

Mapeamento das unidades mesoclimáticas do município de Taboão da Serra – SP



Mapping of mesoclimatic units in Taboão da Serra – SP

Andreas Gonçalves, Jordan

 **Jordan Andreas Gonçalves** ^[1]
jordan.goncalves@usp.br
Universidade de São Paulo, Brasil

Revista Presença Geográfica
Fundação Universidade Federal de Rondônia, Brasil
ISSN-e: 2446-6646
Periodicidade: Frecuencia continua
vol. 07, núm. 03, 2020
rpgeo@unir.br

Recepção: 06 Maio 2020
Aprovação: 14 Junho 2020

URL: <http://portal.amelica.org/ameli/journal/274/2742036013/>

Resumo: Este trabalho propôs o mapeamento das unidades mesoclimáticas urbanas, e não urbanas, do município de Taboão da Serra, localizado na Região Metropolitana de São Paulo. Para a execução foi elaborada a análise das relações entre atributos e elementos climáticos, e o desenvolvimento e ocupação da área de estudo, como realizado por Tarifa e Azevedo (2001) para a metrópole paulistana. A pesquisa foi sustentada pelos produtos cartográficos elaborados através de softwares de Geoprocessamento, essenciais no dimensionamento das características físicas da temperatura superficial de cada unidade. Foram apontadas três unidades mesoclimáticas caracteristicamente antrópicas: central – dividida entre o núcleo e extensão, periferia, além da unidade natural (não urbana), assim como no trabalho que serviu de base metodológica. Dessa forma, comprovou-se como os diferentes aspectos em relação ao uso do solo, cobertura vegetal e desenvolvimento local – elementos atrelados à localização do município de Taboão da Serra – impactam diretamente na distribuição da temperatura e do conforto térmico na área de estudo.

Palavras-chave: atributos climáticos, uso do solo, unidades mesoclimáticas urbanas, urbanização.

Abstract: This work proposes the mapping of different urban and non-urban mesoclimatic units in the Taboão da Serra city, located in Metropolitan Region of São Paulo. For an execution, an analysis of the relations between features and climatic elements that was elaborated, and the development and occupation of the study area conducted by Tarifa and Azevedo (2001) for a São Paulo metropolis. A research was supported by cartographic products elaborated by means of Geoprocessing software, essential in the dimensioning of the physical characteristics and the surface temperature of each unit. Three anthropic characteristic mesoclimatic units were identified: central - divided between the nucleus and the extension, periphery, in addition to the natural (non-urban) unit, as well as the work used in the methodology. Thus, proven as the different aspects in relation to soil use, vegetation cover and local development - elements linked to the location of Taboão da Serra city - direct impact on temperature distribution and thermal comfort in the study area.

Keywords: climatic attributes, soil use, urban mesoclimate units, urbanization.

1 INTRODUÇÃO

A urbanização acelerada do Brasil favoreceu à criação e o crescimento de áreas urbanas sem planejamento. Segundo o Instituto Brasileiro de Geografia e Estatística (IBGE), entre os anos de 1940 e 1970, a população urbana brasileira passou de 31,24% para 55,92%, impulsionado pelo processo de industrialização. O Censo 2010 atestou que 84,36% da população brasileira reside em cidades. O crescimento populacional e espacial urbano gerou uma série de impactos ambientais, sociais e climáticos.

Um dos impactos causados pelo crescimento populacional e espacial urbano é a Ilha de Calor, definida como a “diferença de temperatura entre a área central da cidade e o ambiente rural ou zonas periféricas com baixa densidade de construções” (AMORIM *et al.*, 2009, p. 2). A diferenciação de temperatura decorre do processo de urbanização, responsável pela alteração da paisagem natural e criação da paisagem urbana, sendo “considerada em termos de espaço físico construído, altera significativamente o clima urbano, considerando-se o aumento das superfícies de absorção térmica, impermeabilização dos solos, alterações na cobertura vegetal, concentração de edifícios que interferem nos efeitos dos ventos, contaminação da atmosfera através da emissão dos gases” (LOMBARDO, 1985, p. 77). A Ilha de Calor Urbano, evento reconhecido há mais de um século, é o mais claro e o mais bem documentado exemplo de mudança climática provocado pela ação antrópica (OKE, 1987), com os primeiros estudos realizados em cidades europeias como Londres, Paris e Viena durante o século XIX (GARTLAND, 2010).

Outro aspecto importante para o entendimento das Ilhas de Calor Urbano, expresso por Gartland (2010), compreende os materiais utilizados nas construções das edificações das áreas urbanas, que são impermeáveis e estanques, ou seja, que não permitem a entrada de água, diminuindo o nível de umidade no ambiente e não dissipando o calor, além disso, os materiais componentes das estruturas urbanas são, geralmente, escuros, absorvendo e armazenando mais energia solar. A demasiada elevação dos índices deste elemento climático pode provocar um desconforto térmico, além de agravar as condições de saúde da população, como problemas respiratórios, devido ao aumento da concentração de gases e partículas poluentes. Ademais, a confecção da paisagem urbana, associada à impermeabilização do solo e a consequente retirada da cobertura vegetal, pode potencializar os efeitos de eventos pluviométricos, resultando em inundações e perda de vidas humanas (TARIFA; AZEVEDO, 2001).

Dessa forma, somado estes fatores, temos a diferença de temperatura do ar atmosférico de acordo com os diferentes tipos de uso e ocupação do solo, sendo mais elevada nas áreas urbanizadas e levando à formação das Ilhas de Calor Urbano (AMORIM, 2009). A diferença de temperatura corrobora também à “elaboração” do clima urbano, sistema que abrange o clima de um espaço terrestre e sua urbanização (MONTEIRO, 1976).

Diversos estudos têm como objeto as grandes cidades brasileiras, sobretudo o município de São Paulo. A partir da medição dos elementos climáticos em 45 pontos, Lombardo (1985) realizou o primeiro trabalho de avaliação das Ilhas de

Calor Urbano na metrópole paulistana. Tarifa e Azevedo (2001) regionalizaram a Capital do Estado de São Paulo em diferentes Unidades Climáticas Urbanas, analisando, a partir do desenvolvimento urbano, como os controles, e/ou fatores, climáticos, influenciam nos diferentes atributos, e/ou elementos, climáticos. Com dimensões semelhantes às da área de estudo deste trabalho, Amorim *et al.* (2009) estudaram o desenvolvimento das Ilhas de Calor Urbano nas cidades de Presidente Prudente – SP e Rennes – FRA, ambas consideradas de porte médio, segundo a classificação do IBGE. A verificação do fenômeno se deu a partir da coleta de dados em pontos fixos e móveis e dados térmicos do satélite *Landsat MT* para determinação da mudança do uso do solo nas áreas de estudo.

Seguindo a lógica proposta por Tarifa e Azevedo (2001), e utilizando metodologias das elaborações citadas acima, este trabalho teve como objetivo cartografar o desenvolvimento das Unidades Mesoclimáticas Urbanas no município de Taboão da Serra, localizado na Região Metropolitana de São Paulo (RMSP).

2 MATERIAIS E MÉTODOS

2.1 Localização e Caracterização da Área de Estudo

Localizado na Grande São Paulo, Taboão da Serra faz divisa com outros quatro municípios: ao norte, leste e sul com a Capital, ao sul e oeste com Embu das Artes, e também no setor noroeste com Cotia e Osasco. Pertence à região sudoeste da RMSP. A figura 1 ilustra a localização da área de estudo no contexto mencionado.

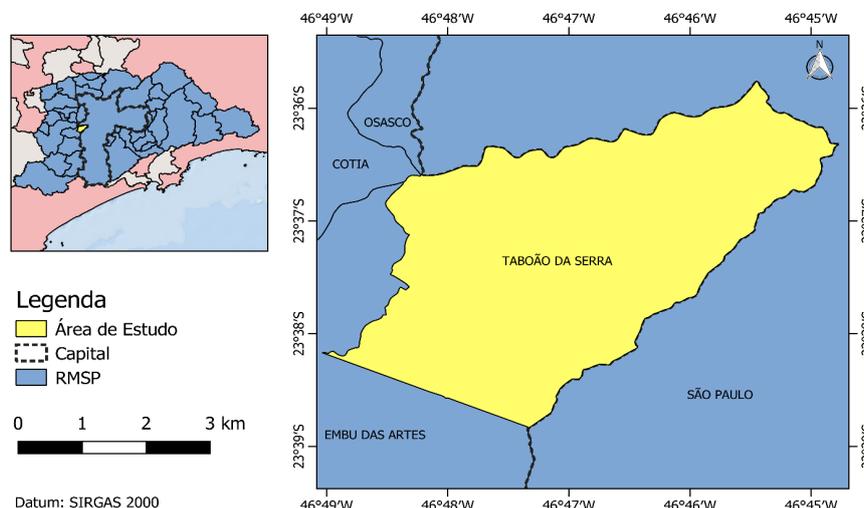


Figura 1
Localização da Área de Estudo.
Organizado pelo autor 1 (2020).
Fonte: IBGE (2015).

O município de Taboão da Serra, criado em 1958, passou por um crescimento demográfico acelerado, impulsionado pela atividade industrial e comercial. Em 1960 o município contabilizava cerca de sete mil habitantes. Em 1970 a

população cresceu para quarenta mil habitantes, aproximadamente. No Censo do IBGE de 2010, a população de Taboão da Serra ultrapassou os duzentos mil habitantes. E no Portal IBGE Cidades, a estimativa populacional de 2019 para o município aponta para, aproximadamente, 290 mil habitantes. A figura 2, demonstra a evolução do número de munícipes.

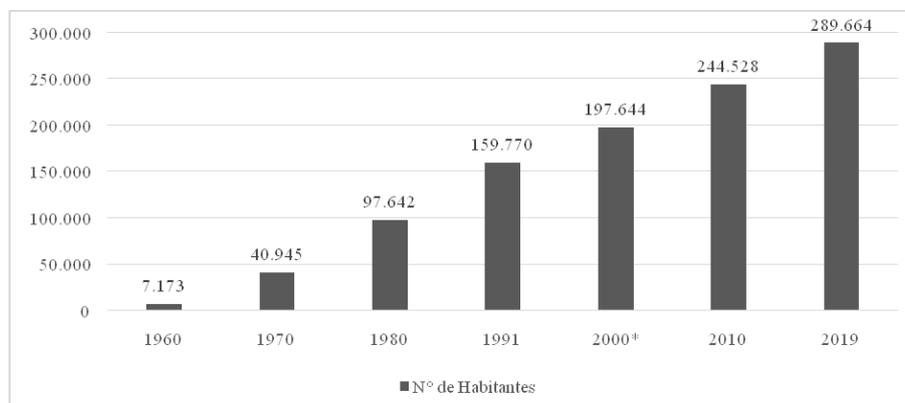


Figura 2

Crescimento Demográfico do Município de Taboão da Serra.

Organizado pelo autor 1 (2020).

Fonte: IBGE e Atlas do Desenvolvimento Humano do Brasil (*).

Atualmente, a totalidade da população taboanense é caracterizada enquanto urbana, fazendo com que o uso do solo esteja voltado à construção de moradias – de alto, médio e baixo padrão, áreas de comércio e serviços, e plantas industriais, além da malha rodoviária responsável pela conexão com os demais municípios da RMSP e a metrópole paulistana. Conta ainda com áreas de preservação ambiental e chácaras nos setores com presença de vegetação. A área de estudo é resultado direto da conurbação da capital do Estado. Como mostra a imagem anterior, a ocupação de Taboão da Serra foi intensa. O município, com área de 20,338 km², teve expressivo aumento da densidade demográfica, saltando de 350,27 hab/km² em 1960 para 14.207,57 hab/km² em 2019, resultando numa considerável modificação do espaço local. Contudo, as políticas públicas de ordenamento do território não acompanharam o ritmo do crescimento da cidade, tendo o Plano Diretor Participativo sido aprovado somente em 2006.

Taboão da Serra apresenta variadas formas de uso e ocupação do solo, ilustradas pela figura 3, com uma série de zonas industriais além de expressivo número de áreas residenciais, caracterizando-se como município “dormitório” (GONÇALVES, 1994), esta última característica é verificada pelos engarrafamentos diários causados pelo movimento pendular da população, entre Taboão da Serra e São Paulo. Sendo assim, tornou-se essencial a criação de uma infraestrutura de transporte capaz de conectar ambos os lugares, pautada no modal rodoviário.

No que tange os deslocamentos realizados pela população local destaca-se o movimento pendular, sendo que 77.643 munícipes realizam suas atividades fora da cidade, representando 32% da população local, aproximadamente. Desse total, 61.814 realizam suas atividades laborais, e outros 16.459 estudam fora do município (IBGE, 2010). Além disso, somando automóveis, ônibus e motocicletas, a frota de Taboão da Serra corresponde a 96.898 veículos, dados do Departamento Nacional de Trânsito presentes do portal IBGE Cidades. A

principal via de acesso à capital paulista do município taboanense é a Rodovia Régis Bittencourt (BR-116), que conecta-se às Avenidas Francisco Morato e Elizeu de Almeida – indo em direção à Zona Oeste – e à Estrada do Campo Limpo – indo em direção à Zona Sul – em São Paulo.

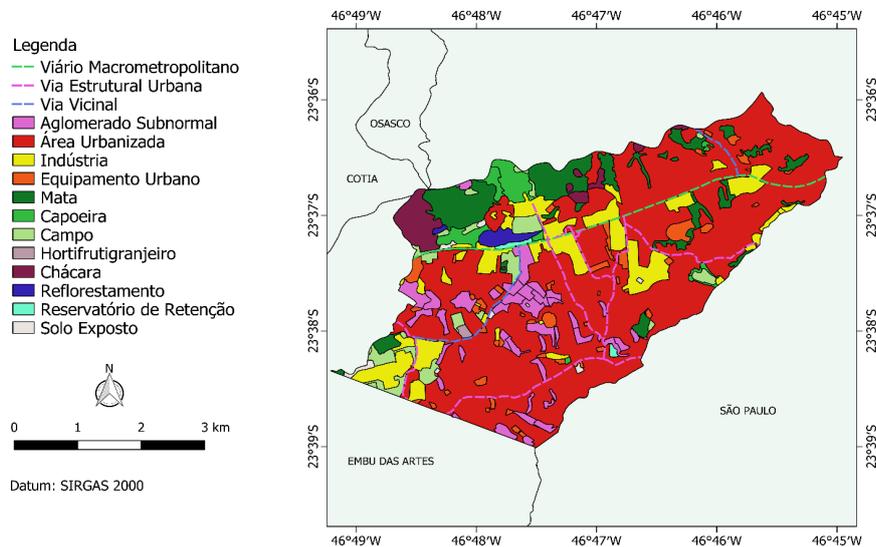


Figura 3

Uso do Solo da Área de Estudo.

Organizado pelo autor 1 (2020).

Fonte: Emplasa (2010-2011) e IBGE (2015).

2.2 Caracterização climática da área de estudo

Segundo Tarifa e Azevedo (2001), o clima da área de estudo é o Tropical Úmido de Altitude do Planalto Paulistano, com temperaturas do ar amenas por conta do efeito da altitude, com médias térmicas anuais por volta de 19,3°C, e médias anuais das máximas, e mínimas, de 24,9°C e 15,5°C, respectivamente. Os dados de temperatura média compensada do ar segundo o INPE (Instituto Nacional de Pesquisas Espaciais) é de 15,4°C para o mês de junho e 20,1°C para o mês de dezembro. A figura 4 representa as estimativas da distribuição de temperatura e pluviosidade na área de estudo ao longo do ano. É possível notar uma estação quente e chuvosa que abrange os meses entre outubro e março, e uma outra estação menos chuvosa, com relevante queda dos índices pluviométricos, e também mais fria, compreendida entre os meses de abril e setembro, mas que não se caracteriza enquanto estação seca. O total pluviométrico varia entre 1250 e 1450 mm anuais.

No que tange a proposta elaborada por Köppen (1918) o clima da área de estudo é classificado como Cfb, ou seja, temperado ou temperado quente, de característica mesotérmica, com a temperatura média do ar dos 3 meses mais frios próxima a 15°C, e no mês mais quente acima de 20°C, sendo indicado pela letra C. Como verificado no climograma, ausência de estação seca, indicada pela letra f. E temperatura média do ar no mês mais quente abaixo de 22°C, indicada pela letra b (MARTINELLI, 2010).

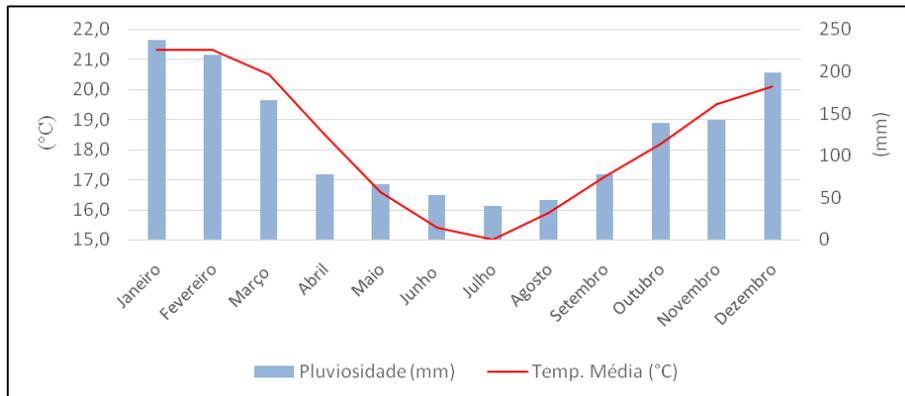


Figura 4
Climograma da Área de Estudo (1982-2012).

Organizado pelo autor 1 (2020).

Fonte: *Climate-data.Org*.

Entretanto, “o clima urbano não pode ser tratado somente como processos puramente físicos, mas em todas as suas interações com os fatos associados à produção do espaço através das práticas sociais vigentes no cotidiano da sociedade urbana” (TARIFA; AZEVEDO, 2001, p. 48). Dessa forma, uma análise meramente conceitual/locacional do clima da área de estudo não é capaz de expressar as condições climáticas do mesmo. Como colocado por Ribeiro (1993) “o grau de dependência da radiação extraterrestre na definição climática é maior nas escalas superiores, enquanto que a influência dos elementos da superfície, inclusive a ação antrópica, vai-se tornando mais pronunciada na medida em que se atingem as escalas inferiores”, ou seja, as modificações do sítio urbano, como a impermeabilização do solo, retirada da cobertura vegetal, volume de edificações, declividade, etc, são os pontos mais importantes para compreensão da dinâmica climática de áreas reduzidas, caso do local de estudo. De acordo com o estudo de Tarifa e Azevedo (2001) a cidade de São de Paulo consta de 4 unidades climáticas: I – Unidade Climática Urbana Central; II – Unidade Climática Urbana da Periferia; III – Unidade Climática Urbana Fragmentado; IV – Unidade Climática Não Urbana.

Para o caso de Taboão da Serra, percebe-se, marcadamente, as características de duas unidades mesoclimáticas urbanas citadas acima, a *central* (I) e da *periferia* (II). Segundo Ribeiro (1993), a escala mesoclimática é marcada pela ação de feições fisiográficas (com destaque para o relevo local), ou antrópicas que interferem no fluxo energético ou no fluxo de massa da circulação regional. O município aponta para esta escala climática, ao passo que apresenta o processo de verticalização em algumas áreas, sobretudo para a construção de moradias, e de intenso fluxo de pessoas, automóveis e mercadorias; além do processo de favelização, responsável pela aglomeração dos seres humanos e a confecção de moradias sem as condições e materiais ideais para o conforto térmico, interno e externo.

2.3 Metodologia

Este trabalho teve a aplicação do método proposto por Tarifa e Azevedo (2001), ou seja, construindo a análise do desenvolvimento urbano local e seu impacto na constituição do mesoclima, neste caso, para o município de Taboão da Serra, atrelado à elaboração de mapas, através de software de geoprocessamento, que demonstram, sobretudo, os valores de temperatura superficial e dos fatores que impactam na distribuição deste elemento climático. Como colocado, o mesoclima é expressado pelas:

“(…) relações entre os controles climáticos urbanos (uso do solo, fluxo de veículos, densidade populacional, densidade das edificações, áreas verdes, represas, parques, e emissão de poluentes) e os atributos (temperatura da superfície, do ar, umidade, insolação, radiação solar, qualidade do ar, pluviosidade, ventilação). Portanto, existe uma série de níveis e dimensões dessas unidades hierarquizadas numa ‘rede’ de relações que se definem no espaço (comprimento, altura, largura) e no tempo (sazonal, mensal, diário, horário).” (2001, p. 48).

Ainda, tem-se como auxílio a classificação proposta por Oke e Stewart (2012), ilustrada pela figura 5, tendo como base a morfologia urbana, compreendendo as diferentes Zonas Climáticas Locais - *Local Climate Zones (LCZ)*.

A necessidade dos estudos relacionados ao desenvolvimento do clima urbano, e seus impactos, tem se mostrado cada vez mais relevante. Como citado anteriormente, o processo de urbanização acelerado do Brasil foi responsável pela geração de paisagens urbanas que impactaram, e impactam ainda, os aspectos naturais como solo e vegetação. Segundo o Censo de 2010, 84,4% da população brasileira reside em áreas urbanas, seja de grande, médio ou pequeno porte. Esse contingente populacional engloba mais de 150 milhões de pessoas, todas expostas aos riscos e desconfortos causados pelo mesoclima.

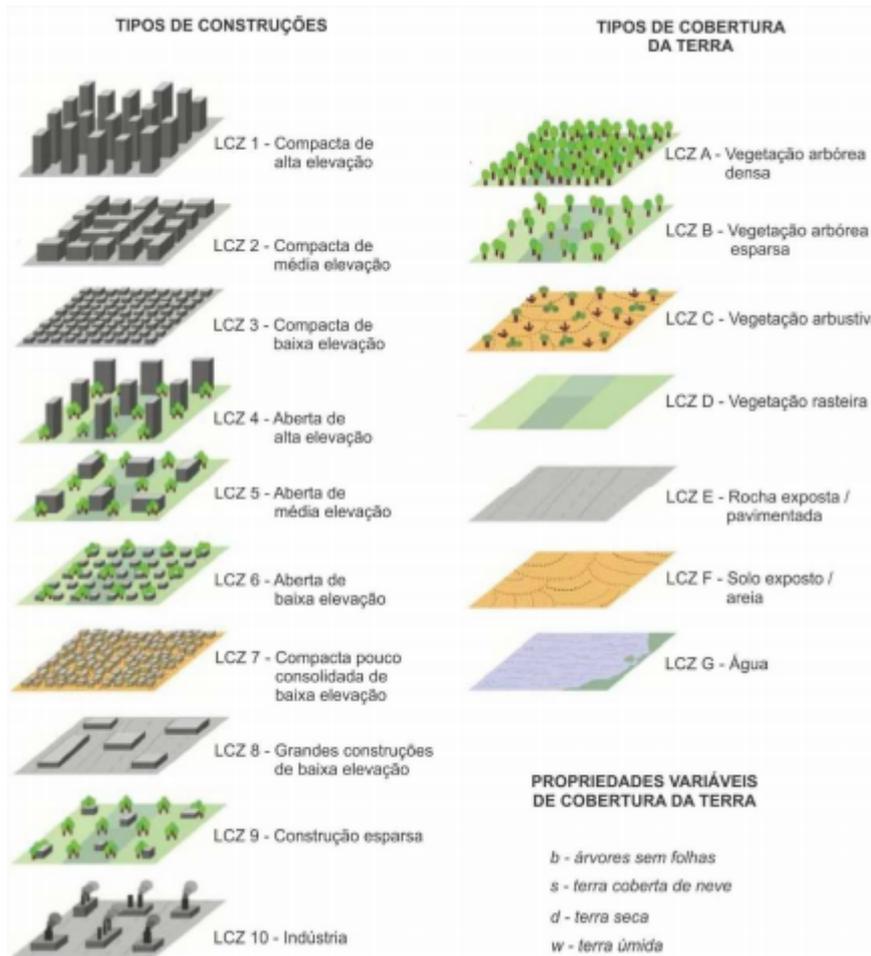


Figura 5
Sistema de Classificação da Paisagem através das Zonas Climáticas Locais (LCZ).
Fonte:Cardoso e Amorim (2017).

2.4 Materiais

No que tange a produção cartográfica, o desenvolvimento deste trabalho esteve pautado na utilização de materiais e arquivos possíveis de serem trabalhados em *softwares* de geoprocessamento, neste caso, o QGIS versão 2.18 *Las Palmas*. Sendo assim, foram utilizados materiais e arquivos como: *Shapefiles* (IBGE), SRTM (Embrapa e SMA-SP) e imagens de satélite *Landsat 8*, do Serviço Geológico dos Estados Unidos (USGS^[2]), para a produção dos mapas de localização, uso solo, hipsometria e temperatura superficial da área de estudo. Ademais, o mapa de zoneamento municipal presente no Plano Diretor (2006) foi essencial para compreender o uso do solo urbano, e o próprio documento foi importante para se ter noção do gabarito de altura das edificações, assim como a taxa de permeabilidade mínima, dados relevantes para a mensuração do balanço de energia local.

Para os mapas que contém a temperatura superficial da área de estudo foram utilizadas as imagens de satélite registradas pelo *Landsat 8* e obtidas através do USGS para os dias 30 de junho e 07 de dezembro de 2019, períodos frio e quente, respectivamente^[3]. Nestas produções a temperatura superficial foi ilustrada a

partir a calculadora raster, aplicação do QGIS, com a banda 10 – Infravermelho Termal/TIRS 1 (10,6 - 11,19 μm) 100 m – ajustada e disponibilizada com pixel de 30 metros (COELHO; CORREA, 2013), sendo envolvida na seguinte operação para obtenção da temperatura em $^{\circ}\text{C}$, e com os valores, posteriormente, sendo reclassificados com a ferramenta *r.reclass*:

$$\text{TC} = (1321,08 / \text{Ln}(774,89 / (0,0003420 \text{ "banda10.tif" } + 0,10000) + 1)) - 273,15$$

onde:

TC: Temperatura em graus Celsius ($^{\circ}\text{C}$) referente à superfície da área de estudo

Ln: Logaritmo Neperiano

Para os mapas de ausência e presença de cobertura vegetal e declividade da área de estudo, foram dois métodos. O primeiro, para a formulação do NDVI do município de Taboão da Serra, foi utilizado imagens de satélite do *Landsat 8* para o dia 07 de dezembro de 2019, obtidas através do USGS. As bandas 4 e 5, vermelho (RED) e infravermelho próximo (NIR) respectivamente, foram envolvidas na operação abaixo na calculadora raster:

$$\text{NDVI} = (\text{NIR} - \text{RED}) / (\text{NIR} + \text{RED})$$

Para o mapa representando a declividade local, foi utilizada a ferramenta *r.reclass.slope* gerando os valores do seguinte atributo, pautado pela classificação proposta pela Empresa Brasileira de Pesquisas Agropecuárias (EMBRAPA) presente no Sistema Brasileiro de Classificação de Solos (2018), classificação evidenciada no quadro 1, abaixo:

Quadro 1
Classificação de Declividade.

Declividade	Discriminação
0 - 3	Relevo plano
3 - 8	Relevo suavemente ondulado
8 - 20	Relevo ondulado
20 - 45	Relevo fortemente ondulado
45 - 75	Relevo montanhoso
> 75	Relevo fortemente montanhoso (ou escarpado)

Organizado pelo autor 1 (2020).

Fonte: Embrapa (2018, p. 294).

3 RESULTADOS E DISCUSSÕES

3.1 Unidades Mesoclimáticas no Contexto da Área de Estudo

A área de estudo deste trabalho compreende um dos municípios da RMSP, com população e extensão expressivamente menores que a metrópole, porém, sendo seus controles e atributos climáticos urbanos semelhantes e relacionados a São Paulo. A transformação antrópica de Taboão da Serra abarca a necessidade dos mais de 70 mil habitantes locais que se locomovem à Capital, produzindo vias automotivas responsáveis pela conexão entre as cidades, sendo a Rodovia Régis Bittencourt – via macrometropolitana – a principal, e sem contar os veículos

de outros municípios mais distantes, como Embú das Artes e Itapecerica da Serra que utilizam a estrada. Sendo assim, há neste trecho grande circulação de energia, gases poluentes e material particulado. O trecho da rodovia também favorece a alocação e surgimento de variados usos do solo – apontados na figura 3 – sejam eles tidos como áreas urbanizadas (áreas residenciais ou comerciais) ou industriais, seja pela facilidade de escoamento de produto ou transporte de pessoas, uma vez que neste contexto metropolitano, a via apresenta engarrafamentos diários nos conhecidos horários de “pico” da manhã e tarde. As demais vias – estruturais urbanas – nos trechos de ligação com a BR-116, também apresentam engarrafamentos, favorecendo o acúmulo de energia, gases poluentes e materiais particulados em outros pontos. Neste trecho do município dois fatores ainda impactam o mesoclima: a declividade e a tênue cobertura vegetal.

Além do trecho da BR-116, e sua modificação pela ação humana, outro fator climático é importante para compreender as unidades da área de estudo, consistindo na cobertura vegetal local, bastante degradada devido ao crescimento urbano. O município conta com poucas áreas verdes, como parques públicos e praças, ou enclaves de preservação, soma-se o fato destas áreas verdes estarem concentradas, sobretudo, no setor noroeste de Taboão da Serra. Como colocado por Amorim (2001), a ausência de cobertura vegetal favorece as alterações climáticas locais, enchentes, deslizamentos e falta de áreas de lazer para a população.

Ademais o município apresenta diferentes usos do solo, rugosidades, e com variado volume de edificações, responsáveis por condicionar os atributos climáticos locais. Em certas partes da área de estudo temos a presença de altos e volumosos edifícios, designados a uma parcela da população com maior poder econômico, e que formam sombras em outros terrenos e impactam na dinâmica dos ventos. Em outras partes, têm-se aglomerações de baixas edificações caracterizadas enquanto aglomerados subnormais, com casas próximas umas das outras, e que não seguem os padrões propostos pelo Plano Diretor Municipal. Além, têm-se chácaras e enclaves de mata atlântica que auxiliam na regulação térmica do município, e em contrapartida grandes áreas com solo impermeabilizado, com baixos índices de albedo, colaborando à absorção da radiação solar e aumentando a temperatura superficial.

3.2 Unidade Climática Urbana Central

A Unidade Climática Urbana Central engloba o eixo da BR-116, principal via de escoamento de Taboão da Serra em direção a Capital e áreas adjacentes. Esta unidade concentra usos do solo dos mais variados, como áreas industriais, comerciais e residenciais (com diferentes volumes de construção), grande quantidade de energia absorvida devido ao solo impermeabilizado por contada própria via de tráfego, pela rodagem dos veículos automotores de todos os tipos (carros, motos, caminhões e ônibus), e gases poluentes emitidos à atmosfera, alguns notáveis pelo efeito estufa, além de ocupar uma das porções mais planas e rebaixadas da área de estudo.

3.2.1 Núcleo da Unidade Climática Urbana Central

O núcleo da unidade climática urbana central corresponde ao trecho da BR-116 que corta a área de estudo, e os principais controles climáticos desta unidade abarcam: a emissão de gases poluentes, a declividade, e as áreas impermeabilizadas e sem cobertura vegetal. Como citado anteriormente, o tráfego intenso da via, em muitos momentos ao longo do dia, e mais acentuados na ida e volta dos habitantes que realizam movimento pendular, acaba sendo responsável pela emissão de gases poluentes e do efeito estufa, armazenando e concentrando energia, somase à impermeabilização do solo, reduzindo o índice de albedo local. No estudo elaborado por Gouveia *et al.*, (2016), que estabelece a relação entre a poluição do ar e as hospitalizações na Grande São Paulo, foram notificadas na RMSP, pela Companhia Ambiental do Estado de São Paulo (CETESB), substâncias como monóxido de carbono (CO), hidrocarbonetos (HC), óxidos de nitrogênio (NOx), material particulado (MP) e óxidos de enxofre (SOx), sendo os veículos os principais emissores. A condição topográfica do município impacta ainda mais a concentração dos gases e de material particulado, dado que a rodovia se encontra na porção mais rebaixado terreno. Esta característica somada à elevação de temperatura, dada a concentração de energia no local, auxilia para que a via se torne um sítio de convergência dos ventos, podendo ainda trazer os gases e materiais particulados de outros pontos da área de estudo.

Em relação à declividade, inclinação maior ou menor do relevo em relação ao horizonte (GUERRA, 1993), este atributo pouco auxilia na dispersão da energia das áreas próximas ao seguimento da rodovia, devido sua característica plana – como mostrado na figura 6. Maiores valores de declividade auxiliam movimentos verticais do ar, que por sua vez transportam com maior eficiência a energia local, amenizando a temperatura e dissipando os poluentes concentrados, sobretudo a noite. O segundo ponto consiste na escassa arborização ao longo da estrada, elemento que seria importante pois “serve como um filtro para atenuar ruídos, retenção de pó, reoxigenação do ar, além de oferecer sombra e a sensação de frescor” (AMORIM, 2006, p. 71).

O núcleo da unidade climática urbana central abrange uma série de usos e ocupações do solo. No que tange os empreendimentos imobiliários residenciais, a área apresenta edificações com diferentes volumes construídos, posto que o Plano Diretor municipal adota distintos gabaritos de altura, ou seja, tamanho máximo de construção para cada Zona Predominantemente Residencial – ZPR. Somente a ZPR-03 apresenta gabarito de altura livre, podendo impactar tanto no deslocamento dos ventos, mas também na produção de sombras, como acontece em um dos condomínios a beira da rodovia no período da tarde devido ao movimento aparente do sol, formas antagônicas de interferência na temperatura. Ademais, a BR-116 atravessa duas áreas de Centralidade do município, setores que apresentam potencialidade para ampla mistura de usos e densidades construtivas média e altas, sendo a Centralidade Taboão, próximo à divisa com a Capital e tendo um hipermercado o principal empreendimento, e a Centralidade Shopping Taboão. Pontos notabilizados por grandes espaços fechados e áreas abertas de estacionamento, marcados pela intensa circulação de pessoas e fluxos de energia.

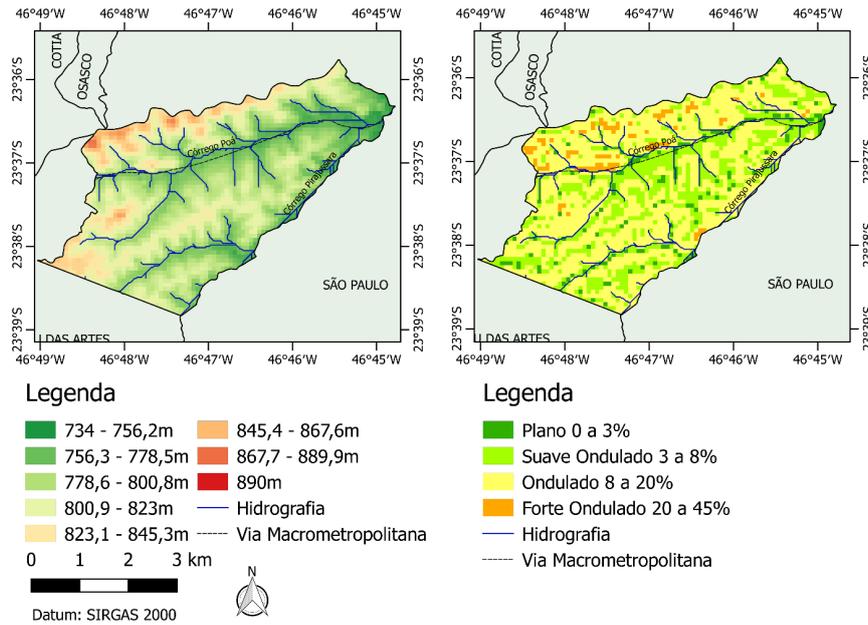


Figura 6

Hipsometria e Declividade da Área de Estudo.

Organizado pelo autor 1 (2020).

Fonte: EMBRAPA (2018); IBGE (2015); SMA-SP (s/d) e (2018).

A figura 7 aponta que as maiores temperaturas, tanto nas estações quentes quanto nas frias, acompanham o trecho da Régis Bittencourt na área de estudo. Nas estações quentes as temperaturas superficiais estão acima de 30°C, em alguns pontos chegando ao máximo apresentado pelo mapa, 37°C, sendo um dos locais mais quentes de Taboão da Serra. Durante as estações frias, a via permanece sendo um dos pontos mais quentes do município, mas com uma queda dos valores de temperatura, que estão acima dos 22°C chegando a atingir os 26°C.

A inconsistência entre os valores de temperatura superficial para esta unidade climática em relação ao dado geral de temperatura do ar ocorre nas estações quentes e frias, sendo mais nítido no período quente. Como citado, os valores de temperatura superficial na estação quente variam entre 28,1 e 38°C, enquanto que o climograma da figura 4 indica o valor de 20,1°C para o mês de dezembro, com o INPE apontando o mesmo valor, ambos para temperatura do ar atmosférico. No período frio, os valores desta unidade climática que chegam até a 26°C contrastam com os obtidos pelos métodos citados acima, sendo 15,4 e 17,1°C, respectivamente, para o mês de junho.

Conforme Stewart e Oke (2012) o núcleo abrange, sobretudo, as classificações LCZ3 – Construções compactas de baixa elevação, LCZ4 – Construções abertas de alta elevação, LCZ10 - Indústrias e LCZA – Vegetação arbórea densa. A área nuclear desta unidade abrange o centro, centro-oeste e centro-leste do município de Taboão da Serra.

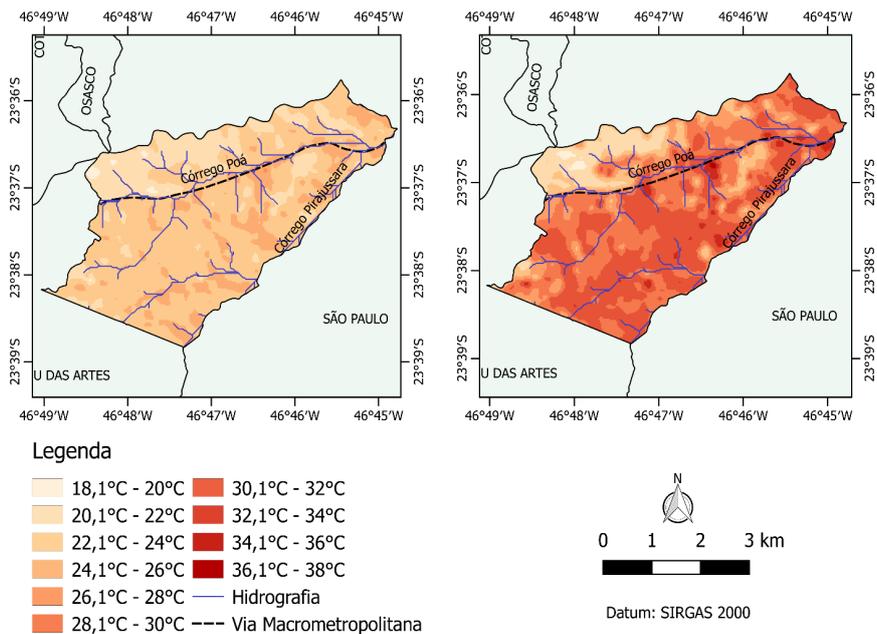


Figura 7
Temperatura Superficial da Área de Estudo.

Organizado pelo autor I (2020).

Fonte: IBGE (2015); SMA-SP (s/d); USGS (2019).

3.2.2 Extensão da Unidade Climática Urbana Central

A extensão da unidade climática urbana central compreende as áreas adjacentes à BR-116, abrangendo suas duas margens, e que estão mais próximas da divisa com a metrópole. O principal fator climático neste caso é o uso do solo, predominantemente tido como área urbanizada. Na margem esquerda, sentido capital, prevalece as residências (casas e prédios), tendo também comércios, escolas, além de outros usos. Ademais, nesta margem ainda há influência da cobertura vegetal presente, que constitui enclaves florestados na paisagem urbana e o córrego Poá, amenizando os valores de temperatura superficial. Na margem direita, no mesmo sentido, prevalecem os pontos comerciais, contudo, há também residências (casas e prédios), prédios públicos, e escolas. A principal diferença entre o núcleo e a extensão da unidade climática urbana central abrange a circulação de veículos e uma temperatura superficial menor.

Segundo o Plano Diretor, grande parte da Extensão é considerada enquanto ZPR, dos tipos 01 e 02 na margem direita, ou seja, admitindo gabarito de altura até 15 metros, e sendo classificada, de acordo com Stewart e Oke (2012), enquanto LCZ3, devido sua compactação e baixa elevação. Na margem esquerda, predominam as ZPR's novamente, adicionando-se o tipo 03, com gabarito livre de altura, e abrangendo as classificações LCZ4 – *Construções abertas de alta elevação*, e LCZ3, predominantemente. A extensão da unidade central abrange os setores norte, nordeste, sul, sudeste e parte do centro oeste do município.

3.3 Unidade Climática Urbana da Periferia

A unidade climática urbana da periferia está localizada, quase em sua totalidade, na margem direita da Rodovia Régis Bittencourt, sentido capital, e abrange, principalmente, os usos do solo tido como aglomerados subnormais – esta delimitação incorpora as áreas tidas como favela pela Emplasa (2006), sendo pautadas pelo segundo critério evidenciado abaixo. Estas áreas destacam-se pela reduzida cobertura vegetal, e elevada amplitude térmica.

Segundo o IBGE (2010, p. 19), os aglomerados subnormais compreendem “um conjunto constituído de, no mínimo, 51 unidades habitacionais (barracos, casas, etc.) carentes, em sua maioria de serviços públicos essenciais, ocupando ou tendo ocupado, até período recente, terreno de propriedade alheia (pública ou particular) e estando dispostas, em geral, de forma desordenada e densa”. A identificação destes aglomerados parte de dois critérios:

- Ocupação ilegal da terra (pública ou particular);
- Apresentação das seguintes características:
 - o Urbanização fora dos padrões vigentes;
 - o Precariedade de serviços públicos essenciais.

No que corresponde aos atributos físicos desta unidade climática cabe o destaque à incipiente cobertura vegetal nos aglomerados subnormais, como atestado na figura 8, impactando no conforto térmico. A degradação do quadro ambiental pode ser relacionada às características ocupacionais e de crescimento deste setor. O Plano Diretor classifica, em grande parte, estas áreas como Zonas Especiais de Interesse Social – ZEIS, 01^[4] e 02^[5], enquadramentos que denotam crescimento desordenado, com construções que não seguem os padrões estabelecidos pela lei de ordenamento e que colocaram em risco a vegetação local. Outros elementos também são importantes para entendimento do conforto térmico desta unidade, como os materiais empregados neste tipo de construção, que dificultam o isolamento termal do ambiente, e a vulnerabilidade socioeconômica – dada as condições de ocupação destes terrenos – pode refletir na falta de recursos à aquisição de aparelhos que regulem a temperatura local, como ar condicionado, ventiladores e aquecedores, dessa forma, a amplitude térmica responde às condições de construção destas edificações.

Os aglomerados subnormais ocupam áreas de diferentes níveis de declividade, com as maiores inclinações correspondendo também às maiores temperaturas superficiais, devido a orientação das vertentes e o fluxo de ar aquecido nas áreas mais rebaixadas do terreno. Contudo, o mais importante é que a ocupação destes terrenos ignorando a topografia local, sensibiliza para outro fato, a exposição da população aos riscos gerados por eventos pluviométricos intensos, como deslizamentos de terra, e enchentes nas partes mais rebaixadas. Estes imóveis não seguem os padrões de segurabilidade atribuídos no Plano Diretor, como taxa de permeabilidade. Evidente, que a fiscalização e ação do poder público nestas regiões estiveram, e ainda estão, aquém do necessário. Retomando, a área de estudo passou, e passa, por um crescimento demográfico vertiginoso que extrapola a capacidade de promoção de políticas públicas de habitação que ofereçam conforto térmico e segurança aos habitantes que não conseguem acessar o mercado privado de moradias.

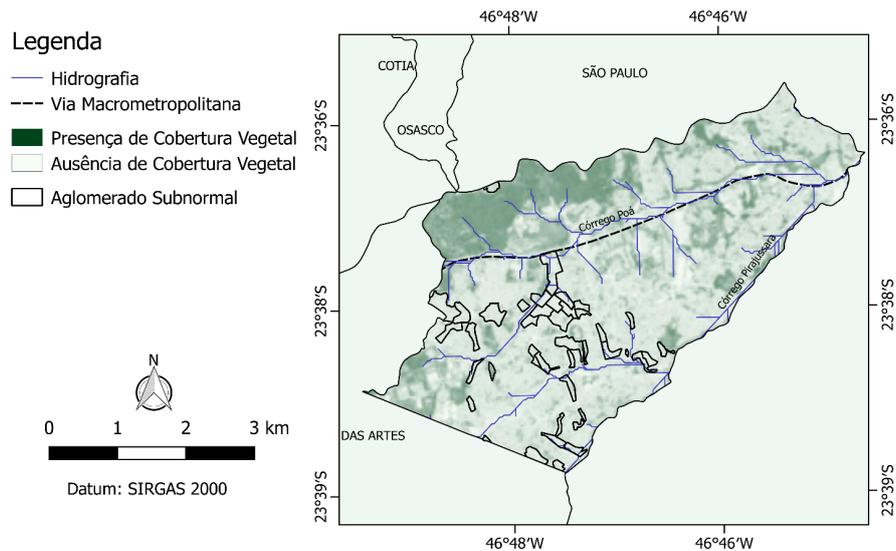


Figura 8
Cobertura Vegetal nos Aglomerados Subnormais (IBGE).

Organizado pelo autor 1 (2020).

Fonte: IBGE (2015); SMA-SP (s/d); USGS (2019).

A figura 9 demonstra valores de temperatura superficial elevados para estas áreas durante o período quente. Os aglomerados subnormais apresentam índices acima dos 30°C, com exceção da unidade localizada à margem esquerda, sentido capital, e que está cercada por área arborizada, que funciona como reguladora térmica, suavizando a temperatura do ar. E mesmo neste caso, a temperatura superficial atingiu valores entre 26 e 29°C. O mapa de uso do solo – figura 3 – dá a medida da distância entre a unidade mesoclimática urbana da periferia e as áreas verdes do município, e que poderiam mitigar a temperatura local. Há poucas Zonas de Proteção Ambiental (ZPA) neste setor, a mais importante corresponde ao Parque Central descrito no Plano Diretor.

Ainda, a figura 9 indica que no período frio os aglomerados subnormais apresentam valores de temperatura superficial semelhantes à de outras unidades mesoclimáticas, como a extensão do núcleo, estando entre 22,1 e 26°C – com exceção do aglomerado localizado à margem esquerda, sentido capital, que apresenta valores inferiores aos demais, reforçando a proximidade das áreas arborizadas. O climograma mostra a temperatura do ar em 15,4°C para o mês de junho, enquanto que o INPE registra temperatura média do ar compensada de 17,1°C, índice registrado por bulbo seco (Mirante de Santana – SP).

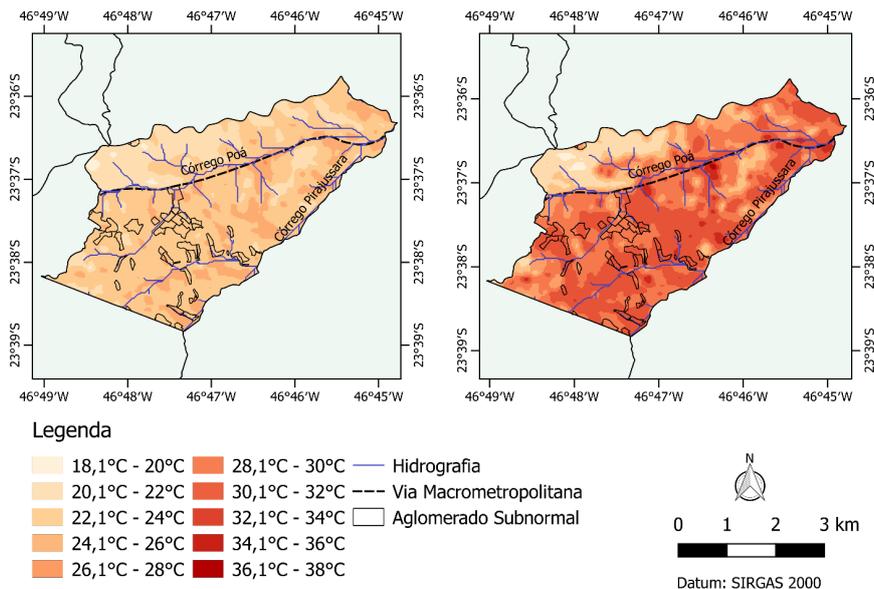


Figura 9
 Temperatura Superficial dos Polígonos indicando os Aglomerados Subnormais (IBGE).

Organizado pelo autor 1 (2020).

Fonte: IBGE (2015); SMA-SP (s/d); USGS (2019).

Como abordado anteriormente, o plano de ordenamento classifica esta área, em grande parte, como ZEIS evidenciando o descontrole estatal frente ao crescimento desordenado desta seção, além disso, há também áreas demarcadas enquanto ZPR-02 e Zonas Industriais. Consoante com o proposto por Stewart e Oke (2012) tal unidade climática enquadra as LCZ3 – *Construções compactas de baixa elevação*, LCZ7 – *Construções compactas pouco consolidadas de baixa elevação*, e LCZ10 - *Indústrias*. A Unidade Mesoclimática Urbana da Periferia abrange o setor sul da área de estudo, predominantemente.

3.4 Unidade Climática Natural

A unidade climática natural corresponde aos locais onde a cobertura vegetal é o atributo climático mais importante. O Plano Diretor do município institui o Sistema de Áreas Verdes – SAV, dando ênfase à importância e influência destas localidades à qualidade ambiental urbana. O SAV incorpora as unidades de conservação, parques públicos, praças e jardins, chácaras, etc. Muitas dessas áreas são tidas como ZPA's^[6] no documento de ordenação.

As áreas verdes estão localizadas, sobretudo, no setor noroeste de Taboão da Serra, com algumas partes cercadas pelas áreas urbanizadas, com usos diversos, tais como residências e indústrias, sendo caracterizadas como enclaves de Mata de Atlântica. O Plano Diretor abrange dois parques à margem esquerda da Rodovia Régis Bittencourt sentido capital, o Ecológico e o Poá – que segue o curso do córrego homônimo e hoje canalizado. À margem direita da via, no mesmo sentido, encontram-se outros dois parques, o Central e o Pirajuçara – que segue o curso do córrego homônimo e também está canalizado. Todas estas áreas são descritas pelo documento como ZPA's.

Segundo a figura 10, a variação de temperatura superficial pode chegar a mais de 10°C quando comparadas áreas verdes com as urbanizadas no período quente. Estas áreas acabam funcionando como ilhas de frescor para o município, uma vez que apresentam índices menores que o entorno. No período quente, a temperatura superficial de grande parte da área de estudo encontra-se acima dos 30°C, quando na unidade climática natural os valores apresentados são próximos aos 23°C – com exceção das áreas verdes cercadas pela área urbanizada, que apresentam valores mais elevados de temperatura. No período frio a variação de temperatura superficial é mais tênue, chegando a 8°C, aproximadamente, quando comparadas as áreas verdes com as urbanizadas. As áreas verdes do noroeste e norte de Taboão apresentam os índices mais reduzidos das áreas verdes, com temperaturas superficiais entre 18,1°C e 22°C, ao passo que no setor ao sul, que faz divisa com a capital, há casos de áreas verdes com mais de 24,1°C no período, acompanhando os valores das áreas urbanas.

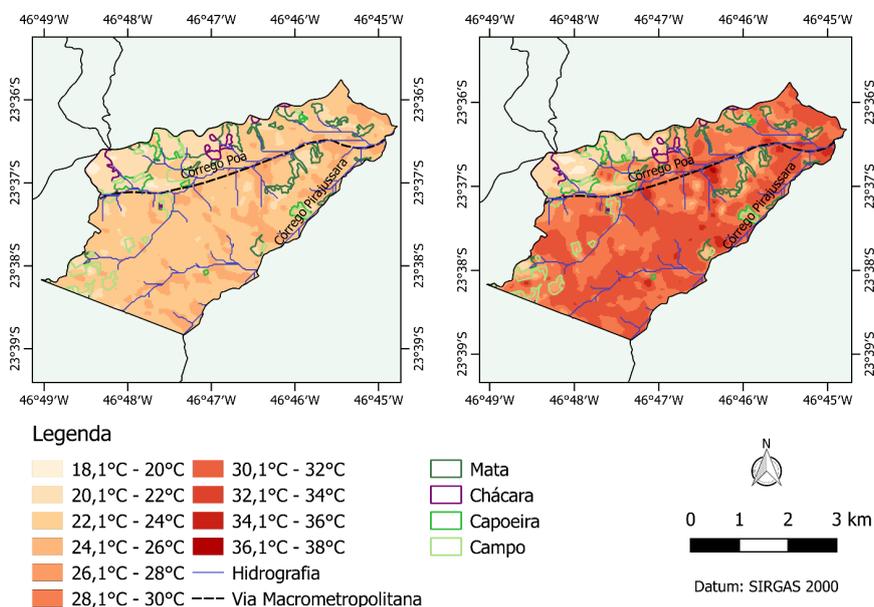


Figura 10
Temperatura Superficial dos Polígonos indicando as Áreas Verdes.

Organizado pelo autor 1 (2020).

Fonte: IBGE (2015); SMA-SP (s/d); USGS (2019).

Segundo Stewart e Oke (2012) é possível classificar os usos desta unidade como LCZA – *Vegetação arbórea densa*, LCZB – *Vegetação arbórea esparsa*, LCZD – *Vegetação rasteira*, e LCZG – *Água* (considerando o córrego Poá, que corta esta área). A Unidade Mesoclimática Natural compreende o setor noroeste do município de Taboão da Serra.

3.5 Delimitação das Unidades Mesoclimáticas

Dessa forma, tendo em vista a descrição das unidades acima, central: núcleo e extensão; periferia e natural, o mapa representado na figura 11 demonstra a espacialização das diferentes Unidades Mesoclimáticas Urbanas, e não Urbanas,

presentes no município, a partir do agrupamento das características semelhantes entre as mesmas.

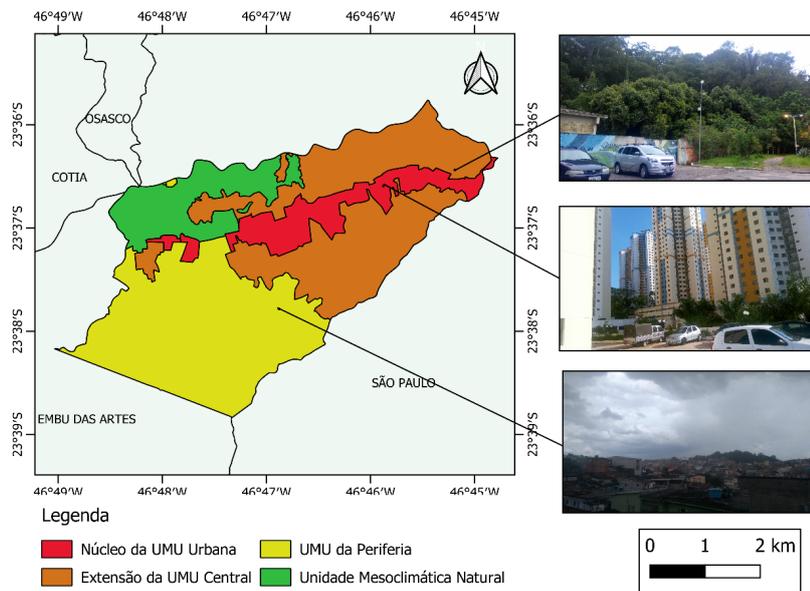


Figura 11
Representação das Unidades Mesoclimáticas da Área de Estudo.

Organizado pelo autor 1 (2020).

Fonte: IBGE (2015).

4 CONSIDERAÇÕES FINAIS

A comparação entre os dados de distribuição da temperatura superficial da área de estudo, evidenciados pela produção cartográfica, e os dados obtidos no site *climate-data* e INPE permite afirmar a forte característica mesoclimática da área de estudo, influenciada pela modificação espacial antrópica, e que leva à formação das diferentes unidades mesoclimáticas no município de Taboão da Serra.

As áreas urbanizadas são aquelas que, em dias sem perturbações atmosféricas, demonstram maior assimetria entre os valores de temperatura apresentados, e que podem causar desconforto térmico aos que ali estão presentes, sejam moradores, pessoas que caminham pelas vias, ou que utilizam veículos automotores sem possibilidade de regulação do ar. Entretanto, cabe ao poder público, sobretudo, o devido direcionamento e atenções às diferentes unidades mesoclimáticas urbanas, e não urbanas, uma vez que são distintas as necessidades de cada setor, além de reparar a omissão às áreas mais carentes de políticas públicas, atendendo assim as situações de maior vulnerabilidade socioeconômica e socioespacial. Os mapas de temperatura superficial mostraram a importância das áreas verdes para o município de Taboão da Serra, por apresentarem, sempre, maior proximidade com os valores tidos como padrão, adotando a característica de ilhas de frescor. No entanto, é alarmante a reclusão desta unidade frente às demais, concentrada em um setor da área de estudo. Como citado, frente ao efeito de amenização da temperatura se faz necessária ações estatais para a instalação de áreas verdes nas unidades mesoclimáticas tidas como urbana, e da maior apropriação destas áreas florestadas pelos municípes.

Apesar deste trabalho de descrição e análise das Unidades Mesoclimáticas Urbanas no município de Taboão da Serra ainda se faz o reconhecimento das suas limitações, e da necessidade do desenvolvimento de outras produções para melhor averiguação dos impactos do clima urbano à população local, abordando outras escalas deste fenômeno, como a microclimática, por exemplo.

5 REFERÊNCIAS BIBLIOGRÁFICAS

- AMORIM, M. C. de C. T.; LIMA, V. *A importância das áreas verdes para a qualidade ambiental das cidades*. Revista Formação. Presidente Prudente – SP, n. 13, 2006.
- AMORIM, M. C. de C. T.; DUBREIL, V.; QUENOL, H.; SANT'ANA NETO, J. L. *Características das ilhas de calor em cidades de porte médio: exemplos de Presidente Prudente (Brasil) e Rennes (França)*; Confins (Online), v. 7, p. 1-16, 2009.
- AMORIM, M. C. de C. T. Caracterização das áreas verdes em Presidente Prudente/SP. In: SPOSITO, Maria Encarnação Beltrão (org). *Textos e contextos para a leitura geográfica de uma cidade média*. Presidente Prudente: [s. n.], 2001, p. 37-52.
- CARDOSO, R.; AMORIM, M. Estimativa da distribuição espacial da temperatura do ar com base em zonas climáticas locais (LCZ) e modelos de regressão. *Revista de Geografia e Ordenamento do Território*. Lisboa, n. 12, p. 75-99, 2017.
- CENSO DEMOGRÁFICO 2010. *Aglomerados Subnormais: Primeiros Resultados*. Rio de Janeiro: IBGE, 2010.
- CENSO DEMOGRÁFICO 2010. *Características da população e dos domicílios: resultados do universo*. Rio de Janeiro: IBGE, 2011.
- COELHO, A. L. N.; CORREA, W. S. C. Temperatura de Superfície Celsius do Sensor TIRS/Landsat-8: Metodologia e Aplicações. *Revista Geogr. Acadêmica*, v.7, n.1, 2013.
- GARTLAND, Lisa. *Ilhas de Calor: como mitigar zonas de calor em áreas urbanas*; Tradução: Silvia Helena Gonçalves. São Paulo: Oficina de Textos, 2010.
- GONÇALVES, W. *Taboão da Serra: Sua história e sua gente*. Editora: O Pirajuçara. 1994.
- GOUVEIA, N.; CORRALLO, F. P.; PONCE DE LEON, A. C.; JUNGER, W.; FREITAS, C. U. Poluição do ar e hospitalizações na maior metrópole brasileira. *Rev. Saúde Pública*, v. 51:117, 2017.
- GOVERNO DO ESTADO DE SÃO PAULO / EMLASA – Empresa Paulista de Planejamento Metropolitano. *Atlas do uso e ocupação do solo do município de Taboão da Serra*. Mapas de acordo com os diferentes usos e ocupações do solo do município de Taboão da Serra, escala 1:15:000, 2006.
- GUERRA, Antonio Teixeira. *Dicionário geológico-geomorfológico* / Antonio Teixeira Guerra – 8. ed. – Rio de Janeiro: IBGE, 1993. 446p.: il.
- LOMBARDO, M. A. *Ilha de Calor Urbano na metrópole: O exemplo de São Paulo*. São Paulo: Hucitec/Lalekla, 1985.
- MARTINELLI, Marcello. *Clima do Estado de São Paulo, Confins* [En ligne], 8 | 2010, mis en ligne le 14 mars 2010, consulté le 15 février 2020. URL : <http://journals.openedition.org/confins/6348> ; DOI :<https://doi.org/10.4000/confins.6348>
- MONTEIRO, C. A. de F. *Teoria e Clima Urbano*. São Pulo: IGEOG/USP, 1976. 181p. (Série Teses e Monografias, 25).
- OKE, T. R. *Boundary Layers Climates*. – 2nd ed.London: Methuen, 1987.

- RIBEIRO, Antonio Giacomini. As Escaladas do Clima. *BOLETIM DE GEOGRAFIA TEORÉTICA*, 23(46-46):288-294, 1993.
- SANTOS, H. G. dos [et al.]. *Sistema Brasileiro de Classificação de Solos*. – 5. ed., rev. e ampl. – Brasília, DF : Embrapa, 2018. 356 p. : il. color. ; 16 cm x 23 cm. ISBN 978-85-7035-800-4
- STEWART, I. D.; OKE, T. R. *Local Climate Zones for Urban Temperature Studies*. Bull. Amer. Meteor. Soc., 93, p. 1879–1900, 2012. DOI: <https://doi.org/10.1175/BAMS-D-11-00019.1>
- TARIFA, Junior; AZEVEDO, G. Os Climas “Naturais”. In TARIFA, J. e AZEVEDO, T. R. (org). *Os Climas na Cidade de São Paulo, teoria e prática*. São Paulo. GEOUSP. 2001.

Notas

- [2] Sigla em inglês para United States *Geological Survey*.
- [3] Em ambos os dias não houve precipitação na cidade de São Paulo, que faz divisa com Taboão da Serra. Importante frisar que não há estações meteorológicas na área de estudo. A temperatura máxima para os dias 30 de junho e 07 de dezembro de 2019 foi 26,5 e 28,2°C. Já o valor de temperatura mínima foi de 18,1 e 16,6°C, respectivamente.
- [4] Áreas ocupadas predominantemente por população de baixa renda, de interesse público na promoção da regularização urbanística e fundiária (2006, p. 44).
- [5] Áreas com predominância de imóveis – tidos como: favelas; habitações coletivas precárias; parcelamento e loteamentos irregulares e clandestinos de baixa renda; conjunto habitacional de promoção pública; conjunto de unidades habitacionais precárias, imóveis não edificados ou edificados ou subutilizados com potencial de ocupação por Habitação de Interesse Social – HIS, adequados à urbanização, de interesse público na promoção de HIS, para famílias de baixa renda que não possuam moradia (2006, p.44).
- [6] Porções do território cobertas por vegetação significativa, áreas definidas como de preservação pela legislação federal e estadual, áreas de reflorestamento e áreas de risco ambiental e outras áreas onde há interesse público em recuperar áreas verdes degradadas. (2006, p. 97)

Autor notes

- [1] Graduado em Geografia pela Faculdade de Filosofia, Letras e Ciências Humanas da Universidade de São Paulo.