectivas acerca do ambiente físico-natural de áreas urbanas, com especial ênfase no balanço energético local. Assim, foram destacados os fluxos de energia e calor que caracterizam o ambiente urbano, assim como a relação da geometria e materiais construtivos com a dinâmica térmica urbana.

Em sequência, foram apresentados conceitos basilares para o estudo do clima urbano proposto, tais como as LCZs como forma de classificação das paisagens, as camadas atmosféricas urbanas como forma de interpretação da complexa dinâmica microclimática estabelecida nos recintos urbanos e os diferentes tipos de ilhas de calor observadas a partir da investigação de tais camadas atmosféricas.

Foi realizada, igualmente, a exposição do SCU, o qual estabeleceu a base teórica para a compreensão do clima urbano enquanto resultado das diversas interações entre os diferentes componentes da cidade, sejam eles fixos, sejam fluxos.

Finalmente, foram definidos os procedimentos metodológicos para a realização da investigação empírica desenvolvida. Logo em seguida, foram destacados os principais resultados obtidos a partir da aplicação de tais procedimentos.

Com isso, a Seção V, além de trazer possíveis conclusões para essas discussões abertas no decorrer do trabalho, visa, também, promover os pontos de contato entre essas diferentes observações e apontamentos. Em suma, pretende-se, nesta seção, estabelecer as pontes entre a investigação das dinâmicas de produção do espaço urbano e o clima daí resultante.

5.1 As Implicações de um Clima Urbano

Um fato que ficou bastante evidente durante a exposição dos resultados na seção anterior foi como as diferentes maneiras com que o ambiente construído da cidade implicam em diversos processos térmicos locais. Seja pelos aspectos físicos dos materiais construtivos, seja pela geometria das formas urbanas, seja pela supressão da vegetação nas paisagens da cidade, ficou nítido como a estruturação da cidade produz um clima em escala local que é marcado por uma dinâmica própria, a qual é bastante complexa e perpassa uma série de interações entre processos do meio físico-natural e do meio social.

Outro ponto de interesse que pode ser estabelecido a partir dos resultados obtidos é o que se observou quanto aos padrões térmicos de ambos os recintos urbanos monitorados. Como colocado inicialmente, a diferença altimétrica entre os sensores instalados no meio urbano visava trazer à tona eventuais diferenciações na dinâmica climática, partindo do pressuposto da organização das diferentes camadas da atmosfera da cidade.

O que pode ser observado, de fato, foram padrões que apresentaram diferenças bastante sutis entre si, em termos de valores absolutos de temperatura. Porém, o que se destaca na investigação é o padrão temporal associado à dinâmica térmica. Mais do que revelar uma diferenciação térmica marcante em decorrência dos processos associados às camadas atmosféricas nas quais os sensores se encontravam (subcamada de rugosidade para o sensor do Ponto Urb. 1 e camada do dossel para o sensor do Ponto Urb. 2), o que se observou foi como a morfologia local, com seu efeito de sombreamento, armazenamento de calor nas superfícies, liberação de calor por ondas longas etc., em muito condicionaram um determinado ritmo de aquecimento e resfriamento dos locais.

Retornando ao que Max Sorre (1951) define como clima – em paráfrase, “a sucessão habitual dos tipos de tempo” – é razoável estabelecer a hipótese de que em ambos os recintos

urbanos investigados se caracterizem por (micro)climas particulares, relacionados aos aspectos construtivos do meio urbano.

Esse apontamento é relevante, pois revela de maneira ainda mais clara como a produção do espaço urbano, que suscita em configurações morfológicas particulares, também pode ser a produção de diferentes tipos de microclimas. Retornando ao SCU de Monteiro (2009), a cidade, enquanto núcleo do sistema, passa a ser o ponto central de configuração das condições térmicas, físico-químicas e higrométricas, em relação a escalas mais amplas do próprio clima terrestre (escala sinótica). Porém, esse núcleo não é heterogêneo, antes, é caracterizado, primordialmente, pela variedade morfológica que caracteriza a cidade contemporânea.

O trabalho aqui conduzido, portanto, revela, no escopo termodinâmico, uma das possibilidades de diferenciação dos processos microclimáticos em decorrência desse mosaico de formas do meio urbano.

Tal percepção também instiga o pensar a respeito das transformações nas formas urbanas. Conforme os mecanismos de produção do espaço urbano (como discutidos na Seção I) promovem o concretizar-se de determinadas formas e padrões morfológicos, questiona-se os tipos de clima urbano resultante desses processos.

A expansão vertical e horizontal da cidade, nesse sentido, toma dimensões que vão para além das implicações socioespaciais e econômicas (Abramo, 1989; Sposito e Sposito, 2020) envolvidas nesses processos. Os resultados obtidos neste estudo, que se somam a demais investigações, apontam para implicações climáticas igualmente relevantes e preocupantes.

Considerando o caráter dinâmico e intrincado da atmosfera urbana, pondera-se as consequências tanto de uma verticalização intensa dos ambientes urbanos, quanto de um espraiamento horizontal demasiado da cidade, ocasionando o surgimento de vazios urbanos em meio às áreas construídas da malha urbana.

Com isso, encerra-se esse primeiro ponto de discussão destacando que o espaço, no âmbito do estudo conduzido, não apenas é um palco para o discorrer das dinâmicas de produção material da cidade e para o efetivar-se das dinâmicas inerentes à natureza. Antes, o espaço é o próprio meio pelo qual tais interações se estabelecem, demarcando, nitidamente, como determinadas formas de realização da vida, que se materializam na produção do espaço urbano, implicam em uma alteração tão intensa da organização espacial dos elementos que ocasionam a alteração dos processos climáticos em escala local, dando origem ao que se chama de clima urbano.

Esse clima urbano, por sua vez, apresenta uma série de implicações para a própria perpetuação da produção do espaço urbano. Conforme a qualidade climática de determinado local diminuí, devido ao estabelecimento de estruturas urbanas que não favorecem um microclima agradável, os habitantes passam a se expor a intempéries (Bitan, 1992).

Em um mundo marcado por uma crescente desigualdade socioeconômica – que se materializa nas formas de ocupação do espaço – e por potenciais de intensificação de extremos nas escalas locais (Di Giulio *et al.*, 2016; IPCC, 2023; Silva, 2024), indaga-se que tipo de habitar a cidade será possível nos anos vindouros.

5.2 Perspectivas de Produção do Espaço Urbano

Como apontado, o crescimento das cidades contemporâneas é marcado por duas vias bastante evidentes, especialmente no contexto de urbanização brasileiro. Por um lado, a verticalização, marcada pelo surgimento de torres de vários pavimentos, capazes de colocar em um espaço bastante reduzido vários indivíduos, gerando, assim, um adensamento expressivo, tanto construtivo, quanto demográfico. Essa verticalização pujante é, possivelmente, a expressão mais notória das grandes metrópoles e cidades globais.

Por outro lado, há o espraiamento urbano, o qual é marcado pelo crescimento horizontal da cidade. A produção de novos espaços de habitação – sejam eles espaços residenciais fechados de alto padrão, sejam eles habitações populares distantes das infraestruturas urbanas básicas – ocorre no limiar da malha urbana, nas áreas periféricas, implicando no reforço de certos problemas socioespaciais.

Essas questões já foram apontadas na Seção I, porém o que se pretende destacar aqui, com maior afinco, é o que esses tipos de produção do espaço urbano significam para o clima da cidade e a própria forma de ocupação do espaço urbano.

Alguns autores apontam para os impasses da verticalização intensa, a qual cria cânions urbanos, caracterizados por ruas obscurecidas e regidas pelo padrão de aquecimento dos materiais construtivos que se elevam nas superfícies verticais que se estendem ao findar do horizonte (Corbella e Yannas, 2003; Mascaró, 2004; Oke *et al.*, 2017).

Uma cidade que apresenta uma área extremamente adensada e verticalizada acaba por suscitar um microclima regido por essa massa construtiva que é marcada por geometrias complexas e que se tornam cada vez mais difíceis de conciliar no plano conjunto da cidade. Por mais que existam procedimentos construtivos que promovam a adequação do edificado à dinâmica climática local (Corbella e Yannas, 2003; Gartland, 2008), é de se reconhecer que um

ambiente com uma multiplicidade de edificações bastante heterogêneas diretamente adjacentes umas às outras dificulta alcançar uma qualidade climática adequada.

Na verdade, tal conclusão põe em evidência a importância de boas leis de zoneamento e bons planos urbanísticos, os quais levam em conta as dinâmicas climáticas que serão resultado da produção do espaço urbano em questão. Pensar o tecido urbano como um contínuo, ao invés de relegá-lo aos interesses puramente privados, regidos, majoritariamente, pelo lucro da venda de uma habitação visto meramente como um bem imobiliário, conforme os ditames da renda dos terrenos no âmbito do mercado imobiliário, pode evitar a configuração de microclimas danosos ao coletivo que ocupa e consome o meio urbano.

No outro ponto de análise, o espraiamento horizontal da cidade implica em problemas específicos. Se por um lado talvez se limite o adensamento construtivo, evitando a criação de um “núcleo” de aquecimento, por outro, podem ser intensificados os processos de segregação socioespacial. Em certas áreas periféricas habita uma população mais rica, situada em espaços residenciais fechados quase à deriva do restante da cidade. Em outras periferias, localiza-se uma população mais pobre, desprovida do acesso a infraestruturas e bens de consumo coletivo, que, supostamente, deveriam atender a todos (Sposito, 2019).

É fato que a questão aqui é menos do âmbito climático e mais do âmbito socioespacial. Não obstante, a cidade resultante desse modo de produção do espaço urbano, no qual se ocupam as bordas da malha urbana, resulta em um determinado tipo de estruturação da cidade, a qual implica em diferentes tipos de microclimas gerados. Os mais ricos poderão ser capazes de promover ambientes com qualidade climática adequada, especialmente nos ambientes internos, o que não é tão verdade para os mais pobres. Conforme bem coloca Sant’Anna Neto (2001, p. 58): “[...] o efeito dos tipos de tempo sobre um espaço construído de maneira desigual gera problemas de origem climática também desiguais.”

A falta de um espaço de contato entre os grupos socioeconômicos resulta em uma cidade em que pode gerar um processo de fragmentação tanto no sentido da perda do convívio e ocupação de um espaço urbano compartilhado (Sposito e Sposito, 2020), mas também no que tange ao clima experienciado por esses grupos de pessoas. Em certa medida, os resultados apresentados no tópico 4.5 apontam para essa questão.

Retornando à cidade investigada, Presidente Prudente, algumas considerações podem ser feitas a partir dessas observações e dos resultados obtidos para as áreas estudadas. É relevante reiterar que o bairro no qual se conduziu o estudo é caracterizado por um certo grau

de verticalização, o qual é discreto, mas está em curso, fato que pode ser evidenciado pelas torres que passam a surgir na área, substituindo edificações (térreas) mais antigas.

É evidente que o ambiente urbano analisado se encontra em um contexto de cidade média, na qual a verticalização ainda não propiciou o surgimento de áreas extremamente adensadas como aquelas vistas em grandes metrópoles. Contudo, já foi possível perceber como em dois recintos urbanos tão próximos, diferenças altimétrica (gerada por forma urbana verticalizada) e morfológica foram capazes de provocar, mesmo que sutilmente, padrões termodinâmicos locais distintos.

Pondera-se, dessa forma, caso o processo de verticalização dê prosseguimento no bairro em questão e torne-se mais pujante, quais as implicações para o microclima constatado com os resultados obtidos. Considerando as interações complexas das camadas atmosféricas urbanas, é de se levar em conta como as transformações no processo de produção do espaço urbano em escala local podem suscitar uma dinâmica climática que poderá ser completamente alterada.

Essa indagação é particularmente relevante pois ela implica, inevitavelmente, na transformação da LCZ. Ao transformar-se as tipologias urbanas locais, substituindo-as por torres altas, transformar-se-á, igualmente, o fator de visão do céu, o grau de rugosidade, a admitância térmica da área etc. Enfim, o balanço energético será alterado, implicando em uma dinâmica microclimática distinta daquela observada pela análise conduzida.

Outra análise possível em relação à área de estudo diz respeito justamente à expansão da cidade por verticalização ou por espraiamento apontadas anteriormente. No caso do bairro em questão – que se trata de uma das áreas mais antigas da cidade e adjacente ao centro antigo da cidade, o qual apresenta um grau de verticalização maior – a expansão vertical parece ser a principal via de produção do espaço.

Contudo, Presidente Prudente, por seu porte médio, também apresenta um espraiamento relevante e ainda em curso. Logo, é razoável afirmar que as cidades, a depender de seu contexto de urbanização, abrigam formas distintas de produção do espaço urbano, as quais estão ligadas tanto aos agentes e grupos que realizam tal produção, mas também se relacionam com própria possibilidade territorial de expansão da malha urbana.

Finalizando esse tópico destaca-se um possível impasse que possa ter sido gerado a partir das conclusões estabelecidas. Ao que tudo indica, tanto a expansão vertical quanto a horizontal implicam em crises socioespaciais e/ou climáticas aparentemente incontornáveis. Porém, será justamente nos dois próximos tópicos que serão debatidas algumas formas de se

pensar a produção do espaço urbano de forma a, possivelmente, não reforçar a materialização de uma cidade prejudicial a seus habitantes.

Assim, nos dois próximos tópicos visa-se, intencionalmente, extrapolar o recorte espacial estudado a fim de trazer à tona algumas indagações e provocações que se fazem pertinentes considerando a interface entre produção do espaço e clima urbano, principalmente no que tange à perspectivas dentro desse âmbito de estudo.

5.3 É Possível um Planejamento Climático da Cidade?

Tratar do planejamento no contexto de discussão deste trabalho é fundamental, pois não é adequado pensar a interface entre a produção do espaço urbano e o clima daí resultante sem que se tenha em mente as lógicas que delimitam essa produção do espaço. O realizar da vida dos indivíduos ocorre de forma a estabelecer múltiplas formas de territorialização, o que estabelece e afeta as relações de poder que são conformadas nas dinâmicas socioespaciais (Souza, 2014).

O planejamento, mais especificamente neste caso, o planejamento urbano, enquanto um instrumento oriundo das instituições que detém o poder (o poder de governo, no caso), é um aspecto central a ser considerado não apenas para compreender as condicionantes da produção da cidade e, conseqüentemente, de seu clima característico, mas também para pensar em outras possibilidades de produção do espaço, outras possibilidades de realização da vida no meio urbano.

O planejamento, em um sentido amplo, é uma prática técnico-administrativa que pode ser aplicado em um sem número de contextos. Pode-se planejar desde as dinâmicas de produção de uma área de plantio até a estruturação e aplicação de práticas de saúde em uma determinada cidade. O planejamento, nesse sentido, indica uma forma de tomar conhecimento dos aspectos gerais de um determinado recorte de interesse e estabelecer medidas que visem condicionar tal universo de estudo a uma realidade almejada. Assim, o planejamento não só é um campo técnico-teórico, mas também é perpassado por uma série de agentes, grupos e indivíduos que, de fato, fazem valer o que é planejado.

Sendo assim, o ato de planejar é permeado por diferentes concepções de o que seria essa “realidade almejada”. Logo, os agentes responsáveis por estruturarem o plano, seja qual for seu âmbito de aplicação, também o imbuem de intencionalidades, as quais são delimitadas pelas

próprias percepções dos indivíduos que fazem o planejamento. Consequentemente, é possível afirmar que o planejamento é um ato também político.

No contexto dos estudos urbanos, o planejamento possui uma longa história marcada por distintas concepções teóricas de o que seria uma cidade devidamente planejada. Desde as cidades-jardins pensadas para a Inglaterra no começo do século XX, até a construção de cidades como Brasília, Goiânia, Belo Horizonte (ditas cidades planejadas, no contexto brasileiro), o pensamento acerca do planejamento urbano passou por uma série de transformações e somou-se a esse campo de estudo uma variedade de perspectivas.

De toda forma, o que é relevante ressaltar aqui é a potencialidade do planejamento urbano enquanto prática teórica, técnica e política, mas também os impasses e riscos da adoção de determinadas concepções a respeito desse procedimento.

Acerca disso, faz-se relevante chamar a atenção para o que Maricato (2002) chama de “ideias fora dos lugares e lugares fora das ideias”. A autora tece uma crítica bastante pertinente a respeito das tradições do planejamento no Brasil, destacando como, em ampla medida, ele reforça a propagação de um espaço urbano profundamente desigual e segregador.

As “ideias fora dos lugares”, assim, seriam justamente os preceitos de planejamento que se debruçam meramente na “cidade oficial”, a qual corresponde a frações da “verdadeira” cidade, frações estas que são, mormente, de interesse do mercado, visando a produção do espaço como forma de reprodução do capital.

Dessa forma, o planejamento, chamado pela autora de “modernista/funcionalista” (Maricato, 2002, p. 122), na verdade serve como forma de concretizar os interesses particulares do mercado na própria estruturação da cidade. O plano urbano, nesse contexto, torna-se também um instrumento discursivo, ao passo que denota uma concepção de “cidade oficial”, que, como apontado anteriormente, é na verdade um recorte do universo real representado pela complexa, e profundamente desigual, dinâmica urbana.

Nesse sentido, o planejamento, ao invés de promover uma forma de melhoria das condições de vida dos cidadãos, pelo contrário, traem aqueles que mais necessitariam das políticas de ordenamento do espaço urbano. O acesso à moradia, o direito a um transporte público de qualidade, o acesso à terra, a garantia de uma boa qualidade ambiental, enfim, as condições básicas para uma vida digna no meio urbano, se esvaem com planos que muito pouco se interessam pelos habitantes das cidades (Maricato, 2002).

Maricato (2002) destaca, igualmente, como essa tradição de planejamento permeou as políticas públicas da urbanização no Brasil, promovendo essa lógica de produção e

ordenamento do espaço urbano que não se atenta verdadeiramente aos habitantes, em sua maioria com acesso escasso a moradias de qualidade. O próprio Estado, dessa forma, foi responsável por propagar e mesmo consolidar práticas de planejamento que reforçam problemas urbanos que se tornaram, bem dizer, crônicos.

Nas grandes metrópoles nacionais, onde os problemas urbanos se expressam de maneira extraordinária, fica nítido como, mesmo em cidades com experiências de planejamento urbano, muito pouco se limitou a expansão de favelas e ocupação de áreas de proteção ambiental ou áreas de risco das mais diversas ordens (Maricato, 1996).

A autora também salienta como “a invasão de terras urbanas no Brasil é parte intrínseca do processo de urbanização” (Maricato, 2002, p. 152), ou seja, a cidade planejada de forma a ignorar a massa de pessoas que não podem ter acesso a essas áreas efetivamente pensadas não é um mero acaso ou falta de conhecimento tácito, antes, é parte dessas “ideias fora dos lugares”.

Para que haja uma cidade “planejada” é preciso que haja uma outra, coexistindo no mesmo tecido urbano, que esteja fora dos planos. Ou melhor, para que haja uma classe social que ocupe as áreas planejadas das cidades, é preciso que haja uma outra que não consiga se inserir de fato nessa cidade. É nessa segunda que a vasta maioria da massa de trabalhadores vai ocupar (Maricato, 1996).

Maricato (1996) também aponta para o fato de que, por não ter acesso à cidade planejada, a população mais pobre ocupa áreas de proteção ambiental, por falta de acesso a terrenos legalizados. Tal fato indica como, em grande medida, o estabelecimento de cidades inacessíveis para os mais pobres acaba por reforçar processos que geram pressão no ambiente natural próximo.

Partindo das premissas do clima urbano apontados na Seção II desse trabalho, e com os resultados obtidos com as investigações empíricas conduzidas, é alarmante tomar conhecimento de como esse alastramento de ocupação de áreas com porte vegetativo importante, suprimindo-as, pode ter implicações diretas na dinâmica climática no contexto urbano no entorno.

Pondera-se, assim, o quanto a cidade planejada para propiciar os interesses do capital não apenas reforça a exposição da população mais pobre a condições de vida privadas de uma série de aspectos essenciais à segurança e saúde, mas também intensifica uma produção do espaço que culmina em um clima urbano que é perpassado por uma série de adversidades próprias da dinâmica climática em escala local.

Nesse sentido, cabe aqui voltar à perspectiva do SCU. A cidade deve ser pensada como um todo, estabelecido a partir das interações das partes. Não é viável a realização de um

planejamento que desconsidere essa percepção de que as parcelas da cidade, antes de tudo, são produzidas segundo lógicas que transcendem o espaço imediato. Assim, malgrado uma diversidade de paisagens que compõem o espaço urbano, a cidade é resultado de processos que estão intrinsecamente interligados.

Na perspectiva climática, tal fato é igualmente real, ao passo que as dinâmicas do clima urbano não se restringem a uma determinada localidade. Apesar das condicionantes microclimáticas, as interações e interfaces entre as características morfológicas do ambiente urbano e a atmosfera imediata são resultado de uma série de encadeamentos que ocorrem em escalas mais amplas.

A própria noção de clima urbano atesta isso, uma vez que Monteiro (2009), ao delimitar uma noção sistêmica do clima das cidades, abarca essa noção de múltiplas escalas inerente às dinâmicas atmosféricas que se desenvolvem a partir da alteração das características originais da paisagem.

Nesse sentido, um planejamento urbano que não toma em consideração a totalidade do contexto urbano ao qual visa transformar, ou seja, ao deixar, muitas vezes intencionalmente, boa parte da população aquém das ações de ordenamento do espaço físico da cidade, não gera apenas uma manutenção da segregação, mas também a manutenção de um produzir do espaço urbano que reforça a problemática do clima urbano.

Com esses apontamentos feitos, questiona-se: há uma forma mais adequada de planejar a cidade, e, melhor ainda, é possível um planejamento climático da cidade?

Responder a essa indagação requer discorrer sobre um ponto essencial referente a outras perspectivas do planejamento, as quais fujam dessa tradição de reforço das condições de desigualdade.

Lefebvre (1996), escrevendo no final dos anos 1960, já tecia críticas a respeito desse planejamento que, primordialmente, serve como forma de estruturar um determinado tipo de cidade. O autor aponta que: “Filosofia da cidade (se deseja-se, ideologia urbana) nasceu como uma superestrutura da sociedade na qual estruturas adentraram um certo tipo de cidade” (p. 25, *tradução nossa*). A “filosofia da cidade” a qual Lefebvre traz à tona diz respeito a um pensar a cidade que, antes, é determinação de uma “superestrutura” que produz infraestruturas delimitadas no espaço urbano.

Colocando a ideia de uma “ideologia” do planejamento urbano, o autor critica justamente uma forma de organização do espaço que parte de premissas e preconceções acerca

do que seria de fato o meio urbano. Os planejadores, nesse sentido, tornam-se os supra delimitadores do espaço urbano e de sua produção. Nas palavras do autor:

Como um médico do espaço, ele [o planejador] deveria ter a capacidade de conceber um espaço social harmônico, normal e normalizante [sic]. Sua função seria então de garantir a esse espaço [...] realidades sociais preexistentes. (Lefebvre, p. 25, *tradução nossa*).

Lefebvre (1996) critica a forma como a cidade é, acima de tudo, um espaço produzido, a partir do planejamento, de modo a condicionar os habitantes a determinadas práticas urbanas que, na maioria dos casos, não são por eles definidas nem necessariamente almejadas. Os cidadãos, nesse contexto, são uma massa a ser socioespacialmente alienada por aqueles que se encontram na posição de planejadores.

É nesse âmbito que Lefebvre (1996) discute o conceito e direito à cidade. Contrário a essa ação circunscritiva do planejamento urbano criticado pelo autor, Lefebvre põe em evidência um aspecto fundamental a respeito da cidade enquanto um ambiente, antes de mais nada, de coalescência de um sem número de sujeitos com aspirações, anseios, vontades próprias.

Necessidades sociais têm uma fundação antropológica. Oposta e complementar, elas incluem a necessidade por segurança e abertura, a necessidade por certeza e aventura, de organização de trabalho e de jogos, necessidades pelo previsível e pelo imprevisível, por similaridade e diferença, por isolamento e encontros, troca e investimentos, por independência (mesmo por solitude) e comunicação, de perspectivas imediatas e a longo prazo. O ser humano tem a necessidade de acumular energias e de gastá-las, mesmo desperdiçá-las em jogos.

Para essas necessidades antropológicas as quais são socialmente elaboradas [...] podem ser adicionadas necessidades específicas as quais não são satisfeitas por aquelas infraestruturas comerciais e culturais que são de certa forma parcimoniosamente levadas em conta pelos planejadores. (Lefebvre, 1996, p. 53, *tradução nossa*).

O que o autor salienta com essas afirmações é que a cidade é formulada por uma série de sujeitos os quais apresentam necessidades que vão muito além da estruturação física dos ambientes. A realização da vida dos seres humanos que se abrigam no ambiente urbano é dotada de uma complexidade que extrapola as delimitações do planejamento, ainda mais um planejamento com uma “ideologia” perpassada por interesses de grupos socioeconômicos específicos que, acima de tudo, visam sobrepor ao espaço urbano uma determinada lógica de reprodução das condições de dominação.

Nesse sentido, Lefebvre (1996) vai apontar para um aspecto fundamental para uma possibilidade de concepções teóricas e conceituais que tratem acerca do meio urbano: a práxis

urbana. O autor ressalta que a cidade enquanto objeto de estudo é permanentemente volátil, ou seja, o próprio “fazer” (práxis) urbano cria constantemente uma nova realidade urbana. A cidade, portanto, torna-se uma virtualidade. O planejar que toma como base central essa virtualidade estará fadado a tecer perspectivas sobre um espaço passado.

De fato, Lefebvre (1996) aponta que “o passado, o presente e o possível não podem ser separados” (p. 58, *tradução nossa*), ao se considerar essa virtualidade da cidade enquanto objeto de estudo.

Desse modo, o direito à cidade é, antes de mais nada, o direito à práxis urbana. É somente a partir dos sujeitos urbanos, capazes de realizar sua vida na cidade, que será possível um realizar-se na cidade. O planejamento almejado, nesse sentido, é aquele que seja justamente capaz de dar as bases para a práxis urbana dos indivíduos.

É com isso que a cidade, segundo Lefebvre, tornar-se-á a *oeuvre* (ou “obra”, em tradução livre). Essa *oeuvre* é exatamente o resultado da realização da vida dos sujeitos enquanto partícipes de um produzir a cidade.

Apenas grupos, classes sociais e frações de classes capazes de iniciativa revolucionária podem tomar e fazer-se alcançar soluções aos problemas urbanos. É a partir dessas forças sociais e políticas que a cidade renovada se tornará a *oeuvre*. (Lefebvre, p. 61, *tradução nossa*).

O autor aponta, assim, que em sendo esse resultado da práxis das diferentes “classes”, a cidade passa de mero produto de um planejamento limitante e toma a categoria de *oeuvre*, de obra, enquanto uma produção coletiva do espaço urbano. Define-se, assim, uma práxis urbana coletiva.

Contudo, há ainda uma problematização a ser feita acerca dessa diferente perspectiva do planejamento e do produzir do espaço. Essa questão é justamente o aspecto “qualitativo” desses sujeitos do meio urbano. Em outras palavras, é a preocupação que Santos (2007) demonstra ao questionar-se de quanto, de fato, somos cidadãos ou apenas consumidores da cidade. Esse fator é fundamental para a delimitação de o que é, de fato, a possibilidade de uma práxis urbana.

Santos (2007) estabelece seus apontamentos a partir da concepção de que, no contexto de formação da sociedade brasileira, em especial com as transformações substanciais a partir da segunda metade do século XX, não foram gerados cidadãos, mas, antes, consumidores. O autor destaca que as conjunturas políticas e econômicas do Brasil levaram a sedimentação de uma perspectiva de consumo, a qual estabelece indivíduos que pouco se atentam para seus

direitos como cidadãos e mais para suas capacidades de compra e ascensão socioeconômica particulares.

O processo de urbanização no país, em especial, reforçou sobremaneira essa lógica, gerando uma “sociedade alienada”, segundo Santos (2007, p. 29). Alienada não apenas por falta de ciência de seus direitos, mas especialmente pela falta da capacidade de sequer exigir tais direitos. O autor ressalta que a construção da cidadania, enquanto categoria política, se dá a partir de um processo histórico e, sendo assim, é estabelecida conforme a “[...] herança cultural, as novas idéias políticas, as novas realidades do mundo do trabalho, as novas definições do intercâmbio social [...]” (p. 22-23).

Nesse sentido, a substituição dos cidadãos por consumidores torna-se fatal. A perda de uma perspectiva coletiva de existência, a partir da alienação propiciada pelo indivíduo meramente consumidor, não suscita um efetivar-se das aspirações dos indivíduos. Assim, não há um realizar pleno da individualidade, antes, apenas o reforço do individualismo, o qual reforça o conflito entre o fazer pessoal e o coletivo, conforme também aponta Santos (2007).

Segundo o autor: “Nesse quadro de vida, a existência é vivida não tanto para a consagração dos valores, mas para a busca das coisas, o produtor se tornando submisso ao objeto produzido” (Santos, 2007, p. 52).

Não existindo cidadãos de fato, não é viável que haja uma construção de futuro. Não é possível que haja o estabelecimento de uma práxis urbana coletiva, ao passo que não há uma percepção conjunta da cidade. Nas palavras de Santos (2007):

O consumidor [...] alimenta-se de parcialidades, contenta-se com respostas setoriais, alcança satisfações limitadas, não tem direito ao debate sobre os objetivos de suas ações, públicas ou privadas. (p. 57).

Em contraponto a isto, Santos (2007) aponta para a possibilidade de “reconstrução da individualidade” e da transformação do “indivíduo ao cidadão”. Segundo o autor, seria no próprio cotidiano, no qual a alienação propiciada pelas superestruturas da sociedade se faz presente de maneira quase pervasiva, é também o momento de surgimento de uma nova percepção, uma que transpõe as amarras da alienação imposta pelas lógicas de consumo.

O ato de perceber ultrapassa os sentidos e ganha a razão. É assim que se opera a metamorfose do sensorial, mudado em conhecimento. Este se alimenta da relação entre sujeito e objeto, relação em que este, permanecendo o que é e interagindo com o sujeito, contribui para que, nessa interação, o sujeito evolua. É essa mesma evolução que permite revisitar o objeto, vendo-o de forma nova, despojando-o dos símbolos que escondem a sua realidade profunda. É a vitória da individualidade, da individualidade forte que ultrapassa a barreira das práxis repetitivas e se instala em uma práxis liberadoras (Santos, 2007, p. 70-71).

É a partir desse “ato de perceber” que também se estabelecem as possibilidades de ressurgimento do indivíduo enquanto um sujeito para além de consumidor. O cidadão, assim, só poderá surgir a partir do momento em que os indivíduos tomarem consciência de que o estabelecimento de suas liberdades, de seus direitos, de sua capacidade de uma práxis urbana, só poderão se realizar a partir da coletividade. “[...] somente na *Polis*, em comunidade com outros, o homem é capaz de cultivar em todas as direções todos os seus dotes, afirmando a sua liberdade, pois não há liberdade solitária.” (Santos, 2007, p. 103).

Portanto, retorna-se, assim, à pergunta inicial: é possível um planejamento climático urbano? Ao que tudo indica, somente será possível a realização de tal ação a partir do estabelecimento de cidadãos, os quais, tendo consciência e possibilidade de realizarem suas liberdades e de viverem conforme seus direitos estipulados nas legislações, poderão de fato alcançar uma forma de organização espacial justa e coletiva e serão capazes de estabelecer uma práxis urbana coletiva.

As individualidades dos sujeitos e a capacidade de serem externalizadas na realização da vida no meio urbano deverão balizar a definição da cidadania enquanto categoria política. Essa cidadania, uma vez estabelecida e propiciando a perpetuação dos direitos dos indivíduos, possibilitará a produção coletiva do espaço urbano, produção esta que representa a práxis urbana propriamente dita. Estabelecer o cidadão e, portanto, a práxis, é dar as bases para que seja realizado, de fato, um planejamento urbano capaz de abarcar as reais necessidades do coletivo que ocupa e produz a cidade.

A partir daí, o espaço urbano a ser estruturado não mais visará definir um tipo de viver a cidade, conforme alerta Lefebvre (1996), nem será estabelecido segundo as vontades do mercado, mas será verdadeiramente virtualidades passíveis de serem construídas coletivamente.

Somado a isso, e retomando à concepção da morfologia urbana e sua relação com as dinâmicas climáticas do ambiente local, cabe destacar a investigação realizada por Inoue (2022), a qual traz diferentes perspectivas acerca do conceito de morfologia urbana, a partir de estudos de diferentes autores.

Nesse contexto, a autora menciona as perspectivas de Kevin Lynch (1997) e Aldo Rossi (1966), os quais salientam a formulação coletiva da cidade. Lynch destaca que a combinação de diferentes “imagens individuais” conformam uma “imagem pública” de uma cidade, ao passo que Rossi afirma que “[...] a cidade é o *locus* da memória coletiva” (Rossi, 1966, p. 191 *apud* Inoue, 2022, p. 8).

Assim sendo, reitera-se, é apenas com a noção de produção coletiva do espaço urbano, ou seja, com a promoção de uma perspectiva de confluência de imagens individuais que tragam à tona uma determinada configuração urbana, que serão abertas portas para, de fato, pensar em modelos de planejamento que abarquem a qualidade climática como um dos direitos de vida dos cidadãos.

Um planejamento que não esteja calcado na práxis urbana coletiva estará fadado a se tornar um instrumento totalitário, o qual reforça a alienação da população e gerará mais consumidores individualizados, incapazes de tomarem medidas para uma produção conjunta do espaço urbano. Reforçar-se-á, igualmente, a perpetuação de um padrão morfológico nas cidades que gera diferentes intempéries relacionadas ao mau condicionamento do espaço construído às dinâmicas climáticas inerentes ao espaço geográfico.

Enquanto o planejamento reforçar as desigualdades socioespaciais das cidades, culminando em um processo de fragmentação socioespacial, o qual aliena grupos sociais distintos que, mesmo habitando uma mesma cidade, a consomem e produzem de maneira completamente desiguais (Sposito; Sposito, 2020), não será possível estabelecer uma práxis urbana coletiva. Na verdade, planejamentos urbanos que reforcem o distanciamento apenas farão minguar as possibilidades do surgimento dos cidadãos. As cidades continuarão a ser o lar dos consumidores, os quais, envoltos na penumbra da alienação do cotidiano, jamais poderão ver a aurora da cidade do futuro.

Somente será possível pensar nos aspectos climáticos do planejamento urbano enquanto instrumentos de melhoria da qualidade de vida do coletivo e como propiciadores de justiça ambiental (Acsehrad, 2002) a partir do momento em que se definirem as bases para a realização da cidadania.

5.4 Pensando a Cidade do Futuro

Um último ponto de discussão que se faz relevante diz respeito a formas de pensar a cidade do futuro. Não se trata aqui de um exercício de futurologia. O que se propõe é, com os apontamentos e resultados obtidos pelo estudo desenvolvido, pensar nas possibilidades de estabelecimento de outras vias de produção do espaço urbano, as quais possam, em certa medida, se desvencilhar dos dilemas identificados.

Pensar a cidade do futuro implica pensar nas diferentes formas com que a produção do espaço urbano pode se desenvolver a partir de novas práticas e novas concepções sobre o que

é habitar, produzir e planejar a cidade. Uma vida urbana centrada nos indivíduos enquanto cidadãos certamente dará origem a novas formas e configurações morfológicas do espaço urbano.

Nesse sentido, é relevante apontar para uma possibilidade de percepção simbólica do clima nas formas urbanas. Para tanto, vale ressaltar as considerações feitas por Corrêa (2010), o qual abarca justamente a dimensão simbólica das formas espaciais. Essa interpretação é relevante, pois explicita como o ambiente construído é permeado por um imaginário que se cria a partir dos sujeitos que ocupam e consomem a cidade. A percepção sensível das formas, gerando o entendimento de uma paisagem (Inoue, 2022), também implica em uma interpretação simbólica associada à cada sujeito. A cidade, assim, passa a ser um espaço de símbolos, representações e interpretações (Corrêa, 2010).

Nesse sentido, é fundamental que o clima, aliado às demais percepções sensíveis da paisagem, seja uma categoria a ser reconhecida pelos indivíduos que ocupam o ambiente urbano. Estabelecer essa compreensão dá margens para que a produção do espaço urbano também seja a produção de um determinado clima urbano, potencialmente mais benéfico às pessoas.

A fim de exemplificar tal possibilidade, tomemos como exemplo a capital brasileira. Brasília pode ser pensada como uma cidade planejada a partir, dentre outras coisas, de uma estética particular. A nova capital visava afirmar uma identidade ligada ao novo período econômico e político que o Estado brasileiro procurava estabelecer para a nação. Dessa forma, a cidade foi completamente concebida, segundo moldes modernistas em voga, como a "cidade do futuro" do país. É evidente que Brasília não foi projetada para ser uma cidade símbolo da qualidade climática, haja vista a lógica rodoviarista que baliza o plano urbano da cidade (embora as superquadras com espaços livres arborizados possam ser vistas como um aceno para tal). Contudo, ela é um exemplo bastante expressivo de como uma cidade, produzida com vistas a apresentar uma carga simbólica importante ("a afirmação de um futuro", parafraseando Corrêa (2010)), pode suscitar uma produção do espaço urbano que vá além, meramente, dos interesses do mercado.

É evidente que se possa fazer a crítica de que esse futuro almejado pelo governo brasileiro de então seria o de inserir o país no sistema capitalista global. Nesse sentido, Brasília seria sim o resultado de interesses de um mercado, em escala global, no caso conduzidos pelo próprio poder público federal. Porém, é relevante que se faça uma leitura que também leve em

conta o quanto a experiência da criação da capital brasileira representa uma possibilidade de pensar a cidade enquanto abrigo de uma série de paisagens do futuro.

Pondera-se, nesse sentido, a possibilidade de estabelecer, na esfera do debate público, uma nova concepção de cidade, a qual tenha como um dos símbolos centrais uma qualidade climática e ambiental satisfatória à realização da vida de todos os seus habitantes. Porém, para que isso ocorra, é condição essencial o estabelecimento de verdadeiros cidadãos, cientes e detentores de seus direitos, capazes de realizarem e definirem uma práxis urbana coletiva, conforme foi discutido no tópico anterior.

É necessário salientar, todavia, que não se deve criar um modelo de cidade e expô-lo, esperando sua integral incorporação pelos sujeitos. O que poderia ser feito é fazer criar-se na concepção de cada indivíduo, de cada cidadão, a noção de cidade. Essa noção de cidade criada na concepção dos indivíduos deve trazer consigo uma perspectiva de produção do espaço no contexto climático em que ele se encontra inserido.

Assim, a cidade tradicionalmente planejada, tal como Brasília, no exemplo, poderá até fornecer algumas zonas com elevada qualidade climática, porém, o acesso a tais áreas será, certamente, restrito. Tal fato pode até mesmo ser evidenciado na própria capital brasileira, na qual os imóveis e terrenos mais próximos do Plano Piloto se tornaram muito caros para o acesso de uma boa parte da população, que passou a ocupar áreas periféricas (cidades satélite) que certamente são muito menos “imagens de um futuro almejado” quanto Brasília um dia foi.

Além disso, é preciso reconhecer que leis urbanísticas e de zoneamento muito rígidas, – como elementos de um plano urbano – exigindo certos padrões construtivos que visem um meio urbano mais ambientalmente equilibrado, podem correr o risco de gerar um efeito reverso e alienar ainda mais a produção “legal” do espaço urbano, limitando àqueles que têm capacidade econômica de construir segundo a legislação. Nesse sentido, o Estado, agindo a partir de suas competências de legislação, não será capaz de, por si só, determinar as bases para a produção de uma cidade com maior qualidade climática.

Pensar a cidade do futuro é também abrir meios para uma reflexão multidisciplinar da realidade urbana. Somam-se à discussão da qualidade climática urbana temas como a Arquitetura Bioclimática e a concepção de Cidades Saudáveis.

O primeiro diz respeito a uma série de procedimentos arquitetônicos que visam adequar as estruturas construtivas à realidade climática do ambiente em que se encontram. A ênfase, portanto, é valer-se de técnicas arquitetônicas, especialmente aquelas voltadas à utilização de energias passivas (energia solar, circulação dos ventos), a fim de promover o conforto térmico

dos indivíduos e aumentar a eficiência energética das edificações (Corbella; Yannas, 2003; Barranco, 2015).

As Cidades Saudáveis, por sua vez, apontam para a possibilidade de formulação de cidades capazes de promover a saúde de seus habitantes, sendo que a saúde aqui concebida é menos a “ausência de doença” e mais uma condição de “bem-estar físico, mental e social” (Adriano *et al.*, 2000, p. 54).

Ainda segundo esses autores, citando a Organização Mundial de Saúde, uma Cidade Saudável é capaz de ofertar:

[...] um ambiente físico limpo e seguro; **um ecossistema estável e sustentável**; alto suporte social, sem exploração; alto grau de participação social; necessidades básicas satisfeitas; acesso a experiências, recursos, contatos, interações e comunicações; economia local diversificada e inovativa; orgulho e respeito pela herança biológica e cultural; serviços de saúde acessíveis a todos e alto nível de saúde. (Adriano *et al.*, 2000, p. 55, *grifo nosso*).

É possível perceber que dentro dessas concepções a Cidade Saudável em muito se aproxima de uma cidade na qual a práxis urbana coletiva se instaura e propicia aos indivíduos, os cidadãos, desfrutarem de uma alta qualidade de vida e a possibilidade de terem saúde em si. Evidentemente a qualidade climática também entra nessa conjuntura e é indispensável para a garantia da saúde e perpetuação de uma vida digna.

Enfim, são várias as vias pelas quais se pode pensar a cidade do futuro. Não se pretende, com o recorte do presente trabalho, exaurir a discussão e abarcar todas as vertentes de pensamento que olham para o futuro do espaço urbano. Os apontamentos feitos vão muito mais no sentido de contribuir para os debates acerca da produção do espaço urbano e do clima urbano, fornecendo possíveis pontes temáticas.

5.5 Considerações Finais

Alguns pontos podem ser retornados a fim de trazer considerações finais para o trabalho desenvolvido. Levando em conta os procedimentos metodológicos colocados para a análise empírica das dinâmicas térmicas dos ambientes monitorados, pode-se chegar às seguintes afirmações. Os padrões térmicos observados nos ambientes urbanos apresentaram um grau de relação bastante próximo, mesmo com a diferença altimétrica de cerca de 15 metros. Apesar disso, foi possível perceber, a partir da análise das classes de intensidade das ICUs que houve uma distinção sutil no ritmo de aquecimento de ambos os locais, com o ponto em maior altura se aquecendo mais rapidamente no final da manhã, ao passo que o ponto mais próximo à

superfície apresentou maiores temperaturas no final da tarde. Tal fato se refletiu na intensidade das ICUs.

Além disso, ficou nítido como as condições sinóticas e a sazonalidade tiveram efeitos diretos sobre os padrões térmicos de ambos os ambientes urbanos. Dias com precipitação geraram uma homogeneização das temperaturas entre as áreas urbanas e a rural. A entrada de massas de ar polares também suscitou padrões térmicos particulares. Períodos mais secos também tiveram implicações diretas para as temperaturas superficiais dos ambientes.

A compreensão dos aspectos morfológicos das áreas, a partir da identificação das LCZs, foi outro elemento essencial para chegar nos resultados e hipóteses para explicação dos padrões térmicos locais. A consideração das propriedades térmicas dos materiais construtivos do ambiente urbano foi fundamental para a interpretação do ritmo de aquecimento/resfriamento observado nas áreas de estudo.

Isto posto, é necessário ressaltar que há outras possibilidades de aprofundamento no âmbito das investigações conduzidas. É possível, por exemplo, estabelecer comparações entre pontos com maiores diferenças altimétricas (edifícios mais altos) e a partir de outros ambientes rurais, de forma a encontrar padrões térmicos distintos.

A análise das temperaturas superficiais também pode ser mais aguçada, valendo-se de instrumentos que permitam aferições *in loco*, tais como câmeras com sensores termais infravermelhos, os quais permitiriam maior precisão na coleta de dados do mosaico de superfícies que compõem cada ambiente monitorado.

Por fim, uma análise em período mais longo também pode propiciar resultados referentes à diferentes condições climáticas, haja visto que o ano de 2024 foi marcado pelo fenômeno Oscilação Sul ENOS, o qual proporcionou configurações sinóticas particulares. Ampliar a escala temporal de análise pode, assim, fornecer leituras a partir de diferentes condições climáticas vigentes.

Com isso posto, a pesquisa deixa claro que, o modo de produção da cidade contemporânea, a qual produz uma série de paisagens urbanas distintas, - das quais algumas delas foram representadas no estudo de caso em questão - favorece a formação de ilhas de calor urbanas, o que pode também ser averiguado em demais estudos parelhos. E o surgimento de um perfil vertical na cidade, como o investigado, não mitiga ou cria uma condição nova, antes, o fenômeno da ICU é igualmente observado, com pequena diferenciação - bastante influenciada pelos aspectos morfológicos particulares da verticalização - daquilo que é aferido para uma porção da atmosfera urbana mais próxima ao local de habitação e circulação dos indivíduos.

Assim, para o caso estudado, a produção da cidade contemporânea - mesmo que possa proporcionar um maior aproveitamento funcional das construções para habitação - ainda propicia a consolidação de um clima urbano com uma qualidade climática não ideal, com condições térmicas que podem provocar estresse para o calor, em especial durante o período noturno, quando o repouso é vital para a saúde dos indivíduos (Teixeira *et al.*, no prelo). O processo de verticalização, no contexto urbano estudado, parece apenas causar outras formas de impacto no ambiente climático local, os quais tendem a se assemelhar aos revezes daquelas do padrão horizontal.

Evidente, porém, que transformações mais profundas nos ambientes considerados, tal como uma verticalização mais intensa, – o que acarretaria até mesmo uma mudança no tipo de LCZ – muito provavelmente irão modificar essas dinâmicas térmicas evidenciadas.

Dada a dinâmica sistêmica em que o clima urbano está inserido (Monteiro, 2009), e a compartimentação atmosférica a ele conferido (Oke *et al.*, 2017), a materialidade da cidade produzida e as atividades nela conduzidas causam impactos que se estendem e englobam diversas localidades urbanas adjacentes, tanto no plano horizontal, quanto vertical. Logo, as transformações que ocorrem ao longo do tempo nesse ambiente certamente acarretam alterações nas dinâmicas microclimáticas.

Finaliza-se voltando à hipótese central do estudo: o modo de produção da cidade capitalista contemporânea suscita uma configuração morfológica característica do ambiente construído e que tal configuração, por sua vez, estabelece uma dinâmica climática própria do ambiente construído. A partir dos resultados obtidos, das conjunturas teóricas apresentadas e das interfaces estabelecidas entre as investigações do âmbito dos processos de produção do espaço urbano e do clima urbano, a hipótese é confirmada para a escala e o recorte da pesquisa.

Além disso, foi possível, mesmo que de maneira breve, apontar para perspectivas de uma cidade do futuro, a qual, produzida pelos verdadeiros cidadãos, – os quais, conscientes de seus direitos enquanto tal, podem também planejar essa cidade e organizá-la de forma equânime – é capaz de promover a estruturação de paisagens urbanas dotadas de uma boa qualidade climática.

Pesquisas posteriores podem ser desenvolvidas buscando aprofundamento nessas perspectivas, inclusive apontando para a dimensão e implicações políticas inerentes à percepção de uma cidade do futuro.

6. Referências

- ABRAMO, Pedro. A Dinâmica Imobiliária: Elementos para o Entendimento da Espacialidade Urbana. In: **Cadernos IPPUR/UFRJ**, Ano III, Número Especial, 1989.
- ACSELRAD, Henri. Justiça ambiental e construção social do risco. **Desenvolvimento e meio ambiente**, v. 5, n. 1, p. 49-60, 2002.
- ADRIANO, Jaime Rabelo *et al.* A construção de cidades saudáveis: uma estratégia viável para a melhoria da qualidade de vida?. **Ciência & Saúde Coletiva**, v. 5, p. 53-62, 2000.
- AMORIM, Margarete Cristiane de Costa Trindade; DUBREUIL, Vincent. Intensity of urban heat islands in tropical and temperate climates. **Climate**, v. 5, n. 4, p. 91, 2017.
- AMORIM, Margarete Cristiane de Costa Trindade. **Ilhas de calor em cidades tropicais de médio e pequeno porte: teoria e prática**. 1. ed. Curitiba: Appris, 2020.
- BARRANCO, Osmar. La arquitectura bioclimática. **Módulo Arquitectura CUC**, Vol.14 N°2 p. 31-40, 2015.
- BARCELLA, Bruno Leonardo Silva; MELAZZO, Everaldo Santos. Expansão urbana e dinâmica imobiliária: comparando as estratégias fundiárias dos agentes imobiliários em cidades médias. **Sociedade & Natureza**, v. 32, p. 100-115, 2022.
- BITAN, Arie. The high climatic quality city of the future. **Atmospheric Environment**. Part B. Urban Atmosphere, v. 26, n. 3, p. 313-329, 1992.
- CANO, Wilson. **Raízes da concentração industrial em São Paulo**. São Paulo: Difel, 1977.
- CARDOSO, Renata dos Santos. **Classificação De Potenciais Unidades Climáticas Em Presidente Prudente-SP**. UNESP: Dissertação de Mestrado, Presidente Prudente, 2015.
- CARLOS, Ana Fani Alessandri. **A Cidade**. Editora Contexto, 1992.
- CASTELLS, Manuel. Collective consumption and urban contradiction in advanced capitalism. In: CASTELLS, Manuel. **City, class and power**. London: Macmillan, 15-36, 1978.
- CORBELLA, Oscar; YANNAS, Simons. **Em busca de uma arquitetura sustentável para os trópicos**. 2ª Edição. Rio de Janeiro, Brasil, Editora Revan, 2003.
- CORRÊA, Roberto Lobato. Formas simbólicas e espaço: algumas considerações. **GEOgraphia**, v. 9, n. 17, 2010.
- CORRÊA, Roberto Lobato. **O espaço urbano**. Ática, 1989.
- CORRÊA, Roberto Lobato. Posição geográfica de cidades. **Revista cidades**, v. 1, n. 2, 2004.
- DI GIULIO, Gabriela Marques; MARTINS, Ana Maria Bedran; LEMOS, Maria Carmen. Adaptação climática: Fronteiras do conhecimento para pensar o contexto brasileiro. **Estudos Avançados**, v. 30, n. 88, p. 25-41, 2016.
- DUBREUIL, Vincent *et al.* Os tipos de climas anuais no Brasil: uma aplicação da classificação de Köppen de 1961 a 2015. Confins. **Revue franco-brésilienne de géographie/Revista franco-brasileira de geografia**, n. 37, 2018.
- DUCHINI, Igor Vinícius Barbosa; TEIXEIRA, Danielle Cardozo Frasca; AMORIM, Margarete Cristiane de Costa Trindade. Dinâmica de Formação de Ilhas de Calor Urbanas em

Dois Níveis Altimétricos da Cidade de Presidente Prudente (SP). In: **Simpósio Brasileiro de Geografia Física Aplicada**, 2024, João Pessoa - PB. Anais do Congresso Internacional de Arquitetura da Paisagem. Campina Grande - PB: Editora Realize, 2024. v. 7. p. 1-9

FARRET, Ricardo Libanez. Paradigmas da estruturação do espaço residencial intra-urbano. **O espaço da cidade: contribuição à análise urbana**. São Paulo: Projeto, p. 73-90, 1985.

FIX, Mariana. Uma ponte para a especulação: ou a arte da renda na montagem de uma "cidade global". **Caderno crh**, v. 22, p. 41-64, 2009.

GARCÍA, Felipe Fernández. **Manual de climatologia aplicada: clima, medio ambiente y planificación**. Editorial Síntesis, 1996.

GARTLAND, Lisa Mummery. **Heat islands: understanding and mitigating heat in urban areas**. Earthscan, 2008.

GORDON, David. Capitalist development and the history of American cities. **Marxism and the Metropolis**, v. 40, 1978.

HARVEY, David. Labour, capital and class struggle around the built environment in advanced capitalist societies. **Politics and Society**, 6, 265-95, 1976.

HARVEY, David. Government policies, financial institutions and neighbourhood change in United States cities. In: HARLOE, Michael. **Captive cities**. Chichester: John Wiley, 123-3.9, 1977.

HARVEY, David. The urban process under capitalism: a framework for analysis. **International Journal of Urban and Regional Research** 2, 101-31, 1978.

HUANG, Sha *et al.* A commentary review on the use of normalized difference vegetation index (NDVI) in the era of popular remote sensing. **Journal of Forestry Research**, v. 32, n. 1, p. 1-6, 2021.

INOUE, Luciana Massami. Morfologia urbana, paisagem e "Genius Loci". **Oculum Ensaios**, v. 19, p. 1-19, 2022.

INSTITUTO BRASILEIRO DE GEOGRAFIA E ESTATÍSTICA (IBGE). **Região de Influência das Cidades (REGIC)**. Ministério da Economia, Rio de Janeiro, 2020.

INSTITUTO NACIONAL DE METEOROLOGIA (INMET). **Eventos Extremos De Maio De 2024 No Brasil**. Ministério da Agricultura e Pecuária – MAPA, Secretaria De Inovação, Desenvolvimento Sustentável, Irrigação E Cooperativismo – SDI, Instituto Nacional De Meteorologia – INMET, Brasília, 2024.

INSTITUTO BRASILEIRO DE GEOGRAFIA E ESTATÍSTICA (IBGE). **Panorama das Cidades: Presidente Prudente**. 2024. Disponível em: <https://cidades.ibge.gov.br/brasil/sp/presidente-prudente/panorama>. Acesso em 23 de dezembro de 2024.

INTERGOVERNMENTAL PANEL ON CLIMATE CHANGE (IPCC). **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 and J. Romero (eds.)]. IPCC, Geneva, Switzerland, 184 pp., 2023.

JENSEN, John. **Remote Sensing of the Environment: An Earth Resource Perspective**. Pearson New International Edition, Second Edition, 2014.

KURAK-LOMBARDI, Mônica. **Expansão urbana e fragilidade ambiental no vetor sudoeste da cidade de Presidente Prudente São Paulo–Brasil**. UNESP: Tese de Doutorado, Rio Claro, 2020.

LEFEBVRE, Henri. **The Right to The City**. English translation, 1996.

LEMOINE-RODRÍGUEZ, Richard; INOSTROZA, Luis; ZEPP, Harald. Does urban climate follow urban form? Analysing intraurban LST trajectories versus urban form trends in 3 cities with different background climates. **Science of The Total Environment**, v. 830, p. 154570, 2022.

LYNCH, Kevin. **A imagem da cidade**. São Paulo: Martins Fontes, 1997.

MACEDO, Silvio Soares. **Quadro do paisagismo no Brasil**. Coleção QUAPÁ, V.1, 1999.

MARICATO, Ermínia. **Metrópole na periferia do capitalismo**. Hucitec, São Paulo, 1996.

MARICATO, Ermínia. As idéias fora do lugar e o lugar fora das idéias Planejamento urbano no Brasi. In: ARANTES, Otilia Beatriz Fiori; VAINER, Carlos; MARICATO, Ermínia. **A cidade do pensamento único: desmanchando consensos**. 3ª Edição, Editora Vozes, 2002.

MARTINELLI, Marcello. Clima do Estado de São Paulo. **Confins [Online]**, 8. 2010, posto online no dia 14 março de 2010, consultado em 30 de setembro de 2024.

MASCARÓ, Lucia Raffo de; MASCARÓ, Juan Luis. **Vegetação Urbana**. 4ª Edição. Editora Masquatro, 2002.

MASCARÓ, Lucia Raffo de. **Ambiência Urbana = Urban Environment**. 2ª Edição. Porto Alegre: 4+ Editora, 2004.

MENDONÇA, Francisco; DANNI-OLIVEIRA, Inês Moresco. **Climatologia: noções básicas e climas do Brasil**. Oficina de textos, 2009.

MENESES, Paulo Roberto; ALMEIDA, Tati de. **Introdução ao processamento de imagens de sensoriamento remoto**. Universidade de Brasília, Brasília, 2012.

MONTEIRO, Carlos Augusto de Figueiredo. Análise rítmica em climatologia: problemas da atualidade climática em São Paulo e achegas para um programa de trabalho. **Climatologia**, n. 1, p. 1-21, 1971.

MONTEIRO, Carlos Augusto de Figueiredo. **A dinâmica climática e as chuvas do estado de São Paulo: estudo geográfico sob forma de atlas**. São Paulo: IGEOG, 1973

MONTEIRO, Carlos Augusto de Figueiredo; MENDONÇA, Francisco; DANNI-OLIVEIRA, Inês Moresco; BRANDÃO, Ana Maria P. M.; GONÇALVES, Neyde Maria Santos. **Clima Urbano**. São Paulo: Editora Contexto, 2009.

NOVO, Evlyn Márcia Leão de Moraes; PONZONI, Flávio Jorge. **Introdução ao Sensoriamento Remoto**. São José dos Campos, 2001.

NUCCI, João Carlos. Metodologia para determinação da qualidade ambiental urbana. **Revista do departamento de geografia**, v. 12, p. 209-224, 1998.

NUGROHO, Nancy; TRIYADI, Sugeng; WONORAHARDJO, Surjamanto. Effect of high-rise buildings on the surrounding thermal environment. **Building and Environment**, v. 207, p. 108393, 2022.

OKE, Timothy Richard; MAXWELL, G. Brett. Urban heat island dynamics in Montreal and Vancouver. **Atmospheric Environment**, v. 9, n. 2, p. 191-200, 1975.

OKE, Timothy Richard. **Boundary Layer Climates**. 2nd ed. London: Methuen; New York: John Wiley & Sons, 1987.

OKE, Timothy Richard.; MILLS, Gerald; CHRISTEN, Andreas; VOOGT, James. **Urban Climates**. Cambridge University Press, 2017.

OLIVEIRA, Vítor. **Urban morphology: An Introduction to the Study of the Physical Form of Cities**. Springer, 2020.

PROCTER, Ian. Algumas Teorias de Economia Política da Urbanização e Sugestões para um Quadro de Pesquisa. **Espaço & Debates**, nº 11, p. 68-80, 1984.

RAMPAZZO, Camila Riboli. **Clima urbano, risco climático e vulnerabilidade socioespacial mediados pela produção do espaço urbano em cidades paulistas (São Carlos, Marília e Presidente Prudente)**. Orientador: João Lima Sant'Anna Neto. 2019. Tese (Doutorado em Geografia) - Faculdade de Ciências e Tecnologia, Universidade Estadual Paulista, Presidente Prudente, 2019.

ROBERTS, Bryan. **Cities of peasants**. London: Edward Arnold, 1978.

ROSSI, Aldo. **La arquitectura de la ciudad**. Barcelona: Editora Gustavo Gilli S. A., 1966.

SANT'ANNA NETO, João Lima. Por uma Geografia do Clima: antecedentes históricos, paradigmas contemporâneos e uma nova razão para um novo conhecimento. **Terra Livre**, n. 17, p. 49-62, 2001.

SANT'ANNA NETO, João Lima, TOMMASELLI, José Tadeu Garcia. **O Tempo e o Clima de Presidente Prudente**. FCT/UNESP, 2009.

SANT'ANNA NETO, João Lima. O clima urbano como construção social: da vulnerabilidade polissêmica das cidades enfermas ao sofisma utópico das cidades saudáveis. **Revista brasileira de climatologia**, v. 8, 2011.

SANT'ANNA NETO, João Lima. Escalas geográficas do clima: mudança, variabilidade e ritmo. In: Margarete C. de Costa Trindade Amorim; João Lima Sant'Anna Neto; Ana Monteiro. (Org.). **Climatologia Urbana e Regional: questões teóricas e estudos de caso**. 1ed. São Paulo: Outras Expressões, 2013, v. 1, p. 75-91.

SANTOS, Milton. A aceleração contemporânea: tempo mundo e espaço mundo. In: SANTOS, M.; SOUZA, M. A. de S.; SCARLATO, F. C.; ARROYO, M. (org.) **O Novo Mapa do Mundo: Fim de Século e Globalização**. São Paulo: Hucitec/Anpur, 1993.

SANTOS, Milton. **A urbanização brasileira**. Edusp, 2005.

SANTOS, Milton. **O espaço do cidadão**. 7ª Edição, Edusp, 2007.

SILVA, Gustavo Henrique Pereira da. **Tendências e ocorrências de episódios extremos climáticos em Presidente Prudente (SP)**. Orientadora: Margarete Cristiane de Costa Trindade Amorim. 2024. 281 f. Tese (Doutorado em Geografia) - Faculdade de Ciências e Tecnologia, Universidade Estadual Paulista, Presidente Prudente, 2024.

SILVA, Késia Anastácio Alves da; TEIXEIRA, Vanessa Moura de Lacerda; SPOSITO, Eliseu Savério. Novas expressões de centralidades urbanas e a diferenciação socioespacial: um olhar através das práticas espaciais. **Geografares**, n. 33, 2021.

SINGER, Paul. **Economia política da urbanização**. Brasília: Brasiliense, 1990.

SINGER, Paul. O uso do solo urbano na economia capitalista. **Boletim paulista de Geografia**, n. 57, p. 77-92, 1980.

SMITH, Michael Peter. **The city and social theory**. Oxford: Basil Blackwell, 1980

SMOLKA, Martin Oscar. O capital incorporador e seus movimentos de valorização. **Cadernos ippur/ufrj**, v. 2, n. 1, p. 41-78, 1987.

SORRE, Max et al. **Les fondements de la géographie humaine**. Librairie Armand Colin, 1951.

SOUZA, Marcelo José Lopes. **ABC do desenvolvimento urbano**. Bertrand Brasil, 2003.

SOUZA, Marcelo José Lopes de. O Território: Sobre Espaço e Poder, Autonomia e Desenvolvimento. In: CASTRO, Iná Elias de *et alii*. **Geografia: Conceitos e temas**. 6ª edição. Rio de Janeiro: Bertrand Brasil, 2014.

SPOSITO, Maria Encarnação Beltrão. **Capitalismo e Urbanização**. São Paulo, Contexto, 1988. [1ª Ed.].

SPOSITO, Maria Encarnação Beltrão. **O chão em pedaços: urbanização, economia e cidades no estado de São Paulo**. 508f. Tese (Livre Docência) – Faculdade de Ciências e Tecnologia, Universidade Estadual Paulista, Presidente Prudente, 2004.

SPOSITO, Maria Encarnação Beltrão. Novas redes urbanas: cidades médias e pequenas no processo de globalização. **Geografia**, v. 35, n. 1, p. 51-62, 2010.

SPOSITO, Maria Encarnação Beltrão. Diferenças e desigualdades em cidades médias no Brasil: da segregação à fragmentação socioespacial. In: **Congress of The Latin American Studies Association**. 2019. p. 1-25.

SPOSITO, Eliseu Savério; SPOSITO, Maria Encarnação Beltrão. Fragmentação socioespacial. **Mercator (Fortaleza)**, v. 19, p. e19015, 2020.

STEWART, Iain; OKE, Timothy Richard. **Classifying urban climate field sites by “local climate zones”: The case of Nagano, Japan**. In: Seventh International Conference on Urban Climate, 2009a.

STEWART, Iain; OKE, Timothy Richard. Newly developed “thermal climate zones” for defining and measuring urban heat island magnitude in the canopy layer. In: **Eighth Symposium on Urban Environment, Phoenix, AZ**. 2009b.

TAHA, Haider. Urban climates and heat islands: albedo, evapotranspiration, and anthropogenic heat. **Energy and Buildings**, v. 25, n. 2, p. 99-103, 1997.

TEIXEIRA, Danielle Cardozo Frasca; AMORIM, Margarete Cristiane de Costa Trindade. O clima urbano das cidades de pequeno porte do Oeste Paulista: análise das características térmicas de Presidente Venceslau, Santo Anastácio e Álvares Machado, Brasil. **Revista Brasileira de Climatologia**, v. 30, p. 753-776, 2022a.

TEIXEIRA, Danielle Cardozo Frasca; AMORIM, Margarete Cristiane de Costa Trindade. Multicriteria Spatial Modeling: Methodological Contribution to the Analysis of Atmospheric and Surface Heat Islands in Presidente Prudente, Brazil. **Climate**, v. 10, n. 4, p. 56, 2022b.

TEIXEIRA, Danielle Cardozo Frasca; AMORIM, Margarete Cristiane de Costa Trindade; DUCHINI, Igor Vinícius Barbosa; ANGELI, Giovanna Aparecida de Souza. Análise do Conforto Térmico em Cidade do Ambiente Tropical no Ano de 2023. IN: Anais do XVI Simpósio Brasileiro de Climatologia Geográfica, 2025. No prelo.

VELHO, Otávio Guilherme. **O fenômeno urbano**. Rio de Janeiro: Guanabara, 4ª ed. 1987.

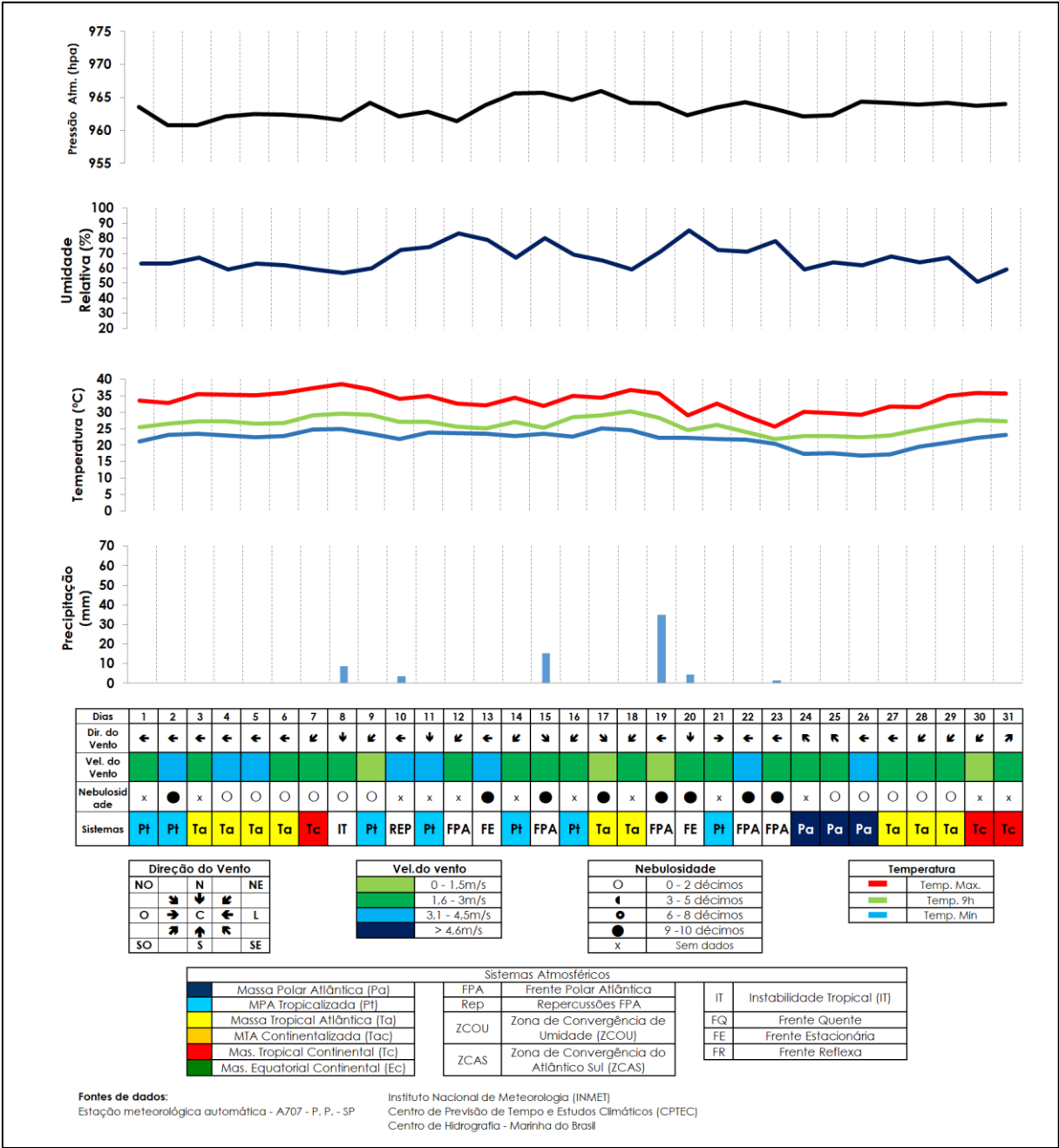
WALLACE, John; HOBBS, Peter. **Atmospheric science: an introductory survey**. Elsevier, 2006.

WHITACKER, Arthur; MIYAZAKI, Vitor. O estudo das formas da cidade no âmbito da Geografia Urbana. Apontamentos metodológicos. **GOT: Revista de Geografia e Ordenamento do Território**, n. 2, p. 307, 2012.

WIRTH, Louis. Urbanism as a Way of Life. **American journal of sociology**, v. 44, n. 1, p. 1-24, 1938.

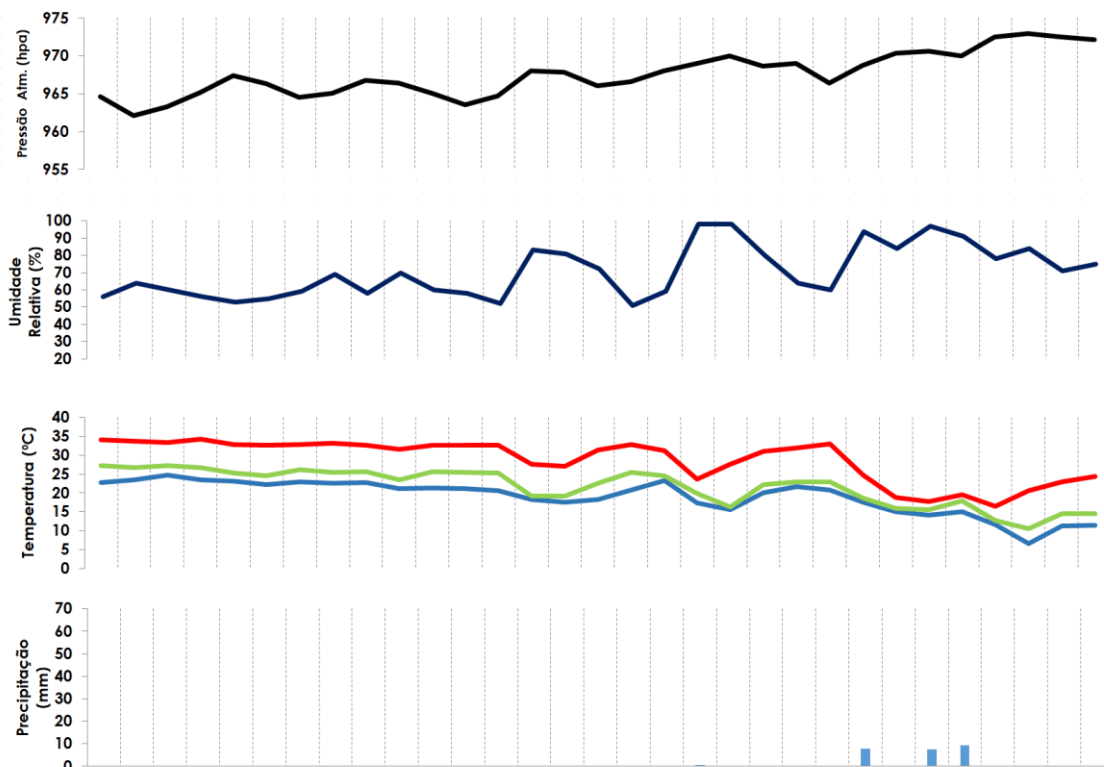
Apêndice A – Gráficos de análise rítmica.

Gráfico de análise rítmica de janeiro de 2024.



Fonte: INMET (2024). Elaboração: o autor (2024).

Gráfico de análise rítmica de maio de 2024.



Dias	1	2	3	4	5	6	7	8	9	10	11	12	13	14	15	16	17	18	19	20	21	22	23	24	25	26	27	28	29	30	31
Dir. do Vento	↖	↖	↖	↖	↖	↖	↖	↘	↖	↖	↘	↖	↘	→	↗	↖	↖	↖	↗	↗	↖	↖	↖	→	↗	↗	↖	↗	→	↖	↖
Vel. do Vento																															
Nebulosidade	○	○	x	x	○	○	○	○	x	○	x	○	○	●	●	●	x	●	●	●	x	x	○	●	●	●	●	●	●	●	x
Sistemas	Ta	Ta	Tc	Tc	Tc	Tc	Tc	Tc	Tc	Tc	Tc	Tc	Tc	FPA	Pa	Pt	Tc	REP	FPA	Pa	Pt	Ta	Ta	FPA	Pa	FPA	FE	FPA	Pa	Pa	Pa

Direção do Vento			
NO	↖	N	↓
NE	↘	SE	↙
SO	↙	S	↑
NO	↖	C	↘

Vel. do vento	
0 - 1.5m/s	0
1.6 - 3m/s	1
3.1 - 4.5m/s	2
> 4.6m/s	3

Nebulosidade	
0 - 2 décimos	0
3 - 5 décimos	1
6 - 8 décimos	2
9 - 10 décimos	3
Sem dados	x

Temperatura	
Temp. Max.	Red
Temp. 9h	Green
Temp. Min.	Blue

Massa Polar Atlântica (Pa)	Pa
MPA Tropicalizada (Pt)	Pt
Massa Tropical Atlântica (Ta)	Ta
MTA Continentalizada (Tc)	Tc
Mas. Tropical Continental (Tc)	Tc
Mas. Equatorial Continental (Ec)	Ec

Sistemas Atmosféricos	
FPA	Frente Polar Atlântica
Rep	Repercussões FPA
ZCOU	Zona de Convergência de Umidade (ZCOU)
ZCAS	Zona de Convergência do Atlântico Sul (ZCAS)

IT	Instabilidade Tropical (IT)
FQ	Frente Quente
FE	Frente Estacionária
FR	Frente Reflexa

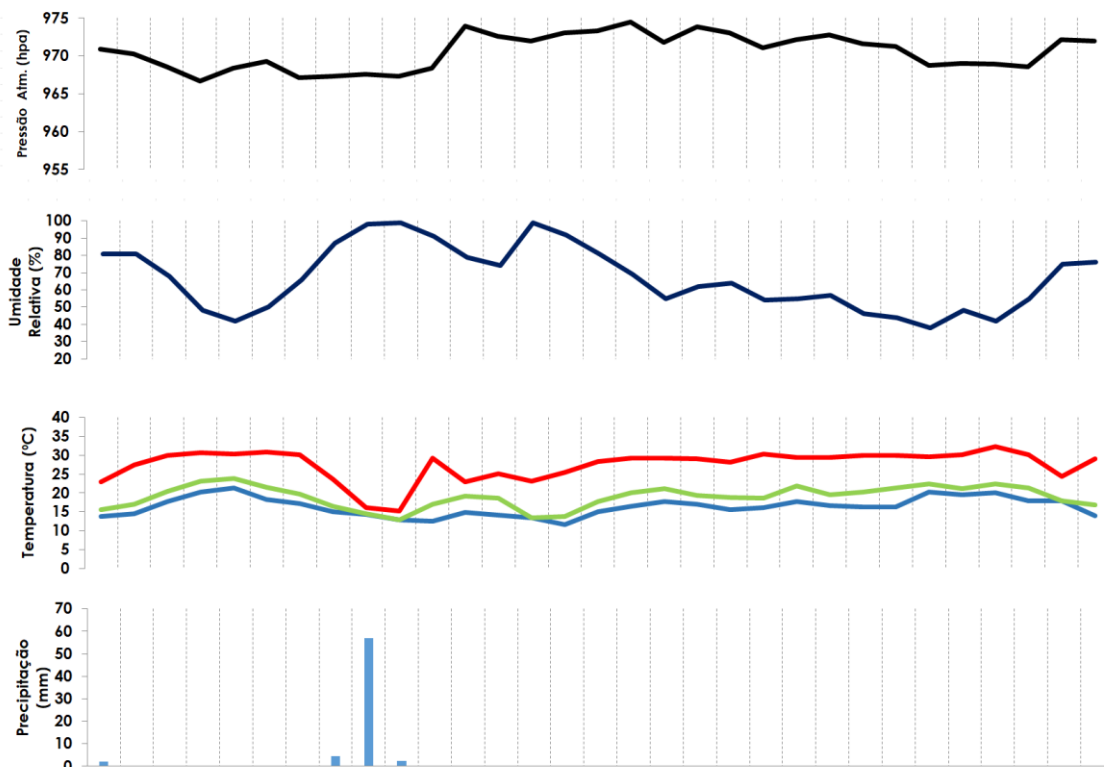
Fontes de dados:

Estação meteorológica automática - A707 - P. P. - SP
 Estação meteorológica automática Cetesb - P. P. - SP

Instituto Nacional de Meteorologia (INMET)
 Centro de Previsão de Tempo e Estudos Climáticos (CPTEC)
 Companhia Ambiental do Estado de São Paulo (CETESB)
 Centro de Hidrografia - Marinha do Brasil

Fonte: INMET (2024). Elaboração: o autor (2024).

Gráfico de análise rítmica de julho de 2024.



Dias	1	2	3	4	5	6	7	8	9	10	11	12	13	14	15	16	17	18	19	20	21	22	23	24	25	26	27	28	29	30	31
Dir. do Vento	↖	←	←	←	↖	←	←	↗	→	↗	←	↗	↖	↗	↗	←	←	↖	↗	↗	↖	↖	←	←	←	←	↖	↗	←	←	
Vel. do Vento	■	■	■	■	■	■	■	■	■	■	■	■	■	■	■	■	■	■	■	■	■	■	■	■	■	■	■	■	■	■	■
Nebulosidade	x	○	○	x	●	x	x	●	●	●	●	●	●	x	●	x	○	○	○	○	○	○	○	○	○	●	●	○	x	●	○
Sistemas	FPA	Pa	Pt	Pt	Pt	Pt	Pt	FPA	FE	FE	Pa	FPA	FE	Pa	Pa	Pt	Pt	Ta	Ta	Ta	Ta	Ta	Ta	Ta	Ta	Tc	Tc	Tc	Tc	FPA	Pa

Direção do Vento			
NO	↖	N	↓
NE	↘	SE	↗
SO	↖	S	↑
SE	↘	NO	↗

Vel. do vento	
■	0 - 1,5m/s
■	1,6 - 3m/s
■	3,1 - 4,5m/s
■	> 4,6m/s

Nebulosidade	
○	0 - 2 décimos
◐	3 - 5 décimos
◑	6 - 8 décimos
●	9 - 10 décimos
x	Sem dados

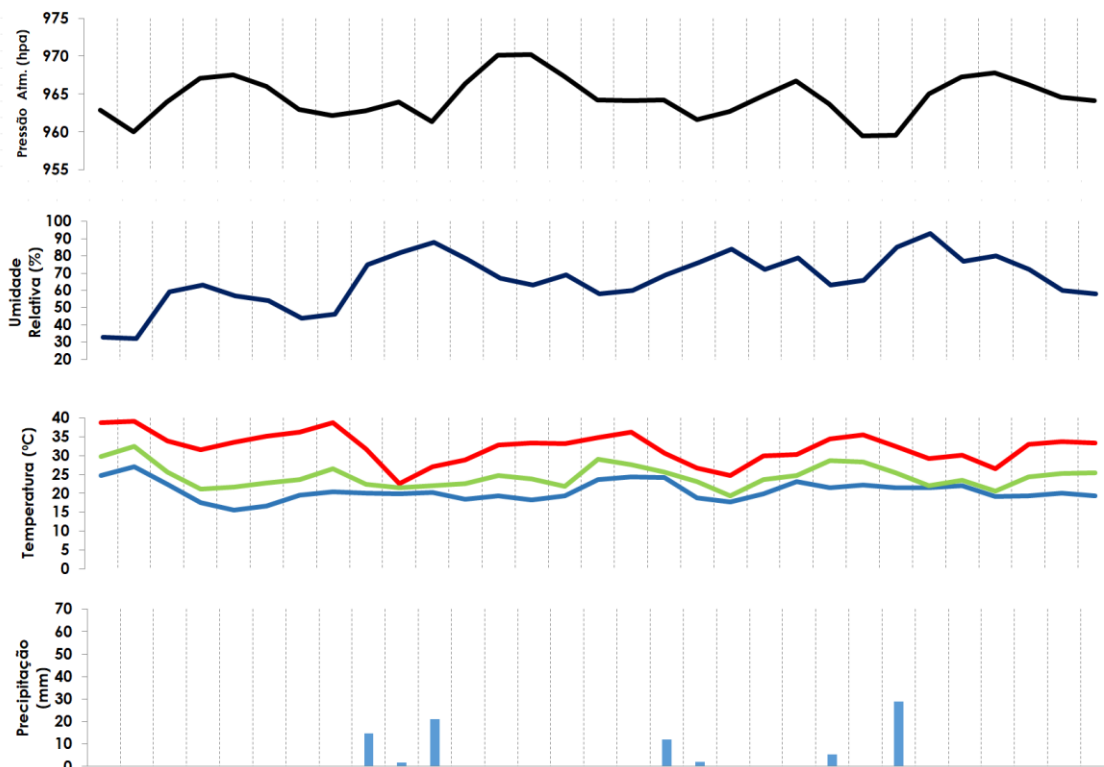
Temperatura	
■	Temp. Max.
■	Temp. 9h
■	Temp. Min.

Sistemas Atmosféricos			
■	Massa Polar Atlântica (Pa)	FPA	Frente Polar Atlântica
■	MPA Tropicalizada (Pt)	Rep	Repercussões FPA
■	Massa Tropical Atlântica (Ta)	ZCOU	Zona de Convergência de Umidade (ZCOU)
■	MTA Continentalizada (Tc)	ZCAS	Zona de Convergência do Atlântico Sul (ZCAS)
■	Mas. Tropical Continental (Tc)		
■	Mas. Equatorial Continental (Ec)		

Fontes de dados:
 Estação meteorológica automática - A707 - P. P. - SP
 Estação meteorológica automática - V0464 - P. P. - SP
 Instituto Nacional de Meteorologia (INMET)
 Centro de Previsão de Tempo e Estudos Climáticos (CPTEC)
 Centro de Hidrografia - Marinha do Brasil

Fonte: INMET (2024). Elaboração: o autor (2024).

Gráfico de análise rítmica de outubro de 2024.



Dias	1	2	3	4	5	6	7	8	9	10	11	12	13	14	15	16	17	18	19	20	21	22	23	24	25	26	27	28	29	30	31
Dir. do Vento	↙	↓	←	←	←	←	←	↖	↖	←	↖	↖	←	←	←	↓	←	↖	↖	↖	←	↖	↖	↓	↖	↖	←	←	↖	↖	←
Vel. do Vento																															
Nebulosid ade	○	○	○	○	○	○	○	○	●	●	●	x	x	x	x	○	x	●	●	●	●	●	x	x	x	●	x	●	○	○	○
Sistemas	Tc	Tc	FPA	Pa	Pa	Pl	Tc	Tc	FPA	FPA	FPA	Pa	Pa	Pl	Pl	IT	Tc	FPA	FPA	FPA	FPA	Pa	Ta	Ta	FPA	FPA	Pa	Pa	Ta	Ta	Ta

Direção do Vento			
NO	N	NE	
↙	↓	↘	
↖	↗	↘	L
SO	S	SE	

Vel. do vento	
0 - 1,5m/s	
1,6 - 3m/s	
3,1 - 4,5m/s	
> 4,6m/s	

Nebulosidade	
0	0 - 2 décimos
1	3 - 5 décimos
2	6 - 8 décimos
3	9 - 10 décimos
x	Sem dados

Temperatura	
—	Temp. Max.
—	Temp. 9h
—	Temp. Min.

Sistemas Atmosféricos			
Pa	Massa Polar Atlântica (Pa)	FPA	Frente Polar Atlântica
Pt	MPA Tropicalizada (Pt)	Rep	Repercussões FPA
Ta	Massa Tropical Atlântica (Ta)	ZCOU	Zona de Convergência de Umidade (ZCOU)
Tac	MTA Continentalizada (Tac)	ZCAS	Zona de Convergência do Atlântico Sul (ZCAS)
Tc	Mas. Tropical Continental (Tc)		
Ec	Mas. Equatorial Continental (Ec)		

Fontes de dados:

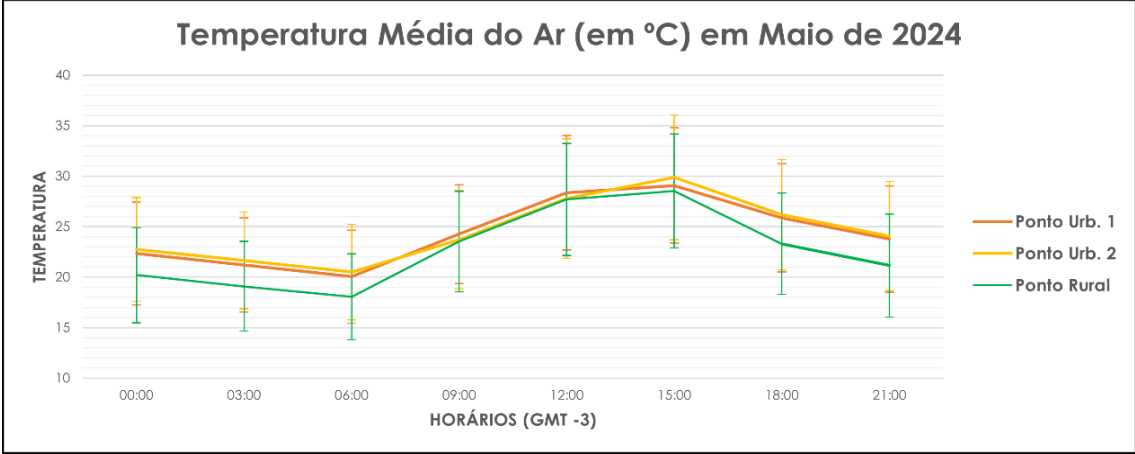
Estação meteorológica automática - A707 - P. P. - SP
Estação meteorológica automática - V0464 - P. P. - SP

Instituto Nacional de Meteorologia (INMET)
Centro de Previsão de Tempo e Estudos Climáticos (CPTEC)
Centro de Hidrografia - Marinha do Brasil

Fonte: INMET (2024). Elaboração: o autor (2024).

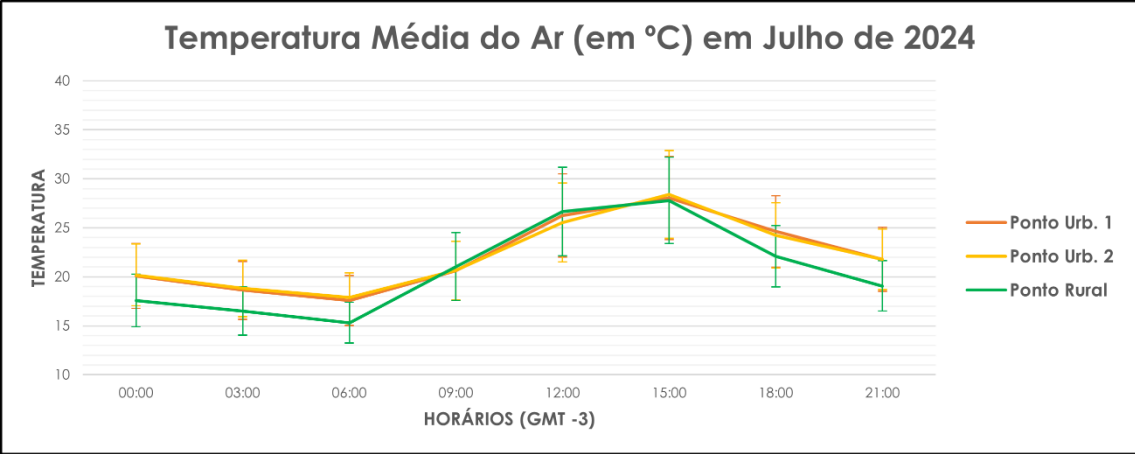
Apêndice B – Gráficos das temperaturas médias do ar.

Gráfico das temperaturas médias do ar no mês de maio de 2024 para os pontos monitorados.



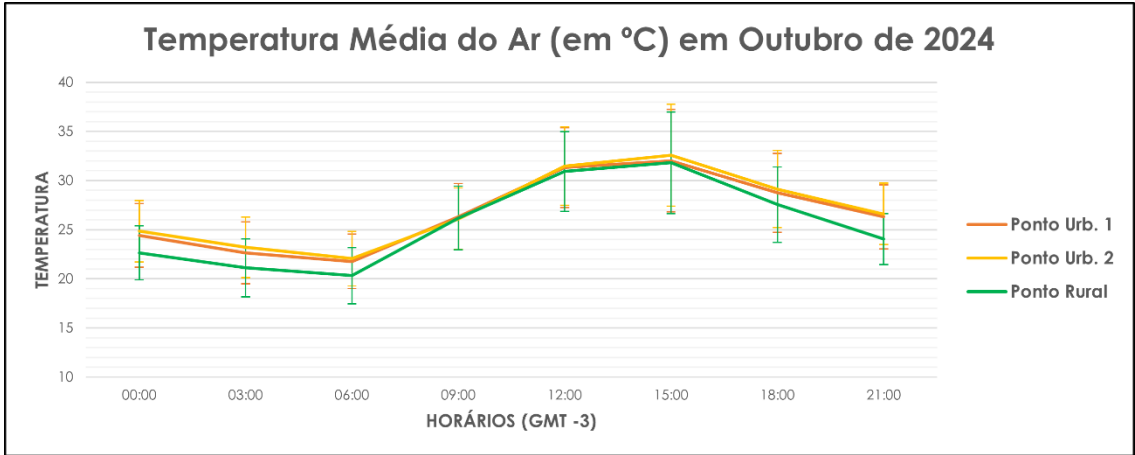
Fonte: Elaboração própria (2024).

Gráfico das temperaturas médias do ar no mês de julho de 2024 para os pontos monitorados.



Fonte: Elaboração própria (2024).

Gráfico das temperaturas médias do ar no mês de outubro de 2024 para os pontos monitorados.



Fonte: Elaboração própria (2024).

Apêndice C – Tabelas das informações estatísticas da temperatura do ar.

Informações estatísticas da temperatura do ar (T_a) nos três pontos de análise em maio de 2024.

Ponto Urb. 1 – Maio Dados T_a (em °C)	
Média	24,4
Desvio Padrão	5,9
Mínimo	7,2
Máximo	34,9
Ponto Urb. 2 – Maio Dados T_a (em °C)	
Média	24,5
Desvio Padrão	6
Mínimo	7,8
Máximo	36
Ponto Rural – Maio Dados T_a (em °C)	
Média	22,7
Desvio Padrão	6
Mínimo	5,5
Máximo	34

Informações estatísticas da temperatura do ar (T_a) nos três pontos de análise em julho de 2024.

Ponto Urb. 1 – Julho Dados T_a (em °C)	
Média	22,2
Desvio Padrão	4,9
Mínimo	12,2
Máximo	33,4
Ponto Urb. 2 – Julho Dados T_a (em °C)	
Média	22,2
Desvio Padrão	4,8
Mínimo	12,3
Máximo	33,8
Ponto Rural – Julho Dados T_a (em °C)	
Média	20,8
Desvio Padrão	5,4
Mínimo	11,2
Máximo	32,8

Informações estatísticas da temperatura do ar (T_a) nos três pontos de análise em outubro de 2024.

Ponto Urb. 1 – Outubro Dados T_a (em °C)	
Média	26,7
Desvio Padrão	5
Mínimo	16,2
Máximo	39,9
Ponto Urb. 2 – Outubro Dados T_a (em °C)	
Média	27
Desvio Padrão	5
Mínimo	16,7
Máximo	39,9
Ponto Rural – Outubro Dados T_a (em °C)	
Média	25,6
Desvio Padrão	5,3
Mínimo	14,7
Máximo	39,1